



Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.

Estrategia de Eficiencia y Transición Energética del Estado de Puebla



Secretaría de
Medio Ambiente,
Desarrollo Sustentable y
Ordenamiento Territorial
Gobierno de Puebla



ESTRATEGIA DE EFICIENCIA Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA DEL ESTADO DE PUEBLA

Gobierno del Estado de Puebla

Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial
Dirección de Gestión de Cambio Climático, Ciudades Inteligentes y Transición Energética

Información de la edición:
Primera edición
29 de noviembre de 2021

Agradecimientos

La Estrategia de Eficiencia y Transición Energética del Estado de Puebla fue elaborada por la Iniciativa Climática de México, AC (ICM) como asesor técnico científico y del proceso de planeación en colaboración con la Secretaría de Medio Ambiente Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial (SMADSOT). El proyecto fue apoyado por el programa “Apoyo a la Implementación de la Transición Energética en México (TrEM)” de la Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable en México (GIZ por sus siglas en alemán) mediante un Grant Agreement por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania.

Agradecemos al Grupo de Trabajo para la elaboración de la Estrategia de Eficiencia y Transición Energética del Estado de Puebla por su participación en las sesiones de trabajo y por sus opiniones vertidas en ellas, las cuales fueron parte fundamental de este trabajo. ICM también agradece a todo el personal de la SMADSOT por su ardua colaboración y a la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH por el financiamiento para la elaboración del presente documento.

Los miembros de la Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial del estado de Puebla responsables por la elaboración del documento:

Beatríz Manrique Guevara	Santiago Creuheras Díaz
Norma Angélica Sandoval Gómez	Jorge Luis Zenil Alva
Marco Antonio Herrera García	Alejandra Bonifacio García
Daniela Guadalupe Soberanis Acosta	Javier Ángel González Cortés
José Luis Alonso Hernández	Angélica Gutiérrez Del Valle
Sandra Enith Alvarez Espinosa	Jair Reséndiz Pérez
Diana Arisbeli Longares Baza	Angélica Sierra Martínez
Sandra Rosalía Espinoza Morales	

El Consejo Técnico de Cambio Climático del Estado de Puebla que asesoró el desarrollo de el presente instrumento fue conformado por:

Aura Elena Moreno Guzmán	Carlos Patiño Gómez
Cuitláhuac Alfonso Rovirosa Madrazo	María Auxilio Osorio Lama
María Griselda Corro Hernández	María Eugenia Ibararán Viniegra
Miguel Ángel Morales	Polioptro Fortunato Martínez Austria
Ricardo Vázquez Perales	Verónica Gutiérrez Villalpando

El equipo de trabajo de la Agencia de Energía del Estado de Puebla incluye:

Jorge Ermilo Barrera Novelo
Rodrigo Chavez Jimenez
Fabiola Jazmín Torres Martínez



De igual manera se agradece el apoyo y la cooperación en la generación y mejora constante del presente documento de las siguientes instituciones:

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

Agencia de Energía del Estado de Puebla

Cámara Nacional de la Industria de Transformación Sector Verde (CANACINTRA)

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla

Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey Campus Puebla

Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Universidad Ibero Puebla

Cooperativa Onergia

Finalmente, se agradece la participación y recomendaciones de los siguientes investigadores:

Dr. Francisco Javier Sanchez-Ruiz

Dr. Juan Francisco Mendez Diaz

Adriana Ma. Amador Rojas

Luis Gilberto Palma Castro

Dr. Luis Fernández Carril



ÍNDICE

Introducción y Objetivos Generales	1
Marco Jurídico	2
Misión y Visión	8
Panorama Global	10
Panorama Nacional	21
Diagnóstico energético Estatal	27
Potenciales de aprovechamiento de energías renovables	
43	
Potenciales medidas de eficiencia energética	62
Enfoque de igualdad sustantiva	75
Estrategias y Líneas de acción	81
Anexos Metodológicos	99
Referencias	109



Introducción y Objetivos Generales

La transición energética es el concepto que agrupa tanto la sustitución del uso de los combustibles fósiles como las medidas de eficiencia energética. Ambas tienen como resultado directo una reducción de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y de otros contaminantes asociados al uso de la energía. También se tienen beneficios como el desarrollo económico, la mejora en la salud de las personas, el cuidado al medio ambiente y la democratización energética.

La planeación de la transición energética en el estado de Puebla es de vital importancia ya que esto permitirá que Puebla reduzca sus emisiones contaminantes y aproveche las oportunidades de desarrollo social y económico que las energías renovables y la eficiencia energética traen consigo. La buena planeación, además, permitirá que la transición energética se de manera justa y sustentable, atendiendo las problemáticas presentes en el estado tales como la pobreza energética y de desigualdad de género, mejorando así la calidad de vida de las y los habitantes del estado.

En tal sentido, la Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial (SMADSOT) presenta la Estrategia de Eficiencia y Transición Energética del Estado de Puebla, cuyos objetivos generales son impulsar, fomentar y acelerar la transición energética, coadyuvando al desarrollo del estado, en línea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, el Plan Estatal de Desarrollo 2019 – 2024, así como sus Programas Especiales derivados y la Estrategia Estatal de Cambio Climático 2021-2030.

Esta estrategia establece de forma jerárquica los objetivos generales, los ejes, y las líneas de acción que seguirá la SMADSOT para cumplir con ellos.

A continuación se presentan los objetivos generales:

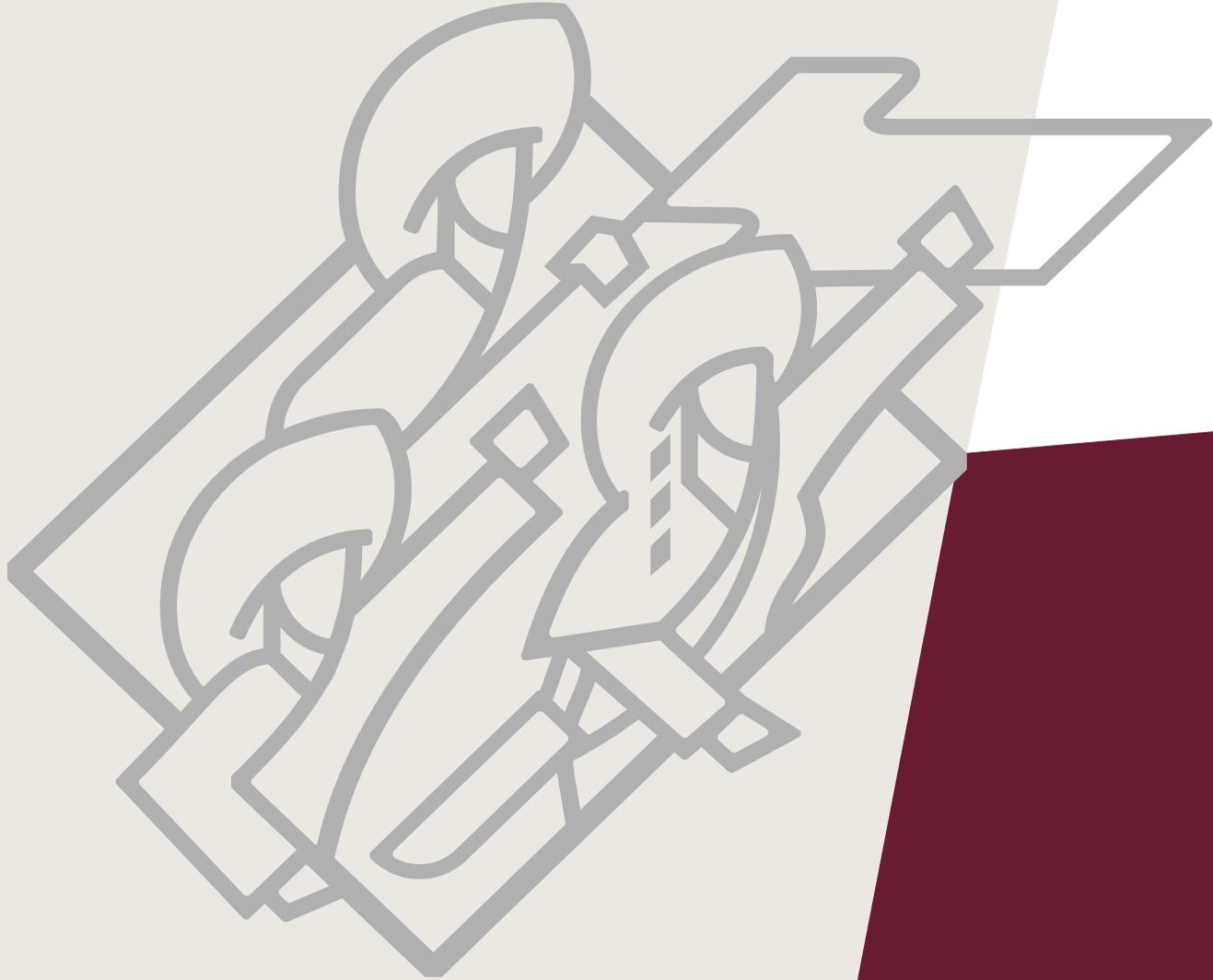
Fomentar el uso eficiente de la energía para minimizar el impacto ambiental y el gasto económico en el estado

Establecer las acciones prioritarias para garantizar un suministro energético limpio, confiable y resiliente

Impulsar la innovación y transición energética para garantizar la competitividad actual y futura del estado de Puebla

Potencial la captura de los co-beneficios de la eficiencia y transición energética para mejorar el bienestar de la sociedad poblana con perspectiva de igualdad sustantiva

Implementar mecanismos de cooperación interinstitucional para integrar a los sectores académicos, sociales, industriales y los diferentes niveles de gobierno



Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.

Marco Jurídico



Secretaría de
Medio Ambiente,
Desarrollo Sustentable y
Ordenamiento Territorial

La presente Estrategia de Eficiencia y Transición Energética del Estado de Puebla tiene fundamento jurídico desde el nivel federal a partir de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos y en las leyes federales como la Ley de Planeación, la Ley de la Industria Eléctrica y la Ley de Transición Energética. Además, debe considerarse la alineación al Plan Nacional de Desarrollo.

Es igualmente importante señalar la alineación a los Objetivos del Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030, esto a través de la alineación al Plan Estatal de Desarrollo.

Ámbito Federal

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos:

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos funda los derechos a un medio ambiente sano y a la protección de la salud. También establece que el desarrollo nacional debe ser integral y sustentable.

Leyes federales:

La Ley de Planeación tiene entre sus objetivos el desarrollo equitativo, incluyente, integral, sustentable y sustentable, y el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y sus metas. Por su parte, en la Ley de la Industria Eléctrica se regulan y organizan las actividades de la industria eléctrica, estableciendo las atribuciones de sus participantes.

Finalmente, la Ley de Transición Energética tiene como objeto, regular el aprovechamiento sustentable de la energía, así como la reducción de las emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica.

Ámbito Estatal

La Estrategia está alineada al Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024 y a los programas estatales en materia de energía: Programa de Fomento del Desarrollo Energético Sustentable y Programa Especial de Desarrollo Energético Sustentable. Además, desde el ámbito estatal, la Estrategia presente encuentra fundamento en las leyes según se presenta a continuación.



Ley de Planeación para el Desarrollo del Estado de Puebla

- **Artículo 4.-** El Ejecutivo y los Ayuntamientos, son responsables [...] de [...] la Planeación del Desarrollo, fomentando la participación de los sectores económico, social y privado que integran el Estado.

Ley Orgánica de la Administración Pública del Estado de Puebla

- **Artículo 37. XXXVI.-** A la Secretaría de Economía le corresponde [...] proponer [...], los programas, proyectos y acciones en materia de energía que [...] puedan implementarse en el estado para su desarrollo y beneficio económico.
- **Artículo 47.-** A la Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial le corresponde:
 - **I.** Formular y conducir las políticas generales en materia ambiental y de desarrollo sustentable del estado.
 - **X.** Establecer las políticas públicas para la prevención y el control de la contaminación [...]; así como fomentar la aplicación de tecnologías, equipos y procesos que reduzcan las emisiones y descargas contaminantes.
 - **XI.** Promover incentivos para las empresas que inviertan en la introducción, actualización y difusión de tecnologías que contribuyan a la preservación del medio ambiente encaminado al desarrollo sustentable.
 - **XII.** Promover e impulsar la aplicación de tecnologías y uso de energías alternativas y limpias en materia ambiental.

Ley de Cambio Climático del Estado de Puebla

- **Artículos 7 y 9.-** Corresponde al Gobernador del Estado y a la Secretaría de Medio Ambiente, Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial.
 - Coordinar el desarrollo de estrategias, programas y proyectos integrales de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero para impulsar el transporte eficiente y sustentable, público y privado [...].
 - Promover la participación corresponsable de la sociedad en la instrumentación de medidas para mitigar la emisión de gases de efecto invernadero y de adaptación al cambio climático [...].
- **Artículo 13.-** Las autoridades observarán los siguientes principios:
 - **XIV.** Eficiencia energética en todas sus actividades, así como la sustitución de energías convencionales por energías renovables en aquellos sectores [...].
 - **XV.** Promoción de una economía de bajas emisiones en carbono, como modelo de desarrollo industrial en el Estado [...].

- **Artículo 15.-** Las autoridades estatales y municipales,[...] deberán ejecutar acciones de adaptación al cambio climático en los siguientes ámbitos:
 - **V.** Energía, industria y servicios; **VI.** Movilidad e infraestructura de comunicaciones y transportes.
- **Artículo 16.XVI.-** Se considerarán acciones de adaptación al cambio climático construcción y el mantenimiento de infraestructura estratégica en materia de [...] producción y abasto de energéticos
- **Artículo 18.-** Los objetivos de la política estatal para la mitigación son [entre otros, la promoción de la protección del medio ambiente, el desarrollo sustentable y el derecho a un medio ambiente sano; la transición hacia una economía cero emisiones; la reducción de las emisiones estatales, a través de políticas y programas, que fomenten la transición a una economía sustentable, competitiva y de bajas emisiones en carbono; la sustitución gradual del uso de combustibles fósiles por fuentes renovables de energía, etc.]
- **Artículo 19.-** Para reducir las emisiones, las autoridades estatales y municipales [...] deberán implementar acciones específicas para: **II.** Reducir emisiones en la generación y uso de energía; **III.** Mejorar los servicios de transporte público y privado [...]; Promover en [...] obras relacionadas con el desarrollo urbano, la integración de medidas [...] de eficiencia energética [...] y antepongan la utilización de fuentes de energías renovables.

Ley para la Protección del Ambiente Natural y el Desarrollo Sustentable del

- **Artículo 5.XV.-** Es competencia de la Secretaría de Medio Ambiente Desarrollo Sustentable y Ordenamiento Territorial fomentar la aplicación de tecnologías, equipos y procesos que reduzcan las emisiones y descargas contaminantes [...].
- **Artículo 30.V.-** El Programa Sectorial de Vivienda del Estado [...] tenderá al aprovechamiento óptimo de la energía solar, tanto para la iluminación como para el calentamiento.
- **Artículo 33.II.-** Se consideran prioritarias, para efectos del otorgamiento de los beneficios y estímulos que se establezca el Gobierno del Estado, las actividades relacionada con la investigación e incorporación de sistemas de ahorro de energía y utilización de fuentes de energía menos contaminantes.

Ley de Desarrollo Económico Sustentable del Estado de Puebla

- **Artículo 6.-** El Ejecutivo del Estado, a través de la Secretaría de Economía, [...] orientará el desarrollo económico del Estado para hacerlo sustentable y humanista, a través de [...] la promoción de la transferencia de tecnología y el desarrollo científico y tecnológico que incrementen la eficiencia y calidad productiva de las empresas.

Ley para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Puebla

- **Art 1.-** La presente Ley [...] tiene por objeto garantizar el derecho de toda persona de contar con un medio ambiente adecuado y propiciar el desarrollo sustentable a través de la prevención y regulación de la generación, caracterización, la valorización y la gestión integral de residuos de competencia estatal y municipal.

Ley de Derechos, Cultura y Desarrollo de los Pueblos y Comunidades Indígenas del Estado de Puebla

- **Artículo 7.IV.-** Corresponde al Poder Ejecutivo del Estado garantizar el desarrollo equitativo y sustentable de las Comunidades Indígenas, impulsando el respeto a su cultura, usos, costumbres, tradiciones y autoridades tradicionales.
- **Artículo 46.-** Los Pueblos y Comunidades Indígenas y el Poder Ejecutivo del Estado [...] convendrán las acciones y medidas necesarias para conservar el medio ambiente y proteger los recursos naturales comprendidos en sus territorios, de tal modo que éstas sean ecológicamente sustentables, técnicamente apropiadas y adecuadas para mantener el equilibrio ecológico, así como compatibles con la libre determinación de los Pueblos y Comunidades para la preservación y usufructo de los recursos naturales.

Decreto del Honorable Congreso del Estado, por el que se Crea la Agencia de Energía del Estado de Puebla

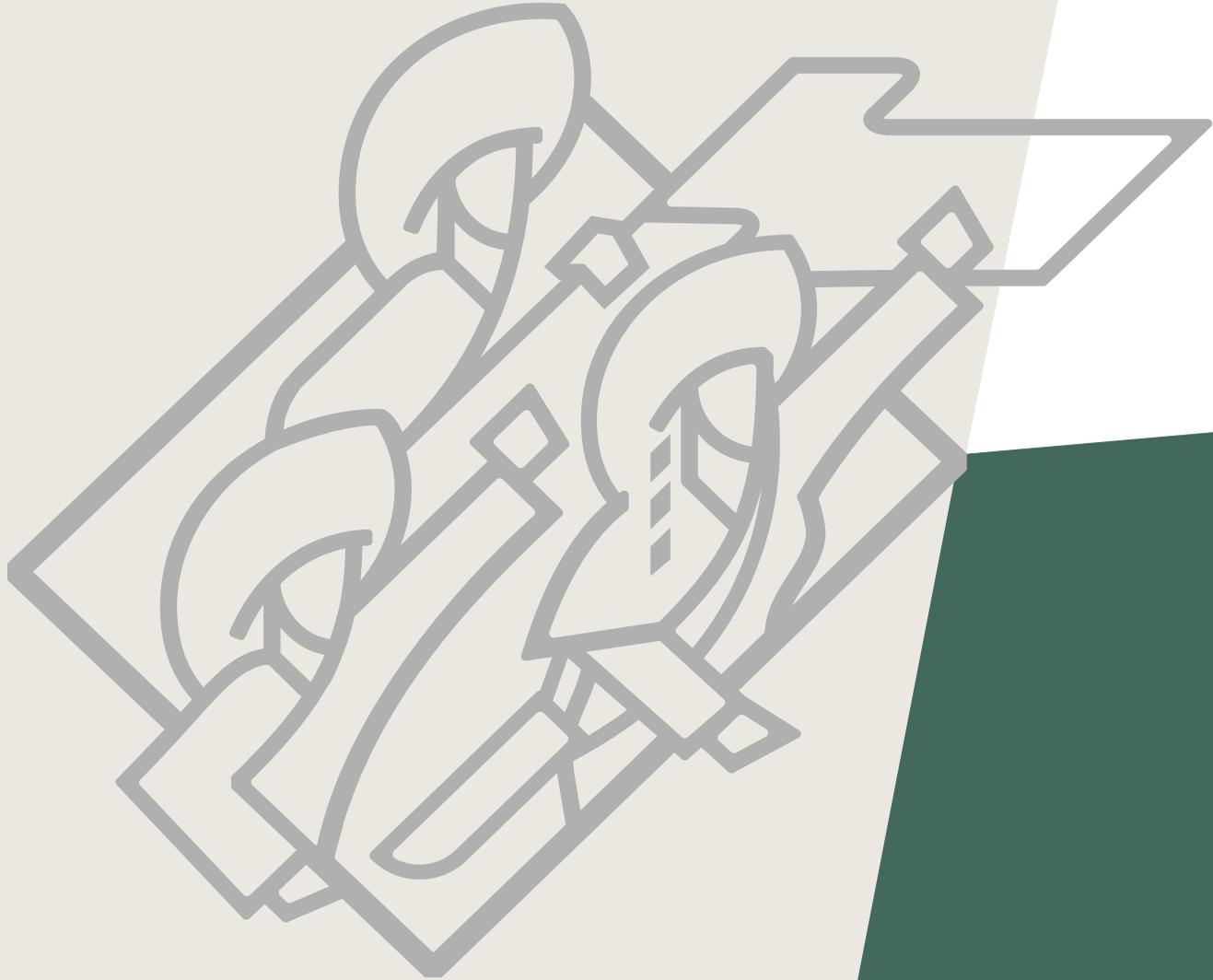
- **Artículo 5.-** La Agencia tendrá las atribuciones para fortalecer la vinculación con los interesados en ubicarse en el Estado para desarrollar proyectos energéticos sustentables y estratégicos; promover y fomentar el uso y aprovechamiento racional y eficiente de los recursos naturales del Estado, así como de la energía eléctrica y combustibles fósiles; suscribir convenios, acuerdos, contratos, etc.; promover la generación de información y realización de estudios e investigaciones en materia energética, económica, científica y tecnológica para proyectos energéticos sustentables y de producción de energías limpias; asesorar y ofrecer asistencia técnica; y proponer apoyos, incentivos y subvenciones para el desarrollo de proyectos energéticos y estratégicos para empresas del sector energético en el Estado.
- **Artículo 6.-** La Agencia en el ejercicio de sus atribuciones se sujetará a los principios de eficiencia, eficacia, economía, transparencia y honradez.
- **Artículo 32.-** La Agencia convendrá mecanismos de colaboración, coordinación y concertación para:
 - **V.** Desarrollar lineamientos, mecanismos e instrumentos para la concertación entre instituciones públicas con las privadas, relacionadas con las Industrias de la Energía;
 - **VI.** Tomar medidas o acciones conjuntas para el desarrollo energético de la Entidad;
 - **VII.** Establecer relaciones con la comunidad y fomento de la cultura de uso eficiente de los energéticos.
- **Artículo 40.-** La Agencia en coordinación con las Secretarías de Infraestructura y de Movilidad y Transporte [...] incentivará y apoyará el desarrollo energético sustentable y estratégico en materia de movilidad y de transporte público.

Plan Estatal de Desarrollo 2019 – 2024

- Promover el crecimiento económico con un enfoque incluyente, sin concentración de la riqueza y con especial atención en el respeto y cuidado del medio ambiente y la sostenibilidad de los recursos naturales, con miras al beneficio de las futuras generaciones.
- **Estrategia Transversal Cuidado Ambiental y Atención al Cambio Climático:**
 - Implementar mecanismos de coordinación interinstitucional donde se procure el acceso a un ambiente sano para el presente y las poblaciones futuras.
 - Promover mecanismos de adaptación en el medio rural para mitigar los impactos negativos del cambio climático y de la contaminación ambiental.
 - Impulsar esquemas ambientalmente sostenibles en las actividades económicas para reducir el impacto al cambio climático.
 - Impulsar la inclusión de los grupos en situación de vulnerabilidad en el desarrollo sostenible del estado.
- **Estrategia Transversal Infraestructura:**
 - Mejorar los sistemas de transporte e infraestructura carretera y productiva que fomenten el desarrollo económico con un enfoque sostenible.

Programa de Fomento del Desarrollo Energético Sustentable y Programa Especial de Desarrollo Energético Sustentable

- Temática 1 Energía en el Campo
- Temática 2: Competitividad y Seguridad Energética
- Temática 3: Sustentabilidad Energética
- Temática 4: Territorio y energía
- Temática 7: Estado eficiente y energía



Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.

Misión y Visión



Secretaría de
Medio Ambiente,
Desarrollo Sustentable y
Ordenamiento Territorial

Misión

El Gobierno del Estado de Puebla, a través de la Estrategia de Eficiencia y Transición Energética del Estado, busca ser punta de lanza en el fomento e impulso de la transición energética, de tal forma que ésta sea una herramienta para proteger el medio ambiente, combatir el cambio climático por medio de las energías renovables, así mejorar la calidad de vida y aumentar la competitividad y atractividad económica del estado.

Con sus objetivos, medidas y acciones, el Gobierno del Estado de Puebla debe desde hoy, ser el ejemplo y motivar a la sociedad para que Puebla logre un suministro energético eficiente, disminuir emisiones contaminantes, mitigue el cambio climático, proteja el medio ambiente y la salud de la población, y a la vez aumente su desarrollo, competitividad y atractivo económico y reduzca las brechas económicas y de género en la sociedad.

Visión

En 2030, Puebla habrá aumentado la participación de las energías renovables en la satisfacción de las necesidades energéticas de su población y sectores productivos.

Los planes, programas y proyectos en materia de eficiencia energética, energías renovables, movilidad, educación e investigación, habrán sentado las bases de un cambio estructural en el estado que permitirá combatir el cambio climático, mejorar la calidad de vida, aumentar la competitividad y atractivo económico y proteger al medio ambiente.

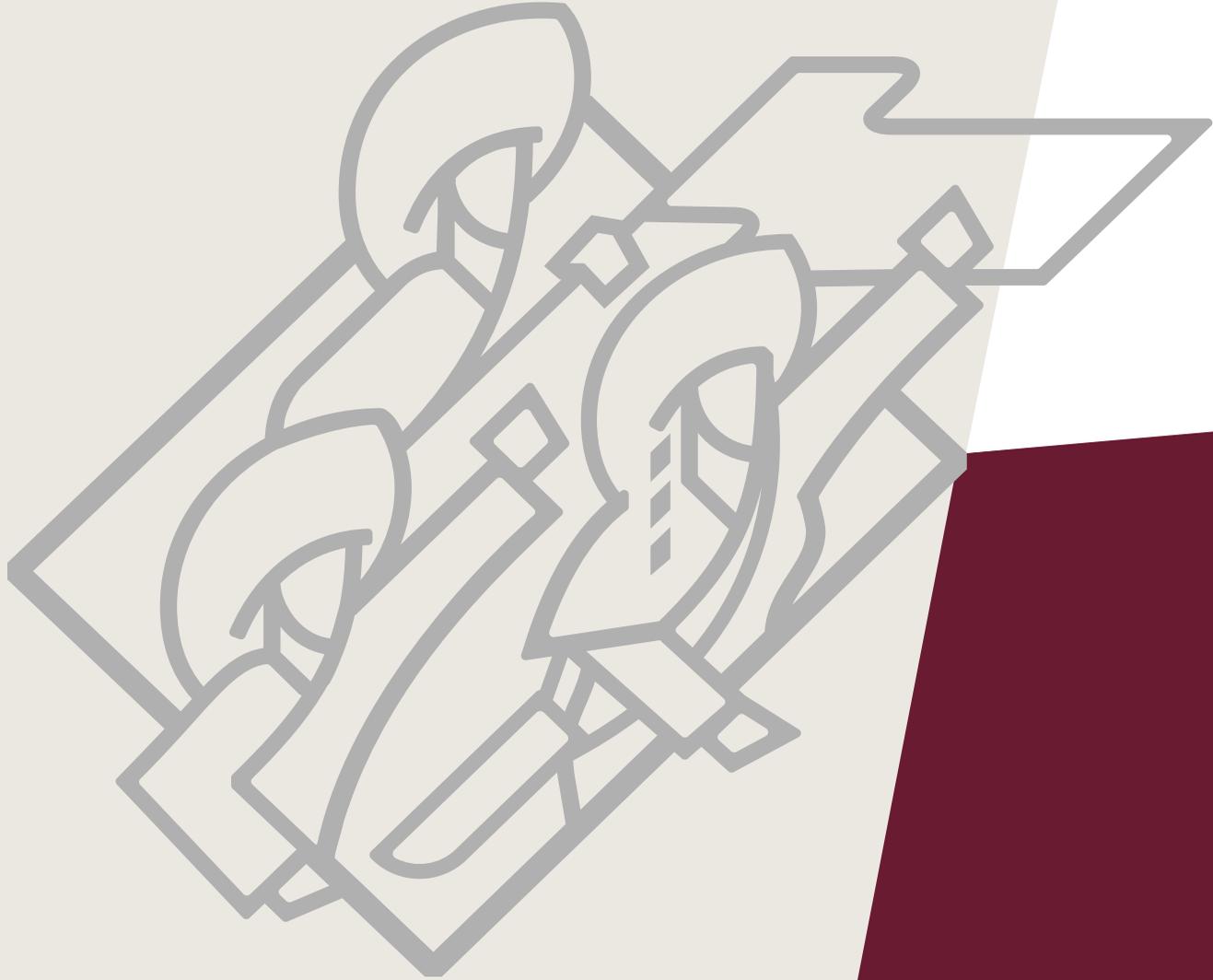
La población, la iniciativa privada y la administración pública serán consientes de los impactos del uso de energía y serán partícipes en las decisiones y acciones para optar por un uso eficiente y menos contaminante de la energía.

Estos cambios, fundamentados, guiados, impuestos e incentivados por la Estrategia de Eficiencia y Transición Energética del Estado de Puebla, permitirán que, de forma gradual e ininterrumpida, Puebla logre un suministro energético libre de emisiones.





Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.



