

# CO-BENEFICIOS

Contribución de la Transición  
Energética para el  
Desarrollo Sostenible  
EN MÉXICO

Informe de estudio co-beneficios  
México, febrero de 2020







## IMPRESIÓN

Este informe se elaboró en el contexto del proyecto “*Co-beneficios: Contribución de la Transición Energética para el Desarrollo Sostenible en México*” (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) y en colaboración con el Instituto para Estudios Avanzados de Sostenibilidad, Potsdam (IASS).

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 la decisión adoptada por el Parlamento Alemán.

### GIZ

*Co-beneficios: Contribución de la Transición Energética para el Desarrollo Sostenible en México*, Ciudad de México, febrero de 2020

### Editores

Héctor Rodríguez, Sebastian Helgenberger – Instituto para Estudios Avanzados de Sostenibilidad, Potsdam (IASS)

### Implementación técnica

José Castro, Karen Navarrete – Ithaca Environmental, y Marco Villalobos, Daniel Chacón – Iniciativa Climática de México (ICM)

### Supervisión y coordinación

Gianna-Maria Pedot, Juan Carlos Mendoza, Felipe Borja Díaz

### Corrección de estilo

Mar López Barreiro

### Diseño y maquetación

[www.lagunadentro.com](http://www.lagunadentro.com)

### Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-565760 Eschborn/Alemania  
[www.giz.de](http://www.giz.de)

### Oficina de la GIZ en México

Torre Hemicor, Piso 11  
Av. Insurgentes Sur No. 826  
Col. Del Valle, Del. Benito Juárez  
C.P. 03100, Ciudad de México, México.

T +52 55 55 36 23 44

[giz-mexiko@giz.de](mailto:giz-mexiko@giz.de)

# HACIA UNA TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA Y SOSTENIBLE EN MÉXICO

El Gobierno de México ha afirmado la promesa social de brindar mayor igualdad y justicia a los ciudadanos mexicanos y las ciudadanas mexicanas. Al mismo tiempo, el país se ha embarcado en una transición para adoptar fuentes de energías limpias, la cual será decisiva para reducir la huella climática del sector energético mexicano y para habilitar un amplio espectro de oportunidades sociales y económicas para el país.

En una fructífera asociación, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), en colaboración con el Instituto para Estudios Avanzados de Sostenibilidad de Potsdam (IASS), han preparado esta evaluación detallada, que examina los importantes co-beneficios de las energías renovables y la eficiencia energética en la transición energética de México, así como las opciones de políticas más adecuadas para hacer entrega de estos beneficios al pueblo de México.

Destacamos y reconocemos especialmente la fuerte dedicación y representación activa de los estados de Baja California Sur, Ciudad de México, Oaxaca y Yucatán, los cuales brindaron una orientación significativa para enmarcar los temas de evaluación de co-beneficios y garantizar la relevancia política de las oportunidades sociales y económicas abordadas.

También estamos en deuda con nuestros valiosos socios de investigación, Ithaca Environmental y la Iniciativa Climática de México (ICM), por su compromiso inquebrantable y el trabajo dedicado a la implementación técnica de este estudio. Este informe de Co-beneficios México ha sido facilitado por el proyecto Convergencia de la Política Energética y de Cambio Climático en México (CONECC) de la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) a través del apoyo financiero de la Iniciativa Internacional de Protección del Clima (IKI).

México, junto con 187 partes hasta la fecha, ratificó el Acuerdo de París para combatir el cambio climático y brindar oportunidades para prosperar a las generaciones actuales y futuras. Con este estudio, buscamos contribuir a ese esfuerzo internacional ofreciendo una base científica para aprovechar los co-beneficios sociales y económicos de la transición energética. Construir un sistema energético con bajas emisiones en carbono, mientras se facilita una transición justa, hará de la acción climática un éxito para el planeta y para la gente de México.

Deseamos inspirar a las y los lectores a participar en el importante debate sobre un futuro energético justo y sostenible en México.

Ciudad de México, febrero de 2020



---

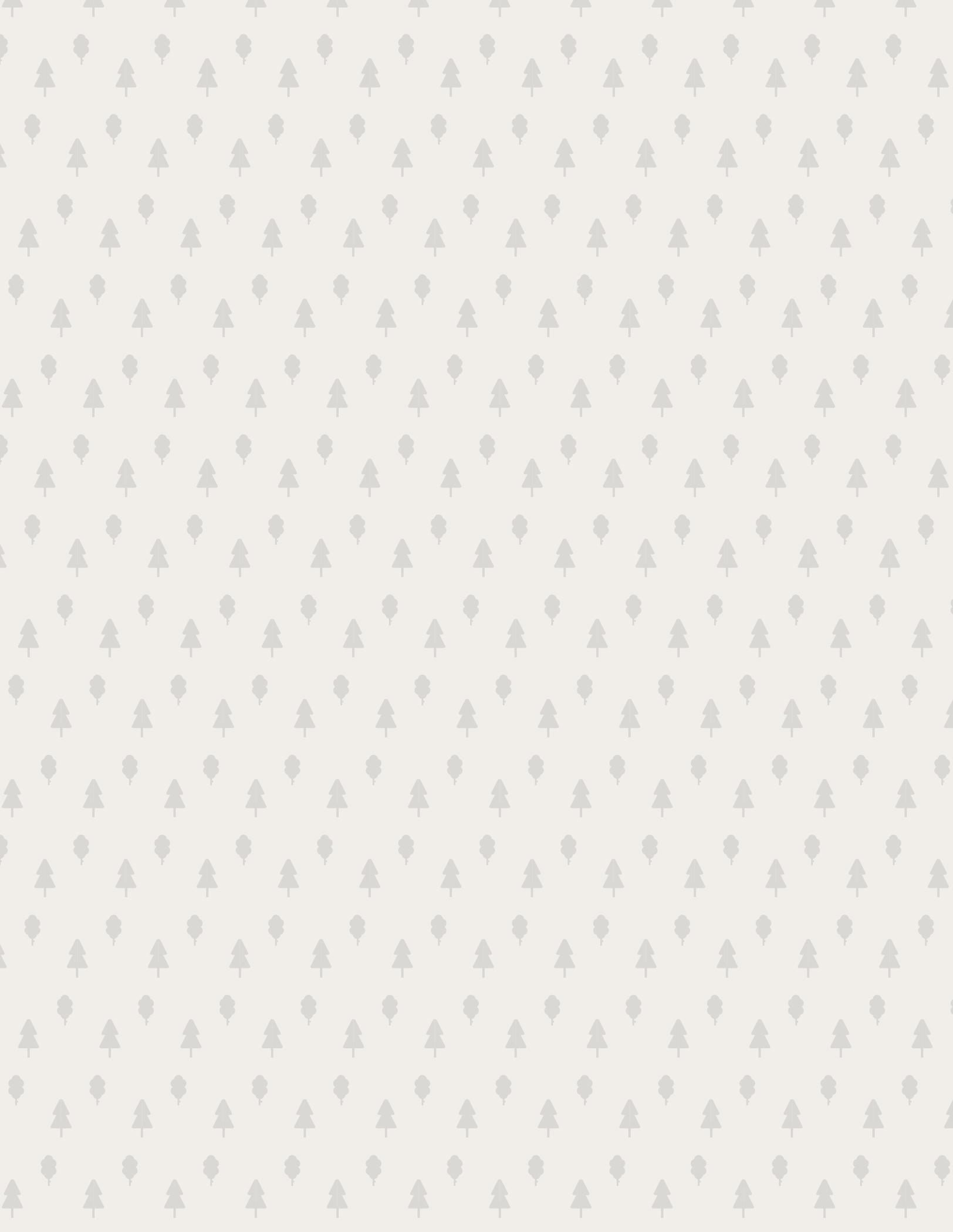
**Jonas Russbild**

Director del Proyecto CONECC, GIZ



# CONTENIDO

Resumen Ejecutivo	11
1. Contribuyendo a la justicia social y la igualdad a través de la transición energética de México	19
2. Co-beneficios de la transición energética justa: impulsos internacionales para promover el debate en México	23
3. Enfoque estratégico de evaluación de co-beneficios en México	27
4. Rutas de la transición energética aplicadas al estudio	29
5.1 Generando ahorros e ingresos en edificios públicos	33
5.1.1 El contexto de la reducción de los costos de la energía en los edificios públicos	33
5.1.2 Metodología de evaluación y estudios de caso	33
5. Co-beneficios sociales y económicos de la transición energética de México	33
5.1.3 Resultados de la evaluación de los co-beneficios	36
5.1.4 Opciones de política pública a nivel nacional y subnacional	41
5.2 Energía comunitaria: generando ahorros e ingresos	43
5.2.1 El contexto de la reducción de los costos de la energía y la generación de ingresos para comunidades	43
5.2.2 Metodología de evaluación y estudios de caso	44
5.2.3 Resultados de la evaluación de los co-beneficios	46
5.2.4 Opciones de política pública a nivel nacional y subnacional	54
5.3 La creación de empleo en la transición energética	56
5.3.1 El empleo en el sector de energías renovables	56
5.3.2 Metodología de evaluación y estudios de caso	56
5.3.3 Resultados de la evaluación de los co-beneficios	57
5.3.4 Opciones de política pública a nivel nacional y subnacional	62
6. Los co-beneficios como contribuidores a una transición justa	65
Referencias	67
Anexo	71



# LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Co-beneficios seleccionados y estudios de caso	28
Tabla 2	PRODESEN 2019-2033: números de referencia clave	29
Tabla 3	Opciones de ahorro y generación de energía para escuelas y hospitales: niveles de análisis	34
Tabla 4	Clasificaciones para escuelas y hospitales públicos	36
Tabla 5	Resultados nacionales para hospitales públicos: ahorro de costos, ahorro de energía y potencial de mitigación	37
Tabla 6	Resultados nacionales para escuelas públicas: ahorro de costos, ahorro de energía y potencial de mitigación	38
Tabla 7	Resultados de análisis: hospitales de la Ciudad de México	39
Tabla 8	Resultados de análisis: escuelas de la Ciudad de México	39
Tabla 9	Resultados de análisis: hospitales de La Paz, Baja California Sur	40
Tabla 10	Resultados de análisis: escuelas de La Paz, Baja California Sur	40
Tabla 11	Esquemas de tarifa eléctrica federal, México	44
Tabla 12	Proyección de capacidad de generación solar fotovoltaica distribuida (GDFV) en Oaxaca y Yucatán por escenario (2020-2049)	45
Tabla 13	Oaxaca: Ahorro estimado de costos de energía (en millones de pesos por tarifa) bajo el esquema de medición neta (2020–2049)	47
Tabla 14	Oaxaca: Ahorro estimado de costos de energía (en millones de pesos por tarifa) bajo el esquema de facturación neta (2020–2049)	47
Tabla 15	Oaxaca: Ahorro estimado de costos de energía (en millones de pesos por municipio y escenario) bajo el esquema de medición neta (2020–2049)	48
Tabla 16	Oaxaca: Ahorro estimado de costos de energía (en millones de pesos por municipio y escenario) bajo el esquema de facturación neta (2020–2049)	49
Tabla 17	Oaxaca: Ahorro de costos promedio anual bajo esquemas de compensación (por municipio y escenario) (2020–2024)	49
Tabla 18	Yucatán: Ahorro estimado de costos de energía (en millones de pesos por tarifa y escenario) bajo el esquema de medición neta (2020–2049)	50
Tabla 19	Yucatán: Ahorro estimado de costos de energía (en millones de pesos por tarifa y escenario) bajo el esquema de facturación neta (2020–2049)	50
Tabla 20	Yucatán: Ahorro estimado de costos de energía (en millones de pesos por municipio y escenario) bajo el esquema de medición neta (2020–2049)	50
Tabla 21	Yucatán: Ahorro de costos estimado (en millones de pesos por municipio y escenario) bajo el esquema de facturación neta (2020–2049)	51
Tabla 22	Yucatán: Ahorro de costos promedio anual bajo esquemas de compensación (por municipio y escenario) (2020–2024)	52
Anexo Tabla 1	Organizaciones gubernamentales nacionales y estatales y otras partes interesadas involucradas en el co-diseño del estudio y la co-creación de conocimientos	71
Anexo Tabla 2	Opciones de ahorro y generación de energía para escuelas y hospitales: niveles de análisis	72
Anexo Tabla 3	Generando ahorros e ingresos para las comunidades: pasos de análisis y ecuaciones analíticas	73

# LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Co-beneficios de las energías renovables: categorías clave	23
Figura 2	Enfoque estratégico de evaluación de co-beneficios en México	27
Figura 3	Perspectiva de generación de electricidad bajo la ruta MLTE	30
Figura 4	Perspectiva de generación de electricidad bajo la ruta de transición a cero emisiones de carbono (ZCT)	31
Figura 5	Esquemas de generación distribuida fotovoltaica (GDFV) disponibles en México	43
Figura 6	Generando ahorros e ingresos para las comunidades: pasos de análisis	44
Figura 7	Consumo de electricidad por tarifa: estados federales de Oaxaca y Yucatán	46
Figura 8	Márgenes estimados por tarifa eléctrica para las regiones de México en el SIN	53
Figura 9	Panorama de empleo directo e indirecto por escenario (2020-2049)	58
Figura 10	Distribución de servicios públicos de energía eólica, FV y GDFV bajo el escenario ZCT	59
Figura 11	Generación de empleo por tecnología en la fase de construcción (por MW/año)	59
Figura 12	Generación de empleo por tecnología en la fase de operación y mantenimiento (O&M) (por MW/año)	60
Figura 13	Distribución de los efectos en el empleo de la construcción en la cadena de valor de las energías renovables	61
Figura 14	Distribución de los efectos en el empleo de O&M en la cadena de valor de las energías renovables	61
Figura 15	Disponibilidad y demanda de mano de obra calificada en México	62

# LISTA DE CUADROS

Cuadro 1	Plan Nacional de Desarrollo (2019): los objetivos sociales y económicos de México y el camino para alcanzarlos	20
Cuadro 2	Compromiso de mitigación de GEI de México en su Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC)	21
Cuadro 3	Políticas energéticas y climáticas clave de México: marco legal y objetivos establecidos	22
Cuadro 4	Estudio de caso de co-beneficios internacionales, Sudáfrica: aumento de la equidad social y la justicia a través de las energías renovables	25
Cuadro 5	Panorama del caso: Ciudad de México	35
Cuadro 6	Panorama del caso: Baja California Sur	35
Cuadro 7	Panorama del caso: Oaxaca	45
Cuadro 8	Panorama del caso: Yucatán	45
Cuadro 9	Tipos de efectos en el empleo analizado	56
Cuadro 10	Modelo de Empleos Internacionales e Impactos del Desarrollo Económico (I-JEDI)	57

# LISTA DE ABREVIATURAS

AC	Aire acondicionado	GDMTH	Tarifa de Gran demanda en media tensión horaria
AMDEE	Asociación Mexicana de Energía Eólica	GDMTO	Tarifa de Gran demanda en media tensión ordinaria
ANUIES	Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior	GEI	Gas de efecto invernadero
ASOLMEX	Asociación Mexicana de Energía Solar	GIZ	Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable <i>Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit</i>
AZEL	Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias	GLP	Gas licuado del petróleo
BAU	Business as usual	GW	Gigawatt
CENACE	Centro Nacional de Control de Energía	GWH	Gigawatt hora
CFE	Comisión Federal de Electricidad	IASS	Instituto para Estudios Avanzados de Sostenibilidad de Potsdam <i>Institute for Advanced Sustainability Studies Potsdam e.V.</i>
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático	IEA	Agencia Internacional de la Energía <i>International Energy Agency</i>
CONAFE	Comisión Nacional de Fomento de Educativo	I-JEDI	Empleos Internacionales e Impactos del Desarrollo Económico <i>International Jobs and Economic Development Impacts</i>
CONECC	Convergencia de la Política Energética y de Cambio Climático en México	IKI	Iniciativa Internacional de Protección del Clima <i>Internationale Klimaschutzinitiative</i>
CONUEE	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía	IMSS	Instituto Mexicano del Seguro Social
CRE	Comisión Reguladora de Energía	INDAABIN	Instituto Nacional de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales
CSIR	Consejo para la Investigación Científica e Industrial <i>Council for Scientific and Industrial Research</i>	INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
DAC	Tarifa Doméstica de alto consumo	INEEL	Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias
DIST	Tarifa de Demanda industrial en subtransmisión	INIFED	Instituto Nacional de la Infraestructura Física Educativa <i>International Renewable Energy Agency</i>
DIT	Tarifa de Demanda industrial en transmisión	IPC	Centro de Políticas de Estambul <i>Istanbul Policy Centre</i>
DNP	Precio de nodo distribuido		
DOF	Diario Oficial de la Federación		
EE	Eficiencia energética		
ER	Energías renovables		
FIDE	Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica		
FV	Fotovoltaico		
GDBT	Tarifa de Gran demanda en baja tensión		
GDFV	Generación distribuida fotovoltaica		

IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático <i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i>	REIPPPP	Programa de Adquisición de Productores Independientes de Energías Renovables
IRENA	Agencia Internacional de Energías Renovables	SALUD	Secretaría de Salud
ISSSTE	Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para Trabajadores del Estado	SEDEMA	Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México
LTE	Ley de Transición Energética	SEDENA	Secretaría de la Defensa Nacional
MLTE	Metas de la Ley de Transición Energética	SEMAR	Secretaría de Marina
MW	Megawatt	SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
MWH	Megawatt hora	SENER	Secretaría de Energía
NDC	Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional <i>Nationally Determined Contributions</i>	SEP	Secretaría de Educación Pública
NREL	Laboratorio Nacional de Energía Renovable	SIN	Sistema Interconectado Nacional
O&M	Operación & Mantenimiento	STPS	Secretaría del Trabajo y Previsión Social
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos	TCAP	Tasa de crecimiento anual promedio
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible	tCO <sub>2</sub> e	Toneladas de CO <sub>2</sub> equivalente
ONG	Organización No Gubernamental	TERI	Instituto de Energía y Recursos <i>The Energy and Resources Institute</i>
PDBT	Tarifa de Pequeña demanda en baja tensión	TGCC	Turbina de gas de ciclo combinado
PEF	Presupuesto de Egresos de la Federación	TWH	Terawatt hora
PEMEX	Petróleos Mexicanos	UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
PIB	Producto Interno Bruto	USD	Dólar estadounidense
PIE	Productores independientes de energía	W	Energía eólica
PIR	Plan integrado de recursos	ZCT	Ruta de transición a cero emisiones de carbono <i>Zero Carbon Transition</i>
PND	Plan Nacional de Desarrollo		
POIS	Puntos de interconexión <i>Points of interconnection</i>		
PRODESEN	Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional		
PRONASE	Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía		
RBF	Financiamiento basado en resultados		



# RESUMEN EJECUTIVO

## EXPLORANDO LOS CO-BENEFICIOS: UNA TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN MÉXICO

Este informe explora cómo los co-beneficios de las energías renovables y de las medidas de ahorro de energía pueden desempeñar un papel activo al conectar la transición energética de México con procesos clave y compromisos de desarrollo que el país ha determinado, por ejemplo, el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024 y las metas climáticas, o Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC), a las que México se ha comprometido bajo el Acuerdo de París. El presente estudio, publicado en el contexto del proyecto Convergencia de la Política Energética y de Cambio Climático en México (CONECC), brinda evidencia cuantitativa sobre los co-beneficios de dos rutas de transición energética (escenarios) vinculadas con la Ley de Transición Energética (LTE), pero con distintos grados de ambición y revela cómo los co-beneficios de las energías renovables y la eficiencia energética pueden ayudar a desempeñar un papel activo en el logro de los objetivos nacionales de desarrollo.

El término **'co-beneficio'** 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. & Görtler, K., 2019). En el contexto de acción climática, los co-beneficios de mitigar las emisiones de carbono enfatizan los resultados positivos en otras áreas políticas, tales como la calidad del aire y la salud, la prosperidad económica o el uso eficiente de recursos. Además de su relevancia para el compromiso del gobierno de aumentar la igualdad y la justicia social para la ciudadanía de México, el enfoque de co-beneficios es un importante facilitador para superar silos políticos y crear nuevas coaliciones de política pública (IASS, 2017a).

## HALLAZGOS CLAVE DEL ESTUDIO: LOS CO-BENEFICIOS SOCIALES Y ECONÓMICOS DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE MÉXICO

La evaluación de los co-beneficios se centró en tres áreas de alta prioridad que se identificaron, en consulta con gobiernos asociados y actores clave, como oportunidades sociales y económicas relacionadas a la transición energética de México y el fortalecimiento de energías renovables y medidas de eficiencia energética:

- ➔ Ahorro de costos y generación de ingresos en edificios públicos con energías renovables y medidas de eficiencia energética.
- ➔ Ahorro de costos y generación de ingresos para comunidades locales a través de las energías renovables.
- ➔ Oportunidades de empleo y desarrollo de capacidades a través de las energías renovables.

Este informe de evaluación de co-beneficios conecta análisis a nivel país con la evidencia regional de estudios de caso en los estados de Baja California Sur, Ciudad de México, Oaxaca y Yucatán. La evaluación toma un enfoque de escenarios orientado a políticas públicas, para conectar con el panorama político existente y aprender de la comparación entre el desempeño socioeconómico de distintas rutas de transición energética. Se han especificado dos rutas de políticas de referencia como base de las evaluaciones de co-beneficios para el periodo 2020-2050:

1. **Ruta de política actual con las metas de la Ley de Transición Energética (MLTE)** de México basada en el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) de 2019.

2. **Ruta de transición a cero emisiones de carbono (Zero Carbon Transition o ZCT, por sus siglas en inglés)**, basada en PRODESEN, pero diseñada para una mayor ambición en términos de la descarbonización del sector energético de México y la implementación de energías renovables.

Basándose en los resultados del estudio, así como en los análisis cualitativos de conversaciones mantenidas durante una serie de talleres regionales y nacionales para habilitar políticas públicas (ver Capítulo 3) con representantes de organizaciones gubernamentales nacionales y subnacionales, el informe plantea opciones de política pública en tres áreas de alta prioridad para habilitar los co-beneficios socioeconómicos identificados. Las opciones de políticas identificadas se clasifican por nivel nacional, subnacional y nacional-subnacional.

## GENERANDO AHORROS E INGRESOS EN EDIFICIOS PÚBLICOS CON ENERGÍAS RENOVABLES Y MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

### Opciones de política pública: Nivel Nacional

#### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #1

**Impulsar el rol de los edificios públicos como modelos a seguir en ahorro de energía al incluirlos en la NDC de México:** Teniendo en cuenta que su potencial de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) es alta, los edificios públicos pueden desempeñar un papel destacado en la estrategia nacional de mitigación. Los objetivos de mitigación basados en medidas de eficiencia energética en edificios públicos podrían ser detallados más a profundidad en la revisión de la NDC de México. Los edificios públicos podrían convertirse en modelos a seguir para el ahorro de energía y costos y motivar iniciativas posteriores entre propietarios de edificios privados.

- **Es económicamente viable reducir de forma considerable la huella de carbono de los edificios públicos.** El potencial total de mitigación de GEI de los hospitales y escuelas públicas, derivado de la adopción de medidas de eficiencia energética combinada con la autogeneración solar, asciende a más de 1,800 millones de tCO<sub>2</sub>e al año.

- **Al combinar la inversión en autogeneración de FV y las inversiones de eficiencia energética de nivel medio, las escuelas públicas en México podrían dar un salto hacia la descarbonización** y desatar un potencial de mitigación de GEI de más de 500,000 tCO<sub>2</sub>e al año con un periodo de retorno de inversión estimado de 5 años.

#### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #2

**Esquema de incentivos para que escuelas y hospitales públicos sean beneficiados por los ahorros:** Aunque las escuelas y los hospitales pueden conseguir ahorros considerables en energía y contribuir a la reducción de GEI a un costo casi nulo, estos aún no se benefician directamente de los ahorros en los costos de energía, ya que no son los responsables de pagar sus costos de electricidad. Esto resulta en poco o ningún incentivo por su parte para implementar medidas de eficiencia energética. Al explorar nuevos esquemas de pago, la Secretaría de Hacienda, en coordinación con los gobiernos estatales, puede brindar incentivos adicionales para atraer el interés de las administraciones de escuelas y hospitales hacia medidas de ahorro de energía.

- **Los hospitales públicos en México pueden ahorrar más de 900 millones de pesos (47 millones de USD<sup>1</sup>) por año al implementar medidas de eficiencia energética de nivel medio como detectores de movimiento para la iluminación, y un mayor uso de protectores solares para edificios que reduzcan la demanda de enfriamiento.** Estas medidas requerirían una inversión total de alrededor de 1.8 mil millones de pesos (94 millones de USD) con un periodo de retorno de inversión de aproximadamente 2 años. Mediante estas simples medidas, el consumo de electricidad en hospitales públicos se puede reducir en un 5%, lo que representa un potencial de mitigación anual de casi 265,000 tCO<sub>2</sub>e.
- **Las escuelas públicas en México pueden ahorrar 2 mil millones de pesos (105 millones de USD) por año al implementar medidas de eficiencia energética de nivel medio como detectores de movimiento para la iluminación, y sistemas de aire acondicionado de alta eficiencia.** Con una inversión total de cerca de 2.6 mil millones de pesos (136 millones de USD), el periodo de retorno de inversión es de poco más de un año. A través de estas medidas, el consumo de electricidad en escuelas públicas puede reducirse en cerca de un 25% con un potencial de mitigación de GEI de más de 470,000 tCO<sub>2</sub>e anual.

1 Todos los tipos de cambio corresponden a noviembre de 2019.

### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #3

**Programas presupuestalmente neutros<sup>2</sup> para cubrir inversiones iniciales en ahorro de energía:** A pesar del atractivo retorno de inversión de las medidas de eficiencia energética, los presupuestos institucionales pueden no cubrir los costos iniciales de la inversión, lo que puede representar una barrera importante para su puesta en marcha. Los programas de financiamiento climático y las alianzas público/privadas pueden facilitar las inversiones de las escuelas y hospitales en medidas de ahorro de energía y permitirles beneficiarse del ahorro de costos. Combinar la energía solar y las medidas de ahorro de energía para potenciar la mitigación de GEI puede ser usado como un argumento adicional para implementar programas de inversión iniciales.

- **Los hospitales públicos en México pueden llegar a reducir sus gastos relacionados con la energía en 2.2 mil millones de pesos (115 millones de USD)** gracias a la implementación de medidas combinadas de eficiencia energética y la autogeneración de energía solar FV. Estas medidas mitigarían anualmente casi 630,000 tCO<sub>2</sub>e con un periodo de recuperación de la inversión de 2.4 años.
- **Las escuelas públicas en México pueden reducir su consumo de energía en más del 7%**

simplemente al introducir medidas de eficiencia energética de bajo a costo cero, como deshabilitar el modo de espera en los dispositivos electrónicos y habilitar el modo de ahorro de energía en las computadoras. Además del ahorro anual de alrededor de 822 millones de pesos (43 millones de USD), estas medidas pueden mitigar más de 193,000 tCO<sub>2</sub>e por año.

### Opciones de política pública: Nivel Subnacional

#### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #4

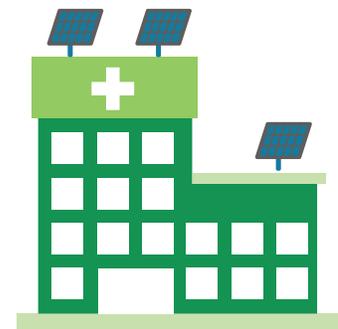
**Programas combinados de ahorro de energía y educación:** Involucrar a los estudiantes en la planificación e implementación de programas de ahorro de energía no solo contribuye a un programa de estudios aplicado, sino que también sirve como multiplicador dentro de los entornos sociales y familiares de los estudiantes. Con este fin, una parte de los ahorros se puede asignar a los presupuestos de la comunidad escolar para co-crear proyectos innovadores, agregando así otro incentivo, particularmente para las mejoras fácilmente alcanzables en eficiencia energética.

### Principales ahorros de energía y potenciales de mitigación en escuelas y hospitales públicos

**5,137 millones de pesos** mexicanos/año  
ahorrados en **111,672 escuelas** públicas



**2,269 millones de pesos** mexicanos/año  
ahorrados en **1,182 hospitales** públicos



**México puede ahorrar 7,406.54 millones de pesos mexicanos cada año con el uso de energías renovables y eficiencia energética en escuelas y hospitales públicos.**

La gráfica muestra el total de los ahorros de los costos de energía, el potencial total de mitigación añadiendo los hospitales y las escuelas públicas.

<sup>2</sup> Los programas presupuestalmente neutros son todos aquellos programas, normalmente gubernamentales, que tienen una estrategia fiscal en la cual, a través de un método de financiamiento diferente al préstamo, evitan crear déficits y, por ende, tener un efecto neutro en el presupuesto.

## Opciones de política pública: Nivel Nacional-Subnacional

### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #5

**Incorporar el potencial de ahorro en costos a los esquemas existentes para monitoreo del uso de energía:** Fortalecer los esfuerzos existentes para monitorear la demanda y el uso de energía en edificios públicos. La recopilación de datos puede complementarse al monitorear y divulgar el potencial de ahorros colaterales para el sector público. Encuestas adicionales y auditorías detalladas según tipos de edificios y regiones climáticas fortalecerán aún más la base de información y ayudarán a especificar oportunidades de ahorro en costos.

## ENERGÍA COMUNITARIA: GENERANDO AHORROS E INGRESOS

## Opciones de política pública: Nivel Nacional

### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #1

**Reinvertir los subsidios al consumo eléctrico en desarrollar una industria de energía renovable orientada a la comunidad:** La Comisión Federal de Electricidad (CFE), junto con la Secretaría de Hacienda, puede reducir de manera programática los subsidios a la industria mediana y grande para fomentar la inversión en energías renovables y medidas de eficiencia energética, al mismo tiempo que aumenta los beneficios económicos para los consumidores afectados. Dicho programa de reinversión puede diseñarse para ser socialmente justo para los grupos de afectados y puede liberar gradualmente los presupuestos federales para abordar otras inversiones priorizadas en el programa social y económico del PND (ver Cuadro 1 del Capítulo 1).

- **Los subsidios de la CFE representan un costo de oportunidad nacional de 45.5 mil millones de pesos (2.3 mil millones de USD).** Las tarifas de las empresas medianas y del sector industrial son las

más altas con aproximadamente 25.5 mil millones de pesos. Para poner estos ahorros potenciales en contexto, el presupuesto federal para Jóvenes Construyendo el Futuro, el segundo programa prioritario más grande del gobierno, fue de 40 mil millones de pesos durante 2019 (DOF, 2018a).

### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #2

**Fomentar la participación económica local en proyectos de energía renovable a través de procedimientos de licitación:** Los procedimientos de licitación pueden revisarse para incluir regulaciones para los desarrolladores de proyectos, exigiendo a los desarrolladores e implementadores que garanticen la participación financiera de proyectos energías renovables a gran escala (por ejemplo, a través de impuestos para fondos comunitarios) e invitar a las instituciones locales de energía y de creación de ingresos a ejecutar un marco que fomente los beneficios económicos locales y el apoyo de la comunidad local.

## Opciones de política pública: Nivel Subnacional

### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #3

**Programa de comunicación sobre las oportunidades económicas locales:** Los estados pueden dirigir una estrategia de comunicación asertiva y una campaña basada en investigación para usuarios finales identificados en municipios y regiones, comunicando los ahorros potenciales, la generación de ingresos y los múltiples co-beneficios de energías renovables y medidas de eficiencia energética. La comunicación constante con la Procuraduría Agraria, que sirve como representante legal de ejidos<sup>3</sup> y tierras comunales, ayudaría a mejorar las relaciones con las comunidades locales e incluirlas en la implementación del proyecto y la participación económica.

### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #4

**Programas estatales para fomentar la participación económica en el ámbito local y la creación de ingresos en proyectos de energías renovables:** Los gobiernos estatales también pueden fomentar la participación accionaria local mediante la introducción de programas estatales para cubrir las inversiones iniciales para los

<sup>3</sup> Las tierras sujetas a un régimen especial de propiedad social; constitucionalmente se reconoce dicha personalidad y se protege de manera especial su patrimonio (Cámara de Diputados, 2014).

municipios, las pequeñas empresas y los hogares y, de esta manera, coinvertir en proyectos locales de energías renovables. Estos serían beneficiados con el tiempo por las personas accionistas locales a través de una parte específica de las ganancias obtenidas de estos proyectos.