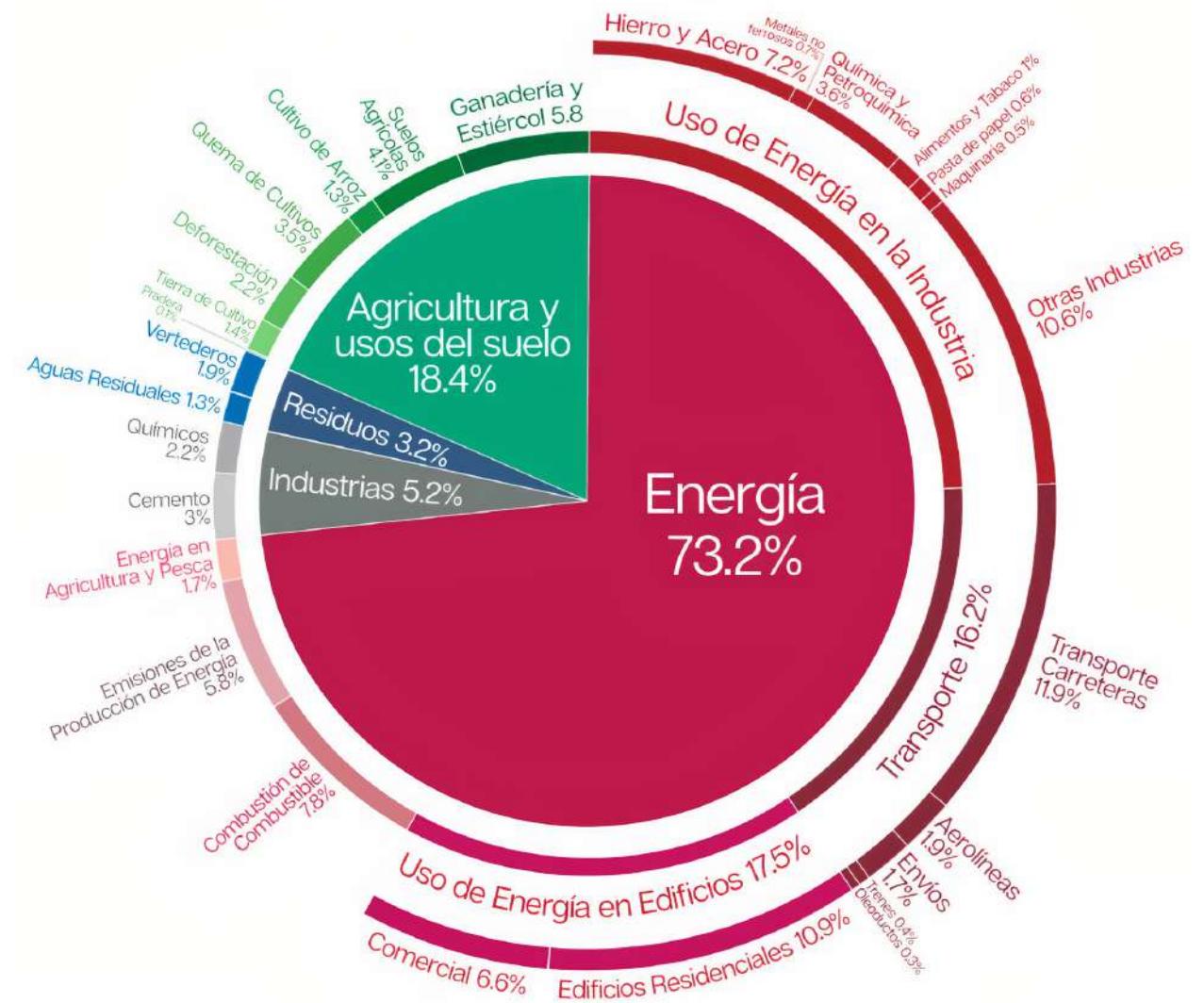
Panorama Global

Una nueva economía energética global está emergiendo. Aún cuando los sistemas globales se doblegaron ante los cambios impulsados por la respuesta a la pandemia del COVID-19, las fuentes de energía como la eólica y solar fotovoltaica continuaron creciendo rápidamente, al igual que los vehículos eléctricos. Esta nueva economía energética global será más electrificada, eficiente, interconectada y limpia. Su crecimiento es producto de un ciclo virtuoso de acción política e innovación tecnológica, y su inercia está sustentada ahora por los bajos costos que ofrecen. En la mayoría de los mercados, la electricidad producida a través de fuentes fotovoltaicas o eólicas, representan las opciones más económicas. Las tecnologías de energías limpias se están convirtiendo en una nueva área de inversiones y empleos, así como una arena dinámica para colaboración internacional.

Sin embargo, hoy en día, cada dato y estadística muestra que la velocidad del cambio en el sistema energético no es lo suficientemente rápida para contrarrestar la problemática global del cambio climático, la cual amenaza a sociedades y economías en su bienestar y subsistencia futura. Las interrupciones negativas potenciales derivadas de fallar en implementar medidas de mitigación y adaptación al cambio climático, serán mucho mayores y profundas que las acciones de transición del status quo energético actual. Es decir, entre más se postergue la transición energética, más costos sociales, económicos y ambientales traerá, por lo que se vuelve imperativa la priorización de la implantación del nuevo paradigma en todas las sociedades y organizaciones.

Las presiones en los sistemas energéticos no decrecerán en las siguientes décadas, sobre todo, porque este sector es responsable por casi 3/4 de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que ya han aumentado la temperatura media global a 1.2°C superior al promedio de la era pre-industrial, es decir antes de los años 1800. El sector energético debe de estar en el núcleo de la solución al cambio climático. Al mismo tiempo, la energía es inseparable de la calidad de vida de la población global, la cual está proyectada a aumentar alrededor de 2 mil millones de personas para 2050, con un aumento de la demanda energética en conjunto con los procesos de urbanización e industrialización. El sistema energético actual no es capaz de superar estos retos, una revolución global de sistemas energéticos de bajas emisiones es sumamente necesario y urgente.

Figura 1. Emisiones Globales de Gases de Efecto Invernadero por sector, 2016



Fuente: Ritchie & Roser, 2020

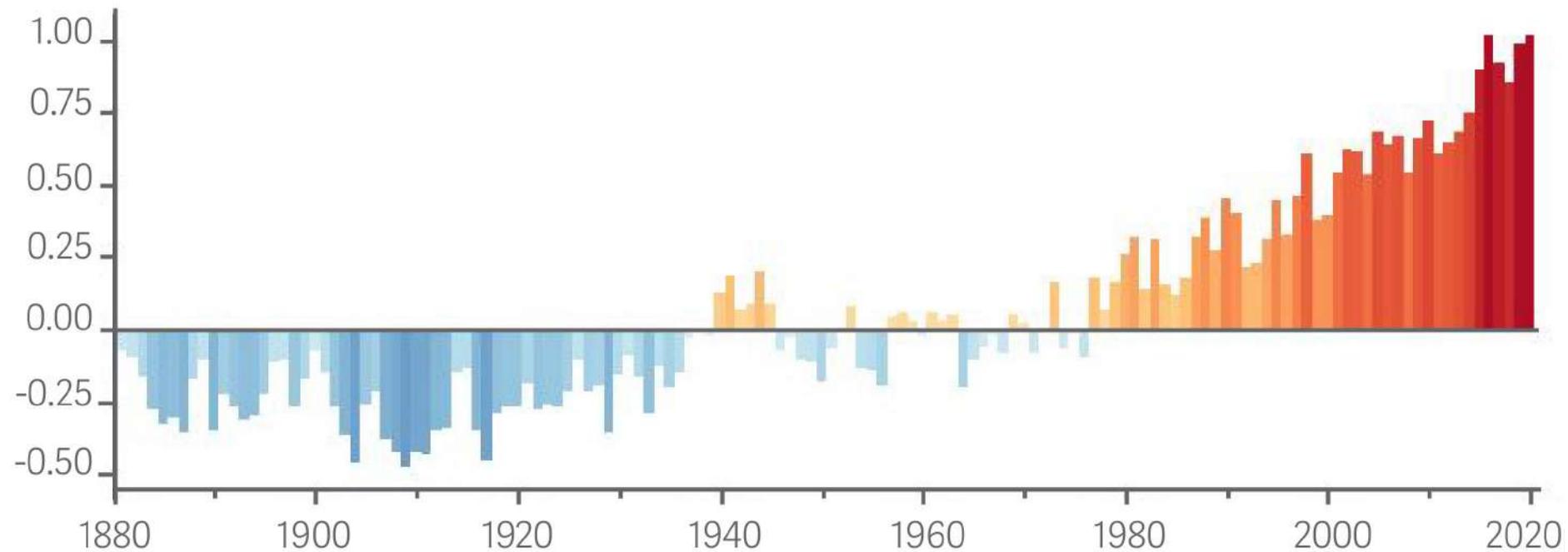
Entendiendo el Cambio Climático

Es importante comprender que aunque el clima del planeta ha cambiado a lo largo del tiempo de forma natural, en las últimas décadas se ha detectado un incremento en las temperaturas globales al menos **20 veces más rápido que de los patrones históricos**. Se han realizado estudios para encontrar las causas y factores que contribuyen a este problema, y los expertos han encontrado evidencias de que el **cambio climático actual es causado por las actividades humanas**, principalmente por la quema de combustibles fósiles: carbón, petróleo y gas natural, lo que emite a la atmósfera Gases de Efecto Invernadero (GEI) como el dióxido de carbono (CO₂) y metano (IPCC, 2021).

Cuando la revolución industrial liberó la energía que había estado guardada en los combustibles fósiles por millones de años, liberó su carbono también. Estas emisiones fueron pequeñas al inicio, pero a medida que la industrialización se esparció alrededor del mundo, las emisiones han aumentado exponencialmente, tomando en cuenta que se han emitido más entre los 40 años de 1980 y 2020 que entre los 200 años de 1780 y 1980. La concentración de CO₂ en nuestra atmósfera, ha aumentado de 280 partes por millón (ppm) antes de la revolución industrial de 1780, hasta 420 ppm en 2021 (NASA, 2021). En 2019, las concentraciones atmosféricas de CO₂ fueron las más altas que de los últimos dos millones de años, y las concentraciones de metano (CH₄) y Óxido Nitroso (N₂O) fueron las más altas de los últimos 800,000 años (IPCC, 2021).

Esto ha causado que el promedio de la temperatura mundial aumente constantemente: Desde 1980 no se tiene un año más frío que el promedio de las décadas de los 1950s y 1980s. Los últimos 6 años (2015-2020) han sido los más calurosos de los que se tiene registro y el año 2020 está empatado con 2016 como el año más caliente registrado. El periodo de 2011 a 2020 tuvo un aumento de entre 0.95 a 1.2 °C con respecto al promedio de temperatura global del entre 1850-1900 (IPCC, 2021).

Figura 2. Anomalía de la Temperatura Global (Δ°C comparado con el promedio del periodo de 1951-1980)



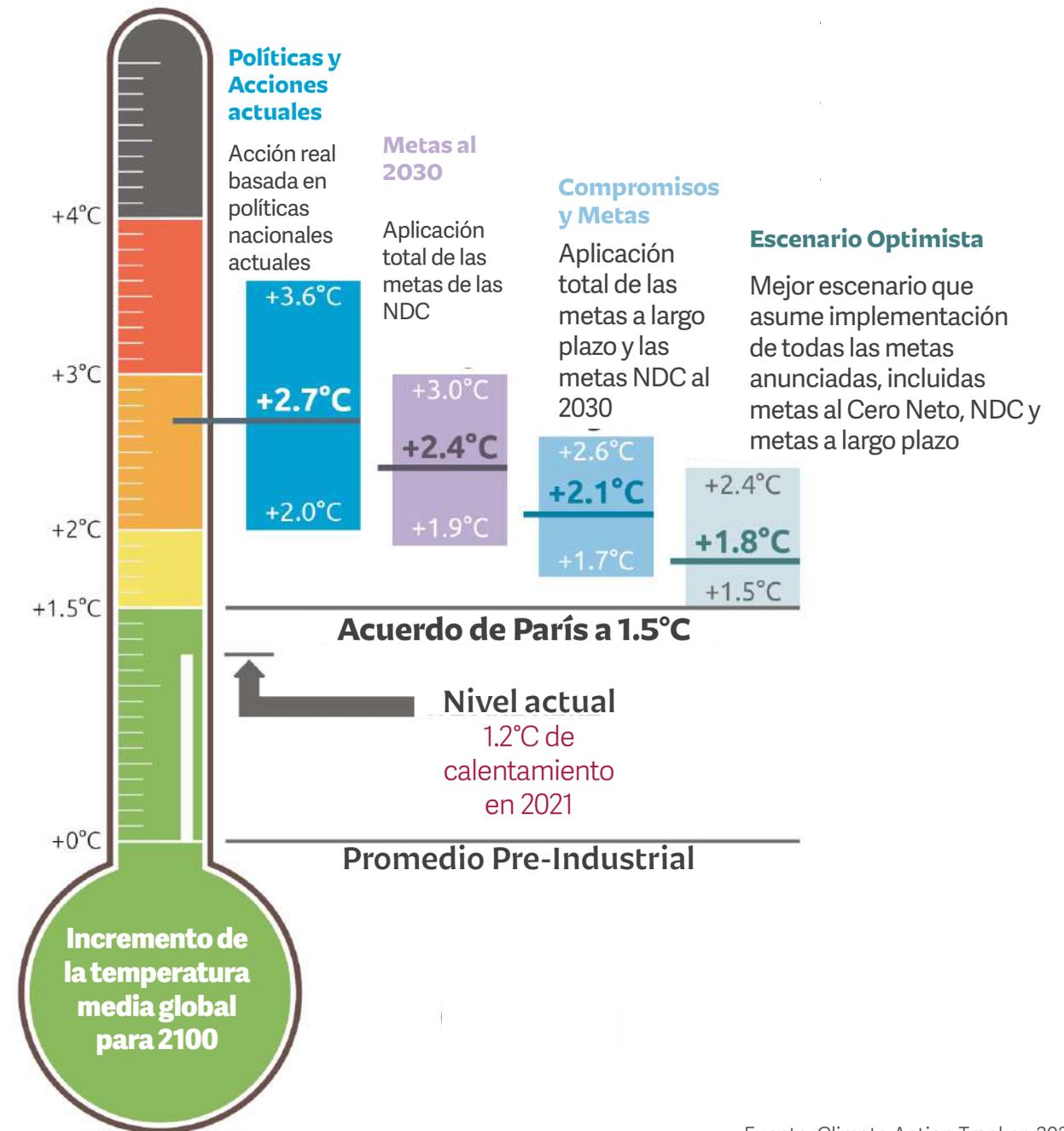
Organizaciones internacionales como el Panel Intergubernamental de Cambio Climático de la ONU (IPCC) modelan los escenarios potenciales que la temperatura puede seguir dependiendo de la concentración de gases de efecto invernadero. Representan los escenarios que van desde una rápida descarbonización de la economía, hasta lo que pasaría si no se atiende esta problemática, es decir, si se mantiene el Escenario Tendencial (Business as Usual, en inglés). Seguir con la tendencia actual podría generar emisiones que provocarían el incremento de la temperatura en 2°C o más.

Enfrentar esta crisis y cumplir las metas del Acuerdo de París, firmado por México en 2015, principalmente mantener el calentamiento global debajo de los 1.5°C o en su defecto de los 2°C, requiere acelerar y aumentar las acciones de gobiernos, empresas, sociedades y personas. aunque en la vida cotidiana 1°C o 2°C no tenga mucho efecto, se debe comprender que se refiere a la temperatura global.

Los estudios indican que alcanzar o superar los 2°C de calentamiento, aumentaría el riesgo de cambiar el sistema climático del mundo, lo que podría causar más escasez del agua, sequías más intensas y recurrentes, olas de calor, reducción en la duración de los cultivos, alteración en la intensidad y frecuencia de lluvias, así como otros efectos negativos indirectos, afectando seriamente el bienestar de la población.

Los compromisos globales anunciados y las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) actualizadas, representan un impulso importante a los esfuerzos mundiales del clima, pero, aún así, se quedan cortos para alcanzar las metas del Acuerdo de París. La Agencia de Energía Internacional (IEA) proyecta que es necesaria la reducción de 12 mil millones de toneladas de CO2 para el 2030, con el fin de cumplir un escenario de Cero Neto, y esto tiene que estar acompañado por reducciones de casi 90 millones de toneladas de emisiones de metano por las operaciones relacionadas a los combustibles fósiles, las cuales, por su elevada capacidad de calentamiento, son equivalentes a otras 2.7 mil millones toneladas de CO2.

Figura 3. Emisiones de GEI y Calentamiento Global estimado con los compromisos y acciones actuales



Fuente: Climate Action Tracker, 2021



OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE



En el 2015, la Organización de las Naciones Unidas (ONU), aprobó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ODS), en donde se acuerdan los nuevos 17 Objetivos del Desarrollo Sostenible y 169 metas conexas de carácter integrado e indivisible, estos objetivos incluyen desde la eliminación de la pobreza hasta el combate al cambio climático, la educación, la igualdad de la mujer, la defensa del medio ambiente o el diseño de ciudades. Es importante mencionar que para alcanzar estas metas, todo el mundo tiene que hacer su parte: los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil

El objetivo 7, busca garantizar el acceso universal a una energía asequible, segura, sostenible y moderna, pero para garantizar acceso universal a electricidad asequible en 2030, es necesario invertir en fuentes de energía limpia, como la solar, eólica y termal, así como, expandir la infraestructura y mejorar la tecnología para contar con fuentes de energía limpia en todos los países en desarrollo es un objetivo crucial que puede estimular el crecimiento y a la vez ayudar al medio ambiente.



Según la IEA en su World Energy Outlook 2021, las cuatro prioridades claves en la siguiente década para cerrar la brecha entre las políticas actuales y las necesarias para tener un mundo con un calentamiento menor a 1.5°C son:

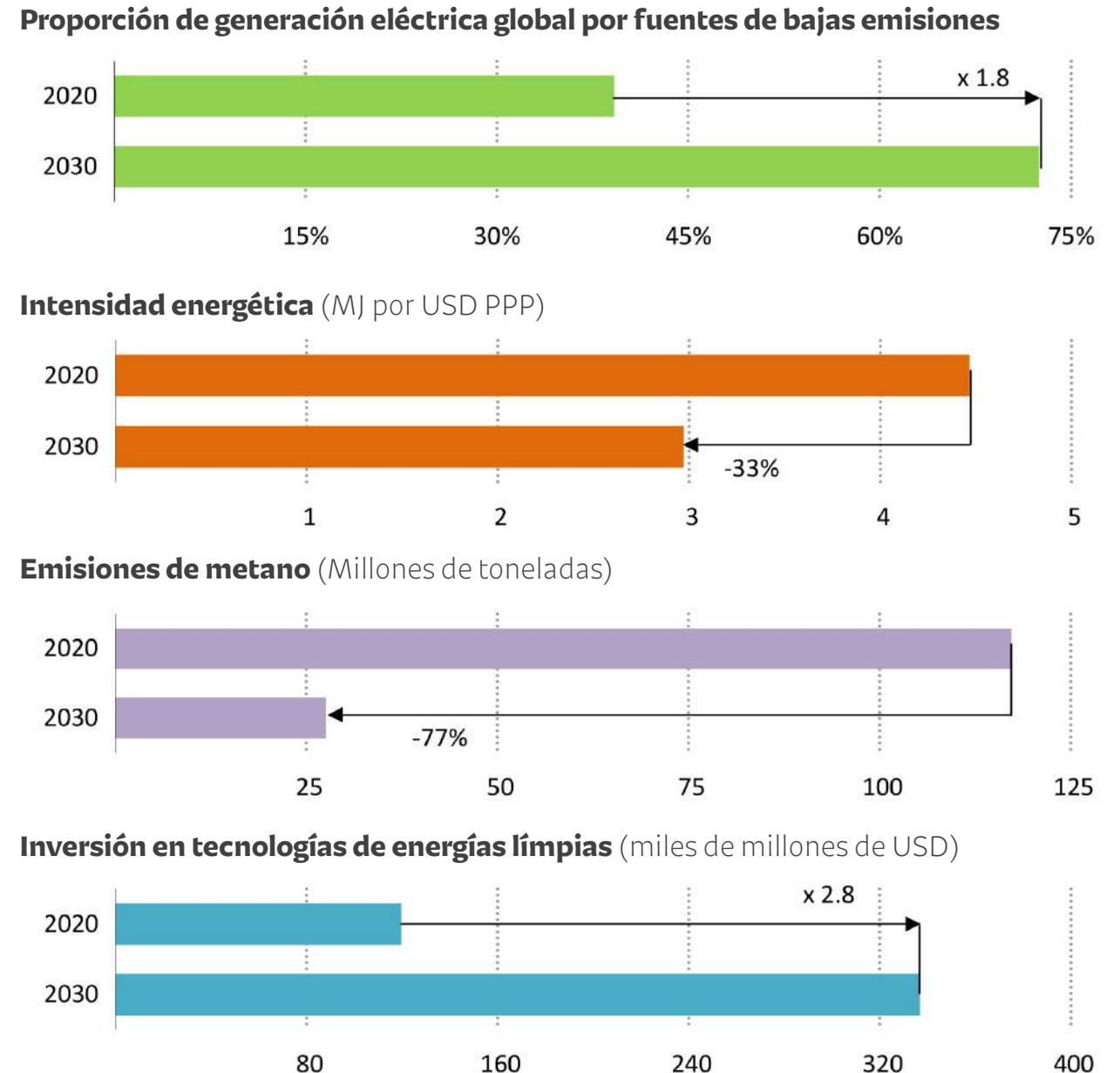
- Incrementar la generación de electricidad de fuentes sustentables.
- Realizar el potencial total de la eficiencia energética
- Prevenir fugas de metano de las operaciones de combustibles fósiles
- Potenciar la innovación en el sector de energías limpias.

Las primeras 3 prioridades requieren la aplicación en una escala masiva, de las tecnologías, enfoques, políticas públicas y medidas que son ya probadas y asequibles hoy en día. El impulsar la innovación en energías limpias, especialmente para sectores tradicionalmente complicados, como la industria pesada y el transporte de larga distancia, es esencial para llevar nuevas tecnologías desde las etapas de prototipo hasta la manufactura escalable que disminuirán más sus precios, y en consecuencia, aumentarán su participación en el mercado.

Existen fuertes sinergias entre todos estos esfuerzos. La electrificación limpia trae fuertes ganancias en eficiencia, así como también ayuda a descarbonizar su uso final, porque muchas tecnologías eléctricas son significativamente más eficientes que sus contrapartes de combustibles fósiles. Por ejemplo, los autos eléctricos de hoy, usan aproximadamente 70% menos energía para viajar un kilómetro que un auto convencional. En cambio, reducir la presión creciente en la demanda energética y aumentar las acciones de eficiencia, hará más fácil a las fuentes limpias ganar participación en el mercado y ayudará a descarbonizar la generación de electricidad usando combustibles fósiles.

Sin embargo, como se puede ver en la gráfica siguiente, existen fuertes brechas que necesitan ser cerradas en estas prioridades para alcanzar las metas de calentamiento y transición energética. Por lo tanto, observamos la relevancia de las estrategias de eficiencia y transición energética, tanto para los diferentes niveles de gobierno, así como para empresas y organizaciones

Figura 4. Prioridades Clave del sector energético y brechas para alcanzar la meta de calentamiento global debajo de los 1.5°C en un escenario de Cero Neto al 2050



Fuente: IEA, 2021

El apoyo financiero para la transición global a un sistema de energía limpia está planeado a ser implementado en los próximos años, y 70% para el 2023 (IEA, 2021). Simultáneamente, esto apalanca una inversión adicional del sector privado, lo que podría significar un billón de dólares adicionales invertidos en una recuperación sustentable en el periodo al 2023.

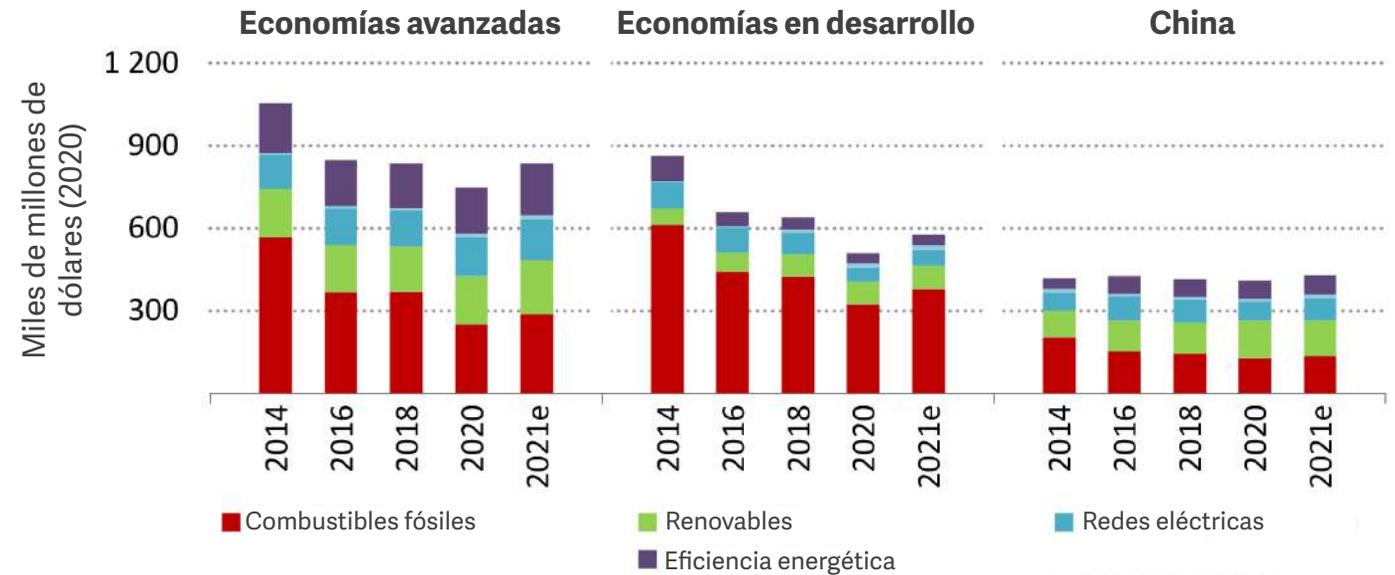
Señales de esto ya son visibles en las inversiones globales en el sector energético, especialmente en las redes eléctricas, sector que había visto una reducción de inversión en el periodo del 2017 al 2020, debido los planes de infraestructura de China, Europa y los Estados Unidos.

Las inversiones en mejoras de eficiencia energética también están anticipadas a aumentar en los próximos años en respuesta al renovado crecimiento económico y a los efectos de los programas globales de recuperación.

Sin embargo, las cantidades que están dedicadas a las recuperaciones sustentables están lejos de ser suficientes para transportar el sistema energético global al nuevo paradigma en el tiempo requerido para enfrentar las crisis ambientales y socioeconómicas. El billón de dólares a invertir al 2023 es sólo 1/3 de lo que la IEA estima que es necesario para asegurar un tope máximo y subsecuente reducción de las emisiones globales de GEI (IEA, 2020). Globalmente, las inversiones en energías limpias necesitarían duplicarse en la década de los 2020s para tener posibilidades de limitar el aumento de la temperatura global promedio debajo de los 2°C y necesitarían triplicarse para limitar el calentamiento a 1.5°C.

Aunque las economías avanzadas sólo han comprometido alrededor del 60% del presupuesto necesario para limitar el calentamiento global, la brecha es mucho más grande en las economías en desarrollo, las cuales se enfrentan de manera conjunta a déficits de infraestructura.

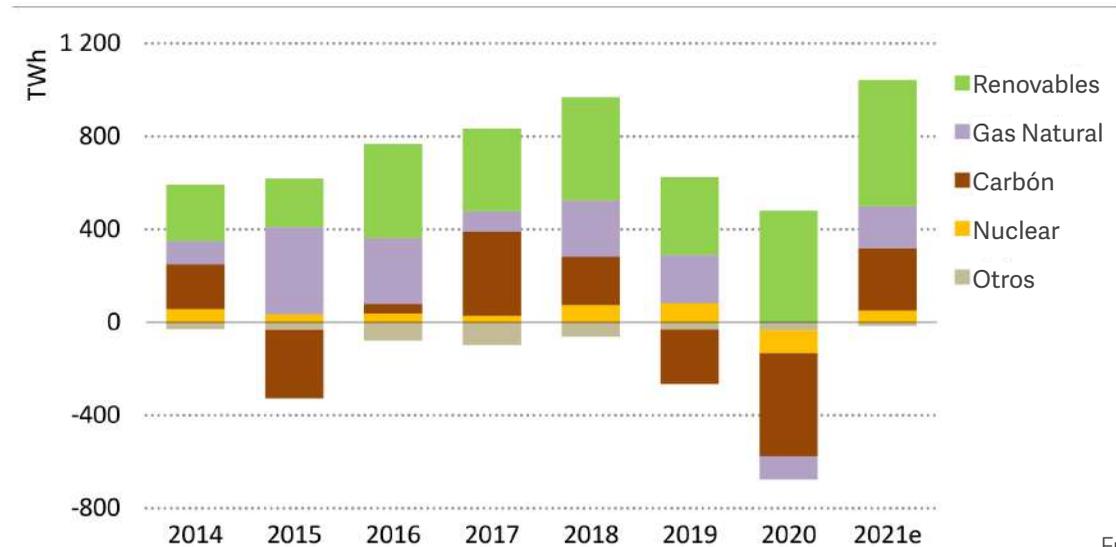
Figura 5. Inversiones energéticas por región



Notas: La categoría de "Economías en desarrollo excluye a China. 2021e= valores estimados para el 2021

Fuente: IEA, 2021

Figura 6. Cambio en generación de electricidad global, 2014-2021



Fuente: IEA, 2021

A pesar de estos retos, es inevitable la transformación de la red eléctrica, desde la forma en que se genera, transporta y hasta cómo se consume la electricidad. El paso de una red tradicional a la nueva red inteligente descentralizada con transmisión de energía e información bidireccional, se ha acelerado en los últimos años debido a las innovaciones tecnológicas, las reducciones de costos, los nuevos modelos comerciales y las políticas habilitadoras.

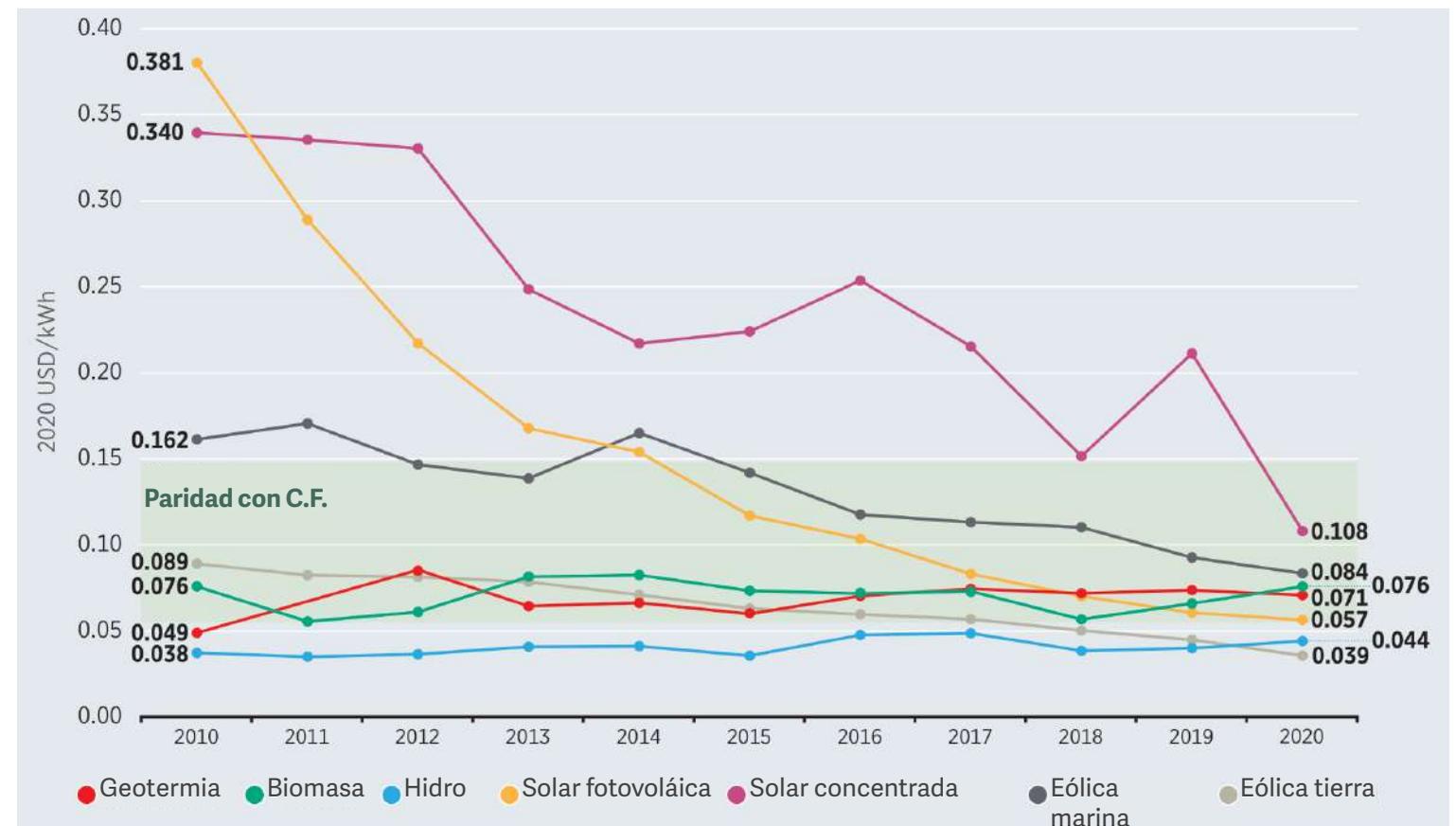
Estamos en la cúspide de la disrupción más rápida y profunda del sector energético en más de un siglo. Como la mayoría de las disrupciones anteriores, la actual está siendo impulsada por la convergencia de varias tecnologías clave cuyos costos y capacidades han ido mejorando en trayectorias exponenciales, consistentes y predecibles, en especial la energía solar y la eólica. La adopción de las nuevas tecnologías energéticas está creciendo exponencialmente a nivel mundial y la disrupción se ha vuelto inevitable, porque en 2030 ofrecerán la electricidad más barata para la mayoría de las regiones.

Como podemos observar, los costos de la energía fotovoltaica han disminuido un 85% en los últimos 10 años y siguiendo esta tendencia logarítmica, están previstos a disminuir alrededor de 70% más baratos en la próxima década, haciéndolos más de 20 veces más baratos en 2030 comparados con 2010 (RethinkX, 2020). Vemos las mismas tendencias para las tecnologías eólicas y los sistemas de concentración solar, volviéndolas 3 y 14 veces más económicas por kWh en la siguiente década, lo que provoca una disrupción socioeconómica inevitable (EERE, 2018). Cabe recordar que la disminución de los costos hasta hoy en día ha sobrepasado los pronósticos hasta de los analistas más optimistas.

El concepto de Levelized Cost of Energy (LCOE) o costo energético nivelado, es una metodología que proporciona el costo por kilowatt-hora generado y que puede aplicarse a sistemas fotovoltaicos, eólicos, térmicos, geotérmicos y a cualquier tipo de generación de electricidad. Este modelo permite contabilizar todos los costos que tiene el sistema a lo largo de todo su ciclo de vida y dividirlos entre toda la producción de energía que tuvo, lo cual nos da el costo por kilowatt-hora. El LCOE es un parámetro para conocer qué tipo de generación de energía resulta más competitiva en determinada zona, o bien, estudiar las diferentes posibilidades de mejorar los sistemas para reducir sus costos.

Se puede ver en la siguiente gráfica, el LCOE promedio de diferentes tecnologías de energías limpias en el periodo del 2010 al 2020 y como todas estas se encuentran en un rango de competencia o incluso inferior con los combustibles fósiles, identificado como una banda verde que va de los 0.05 a los 0.15 USD/kWh.

Figura 7. Costos energéticos nivelados de diferentes tecnologías de energías limpias



Los costos decrecientes de las tecnologías de energía limpia ofrecen grandes oportunidades para todos los países para enmarcar un nuevo camino de bajas emisiones hacia la prosperidad económica y el bienestar. La información global muestra que aún con apoyo financiero deficiente, las energías renovables ofrecen mejores costos que las derivadas de combustibles fósiles en márgenes continuamente crecientes. En los países de economías en desarrollo, donde la demanda eléctrica crece y nueva capacidad de generación es necesaria, estos proyectos pueden reducir significativamente los costos de los sistemas eléctricos durante toda su vida de operación. Entre el 2010 y el 2020, cerca de 644GW de capacidad de generación eléctrica global por fuentes renovables han sido añadidas al mundo que tuvieron costos menores que la opción más económica basada en combustibles fósiles en ese año. Previo al 2016, casi todo esto era contribuido por proyectos hidroeléctricos, pero la situación rápidamente ha cambiado por la estrepitosa caída de precios de las tecnologías eólicas y solares.

De forma similar, el Imperial College del Reino Unido en conjunto con la IEA, emitieron en junio de 2021, un análisis que muestra que una cartera de inversión basada en empresas de energías limpias genera retornos de inversión más altos, mayor diversificación y menor volatilidad que una cartera consistente de empresas de combustibles fósiles. Estos resultados se mantuvieron en todos los mercados examinados, pero la brecha de desempeño más grande fue dentro de los países de economías avanzadas y China (IEA, 2021). Este estudio compiló carteras de inversión de diferentes empresas enfocadas en proveeduría de energías renovables y de fuentes fósiles y calculó el retorno total y volatilidad anualizada en un periodo de 5 y 10 años desde el 2011. El retorno total de cada empresa fue calculado en la moneda local para obtener resultados comparables. Las metodologías de construcción de carteras de inversión y análisis más detallado pueden ser encontrados en la página web de la IEA.

Es decir, tanto para consumidores finales, empresas, inversionistas o gobiernos, las energías renovables presentan mejores costos, mayores beneficios y menores riesgos.

Figura 8. Nueva capacidad instalada global de proyectos de energías renovables con menores costos que el mínimo ofrecido por fuentes fósiles

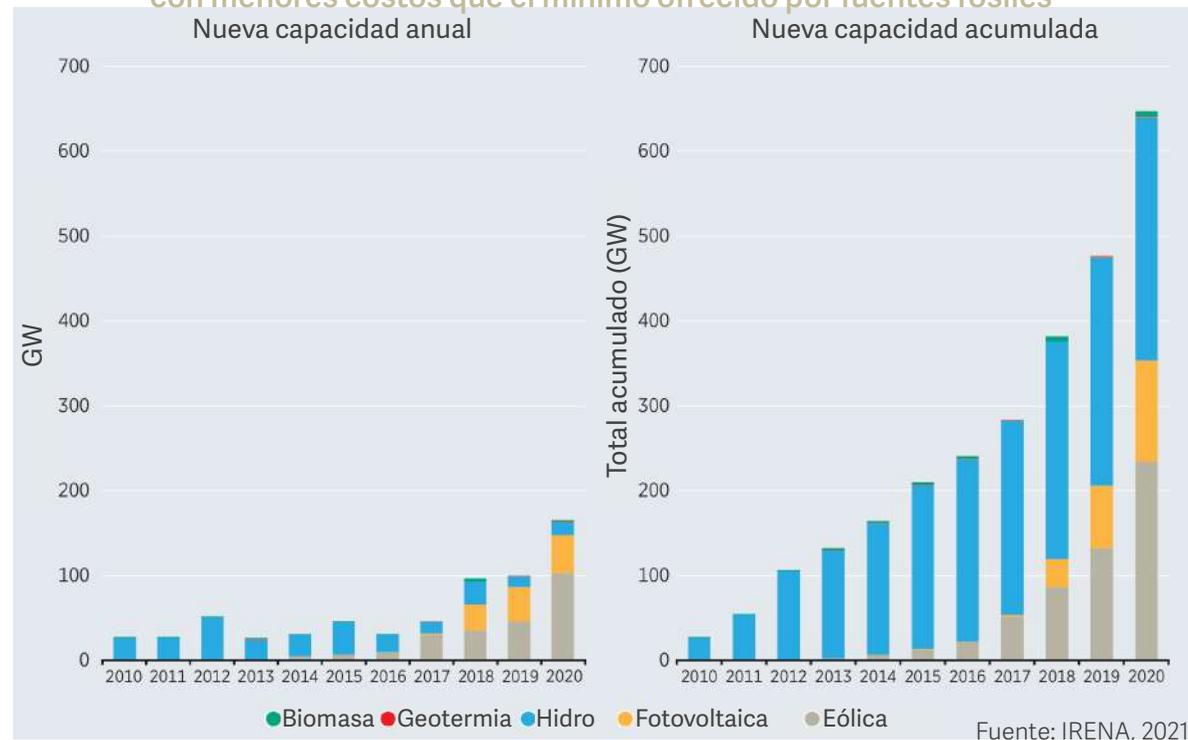
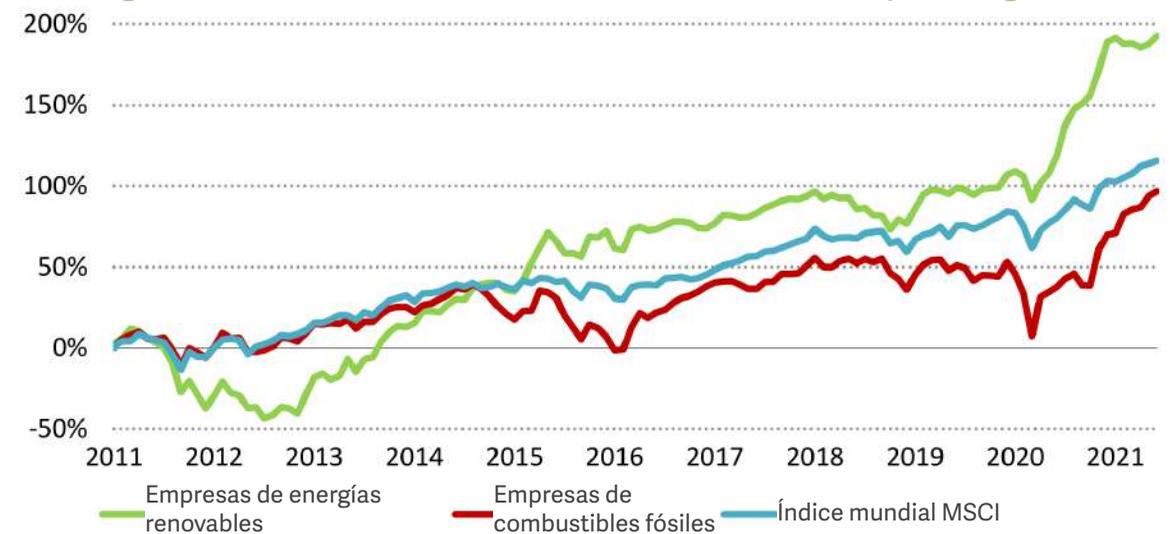


Figura 9. Retornos de inversión a 10 años de una comparativa de mercados globales (MSCI) contra carteras de inversión de enfoque energético



Fuente: IEA, 2021

De igual manera, es importante considerar la transición hacia los empleos verdes, que son definidos como “trabajos decentes que contribuyen a preservar o restaurar el medio ambiente, ya sea en sectores tradicionales como la construcción y la manufactura, o en nuevos sectores emergentes como las energías renovables y la eficiencia energética”. Estos, se estarán convirtiendo en la base de la economía y cada año presentan un crecimiento más interesante tanto para estudiantes, trabajadores actuales, empresarios y servidores públicos.

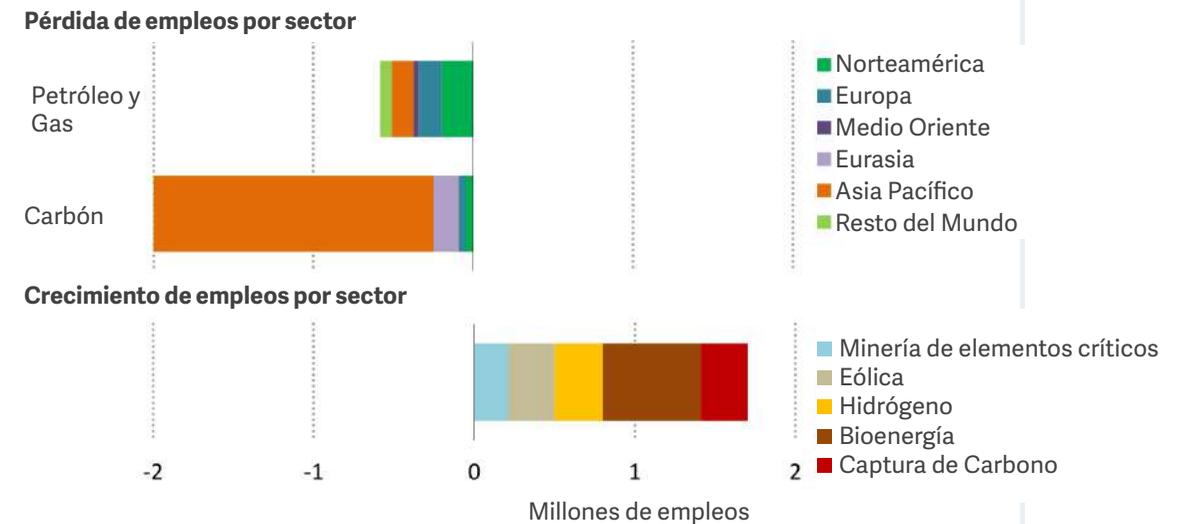
Por ejemplo, la energía renovable, especialmente la energía solar fotovoltaica, emplea hoy en día a más personas por unidad de inversión y energía que la generación de combustibles fósiles. La Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA por sus siglas en inglés) estima que la energía renovable podría emplear a más de 40 millones de personas y el sector energético alcanzar los 100 millones de empleados en 2050, frente a los 58 millones actuales, si la comunidad internacional utiliza todo su potencial de energía renovable.

Al 2020, México tiene la capacidad instalada solar fotovoltaica más grande de la región, delante de Chile y Brasil. La energía fotovoltaica solar creció de 2,5 GW a 4,4 GW en 2019. Las plantas de gran escala de servicios públicos representan más del 80% de este total, generando un estimado de más de 50,000 puestos de trabajo. Las instalaciones solares en azoteas son responsables de otros 6,000 empleos, según la Asociación Mexicana de Energía Solar (ASOLMEX).

La eficiencia energética también ofrece importantes oportunidades para la rápida creación de empleo, y la IEA estima un potencial de hasta 2,5 millones de nuevos puestos de trabajo por año como parte de los esfuerzos de recuperación.

Sin embargo, existen considerables disparidades regionales en la creación de empleo en el sector energético, con ganancias de empleo en algunas partes del mundo que superan las pérdidas en otras. Además, algunos grupos de población, en particular las minorías étnicas y las mujeres, no se benefician de la creación de empleo en la misma medida que otros. La identificación de soluciones que equilibren el impacto de la transición y maximicen las oportunidades socioeconómicas es clave para una transición más inclusiva que apoye a los grupos más vulnerables de la sociedad.

Figura 10. Cambios potenciales en empleos del sector energético global proyectados al 2030



Fuente: IEA, 2021

Figura 11. Empleos globales por tecnología de energía renovable, 2012-2020



Fuente: IRENA, 2021

La caída exponencial de los costos de nuevas tecnologías genera disrupciones en las dinámicas socioeconómicas, las cuales también son impulsadas por la convergencia de otras tecnologías que desencadenan bucles de retroalimentación. Estos "círculos virtuosos" aceleran la adopción del nuevo sistema y al mismo tiempo empujan al sistema existente hacia un espiral de obsolescencia. Al inicio, los nuevos productos son caros y cumplen las necesidades de pocos nichos, sin embargo la constante mejora de la relación precio/calidad hace que se vuelvan más útiles para más personas o sectores. Después de cierto tiempo, se llega a un punto de inflexión, donde el crecimiento se vuelve exponencial y la dinámica con otras tecnologías y sectores se vuelve más clara y fuerte.

Al igual que con muchas disrupciones tecnológicas anteriores a lo largo de la historia, el nuevo sistema energético que emergerá tendrá una arquitectura distinta que seguirá nuevas reglas y deberá entenderse con diferentes métricas. En este caso, el nuevo sistema basado en energía renovable tendría un costo marginal casi nulo para la producción de electricidad, usando la luz solar y del viento en lugar de un costo marginal alto proveniente de la compra y uso de combustibles. El cambio de la dinámica de los costos marginales es un cambio profundo cuyas consecuencias se han visto antes en el sector de la información con las computadoras e Internet, desapareciendo a industrias establecidas que se basaban en la venta de copias físicas de información; en forma de periódicos, revistas, libros, fotografías, discos de música, cintas VHS, DVD y otros productos tangibles. Estas viejas industrias fueron reemplazadas por una economía de información digital mucho mayor que opera en diferentes principios y apoya nuevos modelos de negocio que eran imposibles de imaginar antes de la disrupción. Lo que sucedió con el mundo de los bits está a punto de sucederle al mundo de los electrones.

La inversión en activos que se volverán improductivos y obsoletos con la transición global tecnológica y económica, debe de ser desfasada. Cuando aparecen nuevos actores, surgen conflictos de poder y de distribución entre lo nuevo y lo tradicional, pero también entre diferentes enfoques sobre cómo y hacia donde debe realizarse la transición.

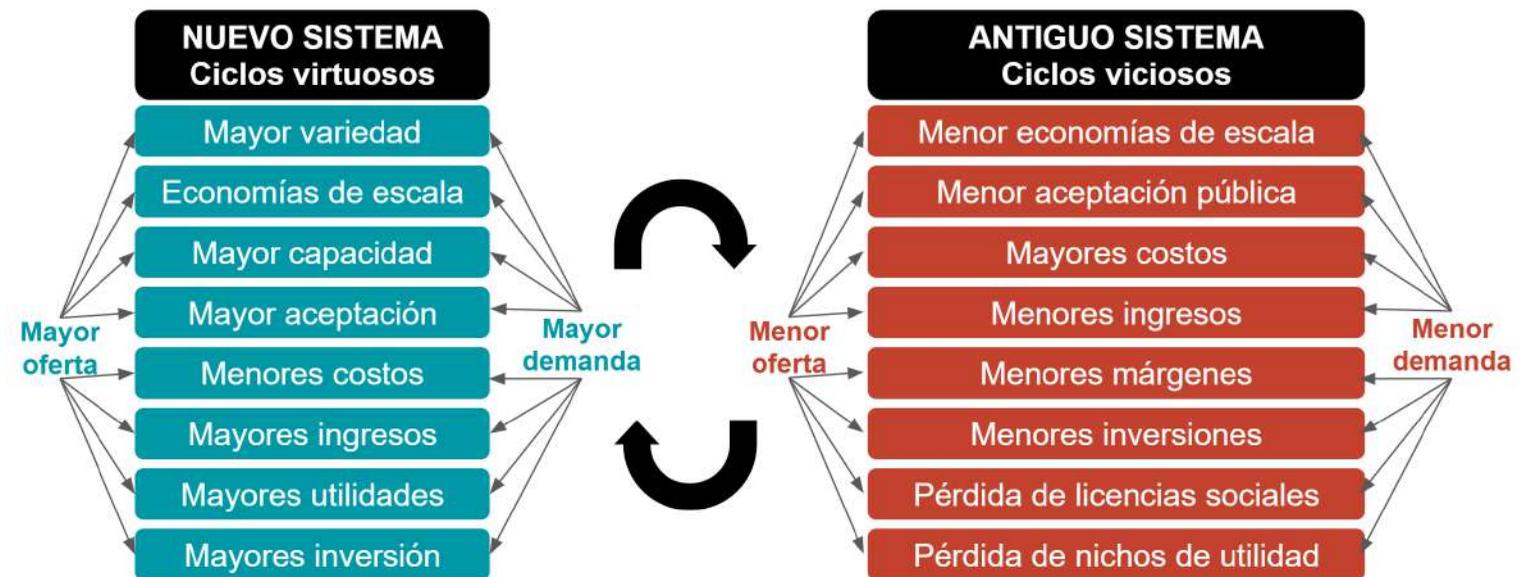
La gestión de hacia la sustentabilidad puede ampliar la participación y el intercambio entre los diversos grupos de interés públicos y privados, provocando cambios en los mercados, las prácticas de los usuarios, las políticas, las tecnologías y el discurso cultural. Para un mejor proceso de cambio, se debe conjuntar a las partes interesadas a desarrollar visiones y objetivos compartidos.

Figura 12. Diagrama "Curva X" de dinámicas de transición

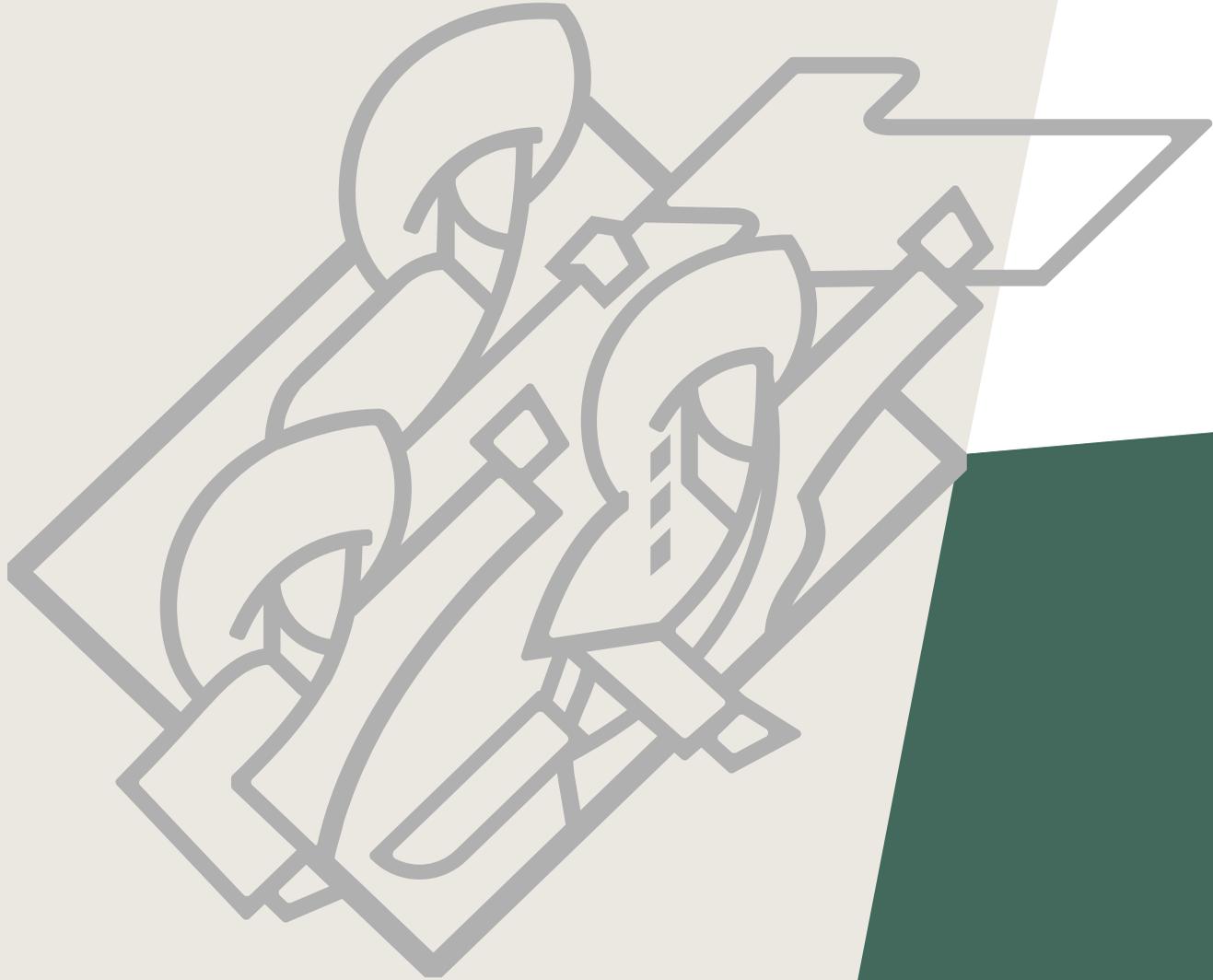


Nuevo Paradigma Fuente: Adaptado de Schoenmaker, D. & Scharamade, 2019

Figura 13. Diagrama de dinámicas sistémicas de disrupciones



Fuente: RethinkX, 2020



Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.

Panorama Nacional



Secretaría de
Medio Ambiente,
Desarrollo Sustentable y
Ordenamiento Territorial

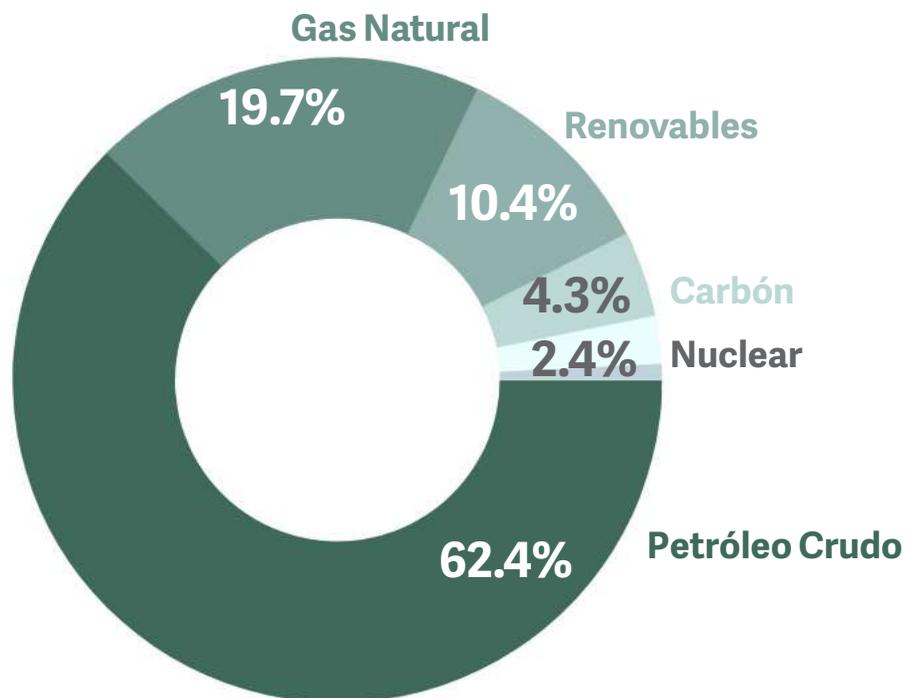
Sector Energía en México

El sector energético nacional, dominado por las fuentes fósiles de energía, ha jugado un papel decisivo para el desarrollo económico de México por su clara influencia sobre todo en el aparato productivo del país. Si bien toda la sociedad requiere, ineludiblemente, producir y consumir la energía para sus procesos productivos, es importante considerar que los patrones de producción y consumo de energía tienen incidencia en las transformaciones del medio ambiente. Se consideran fuentes de energía a aquellas que producen energía útil directamente o por medio de una transformación, estas se clasifican en dos tipos: primarias y secundarias.

La energía primaria comprende aquellos productos energéticos que se extraen o captan directamente de los recursos naturales. Por ejemplo: carbón, petróleo, gas natural, hidroenergía, geoenergía, energía eólica, energía solar y leña.

Por otro lado, las fuentes de **energía secundaria** son aquellas derivadas de las fuentes primarias, las cuales se obtienen en los centros de transformación, con características específicas para su consumo final. Primordialmente se refiere a la electricidad, pero incluye coque de carbón y de petróleo, gas licuado de petróleo (gas LP), gasolinas, naftas, querosenos, diésel, combustóleo, gasóleo, gas seco, etanol, gases industriales derivados del carbón y productos no energéticos.

Figura 14. Estructura de la producción de energía primaria en México, 2018



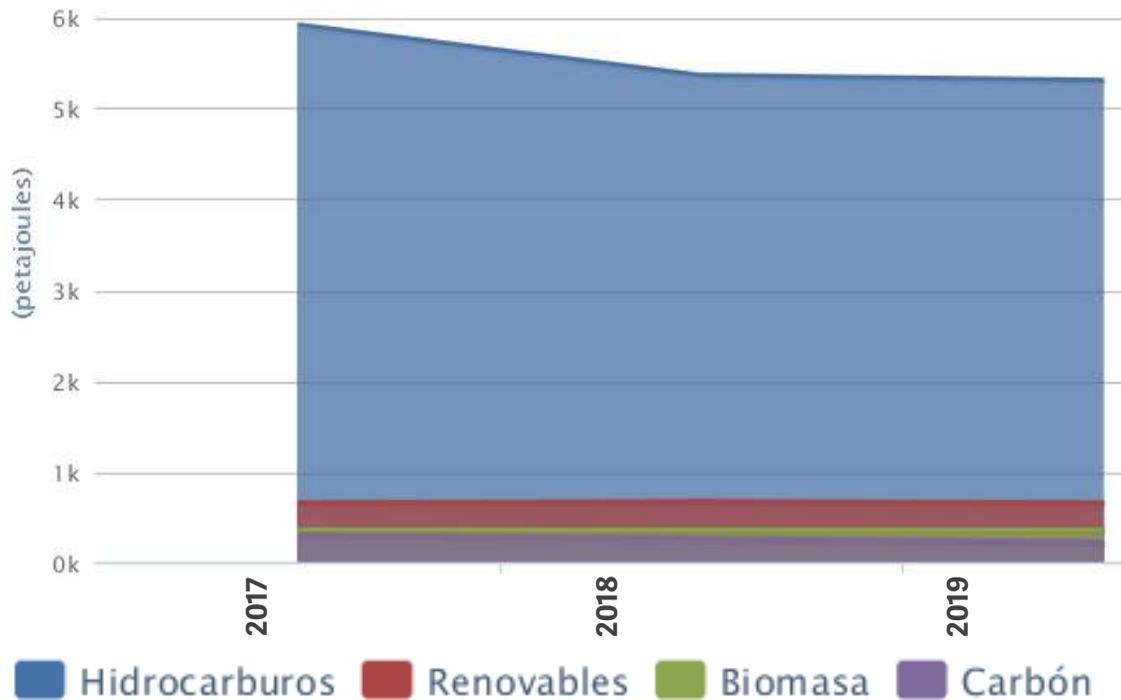
Las **energías renovables** se generan a partir de fenómenos de la naturaleza, procesos o materiales que se regeneran naturalmente, y representaron el 10.4% de la producción total en 2018. La energía hidráulica, representó el 1.8% del total del año 2018. **La producción de geoenergía, energía solar y eólica representaron el 2.8%**. La energía eólica registró un crecimiento significativo de 23.3% en comparación con el 2017, alcanzando 47.12 PJ. México tiene un gran potencial para el desarrollo de centrales fotovoltaicas y generación distribuida permitió que la producción de **energía solar incrementará 58.2%** respecto al año anterior. La producción de biomasa, que se integra por el bagazo de caña y leña, pasó de 367.18 PJ en 2017 a 371.01 PJ en 2018.