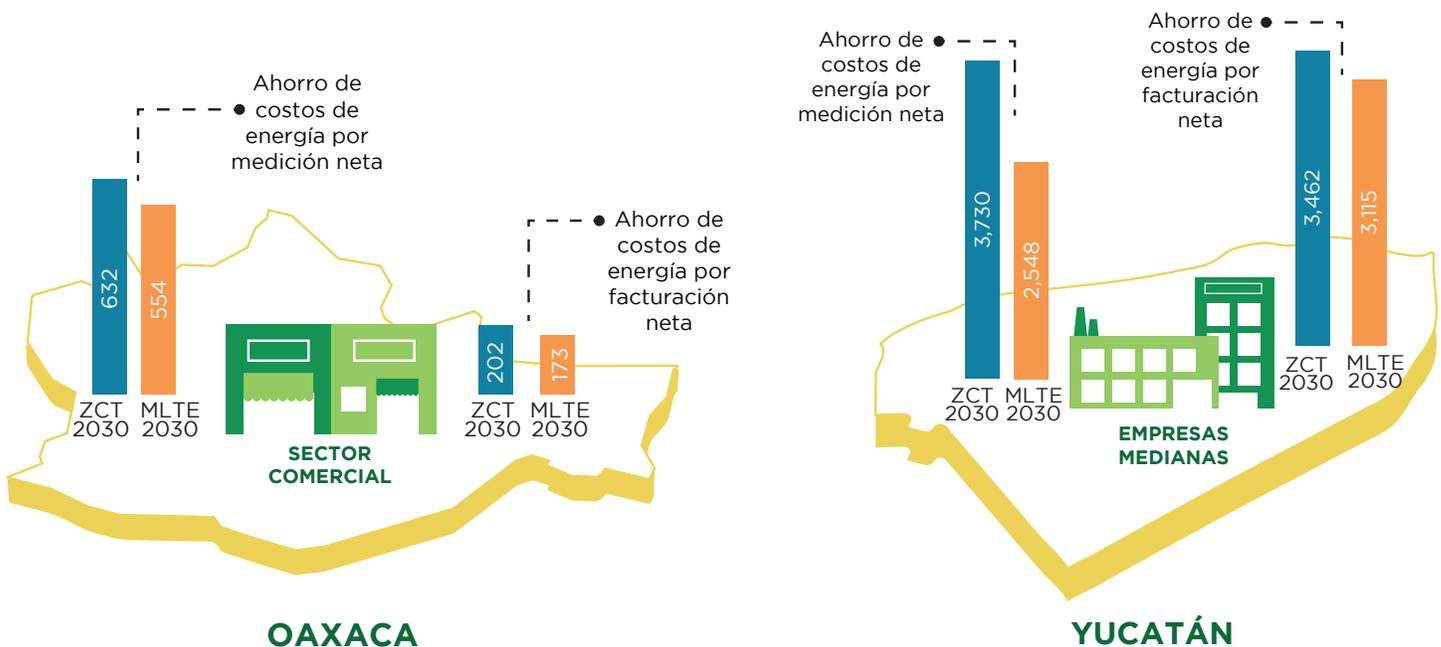
## Opciones de política pública: Nivel Nacional-Subnacional

### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #5

**Lineamientos técnicos para facilitar la generación distribuida por energía solar FV:** La Comisión Reguladora de Energía (CRE) puede incentivar pequeños proyectos al aumentar el límite máximo de generación distribuida (GD) de 499 kW a al menos 1 MW en circuitos o áreas que lo permitan. Lineamientos que faciliten la GD colectiva, considerando un esquema colectivo para la medición neta en diferentes puntos de interconexión de entrada (POIs) dentro de la misma área de precio, o al menos dentro del mismo circuito de distribución, pueden crear apoyo adicional. Esta opción podría ir acompañada de un programa de desarrollo de capacidades para aumentar la participación de pequeños proyectos y fomentar la generación de ingresos a nivel subnacional y regional.

- Para 2030, el ahorro acumulado de costos de energía bajo el esquema de medición neta en todos los sectores de Oaxaca habrá superado los mil millones de pesos (52 millones de USD) con el sector comercial como el principal beneficiario (más del 50%) de estos ahorros, independientemente de la ruta de transición energética.
- A partir de 2030, la ruta ZCT conducirá a beneficios económicos significativamente más altos bajo el esquema de medición neta en Oaxaca en comparación con las MLTE. Para 2040, el ahorro de costos acumulados para todos los sectores analizados en Oaxaca bajo la ruta del ZCT sería un 63% mayor que los logrados a través de la ruta política actual, superando los 7 mil millones de pesos (366 millones de USD). Esta cifra se estima en más del doble para 2050, a 17.7 mil millones de pesos (925 millones de USD).
- Para el año 2030, las empresas nacionales, comerciales y medianas, así como los grandes usuarios industriales en Oaxaca, pueden esperar beneficios económicos de 640 millones de pesos (33.5 millones de USD) del esquema de facturación neta bajo la actual política pública. Estos beneficios pueden incrementarse en más del 20% a 780 millones de pesos (40 millones de USD) bajo un ambicioso entorno de política pública de descarbonización (ZCT).

## Potencial de ahorros en costos por generación distribuida fotovoltaica (GDFV) en Oaxaca y Yucatán.



La gráfica muestra una selección de ahorros estimados en costos de energía eléctrica (en millones de pesos por sector) bajo el esquema de medición y facturación neta (2020–2049) para 2030 en las rutas de transición energética MLTE y ZCT en el caso de Oaxaca para el sector comercial y en el caso de Yucatán para las empresas medianas.

- Para el año 2030, bajo la actual política pública, las empresas nacionales, comerciales y medianas, así como los grandes usuarios industriales en Yucatán, se beneficiarán en el ahorro de 4.5 mil millones de pesos (235 millones de USD) bajo el esquema de medición neta. Estos beneficios pueden incrementarse en un 50% a 6.7 mil millones de pesos (350 millones de USD) bajo una ambiciosa política pública de descarbonización (ZCT), siendo las empresas comerciales y medianas las principales beneficiarias, logrando más del 90% del ahorro de costos acumulados.
- Para el año 2030, bajo la actual política pública, las empresas nacionales, comerciales y medianas, así como los grandes usuarios industriales en Yucatán, esperan ver beneficios económicos acumulativos de 4 mil millones de pesos (209 millones de USD) como resultado del esquema de facturación neta. Estos beneficios pueden incrementarse en más del 40% a 5.8 mil millones de pesos (303 millones de USD) bajo la ruta ZCT.
- Para el año 2030, se estima que los municipios analizados en Yucatán acumulen 5 mil millones de pesos de la generación distribuida FV a través del esquema de medición neta bajo ZCT, superando los ahorros de las MLTE en casi un 50%. Para el año 2040, los ahorros totales en todos los municipios analizados bajo la ruta ZCT se estiman en 35 mil millones de pesos (1.8 mil millones de USD), duplicando así los beneficios económicos esperados de las MLTE.

## LA CREACIÓN DE EMPLEO EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

### Opciones de política pública: Nivel Nacional

#### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #1

**Creación de empleos a través del cumplimiento de objetivos climáticos y energéticos:** Al implementar plenamente los objetivos establecidos en la LTE, México<sup>4</sup> creará más de 375,000 años de trabajo<sup>5</sup> directo e indirecto para 2030 y más de 1 millón de años de trabajo directo e indirecto para 2050.

#### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #2

**Crear empleo a través de las energías renovables:** En la fase de construcción, todas las tecnologías de energía renovable superan tecnologías de generación de energía fósil, particularmente la energía eólica, con más de 21 años de trabajo por MW instalado y generación distribuida fotovoltaica (GDFV) con alrededor de 9.5 años de trabajo por MW instalado, en comparación con 5.5 años de trabajo para la energía carboeléctrica y 1 año de trabajo para la energía generada con gas (turbina de gas de ciclo combinado, TGCC). En la fase de operación y mantenimiento (O&M), la energía solar fotovoltaica y la GDFV se desempeñan particularmente bien, no obstante, a nivel general más bajo, con alrededor de 0.4 años de trabajo por MW instalado, en comparación con 0.14 años de trabajo para la energía carboeléctrica, 0.08 para energía eólica y 0.05 años de trabajo para energía generada con gas.

#### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #3

**Programa Jóvenes Construyendo el Futuro sobre energías renovables:** Dirigirse a las empresas de la industria de las energías renovables para unir fuerzas con exitosos programas gubernamentales de bienestar con el objetivo de atraer jóvenes talentos a la industria emergente y enviar un fuerte mensaje sobre la creciente relevancia de este sector. Además, se puede explorar bajo qué mecanismos de participación pública/privada, los proyectos de energías renovables pueden contribuir directamente con estos programas.

#### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #4

**Evaluar requisitos de contenido local:** Los procedimientos de licitación pueden revisarse para incluir regulaciones sobre el uso de componentes tecnológicos locales, fortaleciendo así el desarrollo de la industria nacional y los empleos (directos e indirectos) en toda la cadena de valor de las energías renovables. Los requisitos adicionales relacionados con el empleo en la comunidad local pueden fomentar los impactos en el empleo local y contribuir al desarrollo social y económico de la comunidad. Sin embargo, la fase de diseño de estas medidas debe investigar y considerar los efectos positivos y negativos relacionados con una política de contenido local.

<sup>4</sup> Según la LTE, México debería lograr el 35% y el 50% de la generación de electricidad a partir de fuentes de energía limpia (energías renovables incluida la hidroeléctrica, pero también la generada con gas natural) para el año 2014 y 2050 respectivamente.

<sup>5</sup> Un "año de trabajo" se define como empleo a tiempo completo para una persona durante un año.

## Opciones de política pública: Nivel Subnacional

### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #5

**Tener el trabajo correcto en el lugar correcto:** La evaluación de la brecha de habilidades muestra que México puede cubrir la mayor parte de la demanda de habilidades para el sector de energías renovables a nivel nacional; sin embargo, la mano de obra calificada debe estar ubicada de modo que puedan satisfacerse las necesidades de empleo generadas por la construcción, operación y mantenimiento de proyectos. Los estados con un gran potencial para el despliegue de energía fotovoltaica y eólica deberían comprometerse más con el sector privado y las instituciones educativas y de capacitación para identificar las habilidades y conocimiento requeridos por la industria de las energías renovables a lo largo de la cadena de suministro. En consecuencia, las universidades deberían revisar sus programas y preparar a los estudiantes para unirse a la industria.

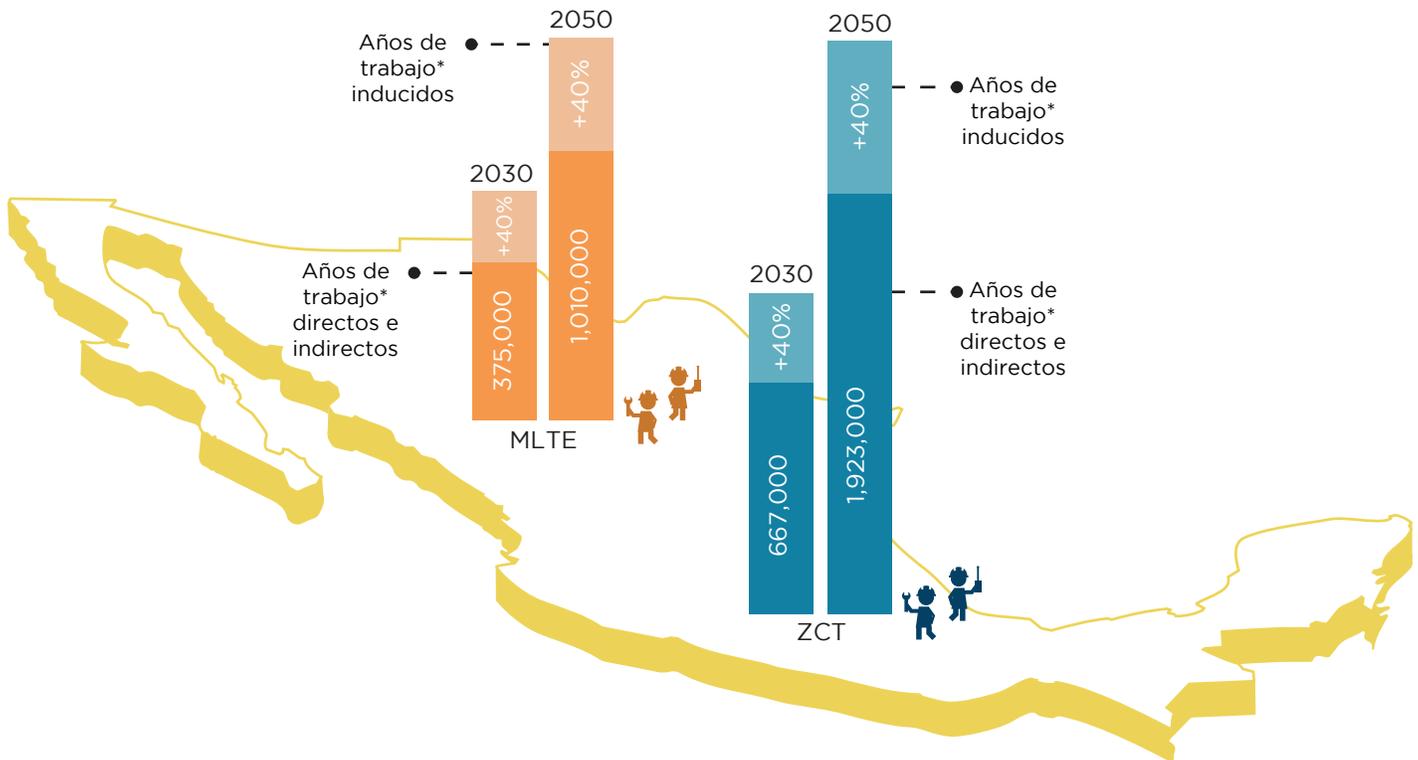
**El sistema educativo y universitario mexicano puede satisfacer la creciente demanda laboral en el sector de las energías renovables.** Si bien se puede suponer un cierto grado de movilidad laboral en todo el país, análisis subsecuentes (por ejemplo, análisis en el nivel educativo y de capacitación) pueden proporcionar evidencia adicional sobre los efectos de la distribución geográfica para especializar el desarrollo de habilidades a las demandas regionales.

## Opciones de política pública: Nivel Nacional-Subnacional

### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #6

**Alianzas para la transición energética:** Los avances en energía renovable y sostenibilidad no solo provienen de actores establecidos. Generar innovaciones locales a través de concursos entre estudiantes y jóvenes

## Oportunidades de empleo por medio de las energías renovables en años



La gráfica muestra cuántos años de trabajo se pueden generar a través del uso de energías renovables en México para el año 2030 y 2050 en las dos rutas de transición energética de MLTE y ZCT.

\*Un *año de trabajo* se define como empleo a tiempo completo para una persona durante un año. Para más información sobre los tipos de empleo (directo, indirecto e inducido), ver el Cuadro 9 del estudio.

desarrolladores y crear laboratorios de energías renovables para estos grupos objetivo, empresas privadas, *start-ups* y universidades, pueden facilitar el reconocimiento de las energías renovables como una industria orientada al futuro de México.

## LOS CO-BENEFICIOS COMO FACILITADORES DEL DESARROLLO SOSTENIBLE EN MÉXICO: OPORTUNIDADES CLAVE DE POLÍTICA PÚBLICA

El gobierno mexicano ha reiterado su compromiso de transformar el país y brindar mayor **igualdad y justicia social a los ciudadanos mexicanos y las ciudadanas mexicanas**. Al debatir y fomentar la incorporación de energías renovables en la matriz de generación energética y las medidas de eficiencia energética como acciones transformadoras, el país reducirá considerablemente la huella climática<sup>6</sup> del sector energético y, al mismo tiempo, abrirá oportunidades sociales y económicas clave.

En línea con el **Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (PND)**, los gobiernos estatales y los líderes comunitarios pueden encabezar una planificación energética centrada en la comunidad para habilitar beneficios locales, creando negociaciones más equitativas y democratizadas con las comunidades y fomentando la apropiación de estos proyectos entre la ciudadanía. Las experiencias internacionales recientes, como en los Diálogos de Transición Justa acerca del futuro energético de Sudáfrica, pueden usarse como un estímulo para dar forma a la transición energética de México.

### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #1

**Diálogos de Transición Energética Justa:** Lanzar una serie de diálogos (a nivel federal y regional) con representantes de las comunidades y empresas locales, responsables políticos locales e implementadores para abordar las oportunidades locales y las preocupaciones. Identificar conjuntamente las opciones para maximizar los beneficios sociales de las energías renovables y los proyectos de eficiencia energética puede ser un paso primordial para alinear la transición energética de México con el PND y la misión del gobierno de lograr un mayor bienestar para todos.

Además de la **acción climática global**, las oportunidades sociales y económicas mundiales para el bienestar y la prosperidad se han convertido en los principales

impulsores del aumento continuo de las inversiones en energías renovables y eficiencia energética. Al acelerar la transición energética de México y hacer de la NDC una declaración de oportunidad para las generaciones actuales y futuras de México, el gobierno puede cumplir sus promesas sociales y fortalecer la posición líder del país en la acción climática.

### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #2

**Hacer que los co-beneficios formen parte de la NDC de México:** Construyendo sobre la promesa de habilitar los co-beneficios de la salud y bienestar para la población mexicana mediante la NDC y a través de su proceso de revisión, el gobierno puede aprovechar la oportunidad para incluir entre sus Contribuciones una sección de “co-beneficios” que especifique y comunique los co-beneficios sociales y económicos que busca impulsar en el país, describiendo cómo la acción climática puede desempeñar un papel activo en la política social del gobierno.

La **Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible** y el creciente cuerpo de investigación sobre su implementación proporcionan un marco analítico para identificar los co-beneficios relevantes de las políticas sectoriales y diseñar esquemas de políticas para maximizar los co-beneficios intersectoriales, por ejemplo, entre compromisos climáticos, políticas energéticas y el PND. Por otro lado, los intercambios regionales (como talleres de co-beneficios México 2019 realizados en Baja California Sur, Oaxaca, Ciudad de México y Yucatán) pueden desempeñar un papel importante en la visualización y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) dentro de las comunidades locales.

### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #3

**Introducir un enfoque de co-beneficios a los organismos intersecretariales:** A partir de los conocimientos e impulsos de los diálogos regionales y nacionales propuestos para la transición energética, los grupos de trabajo intersecretariales (como la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, CICC, o el Consejo Consultivo para la Transición Energética, CCTE) pueden tener el mandato de incorporar consideraciones de oportunidades sociales y económicas para las comunidades locales y las empresas en su trabajo. La Oficina de la Presidencia, con su Dirección de Agenda 2030 y su perspectiva de los ODS, puede ser un facilitador importante en la configuración de intervenciones intersectoriales de políticas públicas.

<sup>6</sup> El término se deriva de Huella de Carbono, definida como la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por un país en un periodo de tiempo determinado (EPA, 2017).

# 1. CONTRIBUYENDO A LA JUSTICIA SOCIAL Y LA IGUALDAD A TRAVÉS DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE MÉXICO

El gobierno mexicano ha reiterado su compromiso de transformar el país y lograr una mayor igualdad y justicia social para los ciudadanos mexicanos y las ciudadanas mexicanas. Al mismo tiempo, el país se ha embarcado en una transición hacia fuentes de energía limpia, que no solo será decisiva para reducir la huella climática de su sector energético, sino que, al mismo tiempo, abrirá una serie de oportunidades sociales y económicas. Con su PND 2019-2024, el Gobierno Federal ha establecido una ambiciosa misión social y económica: proveer mayor bienestar para todos. El PND también define el curso de la nueva política energética de México para guiarla por las oportunidades sociales y económicas, tales como la vinculación de la ciudadanía y las comunidades de manera más directa con los beneficios económicos de la energía de fuentes renovables (DOF, 2019a, ver Cuadro 1).

La misión del desarrollo económico y social también se refleja en las políticas ambientales de México para combatir el calentamiento global y sus impactos en el país. El compromiso internacional de México para reducir emisiones de GEI (NDC) se ha establecido con el objetivo de priorizar acciones de mitigación que sean rentables y activen co-beneficios para la población mexicana, una idea que también se refleja en la Ley General de Cambio Climático (DOF, 2012, 2015a, 2018b; ver el Cuadro 3).

Por consiguiente, toda decisión actual sobre la ruta climática y energética tendrá un impacto considerable y sostenido en el desarrollo social y económico del país. La búsqueda de una ruta energética sostenible y la toma de decisiones políticamente efectivas que puedan activar los diferentes beneficios sociales y económicos requeridos en el país se reduce a una pregunta: **¿Cómo pueden contribuir las energías renovables y la eficiencia energética a facilitar igualdad y justicia social para la población mexicana?**

Al evaluar y comparar los co-beneficios de diferentes rutas de transición energética, este informe, publicado en el contexto del proyecto co-beneficios México, busca brindar respuestas a esta pregunta. El término “co-beneficio” 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 (Hel-

genberger, S., Jänicke, M. & Gürtler, K., 2019). Además de la relevancia del estudio para el compromiso del gobierno de aumentar la igualdad y la justicia social para los ciudadanos y las ciudadanas de México, el enfoque de co-beneficios es también un importante facilitador para superar silos políticos y transformar conflictos de interés tradicionales en nuevas coaliciones de política pública (IASS, 2017a).

Ante este panorama, el estudio busca proporcionar evidencia cuantitativa y científicamente sólida sobre cómo los co-beneficios de las energías renovables y las medidas de eficiencia energética pueden desempeñar un papel activo en el logro de los objetivos del PND (ver Cuadro 1). Además, los resultados de la evaluación de los co-beneficios indican que tanto el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) como la NDC de México en el contexto del Acuerdo de París (ver Cuadro 2 y Cuadro 3) pueden actuar como catalizadores importantes para lograr los objetivos de desarrollo establecidos por el Gobierno de México si su planificación se alinea.

Con la cuantificación de co-beneficios específica para el país y la redacción de opciones de política pública para habilitar las oportunidades identificadas, el informe también contribuye a conectar esta nueva evidencia sobre el contexto mexicano con el creciente discurso internacional sobre cómo aprovechar las oportunidades sociales y económicas de las energías renovables y eficiencia en diferentes contextos. En este sentido, el presente estudio también tiene como objetivo contribuir al aprendizaje internacional mutuo con países como Sudáfrica e India, donde recientemente se han publicado estudios relevantes sobre oportunidades de empleo y generación de ingresos para las comunidades locales (cf. IASS/CSIR, 2019a, IASS/TERI 2019a).

El estudio tiene como base una colaboración confiable con las secretarías y agencias gubernamentales de los estados de Baja California Sur, Oaxaca, Yucatán y Ciudad de México. La participación de estas instituciones, junto con la de otros formuladores e implementadores de políticas públicas, ha sido decisiva para asegurar la relevancia del estudio y habilitar los co-beneficios identificados.

**Cuadro 1.** Plan Nacional de Desarrollo (2019): los objetivos sociales y económicos de México y el camino para alcanzarlos

## PLAN NACIONAL DE DESARROLLO (PND)

En 2019, el gobierno mexicano publicó su PND para el periodo de 2019 a 2024 (PND/ “Plan Nacional de Desarrollo”; DOF, 2019a) como el documento de planificación clave que establece las prioridades nacionales de política pública bajo el objetivo general de lograr una “Economía de bienestar”. El escrito define la misión social y económica del Gobierno Federal en el futuro próximo, incluyendo el camino a seguir durante el sexenio del Gobierno Federal actual.

El PND establece los objetivos centrales para el desarrollo social y económico —conectando las agendas nacionales, estatales y municipales y los programas sectoriales— y describe las rutas necesarias para cumplirlos. Existen tres áreas de trabajo para la política pública bajo el PND:

**1 — Política y Gobierno (Justicia)** — Reducir la corrupción, reactivar la procuración de justicia, garantizar el empleo, la salud y el bienestar; ejercer el ejercicio pleno de los derechos humanos, garantizando la construcción de la paz, la gobernabilidad democrática y el fortalecimiento de las instituciones políticas de México; reconocer y respetar las atribuciones y poderes que el marco legal del país otorga a las comunidades indígenas y sus órganos de toma de decisiones.

**2 — Política Social (Bienestar)** — Construir un país con bienestar, garantizando el ejercicio efectivo de los derechos económicos, sociales, culturales y ambientales con énfasis en la reducción de las condiciones de desigualdad y vulnerabilidad de las poblaciones y los territorios. Promover el desarrollo sostenible, el derecho a un medio ambiente seguro con sostenibilidad de ecosistemas, biodiversidad y patrimonio y paisajes bioculturales; crear y promover programas de bienestar social para grupos vulnerables como el programa para personas adultas mayores, los programas de pensiones para personas con discapacidad, los programas de becas para comunidades vulnerables, jóvenes construyendo el futuro, los programas de desarrollo rural y los programas de desarrollo económico (lista completa en PND, DOF, 2019a).

**3 — Economía (Desarrollo)** — Mantener finanzas saludables en el país, apoyando al sector energético y a las empresas estatales de servicios públicos; fortalecer el mercado interno, crear empleos permanentes y bien remunerados; promover el desarrollo en zonas vulnerables del país y apoyar a las comunidades rurales.

## POLÍTICA PÚBLICA ENERGÉTICA BAJO EL PND

El PND también define la dirección de la nueva política energética de México, así como las prioridades de desarrollo relacionadas con la transición energética de México:

La nueva política energética del Estado mexicano impulsará el desarrollo sostenible mediante la incorporación de poblaciones y comunidades a la producción de energía con fuentes renovables, las mismas que serán fundamentales para dotar de electricidad a las pequeñas comunidades aisladas que aún carecen de ella y que suman unos dos millones de habitantes. La transición energética dará pie a impulsar el surgimiento de un sector social en ese ramo, así como para alentar la reindustrialización del país (DOF, 2019a).

## **Cuadro 2.** Compromiso de mitigación de GEI en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional (NDC) de México(NDC)

### **CONTRIBUCIONES DETERMINADAS A NIVEL NACIONAL (NDC)**

El Acuerdo de París (vigente desde el 4 de noviembre de 2016) requiere que las Partes presenten esfuerzos para adaptar, financiar y mitigar las emisiones de GEI a través de su NDC. México presentó sus contribuciones en marzo de 2015 (Gobierno Federal de México, 2015), estableciendo objetivos y acciones para el periodo posterior a 2020. La NDC especifica el compromiso de mitigación de GEI de México como se indica a continuación:

#### **Reducción no condicionada**

- México se compromete a la reducción no condicionada del 25% de sus emisiones de GEI y contaminantes climáticos de vida corta (respecto a la línea base) para 2030. El compromiso implica reducciones del 22% para los GEI y del 51% para el carbono negro.
- Este compromiso implica un pico de emisiones netas en el año 2026, desacoplando las emisiones de GEI del crecimiento económico: la intensidad de emisión por unidad del Producto Interno Bruto (PIB) se reducirá en aproximadamente un 40% entre 2013 y 2030.

#### **Reducción condicionada**

- El compromiso no condicionado expresado anteriormente podría alcanzar el 40% sujeto a un acuerdo global que aborde temas importantes que incluyan: un precio internacional del carbono, ajustes del impuesto sobre el carbono en las fronteras, cooperación técnica y acceso a recursos financieros de bajo costo y transferencia de tecnología; todo a una escala acorde con el desafío del cambio climático global.
- Bajo estas condiciones, las reducciones de GEI podrían aumentar hasta un 36% y las reducciones de carbono negro a 70% en 2030.

#### **Tipo**

- Reducción de emisiones en relación con una línea de base (escenario tendencial o BAU).
- Escenario tendencial para proyecciones de emisiones basado en el crecimiento económico en ausencia de políticas de cambio climático a partir de 2013 (primer año de aplicación de la Ley General de Cambio Climático de México).

#### **Co-beneficios**

Con referencia a la Ley General de Cambio Climático del país, la NDC de México se está introduciendo con el propósito de priorizar acciones con el efecto de mitigación más rentable y que permitan co-beneficios de salud y bienestar para la población mexicana (Gobierno Federal de México, 2015).

### Cuadro 3. Políticas energéticas y climáticas clave de México: marco legal y objetivos establecidos

#### LEY GENERAL DE CAMBIO CLIMÁTICO (LGCC) Y LEY DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA (LTE)

El Congreso mexicano aprobó por unanimidad la Ley General de Cambio Climático en abril de 2012, la cual entró en vigor en octubre de ese año y convirtió a México en el primer país en desarrollo en promulgar una ley integral sobre este tema. Bajo esta ley, México busca reducir sus niveles de emisiones en un 50% para 2050 en relación con los del año 2000 (DOF, 2012, 2015, 2018b).

En 2015, la LTE introdujo metas para desarrollar el sistema energético del país de acuerdo con los objetivos de reducción de emisiones en la Ley General de Cambio Climático y los compromisos internacionales de mitigación de los GEI en México (DOF, 2015). En términos de generación de electricidad, la ley pretende que se obtenga el 35% de la energía de fuentes limpias (energías renovables, incluida la hidroeléctrica, pero también energía de gas) para el año 2024.<sup>7</sup> En 2018, una reforma a la LGCC actualizó los objetivos para armonizar la Política Climática mexicana con el Acuerdo de París y el compromiso con la NDC (DOF, 2018b).

#### PROGRAMA DE DESARROLLO DEL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL (PRODESEN)

En junio de 2019, la Secretaría de Energía (SENER) publicó la actualización más reciente de PRODESEN para el periodo 2019-2033 (SENER, 2019). El documento describe las consideraciones de planificación para el sistema eléctrico nacional con respecto a la generación, transmisión, distribución y comercialización de electricidad. Con la misión de facilitar una prosperidad económica sostenible, el documento establece objetivos para satisfacer la demanda de electricidad, maximizar la generación de energía y para las prácticas de transmisión y distribución.

Con respecto a las energías renovables, la estrategia de 2019 para implementar PRODESEN durante 2019-2033 prevé un aumento en la capacidad de generación eléctrica instalada (a gran escala, sin GD) de 20 GW en 2018 a 49 GW en 2030, incrementada a 57 GW para el año 2033 con una capacidad de generación total instalada esperada de 172 GW (SENER, 2019). Además de las capacidades de energías renovables a gran escala, este programa prevé la instalación adicional de generación renovable distribuida a pequeña escala de hasta 28 GW (cf. Oficina de la Presidencia & GIZ, 2019 y SENER, 2019).

PRODESEN 2019-2033 reconoce el compromiso de México con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y los objetivos del Acuerdo de París de 2015. Además, admite el requerimiento de alinear la planificación energética nacional con los compromisos nacionales de mitigación de GEI expresados en las Contribuciones Determinadas a Nivel Nacional de México para cumplir con estos objetivos (SENER, 2019). El programa también reconoce la importancia de los ODS de las Naciones Unidas, poniendo énfasis en los objetivos prioritarios formulados en su PND.

#### PROGRAMA NACIONAL PARA EL APROVECHAMIENTO SUSTENTABLE DE LA ENERGÍA (PRONASE)

En 2016, la SENER y la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) publicaron la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios, como una parte extendida del PRONASE 2014-2018. La estrategia tiene tres objetivos principales: (i) establecer metas y una hoja de ruta para la implementación de los objetivos trazados en la Estrategia de Transición; (ii) promover la reducción de emisiones contaminantes originadas por la industria eléctrica; y (iii) reducir, bajo criterios de viabilidad económica, la dependencia del país de los combustibles fósiles como fuente primaria de energía (SENER, 2016).

La estrategia es el documento central para la eficiencia energética en México y establece como meta nacional de eficiencia energética: reducciones promedio anuales de 1.9% en la intensidad del consumo final de energía entre 2016 y 2030 y una reducción promedio anual de 3.7% entre 2031 y 2050 (SENER, 2016). En el sector de la construcción, se identifica una reducción potencial del 35% en el consumo de energía para 2050 con respecto a la línea base, del 50% en el sector de transporte y del 41% en el de la industria (CONUEE, 2017).

<sup>7</sup> El objetivo para 2024 de la Ley de Transición Energética ha sido modificado por un objetivo para 2050 de 50% de generación de electricidad limpia a través de la Estrategia de Transición 2016 del gobierno para el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios (Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios) (SENER, 2016).

# 2.CO-BENEFICIOS DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA JUSTA: IMPULSOS INTERNACIONALES PARA PROMOVER EL DEBATE EN MÉXICO

En la acelerada transición global al nuevo panorama de las energías renovables e impulsados también por la creciente preocupación pública por los problemas ambientales existentes y una crisis climática emergente, los gobiernos de todo el mundo están comprometidos en presentar y habilitar las oportunidades de la transición energética en vista de sus estrategias de desarrollo nacional (ver el ejemplo de Sudáfrica, analizado abajo).

El concepto de co-beneficios, con su papel estratégico para construir alianzas y como facilitadores de transiciones energéticas socialmente inclusivas y sostenibles, también ha estimulado el discurso político internacional sobre la implementación del Acuerdo de París en el contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y la Agenda 2030 de las Naciones Unidas para el Desarrollo Sostenible. El énfasis en los co-beneficios ha ayudado además a fortalecer la conexión estratégica entre el Acuerdo de París y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (cf. Helgenberger, S., Jänicke, M. & Gürtler, K., 2019; para México ver Oficina de la Presidencia & GIZ, 2019). Como muestran los siguientes ejemplos, no solo se está considerando la acción climática como pilar fundamental para la prosperidad social a largo plazo, sino que también es un motor del desarrollo social y económico para el presente y futuro próximo.

En el sector de la energía, particularmente, los co-beneficios sociales y económicos de la transición han pasado a ser el centro de los debates relacionados con el clima y la energía. Algunos co-beneficios importantes que han sido considerados incluyen la energía segura y accesible para todos, mitigar los conflictos sobre recursos escasos, como el agua; promover la economía nacional, las empresas locales y el empleo, incrementar la salud y el bienestar de la gente, desahogar presupuestalmente al gobierno y liberar recursos, así como empoderar a las comunidades locales y a los ciudadanos y las ciudadanas (cf. IASS, 2017a; ver Figura 1).