El consumo de energía tiene una relación con el bienestar de la población, debido a que un buen abasto de energía es un factor de crecimiento, sin embargo, en México el mayor consumo se da por combustibles fósiles lo que ocasiona emisiones a la atmósfera. De acuerdo al Sistema de Información Energética de la SENER, en 2019 se tuvo un consumo nacional de energía de 8,811.055 Petajoules.

La intensidad energética está definida por la relación entre el consumo energético y el Producto Interno Bruto (PIB), esta es una medida de eficiencia energética en el país, en México tenemos una eficiencia energética de 476 KJ/\$ PIB producido (SENER, 2019).

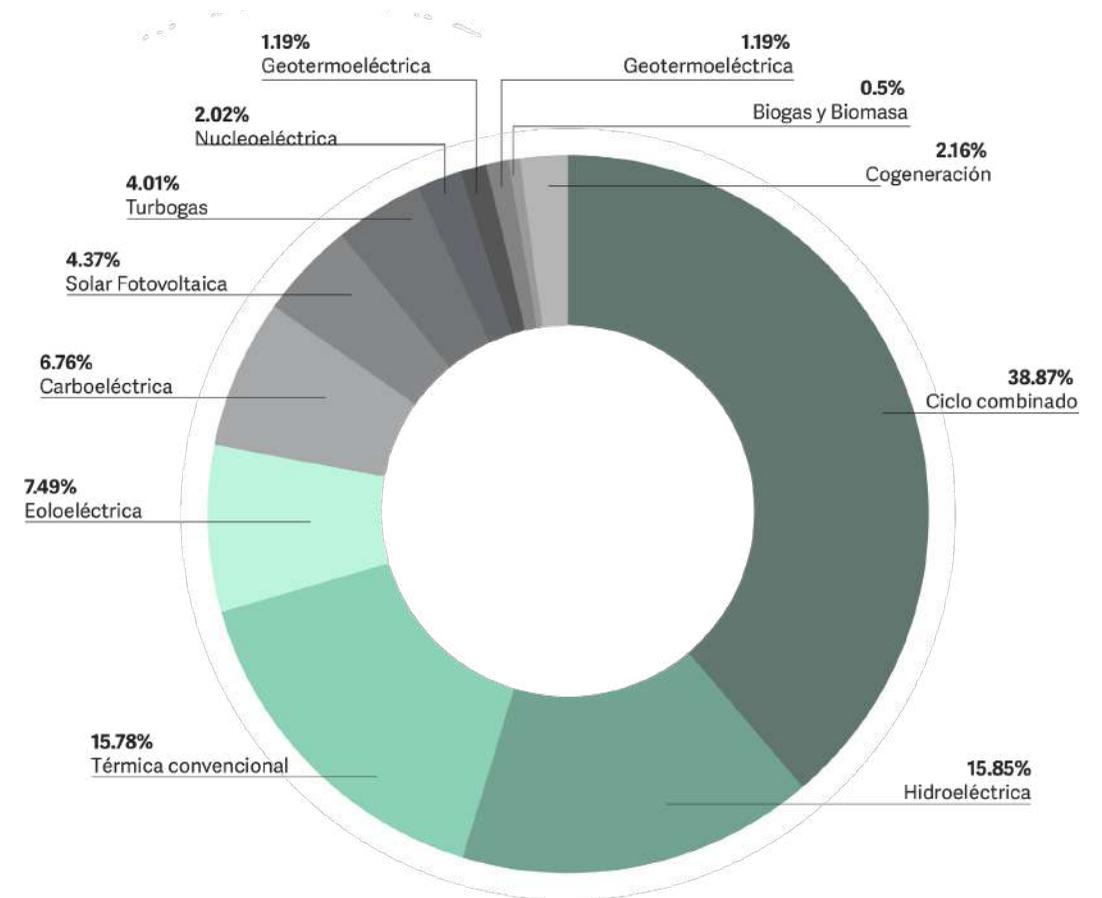
A nivel nacional el consumo per cápita de energía en el país es de 69.96 GJ/habitante y el consumo de energía eléctrica per cápita es de 2,259.9 kWh/habitante (SENER, 2019).

Figura 15. Balance Nacional de Energía: Consumo final energético total por combustible PJ



Fuente: Sistema de Información Energética, 2021

Figura 16. Generación eléctrica en México por tecnología, 2019



Fuente: SENER, 2021

Emisiones de Gases de Efecto Invernadero

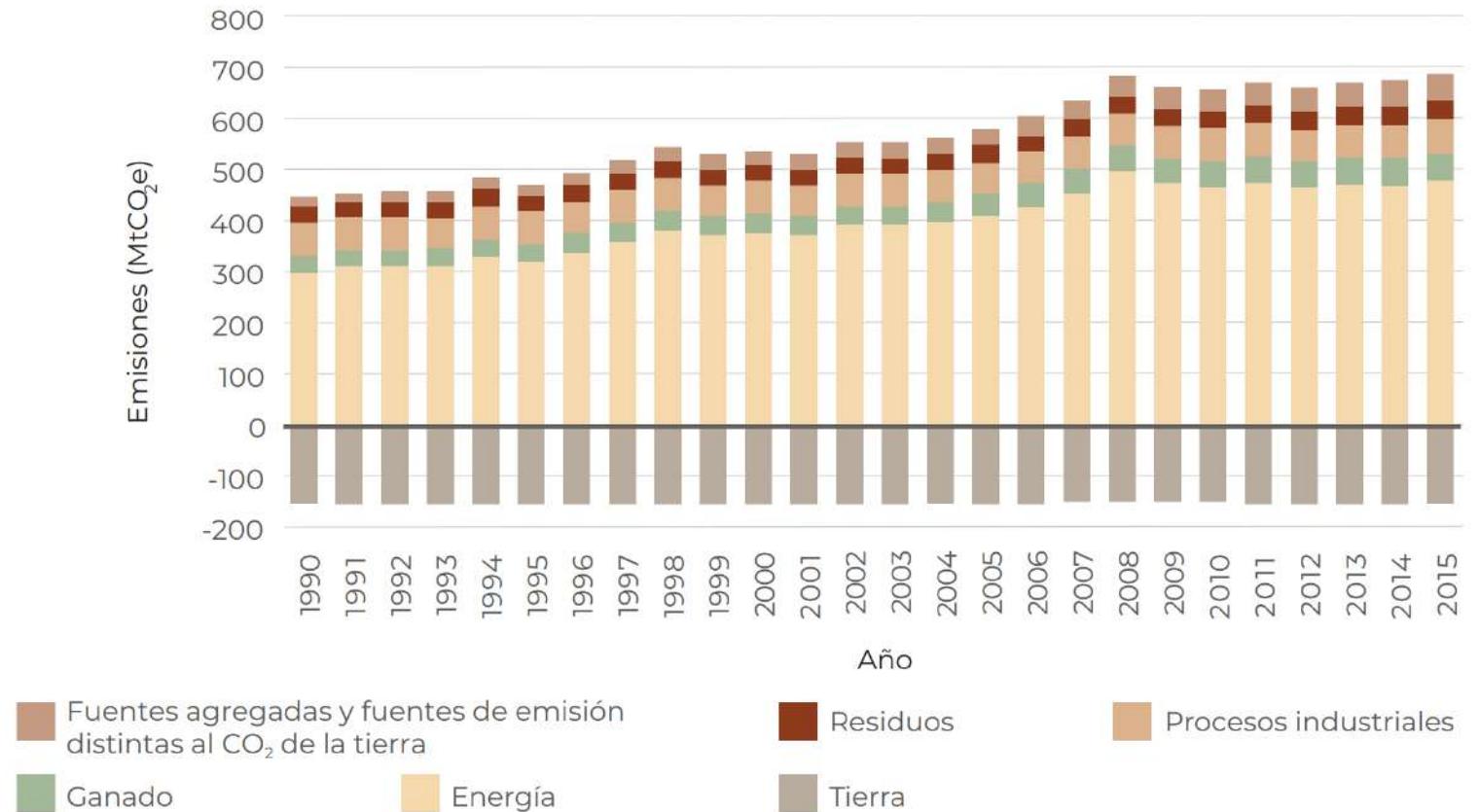
El **Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero** permite identificar y conocer las emisiones que se originan en el país derivadas de las actividades humanas. Es un instrumento que contribuye al diseño de políticas de reducción de emisiones, al identificar las principales fuentes, así como el papel de los ecosistemas para la captura de éstas.

El inventario considera las emisiones de dióxido de carbono, metano, óxido nítrico, hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos, hexafluoruro de azufre y carbono negro, en este caso, para el periodo de 1990 a 2015. Se identificó que el gas más relevante es el dióxido de carbono con un 71% del total, posteriormente el metano con un 21% de las emisiones.

El equivalente de dióxido de carbono (CO₂e), es una medida en toneladas de la huella de carbono. El CO₂ es el más conocido y prevalente, por lo que esta medida ayuda a contextualizar el efecto del resto de los gases de efecto invernadero, a los que se considera causantes del calentamiento del planeta. Como unidad se utiliza tCO₂e que supone un volumen de emisión de gas de efecto invernadero equivalente a una tonelada de CO₂ (IPCC, 2013).

En la siguiente gráfica, se describen algunos porcentajes identificados. Asimismo, se contabilizaron 148 MtCO₂e absorbidas por la vegetación, en su mayoría por bosques y selvas. Derivado de ello, el balance neto entre emisiones y absorciones para 2015 fue de 535 MtCO₂e. Si se considera el año de 1990, las emisiones de GEI fueron 445 MtCO₂e en todo el país. Por lo que, las emisiones en México aumentaron un 54% en el periodo de 1990 a 2015, con una tasa de crecimiento anual (TCMA) de 1.7% (INECC, 2018).

Figura 17. Emisiones nacionales anuales de CO₂ equivalente por sector



Fuente: SEMARNAT, 2019

Eficiencia Energética

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 fotovoltaica cerca de las personas usuarias finales contribuye también a este objetivo y, además, puede generar ingresos para los consumidores durante periodos de baja demanda.

La Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ), en conjunto con CONECC, publicaron en 2020 un estudio de los co-beneficios de la eficiencia y transición energética en México, donde se encontró que las medidas de eficiencia energética en hospitales y escuelas públicas, ofrecen medios para reducir el gasto público relacionado con la energía. 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 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 Plan Nacional de Desarrollo, como reducir el gasto público innecesario para aliviar el déficit presupuestario y liberar recursos del gobierno para programas de bienestar social.

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 tCO₂e 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 tCO₂e anualmente. 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 tCO₂e por año y permitir ahorros de costos de energía de poco menos de 14 millones de pesos anuales.

Tabla 1. Opciones de ahorro y generación de energía para escuelas y hospitales: niveles de análisis

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 la 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 fotovoltaica (FV)	Además de medidas de Nivel 2: instalar sistema FV interconectado a la red, iluminación de panel solar exterior

Fuente: CONECC, 2020

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. Los resultados muestran que 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 costos (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, 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 toneladas de dióxido de carbono equivalente al año 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 toneladas de dióxido de carbono equivalente anuales.

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 toneladas de dióxido de carbono equivalente 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.

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 MegaWatts Hora 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 2. Resultados nacionales para escuelas hospitales públicos: ahorro de costos, ahorro de energía y potencial de mitigación

Tipo de Edificio	Nivel de EE y ER	Potencial de ahorro de energía (MWh/año)	Potencial de ahorro en costos de energía (m de pesos/año)	Inversión (m de pesos)	Periodo de retorno de inversión (años)	Potencial de mitigación (ton CO ₂ 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
	Nivel 1+3	1,201.56	2,269.54	5,357.87	2.36	633,218
Escuelas Públicas Primarias y Secundarias	Nivel 1	333.76	822	5.5	0.006	193,643
	Nivel 2	811.16	1,997	2,596.4	1.3	470,626
	Nivel 3	1,752.86	4,315	21,667.7	5.021	533,817
	Nivel 1+3	2,086.62	5,137	21,673	4.219	1,197,821

Fuente: CONECC, 2020

Figura 18. Principales ahorros de energía y potenciales de mitigación en escuelas y hospitales públicos

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

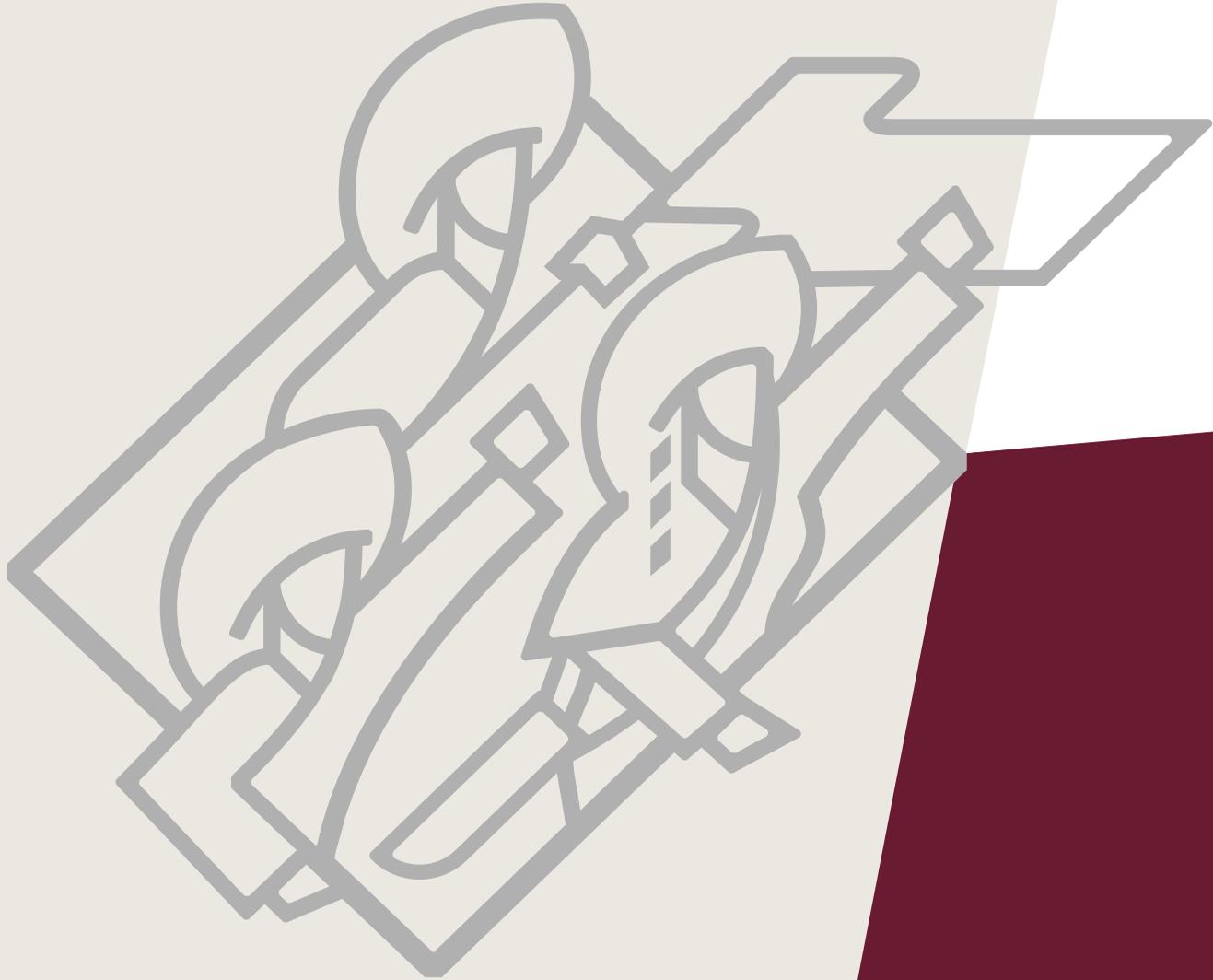
5,137 millones de pesos mexicanos/año ahorrados en 111,672 escuelas públicas

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.

Fuente: CONECC, 2020



Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.

Diagnóstico Energético Estatal



Secretaría de
Medio Ambiente,
Desarrollo Sustentable y
Ordenamiento Territorial

Introducción

La finalidad del Diagnóstico Energético es dar a conocer información relevante en materia de energía, que sirva de base para entender el contexto energético actual del Estado de Puebla. Este entendimiento, a su vez, fundamenta la definición de objetivos y líneas de acción que permitirán la aceleración de la transición energética dentro del estado.

El Diagnóstico Energético presentado a continuación se basa en el enfoque sistémico del sector energético de Puebla, el cual se puede entender a través del concepto de la cadena energética.

Los apartados restantes de esta sección están comprendidos por una breve descripción de las características generales del estado y su población, los Resultados y los Indicadores. Las Características generales y población recopilan información sobre la localización del estado, su clima, su población y su PIB. Los Resultados muestran la información energética de Puebla siguiendo el enfoque sistémico de la cadena energética. Los Indicadores contienen información que se genera a partir del tratamiento de los Resultados y que permite comprender cómo se entrelazan los Resultados con el contexto energético y socioeconómico de Puebla. Al final del documento se añade un Anexo Metodológico que contiene la descripción de cómo se obtuvo y trató toda la información, tanto la de los Resultados como la de los Indicadores.

La cadena energética es un sistema en el que los recursos naturales son extraídos o captados para ser transformados, dando origen a recursos energéticos cuya utilidad es la de satisfacer las necesidades de la población. De forma general, la cadena se divide en 3 pasos:

1. Extracción o captación. En este paso, los recursos naturales tales como el petróleo o el carbón mineral son extraídos de los yacimientos en donde se encuentran. En el caso de recursos como la irradiación solar, la velocidad del viento, el movimiento del agua o el calor de la tierra, se dice que los recursos son captados. En cualquier caso, estos recursos son obtenidos debido a su contenido energético por lo cual se les conoce como energéticos primarios.

2. Transformación y transmisión. En este paso, los energéticos primarios son sometidos a uno o varios procesos de transformación para potenciar su capacidad energética para satisfacer las necesidades de la población. La refinación del petróleo o la generación de energía eléctrica da como resultado los energéticos que pueden ser utilizados de forma más fructífera en los dispositivos que satisfacen las necesidades. Así, la gasolina, el diésel, el gas seco o la electricidad (por mencionar algunos) son conocidos como energéticos secundarios. De igual manera, en esta fase los recursos energéticos se mueven o transmiten hacia su lugar de consumo final.

3. Consumo. En este último paso, los energéticos secundarios son usados en dispositivos, aparatos, máquinas o equipos que los necesitan para poder funcionar y realizar la tarea para la que fueron creados, satisfaciendo así las necesidades humanas.



Características Generales y Población

El estado de Puebla está ubicado en el altiplano central de México, cerca de cuatro volcanes, 2,160 metros sobre nivel del mar en el centro oriente del territorio mexicano, colinda al este con el estado de Veracruz, al poniente con los estados de Hidalgo, México, Tlaxcala y Morelos y al sur con los estados de Oaxaca y Guerrero. Los climas dominantes en el territorio poblano son los climas templados, con diversos grados de humedad. La tercera parte del territorio posee un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. En esta porción del territorio poblano las temperaturas anuales son de 16° en promedio, y la pluviosidad oscila entre los 600 y 800 mm anuales. La estación más lluviosa es el verano (BUAP, 2021).

Tiene 6,583,278 habitantes, de las cuales 3,423,163 son mujeres (52%) y 3,160,115 (48%) son hombres, siendo el quinto estado con el mayor número de habitantes (INEGI, 2020a). La ciudad de Puebla Zaragoza es la capital del estado, es una ciudad es muy turística por su histórica, tiene una gran industria automotriz, y un gran número de universidades.

Según datos de la CONEVAL (CONEVAL, 2018) en 2018 el 58.9% de la población (3,763.7 miles de personas) se encuentran en situación de pobreza moderada y el 8.6% (551.9 miles de personas) en pobreza extrema. La población vulnerable por carencias sociales alcanzó un 23.2%, mientras que la población vulnerable por ingresos fue de 6.1% (391.2 miles de personas).

Desde 1980, la población habitante en las zonas urbanas ha aumentado y para 2010, el 76.4% de la población del estado era urbana y su densidad poblacional es de 192 personas por kilómetro cuadrado. (SEMARNAT, 2021).

Figura 19. Habitantes por rangos de edad y sexo en el estado de Puebla.

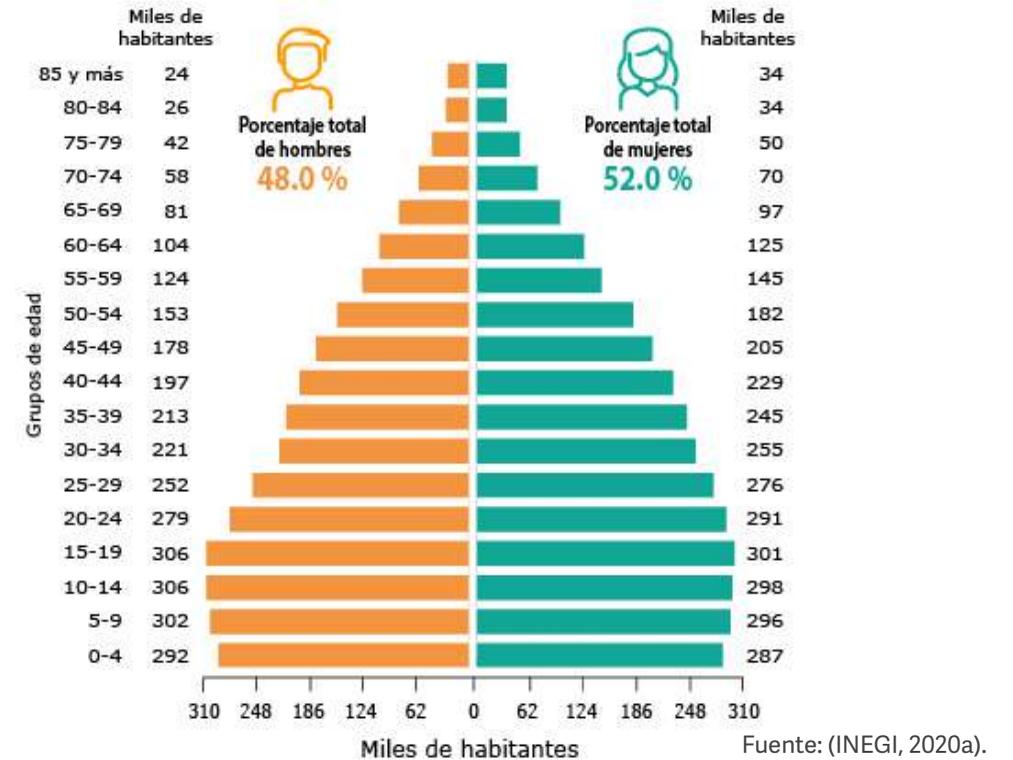
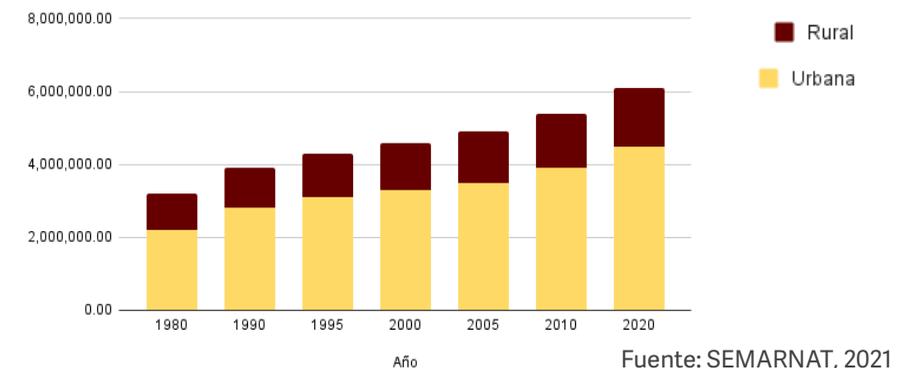


Figura 20. Población rural y urbana del Estado de Puebla.



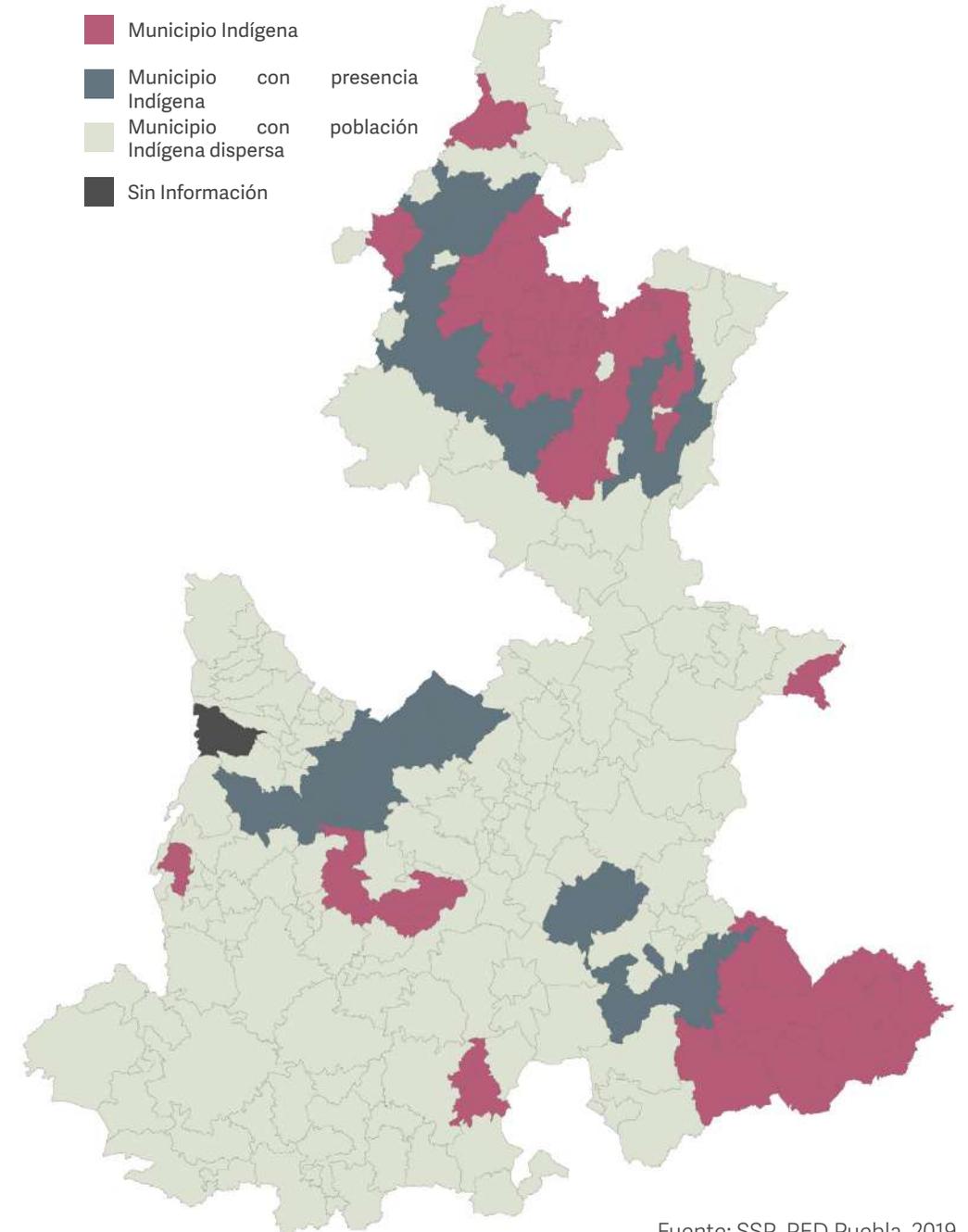
En el Estado de Puebla, de acuerdo al Censo de Población y Vivienda Puebla emitido por INEGI en 2020, la población indígena asciende a **1,043,116 habitantes**, de los cuales 501,074 son hombres y 542 042 son mujeres. En el Censo, se aclara que **se identifica como población indígena a las personas en viviendas donde la jefa o jefe de familia o sus ascendientes, declararon hablar alguna lengua indígena** (INEGI, 2020).

Con base en el Instituto Poblano de los Pueblos Indígenas (2019), en la Entidad existen 7 lenguas indígenas: Nahuas, Totonacas, Mixtecos, N´giwa, Mazatecos, Otomíes y Tepehuas, quienes se encuentran en cuatro de las siete regiones del Estado. aúñado a lo anterior, los resultados del Censo INEGI 2020 arrojan una población total de hablantes de 615,622 de alguna lengua indígena, equivalente al **9.9% de la población total, es decir, 1.6% menos que el Censo de 2010** (INEGI, 2020).