**Figura 1.** Co-beneficios de las energías renovables: categorías clave (IASS, 2017a).



Las evaluaciones globales de co-beneficios de la transición energética, tal como la revisión anual de las energías renovables y el empleo de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA) (ver IRENA, 2019 para la versión más reciente), reconocen cada vez más la importancia del tema a nivel internacional, considerando que las evaluaciones específicas por país son clave para conectar las oportunidades con las agendas y los intereses nacionales de desarrollo. Recientemente, los co-beneficios de la acción climática en el sector energético se han evaluado y especificado para varios países como Sudáfrica, India, Turquía y Vietnam. Estas referencias pueden ser útiles para facilitar la justicia social y la igualdad a través de la transición energética de México:

**Sudáfrica — Ahorro en los Hogares:** Los hogares y las empresas de Sudáfrica pueden ahorrar dinero invirtiendo en energía solar. Los ahorros anuales solo para el sector residencial ascienden a más de 850 millones de USD para 2030 (IASS/CSIR, 2019a).

**India — Generación de Empleo:** India puede impulsar significativamente el empleo a través del sector eléctrico al aumentar la participación de energías renovables. Con la promesa del gobierno, según lo estipulado en la NDC, de ampliar las energías renovables en el país, se espera que el empleo en el sector eléctrico aumente en un 30% adicional para 2030 (IASS/TERI, 2019a).

**India — Beneficios en Costos de Salud:** India puede reducir las pérdidas económicas relacionadas con los costos de salud, inducidos por los efectos contaminantes de los combustibles fósiles, al enverdecer la economía a través de fuentes de energía renovable. Siguiendo una ambiciosa ruta hacia energías bajas en carbono, las pérdidas económicas podrían reducirse en más de 165 mil millones de USD para 2050 (IASS/TERI, 2019b).

**Turquía — Beneficios para el Desarrollo Industrial:** Turquía puede promover sustancialmente el desarrollo industrial al aumentar la proporción de energías renovables. Con la decisión del gobierno turco de aumentar la capacidad de energía solar en un 60% y al menos duplicar la capacidad de energía eólica en los próximos 10 años, el gobierno sentó las bases para un aumento de quince veces (15x) el valor producido a lo largo de la cadena de valor solar y más del 31% a lo largo de la cadena de valor eólica solo en un lapso de los próximos 10 años (IASS/IPC, 2019).

**Vietnam — Beneficios de Acceso a la Energía:** Vietnam tiene un enorme potencial para los sistemas de energía renovable fuera de red (off-grid). La implementación de turbinas de baja velocidad de viento para electrificar grupos de áreas rurales es el medio más barato para proporcionar acceso a energías de bajo costo a las áreas remotas de Vietnam (IASS/GreenID, 2019).

Además, los informes sobre co-beneficios de las mejoras en la eficiencia energética, como el informe modelo de la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2014; para una actualización más reciente ver IEA, 2019) también ha despertado interés internacional y pueden ser fuentes útiles para el discurso nacional de co-beneficios en México. Por ejemplo, en el sector de la construcción, las medidas para reducir las emisiones de GEI y aumentar la eficiencia energética han dado lugar a co-beneficios relacionados con la calidad de la mano de obra, mejora de la productividad de las personas trabajadoras y el bienestar y la salud de las personas empleadas (menor incidencia de enfermedades, reducción de la mortalidad) (cf. Næss-Schmidt, HS, Hansen, MB, von Utfall Danielsson, C., 2012).

Además de revelar oportunidades para el desarrollo socioeconómico nacional y aportar al conocimiento internacional sobre los co-beneficios potenciales y existentes, el discurso de co-beneficios también ofrece información sobre la acción política necesaria para utilizar esta evidencia, como lo demuestran los siguientes ejemplos sobre la comunicación de los beneficios del desarrollo en la NDC de Vietnam y un proceso de diálogo inclusivo sobre el aprovechamiento de las oportunidades sociales de transición energética de Sudáfrica.

En Vietnam, los co-beneficios se consideran medios importantes para comunicar la relevancia de la promesa nacional de acción climática para el bienestar social. En este aspecto, la NDC sobre mitigación del cambio climático son más que documentos técnicos, ya que pueden servir como prueba ante audiencias nacionales e internacionales de la responsabilidad global que un país está dispuesto a asumir para reducir sus emisiones de GEI. En el actual proceso de revisión de la NDC, algunos países como Vietnam han decidido incluir una sección de co-beneficios con el objetivo de comunicar cómo obtener el máximo beneficio de la acción climática en la creación de oportunidades sociales y económicas para sus habitantes. Además de reunir apoyo nacional para la acción climática, esto puede inspirar acciones similares y contribuir a la construcción de un impulso global y alianzas más fuertes para la acción climática temprana y ambiciosa (IASS, 2018).

En Sudáfrica, la Comisión Nacional de Planificación del gobierno inició un amplio diálogo en 2018 con las partes interesadas sobre las *Rutas para una Transición Justa* con el objetivo de trazar diferentes caminos para la transición a una sociedad baja en carbono mientras se aborda el desafío triple de combatir la pobreza, la desigualdad y el desempleo. Sobre la base del Plan Nacional de Desarrollo de Sudáfrica, los diálogos a nivel nacional y específicos de la región apuntan a una visión compartida entre el gobierno, los trabajadores, la sociedad civil y las empresas con el fin de aprovechar las oportunidades sociales de la transición energética como base de un pacto social (Gobierno de Sudáfrica, 2017; ver Cuadro 4).

Al compilar estos ejemplos de países como Sudáfrica, India, Turquía y Vietnam, además de señalar las revisiones globales de co-beneficios como el informe IRENA (2019) sobre beneficios laborales, este capítulo ha tratado de proporcionar los impulsos relevantes para el debate interno de México.

Las respuestas políticas, así como el diálogo Rutas para una Transición Justa de Sudáfrica (descrito en el Cuadro 4, más adelante), pueden ofrecer modelos útiles para el desarrollo de políticas inclusivas, donde las nuevas alianzas sean posibles y necesarias. El diálogo intergubernamental y el aprendizaje mutuo sobre estos temas pueden proporcionar importantes

fuentes de inspiración para ambas partes en la preparación de un entorno político propicio para cosechar los co-beneficios identificados. Consecuentemente, esta evaluación específica de México contribuye a la base de conocimiento internacional sobre los co-beneficios y cómo hacer uso de ellos.

**Cuadro 4.** Estudio de caso de co-beneficios internacional, Sudáfrica: aumento de la equidad social y la justicia a través de las energías renovables.

## ENFOQUE EN SUDÁFRICA: AUMENTO DE LA EQUIDAD SOCIAL Y LA JUSTICIA A TRAVÉS DE ENERGÍAS RENOVABLES

### Priorizar las energías renovables en el desarrollo de las capacidades de generación eléctrica de Sudáfrica

El Plan Integrado de Recursos (IRP, por sus siglas en inglés) es el documento clave de planificación del sector energético del gobierno. Las modificaciones del IRP buscan tener en cuenta la naturaleza cambiante de la demanda de energía, los costos de las diferentes fuentes de energía, así como la agenda de desarrollo social y económico del país, descrita en el Plan Nacional de Desarrollo de Sudáfrica 2030. .

En su revisión más reciente, el IRP 2019 continúa con la tendencia de dar una posición fundamental a las energías renovables en el desarrollo de nuevas capacidades de generación eléctrica y sustituyendo tecnologías viejas e ineficientes. El IRP 2019 identificó el requisito de al menos 14.4 GW adicionales de capacidad eólica y 6.0 GW de solar FV para 2030, entre una gama de otras capacidades recientemente construidas que incluyen: carbón, gas, hidrocarburos importados y almacenamiento (CSIR, 2019). En comparación con las versiones anteriores, el IRP 2019 da prioridad a la generación eléctrica a partir de energía eólica y solar FV, así como a las capacidades de almacenamiento, prioritariamente sobre la energía del carbón en la construcción de nuevas capacidades de generación en los próximos años.

### Cosechando beneficios de desarrollo socioeconómico en la planificación energética de Sudáfrica

El Programa de Adquisición de Productores Independientes de Energías Renovables (REIPPPP por sus siglas en inglés) contrata capacidades de nueva generación a partir de energías renovables. Esto ha brindado oportunidades para el sector privado participe en el negocio de generación de energía, una función que durante mucho tiempo estuvo reservada para la empresa eléctrica nacional. La introducción de la generación del sector privado está contribuyendo en gran medida a la diversificación del suministro y la naturaleza de la producción de energía, ayudando a la introducción de nuevas capacidades e inversiones de la industria y permitiendo la evaluación comparativa (o *benchmarking*) del rendimiento y los precios (Gobierno de Sudáfrica, 2016).

El Departamento de Energía reconoció una oportunidad para que el REIPPPP tenga un impacto socioeconómico positivo, incluso en las comunidades donde se ubican los proyectos. Se requiere que los licitantes identifiquen las necesidades de los sitios de proyectos vecinos y formulen estrategias sobre cómo tales necesidades podrían satisfacerse utilizando las contribuciones de desarrollo socioeconómico obligatorias de los proyectos (*cf.* Figura 2). En la etapa de licitación, los productores independientes de energía (PIE) deben comprometer no menos del 1% de su presupuesto total del proyecto para el desarrollo de la comunidad local y deben fijarse como objetivo alcanzar el 1.5%.

### Diálogos “Rutas para una Transición Justa” en Sudáfrica

El Plan Nacional de Desarrollo de Sudáfrica 2030 fue preparado por la Comisión de Planificación Nacional (NPC, por sus siglas en inglés) y adoptado por el Parlamento en 2012 como visión a largo plazo del país y plan detallado para eliminar la pobreza y reducir la desigualdad para el año 2030 (Gobierno de Sudáfrica, 2012). Los temas prioritarios dentro del PND incluyen educación y desarrollo de capacidades orientadas hacia el futuro, asentamientos humanos sostenibles y una mejor calidad de vida en el hogar, una vida saludable para todos los sudafricanos, así como proteger y mejorar los bienes ambientales y los recursos naturales del país (*ibid.*).

En vista de la transición energética de Sudáfrica, la NPC ha formulado tres objetivos de desarrollo específicos (Gobierno de Sudáfrica, 2018):

1. Crecimiento económico y desarrollo a través de una inversión adecuada en infraestructura energética. El sector debe proporcionar servicios de energía confiables y eficientes a precios competitivos, al mismo tiempo que apoya el crecimiento económico a través de la creación de empleo.
2. Equidad social a través de un mayor acceso a la energía a tarifas accesibles y a través de los subsidios específicos y sostenibles para hogares necesitados.
3. Sostenibilidad ambiental a través de esfuerzos para reducir la contaminación y mitigar los efectos del cambio climático.

Para cumplir con estos objetivos de desarrollo y aprovechar las oportunidades sociales de la transición energética de Sudáfrica en un proceso políticamente inclusivo, la Comisión de Planificación Nacional de Sudáfrica inició en 2018 un amplio diálogo con las partes interesadas sobre *Rutas para una Transición Justa*.

El marco fue desarrollado por el movimiento sindical para abarcar una gama de intervenciones sociales necesarias que garanticen empleo y sustento para todos los trabajadores mientras las economías transitan hacia una producción más sostenible, que se caracteriza por evitar el cambio climático, proteger la biodiversidad y poner fin a la guerra, entre otros desafíos (Gobierno de Sudáfrica, 2017).

Los diálogos nacionales y específicos de la región se llevaron a cabo durante 2018-2019 con el objetivo de desarrollar una visión compartida entre el gobierno, el sector laboral, la sociedad civil y las empresas como base para un pacto social (*ibid.*).

# 3. ENFOQUE ESTRATÉGICO DE EVALUACIÓN DE CO-BENEFICIOS EN MÉXICO

Las evaluaciones de co-beneficios representan análisis sistemáticos de los impactos y oportunidades sociales y económicas asociadas con intervenciones políticas específicas. Con el objetivo de construir alianzas de política pública e implementación en todos los sectores, el enfoque de “Evaluaciones Estratégicas de co-beneficios” aborda intereses determinados asociados con co-beneficios sociales y económicos particulares. Se centran en oportunidades específicas que se desarrollan dentro de un marco de tiempo relevante para los grupos de interés o países específicos (IASS, 2017a; Helgenberger, S., Jänicke, M. & Gürtler, K., 2019).

El objetivo del estudio es proporcionar conocimientos científicos a las personas formuladoras de políticas públicas e implementadoras de los gobiernos estatales y federal de México para identificar y habilitar oportunidades sociales y económicas de la transición energética que contribuyan a los objetivos nacionales de desarrollo. La relevancia política de los resultados, el consentimiento de las personas socias políticas para el proceso, así como la apropiación y capacidad de actuar sobre los resultados, son factores clave para lograr este objetivo. Posteriormente, se describirá de forma breve la fun-

ción consultiva del enfoque estratégico de la evaluación de co-beneficios de México para comprender mejor el proceso de co-diseño y co-creación de conocimiento entre personas científicas, formuladoras de políticas y sus implementadoras.

## SELECCIÓN DE CO-BENEFICIOS Y DEFINICIÓN DE ESTUDIOS DE CASO (TALLER NACIONAL)

Esta fase proporcionó la base para una evaluación de co-beneficios adecuada y aplicable al país al priorizar y especificar los co-beneficios para el contexto mexicano. Al conectar las oportunidades con los intereses políticos de las partes involucradas, la fase de selección y priorización de los co-beneficios también definió un punto de partida importante para construir alianzas en diferentes agendas políticas.

**Figura 2** Enfoque estratégico de evaluación de co-beneficios en México



En septiembre de 2018, tuvo lugar la primera fase de investigación y diálogo con partes interesadas clave<sup>8</sup>, como centros de investigación, personas expertas, organizaciones e instituciones públicas y privadas —a nivel local y estatal— con el objetivo de elaborar un análisis del panorama de las energías renovables, eficiencia energética y estudios existentes sobre co-beneficios en México. Este análisis ayudó a identificar actores relevantes para organizar un taller inicial, que identificara co-beneficios prioritarios de México, a escala local y nacional. El taller tuvo lugar el 30 de octubre de 2018 y participaron más de 15 instituciones del sector público, privado, sociedad civil e instituciones académicas. El taller contribuyó a identificar y priorizar los posibles co-beneficios sociales y económicos de la eficiencia energética y las energías renovables. Además, a través de un proceso participativo, se identificaron tres estudios de caso regionales (ver Tabla 1).

## EVALUACIÓN DE CO-BENEFICIOS: INCREMENTANDO LA RELEVANCIA Y LA APLICABILIDAD (TALLERES REGIONALES)

Para garantizar la solidez científica del estudio, se definió un método de evaluación específico para cada co-beneficio y el contexto político en el que debe evaluarse. En general, los métodos de evaluación difieren según el país y la región donde se realicen los estudios, la disponibilidad y el acceso a la información, conexiones de agendas sociales y las necesidades, características y prioridades del país o región específicas (para obtener una visión general de los métodos existentes ver IASS, 2017b). Los métodos adaptados y aplicados al

contexto del estudio co-beneficios México se describen en el Capítulo 5 de este informe.

Ya en una etapa intermedia del proceso de evaluación, los resultados preliminares fueron compartidos y discutidos con representantes políticos y otras partes interesadas en el estudio de caso. Los talleres regionales de cuantificación de co-beneficios México tuvieron lugar en junio de 2019 en La Paz, Baja California Sur; Ciudad de México; Mérida, Yucatán y Oaxaca de Juárez, Oaxaca.

La retroalimentación directa de los participantes, las preguntas que plantearon, el conocimiento local compartido, así como el análisis de las discusiones entre los participantes, proporcionaron información importante para concluir el proceso de cuantificación reflejado en las secciones del Capítulo 5 de creación de un entorno propicio.

## HABILITADORES DE CO-BENEFICIOS (TALLER NACIONAL)

Las personas implementadoras y creadoras de políticas públicas son responsables de la construcción de marcos que permiten habilitar los co-beneficios identificados para personas, empresas y comunidades, tanto a nivel nacional como subnacional. El tercer paso del proceso de evaluación de co-beneficios en México tenía como objetivo habilitar opciones de políticas con miras a diseñarlas e implementarlas. El taller de co-beneficios a nivel nacional, celebrado en agosto de 2019, permitió que una amplia gama de participantes del sector público (nivel nacional y subnacional), la academia y el sector privado, contribuyeran con sus experiencias e ideas para habilitar los co-beneficios identificados de México, que se introdujeron en las secciones de “entorno propicio” en el Capítulo 5.

**Tabla 1** Co-beneficios seleccionados y estudios de caso

Co-beneficios seleccionados	Caso de co-beneficios
Ahorrar en costos y generar ingresos en edificios públicos (hospitales y escuelas) con energías renovables y medidas de eficiencia energética	Ciudad de México y La Paz, Baja California Sur
Ahorrar en costos y generar ingresos para las comunidades locales a través de las energías renovables	Oaxaca y Yucatán
Brindar oportunidades de empleo y desarrollar capacidades a través de las energías renovables	México (análisis nacional), Oaxaca y Yucatán

<sup>8</sup> Para obtener una descripción general de las organizaciones participantes durante el proceso de consulta, vea la Tabla 1 del Anexo. Organizaciones gubernamentales nacionales y federales estatales y otras partes interesadas involucradas en el co-diseño del estudio y la co-creación de conocimientos (en orden alfabético).

# 4. RUTAS DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA APLICADAS AL ESTUDIO

La evaluación de co-beneficios adopta un enfoque de escenarios orientado a las políticas públicas, conectando proyecciones con los marcos políticos existentes y aprendiendo mediante el contraste del desempeño socioeconómico de varias rutas de transición energética.

Las rutas políticas de referencia, como se nombra a los escenarios en este contexto, se han desarrollado y seleccionado en consulta con instituciones gubernamentales federales y estatales, basándose en la consulta previa con expertos nacionales y socios de conocimiento de la ciencia y la investigación. El desarrollo de rutas de políticas de referencia se ha guiado por dos principios de diseño:

- ➔ Conectividad y comparabilidad con las políticas, estrategias u hojas de ruta climáticas y energéticas oficiales de México (existentes o consideradas) para garantizar la relevancia política y la usabilidad.

- ➔ Pertinencia de la información como base de cálculo para evaluaciones cuantitativas científicamente sólidas de los impactos socioeconómicos.

Siguiendo esta lógica, se especificaron dos distintas rutas de referencia como base para las evaluaciones de co-beneficios para el periodo 2020 a 2050:

- Ruta de política actual con las metas de la Ley de Transición Energética (MLTE) de México basada en el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) de 2019, elaborado por la SENER (SENER, 2019; Tabla 2).
- Ruta de transición a cero emisiones de carbono (Zero Carbon Transition o ZCT, por sus siglas en inglés), basada en PRODESEN, pero diseñada para una mayor ambición en términos de la descarbonización del sector energético de México y la implementación de energías renovables.

**Tabla 2** PRODESEN 2019 - 2033: números de referencia clave

Adiciones de capacidad	Las adiciones de energía solar FV y eólica son de 20.6 GW y 13.2 GW, respectivamente, lo que representa más de 33.8 GW de nueva capacidad instalada para 2033
Adiciones de nueva energía limpia	39.3 GW de nueva capacidad de energía limpia instalada para 2033 (bajo el Escenario de Planeación)
Total de capacidad de energía limpia instalada	64.4 GW de capacidad instalada de energía limpia total para 2033
Crecimiento promedio anual en demanda de electricidad	Escenario de Planeación de PRODESEN 2019-2033, 3.1% de crecimiento anual entre 2019 y 2033
Factores de carga	El enfoque considera tendencias históricas para GD y limita la capacidad a 28 GW. La tendencia a 2033 es exponencial en lugar de lineal
Retiro de centrales eléctricas	Sin retiro de centrales en PRODESEN 2019-2033 y retiro natural de centrales considerando después de 2033. 76.85 MW en MLTE y 79.85 en ZCT para 2049

## RUTA DE POLÍTICA ACTUAL: ESCENARIO DE LAS METAS LTE CON BASE EN PRODESEN 2019

Esta ruta aspira a lograr un 50% de generación de electricidad limpia para 2050, meta derivada de la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios 2016 mandatada por la LTE (DOF, 2015). El escenario utiliza adiciones incluidas en PRODESEN 2019 (ver Tabla 2). Al construir el escenario de las MLTE para 2050, se deben aplicar diferentes supuestos desde 2034 hasta 2050, ya que PRODESEN solo considera la planificación energética del país hasta 2033.

La proyección de 2034 a 2050 consiste en una estimación que normaliza el escenario de las MLTE para cumplir con una participación del 50% en la generación de energías limpias para 2050. Para alcanzar este objetivo de energía limpia, el escenario de las MLTE proyecta adiciones de capacidad y retiros de centrales de energía a partir del año 2034 hasta 2049, considerando un aumento anual de 2,200 MW en la capacidad de energía eólica a partir de 2035 y sumando un total de 35,200 MW hasta 2049.

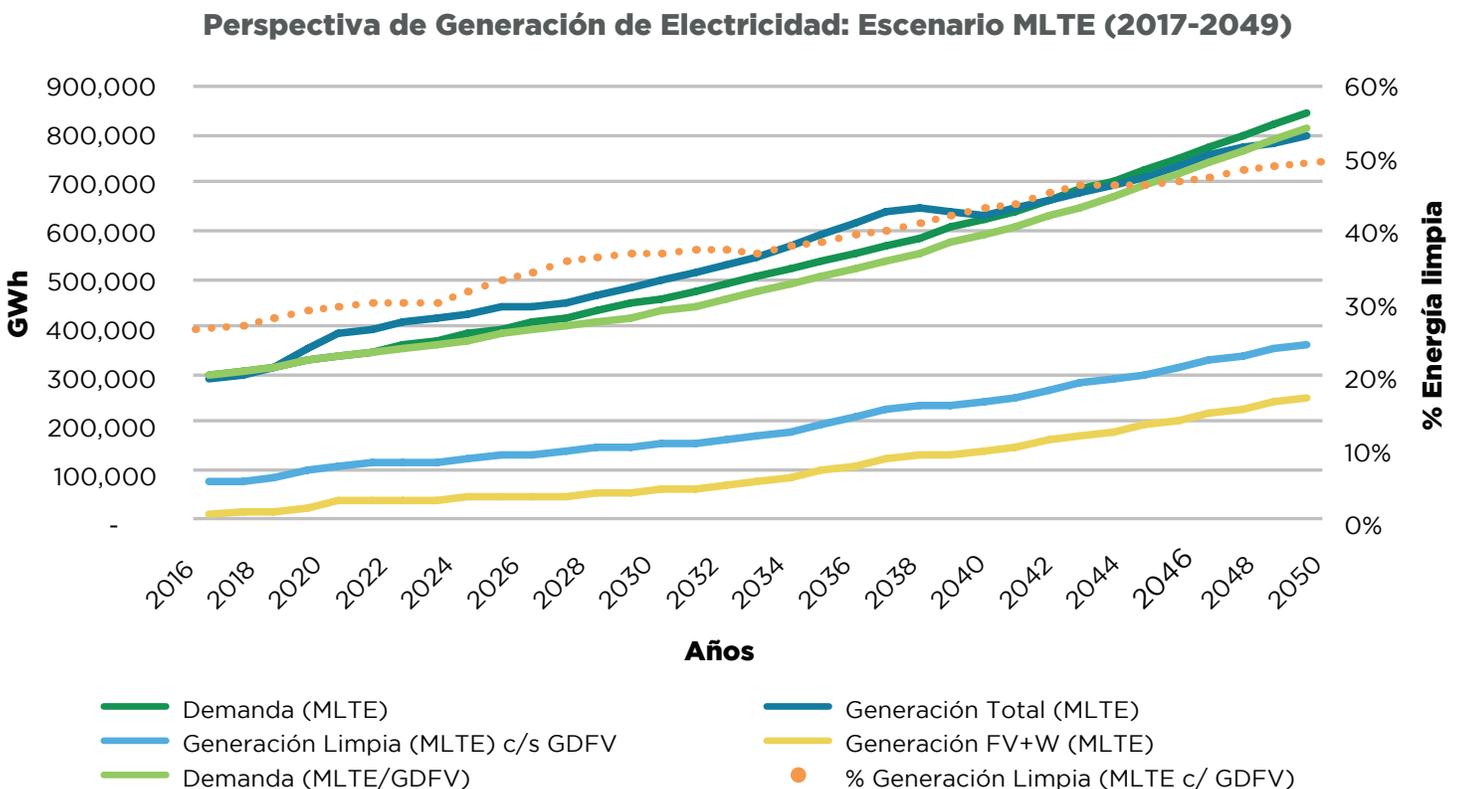
Del mismo modo, se agregaron 4,500 MW de capacidad FV por año entre 2034 y 2036 y 6,000 MW por año hasta

2050 (97,500 MW en total). Se agregaron fuentes renovables adicionales para el periodo de 2034-2050 para dar cuenta del retiro de centrales de energía limpia proyectadas por PRODESEN (2019), tales como energía hidroeléctrica, geotérmica, bioenergía y cogeneración eficiente, sumando hasta 9,864 MW para 2049. Además, la capacidad de energía de ciclo combinado se agregó a una tasa de 2,200 MW por año entre 2034 y 2049, agregando así 37,400 MW al final del periodo (cf. Figura 3). Considerando la demanda de energía esperada, la capacidad de la Redes Generales de Distribución con su papel fundamental en el impulso de la generación distribuida de energías renovables se estima en 28 GW en todo el país.

## ESCENARIO DE TRANSICIÓN A CERO EMISIONES DE CARBONO (ZERO CARBON TRANSITION, ZCT)

Un escenario de descarbonización más ambicioso con una mayor implementación de energía renovable fue desarrollado para cuantificar sus co-beneficios potenciales. El escenario de ZCT representa una proyección normalizada

**Figura 3** Perspectiva de generación de electricidad bajo la ruta MLTE, teniendo en cuenta la energía eólica (W), la energía solar fotovoltaica (FV) y la generación distribuida fotovoltaica (GDFV)



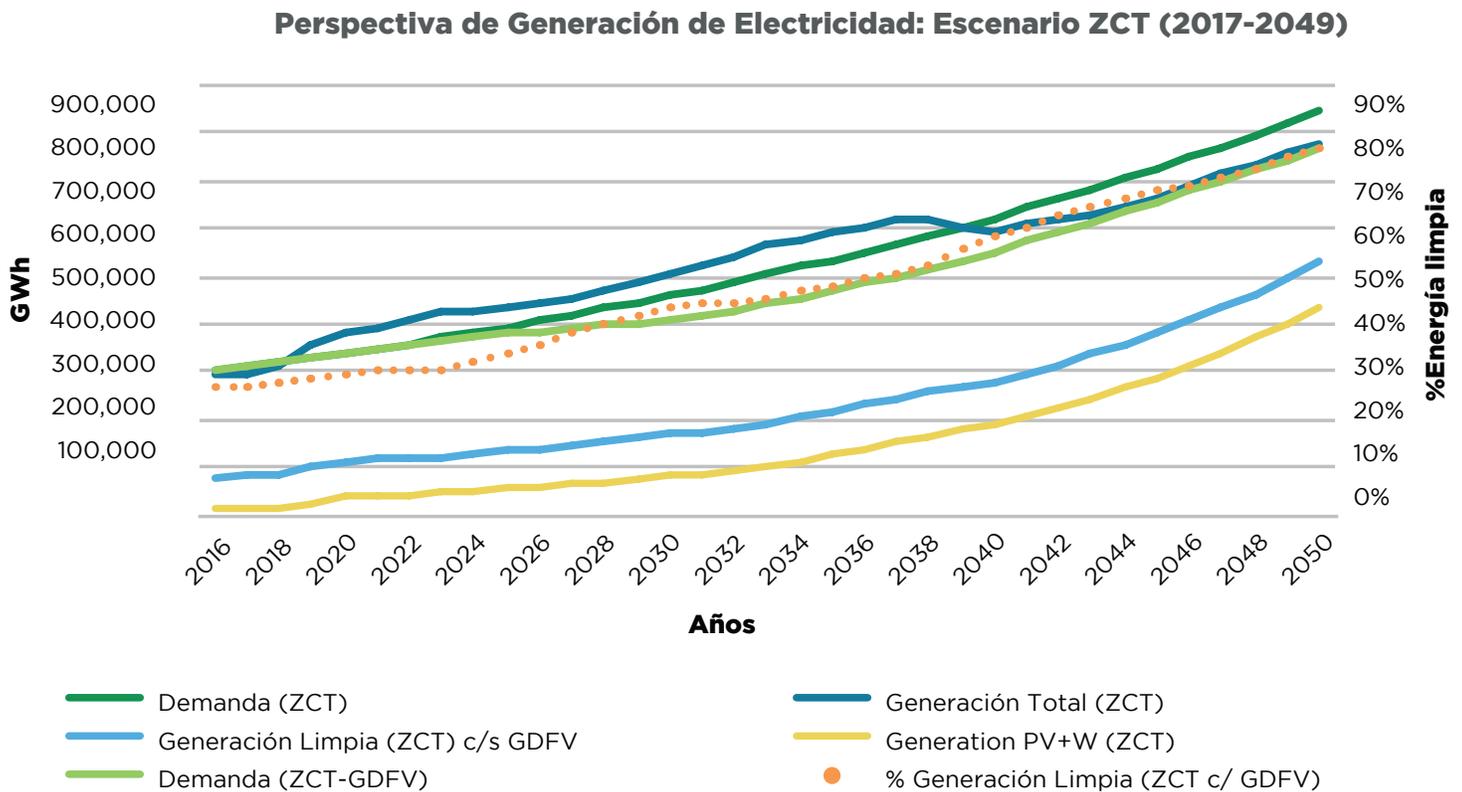
hacia la generación de, al menos, el 75% de la electricidad (GWh) a partir de fuentes de energía limpia para 2050.

Alcanzar este objetivo de generación limpia más alto (75%) para 2050 requerirá de adiciones sustanciales a la capacidad de las energías renovables, así como del retiro de centrales eléctricas convencionales. Además, el escenario ZCT sustituye a la capacidad de energía convencional retirada con fuentes de energías limpias. De manera similar al escenario MLTE, el aumento anual en la capacidad de energía eólica se mantiene en 2,200 MW, comenzando en 2035 y sumando un total de 35,200 MW hasta 2050. En contraste, la capacidad de energía FV se incrementa en 2021, yendo de 1,860 MW a 19,790 MW en 2049, promediando casi 7,500 MW anuales de capacidad FV adicional, totalizando en 224,000 MW adicionales de capacidad instalada en 2049. Otras fuentes renovables man-

tienen las tendencias modeladas en el escenario MLTE para el periodo 2034-2050. Asimismo, las adiciones de capacidad energética de las centrales de ciclo combinado se reducen sustancialmente en el periodo 2035-2049, hasta 705 MW, en comparación con 33,000 MW del escenario MLTE (cf. Figura 4).

En comparación con el MLTE, en términos de capacidad instalada (GW), el escenario ZCT también aumenta la participación de energías renovables en el sector eléctrico en más del 27% para 2030 y en más del 84% para el año 2050. Por razones de comparabilidad, ambos escenarios suponen un crecimiento promedio anual de la demanda de energía de 3.1%, derivado del Escenario de Planeación del PRODES-EN. Las pérdidas de capacidad instalada por el retiro de centrales eléctricas convencionales se transfieren principalmente a las adiciones de capacidad de energía FV.

**Figura 4.** Perspectiva de generación de electricidad bajo la ruta de transición a cero emisiones de carbono (ZCT), teniendo en cuenta la energía eólica (W), la energía solar fotovoltaica (FV) y la generación distribuida fotovoltaica (GDFV)





# 5. CO-BENEFICIOS SOCIALES Y ECONÓMICOS DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA DE MÉXICO

La evaluación de co-beneficios en México se centra en tres áreas prioritarias, identificadas conjuntamente con gobiernos asociados y grupos de interés relevantes, como posibles oportunidades sociales y económicas relacionadas con la transición energética del país (ver Tabla 1):

- ➔ Ahorro de costos y generación de ingresos en edificios públicos (hospitales y escuelas) con energías renovables y medidas de eficiencia energética.
- ➔ Ahorro de costos y generación de ingresos para comunidades locales a través de energías renovables.
- ➔ Oportunidades de empleo y desarrollo de capacidades a través de energías renovables.

En este capítulo, se presenta al lector el contexto político de estos tres co-beneficios y los estudios de caso junto con la metodología de evaluación. Posteriormente, se presentan los resultados de la evaluación y se proporciona una cuantificación detallada para cada uno de los co-beneficios. Cada subcapítulo de co-beneficios concluye con opciones de política pública para habilitar los co-beneficios identificados, derivadas de los análisis cualitativos de los talleres nacionales y regionales de cuantificación de co-beneficios (ver Capítulo 3) con representantes de instituciones gubernamentales nacionales y subnacionales.

## 5.1 GENERANDO AHORROS E INGRESOS EN EDIFICIOS PÚBLICOS

### 5.1.1 El contexto de la reducción de los costos de la energía en los edificios públicos

Introducir medidas de eficiencia energética no es solo relevante para reducir el consumo de electricidad de los edificios y gastos públicos subsecuentes. También ayuda a reducir la carga del sistema eléctrico, lo cual es particularmente importante

cuando se presentan picos en la demanda. La instalación de capacidad FV cerca de las personas usuarias finales contribuye también a este objetivo y, además, puede generar ingresos para los consumidores durante periodos de baja demanda.

Con 6.7 TWh, el consumo anual de electricidad de las escuelas de México es similar al del sector hotelero del país (6.6 TWh). Los hospitales en México consumen considerablemente más electricidad, con 17 TWh al año, incluso superando los 15 TWh consumidos de todos los edificios de oficinas en México (CONUEE, 2019). Las medidas de eficiencia energética presentadas en este capítulo ofrecen medios económicos y remunerativos para reducir el gasto público relacionado con la energía; gasto que, en vista del potencial de ahorro en costos identificado, está lejos de ser aprovechado plenamente.

Además de liberar recursos para que las escuelas y los hospitales inviertan en la calidad de sus servicios, en un sentido más general, la escala substancial de oportunidades de ahorro en costos de energía para edificios públicos puede hacer que las medidas presentadas también contribuyan significativamente al logro de los objetivos establecidos por el PND, como reducir el gasto público innecesario para aliviar el déficit presupuestario y liberar recursos del gobierno para programas de bienestar social (DOF, 2019a, 2019c).

En vista de los compromisos que México ha adoptado para combatir el calentamiento global, los hallazgos del estudio muestran que un aumento de la eficiencia energética y la generación distribuida de energía renovable en edificios públicos proporciona al gobierno fuertes ventajas para cumplir con los ODS y los objetivos de reducción de emisiones establecidos en la NDC.

### 5.1.2 Metodología de evaluación y estudios de caso

Se seleccionaron dos ciudades para la evaluación a profundidad de co-beneficios para escuelas públicas y hospitales: Ciudad de México y La Paz. Los casos fueron seleccionados por su alta demanda de energía y debido a sus diferencias en costos y tarifas de electricidad, intensidad energética, nivel

promedio anual de radiación solar y diferencias climáticas. Mientras que la Ciudad de México tiene un clima templado durante todo el año, La Paz tiene un clima árido y una mayor intensidad de consumo eléctrico (cf. Cuadros 5 y 6).

La selección de dos ciudades ubicadas en diferentes regiones y con características climáticas diferentes permite comparar la intensidad energética y el potencial de ahorro disponible a través de proyectos de eficiencia energética y de energía solar FV instalados en los techos de los hospitales y las escuelas. En una segunda fase, los resultados de los estudios de caso se extrapolaron a nivel nacional para estimar el potencial de ahorro de energía y costos y mitigación de GEI de México en su totalidad.

Para evaluar las demandas energéticas y sus respectivos ahorros de energía y de costos potenciales, las escuelas y los hospitales se clasificaron según sus perfiles de demanda energética. Los perfiles de demanda de energía se derivaron de la literatura existente y de fuentes oficiales<sup>9</sup>, así como de un análisis de los diagnósticos de demanda de energía existentes en escuelas públicas y hospitales. En un segundo paso, se revisaron, verificaron y actualizaron los perfiles de demanda de energía con información faltante y se corrigieron las anomalías a través de consultas cualitativas y entrevistas con el personal operativo en hospitales, escuelas y en el sector de la construcción.

A través de esta investigación de múltiples etapas y fuentes, se desarrolló un conjunto completo de datos sobre la demanda de energía y los perfiles de ahorro de energía de las escuelas públicas y hospitales que formarán una valiosa base de datos para futuros estudios.

La primera parte del análisis enlista las medidas de eficiencia energética y energía renovable y las clasifica por nivel de análisis (ver la Tabla 3 o la lista completa en la Tabla 2 del Anexo), esto con el objetivo de asignar un costo de inversión a cada medida y nivel. El nivel 3 comprende los mismos elementos que el nivel 2 y agrega la consideración de inversiones en sistemas FV interconectados a la red. Por tanto, los resultados totales resumidos desde la tabla 5 hasta la 9, consideran únicamente la suma de niveles 1 y 3. La segunda parte del análisis cuantitativo presenta los consumos de electricidad, el ahorro de costos y el potencial de mitigación de las muestras recolectadas para hospitales y escuelas públicas. El análisis se realiza a nivel micro por propiedad, proporcionando estimaciones a nivel macro para la ciudad. Los resultados de los estudios de caso se extrapolan luego a un análisis a nivel nacional, basándose en estadísticas oficiales sobre el número total de escuelas públicas y hospitales por ciudad y en todo el país<sup>10</sup>.

**Tabla 3:** Opciones de ahorro y generación de energía para escuelas y hospitales: niveles de análisis. Lista completa en la Tabla 2 del Anexo

Nivel de análisis	Descripción del nivel	Ejemplos de medidas
Nivel 1	Inversiones de eficiencia energética de cero a bajo costo	Apagar la iluminación eléctrica y uso de luz natural. Agrupar los circuitos de iluminación, instalar sensores fotoeléctricos para controlar iluminación en pasillos
Nivel 2	Inversiones de eficiencia energética a nivel medio	Instalar sensores de movimiento, iluminación de estilo domo natural, ascensores más eficientes
Nivel 3	Inversión combinada en medidas de eficiencia energética de nivel medio y autogeneración de FV	Además de las medidas del Nivel 2: instalar sistema FV interconectado a la red, iluminación de panel solar exterior

<sup>9</sup> Fuentes de documentación revisada: Secretaría de Energía (SENER), Secretaría de Educación Pública (SEP), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), Instituto de Administración y Avalúos de Bienes Nacionales (INDAABIN), Comisión Federal de Electricidad (CFE), Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México (SEDEMA).

<sup>10</sup> Hospitales: Secretaría de Salud (Salud), Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE), Petróleos Mexicanos (PEMEX), Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) y la Secretaría de Marina (SEMAR). Escuelas: Secretaría de Educación Pública (SEP).

## Cuadro 5 Panorama del caso: Ciudad de México

### PANORAMA DEL CASO: CIUDAD DE MÉXICO

- ➔ La Ciudad de México representa aproximadamente el 6.3% del consumo nacional de electricidad (SENER, 2017).
- ➔ Más del 72% de la población de la Ciudad de México (es decir, aproximadamente 6.4 millones de personas) están afiliados a un instituto de salud pública (INEGI, 2015).
- ➔ La Ciudad de México es la ciudad más densamente poblada de México (aproximadamente 6,000 habitantes por km<sup>2</sup> (INEGI, 2015).

La Ciudad de México consumió 12.6 TWh en 2017, lo que representa casi el 6.3% del consumo nacional de electricidad (SENER, 2017). Al ser un área altamente densificada con espacio reducido para la instalación de energías renovables, su potencial para las energías renovables radica en GDFV (BID, 2019). Sin embargo, la Ciudad de México también puede reducir el consumo de electricidad mediante la adopción de medidas de eficiencia energética, proporcionando así ahorros de costos para los consumidores. El Programa de Acción Climática de la Ciudad de México estimó que el consumo de electricidad fue responsable del 31% de las emisiones de GEI de la ciudad en 2012 (Gobierno de la Ciudad de México, 2014). El mismo programa tiene el objetivo de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de la Ciudad de México en un 30% para 2020 (Gobierno de la Ciudad de México, 2014).

La Ciudad de México ha realizado múltiples esfuerzos para aumentar la eficiencia energética y la toma de conciencia sobre el aprovechamiento sustentable de la energía. Además de múltiples proyectos multilaterales, el Gobierno de la Ciudad de México ha comenzado actividades de reconversión energética, lo que ayudó a reducir el consumo de electricidad y el uso ineficiente de energía en edificios públicos (Gobierno de la Ciudad de México, 2018). La fase exploratoria de co-beneficios México identificó un número significativo de diagnósticos energéticos realizados en edificaciones de la ciudad, factor clave que posibilitó el desarrollo del estudio.

## Cuadro 6 Panorama del caso: Baja California Sur

### PANORAMA DEL CASO: BAJA CALIFORNIA SUR

- ➔ De 2016 a 2017, Baja California Sur experimentó un aumento del 11% en los precios marginales locales promedio (PML) de electricidad.
- ➔ En 2017-18, Baja California Sur tenía un total de 1,237 escuelas de educación básica o media superior y 181,000 estudiantes (INEGI, 2017).
- ➔ Más del 91% del clima de Baja California Sur se clasifica como muy seco con abundante espacio para la tecnología solar FV.

La red eléctrica de Baja California Sur cubre el área de Loreto a Los Cabos, un sistema eléctrico aislado del Sistema Interconectado Nacional (SIN) y que consta de los sistemas interconectados: Mulegé y Baja California Sur. La generación de electricidad en Baja California Sur está dominada por fuentes de combustibles fósiles y una alta dependencia de las importaciones de combustibles fósiles (SENER, 2019). Además, de 2016 a 2017, Baja California Sur tuvo el mayor aumento en los precios marginales locales (PML) de electricidad de todo el país. Las razones son: el aumento de los precios del combustible, la disponibilidad de las centrales eléctricas por motivos de mantenimiento, inspección o emergencia, la disminución de la disponibilidad de gas natural y el consiguiente aumento del uso de combustibles fósiles más caros, como el combustóleo y el diésel (SENER, 2018b).

El Atlas Nacional de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias (AZEL) identifica a Baja California Sur como uno de los estados con mayor potencial de energía solar FV. El estado también tiene el mayor crecimiento económico y de población a nivel nacional, debido a su creciente turismo y los servicios del sector, lo que resulta en una escalada acelerada

en la demanda de energía del estado (SENER/GEIC, 2016, INEGI, 2015). Un ejemplo del rápido desarrollo de la región es la población de Los Cabos, que aumentó de 164,000 habitantes en 2005 a 288,000 habitantes en el último censo de 2015 (INEGI, 2015). Baja California Sur enfrenta el desafío de garantizar la seguridad energética mientras se mantiene su dinámico crecimiento económico, ya que, solo en el tercer trimestre de 2019, se registraron 25 apagones en el estado.

### 5.1.3 Resultados de la evaluación de los co-beneficios

Se evaluó la generación de ahorros e ingresos a través de medidas de eficiencia energética y energías renovables en hospitales y escuelas públicas para la Ciudad de México y la ciudad de La Paz, Baja California Sur. Los resultados de estos estudios de caso se extrapolaron a nivel nacional para estimar el potencial de ahorros de costos y de energía, así como la mitigación de GEI.

Los resultados se presentan comenzando con la perspectiva nacional para proporcionar un panorama sobre los posibles beneficios económicos de dar a los hospitales y escuelas públicas un papel más relevante en la transición energética de México. Posteriormente, se presentan los resultados específicos para la Ciudad de México y la ciudad de La Paz.

## RESULTADOS A NIVEL NACIONAL PARA HOSPITALES PÚBLICOS

Los hospitales públicos en México son administrados por diferentes instituciones públicas. El mayor número de hospitales (743; 63%) se gestiona por la Secretaría de Salud (SALUD). Otros 256 hospitales (22%) son administrados por el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), mientras que la red de hospitales del Instituto de Seguridad y Servicios Sociales para Trabajadores del Estado se integra por 105 hospitales (9%). Petróleos Mexicanos (PEMEX), la Secretaría de la Defensa Nacional (SEDENA) y la Secretaría de Marina (SEMAR) administran un número menor.

Debido a la diversidad y el pequeño número de unidades de nivel 1 y el correspondiente potencial de bajo ahorro de energía, la evaluación se centró en los hospitales de nivel 2 y 3 (ver la Tabla 4), los cuales representan 1,182 hospitales públicos a nivel nacional.

**Tabla 4** Clasificaciones para escuelas y hospitales públicos

Clasificación	 Hospitales	 Escuelas
Nivel 1	Primer nivel de atención: Unidades de Medicina Familiar (IMSS), Centros de Salud (SALUD) y Clínicas Familiares (ISSSTE), donde se brinda atención primaria de salud	Escuelas primarias (incluyendo CONAFE, General y escuelas indígenas)
Nivel 2	Hospitales Generales, Regionales, Integrales, Comunitarios, Pediátricos, Gineco-obstétricos o Maternos e Infantiles, así como Hospitales Federales (diagnósticos especializados, terapéuticos y de tratamientos de rehabilitación)	Escuelas secundarias (incluyendo Escuelas Generales y Comunitarias, Escuelas para Migrantes, para Trabajadores, Técnicas y Telesecundarias)
Nivel 3	Hospitales altamente especializados con tecnología avanzada, donde son tratadas enfermedades de baja prevalencia, de alto riesgo y casos más complejos (Centros Médicos Nacionales, Unidades Médicas de Alta Especialidad, Institutos Nacionales de Salud y Hospitales Regionales de Alta Especialidad)	

**Tabla 5** Resultados nacionales para hospitales públicos: ahorro de costos, ahorro de energía y potencial de mitigación

Tipo de hospital público	Nivel EE & ER	Potencial de ahorro en energía (MWh/año)	Potencial de ahorro en costos de energía (millones de pesos/año)	Inversión (millones de pesos)	Periodo de retorno de inversión (años)	Potencial de mitigación (tonCO <sub>2</sub> e/año)
Hospitales Nacionales Federales	Nivel 1	9.04	13.69	0.16	0.01	4,764
	Nivel 2	503.33	918.19	1,831.58	1.99	265,253
	Nivel 3	1,192.52	2,255.85	5,357.71	2.38	628,454
<b>Niveles 1+3</b>		<b>1,201.56</b>	<b>2,269.54</b>	<b>5,357.87</b>	<b>2.36</b>	<b>633,218</b>

El análisis indica que los hospitales públicos en México pueden reducir sus gastos de energía en más de 2.3 mil millones de pesos anuales. Esta cifra es comparable al presupuesto de 2019 para el Programa de Desarrollo Integral de las Personas con Discapacidad (2.6 mil millones de pesos, DOF, 2018) y podría apoyar a más de 150,000 ciudadanos y ciudadanas con discapacidad al año.

Con un periodo de retorno de inversión de aproximadamente dos años, las inversiones en medidas de eficiencia energética de nivel medio (Nivel 2), como detectores de movimiento para iluminación o el aumento de protectores solares en edificios para reducir la demanda de enfriamiento, dan como resultado un potencial estimado de casi 265,000 tCO<sub>2</sub>e de mitigación de GEI al año.

Al invertir en medidas combinadas de eficiencia energética de nivel medio y autogeneración de FV (Nivel 3), el beneficio económico estimado puede ser más del doble, de 2.3 mil millones de pesos, mitigando un estimado de 628,454 tCO<sub>2</sub>e anualmente (Tabla 5).

Una estrategia de eficiencia energética de bajo costo para los hospitales públicos en México, basada en inversiones de eficiencia energética de bajo o cero costo, como la reducción de horas de operación de los equipos de iluminación (Nivel 1), podría mitigar 4,764 tCO<sub>2</sub>e por año y permitir ahorros de costos de energía de poco menos de 14 millones de pesos anuales.

## RESULTADOS A NIVEL NACIONAL PARA ESCUELAS PÚBLICAS

El análisis del ahorro en el gasto de energía de las escuelas públicas incluye 111,672 escuelas públicas en todo el país, que comprenden 77,523 escuelas primarias y 34,149 escuelas secundarias. Las escuelas públicas de México son adminis-

tradas por la Secretaría de Educación Pública (SEP), dividiéndose entre el modelo educativo de la Comisión Nacional de Fomento Educativo (CONAFE), las escuelas primarias generales y las escuelas indígenas. Hay seis tipos de escuelas secundarias en México: escuelas comunitarias, escuelas secundarias generales, escuelas para migrantes, escuelas para trabajadores, técnicas y el formato remoto de la escuela telesecundaria (septiembre de 2019).

Los resultados muestran que las escuelas públicas en México pueden ahorrar casi 2 mil millones de pesos por año a través de la distribución de medidas de eficiencia energética de nivel medio (Nivel 2), como detectores de movimiento para iluminación o sistemas de aire acondicionado de alta eficiencia. Con una inversión total estimada de alrededor de 2.6 mil millones de pesos, el periodo de retorno de inversión estimado sería de poco más de un año. Mediante estas medidas, el consumo de electricidad en las escuelas públicas podría reducirse en casi un 25% con un potencial de mitigación de GEI de más de 470,000 tCO<sub>2</sub>e anuales (Tabla 6).

Al introducir una inversión combinada en financiamientos para la autogeneración FV y eficiencia energética de nivel medio (Nivel 3), las escuelas públicas de México pueden dar un salto hacia la descarbonización y liberar un potencial de mitigación de GEI de 1.2 millones de tCO<sub>2</sub>e anualmente con un periodo estimado de retorno de inversión de cinco años. Los ahorros de costos estimados de 4.3 mil millones de pesos representan casi el 20% del presupuesto solicitado en 2020 para el programa social nacional Jóvenes Construyendo el Futuro y podría apoyar a casi 100,000 jóvenes mexicanos cada año (ver Cuadro 1; DOF, 2018, 2019b).

Las escuelas públicas en México pueden reducir su consumo de energía en más de un 7% simplemente al introducir medidas de eficiencia energética de bajo o cero costo (Nivel 1), como deshabilitar el modo de espera de los aparatos electrónicos y habilitar el modo de ahorro de energía para las computadoras. Los ahorros anuales en costos de alrededor de 822 millones de pesos son ligeramente más bajos que los fondos del programa

de Apoyo Directo a las Escuelas<sup>11</sup>, que tenía un presupuesto de mil millones de pesos en 2019 (SEP, 2019). Además de los ahorros anuales en costos de energía, estas medidas pueden mitigar más de 193,000 tCO<sub>2</sub>e al año (Tabla 6).

Si las escuelas públicas de México implementan medidas de Nivel 3, instalando energía solar FV y medidas de eficiencia energética media y alta, México puede ahorrar alrededor de 1,752 MWh de energía cada año, lo que representa ahorros en costos de energía de 4.3 mil millones de pesos. En este escenario, el periodo de retorno de inversión es de alrededor de cinco años (Tabla 6).

## CIUDAD DE MÉXICO: AHORRO POTENCIAL PARA HOSPITALES PÚBLICOS

El análisis de consumo de energía, costos relacionados y emisiones de carbono para los hospitales públicos ubicados en la Ciudad de México incluye 101 hospitales (71 federales y 30 administrados estatalmente por SALUD).

Una estrategia de eficiencia energética de bajo costo para hospitales públicos en la Ciudad de México, basada en inversiones de eficiencia energética de bajo o cero costo (como la reducción de las horas de funcionamiento de los equipos de iluminación (Nivel 1)) podría mitigar alrededor de 400 tCO<sub>2</sub>e por año y proporcionar un ahorro de costos de energía anual de 1.2 millones de pesos. En total, los posibles ahorros anuales en costos para la Ciudad de México suman más de 95 millones de pesos al año en los ahorros de costos de electricidad, que corresponden a más de 46,000 MWh por año con un potencial de

mitigación de GEI de casi 25,000 tCO<sub>2</sub>e anuales (Tabla 7).

Los resultados muestran que los hospitales federales en la Ciudad de México pueden ahorrar casi 60 millones de pesos por año mediante la distribución de medidas de eficiencia energética de nivel medio (Nivel 2), como la introducción de detectores de movimiento para iluminación o sistemas de aire acondicionado de alta eficiencia. Con una inversión total de 105 millones de pesos, el periodo estimado de retorno de inversión es de menos de dos años. Mediante estas medidas, el consumo de electricidad en hospitales federales puede reducirse en más de 28,000 MWh anualmente con un potencial de mitigación de GEI de más de 14,000 tCO<sub>2</sub>e al año. Para los hospitales administrados por el estado, las inversiones en medidas de Nivel 2 son económicamente viables, pero tienen un periodo de retorno de inversión más largo, de alrededor de 4 años y 4 meses.

Si bien la inversión combinada en inversiones de autogeneración FV y eficiencia energética de nivel medio (Nivel 3) para hospitales federales disminuye después de aproximadamente 4 años y luego produce un rendimiento anual con un beneficio económico de 82 millones de pesos, bajo la política pública actual, las inversiones de Nivel 3 para los hospitales de SALUD serán beneficiosas para el medio ambiente, pero con un periodo de retorno de inversión considerablemente más largo (Tabla 6).

Además, el análisis identificó posibles ahorros de combustibles fósiles al introducir calentadores de agua solares en los hospitales de la Ciudad de México, lo que representa un ahorro anual de casi 92,000 litros de diésel y más de 70,000 litros de gas licuado de petróleo (GLP). Estos ahorros en combustibles fósiles representan un beneficio económico anual de 2.6 millones de pesos.<sup>12</sup>

**Tabla 6** Resultados nacionales para escuelas públicas: ahorro de costos, ahorro de energía y potencial de mitigación

Tipo de escuela pública	Nivel EE & ER	Potencial de ahorro en energía (MWh/año)	Potencial de ahorro en costos de energía (millones de pesos/año)	Inversión (millones de pesos)	Periodo de retorno de inversión (años)	Potencial de mitigación (tonCO <sub>2</sub> e/año)
Primaria y Secundaria	Nivel 1	333.76	822	5.5	0.006	193,643
	Nivel 2	811.16	1,997	2,596.4	1.300	470,626
	Nivel 3	1,752.86	4,315	21,667.7	5.021	533,817
<b>Niveles 1+3</b>		<b>2,086.62</b>	<b>5,137</b>	<b>21,673.2</b>	<b>4.219</b>	<b>1,197,821</b>

<sup>11</sup>El gasto nacional promedio por alumno de educación superior fue de 82,700 pesos para el ciclo escolar 2018-2019 (SEP, 2019).

<sup>12</sup>Precios recuperados en agosto de 2017; precios de energía de Bloomberg.

**Tabla 7** Resultados de análisis: hospitales de la Ciudad de México

Tipo de hospital público	Nivel EE & ER	Potencial de ahorro en energía (MWh/año)	Potencial de ahorro en costos de energía (millones de pesos/año)	Inversión (millones de pesos)	Periodoo de retorno de inversión (años)	Potencial de mitigación (tonCO <sub>2</sub> e/año)
Federal (71 Hospitales)	Nivel 1	543.41	822,405	9,610	0.01	286.38
	Nivel 2	28,224.57	57,310,867	105,694,526	1.84	14,874.35
	Nivel 3	39,460.74	82,706,271	313,936,841	3.80	20,785.27
SALUD (30 Hospitales)	Nivel 1	206.88	322,654	4,061	0.01	109.03
	Nivel 2	3,233.09	5,997,452	26,007,097	4.34	1,703.84
	Nivel 3	6,164.14	11,829,904	150,058,777	12.68	3,248.50
<b>Niveles 1+3</b>		<b>46,375.17</b>	<b>95,681,234</b>	<b>464,009,289</b>	<b>4.85</b>	<b>24,429.18</b>

## CIUDAD DE MÉXICO: AHORRO POTENCIAL PARA ESCUELAS PÚBLICAS

El análisis del ahorro de gasto energético en las escuelas públicas de la Ciudad de México comprende 1,982 escuelas primarias y 831 escuelas secundarias.<sup>13</sup>

Una estrategia energética de bajo costo para las escuelas públicas en la Ciudad de México, basada en inversiones de eficiencia energética de bajo o cero costo (Nivel 1), podría mitigar 4,900 tCO<sub>2</sub>e por año y permitir un ahorro anual en costos de energía de 21 millones de pesos. En total, los posibles ahorros anuales en costos para las escuelas públicas en la Ciudad de México suman más de 145 millones de pesos por año correspondientes a ahorros de energía de más de 50,000 MWh al año con un potencial anual de mitigación de GEI de 30,000 tCO<sub>2</sub>e (Tabla 8).

Los resultados muestran que las escuelas públicas de la Ciudad de México pueden ahorrar casi 65 millones de pesos por año al implementar un nivel medio de medidas de eficiencia energética (Nivel 2), como detectores de movimiento para iluminación o sistemas de aire acondicionado de alta eficiencia. Con una inversión total estimada de alrededor de 150 millones de pesos, el periodo de retorno de inversión estimado es de 2 años y 4 meses. Mediante estas medidas, el consumo de electricidad en las escuelas públicas puede reducirse en más de 20,000 MWh al año con un potencial de mitigación de más de 11,000 tCO<sub>2</sub>e al año.

Con la inversión combinada en inversiones de autogeneración de FV y eficiencia energética de nivel medio (Nivel 3), el ahorro de energía para las escuelas públicas en la Ciudad de México se puede duplicar a alrededor de 44,000 MWh con un periodo de recuperación de la inversión de cinco años.

**Tabla 8** Resultados de análisis: escuelas de la Ciudad de México

Tipo de escuela pública	Nivel EE & ER	Potencial de ahorro en energía (MWh/año)	Potencial de ahorro en costos de energía (millones de pesos/año)	Inversión (millones de pesos)	Periodoo de retorno de inversión (años)	Potencial de mitigación (tonCO <sub>2</sub> e/año)
Primaria y Secundaria	Nivel 1	8,403.56	21,384,801	138,473	0.0	4,881.02
	Nivel 2	20,414.96	65,448,693	152,401,462	2.3	11,843.93
	Nivel 3	44,130.78	123,868,490	632,621,027	5.1	25,275.69
<b>Niveles 1+3</b>		<b>52,534.34</b>	<b>145,253,291</b>	<b>632,759,500</b>	<b>4.4</b>	<b>30,156.71</b>

13 Además de las escuelas públicas, actualmente hay 1,145 escuelas primarias privadas y 530 escuelas secundarias privadas registradas en la Ciudad de México.

## LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR: AHORRO POTENCIAL PARA HOSPITALES PÚBLICOS

El análisis de consumo de energía, los costos relacionados y las emisiones de carbono para los hospitales públicos localizados en La Paz comprenden un total de 27 hospitales.

Una estrategia de eficiencia energética de bajo costo para hospitales públicos en La Paz, basado en inversiones de eficiencia energética de bajo o cero costo (Nivel 1), podría mitigar alrededor de 88 tCO<sub>2</sub>e por año y permitir un ahorro anual de costos de energía de 323,000 pesos. En total, los posibles ahorros anuales en costos para La Paz suman más de 1 millón de pesos por año que corresponden a ahorros de energía de más de 250 MWh por año con un potencial de mitigación de GEI de 226 tCO<sub>2</sub>e al año (Tabla 9).

Los resultados muestran que los hospitales públicos en La Paz pueden ahorrar casi 400,000 pesos por año mediante la distribución de medidas de eficiencia energética de nivel medio (Nivel 2). Con una inversión estimada de alrededor de 250,000 pesos, el periodo de retorno de inversión es menor a un año. A través de estas medidas, el consumo de electrici-

dad en los hospitales públicos puede reducirse en 128 MWh al año con un potencial de mitigación de 116 tCO<sub>2</sub>e al año.

La inversión combinada en inversiones de autogeneración FV y eficiencia energética de nivel medio (Nivel 3) para hospitales públicos disminuye después de alrededor de cinco años y luego genera un beneficio económico anual de alrededor de 700,000 pesos.

## LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR: AHORRO POTENCIAL PARA ESCUELAS PÚBLICAS

El análisis del ahorro en gastos energéticos de las escuelas públicas para La Paz incluye 534 escuelas públicas primarias y secundarias.

Una estrategia de eficiencia energética de bajo costo para las escuelas públicas en La Paz, basado en inversiones de eficiencia energética de bajo o cero costo (Nivel 1), podría mitigar alrededor de 115 tCO<sub>2</sub>e por año y permitir anualmente ahorros de costos de energía de alrededor de 450,000 pesos. En total, el ahorro potencial en costos para las escuelas pú-

**Tabla 9.** Resultados de análisis: hospitales de La Paz, Baja California Sur

Tipo de hospital público	Nivel EE & ER	Potencial de ahorro en energía (MWh/año)	Potencial de ahorro en costos de energía (millones de pesos/año)	Inversión (millones de pesos)	Periodo de retorno de inversión (años)	Potencial de mitigación (tonCO <sub>2</sub> e/año)
Estatal	Nivel 1	98	323,000	6,400	0.02	88
	Nivel 2	128	396,000	252,000	0.6	116
	Nivel 3	156	707,000	3,731,823	5.3	138
<b>Niveles 1+3</b>		<b>254</b>	<b>1,030,000</b>	<b>3,738,223</b>	<b>3.6</b>	<b>226</b>

**Tabla 10** Resultados de análisis: escuelas de La Paz, Baja California Sur

Tipo de escuela pública	Nivel EE & ER	Potencial de ahorro en energía (MWh/año)	Potencial de ahorro en costos de energía (millones de pesos/año)	Inversión (millones de pesos)	Periodo de retorno de inversión (años)	Potencial de mitigación (tonCO <sub>2</sub> e/año)
Primaria y Secundaria	Nivel 1	129	454,000	6,995	0,0	115
	Nivel 2	164	559,000	355,727	0,6	147
	Nivel 3	217	750,000	6,355,574	8,5	194
<b>Niveles 1+3</b>		<b>346</b>	<b>1,204,000</b>	<b>6,362,569</b>	<b>5,3</b>	<b>309</b>

blicas en La Paz suma a más de 1.2 millones de pesos anuales por ahorros en costos de electricidad, correspondientes a ahorros de energía de 346 MWh por año con un potencial de mitigación de GEI anual de 300 tCO<sub>2</sub>e (Tabla 10).

Los resultados muestran que las escuelas públicas en La Paz pueden ahorrar casi 560,000 pesos anuales implementando medidas de eficiencia energética de nivel medio (Nivel 2). Con una inversión estimada de 355,000 pesos, el periodo de retorno de inversión aproximado es de menos de 1 año. Mediante estas medidas, el consumo de electricidad en las escuelas públicas se puede reducir en más de 128 MWh al año con un potencial de mitigación de más de 116 tCO<sub>2</sub>e.

Con la inversión combinada en autogeneración de FV y las inversiones de eficiencia energética de nivel medio (Nivel 3), el ahorro anual de energía para las escuelas públicas en La Paz puede aumentar a 217 MWh con un potencial de mitigación de GEI de más de 194 tCO<sub>2</sub>e anualmente. Sin embargo, tendría un periodo de retorno de inversión considerablemente más largo de 8.5 años (Tabla 10).

## 5.1.4 Opciones de política pública a nivel nacional y subnacional

El análisis muestra que los gastos públicos de energía en escuelas y hospitales pueden reducirse en hasta 6.5 mil millones de pesos por año al aplicar diversas medidas para el ahorro de energía y generación de energía renovable (aproximadamente 2.2 mil millones de pesos para hospitales y 4.3 mil millones de pesos para escuelas).

Además de liberar recursos para que las escuelas y los hospitales inviertan en la calidad de sus servicios públicos, el crucial potencial de ahorro de los costos de energía también ofrece oportunidades para que los gobiernos estatales y federal reinviertan estos ahorros en programas de desarrollo socioeconómico.

Se identificaron las siguientes opciones de política junto con representantes de instituciones gubernamentales nacionales y subnacionales (cf. Capítulo 3) como base para una mayor discusión acerca de cómo proporcionar un entorno propicio para habilitar los co-beneficios identificados:

### Opciones de política pública: nivel nacional

#### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #1

**Impulsar el rol de los edificios públicos como modelos a seguir en ahorro de energía al incluirlos en la NDC de México:** Teniendo en cuenta que su potencial de mitigación de gases de efecto invernadero (GEI) es alta, los edificios públicos pueden desempeñar un papel destacado en la acción climática nacional. Los objetivos de mitigación basados en medidas

de eficiencia energética en edificios públicos podrían ser detallados más a profundidad en la revisión de la NDC de México. Los edificios públicos podrían convertirse en modelos a seguir para el ahorro de energía y costos y motivar iniciativas posteriores entre propietarios de edificios privados.

#### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #2

**Esquema de incentivos para que escuelas y hospitales públicos sean beneficiados por los ahorros:** Aunque las escuelas y los hospitales pueden conseguir ahorros considerables en energía y contribuir a la reducción de GEI a un costo casi nulo, estos aún no se benefician directamente de los ahorros en los costos de energía, ya que no son los responsables de pagar sus costos de electricidad. Esto resulta en poco o ningún incentivo por su parte para implementar medidas de eficiencia energética. Al explorar nuevos esquemas de pago, la Secretaría de Hacienda, en coordinación con los gobiernos estatales, puede brindar incentivos adicionales para atraer el interés de las administraciones de escuelas y hospitales hacia medidas de ahorro de energía.

#### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #3

**Programas presupuestalmente neutros para cubrir inversiones iniciales en ahorro de energía:** A pesar del atractivo retorno de inversión de las medidas de eficiencia energética, los presupuestos institucionales pueden no cubrir los costos iniciales de la inversión, lo que puede representar una barrera importante para su puesta en marcha. Los programas de financiamiento climático y las alianzas público/privadas pueden facilitar las inversiones de las escuelas y hospitales en medidas de ahorro de energía y permitirles beneficiarse del ahorro de costos. Combinar la energía solar y las medidas de ahorro de energía para potenciar la mitigación de GEI puede ser usado como un argumento adicional para implementar programas de inversión iniciales.