En este sentido Puebla, por el número de hablantes son importantes las lenguas náhuatl (73%) y el totonaco (16.8%), las que representan 89.8% de la población Hablante de Lengua Indígena (HLI) en la entidad; las restantes son: Mazateco (2.9%), Popoloca (2.6%), Otomí (1.6%) y Mixteco (1.3%); el Tepehua está prácticamente extinto en la entidad y superado por HLI de otras entidades, como Oaxaca (Zapoteco, Cuicateco y Chinanteco). La HLI representa el 11.3 por ciento del total de la entidad, con lo que ocupa el cuarto lugar a nivel nacional. Sin embargo, en la categoría de autoadscripción, el 35.3 por ciento del total de la población se considera indígena (2.1 millones de habitantes) y superan a la población Hablante de Lengua Indígena. Por sexo, el número de mujeres que se considera indígena (1.1 millones) es mayor que el de hombres (1 millón).

En el Estado de Puebla, de acuerdo al Plan Estatal de Desarrollo 2019-2024, el eje 4 "Disminución de las Desigualdades", Eje Transversal "Cuidado Del Medio Ambiente Y Atención Al Cambio Climático", establece la línea de acción 6 "Promover acciones para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales de los pueblos indígenas.". Por otro lado, en cuanto a los enfoques transversales, la línea de acción 9 señala "Promover mecanismos que propicien la capacidad adaptativa de los pueblos indígenas ante el cambio climático", y la línea 14 estipula "Desarrollar capacidades de adaptación en servicios ecosistémicos para mitigar el cambio climático aprovechando los saberes de los pueblos indígenas".

Figura 21. Municipios con poblaciones indígenas en el estado

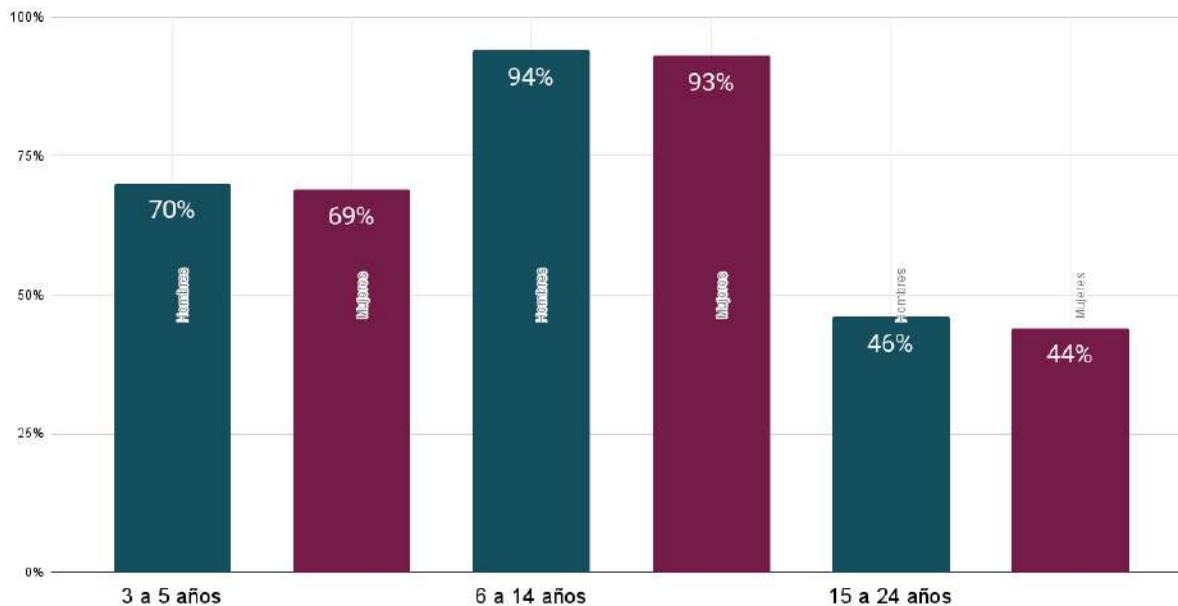


Fuente: SSP, PED Puebla, 2019

Puebla ocupa el 7º lugar con el menor grado de escolarización, en la población de 15 del país, con un promedio de 9.2, lo que significa que la población de esta edad tiene un poco más que la secundaria. Por otra parte, de cada 100 personas de 15 años en adelante, 6 no tienen ningún grado de escolaridad, 52 tienen la educación básica terminada, 22 finalizaron la educación media superior y solo 19 concluyeron la educación superior y en general, la asistencia escolar en todos los rangos de edad es mayor en las mujeres (INEGI, 2020a).

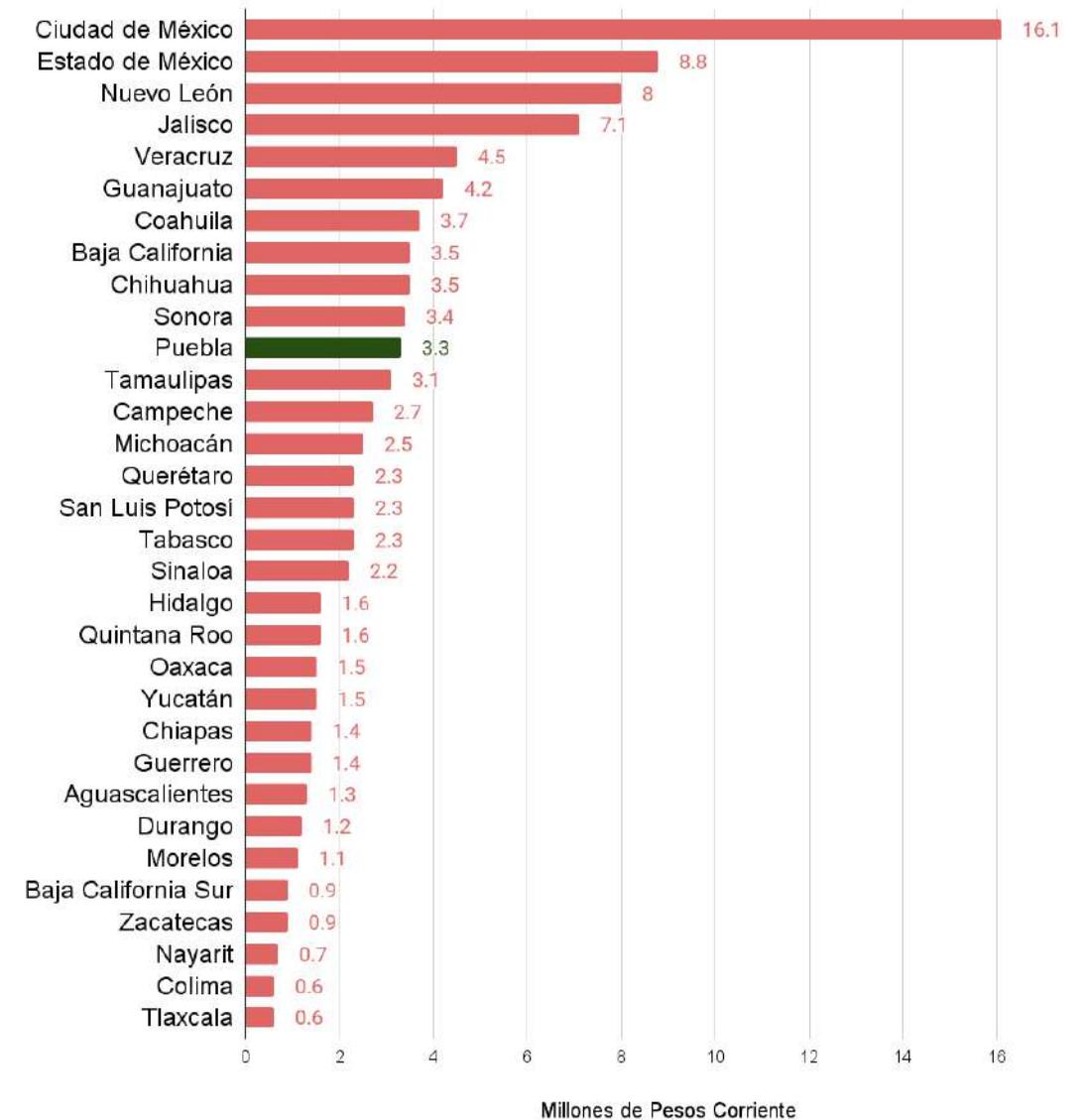
Para el año 2019 el PIB fue de 765,629 millones de pesos siendo el séptimo estado con mayor aportación al PIB del país. En actividades primarias aporta el 8.5% del PIB, siendo el octavo lugar que más aporta en esta actividad. No tiene aportación importante en las actividades secundarias, ni en las terciarias. Y para el año 2020 su PIB disminuyó en un 0.8% respecto al año anterior (INEGI, 2020a). Las actividades primarias aportan el 4.1% del PIB, las secundarias el 35.2% y las terciarias el 60.8%.

Figura 22. Asistencia escolar en el estado de Puebla, por grupos de edad y sexo en 2020



Fuente: (INEGI, 2020a).

Figura 23. Producto interno bruto por entidad federativa en 2019



Fuente: (INEGI, 2020a).

Resultados

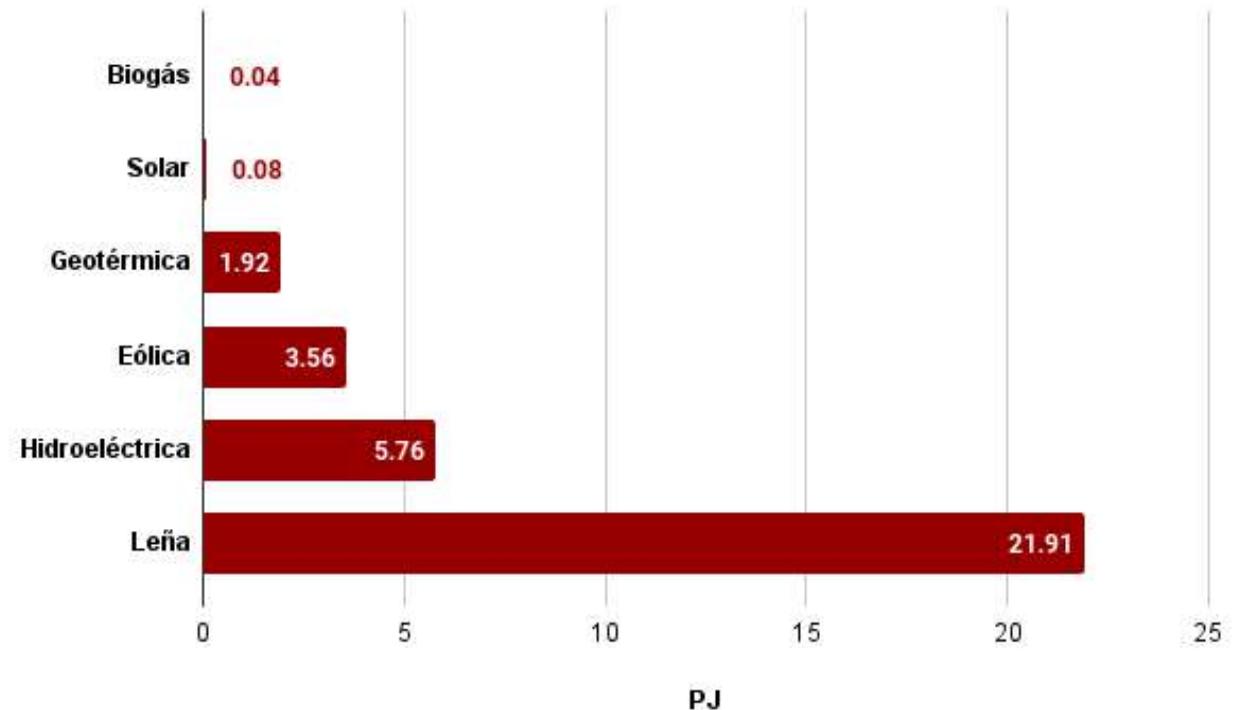
En este apartado se muestra la información energética del estado de Puebla siguiendo el concepto de la cadena energética. En primer lugar, se muestra la producción de energéticos primarios dentro del territorio. Como se puede apreciar, toda la producción consiste en la captación de las energías renovables para la generación eléctrica en centrales de gran escala o de generación distribuida. También se cuenta con la extracción de leña.

Después se presenta toda la transformación de energéticos primarios a secundarios que ocurre en Puebla. Esta etapa de la cadena energética se da por completo en las centrales eléctricas, debido a que Puebla no cuenta con refinerías ni centros procesadores de gas. Es por ello que se muestra la capacidad instalada por tipo de tecnología y de permiso de generación, así como un mapa de su ubicación. También se presenta la estimación de la generación de energía eléctrica por tipo de tecnología y un diagrama de Sankey que integra no solo la generación dentro del estado sino las importaciones de electricidad a través de las líneas de transmisión.

Además, este diagrama permite apreciar las pérdidas en transformación y distribución y el consumo de energía eléctrica en los sectores productivos. Posteriormente, se presenta la capacidad instalada en cada municipio de Puebla de centrales eléctricas fotovoltaicas en modalidad de generación distribuida, así como la estimación e la generación de energía que dichas centrales tuvieron.

Por último, se presenta el consumo de energía dentro del estado. En primer lugar, el gráfico de barras del balance de energía de Puebla muestra la relación entre la producción interna de energía, las exportaciones e importaciones que sirven para la satisfacción del consumo total de energía, cuya desagregación sectorial también se muestra en el mismo gráfico. Luego, una gráfica de pastel sirve para identificar la proporción que tiene cada sector productivo dentro del consumo total estatal de energía. De este diagrama se desprenden gráficos de barras para indicar qué tipo de combustibles (y sus cantidades) se utilizan en cada sector. Finalmente, el sector industrial se desagrega en sus subsectores para mostrar la proporción del total de energía del sector que ellos consumen.

Figura 24. Producción de energéticos primarios en el estado en 2019, en PJ



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la (SENER, 2018a), (SENER, 2019a), (CRE, 2020), (CRE, 2021a) y (Masera, 2010). Producción de energéticos primarios: Se refiere a la energía extraída o captada de la naturaleza dentro del territorio estatal. No se considera ninguna eficiencia en la captación de energía. Por lo tanto, la producción de renovables es igual al monto de energía que se genera a partir de



Transformación – Capacidad de generación

Tipos de permisos:

Generación: Permisos dentro del marco de la LIE.

CFE: Centrales pertenecientes a CFE Generación

Cogeneración: Permisos dentro del marco de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) y que se mantienen vigentes como permisos legados dentro de la LIE. Aprovechan el calor de proceso para la generación eléctrica.

Autoabastecimiento: Permisos dentro del marco de la LSPEE y que se mantienen vigentes como permisos legados dentro de la LIE. Utilizan la infraestructura de transmisión y distribución para transportar la energía desde sus centros de generación hasta sus centros de consumo.

Usos propios: Permisos dentro del marco de la LSPEE y que se mantienen vigentes como permisos legados dentro de la LIE. Generación en sitio sin interconexión al sistema

Figura 25. Capacidad instalada por tecnología en centrales de generación en Puebla a diciembre de 2020.

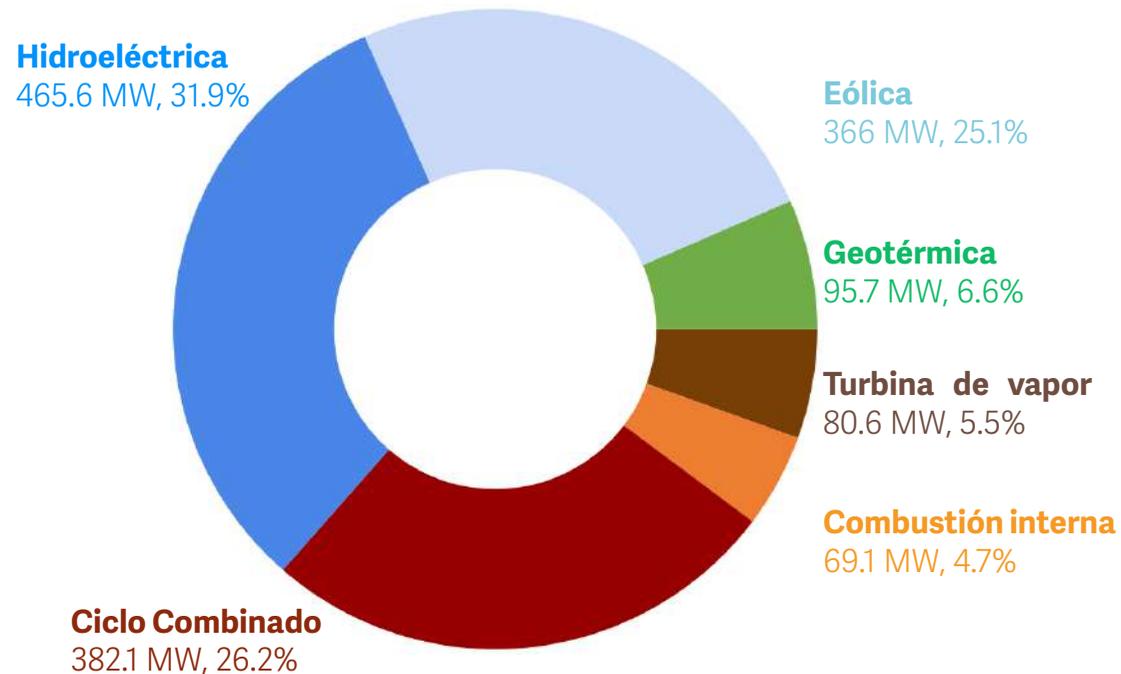
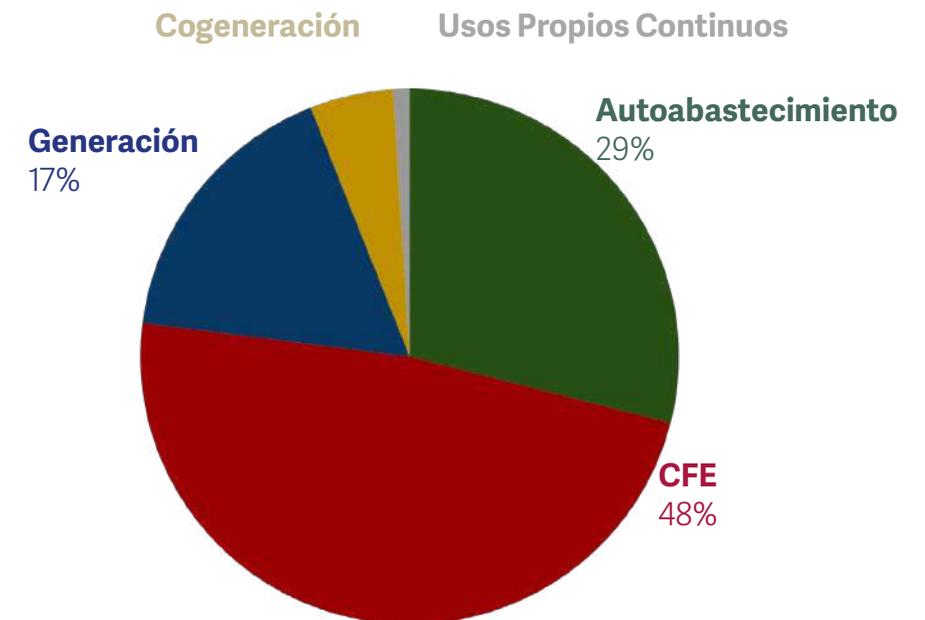


Figura 26. Capacidad instalada por tipo de permiso en Puebla a diciembre de 2020.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2020), (SENER, 2018a) y (SENER, 2019).

Transformaciones – Cadena energética de la electricidad

Es importante señalar que actualmente se están construyendo las primeras centrales fotovoltaicas a gran escala del estado. Una de ellas es propiedad de Iberdrola Renovables Norte S.A de C.V. con una capacidad de 220.8 MW. La otra es la central fotovoltaica Pachamama II, propiedad de ENR NL S.A. de C.V, con otros 330 MMW.

Así, es de esperarse que para finales de 2021 y en 2022 la generación solar aparezca en el estado, con hasta 560.7 GWh al año para el caso de la central de Iberdrola y 981.395 GWh anuales para el caso de la central de ENR NL.

La generación anual por tecnología en el Estado de Puebla, proviene en gran cantidad de plantas de ciclo combinado, siguiendo la turbina hidráulica, después la eólica, la geotérmica y por último las plantas de turbogas. Cabe mencionar que va en aumento la generación de energía en plantas geotérmicas y la eólica ha tenido un aumento significativo del 2016 al 2017 y de ahí se ha mantenido. La generación eléctrica en el año 2019 es de aproximadamente de 7,000 GWh.

Figura 27. Generación eléctrica por tecnología de 2016 a 2019.

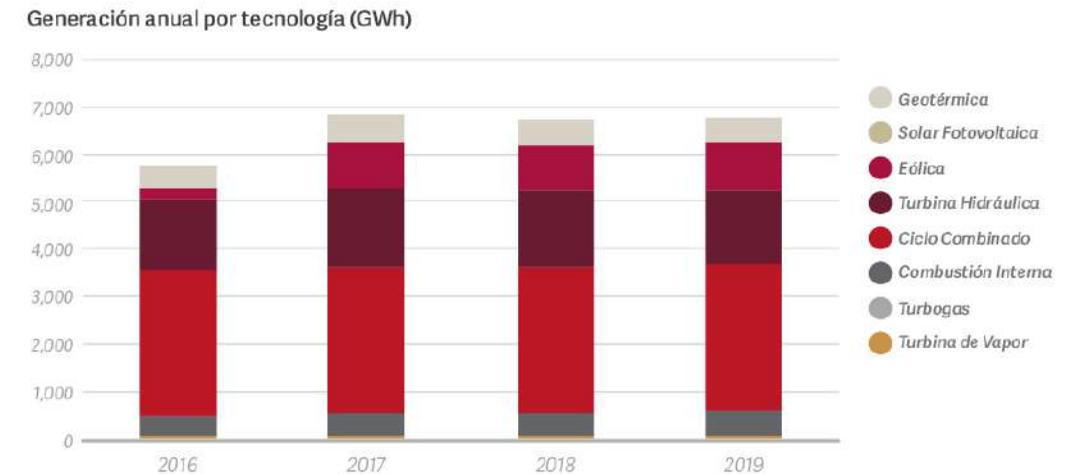
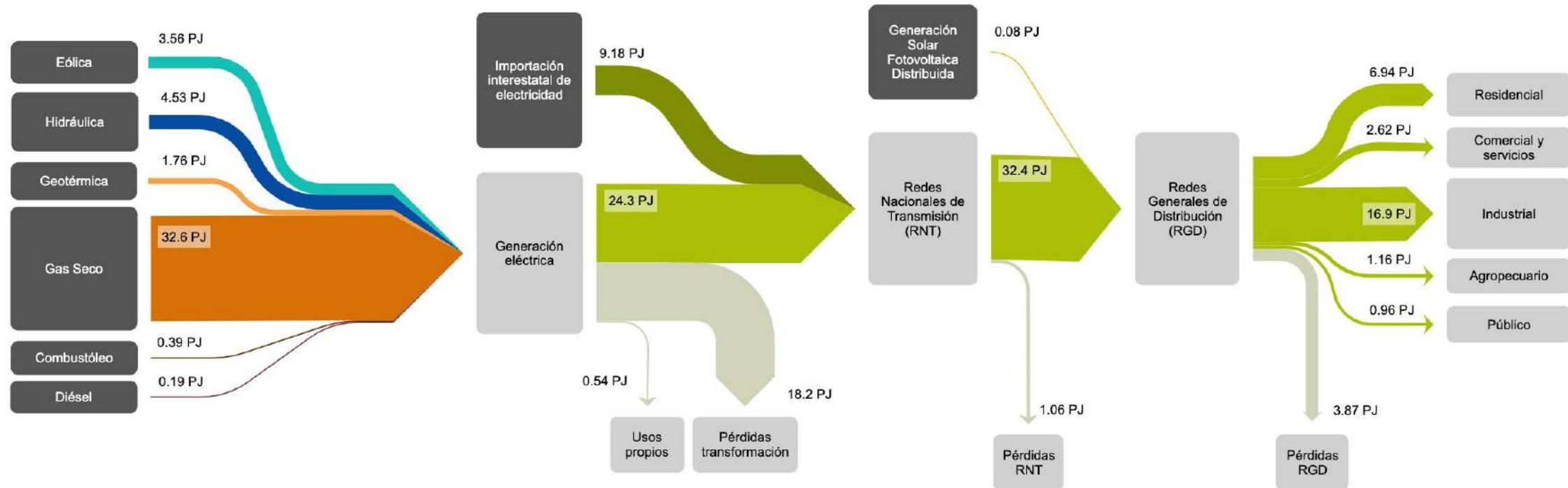


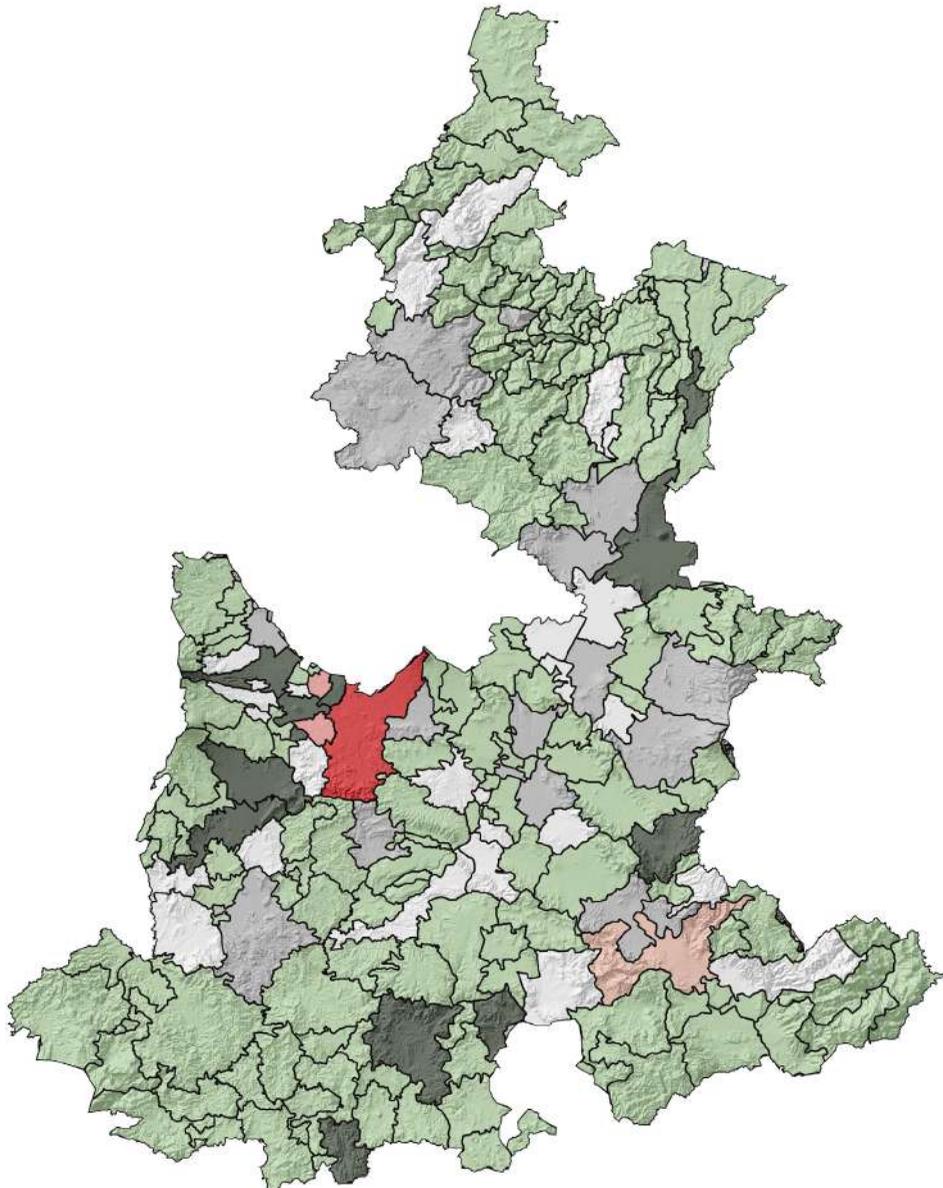
Figura 28. Cadena energética de la electricidad, representada por medio de un diagrama de Sankey.



Fuente: Elaboración propia según lo siguiente: Generación por tecnología, pérdidas de transformación, transmisión y distribución estimada a partir de (CRE, 2020), (SENER, 2018a), (SENER, 2019a). Distribución de la energía eléctrica para su consumo en los sectores a partir de información de (CFE, 2018b) y (CFE, 2019). RNT: Red Nacional de Transmisión. RGD:

Transformación – Generación Distribuida

Figura 29. Estatus de la generación distribuida en el estado



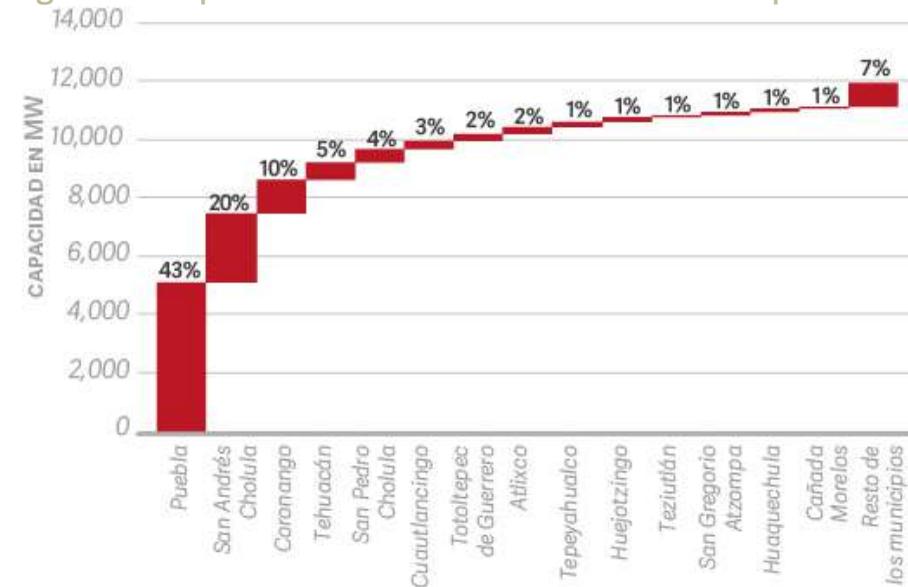
Fuente: Elaboración propia a partir de información de (CRE, 2021a) y factores de planta tomados de (SENER, 2018b).