### Opciones de política pública: nivel subnacional

#### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #4

**Programas combinados de ahorro de energía y educación:** Involucrar a la comunidad estudiantil en la planificación e implementación de programas de ahorro de energía no solo contribuye a un programa de estudios aplicado, sino que también sirve como multiplicador dentro de los entornos sociales y familiares de la comu-

nidad estudiantil. Con este fin, una parte de los ahorros se puede asignar a los presupuestos de la comunidad escolar para co-crear proyectos innovadores, agregando así otro incentivo, particularmente para las mejoras fácilmente alcanzables en eficiencia energética.

## Opciones de política pública: nivel nacional-subnacional

### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #5

**Incorporar el potencial de ahorro en costos a los esquemas existentes para monitoreo del uso de energía:** Fortalecer los esfuerzos existentes para monitorear la demanda y el uso de energía en edificios públicos. La recopilación de datos puede complementarse al monitorear y divulgar el potencial de ahorros colaterales para el sector público. Encuestas adicionales y auditorías detalladas según tipos de edificios y regiones climáticas fortalecerán aún más la base de información y ayudarán a especificar oportunidades de ahorro en costos.

## 5.2 ENERGÍA COMUNITARIA: GENERANDO AHORROS E INGRESOS

### 5.2.1 El contexto de la reducción de los costos de la energía y la generación de ingresos para comunidades

Desde su introducción oficial en 2015, e impulsada por la caída de los costos de la tecnología, la generación solar distribuida se está volviendo cada vez más atractiva para los prosumidores mexicanos.<sup>14</sup> Para diciembre de 2018, alrededor de 85,000 contratos de medición neta en todo el país proporcionaron una capacidad instalada total de 570 MW de energía solar FV distribuida. En total, la GDFV representa una capacidad de generación de 693 MW y se ha instalado en alrededor de 95,000 techos solares.<sup>15</sup>

La posibilidad de instalar capacidades de generación eléctrica a menor escala de hasta 499 KW<sup>16</sup> y las inversiones a pequeña escala relacionadas permite a los nuevos actores, como empresas y hogares, invertir y beneficiarse financieramente de las energías renovables. La GDFV proporciona beneficios económicos al reducir el gasto de electricidad de la red y generando ingresos mediante la venta de electricidad, bajo los esquemas de facturación y medición netas<sup>17</sup> (Figura 5).

Los beneficios económicos de la GDFV bajo los esquemas presentados están estrechamente vinculados a las tarifas de

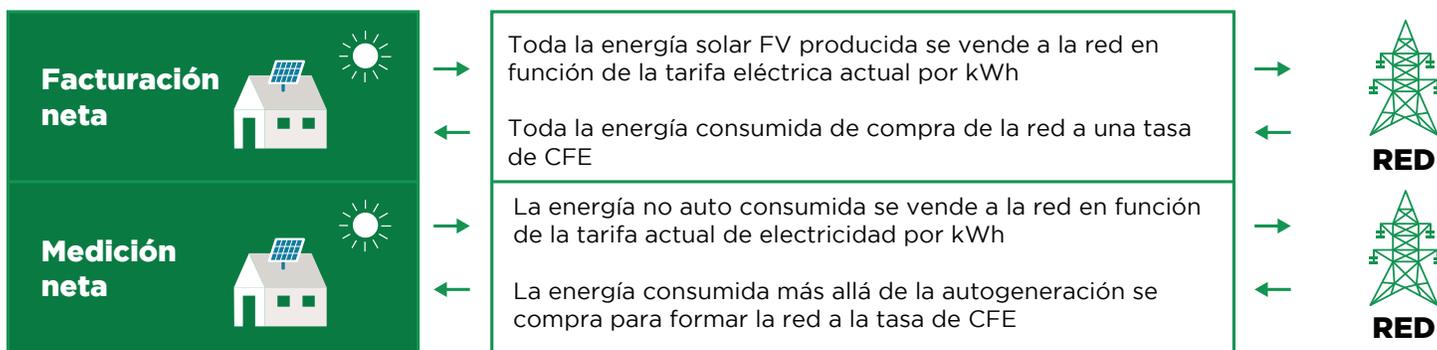
electricidad, las cuales varían según el sector, el estado donde se consume la electricidad y la medida en que el Gobierno Federal subsidie la tarifa respectiva (Tabla 11). Para el alto consumo residencial y los sectores comerciales, donde los esquemas tarifarios tienden a estar menos subsidiados, la GDFV representa una opción económicamente interesante en muchos casos. En contraste, la agricultura y algunas tarifas del sector industrial normalmente atraen subsidios y son, por lo tanto, más baratas. Sin embargo, el aumento histórico de estos esquemas tarifarios, proyectado en este estudio, sugiere que la facturación y la medición netas son cada vez más viables económicamente en este sector.

Como la GDFV, bajo los esquemas presentados, reduce la cantidad de electricidad subsidiada adquirida de la red, el futuro despliegue de GDFV en México también puede generar beneficios presupuestarios, particularmente dado que los subsidios totales de energía actualmente ascienden a aproximadamente 130 mil millones de pesos (GIZ, 2018).

En este aspecto, los resultados del estudio presentados en este capítulo proporcionan evidencia sobre los beneficios económicos para diferentes grupos de personas consumidoras en diferentes estados. También presenta ideas sobre posibles beneficios fiscales en términos de liberar recursos del gobierno para su uso en otros programas prioritarios, dependiendo de la ruta de transición energética elegida. Los resultados sugieren que el gobierno podría considerar mejorar las condiciones para habilitar la GDFV en México con el fin de aumentar los beneficios económicos tanto para los consumidores de electricidad como para la planeación presupuestaria.

Además, como lo demuestran las experiencias internacionales, como la transición energética de Alemania, permitir que nuevos grupos de inversionistas de menor escala participen en la generación eléctrica puede acelerar considerablemente

**Figura 5** Esquemas de generación distribuida fotovoltaica (GDFV) disponibles en México



<sup>14</sup> Los prosumidores son hogares u organizaciones que a veces producen energía excedente y la inyectan a la red, mientras que otras veces consumen energía de la misma red, es decir son personas productoras y consumidoras de electricidad.

<sup>15</sup> Fuente: Asociación Mexicana de Energía Solar (ASOLMEX) / <https://pv-magazine-usa.com/2019/06/24/mexico-reaches-4-gw-milestone/>.

<sup>16</sup> Según lo definido por la Ley de la Industria Eléctrica (2014).

<sup>17</sup> Bajo el tercer esquema de interconexión existente, venta total, cada MWh generado por el usuario se vende y no hay consumo de electricidad de la red. Por lo tanto, no puede representar ahorros en los costos de energía, ya que no existen costos de consumo y no es parte del análisis.

**Tabla 11** Federal electricity tariff schemes, México (CFE, 2019)

Tipo de tarifa	Sector Tarifario	Esquema tarifario	Descripción de tarifa	Nivel de subsidio
Baja tensión	Residencial	DAC <sup>18</sup>	Doméstica de alto consumo	<b>Bajo</b>
	Sector comercial	PDBT	Pequeña demanda en baja tensión	
		GDBT	Gran demanda en baja tensión	
Media tensión	Empresa industrial mediana	GDMTH	Gran demanda en media tensión horaria	<b>Medio / alto</b>
		GDMTO	Gran demanda en media tensión ordinaria	
Alta tensión	Sector industrial grande	DIST	Demanda industrial en subtransmisión	
		DIT	Demanda industrial en transmisión	

el despliegue de energía limpia (*cf.* Helgenberger, 2016). Por lo tanto, la GDFV en México puede ser un motor importante para cumplir con los compromisos a nivel internacional para reducir la intensidad de carbono del sector energético de México.<sup>18</sup>

### 5.2.2 Metodología de evaluación y estudios de caso

Los ahorros de costos se evaluaron en siete etapas para los estados de Oaxaca y Yucatán a nivel estatal y municipal (Figura 6, las ecuaciones detalladas para cada uno de estos pasos se presentan en la Tabla 3 del Anexo).

Ambos estados se caracterizan por un alto potencial de energía solar FV, pero difieren en sus tarifas de electricidad, así como en los términos de las proporciones de sus sectores industriales, de negocios y comerciales.

Los ahorros de costos se cuantifican para las dos rutas de transición energética contrastantes para el periodo 2020 a 2050: Política actual (MLTE) y transición a cero emisiones de carbono (ZCT).

Para ambos escenarios y estudios de caso a nivel estatal, se proyectó la capacidad acumulativa de GDFV. Los ahorros en los costos de energía se cuantificaron para los sistemas de medición neta y de facturación neta en función de los esquemas federales de tarifas de electricidad específicos por estado (Tabla 12) para Oaxaca y Yucatán.

**Figura 6** Generando ahorros e ingresos para las comunidades: pasos de análisis

<sup>18</sup>La tarifa DAC es parte del esquema de DB2 (1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F, DAC). Sin embargo, solo se evaluó la tarifa DAC debido a sus posibles beneficios. Las tarifas omitidas son: consumo interno de hasta 150 kWh/mes (DB1), riesgo agrícola de baja tensión (RABT), alumbrado público en baja tensión (APBT), alumbrado público en media tensión y riesgo agrícola de media tensión (RAMT).

**Tabla 12** Proyección de capacidad de generación distribuida solar fotovoltaica (GDFV) en Oaxaca y Yucatán por escenario (2020-2049)

Nivel	2020-2024		2025-2029		2030-2034		2035-2039		2040-2044		2045-2049	
	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT
México (nivel nacional)	5,988	7,034	18,245	31,242	22,588	47,132	23,105	49,846	23,155	50,918	23,159	52,962
Oaxaca	127	143	539	814	859	1,702	919	1,966	926	2,019	926	2,081
Yucatán	578	654	2,460	3,713	3,921	7,772	4,197	8,971	4,226	9,214	4,228	9,500

Fuente: basado en SENER 2019 y CRE 2019

### Cuadro 7 Panorama del caso: Oaxaca

#### PANORAMA DEL CASO: OAXACA

- ➔ Oaxaca generó el 61% de la energía eólica de México en 2017.
- ➔ La planificación energética debe integrar a las comunidades indígenas. En Oaxaca hay más de 1.2 millones de personas mayores a 3 años que hablan una lengua indígena (INEGI, 2015).
- ➔ Oaxaca tiene el mayor número de municipios de todos los estados de México, con 570 en total. La mayoría de los municipios ubicados en el sureste de Oaxaca tiene un potencial de energía eólica de clase moderado a excelente (NREL, 2003).

El estado de Oaxaca tiene la mayor capacidad potencial de producir energía eólica en México (SENER, 2018a), con estimaciones que oscilan entre 13 y 33 GW (SENER, 2018, NREL, 2003). En 2017, Oaxaca contabilizó el 56% de la capacidad instalada y el 61% de la capacidad anual de energía eólica en México (SENER, 2018a). A pesar de ello, Oaxaca no alcanza su capacidad potencial y, en 2017, solo se había instalado el 2.7 GW de su capacidad (SENER, 2019). Además, este potencial podría suministrar a todos los ciudadanos de Oaxaca; sin embargo, el 3.8% de la población del estado aún no tiene acceso a la electricidad (SENER, 2018b). En 2017, Oaxaca generó 8,427 GWh de electricidad (2.6% de la generación nacional de electricidad), ubicándose en el decimoquinto estado en generación de electricidad (SENER, 2018b).

Co-beneficios México optó por elaborar estudios en el estado de Oaxaca con el objetivo de socializar y comunicar los beneficios potenciales de las energías renovables mediante el análisis de los ahorros e ingresos potenciales que pueden generarse para las familias, empresas y municipios de Oaxaca.

### Cuadro 8 Panorama del caso: Yucatán

#### PANORAMA DEL CASO: YUCATÁN

- ➔ El PIB de Yucatán creció un 3.7% en 2018 (INEGI, 2019).
- ➔ Yucatán tiene una población de aproximadamente 2.1 millones de habitantes en un área de 43,379 km<sup>2</sup> (aproximadamente 53 habitantes por km<sup>2</sup>) (INEGI, 2015).
- ➔ La temperatura media anual en Yucatán es de 26°C con una precipitación media de 1,100 mm por año.

El estado de Yucatán tiene una capacidad de generación de electricidad instalada de 2,100 MW (SENER, 2018a), la cual consiste principalmente en plantas termoelectricas y plantas de turbina de gas de ciclo combinado operadas por CFE y generadores independientes de energía. Sin embargo, la proporción de energías renovables ha estado en constante crecimiento: la capacidad instalada de energía solar FV ha aumentado un 92% en los últimos 3 años, alcanzando una capacidad instalada de 32 MW. En el estado de Yucatán, aproximadamente el 78% del consumo local, comercial e industrial se concentra en cinco municipios y Mérida representa el 60% de las ventas totales (CFE, 2018). Hasta 2019, se registraron 2,356 proyectos solares de GDFV en Yucatán.

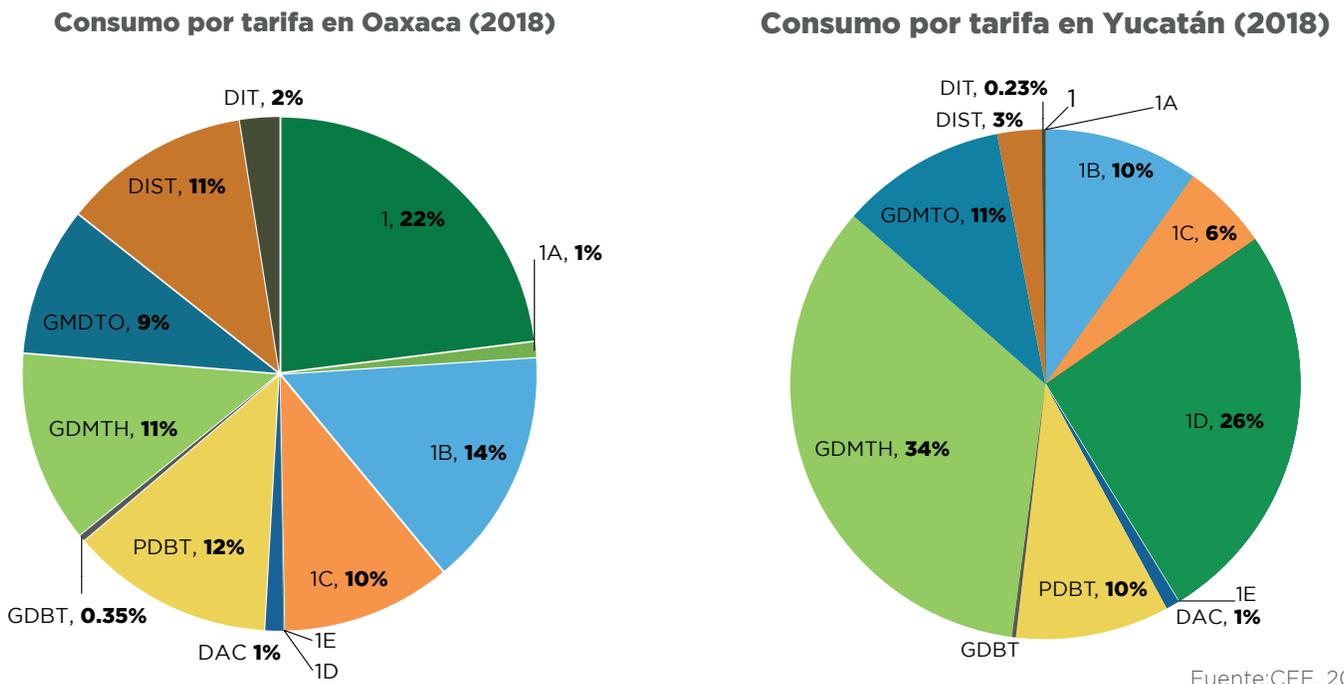
Co-beneficios México optó por explorar los ahorros y beneficios para el estado de Yucatán y sus comunidades participantes en energías renovables utilizando mecanismos ya establecidos en la legislación energética mexicana. Adicionalmente, se exploran otros mecanismos de participación para las energías renovables aplicables a México.

Según los análisis de tendencias históricas de los últimos 10 años, se proyecta que las tarifas aumenten en un 4.9% anual para la tarifa de consumo doméstico y en un 3.6% anual para las tarifas industriales y comerciales. El consumo de electricidad por tarifa y el ahorro de costos de energía/generación de ingresos de GDFV se calcularon en función de las demandas de electricidad de los estados de Yucatán y Oaxaca proyectadas. La demanda eléctrica proyectada hasta 2033 se basa en pronósticos regionales de demanda máxima estimada por PRODESEN 2019-2033. Para el periodo 2034-2050, las demandas de electricidad para ambos estados se basaron en una tasa de crecimiento anual promedio de la demanda de energía (TCAP) del 3.3% (Oaxaca) y del 3.8% (Yucatán). El análisis concluye estimando el impacto fiscal de la reducción de demandas de subsidios energéticos, así como oportunidades estimadas de costos por estado.

### 5.2.3 Resultados de la evaluación de los co-beneficios

El consumo de electricidad en Oaxaca actualmente (2018) se estima en 2,748 GWh, lo que representa el 1.3% del consumo nacional total. El alto consumo doméstico (DAC), la mediana empresa industrial (GDMTO), la gran industria (DIST) y el sector empresarial representan el 46% del consumo de electricidad de Oaxaca. El consumo de electricidad de Yucatán en 2018 se estimó en 3,623 GWh, lo que representa el 1.7% del consumo nacional total. Las tarifas de alto consumo doméstico, la mediana empresa industrial, la gran industria y el sector empresarial representan el 59% del consumo total en Yucatán.

**Figura 7** Consumo de electricidad por tarifa: Oaxaca y Yucatán



## OAXACA: AHORRO DE COSTOS ENERGÉTICOS BAJO LOS ESQUEMAS DE MEDICIÓN Y FACTURACIÓN NETAS

Independientemente de la ruta de transición energética para 2030, los ahorros acumulativos de costos de energía bajo el esquema de medición neta en todos los sectores en Oaxaca habrán superado los mil millones de pesos con el sector comercial como el principal beneficiario, logrando más del 50% de estos ahorros.

A partir de 2030, la ruta de descarbonización ambiciosa (ZCT) conduce a beneficios económicos significativamente más altos en comparación con la ruta de política actual (MLTE). Para 2040, el ahorro de costos acumulativos para todos los sectores analizados en Oaxaca bajo la ruta ZCT sería un 63% mayor que los logrados a través de la ruta política actual, superando los 7 mil millones de pesos, que se estima a más del doble para 2050, llegando a los 17.7 mil millones de pesos. Esto excedería los beneficios económicos de

la política actual en más del 80%, nuevamente con el sector comercial como el principal beneficiario, logrando ahorros de costos de casi 10 mil millones de pesos (para números sectoriales detallados ver Tabla 13).

Para el año 2030, bajo el escenario de política actual, los consumidores domésticos, comerciales, de medianas empresas y grandes industrias en Oaxaca pueden esperar beneficios económicos de 546 millones de pesos como resultado del esquema de facturación neta. Estos beneficios pueden incrementarse en más de un 9% a 600 millones de pesos bajo un ZCT. Con ahorros acumulados de 1,400 millones de pesos para el año 2040 bajo la ruta ZCT, los consumidores en el esquema de facturación neta de Oaxaca verán un ahorro adicional del 45% en comparación con MLTE, bajo el cual los beneficios económicos ascenderán a 682 millones de pesos (Tabla 14).

Sin embargo, según la estructura de tarifas supuesta para el análisis, la ruta ZCT beneficia particularmente a los consumidores domésticos y medianas empresas, mientras que los consumidores comerciales y de la gran industria ven un mayor beneficio económico en el entorno político actual.

**Tabla 13** Oaxaca: Ahorro estimado de costos de energía (en millones de pesos por tarifa) bajo el esquema de medición neta (2020-2049)

Periodo	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT
	Doméstico		Comercial		Mediana empresa		Gran industria	
2020-2024	9	11	70	79	23	19	18	21
2025-2029	69	79	484	553	189	145	144	163
2030-2034	114	209	758	1,406	327	401	245	449
2035-2039	153	310	969	1,985	450	603	333	675
2040-2044	197	410	1,188	2,490	582	793	428	889
2045-2049	322	670	1,444	3,124	737	1,034	539	1,159
<b>Total</b>	<b>865</b>	<b>1,688</b>	<b>4,912</b>	<b>9,637</b>	<b>2,308</b>	<b>2,994</b>	<b>1,707</b>	<b>3,356</b>

Fuente: cálculos propios con base en datos de SENER 2019 y CFE 2018.

**Tabla 14** Oaxaca: Ahorro estimado de costos de energía (en millones de pesos por tarifa) bajo el esquema de facturación neta (2020-2049)

Periodo	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT
	Doméstico		Comercial		Mediana empresa		Gran industria	
2020-2024	2	2	38	44	61	71	41	47
2025-2029	12	14	135	158	270	257	147	171
2030-2034	15	28	171	331	279	537	185	358
2035-2039	15	33	179	382	291	620	194	413
2040-2044	15	34	180	392	292	637	195	424
2045-2049	15	35	180	404	292	657	195	437
<b>Total</b>	<b>75</b>	<b>146</b>	<b>889</b>	<b>1,710</b>	<b>1,435</b>	<b>2,778</b>	<b>955</b>	<b>1,850</b>

Fuente: cálculos propios con base en datos de SENER 2019 y CFE 2018.

## OAXACA: MUNICIPIOS PRIORITARIOS PARA LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA FOTOVOLTAICA

El consumo de electricidad en los sectores doméstico, comercial e industrial de Oaxaca alcanzó los 2,747 GWh. Los municipios de Oaxaca de Juárez (10.5%), San Juan Bautista Tuxtepec (8.9%), Barrio de la Soledad (8%), Salina Cruz (4.9%) y Santa María Huatulco (3.9%) representan el 36% del consumo total del estado (CFE, 2018).

Independientemente de la ruta de transición energética para 2030, se estima que los ahorros de costos de energía bajo el esquema de medición neta en todos los municipios analizados en Oaxaca se acumulen a 500 millones de pesos con los municipios de Oaxaca de Juárez, San Juan Bautista Tuxtepec y El Barrio de la Soledad como los principales beneficiarios, logrando alrededor del 80% de estos ahorros de costos.

A partir de 2030, la ambiciosa ruta ZCT conduce a beneficios económicos más altos en comparación con las MLTE. Para 2040, los ahorros en costos acumulados para todos los municipios analizados en Oaxaca bajo la ruta ZCT son casi un 50% mayores que los ahorros logrados a través de la ruta política actual, superando los 3.3 mil millones de pesos. Se puede esperar que esta cifra se duplique en 2050 a 8.5 mil millones de pesos, excediendo así los beneficios económicos de la política actual en un 65%. Los principales beneficiarios son los municipios de Oaxaca de Juárez y El Barrio de la Soledad, los cuales representan el 55% del ahorro acumulado de costos (para datos municipales detallados, ver Tabla 15).

Independientemente de la ruta de transición energética, para el año 2030 se espera que los municipios analizados en Oaxaca vean ahorros acumulativos de más de 350 millones de pesos como resultado del esquema de facturación neta. Con excepción de Oaxaca de Juárez, los beneficios económicos estimados para los municipios corresponden al ahorro de costos bajo el esquema de medición neta. La comparación entre ambos esquemas indica que, para 2030, con alrededor de 185 millones de pesos en ahorros totales, los consumidores en Oaxaca de Juárez duplican los beneficios del esquema de medición neta en comparación con el esquema de facturación neta (para obtener números detallados de los municipios, ver la Tabla 16).

A partir de 2030, también para el esquema de facturación neta, la ruta ZCT conduce a beneficios económicos significativamente más altos, en comparación con la MLTE. Para 2040, los ahorros acumulados bajo la ruta ZCT excederán los beneficios económicos de MLTE en un 40% logrando ahorros acumulados de 1.7 mil millones de pesos.

Con el fin de identificar las tarifas con el mayor potencial de ahorro de costos para los municipios analizados de Oaxaca, se analizaron las tarifas con los mayores ahorros de costos bajo los esquemas de medición o facturación netas. Con la excepción de Oaxaca de Juárez, bajo el esquema de facturación neta, el ahorro promedio anual de costos de energía, calculado como una parte de los costos totales, sigue siendo el mismo en ambos escenarios. Los cálculos indican que el mayor potencial de ahorro de costos de energía se encuentra en el municipio de El Barrio de la Soledad, bajo la tarifa DIST, tanto para la medición neta como para la facturación neta con ahorros potenciales del 95% y 97% de los costos promedio anual (Tabla 17).

**Tabla 15** Oaxaca: Ahorro estimado de costos de energía (en millones de pesos por municipio y escenario) bajo el esquema de medición neta (2020-2049)

Periodo	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT
	Oaxaca de Juárez		San Juan Bautista Tuxtepec		El Barrio de la Soledad		Salina Cruz		Santa María Huatulco	
2020-2024	23	22	12	11	13	13	6	6	7	7
2025-2029	166	161	88	86	103	101	43	42	51	50
2030-2034	281	422	155	232	184	275	75	112	89	133
2035-2039	359	610	203	344	242	412	96	164	115	195
2040-2044	447	780	258	450	310	540	121	212	145	253
2045-2049	509	996	324	583	390	702	151	272	182	327
<b>Total</b>	<b>1,785</b>	<b>2,991</b>	<b>1,039</b>	<b>1,706</b>	<b>1,242</b>	<b>2,042</b>	<b>493</b>	<b>807</b>	<b>588</b>	<b>965</b>

Fuente: cálculos propios con base en datos de SENER 2019, CFE y CRE 2018.

**Tabla 16** Oaxaca: Ahorro estimado de costos de energía (en millones de pesos por municipio y escenario) bajo el esquema de facturación neta (2020–2049)

Periodo	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT
	Oaxaca de Juárez		San Juan Bautista Tuxtepec		El Barrio de la Soledad		Salina Cruz		Santa María Huatulco	
2020–2024	14	14	12	12	17	17	5	5	6	6
2025–2029	83	80	73	70	101	97	29	28	35	34
2030–2034	112	168	98	147	137	204	40	59	48	71
2035–2039	114	193	100	169	139	235	40	68	48	82
2040–2044	114	199	100	174	139	242	40	70	48	84
2045–2049	114	205	100	179	139	249	40	72	48	87
<b>Total</b>	<b>552</b>	<b>858</b>	<b>483</b>	<b>751</b>	<b>672</b>	<b>1,045</b>	<b>195</b>	<b>304</b>	<b>233</b>	<b>363</b>

Fuente: cálculos propios con base en datos de SENER, 2019, CFE, CRE, y CENACE, 2018.

**Tabla 17** Oaxaca: Ahorro de costos promedio anual bajo esquemas de compensación (por minuto y escenario) (2020–2024)

Municipio	Tarifa con el mayor ahorro de costos bajo el esquema de medición neta	Ahorro de costos promedio anual (%) bajo el esquema de medición neta	Tarifa con el mayor ahorro de costos bajo el esquema de facturación neta	Ahorro de costos promedio anual (%) bajo el esquema de facturación neta
Oaxaca de Juárez	PDBT (Comercial)	70%	PDBT (Comercial)	35% (MLTE)/38% (ZCT)
San Juan Bautista Tuxtepec	PDBT (Comercial)	38%	DIT (Gran industria)	34%
El Barrio de la Soledad	DIST (Gran industria)	95%	DIST (Gran industria)	97%
Salina Cruz	PDBT (Comercial)	53%	GDMTH (Mediana empresa)	54%
Santa María Huatulco	PDBT (Comercial)	41%	GDMTH (Mediana empresa)	62%

Fuente: cálculos propios con base en datos de SENER 2019, CFE, CRE, CENACE 2018.

## YUCATÁN: AHORRO DE COSTOS ENERGÉTICOS BAJO LOS ESQUEMAS DE MEDICIÓN Y FACTURACIÓN NETAS

Para el año 2030, bajo el escenario de política actual, los consumidores domésticos, comerciales y medianas y grandes industrias en Yucatán se beneficiarán con 4.5 mil millones de pesos bajo el esquema de medición neta. Estos beneficios pueden incrementarse en un 50% a 6.7 mil millones de pesos bajo la ruta ZCT con empresas comerciales y medianas

siendo las más beneficiadas logrando más del 90% del ahorro acumulado (para datos sectoriales detallados, ver Tabla 18).

Para el año 2040, los ahorros acumulados bajo la ruta ZCT excederán los beneficios económicos de la MLTE en un 150% adicional, logrando ahorros acumulados de 45 mil millones de pesos con sectores comerciales y de medianas empresas beneficiándose por 15 mil millones y 25 mil millones de pesos respectivamente.

Para el año 2030, bajo la política actual, se espera que los consumidores domésticos, comerciales medianos y grandes de la industria en Yucatán vean beneficios económicos acumulados de 4 mil millones de pesos como resultado del esquema de facturación neta.

**Tabla 18** Yucatán: Ahorro estimado de costos de energía (en millones de pesos por tarifa y escenario) bajo el esquema de medición neta (2020-2049)

Periodo	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT
	Doméstico		Comercial		Mediana empresa		Gran industria	
2020-2024	18	40	271	307	385	437	22	25
2025-2029	98	293	1,407	2,137	2,163	3,293	128	194
2030-2034	199	780	2,732	5,429	4,450	8,849	266	529
2035-2039	274	1,157	3,578	7,652	6,102	13,051	368	787
2040-2044	355	1,526	4,396	9,589	7,767	16,942	471	1,028
2045-2049	560	2,495	5,347	12,022	9,713	21,839	593	1,332
<b>Total</b>	<b>1,503</b>	<b>6,291</b>	<b>17,731</b>	<b>37,135</b>	<b>30,581</b>	<b>64,411</b>	<b>1,848</b>	<b>3,896</b>

Fuente: cálculos propios con base en datos de SENER 2019, CFE, CRE y CENACE 2018.

**Tabla 19** Yucatán: Ahorro estimado de costos de energía (en millones de pesos por tarifa y escenario) bajo el esquema de facturación neta (2020-2049)

Periodo	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT
	Doméstico		Comercial		Mediana empresa		Gran industria	
2020-2024	10	12	183	214	822	962	56	65
2025-2029	44	67	511	772	2,293	3,462	155	234
2030-2034	71	140	815	1,615	3,656	7,246	247	490
2035-2039	76	162	872	1,864	3,913	8,364	265	566
2040-2044	76	166	878	1,915	3,940	8,590	266	581
2045-2049	76	171	879	1,974	3,942	8,857	267	599
<b>Total</b>	<b>354</b>	<b>718</b>	<b>4,138</b>	<b>8,355</b>	<b>18,566</b>	<b>37,482</b>	<b>1,256</b>	<b>2,535</b>

Fuente: cálculos propios con base en datos de SENER 2019, CFE, CRE y CENACE 2018.

**Tabla 20** Yucatán: Ahorro estimado de costos de energía (en millones de pesos por municipio y escenario) bajo el esquema de medición neta (2020-2049)

Periodo	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT
	Mérida		Umán		Progreso		Hunucmá		Kanasín	
2020-2024	287	326	13	15	22	25	20	23	9	11
2025-2029	2,253	3,427	374	569	194	295	142	215	58	88
2030-2034	4,539	9,022	764	1,518	392	780	291	580	114	227
2035-2039	6,126	13,101	1,042	2,228	533	1,139	400	856	152	325
2040-2044	5,230	11,408	239	522	407	887	408	889	157	342
2045-2049	6,424	14,445	1,980	4,452	665	1,496	752	1,690	97	218
<b>Total</b>	<b>24,859</b>	<b>51,729</b>	<b>4,411</b>	<b>9,304</b>	<b>2,213</b>	<b>4,622</b>	<b>2,012</b>	<b>4,253</b>	<b>587</b>	<b>1,210</b>

Fuente: cálculos propios con base en datos de SENER 2019, CFE, CRE y CENACE 2018.

Estos beneficios se pueden aumentar en más del 40% a 5.8 mil millones de pesos bajo la ruta ZCT. Para el año 2040, el ahorro acumulado bajo la ruta ZCT será casi el doble que en MLTE logrando ahorros acumulados de más de 26 mil millones de pesos, de los cuales 20 mil millones se acumularán en el sector comercial de Yucatán (para datos sectoriales detallados, ver Tabla 19).

## YUCATÁN: MUNICIPIOS PRIORITARIOS PARA LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA FOTOVOLTAICA

En el estado de Yucatán, aproximadamente el 78% del consumo doméstico, comercial e industrial<sup>19</sup> está concentrado en cinco municipios: Mérida (60%), Umán (8%), Progreso (4%), Hunucmá (3%) y Kanasín (2%) (CFE, 2018).

Para el año 2030, se estima que los municipios analizados en Yucatán acumulen 5 mil millones de pesos de la generación FV distribuida a través del esquema de medición neta bajo la ruta ZCT, superando así los ahorros bajo la ruta de la política actual (MLTE) en casi un 50%. Bajo el esquema de medición neta, los consumidores en el municipio de Mérida serán los principales beneficiarios de la generación FV distribuida, atrayendo 3.7 mil millones de pesos del ahorro acumulado (para datos municipales detallados, ver Tabla 20).