Generación Distribuida: Según lo que establece la Ley de la Industria Eléctrica, la generación distribuida es la generación de energía eléctrica que se realiza por un propietario o poseedor de una o varias centrales eléctricas que se encuentren interconectadas a un circuito de distribución que contenga una alta concentración de centros de carga, y que no requieran ni cuenten con permiso para generar energía eléctrica.

Se le denomina **pequeños generadores** de energía distribuida a centrales eléctricas menores a 0.5MW ya que no requieren permiso para generar electricidad con el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), estos generadores pueden vender su electricidad y productos asociados a un suministrador de servicios básicos para lo cual la CRE(Comisión Reguladora de Energía) calculará las contraprestaciones aplicables.

La gráfica inferior muestra la capacidad instalada en cada municipio del estado como porcentaje del total. El municipio de Puebla cuenta con más del 40% de la capacidad del estado, seguido por San Andrés Cholula, con el 20%. La generación anual de energía se estimó a partir del factor de planta de acuerdo con información del AZEL.

Figura 30. Capacidad instalada acumulada en municipios de Puebla



Fuente: Elaboración propia a partir de información de (CRE, 2021a) y factores de planta tomados de (SENER, 2018b).

Consumo

El Balance de energía es un conjunto de relaciones de equilibrio que cuantifica los flujos del proceso de producción, intercambio, transformación y consumo final de energía, expresados en una unidad común Peta Joules (PJ), en un periodo anual dentro de un territorio estatal, municipal o regional. Este análisis es útil para la planeación del desarrollo sustentable de las diferentes áreas geográficas del país.

Esta información también es útil para el sector público, en la planeación de políticas públicas y el desarrollo sustentable del estado, sus regiones y municipios; para el sector privado, para conocer las áreas de oportunidad y de inversión del sector energético en la región; además para quienes deseen ampliar su conocimiento sobre el tema.

La oferta interna bruta es la suma de la producción interna más las importaciones menos las exportaciones, y el consumo final total es la suma del consumo de energía en cada sector del estado.

En la gráfica de Balance de Energía de Puebla 2019 (PJ) se muestra que el estado tiene un nivel de producción de energía bajo, el cual es de 33.19 PJ, comparado con su consumo de 219.67 PJ, cabe mencionar que debido a lo anterior, el Estado de Puebla no exporta energía a otros estados de la República. La producción de energía interna corresponde a un 15% y un 85% corresponde a energía importada, por lo cual se puede decir que el estado no es soberano energéticamente, lo cual, representa un riesgo potencial a la resiliencia del abasto energético.

En cuanto a la distribución de consumo por sectores se tiene el siguiente orden de mayor a menor:

- Sector Transporte - 80.16 PJ
- Sector Industrial - 80.02 PJ
- Sector Residencial - 49.29 PJ
- Sector Comercial y Servicios - 7.71 PJ
- Sector Agropecuario - 1.53 PJ
- Sector Público - 0.96 PJ

Figura 31. Balance de energía del estado de Puebla (PJ)

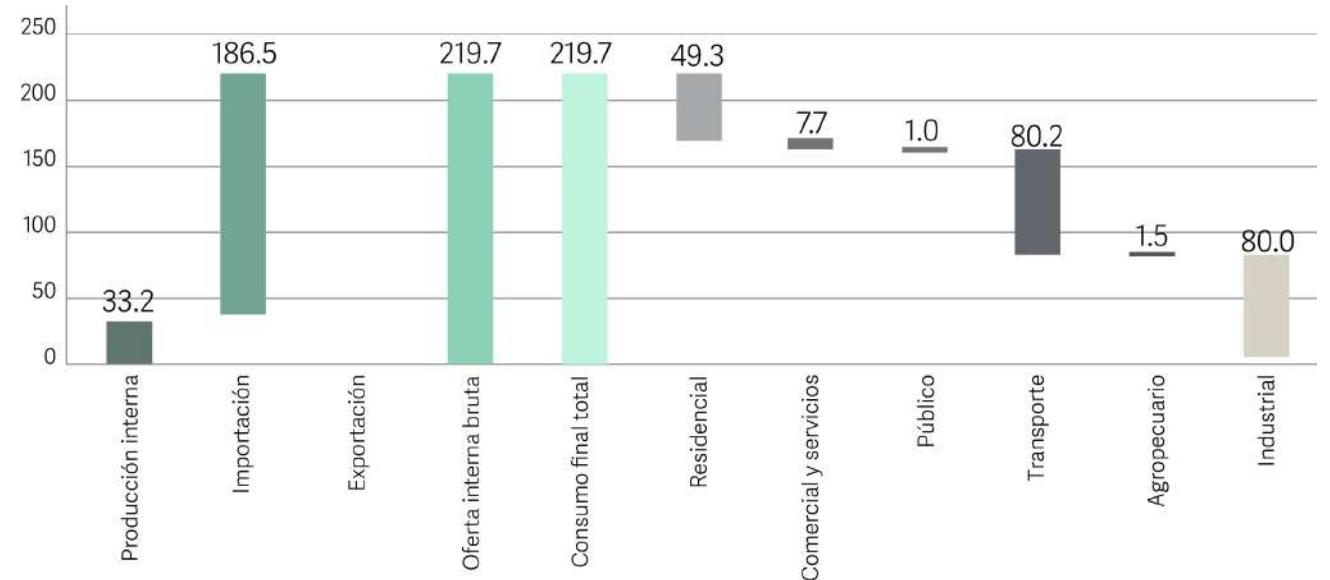
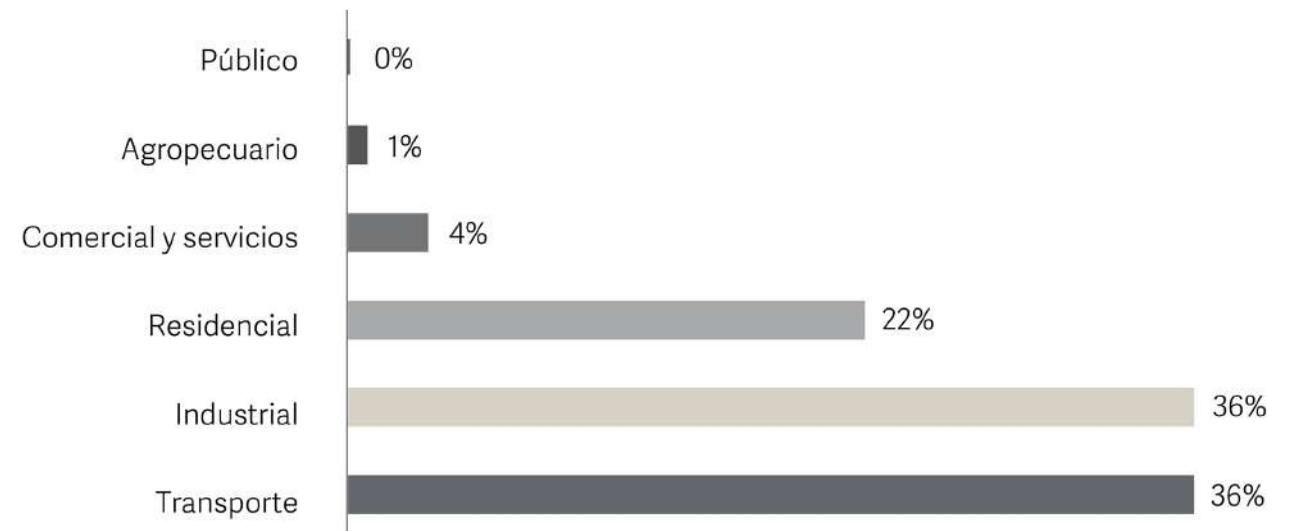


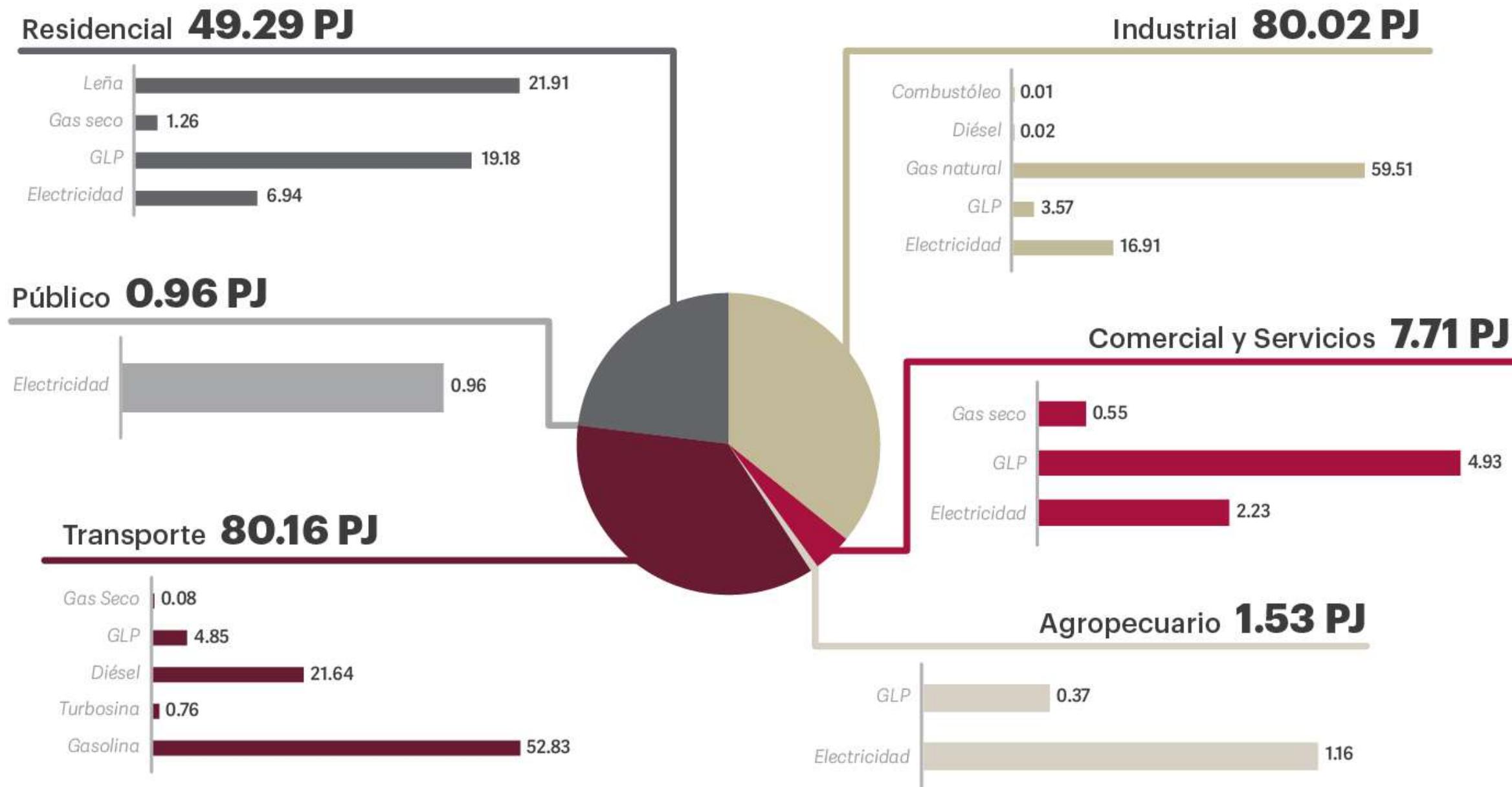
Figura 32. Distribución del consumo energético en el estado de Puebla por sectores en 2019



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos especificados en el Anexo Metodológico.

Fuente: ICM, 2021

Figura 33. Consumo de energía, en PJ, por tipo de energético en cada sector del estado para el año 2019.

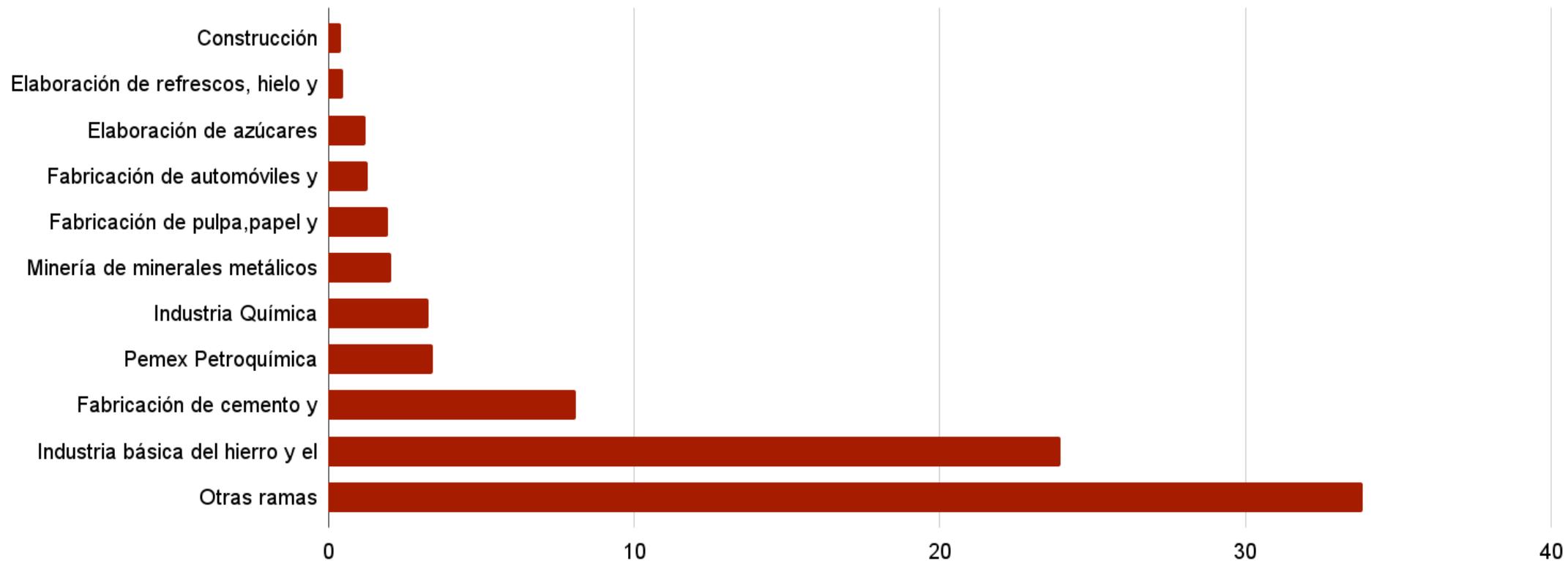


Fuente: Elaboración propia a partir del Balance de Energía de Puebla para el año 2019.

Se presenta en la Figura 33 Consumo de energía en PJ, por tipo de energético en cada sector del estado para el año 2019, que el sector que más consume energía es el transporte siendo las gasolineras lo que más se requiere para su funcionamiento, en segundo lugar se encuentra el sector industrial siendo el gas natural el que mayor demanda necesita para realizar los procesos de las empresas; en tercer lugar se encuentra el sector residencial siendo la leña la que mayor demanda representa siendo este un índice alarmante de consumo de bioenergéticos por los daños colaterales que este produce; el cuarto lugar es el comercio y servicios siendo el gas LP el que más se usa para negocios de comida, panadería, etc ya que es indispensable para poder ofrecer alimentos básicos para la población; en los dos últimos lugares tenemos al sector agropecuario y al sector público los cuales tienen en común el gran uso de electricidad tanto para el mantenimiento de especies agrícolas como para la seguridad social con el alumbrado público.

En la Figura 34 se muestra el consumo de energía de cada uno de los subsectores que componen al sector industrial y su participación en el consumo total del sector según la clasificación del INEGI). En el estado de Puebla, el sector industrial es el segundo que requiere mayor demanda de energía, el subsector de la industria que más consume energía es la agrupación de otras ramas y en segundo lugar esta la industria del hierro y acero ya que como se puede observar en la gráfica es una diferencia notable de consumo más que otros subsectores, esta industria incluye el funcionamiento de altos hornos, la fabricación de productos primarios de hierro y acero (barras, perfiles, bobinas y alambrones) y su fundición. En tercer lugar es la industria de fabricación de cementos, esto se debe a la preparación de la materia prima y los hornos de calentamiento.

Figura 34. Consumo energético subsectorial del sector industrial, en PJ, para el año 2019.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (SENER, 2019b) e (INEGI, 2021a).

Indicadores

Este apartado presenta al lector distintos indicadores que sirven para tener una comprensión más profunda del contexto energético de Puebla.

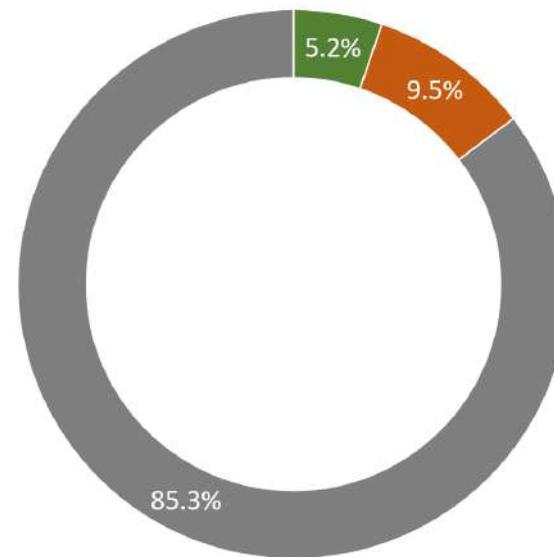
Primeramente, se muestran indicadores sobre la fuente del consumo energético. Estos no son más que la proporción que tienen las energías renovables, fósiles o la leña dentro del consumo total de energía del estado.

Después se muestran indicadores económicos sin relación directa con la energía. Estos son: el PIB desagregado por tipo de actividad (primaria, secundaria o terciaria), las 3 principales actividades económicas y la participación del PIB estatal dentro del PIB nacional.

Otro conjunto de indicadores que se muestran tiene que ver con la eficiencia energética, incluyendo la desagregación de la intensidad energética. Ésta señala la relación entre el consumo de energía y la producción económica. A mayor intensidad energética más energía se requiere para producir 1 peso dentro del estado, por lo que una mayor eficiencia disminuirá el valor de este indicador. Se muestra de forma desagregada para los 3 sectores que aportan al PIB: industria, agropecuario, y comercio y servicios. De igual forma se presentan indicadores relacionados con la eficiencia para el sector residencial y el transporte. Estos son el consumo de energía en el sector residencial per cápita y el consumo de energía para vehículos terrestres dividido entre el número de estos vehículos.

Finalmente, en materia de aspectos sociales, se presenta el índice de pobreza energética, el cual se refiere al porcentaje de hogares con privación de bienes económicos que sirven para la satisfacción de necesidades absolutas.

Figura 35. Distribución de la generación energética en el estado de Puebla por tipo en 2019



5.2%
Energías renovables como porcentaje del consumo final

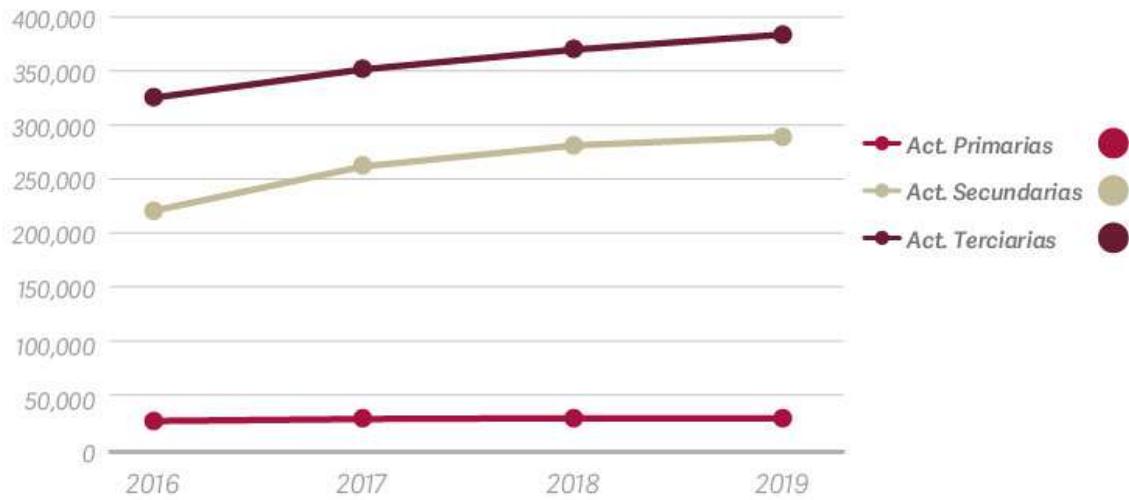
85.3%
Dependencia a los combustibles fósiles

9.5%
Participación de la leña en el consumo estatal de energía

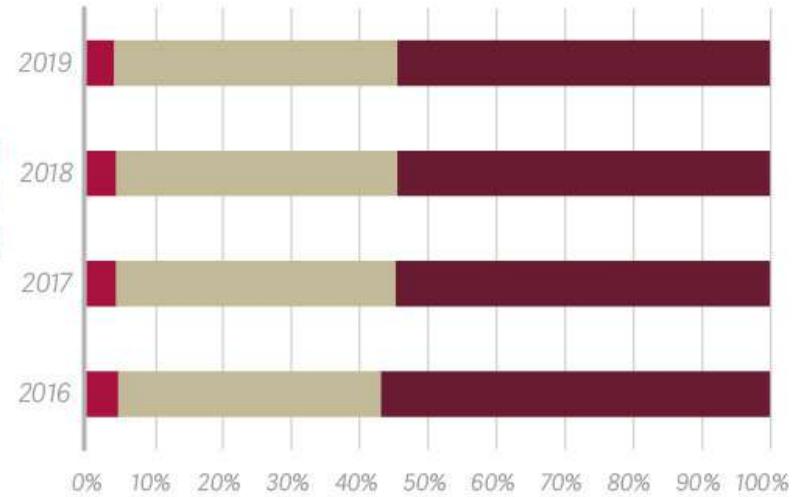
Economía

Figura 36. Indicadores económicos del estado.

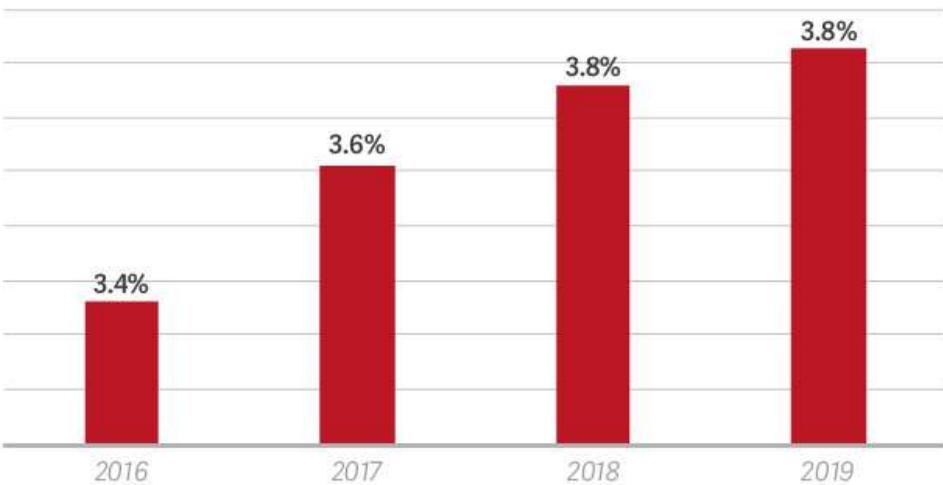
PIB por actividad (Millones de pesos)



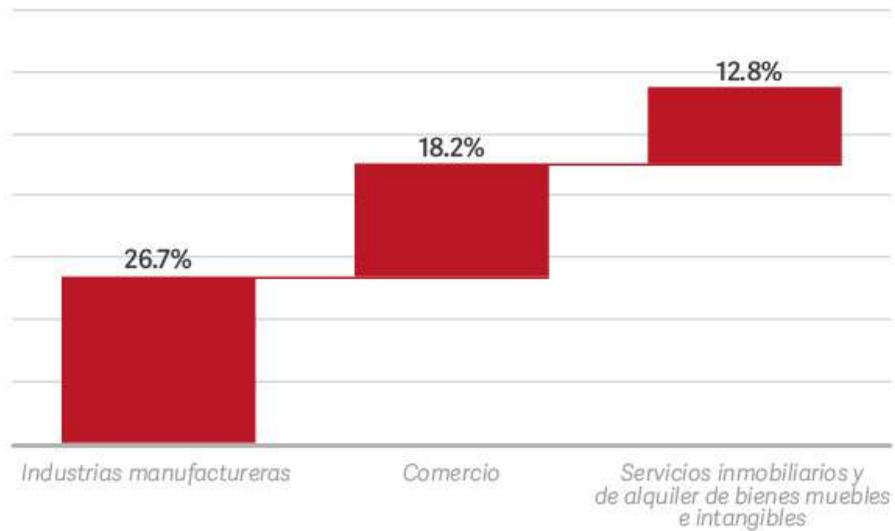
PIB por actividad (%)



PIB por actividad (Millones de pesos)



Principales actividades en participación de PIB Puebla 2019 (%)



Fuente: Elaboración propia a partir de información del (INEGI, 2021b). Las actividades terciarias no consideran actividades de transporte ni de



Eficiencia Energética

De acuerdo con la Ley de Transición Energética, la eficiencia energética son todas las acciones que conlleven a una reducción, económicamente viable, de la cantidad de energía que se requiere para satisfacer las necesidades energéticas de los servicios y bienes que demanda la sociedad, asegurando un nivel de calidad igual o superior.

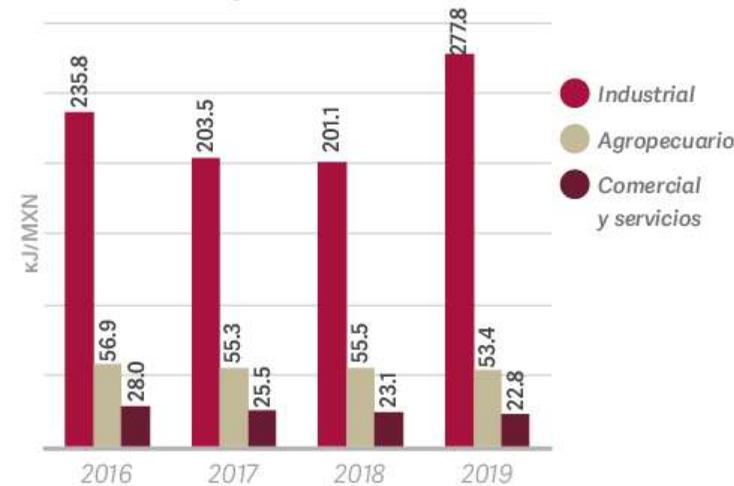
En la figura 37, se hace mención los indicadores de intensidad energética sectorial en donde la intensidad energética es la razón de la energía consumida por el sector entre el PIB generado por éste. Así pues "Nación" se refiere a las cuentas nacionales y por lo tanto, incluye a Puebla. No existen datos nacionales para 2019.

En la primer gráfica se puede observar que la mayor intensidad energética se encuentra en el sector industrial, siguiéndole el sector agropecuario y por último el sector comercial y servicios. El sector industrial en Puebla cuenta con un gran potencial para optimizar su consumo energético en procesos, lo cual representaría una enorme cantidad de dinero en ahorros, así como reducción de emisiones contaminantes por la aplicación de medidas de eficiencia energética.

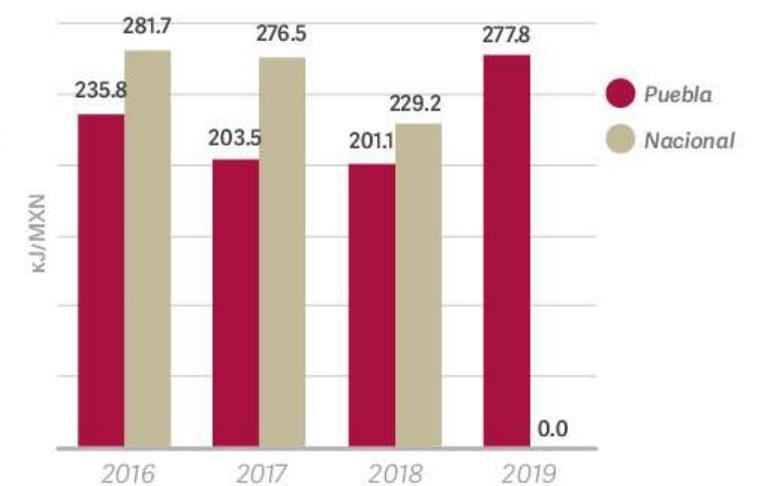
En cuanto a la segunda gráfica, se muestra que el sector industrial de Puebla es más eficiente que el sector industrial nacional. Lo mismo ocurre en la cuarta gráfica en donde se refleja que el sector agropecuario tiene un mayor uso eficiente que el nacional. Por el contrario, el sector comercial del estado es menos eficiente que el sector comercial nacional en donde se puede identificar que es un área de oportunidad para la aplicación de medidas de eficiencia energética.

Figura 37. Indicadores de intensidad energética sectorial.