Para el año 2040, los consumidores en Mérida se beneficiarán de ahorros acumulados de 25 mil millones de pesos a

través de la medición neta de generación distribuida FV bajo la ruta ZCT. Bajo la ruta ZCT, se estiman ahorros totales en los municipios analizados de 35 mil millones de pesos, duplicando así los beneficios económicos esperados con MLTE.

Para 2030, bajo la ruta ZCT, el esquema de medición neta para la generación distribuida FV proporciona ahorros acumulados estimados de 4.3 mil millones de pesos en los municipios analizados. Los consumidores en el municipio de Mérida vuelven a ser las principales beneficiarias de FV distribuida, la cual representa 3 mil millones de pesos del ahorro acumulado (para datos municipales detallados, ver Tabla 21).

Para el año 2040, los ahorros acumulativos a través de la facturación neta de generación distribuida FV, bajo la ruta ZCT, superarán los 20 mil millones de pesos, casi duplicando los beneficios económicos de la generación distribuida FV esperada bajo MLTE.

Con el fin de identificar las tarifas con el mayor potencial de ahorro para los municipios analizados en Yucatán, se examinaron las tarifas con el mayor ahorro de costos bajo los esquemas de medición y facturación netas. El ahorro promedio anual de costos de energía, calculado como participación de los costos totales, sigue siendo el mismo en ambos escenarios. Los cálculos indican que el mayor ahorro potencial de costos energéticos se encuentra en el municipio de Kanasín bajo la tarifa PDBT (comercial) para la medición neta con la oportunidad de ahorrar el 84% de los costos anuales promedio. Mientras tanto, los consumidores en el municipio de Umán en la tarifa de facturación neta GDMTH (mediana empresa) pueden ahorrar potencialmente el 91% de los costos promedio anuales (Tabla 22).

**Tabla 21** Yucatán: Ahorro estimado de costos (en millones de pesos por municipio y escenario) bajo el esquema de facturación neta (2020-2049)

Periodo	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT	MLTE	ZCT
	Mérida		Umán		Progreso		Hunucmá		Kanasín	
2020-2024	408	461	86	97	33	38	35	40	7	8
2025-2029	1,739	2,616	365	552	142	214	149	225	30	45
2030-2034	2,677	5,132	560	1,071	218	420	228	437	47	92
2035-2039	2,961	6,300	623	1,333	242	516	254	544	51	110
2040-2044	2,981	6,469	628	1,369	243	530	256	558	52	113
2045-2049	2,983	6,670	628	1,411	243	547	256	576	52	116
<b>Total</b>	<b>13,749</b>	<b>27,648</b>	<b>2,890</b>	<b>5,833</b>	<b>1,121</b>	<b>2,265</b>	<b>1,178</b>	<b>2,380</b>	<b>239</b>	<b>484</b>

Fuente: cálculos propios con base en datos de SENER 2019, CFE, CRE y CENACE 2018.

<sup>19</sup> Los cálculos consideraron el consumo registrado en los sectores tarifarios 1, 1A-1D, DAC, PDBT, GDBT, GDTMH, GDTMO, DIST y DIT.

**Tabla 22** Yucatán: Ahorro de costos promedio anual bajo esquemas de compensación (por municipio y escenario) (2020-2049)

Municipio	Tarifa con el mayor ahorro de costos bajo el esquema de medición neta	Ahorro de costos promedio anual (%) bajo el esquema de medición neta	Tarifa con el mayor ahorro de costos bajo el esquema de facturación neta	Ahorro de costos promedio anual (%) bajo el esquema de facturación neta
Mérida	PDBT (Comercial)	55%	GDMTH (Mediana empresa)	60%
Umán	PDBT (Comercial)	48%	GDMTH (Mediana empresa)	91%
Progreso	PDBT (Comercial)	42%	GDMTH (Mediana empresa)	67%
Hunucmá	DIST (Gran industria)	78%	DIST (Gran industria)	71%
Kanasín	PDBT (Comercial)	84%	PDBT (Comercial)	48%

Fuente: cálculos propios con base en datos de SENER 2019, CFE, CRE y CENACE 2018.

## IMPACTOS FISCALES Y AHORROS EN EL PRESUPUESTO DEL GOBIERNO A TRAVÉS DEL AUMENTO DE LA PARTICIPACIÓN DE GDFV

Por un monto de más de 100 mil millones de pesos anuales, los subsidios a la electricidad para tarifas residenciales (1 a 1F) representaron la mayor parte de los subsidios a las tarifas eléctricas en México (tarifas agrícolas: 14.6 mil millones de pesos y grandes industrias: 13 mil millones de pesos; GIZ, 2018).

Sobre la base de las tarifas eléctricas aprobadas por CRE en 2018 para cada región y tipo de consumidor, así como los precios de nodos distribuidos (DNP), este estudio evalúa el costo de oportunidad para CFE en todo el país (ver Figura 8). En términos de comparaciones regionales, *Peninsular*, *Norte del Valle de México*, *Sureste*, *Este* y *Centro Sur* se identificaron como regiones que representan los mayores costos de oportunidad en vista de las tasas de CFE y DNP. En el caso de la región Peninsular, las mayores diferencias se encontraron para los sectores de mediana empresa (GDMTO) y gran industria (DIST).

Los costos de oportunidad para CFE en la región SIN ascienden a 45.5 mil millones de pesos. De esto, la región Peninsular tiene el costo de oportunidad más alto con aproximadamente 3.9 mil millones de pesos. En términos de comparación sectorial, la mediana empresa/sector industrial

(tarifas de GDMTH, GDMTO) representaron el costo de oportunidad más alto para CFE en aproximadamente 25.5 mil millones de pesos. Para poner estos ahorros potenciales en contexto, el presupuesto nacional para Jóvenes Construyendo el Futuro fue de 40 mil millones de pesos para 2019 (DOF, 2018a).

Los resultados ilustran los ahorros potenciales en costos de energía y la oportunidad para que el Gobierno Federal reduzca activamente los subsidios al promover la GDFV en las regiones con el mayor potencial de ahorros en costos de energía.

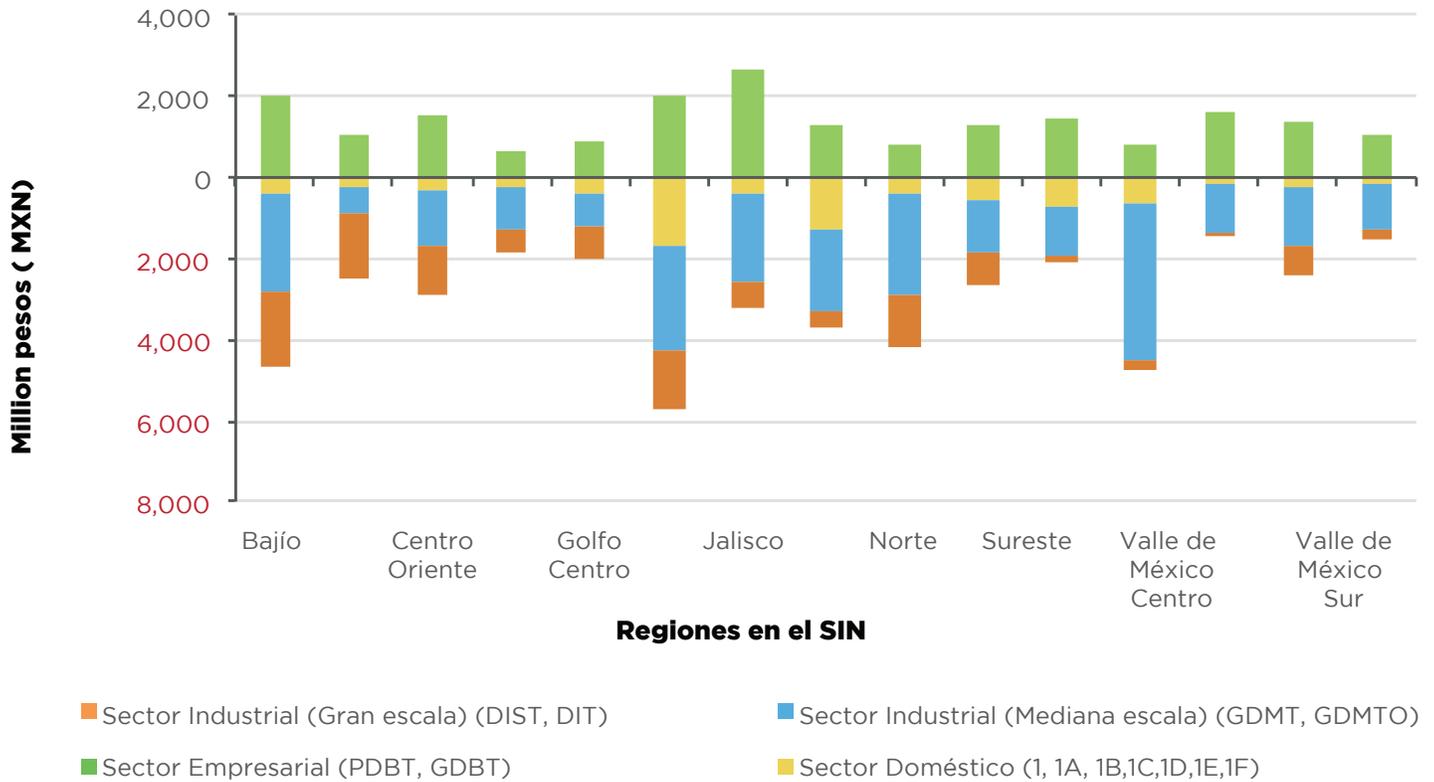
## EXPLORANDO MECANISMOS ADICIONALES CON ENFOQUES COMUNITARIOS PARA FINANCIAR LA GENERACIÓN RENOVABLE DISTRIBUÍDA

La evaluación de co-beneficios sobre ahorros e ingresos para las comunidades analizaron los beneficios económicos potenciales de dos esquemas existentes, la medición y la facturación netas.

En una comprensión más amplia de la participación económica y la apropiación de la comunidad de la generación de energías renovables, vale la pena explorar mecanismos adicionales que están en proceso de implementación o aplicación en otros países. Particularmente en vista de acelerar el despliegue

**Figura 8** Márgenes estimados por tarifa eléctrica para las regiones de México en el SIN, 2018  
(Fuente: cálculos propios basados en datos de CENACE 2019 y CFE 2018)

**Márgenes estimados por tarifa de electricidad para regiones el SIN de México, 2018**



de energía limpia para cumplir con los objetivos establecidos por la LTE y los compromisos internacionales para reducir la intensidad de carbono del sector energético mexicano, la participación económica y la apropiación de nuevos grupos de inversionistas de menor escala pueden ser un motor importante (cf. Subcapítulo 5.2.1.). En este sentido, los siguientes cuatro mecanismos también pueden considerarse como opciones para alinear aún la política energética de México con la misión del gobierno establecida en el PND 2019-2024:

- 1. Acciones comunitarias** emitidas por cooperativas de energía y Fondos de Beneficios Comunitarios Registrados. A diferencia de las acciones comunes, las acciones comunitarias no son transferibles y no pueden venderse ni negociarse. Los accionistas pueden retirar su capital social sujeto a términos y condiciones específicos definidos previamente por el emisor. El valor de la acción es fijo y no está sujeto a especulación, aunque el valor de la acción puede reducirse si la cooperativa o la sociedad beneficiaria experimenta dificultades financieras. Si el emisor está registrado para recibir donaciones deducibles de impuestos, la acción puede servir como una forma de desgravación fiscal.
- 2. Los Mini Bonos** son una forma de deuda con tasa de interés y plazo fijos, los cuales deben pagarse luego. Pueden hacerse transferibles y negociarse en un mercado secundario, lo que significa que puede tener más liquidez que algunos otros tipos de inversión.
- 3. El financiamiento basado en ingresos (Revenue-based Financing, RbF)**, también conocido como financiamiento basado en regalías, es un mecanismo por el cual las empresas acuerdan compartir un porcentaje de los ingresos futuros a cambio de capital. Bajo este esquema, los propietarios conservan la propiedad y el control total de su negocio. Además, el esquema permite que los pagos mensuales fluctúen según la generación de ingresos.
- 4. Coinversión en energía solar comunitaria fuera de la red.** La coinversión en energía solar fuera de la red para comunidades consiste en unir capital humano y financiero para facilitar la instalación de sistemas fotovoltaicos fuera de la red en comunidades.

## 5.2.4 Opciones de política pública a nivel nacional y subnacional

El estudio cuantificó el ahorro potencial de costos y la generación de ingresos proporcionados por la GDFV para diferentes grupos de consumidores de electricidad bajo los esquemas tarifarios empleados en Oaxaca y Yucatán. Los resultados muestran que, bajo una ruta ambiciosa de descarbonización, para 2030, los beneficios económicos para los consumidores ascienden a casi 2 mil millones de pesos en Oaxaca y más de 12 mil millones de pesos en Yucatán. Para el año 2040, se espera que estos beneficios económicos superen los 10 mil millones de pesos para los consumidores de electricidad en Oaxaca y 70 mil millones de pesos en Yucatán.

Diferentes instituciones gubernamentales pueden mejorar aún más el entorno propicio para fomentar la GDFV y aumentar los beneficios económicos para las comunidades locales más allá de los dos estados analizados. Partiendo de los talleres nacionales y regionales de cuantificación de co-beneficios (cf. Capítulo 3) con representantes de organizaciones gubernamentales nacionales y subnacionales, se desarrollaron las siguientes opciones de políticas para habilitar los co-beneficios identificados.

### Opciones de política pública a nivel nacional

#### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #1

**Reinvertir los subsidios al consumo eléctrico en desarrollar una industria de energía renovable orientada a la comunidad:** La Comisión Federal de Electricidad (CFE), junto con la Secretaría de Hacienda, puede reducir de manera programática los subsidios a la industria mediana y grande para fomentar la inversión en energías renovables y medidas de eficiencia energética, al mismo tiempo que aumenta los beneficios económicos para los consumidores afectados. Dicho programa de reinversión puede diseñarse para ser socialmente justo para los grupos de consumidores afectados y puede liberar gradualmente los presupuestos federales para abordar otras inversiones prioritizadas en el programa social y económico del PND (ver Cuadro 1 del Capítulo 1).

#### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #2

**Fomentar la participación económica local en proyectos de energía renovable a través de procedimientos de licitación:** Los procedimientos de licitación pueden revisarse para incluir regulaciones para los desarrolladores de proyectos, exigiendo a los desarrolladores e implementadores que garanticen la participación financiera de proyectos de energías renovables a gran escala (por ejemplo, a través de impuestos para fondos comunitarios) e invitar a las instituciones locales de energía y de creación de ingresos a ejecutar un marco que fomente los beneficios económicos locales y el apoyo de la comunidad local.

### Opciones de política pública a nivel subnacional

#### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #3

**Programa de comunicación sobre las oportunidades económicas locales:** Los estados pueden dirigir una estrategia de comunicación asertiva y una campaña basada en investigación para usuarios finales identificados en municipios y regiones, comunicando los ahorros potenciales, la generación de ingresos y los múltiples co-beneficios de energías renovables y medidas de eficiencia energética. La comunicación constante con la Procuraduría Agraria, que sirve como representante legal de ejidos<sup>20</sup> y tierras comunales, ayudaría a mejorar las relaciones con las comunidades locales e incluirlas en la implementación del proyecto y la participación económica.

#### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #4

**Programas estatales para fomentar la participación económica en el ámbito local y la creación de ingresos en proyectos de energías renovables:** Los gobiernos estatales también pueden fomentar la participación accionaria local mediante la introducción de programas estatales para cubrir las inversiones iniciales para los municipios, las pequeñas empresas y los hogares y, de esta manera, coinvertir en proyectos locales de energías renovables. Estos serían beneficiados con el tiempo por las personas accionistas locales a través de una parte específica de las ganancias obtenidas de estos proyectos.

<sup>20</sup> Las tierras sujetas a un régimen especial de propiedad social en la tenencia de la tierra; constitucionalmente se reconoce dicha personalidad y se protege de manera especial su patrimonio (Cámara de Diputados, 2014).

## Opciones de política pública a nivel nacional-subnacional

### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #5

**Lineamientos técnicos para facilitar la generación distribuida por energía solar FV:** La Comisión Reguladora de Energía (CRE) puede incentivar pequeños proyectos al aumentar el límite máximo de generación distribuida (GD) de 499 kW a al menos 1 MW en circuitos o áreas que lo permitan. Lineamientos que faciliten la GD colectiva, considerando un esquema colectivo para la medición neta en diferentes puntos de interconexión de entrada (POIs) dentro de la misma área de precio, o al menos dentro del mismo circuito de distribución, pueden crear apoyo adicional. Esta opción podría ir acompañada de un programa de desarrollo de capacidades para aumentar la participación de pequeños proyectos y fomentar la generación de ingresos a nivel subnacional y regional.

## 5.3 LA CREACIÓN DE EMPLEO EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

### 5.3.1 El empleo en el sector de energías renovables

En 2017, alrededor de 70,000 personas se encontraban empleadas en la industria de energías renovables de México (IRENA, 2018). Desde entonces, es probable que el número de empleos haya crecido aún más, dado el rápido crecimiento de nuevas instalaciones eólicas y solares fotovoltaicas en el país, que representan el 45% de la capacidad recién instalada (SENER, 2019). En 2018, México cuadruplicó su capacidad de energía solar FV para alcanzar 2.5 GW (IRENA, 2019). Aun así, en términos de empleo general, la industria de energías renovables de México es relativamente pequeña en comparación con otras industrias como el sector automotriz y de la construcción (INEGI, 2019).

El empleo en la industria emergente de energías renovables y los efectos indirectos en toda la economía pueden convertirse en contribuyentes importantes para lograr la agenda social establecida por el Gobierno Federal. Como sugiere el PND, la creación de oportunidades de empleo de calidad del país está estrechamente relacionada con los requisitos de habilidades a lo largo de la cadena de valor industrial y el desarrollo de capacidades (ver Cuadro 1 en el Capítulo 1). Hasta ahora, las brechas de conocimiento existen en la industria de energías renovables en México no solo en términos de estimación de posibles oportunidades de empleo, sino también en comprender mejor los requisitos de habilidades de esta industria emergente y la demanda esperada de capacitación vocacional.

Por último, el hecho de que la industria de las energías renovables todavía esté emergiendo en México implica que, si el

gobierno busca desarrollar aún más la cadena de valor de las energías renovables en el país, este desarrollo debe ir acompañado de un entorno político adecuado. A este respecto, los ejemplos internacionales sobre la introducción de contenido local o requisitos de fabricación, o la adaptación del programa Jóvenes Construyendo el Futuro para el sector de las energías renovables, podrían proporcionar impulsos útiles.

### 5.3.2 Metodología de evaluación y estudios de caso

Los impactos en el empleo se cuantificaron utilizando el modelo de Empleos Internacionales e Impactos del Desarrollo Económico (I-JEDI) desarrollado por el Laboratorio Nacional de Energía Renovable (NREL) (NREL, 2016, ver Cuadro 10), adaptado para México. Para especificar el modelo para el contexto mexicano, los datos de entrada específicos del país se derivaron de la literatura existente. En un segundo paso, estos datos se revisaron, verificaron, actualizaron con información faltante y se corrigieron las anomalías mediante consultas cualitativas, entrevistas y talleres regionales en Oaxaca y Yucatán.

Además, se utilizaron entrevistas para estimar las necesidades de habilidades desagregando la cadena de valor del empleo de energía renovable. En el curso de los talleres nacionales y regionales (ver el Capítulo 3), se desarrollaron opciones de políticas para habilitar las oportunidades de empleo identificadas. Dentro de su enfoque comparativo, la evaluación de co-beneficios para el empleo considera dos vías contrastantes para el desarrollo del futuro del sector eléctrico en México de 2020 a 2050: la ruta de las MLTE y la ruta de ZCT, que utilizan la misma base inicial que el PRODES-EN, pero proyectan una mayor ambición y penetración de energías renovables (ver Capítulo 3).

El estudio se centró en el impacto bruto del empleo de la energía solar FV y la energía eólica de México. Sin embargo, los datos presentados también permiten comparar los

**Cuadro 9** Tipos de efectos en el empleo analizado

#### EMPLEO DIRECTO, INDIRECTO E INDUCIDO

<b>Directo</b>	Gastos directos de desarrollo del proyecto; por ejemplo, instaladores FV
<b>Indirecto</b>	Actividad económica derivada y efectos de la cadena de suministro; por ejemplo, trabajadores del acero
<b>Inducido</b>	Gastos directos e indirectos de trabajadores; por ejemplo, hoteles y aerolíneas

## Cuadro 10 Modelo de Empleos Internacionales e Impactos del Desarrollo Económico (I-JEDI)

### EL MODELO I-JEDI

- Impactos laborales y del desarrollo económico
- Herramienta fácil de usar en formato Excel
- Cuantifica los impactos económicos de construir y operar proyectos de energías renovables a gran escala.



El modelo I-JEDI estima los impactos económicos asociados con la construcción y operación de centrales eléctricas, determinando estas dos fases en términos de gasto doméstico (en el país) e internacional. Los datos del modelo se utilizan luego de un modelo de entrada-salida (I-O) específico para el país para estimar los impactos en el empleo, las ganancias, el PIB y la producción bruta. Se presentan los impactos económicos totales, así como los impactos por sector industrial. El modelo se utiliza para estimar el empleo bruto en la evaluación, ya que solo considera los impactos positivos directos, indirectos e inducidos en el empleo de la cadena de valor.

Fuente: NREL, 2016

diferentes efectos en el empleo en todas las principales capacidades de generación de electricidad, incluidas la energía hidroeléctrica, de carbón y de gas (TGCC).

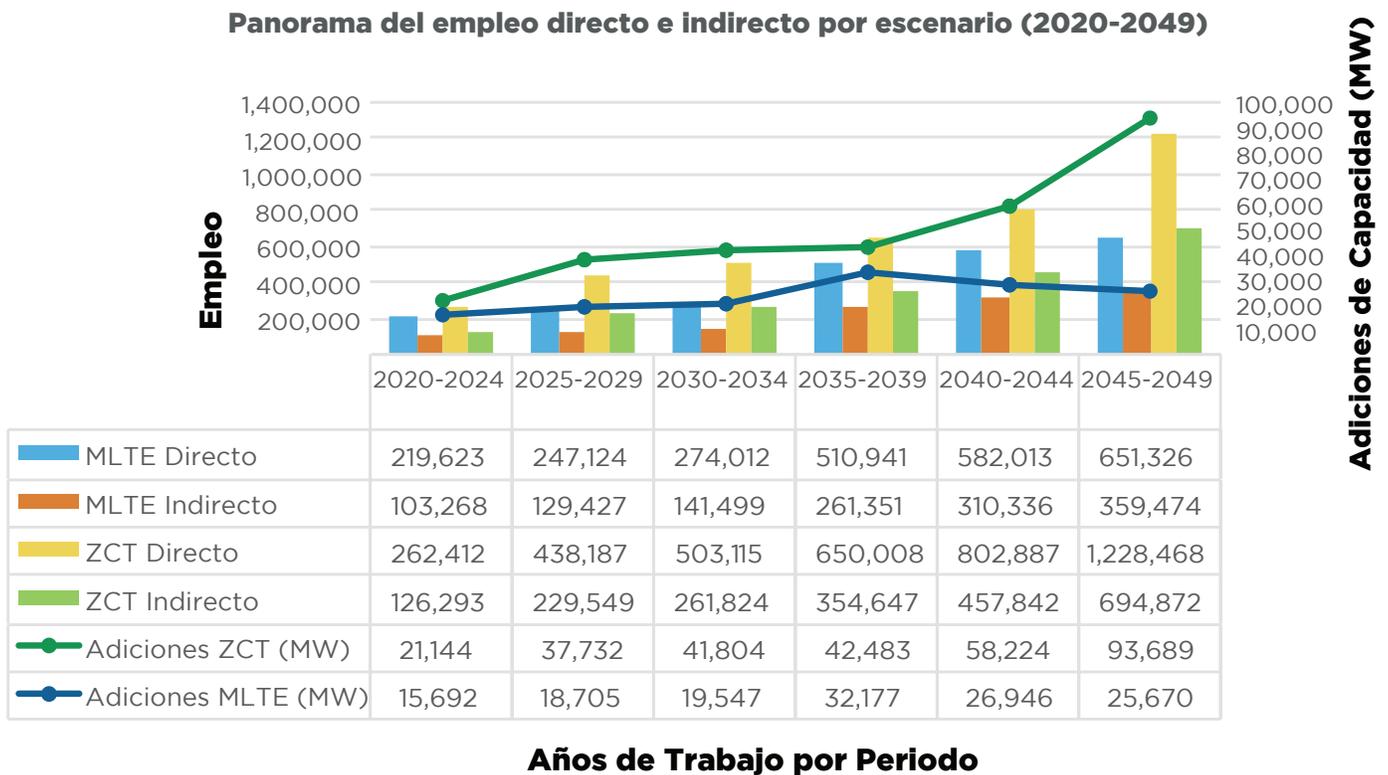
Como ninguna de las rutas analizadas prevé efectos de sustitución en la capacidad de generación planificada de gas natural por energía solar antes de 2035 (ZCT) y 2045 (MLTE), la evaluación se centró en los efectos brutos en el empleo de las adiciones de energías renovables durante este tiempo. La planificación de políticas más allá de estos horizontes deberá tener en cuenta los efectos de sustitución entre el gas natural y la generación de energías renovables.

Este estudio analiza los impactos de empleo en términos de años de trabajo, es decir, unidades equivalentes a tiempo completo por año. Un "año de trabajo" se define como empleo de tiempo completo para una persona durante un año. Los efectos brutos en el empleo se clasifican en tres tipos de efectos en el empleo: directos, indirectos e inducidos (IRE-NA, 2019, ver Cuadro 9).

### 5.3.3 Resultados de la evaluación de los co-beneficios

#### Estimación de oportunidades de empleo para los diferentes escenarios

El logro de las MLTE crearía más de 375,000 años de trabajo directo e indirecto para 2030 y más de 1 millón de años de trabajo directo e indirecto para 2050. Un cambio de la ruta de las MLTE a la de ZCT crearía un 77% más de nuevos años de trabajo en el sector eléctrico para 2030, lo que equivale a más de 290,000 nuevos años de trabajo directo e indirecto. Hasta el año 2050, las adiciones de trabajo en la ruta ZCT casi se duplicarán en comparación con la ruta MLTE, agregando más de 912,000 nuevos años de trabajo directo e indirecto (Figura 9).

**Figura 9** Panorama de empleo directo e indirecto por escenario (2020-2049)

A corto plazo, la industria de las energías renovables puede agregar más de 322,000 años de trabajo directos e indirectos para 2024 bajo las MLTE. Un cambio de la ruta de las MLTE a la de ZCT crearía un 17% más de nuevos años de trabajo en el sector eléctrico para 2024, agregando más de 54,000 nuevos años de trabajo directo e indirecto (Figura 9).

puede crear un total de 640,000 años de trabajo para 2024 y un total de 3,200,000 años de trabajo para 2049, incluidos empleos directos, indirectos e inducidos.

### Impactos generales del empleo en toda la economía

Los beneficios de empleo en las fases de instalación y operación de proyectos de energías renovables también conducen a efectos indirectos adicionales en la economía general. Estos impactos inducidos en el empleo aparecen en diferentes sectores y crean empleo, por ejemplo, en los sectores de vivienda y servicios como el transporte y de salud.

Estos efectos indirectos económicos en el país, provocados por las inversiones en energía eólica y solar, pueden crear más de 200,000 y 250,000 años de trabajo inducidos adicionales en los escenarios de las MLTE y ZCT respectivamente, en el periodo 2020-2024; y hasta 255,000 y 475,000 trabajos inducidos adicionales en los escenarios de las MLTE y ZCT respectivamente en el periodo 2024-2030 (Figura 10).

Las oportunidades de empleo creadas por el efecto indirecto de aumentar las energías renovables en México generan entre 39% y 41% años de trabajo adicionales en cada periodo presentado en la Figura 10. Un cambio al escenario ZCT

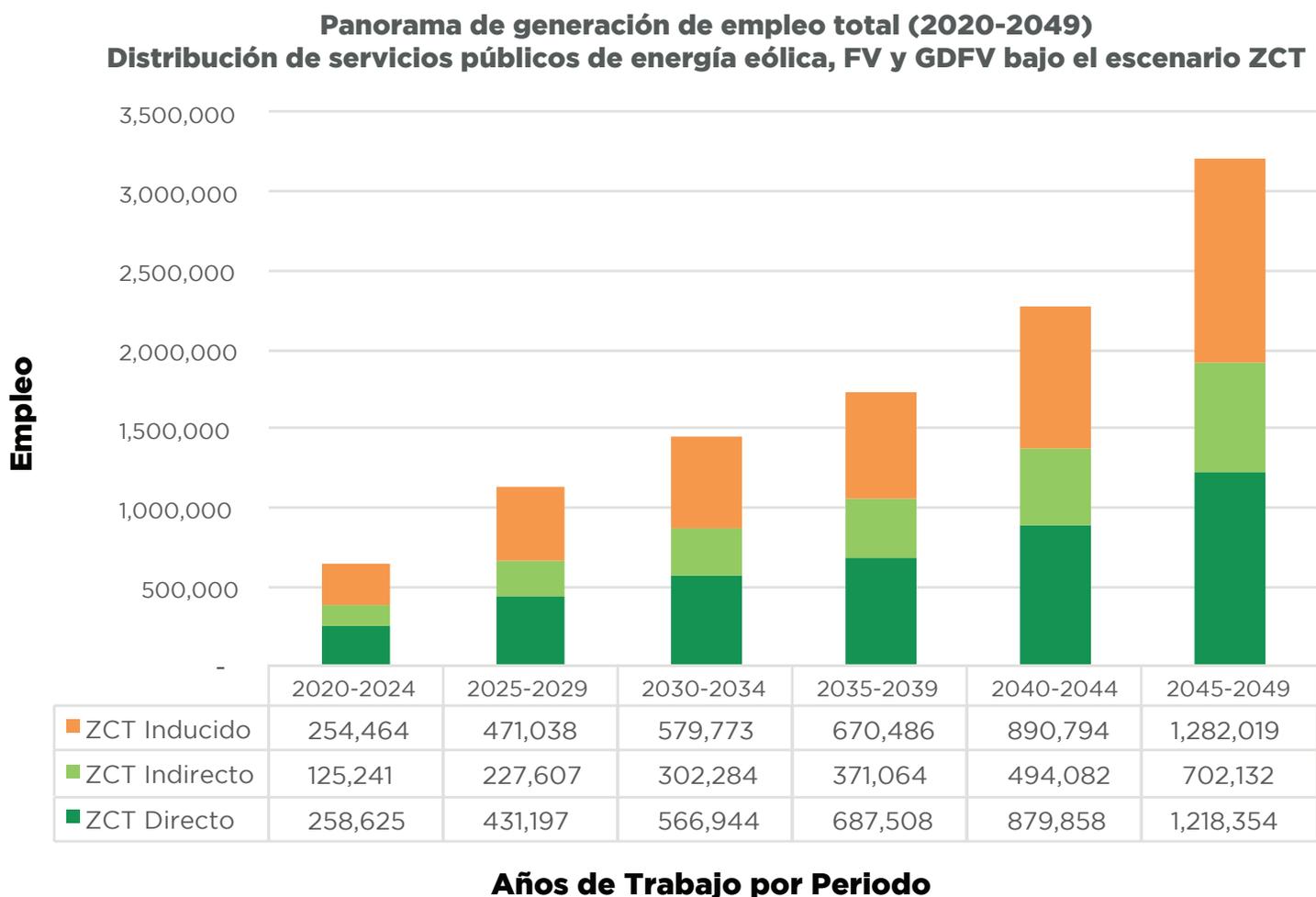
### Comparar las oportunidades de empleo a través de las tecnologías energéticas

En la fase de construcción, todas las tecnologías de energías renovables superan las de generación con fuentes fósiles, particularmente la energía eólica con más de 21 años de trabajo por MW instalado y GDFV con alrededor de 9.5 años de trabajo por MW instalado, en comparación con 5.5 años de trabajo para la energía de carbón y 1 año de trabajo para la energía de gas (TGCC) (ver Figura 11).

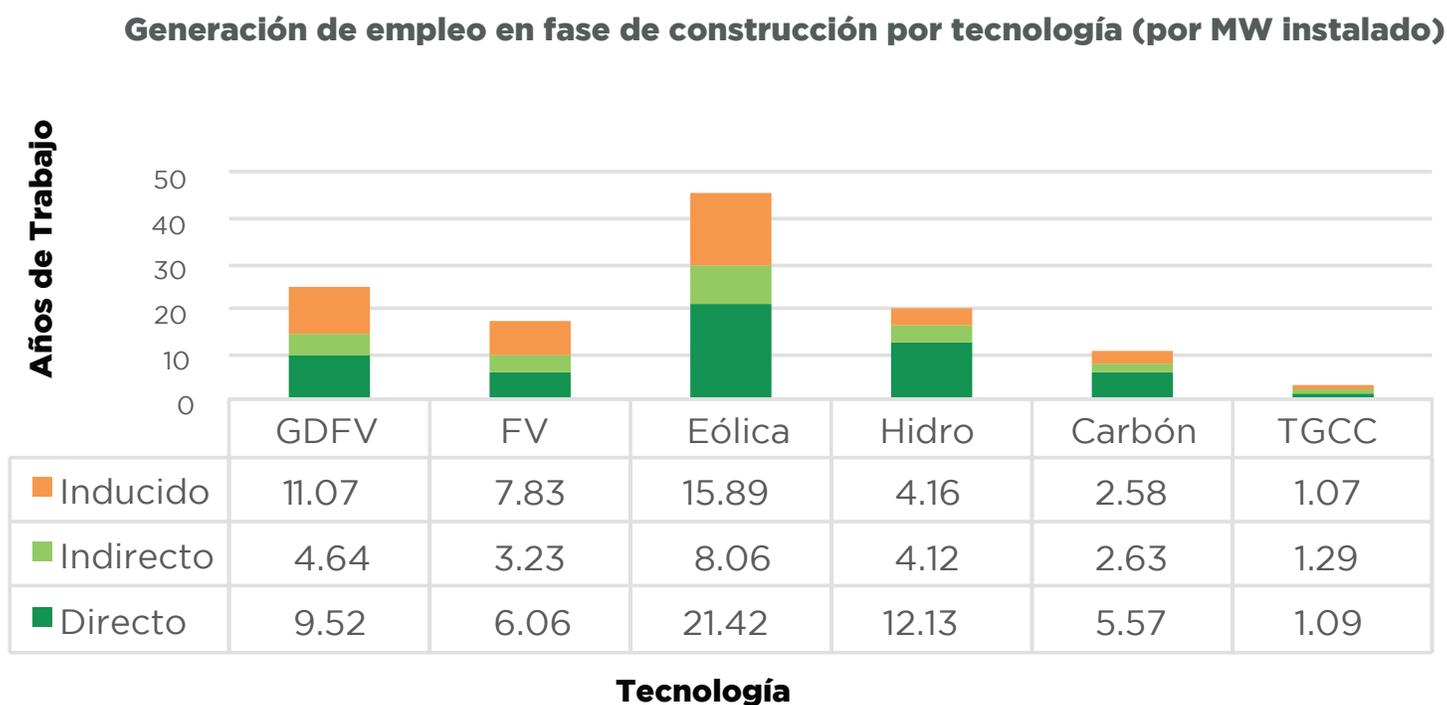
En la fase de operación y mantenimiento (O&M), la energía solar FV y la GDFV funcionan particularmente bien, aunque a un nivel general más bajo, con alrededor de 0.4 años de trabajo por MW instalado, en comparación con 0.14 años de trabajo para energía de carbón, 0.08 para energía eólica y 0.05 años de trabajo para la energía de gas (Figura 12).

La fase de construcción, junto con O&M, crea alrededor de 45.74 años de trabajo por MW instalado para energía eólica y alrededor de 18.14 años de trabajo por MW instalado para energía solar FV en comparación con 11.3 años de trabajo por MW instalado para energía de carbón y alrededor de 3.61 años de trabajo por MW instalado para energía de gas (Figura 11 y Figura 12).

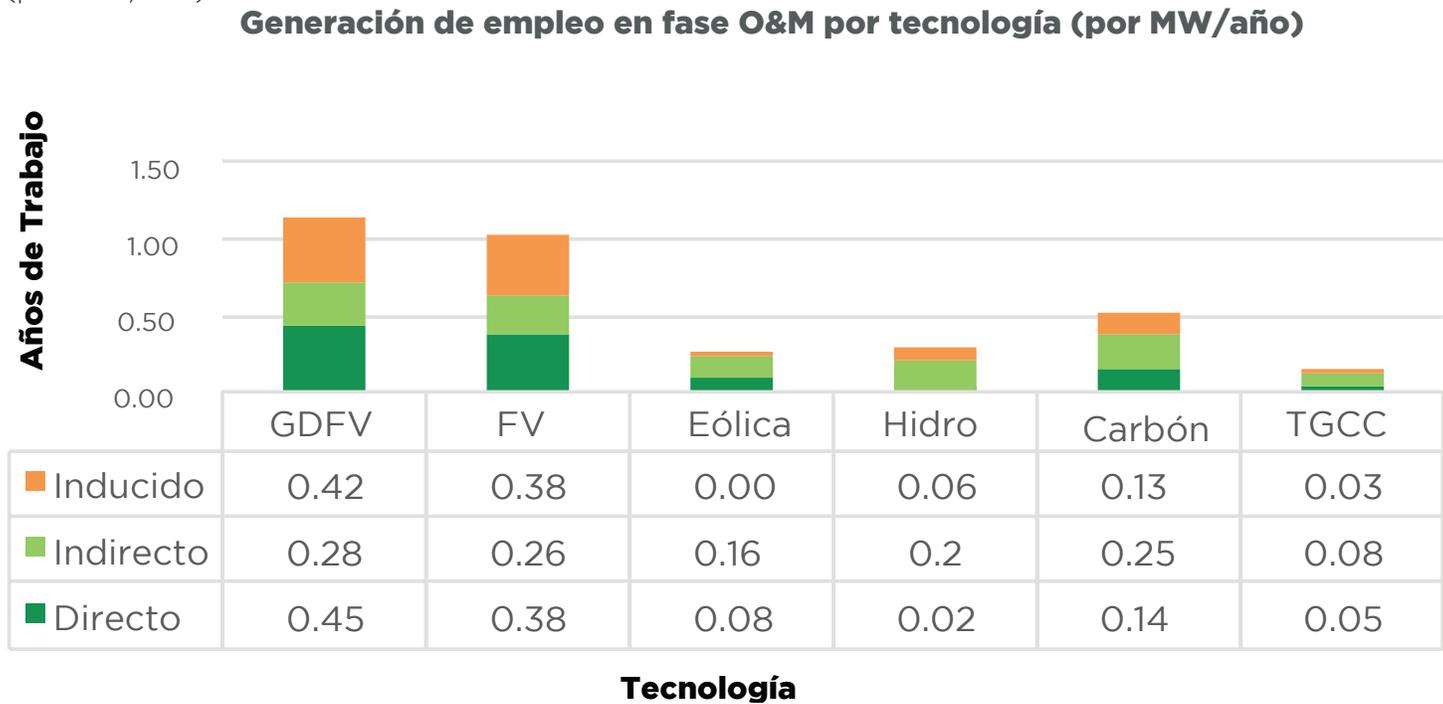
**Figura 10** Distribución de servicios públicos de energía eólica, FV y GDFV bajo el escenario ZCT



**Figura 11** Generación de empleo en fase de construcción por tecnología (por MW instalado)



**Figura 12** Generación de empleo por tecnología en la fase de operación y mantenimiento (O&M) (por MW/año)



### Distribución de los efectos sobre el empleo en la cadena de valor de las energías renovables

La mayoría de los empleos directos e indirectos generados por las energías renovables están relacionados con la construcción, manufactura, transporte y almacenamiento, finanzas, profesionales y negocios y ventas (Figura 13 y Figura 14). Para evaluar la demanda de varios tipos de habilidades, el modelo I-JEDI agrupó los resultados en sectores para las fases de construcción y de O&M.

Entre 2020 y 2034, la fase de construcción creará la mayor cantidad de empleos en servicios financieros, profesionales y comerciales, seguidos de los trabajos necesarios para la construcción. Más del 38% de los empleos indirectos se crearán en servicios financieros, profesionales y comerciales. Mientras tanto, el 29% de los empleos directos se crearán en el sector de transporte y almacenamiento (Figura 13).

Entre 2020 y 2034, la fase O&M también creará la mayor cantidad de empleos en servicios financieros, profesionales y comerciales, seguidos de trabajos en construcción. Más del 59% de los empleos se crearán entre ventas y servicios financieros profesionales y comerciales (Figura 14).

### Disponibilidad y demanda de mano de obra calificada en México

La comparación de la fuerza laboral disponible (número de graduados) con las futuras demandas laborales en el sector de las energías renovables muestra que el sistema educativo

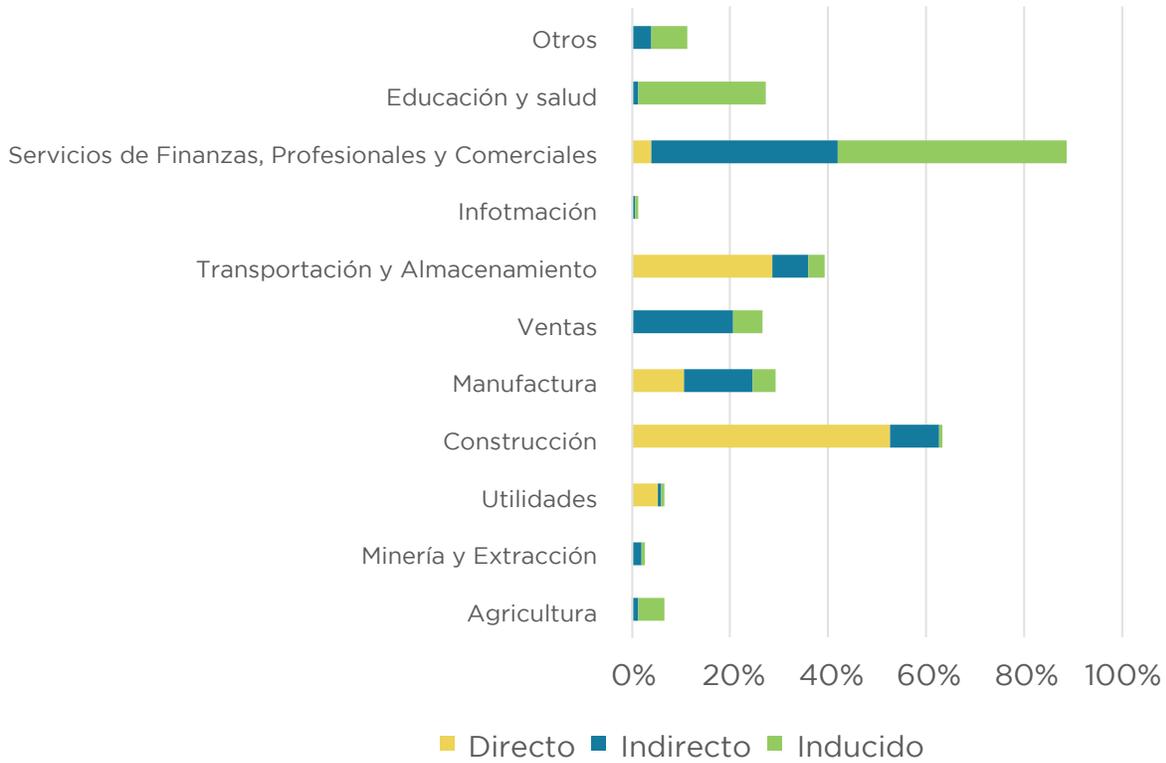
actual de México y el número de personas graduadas universitarias puede satisfacer la creciente demanda laboral de la mayoría de los sectores productivos evaluados. Entre 2020 y 2034, se requerirán más de 113,000 años de trabajo, mientras que en 2018 hubo más de 366,000 personas estudiantes matriculadas y 57,000 más graduadas (Figura 15).

Para explorar la suficiencia de profesionales empleables, se estimó una proporción de brecha dividiendo la demanda total de trabajo para cada sector por el 10% de las personas graduadas (2018) y el 10% de las personas estudiantes inscritas en programas relevantes. Los resultados muestran que hay suficientes personas estudiantes matriculadas para cubrir la futura demanda de empleos en todas las áreas de conocimiento. Sin embargo, hay una brecha de capacidades para la mayoría de las áreas de conocimiento al examinar a las personas graduadas de 2018, es decir, la relación de brecha es menor a 1 (Figura 15).

La brecha de capacidades podría eliminarse fácilmente promoviendo una mayor proporción de personas estudiantes graduadas versus matriculadas. No obstante, es importante resaltar que la evaluación no se elaboró en función de la localización del trabajo y, por lo tanto, será primordial hacer coincidir a las personas graduadas y las ubicaciones de empleo en todo el país. Los análisis adicionales pueden proporcionar evidencia complementaria sobre los efectos de distribución geográfica para adaptar el desarrollo de habilidades y capacidades a las demandas regionales. En conclusión, hay suficientes personas jóvenes interesadas en inscribirse a los programas de pregrado relevantes para la distribución de energías renovables para cumplir con los requisitos de empleo en los próximos 14 años (ANUIES, 2019).

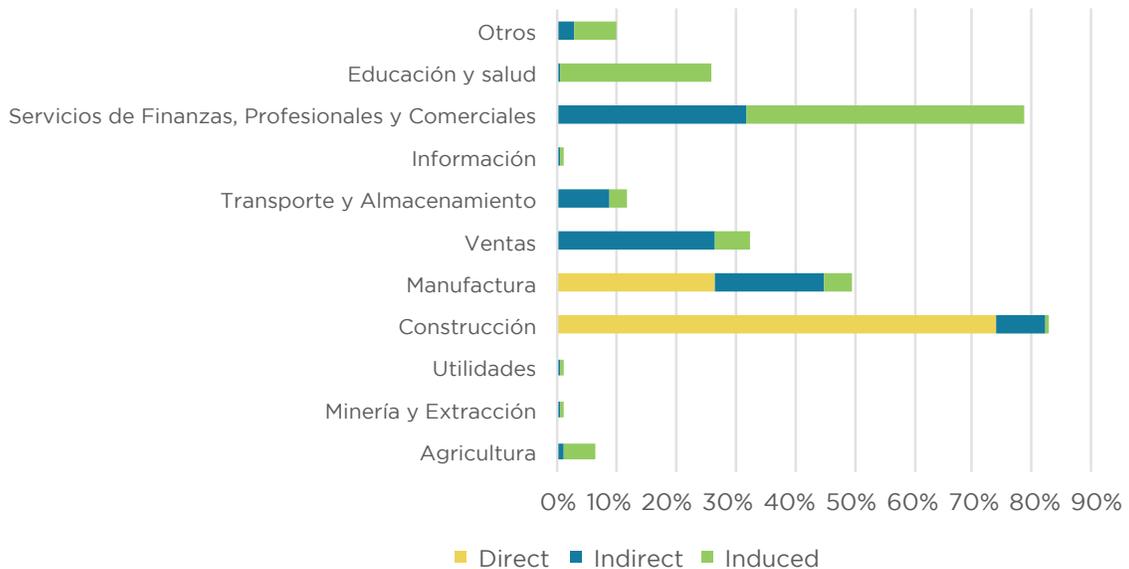
**Figura 13** Distribución de los efectos en el empleo de la construcción en la cadena de valor de las energías renovables

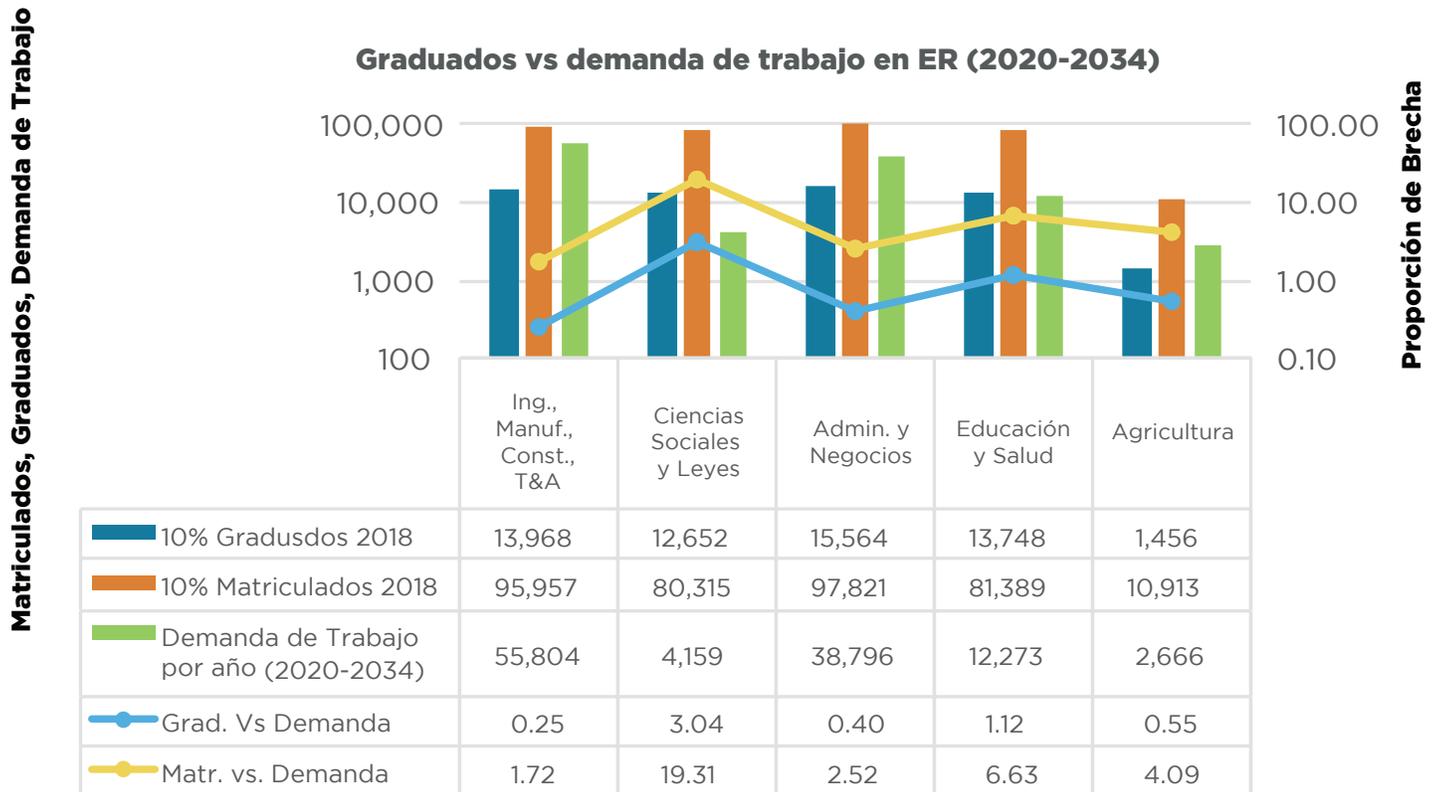
**Distribución del empleo en la fase de construcción por sector de energía eólica, FV y GDFV (2020-2034)**



**Figura 14** Distribución de los efectos en el empleo de O&M en la cadena de valor de las energías renovables

**Distribución de empleo en O&M por sector de energía eólica, FV y GDFV (2020-2034)**



**Figura 15** Disponibilidad y demanda de mano de obra calificada en México

### Programas de Graduados

#### 5.3.4 Opciones de política pública a nivel nacional y subnacional

Dentro del plazo del PND (2019-2024) bajo la actual política, se pueden esperar más de 320,000 años de trabajo (directos e indirectos) en el sector eléctrico. Un cambio del ZCT aumentaría este número con un 17% adicional de nuevos años de trabajo en el sector eléctrico para 2024. Como sugieren los datos, el empleo en la industria emergente de energías renovables y los efectos indirectos en toda la economía pueden contribuir a lograr el objetivo social de crear oportunidades de empleo de calidad en el país, según lo establecido por el PND.

A fin de generar beneficios socioeconómicos en el país y desarrollar capacidades orientadas hacia el futuro de los trabajadores mexicanos, los gobiernos estatales y federal pueden tomar en cuenta opciones para acompañar el desarrollo de la cadena de valor de energía renovable doméstica emergente. Sobre la base de los talleres de cuantificación de co-beneficios (cf. Capítulo 3) con representantes de entidades gubernamentales nacionales y subnacionales, se desarrollaron las siguientes opciones de política:

#### Opciones de política pública a nivel nacional

##### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #1

**Creación de empleos a través del cumplimiento de objetivos climáticos y energéticos:** Al implementar plenamente los objetivos establecidos en la LTE, México<sup>21</sup> creará más de 375,000 años de trabajo directo e indirecto para 2030 y más de 1 millón de años de trabajo directo e indirecto para 2050.

##### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #2

**Crear empleo a través de las energías renovables:** En la fase de construcción, todas las tecnologías de energía renovable superan tecnologías de generación de energía fósil, particularmente la energía eólica, con más de 21 años de trabajo por MW instalado y generación distribuida fotovoltaica (GDFV) con alrededor

<sup>21</sup> Según la LTE, México debería lograr el 35% y el 50% de la generación de electricidad a partir de fuentes de energía limpia (energías renovables incluida la hidroeléctrica, pero también la energía generada con gas natural) para el año 2024 y 2050 respectivamente.

de 9.5 años de trabajo por MW instalado, en comparación con 5.5 años de trabajo para la energía carboeléctrica y 1 año de trabajo para la energía generada con gas (turbina de gas de ciclo combinado, TGCC). En la fase de operación y mantenimiento (O&M), la energía solar fotovoltaica y la GDFV se desempeñan particularmente bien, no obstante, a nivel general más bajo, con alrededor de 0.4 años de trabajo por MW instalado, en comparación con 0.14 años de trabajo para la energía carboeléctrica, 0.08 para energía eólica y 0.05 años de trabajo para energía generada con gas.

### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #3

**Programa Jóvenes Construyendo el Futuro sobre energías renovables:** Dirigirse a las empresas de la industria de las energías renovables para unir fuerzas con exitosos programas gubernamentales de bienestar con el objetivo de atraer jóvenes talentos a la industria emergente y enviar un fuerte mensaje sobre la creciente relevancia de este sector. Además, explorar bajo qué mecanismos de participación pública/privada, los proyectos de energías renovables pueden contribuir directamente con estos programas.

### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #4

**Evaluar requisitos de contenido local:** Los procedimientos de licitación pueden revisarse para incluir regulaciones sobre el uso de componentes tecnológicos locales, fortaleciendo así el desarrollo de la industria nacional y los empleos (directos e indirectos) en toda la cadena de valor de las energías renovables. Los requisitos adicionales relacionados con el empleo en la comunidad local pueden fomentar los impactos en el empleo local y contribuir al desarrollo social y económico de la comunidad. Sin embargo, en la fase de diseño de estas medidas se debe investigar y considerar los efectos positivos y negativos relacionados a una política de contenido local.

## Opciones de política pública a nivel subnacional

### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #5

**Tener el trabajo correcto en el lugar correcto:** La evaluación de la brecha de habilidades muestra que México puede cubrir la mayor parte de la demanda de habilidades para el sector de energías renovables a nivel nacional; sin embargo, la mano de obra calificada debe estar ubicada de modo que puedan satisfacerse las necesidades de empleo generadas por la construcción, operación y mantenimiento de proyectos. Los estados con un gran potencial para el despliegue de energía fotovoltaica y eólica deberían comprometerse más con el sector privado y las instituciones educativas y de capacitación para identificar las habilidades y el conocimiento requeridos por la industria de las energías renovables a lo largo de la cadena de suministro. En consecuencia, las universidades deberían revisar sus programas y preparar a los estudiantes para unirse a la industria.

## Opciones de política pública a nivel nacional-subnacional

### OPCIÓN DE POLÍTICA PÚBLICA #6

**Alianzas para la transición energética:** Los avances en energía renovable y sostenibilidad no solo provienen de actores establecidos. Generar innovaciones locales a través de concursos entre estudiantes y jóvenes desarrolladores y crear laboratorios de energías renovables para estos grupos objetivo, empresas privadas, *start-ups* y universidades, pueden facilitar el reconocimiento de las energías renovables como una industria orientada al futuro de México.



# 6. LOS CO-BENEFICIOS COMO CONTRIBUIDORES A UNA TRANSICIÓN JUSTA

## PLAN NACIONAL DE DESARROLLO: DIÁLOGOS REGIONALES DE TRANSICIÓN JUSTA PARA ENTREGAR LOS BENEFICIOS SOCIALES

La transición energética de México, al colocar a las energías renovables y la eficiencia energética en el centro de su suministro de electricidad, está abriendo las puertas para el empleo orientado al futuro, nuevas fuentes de ingresos para comunidades locales y la liberación de recursos para escuelas y hospitales públicos. El estudio ha demostrado que, si bien se puede esperar que la política gubernamental actual –es decir, la LTE y PRODESEN– genere beneficios sustanciales para el pueblo de México, hay espacio para una mayor ambición. Con una ruta de descarbonización energética más ambiciosa, estos beneficios sociales y económicos pueden incrementarse considerablemente. Con estas oportunidades en mano, se hace evidente que la energía renovable y la eficiencia energética pueden ser fundamentales para el logro de las promesas sociales del PND, como ya ha sugerido el Gobierno de México (ver Cuadro 3; DOF, 2019a).

En línea con el **Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (PND)**, los gobiernos estatales y los líderes comunitarios pueden encabezar una planificación energética centrada en la comunidad para habilitar beneficios locales, creando negociaciones más equitativas y democratizadas con las comunidades y fomentando la apropiación de estos proyectos entre los ciudadanos y las ciudadanas. Las experiencias internacionales recientes, como en los Diálogos de Transición Justa acerca del futuro energético de Sudáfrica, pueden usarse como un estímulo para dar forma a la transición energética de México.

### OPORTUNIDAD DE POLÍTICA PÚBLICA #1

**Diálogos de Transición Energética Justa:** Lanzar una serie de diálogos (a nivel federal y regional) con representantes de las comunidades y empresas locales, responsables políticos locales e implementadores para abordar las oportunidades locales y las preocupaciones. Identificar conjuntamente las opciones para maximizar los beneficios sociales de las energías renovables y los proyectos de eficiencia energética puede ser un paso primordial para alinear la transición energética de México con el PND y la misión del gobierno de lograr un mayor bienestar para todos.

## HACER DEL ACUERDO DE PARÍS UN ÉXITO PARA EL PLANETA Y EL PUEBLO DE MÉXICO

México, junto con otros 187 países<sup>22</sup>, ratificó el Acuerdo de París y se comprometió con la meta global de reducir sustancialmente las emisiones de GEI para restringir el aumento promedio de la temperatura anual por debajo de los 2°C y continuar los esfuerzos para limitarlo a 1.5°C. Esta determinación implica completar la descarbonización de todos los principales sectores de la economía para 2050, incluido el sector energético (IPCC, 2018). México alineó su compromiso internacional en su NDC, con los hitos formulados en la LTE (Gobierno Federal de México, 2015), previendo una *descarbonización parcial* del sector energético para alcanzar el 35% y el 50% de la generación de electricidad a partir de fuentes de energía limpia para 2024 y 2050 respectivamente.

Como lo muestra este informe, junto con otros estudios recientes, la descarbonización del sector energético puede abrir

22 Recuperado el 22 de octubre de 2010 de <https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/status-of-ratification>.

una serie de nuevos co-beneficios sociales y económicos (cf. Oficina de la Presidencia & GIZ, 2019; GIZ, 2018b). Mediante la introducción de esquemas en los que lo ahorrado en energía se reinvierte para mejorar la infraestructura y los servicios de las escuelas y hospitales públicos, y al formar a los profesionistas del nuevo mundo energético, los gobiernos estatales y federal pueden dar forma a un entorno propicio para estas oportunidades de desarrollo.

Además de la **acción climática global**, las oportunidades sociales y económicas mundiales para el bienestar y la prosperidad, se han convertido en los principales impulsores del aumento continuo de las inversiones en energías renovables y eficiencia energética. Al acelerar la transición energética de México y hacer de la NDC una declaración de oportunidad para las generaciones actuales y futuras de México, el gobierno puede cumplir sus promesas sociales y fortalecer la posición del país en la esfera climática.

#### OPORTUNIDAD DE POLÍTICA PÚBLICA #2

**Hacer que los co-beneficios formen parte de la NDC de México:** A partir de la promesa de habilitar los co-beneficios de la salud y bienestar para la población mexicana mediante la NDC, y a través de su proceso de revisión, el gobierno puede incluir entre sus Contribuciones una sección de “co-beneficios” que especifique y comunique los co-beneficios sociales y económicos que se buscan impulsar para el país, y cómo la acción climática puede desempeñar un papel activo en la política social del gobierno.

## ACTIVAR LA AGENDA 2030 PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE EN MÉXICO

Este informe se elabora sobre una base existente de aprendizaje mutuo, en todos los sectores y departamentos gubernamentales, en relación con prioridades de desarrollo y opciones de política pública en beneficio del pueblo mexicano. La aplicación del enfoque de co-beneficios ha demostrado ser un facilitador importante para superar los silos políticos y transformar conflictos de interés en nuevas coaliciones de política pública (ver Capítulo 3). Estudios recientes publicados por el Gobierno de México indican que el aprovechamiento de los co-beneficios también ofrece un enfoque prometedor más allá del sector energético, por ejemplo, en el transporte y la mejora de la eficiencia energética en el sector industrial (cf. Oficina de la Presidencia & GIZ, 2019; GIZ, 2018b).

El enfoque de co-beneficios produce impactos cuantificables en las intervenciones políticas de todos los sectores y permite el diseño de esquemas de política pública que dan lugar a oportunidades sociales y económicas. Este informe compila una lista de opciones de políticas en diferentes sectores para permitir que las comunidades y los ciudadanos y las ciudadanas se beneficien directamente de la energía renovable y la eficiencia energética, cumpliendo así múltiples objetivos públicos. Por otro lado, el enfoque de co-beneficios permite diseñar esquemas de políticas sectoriales que promuevan simultáneamente beneficios en otros sectores. La experiencia internacional muestra, por ejemplo, cómo la legislación nacional de protección climática puede proporcionar seguridad y dirección a las inversiones de empresas, desencadenando de este modo la inversión privada para construir industrias orientadas al futuro y el empleo local.

La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible y el creciente cuerpo de investigación sobre su implementación, proporcionan un marco analítico para identificar los co-beneficios relevantes de las políticas sectoriales y diseñar esquemas de políticas para maximizar los co-beneficios intersectoriales, por ejemplo, entre compromisos climáticos, políticas energéticas y el PND. Por otro lado, los intercambios regionales (como los talleres regionales de Co-beneficios México 2019 realizados en Baja California Sur, Oaxaca, Ciudad de México y Yucatán) pueden desempeñar un papel importante en la visualización y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) dentro de las comunidades locales.

#### OPORTUNIDAD DE POLÍTICA PÚBLICA #3

**Introducir un enfoque de co-beneficios a los organismos intersecretariales:** A partir de los conocimientos e impulsos de los diálogos regionales y nacionales propuestos para la transición energética, los grupos de trabajo intersecretariales (como la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático, CICC, o el Consejo Consultivo para la Transición Energética, CCTE) pueden tener el mandato de incorporar consideraciones de oportunidades sociales y económicas para las comunidades locales y las empresas en su trabajo. La Oficina de la Presidencia, con su Dirección de Agenda 2030 y su perspectiva de los ODS, puede ser un facilitador importante en la configuración de intervenciones de políticas públicas intersectoriales.

# REFERENCIAS

**ABM** - Asociación de Bancos de México & ICM - Iniciativa Climática de México (2017). *Mercado de energía fotovoltaica de baja escala. Generación Distribuida*. México. [En línea: [https://www.abm.org.mx/descargas/Paneles Solares 2017.pdf](https://www.abm.org.mx/descargas/Paneles_Solares_2017.pdf) Última consulta: 6 de diciembre, 2019]

**ANUIES** - Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (2019). *Anuario Educación Superior – Licenciatura*. México. [En línea: <http://www.anui.es.mx/informacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior> Última consulta: 6 de diciembre, 2019].

**BID** - Banco Interamericano de Desarrollo (2019). *Potencial de Energías Renovables de la Ciudad de México*. [En línea: <https://publications.iadb.org/es/potencial-de-energias-renovables-de-la-ciudad-de-mexico> Última consulta: 6 de diciembre, 2019].

**Cámara de Diputados** (2014). *Ley Agraria y Glosario de Términos Jurídico-Agrarios 2014*. Procuraduría Agraria, México, [En línea: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/13\\_250618.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/13_250618.pdf) Última consulta: 6 de diciembre, 2019].

**CENACE** - Centro Nacional de Control de Energía (2018). *Precios Marginales Locales*. Gobierno de México, México. [En línea: <https://www.cenace.gob.mx/SIM/VISTA/REPORTES/PreEnergiaSisMEM.aspx> Última consulta: 6 de diciembre, 2019].

**CENACE** - Centro Nacional de Control de Energía (2019). *Precios Marginales Locales*. Gobierno de México, México. [En línea: <https://www.cenace.gob.mx/SIM/VISTA/REPORTES/PreEnergiaSisMEM.aspx> Última consulta: 6 de diciembre, 2019].

**CFE** - Comisión Federal de Electricidad (2018). *Usuarios y consumos de electricidad por municipio*. Gobierno de México, México. [En línea: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/usuarios-y-consumo-de-electricidad-por-municipio-a-partir-de-2018> Última consulta: 6 de diciembre, 2019].

**CFE** - Comisión Federal de Electricidad (2019). *Esquema tarifario vigente*. Gobierno de México, México. [En línea: <https://www.cfe.mx/tarifas/Pages/Tarifas.aspx> Última consulta: 6 de diciembre, 2019].