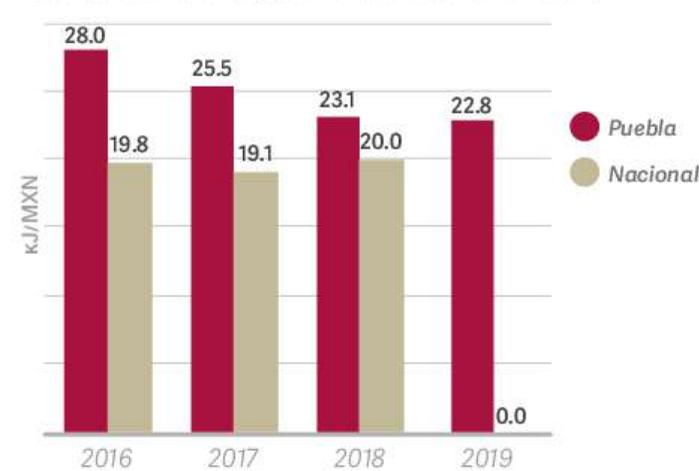
Intensidad energética por sector



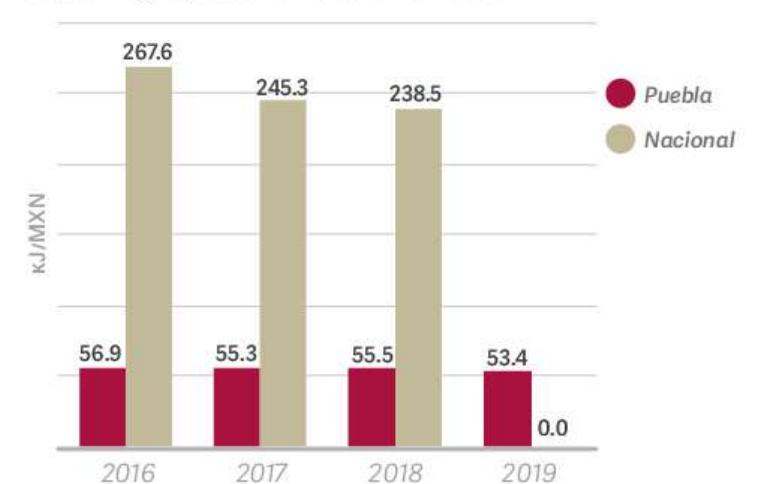
Sector Industrial Puebla vs Nació



Sector Comercial y servicios Puebla vs Nación



Sector Agropecuario Puebla vs Nación

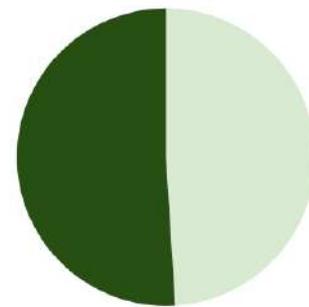


Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (INEGI, 2021c), (INEGI, 2021c) y el Balance de Energía de Puebla descrito en el Anexo Metodológico.

La energía por vehículo es la razón de la energía consumida por el sector transporte, exceptuando la turbosina, entre el número de vehículos terrestres registrados (automóviles particulares, motocicletas, camiones, autobuses, entre otros —no incluye trenes). Entre menos energía por kilómetro consume un vehículo, más eficiente será. Según la Autoridad de Energía Europea, la bicicleta es el medio de transporte más eficiente, usando 0.06 MJ por pasajero por kilómetro recorrido (MJpkm), aún menos que caminar, que se estima consume 0.16 MJpkm. Los autobuses consumen 0.92 MJpkm en contraste con los autos que consumen entre 2.10 y 2.92 MJpkm, un rango similar a un Boeing 727 con 2.42 MJpkm.

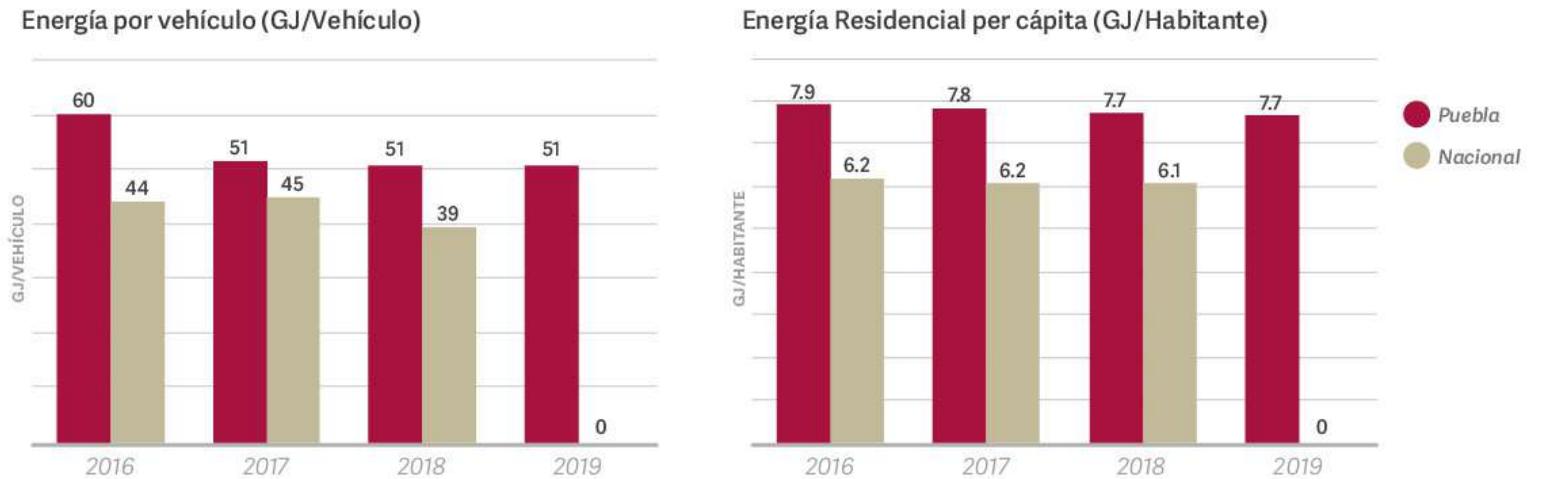
La energía residencial por habitante es la razón de la energía consumida en el sector residencial entre el número de habitantes en el estado. Esto busca indicar de manera agregada la capacidad de satisfacer las necesidades energéticas en una casa promedio, sin embargo una medición de este tipo, obvia las inequidades entre casas, ya que una casa puede tener sólo un par de focos, mientras que otra puede exceder enormemente el promedio de aparatos electrónicos y electrodomésticos.

El indicador social de la eficiencia es la pobreza energética es cuando las personas que habitan un hogar no satisfacen las necesidades de energía absolutas, las cuales están relacionadas con una serie de satisfactores y bienes económicos que son considerados esenciales, en un lugar y tiempo determinados, de acuerdo a las convenciones sociales y culturales (García-Ochoa & Graizbord, 2016).



● Población sin pobreza energética
● Población en pobreza energética

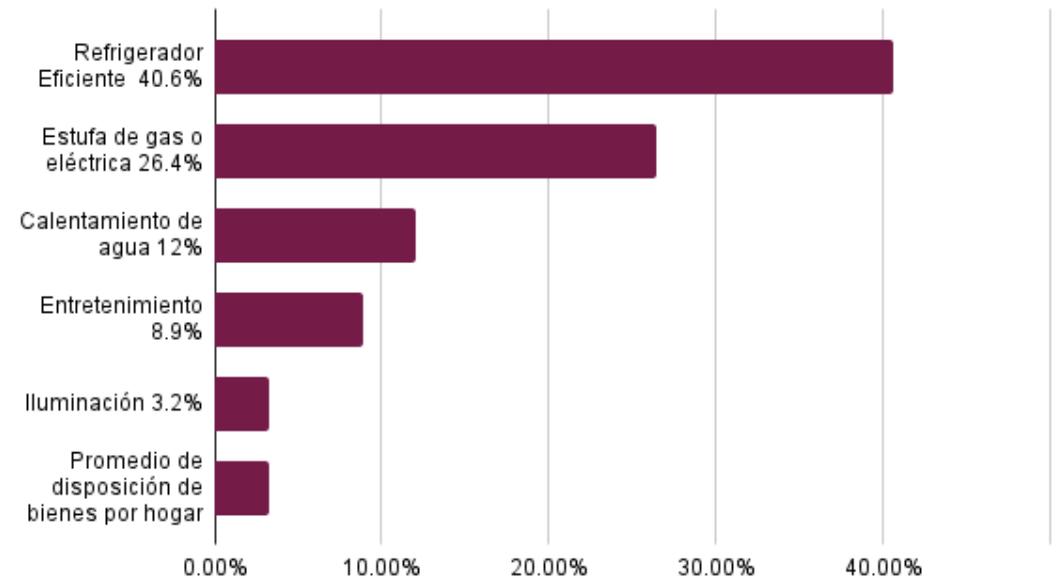
Figura 38. Indicadores de eficiencia energética en los sectores transporte y residencial.



Fuente: elaboración propia a partir de datos (INEGI, 2021b), (SENER, 2019c) y el Balance de Energía de Puebla descrito en el Anexo Metodológico.

Figura 39. Indicadores energéticos sociales

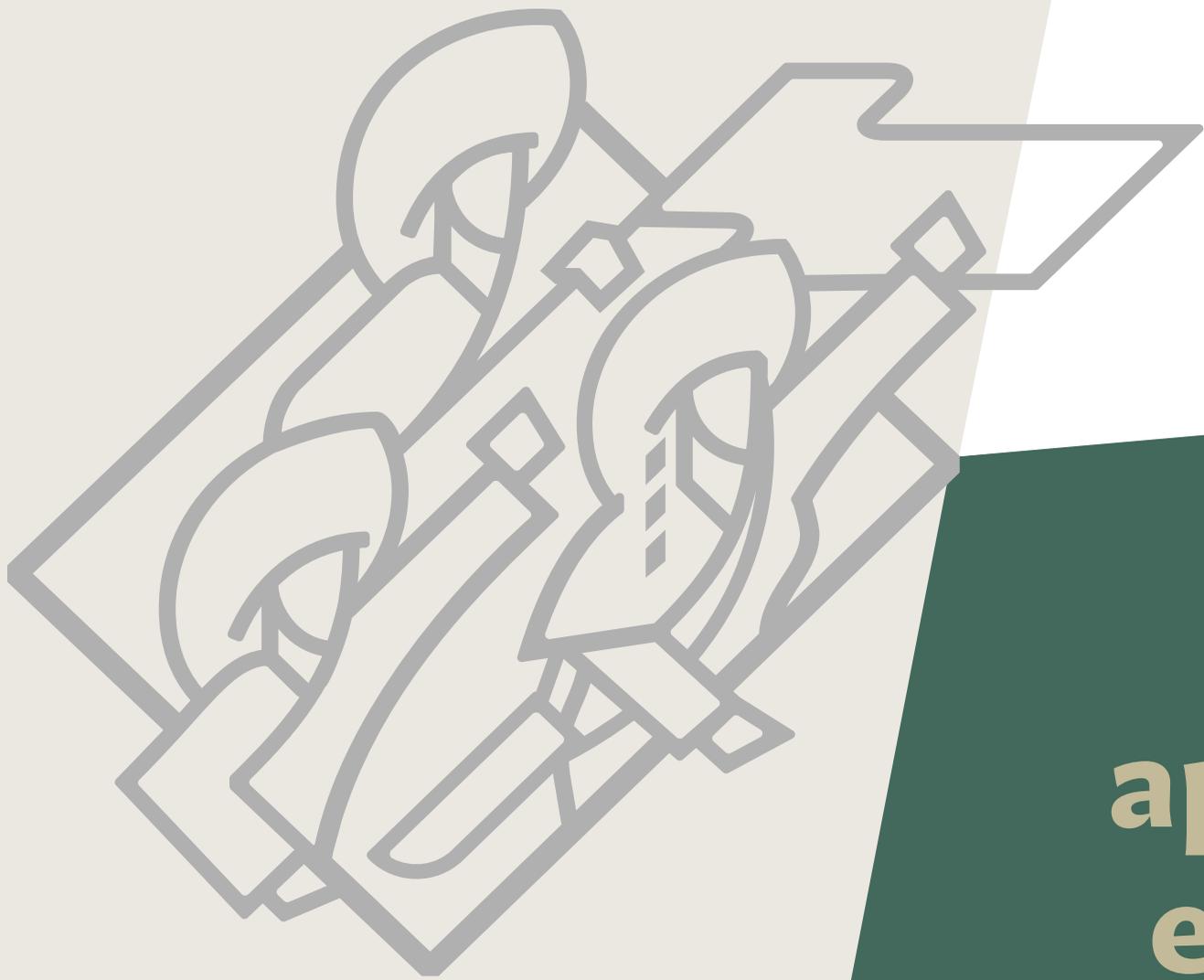
Hogares con privación de bienes económico vs con respecto al total estatal(%)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (García Ochoa & Graizbord, 2016).



Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.



Potenciales de aprovechamiento de energías renovables



Secretaría de
Medio Ambiente,
Desarrollo Sustentable y
Ordenamiento Territorial

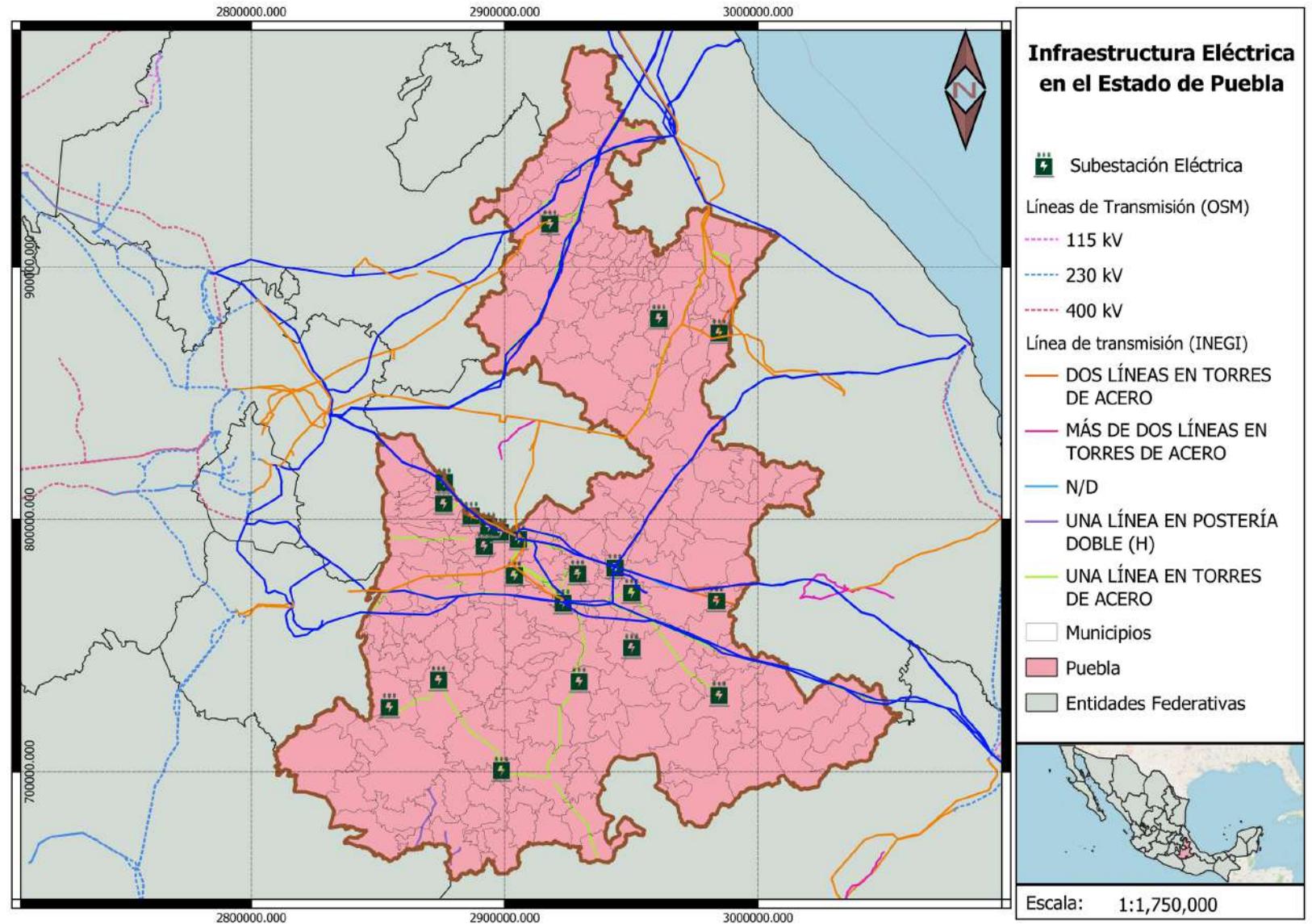
Introducción

Esta sección enlista los diferentes potenciales energéticos basados en fuentes de energía renovable con los que cuenta el estado de Puebla, así como sus diferentes aplicaciones. Además de incluir una sección dedicada a la eficiencia energética, en la cual se muestra un diagnóstico de consumo de energía para cada uno de sus sectores económicos que componen al estado y una serie de propuestas de eficiencia que pueden aplicarse a los diferentes sectores económicos para reducir la demanda energética, para así, continuar avanzado en la transición del estado hacia un consumo energético más eficiente y bajo en carbono.

El estado de Puebla se encuentra en una posición geográfica privilegiada que le brinda la oportunidad de aprovechar ampliamente las distintas fuentes de energía renovable con las que cuenta, como lo son las energías solar, eólica y geotérmica. Además, la extensa infraestructura eléctrica de transmisión con la que cuenta el estado facilita y permite la interconexión de nueva infraestructura de generación basada en fuentes renovables.

El siguiente mapa muestra la extensión de dicha infraestructura, donde el norte y centro del estado cuentan con líneas de transmisión de 400 kV que unen a los estados de Veracruz, Tlaxcala, México, Hidalgo, Morelos y Ciudad de México. Así como líneas de 230 o 115 kV que circulan en la parte central y suroeste. Numerosas subestaciones de transmisión se encuentran en el centro, principalmente, y en ciertas zonas del sur y norte.

Figura 40. Infraestructura de transmisión eléctrica en el estado de Puebla y alrededores.



Aunado a la amplia disponibilidad de recursos de generación y de interconexión, el costo de las tecnologías de generación basadas en energías renovables es, hoy en día, más competitivo, lo que vuelve viable su integración al sistema eléctrico estatal. Lo anterior se ejemplifica en la Tabla 3, la cual compila los costos nivelados de generación eléctrica (LCOE, por sus siglas en inglés)¹ de distintas tecnologías de energía renovable, de acuerdo con diferentes estudios a nivel nacional e internacional; y los compara con el LCOE de la tecnología de ciclo combinado, por ser la tecnología basada en combustibles fósiles más competitiva desde el punto de vista económico. Apreciándose que las tecnologías para el aprovechamiento de fuentes renovables de energía son igual o incluso más competitivas en costos que la mejor de las tecnologías basadas en combustibles fósiles.

Recurso Solar

Inagotable y renovable, la energía solar puede ser aprovechada para cubrir las necesidades de consumo de electricidad y agua caliente en edificaciones como casas, comercios, hoteles, etc. En este sentido, el estado de Puebla cuenta con un importante recurso solar en la mayor parte de su territorio. Tal y como se muestra en la Figura 41, más del 50% del territorio estatal dispone de una Irradiación Directa Normal² (DNI, por sus siglas en inglés) diario promedio superior a los 6.0 kWh/m² por día, mientras que, en el sur del estado, existen zonas cuya DNI supera los 6.5 kWh/m² por día. Valores muy superiores a los que llegan a presentar otras ciudades del mundo, famosas por aprovechar su recurso solar para generar electricidad a través de la implementación de sistemas fotovoltaicos, la energía solar puede ser aprovechada para cubrir las necesidades de consumo de electricidad y agua caliente en edificaciones como casas, comercios, hoteles, etc., En otras ciudades del mundo como Madrid o Múnich, en donde se alcanzan niveles de DNI promedio de 5.5 kWh/m² y 3.0 kWh/m² por día, respectivamente. Otras ciudades, destacadas por su elevado aprovechamiento del recurso solar, y sus respectivos valores de DNI, se muestran en la Tabla 4 para fines comparativos.

Tabla 3. Comparativa de costos nivelados de las tecnologías renovables y el ciclo combinado.

Tecnología	IRENA ^a 2020	NREL ^b 2020	LAZARD ^c 2020	CFE ^d 2018
Eólica	51–61	–	26–54	50
Geotérmica	73	117	59–101	63–81
Bioenergía	66	96	–	–
Solar gran escala	68	31	29–42	–
Solar pequeña escala	155–177	110	150–227	74
Ciclo combinado	43–73			

a. Agencia Internacional de Energías Renovables (nivel internacional). b. Laboratorio Nacional de Energías Renovables (nivel nacional, EUA). c. Consultora Financiera (nivel internacional). d. Comisión Federal de Electricidad (nivel nacional, México).

Tabla 4. Irradiación Directa Normal promedio en ciudades con elevado aprovechamiento del recurso solar.

Ciudad	DNI (kWh/m ² /día)
Múnich, Alemania	3.0
Berlín, Alemania	2.6
Madrid, España	5.5
Barcelona, España	4.8
San Francisco, E.E. U.U.	6.1

Fuente: SOLARGIS.

1. El costo nivelado es el costo que tendrá el generar cada unidad de energía eléctrica (MWh) en la central eléctrica durante toda su vida útil. Esto, considerando todos los egresos que el proyecto tendrá por conceptos de construcción, financiamiento, operación y mantenimiento y combustible.

2. La irradiación solar se define como la magnitud que mide la energía por unidad de área de radiación solar incidente. Se mide comúnmente en Wh/m². La Irradiación Directa Normal, por su parte, mide la cantidad de radiación recibida por unidad de área en una superficie dispuesta de forma perpendicular a los rayos solares.

Lo anterior, demuestra que el Estado de Puebla cuenta con un enorme potencial para generar energía eléctrica, aprovechando su notable recurso solar, a través del uso de la tecnología solar fotovoltaica, la cual se encarga de convertir la radiación solar en electricidad, y que está en constante desarrollo, lo que incrementa su rendimiento y reduce sus costos, convirtiéndola en una de las tecnologías más competitivas para la generación de electricidad en sitio.

Centrales fotovoltaicas de gran escala

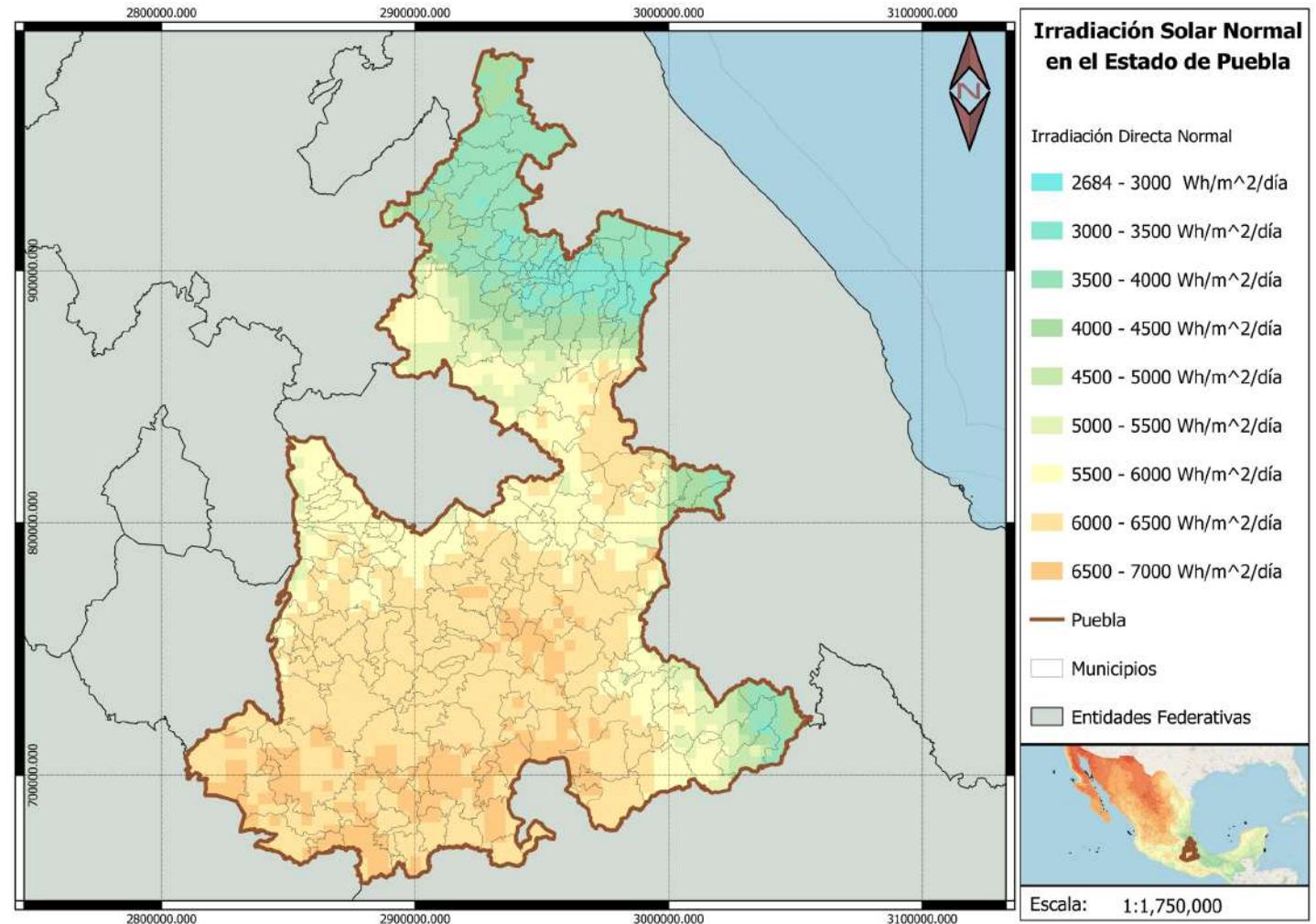
De acuerdo con el marco jurídico vigente en México, se consideran como centrales de escala utilitaria aquellas que superan 0.5 MW de capacidad instalada y requieren un permiso de generación emitido por la Comisión Reguladora de Energía (CRE).

La DNI y la distancia a las Redes Nacionales de Transmisión (RNT) son dos parámetros determinantes para analizar la viabilidad tecn-económica de proyectos de generación fotovoltaica de gran escala. En la Figura 24 se presentan los polígonos dentro del territorio estatal de Puebla reconocidos por el Escenario 3 del Atlas de Zonas con Alto potencial de Energías Limpias (AZEL), los cuales cumplen con las siguientes características:

- Irradiación Global Horizontal¹ (GHI, por sus siglas en inglés) superior a 5.5 kWh/m²/día.
- Distancia a RNT inferior a 2 km.
- Superficie de los polígonos superiores a 15 ha.
- Distancia a zonas circundantes de carreteras inferior a 10 km.
- Exclusión de áreas protegidas, localidades, zonas de peligro geológico y zonas de peligro climático.

1. La Irradiación Global Horizontal mide la energía en forma de radiación que incide durante un periodo de tiempo sobre una superficie dispuesta de forma horizontal. Se trata de la suma de la radiación directa y la radiación difusa.

Figura 41. Mapa de Irradiación Directa Normal promedio (Wh/m²/día) con una resolución espacial



Fuente: Elaboración propia con datos de INEL (SENER, 2018d).

Figura 42. Líneas de transmisión y polígonos con alto potencial solar del Escenario 3 de AZEL.

Como se puede apreciar, la mayoría de los polígonos se concentran en la zona central del estado, extendiéndose de una forma más dispersa en la región del sur. En la Figura 25 y Figura 26 se muestra el Factor de Planta¹ (FP) de hipotéticas centrales solares fotovoltaicas de eje fijo² y con seguimiento en un eje³ respectivamente, ubicadas en las superficies mencionadas.

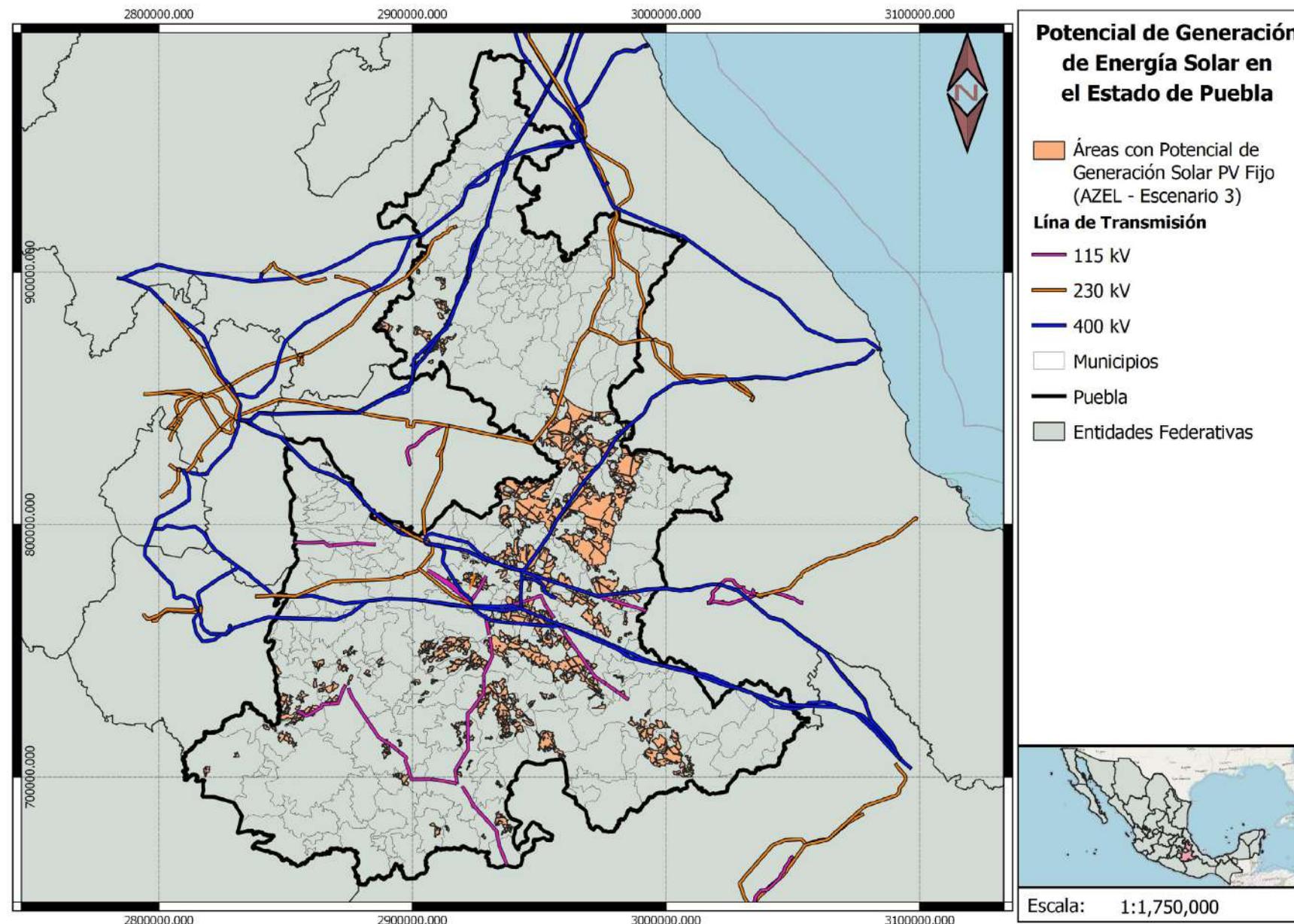
El Factor de Planta se sitúa entre 20% y 21.5% en la región central para parques de eje fijo y crece para polígonos situados en zonas más sureñas, hasta alcanzar máximos de 22.3%. Para el caso de centrales con seguimiento en un eje, el FP se ubica entre 27% y 29.5% para centrales con seguimiento en un eje en la zona central, elevándose en polígonos situados en regiones con latitudes inferiores, hasta alcanzar máximos de 31.0%.