**CONAPO** - Consejo Nacional de Población (2012). *Estimaciones de Población de México 1990-2010; Proyecciones de Población de México 2010-2050*. Gobierno de México, México.

**CONUEE** - Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (2017). *Hoja de Ruta en Materia de Eficiencia Energética, Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía*, Gobierno de México, 2017. [En línea: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/313765/HojadeRutadeEficienciaEnergeticavOdeB24012017SCC\\_07112017\\_VF.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/313765/HojadeRutadeEficienciaEnergeticavOdeB24012017SCC_07112017_VF.pdf) Última consulta: 6 de diciembre, 2019].

**CONUEE** - Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (2019). *Consumo de Electricidad de Edificios no Residenciales: La Importancia del Sector de Servicios*, Gobierno de México, México. [En línea: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/455552/cuaderno3nvciclo\\_2.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/455552/cuaderno3nvciclo_2.pdf) Última consulta: 6 de diciembre, 2019 ].

**CRE** - Comisión Reguladora de Energía (2018). *Memorias de cálculo de tarifas de suministro básico. Memorias de cálculo de tarifas reguladas de electricidad*. Gobierno de México, México [En línea: <https://datos.gob.mx/busca/dataset?tags=energia-y-medio-ambiente&organization=cre> Última consulta: 6 de diciembre, 2019 ].

**CSIR** - Council for Scientific and Industrial Research (2019). *Additional Renewable Energy Development Zones proposed for wind and solar PV*. Pretoria. [En línea: <https://www.csir.co.za/renewable-energy-development-zones> Última consulta: 6 de diciembre, 2019 ].

**DOF** - Diario Oficial de la Federación (2012). *Ley General de Cambio Climático*. Secretaría de Gobernación, México, 6 de junio, 2012. [En línea: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/109439/Ley\\_General\\_de\\_Cambio\\_Climatico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/109439/Ley_General_de_Cambio_Climatico.pdf) Última consulta: 6 de diciembre, 2019].

**DOF** - Diario Oficial de la Federación (2015). *Ley de Transición Energética*. Secretaría de Gobernación, México, 24 de diciembre, 2015. [En línea: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf> Última consulta: 6 de diciembre, 2019].

**DOF** – Diario Oficial de la Federación (2018a). *Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2019*. Secretaría de Gobernación, México, 28 de diciembre, 2018. [En línea: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5547479&fecha=28/12/2018](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5547479&fecha=28/12/2018) Última consulta: 9 de diciembre, 2019].

**DOF** – Diario Oficial de la Federación (2018b). *Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley General de Cambio Climático*. Secretaría de Gobernación, México, 13 de julio, 2018. [En línea: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5531463&fecha=13/07/2018](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5531463&fecha=13/07/2018) Última consulta: 9 de diciembre, 2019].

**DOF** - Diario Oficial de la Federación (DOF, 2019a). *Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024*. Secretaría de Gobernación, México, 12 de julio, 2019. [En línea [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5565599&fecha=12/07/2019) Última consulta: 9 de diciembre, 2019].

**DOF** - Diario Oficial de la Federación (DOF, 2019b). *Presupuesto de Egresos de la Federación para el Ejercicio Fiscal 2020*. Secretaría de Gobernación, México.

**DOF** - Diario Oficial de la Federación (2019c). *Ley Federal de Austeridad Republicana*. Secretaría de Gobernación, 11 de noviembre, 2019. [En línea: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5579141&fecha=19/11/2019](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5579141&fecha=19/11/2019) Última consulta: 9 de diciembre, 2019].

**EPA** - United States Environmental Protection Agency (2017). *Glossary of Climate Change Terms 2017*, EPA, USA, January, 2017. [En línea: <https://19january2017snapshot.epa.gov/climatechange/glossary-climate-change-terms.html> Última consulta: 6 de diciembre, 2019 ].

**GIZ** - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (2018a). *Improving and Refocusing Electricity Subsidies. Options for its Optimization in Mexico*. International Institute for Sustainable Development (IISD), México, 2018. [En línea: <http://iki-alliance.mx/wp-content/uploads/SubsidiosElectricos-MEX.pdf> Última consulta: 6 de diciembre, 2019 ].

**Gobierno de la Ciudad de México** (2018b), *6to informe de Gobierno de la Ciudad de México*. SEDEMA, septiembre, 2018. [En línea: <https://www.sedema.cdmx.gob.mx/storage/app/uploads/public/5c8/845/f90/5c8845f901592337304576.pdf> Última consulta: 6 de diciembre, 2019].

**Gobierno Federal de México** (2015). *Intended Nationally Determined Contributions. Submitted to the UNFCCC*, Oficina de la Presidencia, México, 30 de marzo, 2015. [En línea: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162973/2015\\_indc\\_ing.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162973/2015_indc_ing.pdf) Última consulta: 6 de diciembre, 2019].

**Gobierno de Sudáfrica** (2012). *National Development Plan 2030: Our Future – make it work*. National Planning Commission, Pretoria, 2012. [En línea: <https://www.gov.za/sites/default/files/Executive%20Summary-NDP%202030%20-%20Our%20future%20-%20make%20it%20work.pdf> Última consulta: 6 de diciembre, 2019].

**Gobierno de Sudáfrica** (2016). *Independent Power Producers Procurement Program (IPPPP) An Overview*. Department of Energy, IPP Office, Pretoria.

**Gobierno de Sudáfrica** (2017). *National Development Plan – 2030: A Just transition to a low carbon, climate resilient economy & society*. National Planning Commission, Pretoria. [En línea: [https://www.environment.gov.za/sites/default/files/docs/justtransitiontoalowcarbon\\_telenoadialogue.pdf](https://www.environment.gov.za/sites/default/files/docs/justtransitiontoalowcarbon_telenoadialogue.pdf) Última consulta: 6 de diciembre, 2019].

**Gobierno de Sudáfrica** (2018). *Energy – NPC Economy Series*. National Planning Commission, Republic of South Africa. [En línea: [https://www.gov.za/sites/default/files/gcis\\_document/201802/npc-energy-paper.pdf](https://www.gov.za/sites/default/files/gcis_document/201802/npc-energy-paper.pdf) Última consulta: 6 de diciembre, 2019].

**Gobierno de Sudáfrica** (2019a). *Coal Resources - Overview*. Department of Energy, Republic of South Africa. [En línea: [http://www.energy.gov.za/files/coal\\_frame.html](http://www.energy.gov.za/files/coal_frame.html) Última consulta: 6 de diciembre, 2019].

**Gobierno de Sudáfrica** (2019b). Statement by the Minister of Mineral Resources and Energy, Mr. Gwede Mantashe (MP) on the approval of the Integrated Resource Plan 2019, Republic of South Africa. [En línea: <https://www.gov.za/speeches/minister-gwede-mantashe-approval-integrated-resource-plan-2019-18-oct-2019-0000> Última consulta: 6 de diciembre, 2019].

**Helgenberger, S.** (2016). *Social Benefits of Renewable Energy*. IASS Working Paper. Institute for Advanced Sustainability Studies, Potsdam.

**Helgenberger, S., Jänicke, M. & Gürtler, K.** (2019). *Co-benefits of Climate Change Mitigation*. In: *Climate Action*. Encyclopedia of the un Sustainable Development Goals, edited by W. Leal Filho, A. Azul, L. Brandli, P. Özuyar and T. Wall. Cham: Springer.

**IASS** - Institute for Advanced Sustainability Studies (2017), *Generating socio-economic values from renewable energies: An overview of questions and assessment methods*. IASS Working Paper. Potsdam.

**IASS** - Institute for Advanced Sustainability Studies (2017a). *Mobilizing the co-benefits of climate change mitigation: Connecting opportunities with interests in the new energy world of renewables*. IASS Working Paper. Potsdam. [En línea: [http://publications.iass-potsdam.de/pubman/item/escidoc:2348917/component/escidoc:2666888/IASS\\_Working\\_Paper\\_2348917.pdf](http://publications.iass-potsdam.de/pubman/item/escidoc:2348917/component/escidoc:2666888/IASS_Working_Paper_2348917.pdf) Última consulta: 9 de diciembre, 2019].

**IASS** - Institute for Advanced Sustainability Studies (2018). *Activating the Co-Benefits for a successful implementation of the Paris Agreement: COP24 Briefing on key discussion items on the Paris Rulebook*. [En línea: [https://www.cobenefits.info/wp-content/uploads/2018/12/IASS\\_CO-BENEFITS\\_COP24-Briefing.pdf](https://www.cobenefits.info/wp-content/uploads/2018/12/IASS_CO-BENEFITS_COP24-Briefing.pdf) Última consulta: 9 de diciembre, 2019].

**IASS / CSIR** (Eds. 2019a). *Consumer savings through solar FV self-consumption in South Africa. Assessing the co-benefits of decarbonizing the power sector*. COBENEFITS Study Series South Africa. Institute for Advanced Sustainability Studies, Potsdam and Council for Scientific and Industrial Research, Pretoria. [En línea: <https://www.cobenefits.info/resources/cobenefits-south-africa-consumer-savings/> Última consulta: 9 de diciembre, 2019].

**IASS / CSIR** (Eds. 2019b). *Economic prosperity for marginalized communities through renewable energy in South Africa. Assessing the co-benefits of decarbonizing the power sector*. COBENEFITS Study Series South Africa. Institute for Advanced Sustainability Studies, Potsdam and Council for Scientific and Industrial Research, Pretoria. [En línea: <https://www.cobenefits.info/resources/cobenefits-south-africa-prosperity/> Última consulta: 9 de diciembre, 2019].

**IASS / GreenID** (Eds. 2019). *Electricity access and local value creation for the un-electrified population in Vietnam. Assessing the co-benefits of decarbonizing the power sector*. COBENEFITS Study Series Vietnam. Institute for Advanced Sustainability Studies, Potsdam and Green Innovation and Development Centre, Hanoi. [En línea: <https://www.cobenefits.info/resources/electricity-access-and-local-value-creation-for-the-un-electrified-population-in-vietnam/> Última consulta: 9 de diciembre, 2019].

**IASS / IPC** (Eds. 2019). *Industrial development, trade opportunities and innovation with renewable energy in Turkey. Assessing the co-benefits of decarbonizing the power sector*. COBENEFITS Study Series Turkey. Institute for Advanced Sustainability Studies, Potsdam and Istanbul Policy Center. En línea: <https://www.cobenefits.info/resources/industrial-development-trade-opportunities-and-innovation-with-renewable-energy-in-turkey/> Última consulta: 9 de diciembre, 2019].

**IASS / TERI** (Eds. 2019a). *Future skills and job creation with renewable energy in India. Assessing the co-benefits of decarbonizing the power sector*. COBENEFITS Study Series India. Institute for Advanced Sustainability Studies, Potsdam and The Energy and Resources Institute, New Delhi. [En línea: <https://www.cobenefits.info/resources/future-skills-and-job-creation-with-renewable-energy-in-india/> Última consulta: 9 de diciembre, 2019].

**IASS / TERI** (Eds. 2019b). *Improving health and reducing costs through renewable energy in India. Assessing the co-benefits of decarbonizing the power sector*. COBENEFITS Study Series India. Institute for Advanced Sustainability Studies, Potsdam and The Energy and Resources Institute, New Delhi. [En línea: <https://www.cobenefits.info/resources/improving-health-and-reducing-costs-through-renewable-energy-in-india/> Última consulta: 9 de diciembre, 2019].

**IEA** - International Energy Agency (2014). *Capturing the multiple benefits of energy efficiency*. International Energy Agency, Paris.

**IEA** - International Energy Agency (2019). *Energy efficiency 2019*. International Energy Agency, Paris.

**INEGI** - Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2015). *Encuesta intercensal 2015*. México. [En línea: <https://www.inegi.org.mx/programas/intercensal/2015/> Última consulta: 6 de diciembre, 2019 ].

**INEGI** - Instituto Nacional de Estadística y Geografía & SEP - Secretaría de Educación Pública (2017). *Base de datos del formato 911 de educación básica y media superior (inicio del ciclo escolar)*. México

**INEGI** - Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2019). *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo (ENOE). Indicadores estratégicos*. México.

**IRENA** - International Renewable Energy Agency (2018). *Renewable Energy and Jobs. Annual Review 2018*. Abu Dhabi.

**IRENA** - International Renewable Energy Agency (2019). *Renewable Energy and Jobs. Annual Review 2019*. Abu Dhabi.

**IPCC** - Intergovernmental Panel on Climate Change (2018). *Global Warming of 1.5° C: An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5° C Above Pre-industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

**Næss-Schmidt, HS, Hansen, MB, von Utfall Danielsson, C.** (2012). *Multiple benefits of investing in energy efficient renovation of buildings*. Copenhagen Economics.

**Elliott, D., Schwartz, M., Scott, G., Haymes, S., Heimiller, D. and Rejomon G.** (2013). *Wind energy resource atlas of Oaxaca*. No. NREL/TP-500-34519. National Renewable Energy Lab.

**NREL** - National Renewable Energy Laboratory (2016). *The International Jobs and Economic Development Impacts (I-JEDI)*

**OECD** (2019). *Mexico: OECD Economic Surveys. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris*. [En línea: <https://www.oecd.org/economy/surveys/Mexico-2019-OECD-economic-survey-overview.pdf> Última consulta: 6 de diciembre, 2019 ].

**Oficina de la Presidencia & GIZ** (2018). *Spinning the web: the co-benefits approach to an integrated implementation of the 2030 Agenda and the Paris Agreement in Mexico*, México. [En línea: [https://www.giz.de/en/downloads\\_els/Spinning%20The%20Web\\_Interactive-mexico.pdf](https://www.giz.de/en/downloads_els/Spinning%20The%20Web_Interactive-mexico.pdf) Última consulta: 6 de diciembre, 2019 ].

**Oficina de la Presidencia & GIZ** (2019). *Crunching numbers – Quantifying the sustainable development co-benefits of Mexico’s climate commitments*. México, 2019. [En línea: <https://www.gob.mx/agenda2030/documentos/crunching-numbers-quantifying-the-sustainable-development-co-benefits-of-mexico-s-climate-commitments> Última consulta: 6 de diciembre, 2019 ].

**SENER** – Secretaría de Energía / GEIC – Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (2016). *Atlas nacional de zonas con alto potencial de Energías Limpias (AZEL)*. Secretaría de Energía (SENER), con apoyo de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la CFE, abril, 2016.

**SENER** – Secretaría de Energía (2016). PRONASE, *Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios*, Gobierno de México.

**SENER** – Secretaría de Energía (2017). SIE, *Sistema de Información Energética*, Gobierno de México.

**SENER** – Secretaría de Energía (2018a). *PRODESEN 2018-2032: Programa de ampliación y modernización de la red nacional de transmisión y redes generales de distribución de mercado eléctrico mayorista*. Centro Nacional de Control de Energía, Secretaría de Energía.

**SENER** – Secretaría de Energía (2018b). *Informe Pormenorizado sobre el Desempeño y las Tendencias de la Industria Eléctrica Nacional*. Gobierno de México.

**SENER** – Secretaría de Energía (2019.) *PRODESEN 2019-2033: Programa de ampliación y modernización de la red nacional de transmisión y redes generales de distribución de mercado eléctrico mayorista*. Centro Nacional de Control de Energía, Secretaría de Energía.

**SEP** - Secretaría de Educación Pública (2019). *Primer Informe de Labores*. Gobierno de México, México. [En línea: [https://www.planeacion.sep.gob.mx/Doc/informes/labores/2018-2024/1er\\_informe\\_de\\_labores.pdf](https://www.planeacion.sep.gob.mx/Doc/informes/labores/2018-2024/1er_informe_de_labores.pdf) Última consulta: 6 de diciembre, 2019 ].

# ANEXO

**Anexo Tabla 1** Organizaciones gubernamentales nacionales y estatales y otras partes interesadas involucradas en el co-diseño del estudio y la co-creación de conocimientos (en orden alfabético)

Gobierno federal	Gobiernos estatales	Partes interesadas adicionales
<p>Centro Nacional de Control de Energía (CENACE)</p> <p>Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE)</p> <p>Comisión Reguladora de Energía (CRE)</p> <p>Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC)</p> <p>Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL)</p> <p>Presidencia de la República</p> <p>Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)</p> <p>Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS)</p>	<p>Gobierno de la Ciudad de México</p> <p>Gobierno del Estado de Baja California Sur</p> <p>Gobierno del Estado de Campeche</p> <p>Gobierno del Estado de Hidalgo</p> <p>Gobierno del Estado de Jalisco</p> <p>Gobierno del Estado de Oaxaca</p> <p>Gobierno del Estado de Querétaro</p> <p>Gobierno del Estado de Sonora</p> <p>Gobierno del Estado de Yucatán</p>	<p>Agencia internacional de Energía (IEA)</p> <p>Alianza por la Eficiencia Energética</p> <p>Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación A.C.</p> <p>Asociación Mexicana de Energía Eólica (AMDEE)</p> <p>Centro Mario Molina</p> <p>Gesellschaft für internationale Zusammenarbeit (GIZ)</p> <p>Institute for Advanced Sustainability Studies (IASS)</p> <p>Iniciativa Climática de México (ICM)</p> <p>Instituto Nacional de la Infraestructura Educativa (INIFED)</p> <p>Ithaca Environmental</p> <p>Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)</p>

**Anexo Tabla 2** Opciones de ahorro y generación de energía para escuelas y hospitales: niveles de análisis

	<b>Escuelas: Ahorro de energía / opciones de generación:</b>	<b>Hospitales: Ahorro de energía / opciones de generación:</b>
<b>Nivel 1 – inversiones de eficiencia energética de bajo a cero costo</b>	<p>Desconectar el refrigerador los fines de semana</p> <p>Habilitar el modo “inactivo” de ahorro de energía para equipos de cómputo</p> <p>Desconectar el equipo para evitar el consumo fantasma</p> <p>Apagar las luces cuando no se usen</p>	<p>Apagar la iluminación y usar luz natural</p> <p>Agrupar circuitos de iluminación</p> <p>Instalar sensores fotoeléctricos para controlar la iluminación en pasillos</p> <p>Reducir las horas de funcionamiento de los equipos de iluminación</p> <p>Instalar temporizadores para reducir el consumo de agua</p> <p>Modo de ahorro de energía</p>
<b>Nivel 2 – inversiones de eficiencia energética de nivel medio</b>	<p>Actualizar el sistema de iluminación estándar para tener una versión más eficiente.</p> <p>Implementar un sistema de control automatizado para la iluminación exterior y los pasillos.</p> <p>Intercambiar sistemas de aire acondicionado con equipos de alta eficiencia</p> <p>Solicitar un cambio de tarifa eléctrica de 2 a GDMTO<sup>23</sup></p> <p>Sustituir dispositivos eléctricos de alto consumo por versiones de alta eficiencia</p>	<p>Instalar sensores de movimiento</p> <p>Iluminación de domo natural</p> <p>Sustituir el hardware de computadoras</p> <p>Sustituir motores eléctricos con motores de alta eficiencia.</p> <p>Cambiar tarifa de electricidad de PDBT<sup>24</sup> a GDMTO</p> <p>Instalar bancos de capacidad</p> <p>Reemplazar equipos convencionales de aire acondicionado con equipos de alta eficiencia</p> <p>Reemplazar los empaques de, y el equipo de enfriamiento</p> <p>Aumentar el área de parasoles</p> <p>Instalar un área de sombra</p> <p>Instalar bancos de hielo</p> <p>Controlar la demanda de energía durante horas pico</p> <p>Instalar variaciones de frecuencia</p> <p>Cambiar transformadores eléctricos con modelos más eficientes</p> <p>Incorporar una carga adicional de plantas de generación</p> <p>Ascensores más eficientes</p>
<b>Nivel 3 – inversión combinada de auto-generación de FV y medidas de eficiencia energética de nivel medio</b>	<p><i>Adicionalmente a las medidas del Nivel 2:</i></p> <p>Instalación de sistema FV interconectado a la red</p>	<p><i>Adicionalmente a las medidas del Nivel 2:</i></p> <p>Instalación de sistema FV interconectado a la red</p> <p>Iluminación de panel solar exterior</p>

<sup>23</sup> GDMTO: Tarifa ordinaria para servicio general de media tensión, con una demanda inferior a 100 kW.

<sup>24</sup> PBDT: Tarifa ordinaria para servicio general a baja tensión, con una demanda inferior a 24 kW. Exceptuando los servicios para los cuales se establece específicamente la tarifa.

**Anexo Tabla 3** Generando ahorros e ingresos para las comunidades: pasos de análisis y ecuaciones analíticas

No. ecuación	Ecuación	VARIABLES	Fuente
1 Proyección de consumo de electricidad a nivel estatal y municipal	<p><b>1.1. Nivel estatal</b>  <math>CEE_n = [(TCAC + 1)^n] * CEE_i</math></p>	<p><math>CEE_i</math> = Valor, en MWh/año, del consumo de electricidad registrado a <b>nivel estatal</b> en Oaxaca y Yucatán en 2018 (1):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yucatán: 3,622,797.29 MW/año</li> <li>• Oaxaca: 2,747,443.49 MW/año</li> </ul> <p><math>CEM_i</math> = Valor, en MWh/año, del consumo de electricidad registrado <b>por municipio</b> en Oaxaca y Yucatán en 2018 (1).</p>	(1) (CFE, 2018)  (2) PRODESEN 2019–2033.
	<p><b>1.2. Nivel municipal</b>  <math>CEM_n = [(TCAC + 1)^n] * CEM_i</math></p>	<p>TCAC = Tasa de crecimiento anual compuesta del consumo de electricidad en Oaxaca y Yucatán (2):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yucatán: 3.8%</li> <li>• Oaxaca: 3.3%</li> </ul> <p><math>n</math> = Número de años</p> <p><math>CEE_n</math> = Valor estimado, en MWh/año, del consumo de electricidad registrado en Oaxaca y Yucatán o en el año “n”.</p> <p><math>CEM_n</math> = Valor estimado, en MWh/año, del consumo de electricidad registrado en el <b>municipio</b> en el año “n”.</p>	
2. Proyección de consumo de electricidad por tarifa a nivel estatal y municipal en Oaxaca y Yucatán para el periodo (2020-2049)	<p><b>2.1. Nivel estatal</b>  <math>CETE_{x,n} = [(TCAC + 1)^n] * CETE_{x,i}</math></p>	<p><math>CETE_{x,n}</math> = Valor, en MWh/año, de consumo de electricidad registrado en la tarifa “x”, en el año “n” a <b>nivel estatal</b> en Oaxaca y Yucatán.</p> <p><math>CETE_{x,i}</math> = Valor, en MWh/año de consumo de electricidad registrado en la tarifa “x” en 2018, a <b>nivel estatal</b> en Oaxaca y Yucatán.</p>	
	<p><b>2.2. Nivel municipal</b>  <math>CETM_{x,n} = [(TCAC + 1)^n] * CETM_{x,i}</math></p>	<p>TCAC = Tasa de crecimiento anual compuesta del consumo de electricidad en Oaxaca y Yucatán (2):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yucatán: 3.8%</li> <li>• Oaxaca: 3.3%</li> </ul> <p><math>n</math> = Número de años</p> <p><math>CETM_{x,n}</math> = Valor, en MWh/año de consumo de electricidad registrado en la tarifa “x”, en el año “n” a <b>nivel municipal</b> en Oaxaca y Yucatán.</p> <p><math>CETM_{x,i}</math> = Valor, en MWh/año, de consumo de electricidad registrado en la tarifa “x” en 2018, a <b>nivel municipal</b>.</p>	

No. ecuación	Ecuación	Variables	Fuente
3. Proyección de tarifas de electricidad de la CFE para el periodo 2020-2049	$TF_n = [(TCAC+1)^n] * T_i$	<p><math>T_i</math> = Tarifa de electricidad de la CFE, en \$MXN/MWh, registrada en 2018 por sector y región (3).</p> <p>TCAC= Tasa de crecimiento anual compuesta de las tarifas de la CFE (4):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Doméstica (1-1F): 2.6%</li> <li>• DAC: 4.8%</li> <li>• Industrial (PDBT, GDBT, GDMTH, GDMTO, DIS, DIT): 3.6%</li> </ul> <p><math>n</math> = Número de años</p> <p><math>TF_n</math>: Tarifa estimada, en \$MXN/MWh, por sector en el año “n”.</p>	<p>(3) (CFE, 2019)</p> <p>(4) (ABM, 2017)</p>
4. Estimación de capacidad instalada de generación distribuida en Oaxaca y Yucatán (nivel municipal y estatal)	<p><b>4.1. Nivel estatal</b></p> $GDE_n = GDN_n \times (\%GDE_i)$	<p><math>GDE_n</math> = Capacidad instalada de generación distribuida estimada (MW) a <b>nivel estatal</b> en el año “n” bajo los escenarios de las MLTE y ZCT.</p> <p><math>GDN_n</math> = Capacidad instalada de generación distribuida estimada (MW) a nivel nacional en el año “n” de acuerdo con los escenarios de las MLTE y ZCT.</p> <p><math>\%GDE_i</math> = Porcentaje de capacidad instalada de generación distribuida a nivel estatal en 2018 (5):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Yucatán: 5%</li> <li>• Oaxaca: 1%</li> </ul>	<p>(5) (CRE, 2019)</p>
	<p><b>4.2. Nivel municipal</b></p> $GDM_n = GDE_n \times (\%CEM_i)$	<p><math>GDM_n</math> = Capacidad instalada de generación distribuida estimada (MW) a nivel municipal en el año “n” bajo los escenarios de las MLTE y ZCT.</p> <p><math>GDE_n</math> = Capacidad instalada de generación distribuida estimada (MW) a nivel estatal en el año “n” bajo los escenarios de las MLTE y ZCT.</p> <p><math>\%CEM_i</math> = Porcentaje de consumo de electricidad registrado en el municipio en 2018 (6).</p>	<p>(6) (CFE, 2018)</p>

No. ecuación	Ecuación	Variables	Fuente
5. Estimación de capacidad instalada de generación distribuida por tarifa a nivel estatal y municipal	<b>5.1. Nivel estatal</b> $GDTE_{x,n} = \%CETE_{x,n} \times (GDE_n)$	$GDTE_{x,n}$ = Capacidad instalada de generación distribuida estimada (MW) a nivel estatal por tarifa "x" en el año "n".	
	<b>5.2. Nivel municipal</b> $GDMT_{x,n} = \%CETM_{x,n} \times (GDM_n)$	$\%CETE_{x,n}$ = Porcentaje de consumo de electricidad registrado en la tarifa "x", en el año "n", a nivel estatal en Oaxaca y Yucatán.  $GDE_n$ = Capacidad instalada de generación distribuida estimada (MW) a <b>nivel estatal</b> en el año "n" bajo los escenarios de las MLTE y ZCT.  $GDMT_{x,n}$ = Capacidad instalada de generación distribuida estimada (MW) a <b>nivel municipal</b> por tarifa "x" en el año "n".  $\%CETM_{x,n}$ = Porcentaje de consumo de electricidad registrado en la tarifa "x", en el año "n", a <b>nivel municipal</b> en Oaxaca y Yucatán.  $GDM_n$ = Capacidad instalada de generación distribuida estimada (MW) a nivel municipal en el año "n" bajo los escenarios de las MLTE y ZCT.	

No. ecuación	Ecuación	Variables	Fuente
6. Cuantificación de ahorro de costos bajo el esquema de medición neta	<p><b>6.1. Nivel estatal</b></p> $EMNE_{x,n} = (FSMNE_{x,n} - FMNE_{x,n}) - (LCOE \times GE_{x,n})$ $\%EMNE_{x,n} = \frac{EMNE_{x,n}}{FSMNE_{x,n}} \times 100$ <p>Donde;</p> $FMNE_{x,n} = CNEE_{x,n} \times TF_n$ $FSMNE_{x,n} = CETE_{x,n} \times TF_n$ $CNEE_{x,n} = CETE_{x,n} - GE_{x,n}$ $GE_{x,n} = GDTE_{x,n} \times HS \times FP$	<p><math>EMNE_{x,n}</math> = Ahorro de costo estimado bajo el esquema de medición neta por tarifa “x” en el año “n” a nivel estatal.</p> <p><math>FMNE_{x,n}</math> = Facturación en la tarifa “x” durante el año “n” bajo el esquema de medición neta a nivel estatal.</p> <p><math>FSMNE_{x,n}</math> = Facturación sin esquema de medición neta en la tarifa “x” durante el año “n” a nivel estatal</p> <p><math>LCOE</math> = Costo nivelado de energía (Levelized Cost of Energy) = 0.80 \$/kW</p> <p><math>GE_{x,n}</math> = Generación de electricidad por tarifa “x” en el año “n” a nivel estatal.</p> <p><math>CNEE_{x,n}</math> = Consumo neto de energía en la tarifa “x” en el año “n” a nivel estatal.</p> <p>SH = Horas de sol por año = 8,760 hrs</p> <p>FP = Factor de planta promedio en México: 17% (7)</p>	(7) PRODESEN 2018–2032 (SENER, 2018)
	<p><b>6.2. Nivel municipal</b></p> $EMNM_{x,n} = (FMNM_{x,n} - FSMNM_{x,n}) - (LCOE \times GE_{x,n})$ $\%EMNE_{x,n} = \frac{EMNE_{x,n}}{FSMNE_{x,n}} \times 100$ <p>Donde;</p> $FMNM_{x,n} = LCOEM_{x,n} \times TF_n$ $FSMNM_{x,n} = CETM_{x,n} \times TF_n$ $CNTM_{x,n} = CETM_{x,n} - GM_{x,n}$ $GM_{x,n} = GDMT_{x,n} \times HS \times FP$	<p><math>EMNM_{x,n}</math> = Ahorro de costo estimado bajo el esquema de medición neta por tarifa “x” durante el año “n” a nivel municipal.</p> <p><math>FMNM_{x,n}</math> = Facturación en la tarifa “x” durante el año “n” bajo el esquema de medición neta a nivel municipal.</p> <p><math>FSMNM_{x,n}</math> = Facturación sin esquema de medición neta en la tarifa “x” durante el año “n” a nivel municipal.</p> <p><math>LCOE</math> = Costo nivelado de energía (Levelized Cost of Energy) = 0.80 \$/kW</p> <p><math>GM_{x,n}</math> = Generación de electricidad por tarifa “x” en el año “n” a nivel municipal.</p> <p><math>LCOEM_{x,n}</math> = Consumo neto de energía en la tarifa “x” durante el año “n” a nivel municipal.</p> <p>HS = Horas de sol por año = 8,760 hrs</p> <p>FP = Factor de planta promedio en México: 17% (7)</p>	

No. ecuación	Ecuación	Variables	Fuente
7. Cuantificación de ahorro de costo bajo el esquema de facturación neta	<p><b>7.1. Nivel estatal</b></p> $EFNE_{x,n} = FSMNE_{x,n} - FNE_{x,n}$ $\%EFNE_{x,n} = \frac{EFNE_{x,n}}{FSMNE_{x,n}} \times 100$ <p>Donde;</p> $FNE_{x,n} = FSMNE_{x,n} - [VEE_{x,n} - (LCOE \times GE_{x,n})]$ $VEE_{x,n} = GE_{x,n} \times \overline{PML}_{y,n} \text{ (Venta total)}$	<p><math>VEE_{x,n}</math> = Venta total de energía considerando la tarifa “x” durante el año “n”, a nivel estatal.</p> <p><math>PML_{y,n}</math> = Promedio de PML (Precio Marginal Local) en el nodo “y” durante el año “n” (Supone un crecimiento anual del 3.5%). Se asumieron los nodos de Ticul (Yucatán) y Oaxaca (Oaxaca)</p> <p><math>FNE_{x,n}</math> = Facturación neta en la tarifa “x” durante el año “n” a nivel estatal.</p> <p><math>EFNE_{x,n}</math> = Ahorro de costo estimado bajo el esquema de facturación neta por tarifa “x” durante el año “n” a nivel estatal.</p> <p><math>\%EFNE_{x,n}</math> = Porcentaje de ahorro de costo estimado bajo el esquema de facturación neta por tarifa “x” durante el año “n” a nivel estatal.</p>	
	<p><b>7.2. Nivel municipal</b></p> $EFNM_{x,n} = FSMNM_{x,n} - FNM_{x,n}$ $\%EFNM_{x,n} = \frac{EFNM_{x,n}}{FSMNM_{x,n}} \times 100$ <p>Donde;</p> $FNM_{x,n} = FSMNM_{x,n} - [VEM_{x,n} - (LCOE \times GM_{x,n})]$ $VEM_{x,n} = GM_{x,n} \times \overline{PML}_{y,n}$	<p><math>VEM_{x,n}</math> = Venta total de energía considerando la tarifa “x” durante el año “n” a nivel municipal.</p> <p><math>FNM_{x,n}</math> = Facturación neta en la tarifa “x” durante el año “n” a nivel municipal.</p> <p><math>EFNM_{x,n}</math> = Ahorro de costo estimado bajo el esquema de facturación neta por tarifa “x” durante el año “n” a nivel municipal.</p> <p><math>\%EFNM_{x,n}</math> = Porcentaje de ahorro de costo estimado bajo el esquema de facturación neta por tarifa “x” durante el año “n” a nivel municipal.</p>	