En consecuencia, se puede afirmar que existen, en el estado de Puebla, diversas áreas con un elevado recurso solar y gran potencial para el desarrollo de parques solares fotovoltaicos de gran escala.

1.El Factor de Planta es la razón entre la energía real generada por una central eléctrica durante un año y la energía que hubiera generado durante el mismo periodo, trabajando a plena capacidad todo el tiempo. Puesto que las centrales eólicas y fotovoltaicas no son despachables, el factor de planta dependerá de la disponibilidad del recurso renovable y de la eficiencia de los equipos.

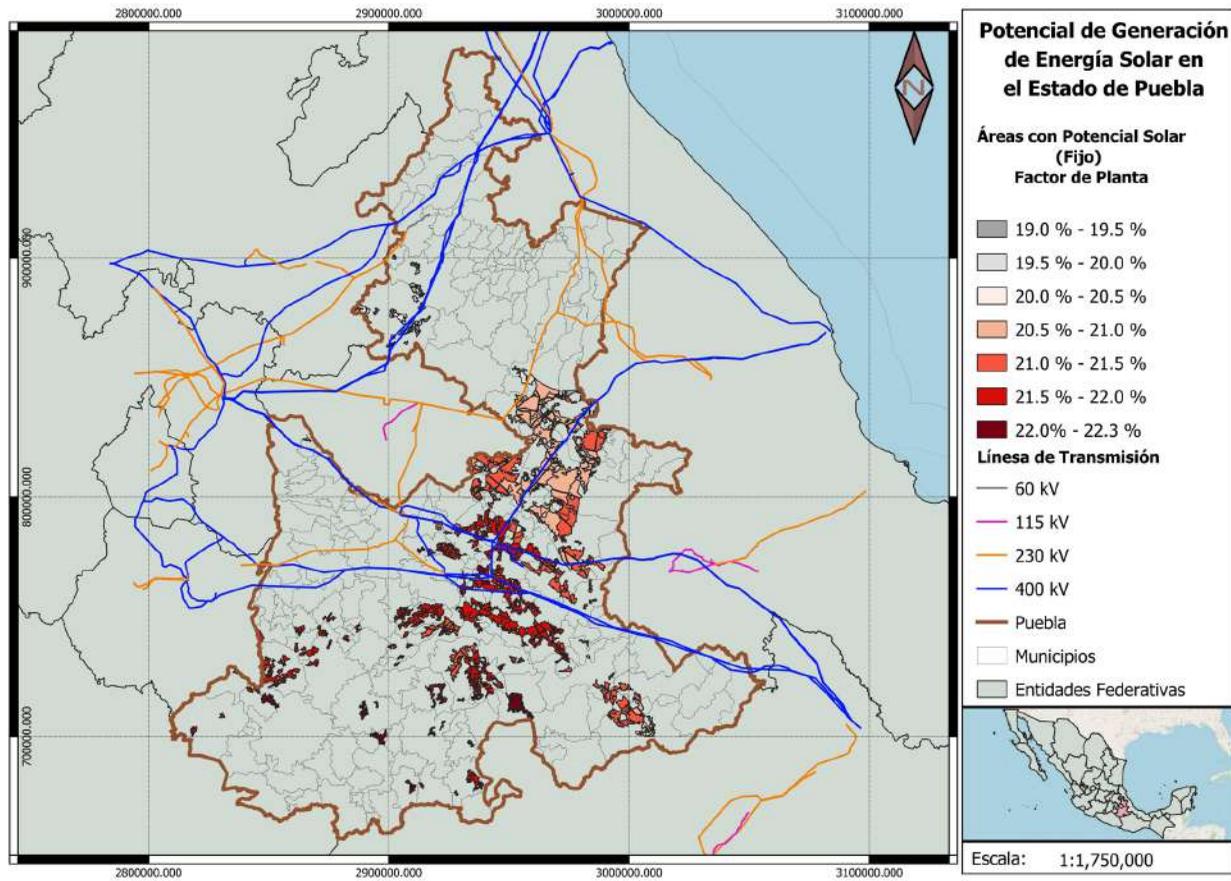
2. Los parques solares fotovoltaicos de eje fijo mantienen una inclinación constante de los módulos fotovoltaicos.

3. Los parques solares fotovoltaicos con seguimiento en un eje emplean sistemas de automatización que hacen girar a los módulos fotovoltaicos con un grado de libertad siguiendo la trayectoria del sol para optimizar la producción.



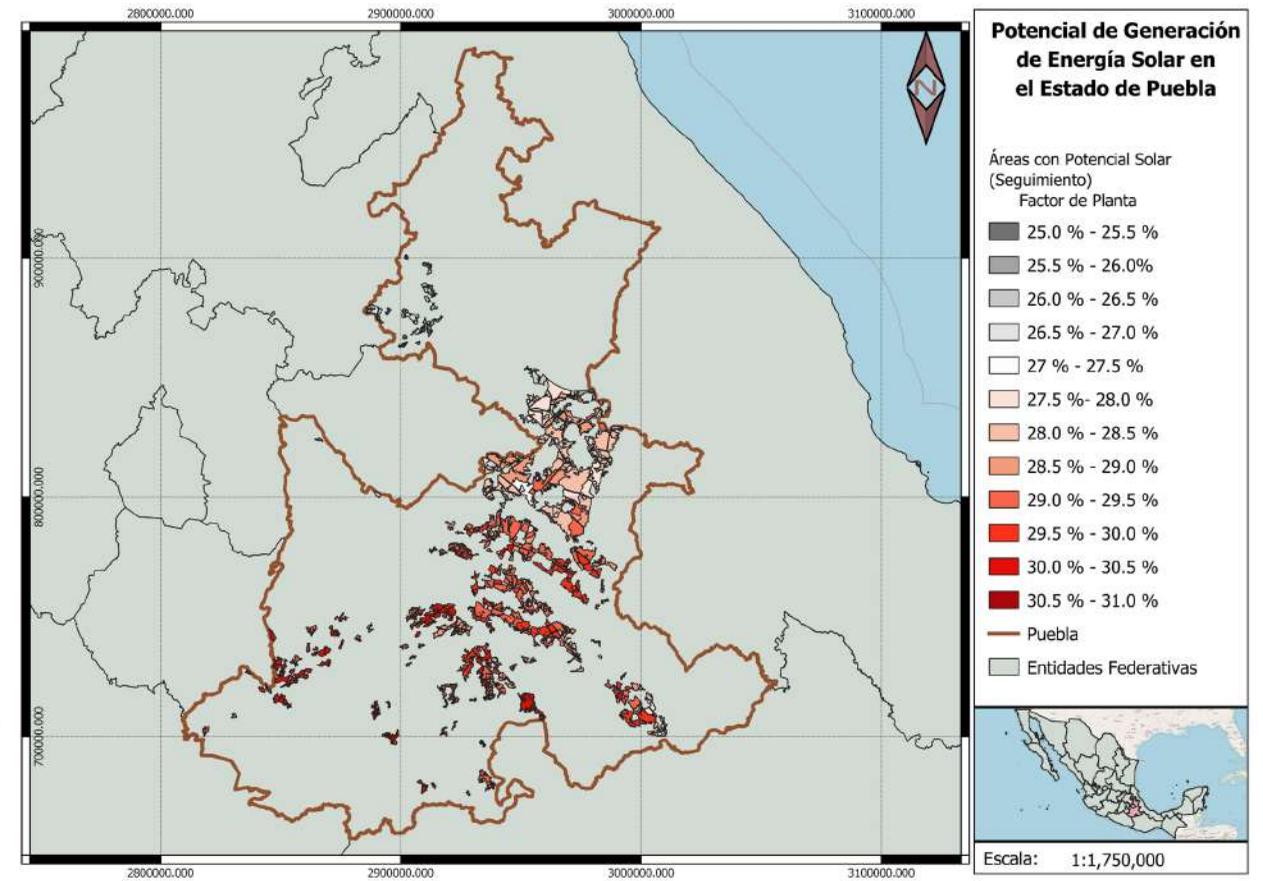
Fuente: Elaboración propia con datos de AZEL (SENER, 2018b) y OpenStreetMaps (OSM, 2021).

Figura 43. Factor de Planta de centrales solares fotovoltaicas de eje fijo para los polígonos de alto potencial.



Fuente: AZEL (SENER, 2018b).

Figura 44. Factor de Planta de centrales con seguimiento en un eje para los polígonos de alto potencial.



Fuente: AZEL (SENER, 2018b).

Generación fotovoltaica distribuida

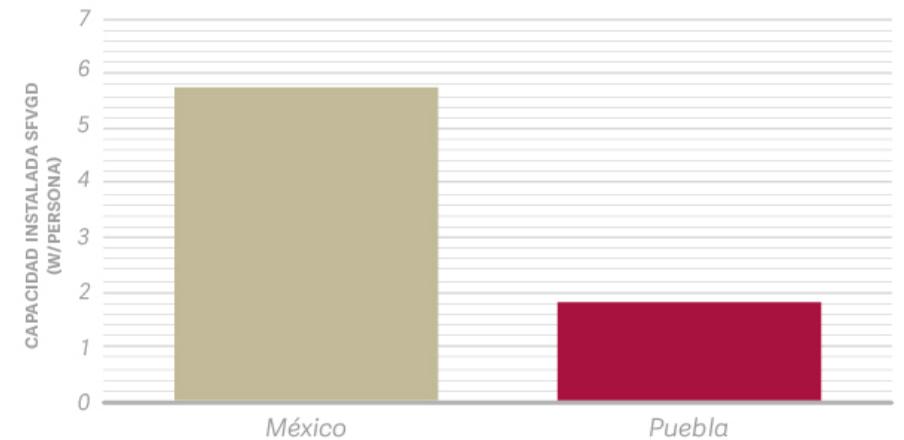
La Generación Distribuida (GD) se define en la Ley de Industria Eléctrica (LIE), como la generación de energía eléctrica realizada por un generador exento, es decir, que no participa en el mercado eléctrico mayorista, por lo que la capacidad instalada de las centrales de este tipo debe ser inferior a 0.5 MW. Además, deben ser interconectadas a circuitos de distribución que contengan una elevada concentración de Centros de Carga. Por otra parte, la Ley de Transición Energética (LTE) indica que la generación se puede considerar Generación Limpia Distribuida (GLD) si ésta se realiza a partir de Energías Limpias. Una de las tecnologías más empleadas en la última década para la Generación Distribuida es la solar fotovoltaica por ser renovable, limpia y haber alcanzado bajos costos. Estos sistemas de generación fotovoltaica de pequeña y mediana escala son comúnmente conocidos como Sistemas Fotovoltaicos de Generación Distribuida (SFVGD).

La implementación de SFVGD ha crecido considerablemente en el estado de Puebla, pasando de 632 kW en el primer trimestre de 2017 a 11,293 kW (11.29 MW) en el último trimestre de 2019. No obstante, la SFVGD cuenta todavía con un amplio margen de crecimiento.

Con el fin de aumentar la penetración de la SFVGD en el estado de Puebla, se evaluó la cantidad de usuarios potenciales por nivel económico, comparando el precio de la energía de las distintas tarifas de suministro básico de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) (ver Tabla 5) existentes con el costo promedio de un SFVGD a lo largo de su vida útil, el cual se sitúa para el caso de México, en 1.61 MXN/kWh. Este valor fue calculado a partir de información proporcionada en (GIZ, 2020)

Tras esta comparativa, se consideró a los usuarios con tarifas DAC (Domicilio Alto Consumo), PDBT (Pequeña Demanda Baja Tensión), GDBT (Gran Demanda Baja Tensión), RABT (Riego Agrícola Baja Tensión), APBT (Alumbrado Público Baja Tensión), APMT (Alumbrado Público Media Tensión), GDMTH (Gran Demanda Media Tensión Horaria) y DIST (Demanda Industrial en Sub-transmisión) del estado de Puebla como potenciales adquirentes de SFVGD, ya que, para ellos, el costo del SFVGD es competitivo con el costo de su tarifa eléctrica correspondiente. El número de usuarios en cada una de estas tarifas aparece representado en la Tabla 6. Se estiman, por tanto, un total de 270,085 usuarios que podrían percibir un atractivo económico al instalar estos sistemas.

Figura 45. Comparativa de Capacidad SFVGD instalada per cápita.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la CRE (CRE, 2021b).

Tabla 5. Precio promedio de las tarifas de CFE (2019).

Precio promedio de la tarifa (2019)			
Tarifa	MXN/kWh	Tarifa	MXN/kWh
1	1.004	PDBT	3.287
1A	0.849	GDBT	1.464
1B	0.849	RABT	2.457
1C	0.849	RAMT	0.804
1D	NA	APBT	3.829
1E	NA	APMT	2.178
1F	NA	GDMTH	1.6303
9CU	NA	GDMTO	1.321
9N	NA	DIST	1.5369
DAC	4.611	DIT	1.4114

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CRE, 2021c) y (CFE,

Tabla 6. Número de usuarios por tarifa

Tarifa	Número de usuarios
DAC	16,930
PDBT	250,525
GDBT	288
RABT	227
APBT	3,115
APMT	465
GDMTH	2,323

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de (CFE, 2019).



Ahora bien, es necesario considerar que algunos de estos usuarios ya han instalado sus propios SFVGD, por lo que el potencial de aprovechamiento se calcula segmentando las tarifas eléctricas (y sus usuarios) por sector (residencial, comercial o industrial) y efectuando un recuento de los SFVGD ya implementados. Con ello, se obtienen los datos mostrados en la Tabla 7.

A partir de los datos de la Tabla 6 y agrupando los contratos por rangos de capacidad instalada, se considera que la capacidad instalada promedio para un usuario residencial es de 5.32 kW/contrato, 33.14 kW/contrato para usuarios comerciales y 251.32 kW/contrato para usuarios industriales¹. En línea con lo anterior, la Tabla 6 muestra el potencial estimado de capacidad SFVGD instalable por sector.

Es importante destacar que el potencial reflejado es el resultado de un cálculo general basado en el atractivo económico para los usuarios. No se han considerado, aspectos importantes para la implementación de SFVGD, que deberán evaluarse en un estudio más profundo, tales como el espacio disponible (que por lo general se trata de las azoteas de las construcciones), la capacidad de afrontar la inversión inicial, la tramitología de interconexión o los límites de las RGD para absorber la generación total de estos sistemas.

En síntesis, Puebla muestra un amplio margen de crecimiento en la implementación de SFVGD, especialmente en el sector comercial e industrial, dónde un porcentaje muy bajo de usuarios han optado por la generación fotovoltaica pese a su bajo costo en comparación con los precios de sus tarifas.

Tabla 7. Usuarios por sector y usuarios con SFVGD implementado.

Sector	Usuarios existentes	Usuarios con SFVGD
Residencial	16,930	1,623
Comercial	250,813	37
Industrial	2,342	3

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Potencial de generación distribuida por sector

Sector	Usuarios potenciales restantes	MW
Residencial	15,307	81
Comercial	250,776	8,310
Industrial	2,339	588

Fuente: Elaboración propia.

1. Las tablas que reflejan los contratos por rangos de capacidad, su segmentación por sectores y el cálculo de capacidad promedio por sector se pueden consultar en el Anexo.

Aprovechamiento térmico

Además de la producción de energía eléctrica a través de sistemas de generación fotovoltaicos, la radiación solar puede ser aprovechada para la producción de agua caliente sanitaria en hogares, hoteles, restaurantes, polideportivos y hospitales, entre otros, mediante el uso de calentadores solares. Esta tecnología ha tenido una especial aceptación y penetración en el sector residencial, donde se ha pasado, según el INEGI (INEGI, 2018), de un 2.70% de los hogares con calentadores solares en 2015 a 7.92% en 2018 como se muestra en la Figura 46. En 2018, de los 1.626 millones de viviendas contabilizadas en la entidad, 128,800 contaban con calentadores solares, de las cuales aproximadamente un 32.4% contaba con un boiler a base de gas como apoyo. Sin embargo, teniendo en consideración el recurso solar presente en el estado de Puebla, existe todavía un amplio margen de crecimiento, el cual puede implicar una significativa reducción de emisiones contaminantes, ya que la Norma Oficial Mexicana NOM-027-ENER/SCFI-2018 estima que los calentadores solares instalados, a partir de 2018, ahorrarán al mes el equivalente a entre 16.5 y 18.5 kg de gas L.P. por hogar.

Como se muestra en la Figura 30, cerca del 46% de los hogares de Puebla (745,446 viviendas) carece de un sistema para el calentamiento de agua, por lo que esta tecnología podría apoyar también a proporcionar agua caliente sanitaria a un mayor número de hogares sin un gasto recurrente en abastecimiento de gas L.P o Gas Natural. El potencial del estado se encuentra en el total de viviendas con carencia de cualquier equipo de calentamiento de agua y aquellas con calentador de gas, ya sea realizando una sustitución de tecnología o incorporando ambos en combinación.

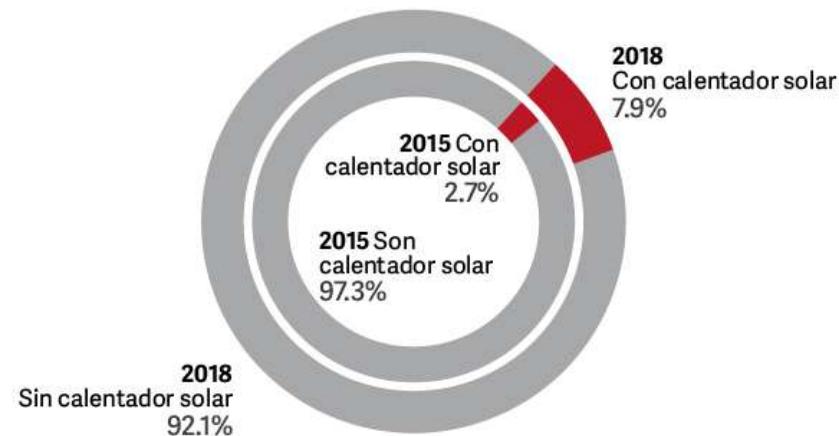
En este sentido, es pertinente realizar levantamientos y diagnósticos en el estado para poder ofrecer factibilidad técnica-económica con el fin de incorporar una mayor cantidad de calentadores solares dentro de la entidad.

Tabla 9. Tecnología de calentamiento de agua en las residencias del estado de Puebla.

Sistema para producción de ACS	Viviendas
Calentadores de gas	752,504
Calentadores solares	128,800
Sin calentador	745,446

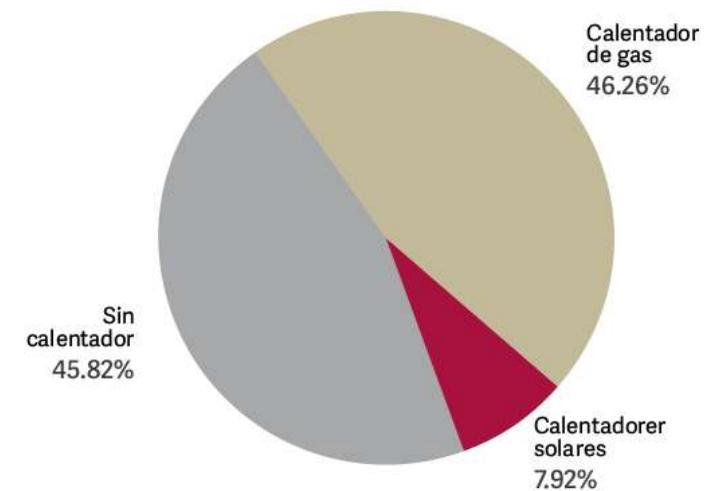
Fuente: (INEGI, 2018).

Figura 46. Evolución del uso de calentadores solares de agua en sector residencial.



Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2018).

Figura 47. Tecnología de calentamiento de agua en residencias del estado de Puebla



Fuente: Elaboración propia con información de (INEGI, 2018).

Recurso Eólico

La energía eólica es aquella que se extrae del viento. Mediante el empleo de aerogeneradores se aprovecha la energía cinética de grandes masas de aire en movimiento para convertirla en energía mecánica y posteriormente en energía eléctrica.

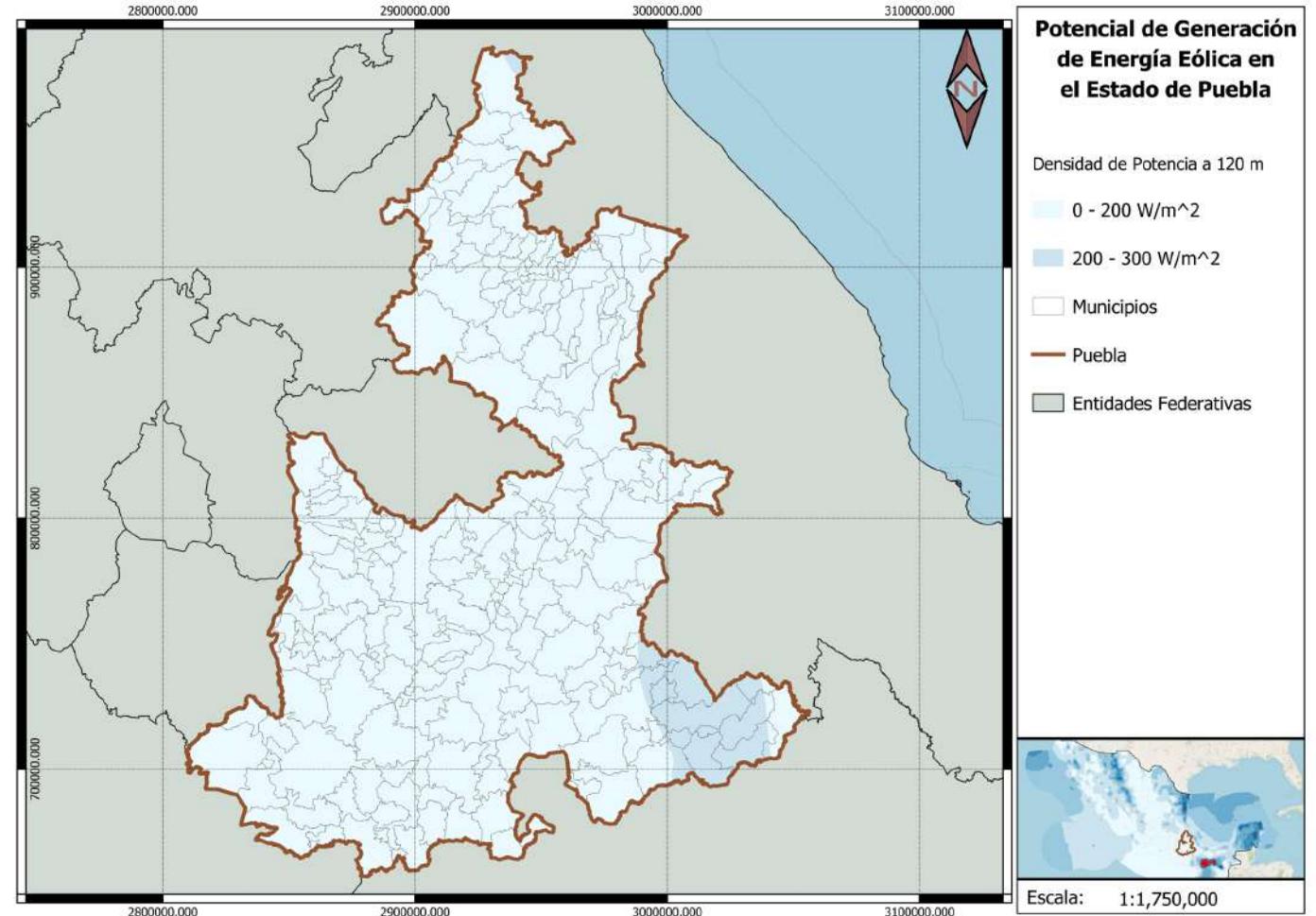
El recurso eólico depende de un amplio número de variables a distintas escalas espaciales. Por una parte, depende de la circulación global a escala planetaria. Por otra parte, es influenciado por las perturbaciones atmosféricas y la meteorología a escala sinóptica. Además, a mesoescala es influenciado por la orografía y las circulaciones térmicamente inducidas, mientras que a microescala depende de la modulación de los flujos locales, la capa límite y las ráfagas turbulentas (Letcher, 2017).

Debido a esta complejidad, los atlas eólicos, de los cuales se extrajo la información que a continuación se presenta, son utilizados como insumos para análisis preliminares. No obstante, se requieren pasos adicionales previos al lanzamiento de proyectos. Los más importantes son:

1. Medición instantánea de la velocidad y dirección del viento en campo para calcular el potencial.
2. Entrevistas con las partes involucradas para evaluar el impacto medioambiental de las turbinas eólicas.
3. Estudio de la información meteorológica recopilada, especialmente velocidad y dirección del viento.
4. Disponibilidad del terreno.
5. Características del terreno, inspeccionando obstrucciones que puedan impedir el flujo del viento.

El siguiente mapa muestra los rangos de densidad de potencia promedio anual en W/m^2 a 120 metros de altura. Como se puede apreciar, la zona sureste del estado concentra un mayor potencial que el resto del territorio.

Figura 48. Mapa de rangos de densidad de potencia eólica promedio anual a 120 metros de altura.



La Figura 49, por su parte, muestra un mapa de velocidades promedio anuales en m/s a 120 metros de altura. Según esta información, extraída del Inventario Nacional de Energías Limpias (INEL), existen puntos en la zona este y sureste del territorio estatal cuyas velocidades promedio anuales del viento alcanzan entre 6.5 m/s y 7.0 m/s

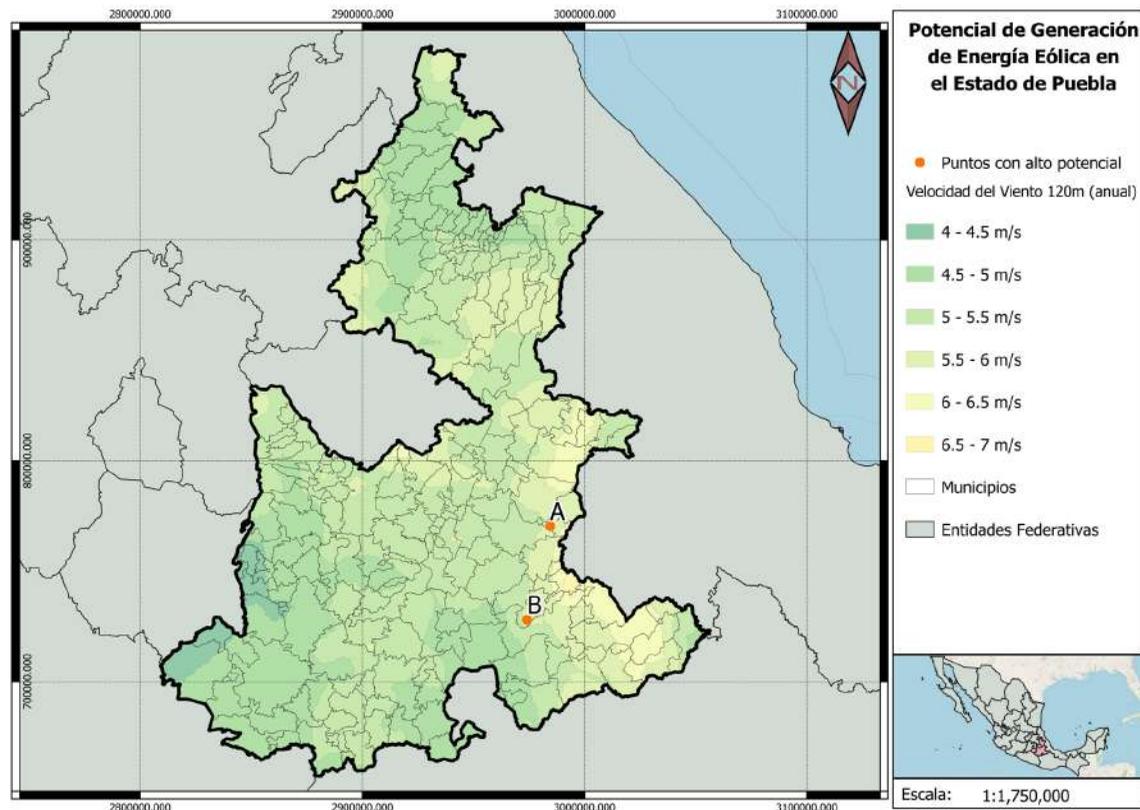
De igual manera, la Figura 50 muestra el mapa de velocidades promedio anuales en m/s estimadas a 150 m de altura, extraído del Global Wind Atlas (DTU, 2021). Esta fuente coincide en mostrar la región este y sureste con un mayor potencial en cuanto a velocidades promedio anuales. No obstante, refleja una menor velocidad promedio en las zonas norte y oeste, con velocidades que apenas superarían los 3.5 – 4.0 m/s.

La velocidad del viento varía constantemente. Con la finalidad de predecir la producción de las turbinas eólicas, es necesario conocer la frecuencia con la que sopla el viento a distintas velocidades. Para ello se recopiló información sobre la velocidad del viento a escala horaria en las ubicaciones de alto potencial, señaladas en la Figura 32, a 120 metros de altura, entre 2016 y 2019, del “Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications Version 2” (MERRA-2).

Con ello, se obtuvo el histograma de velocidades del viento y se aproximó mediante la función de Weibull. De esta forma se obtuvo, además de la velocidad promedio, el factor de forma (k) y el factor de escala (A), los cuales permiten caracterizar el recurso eólico:

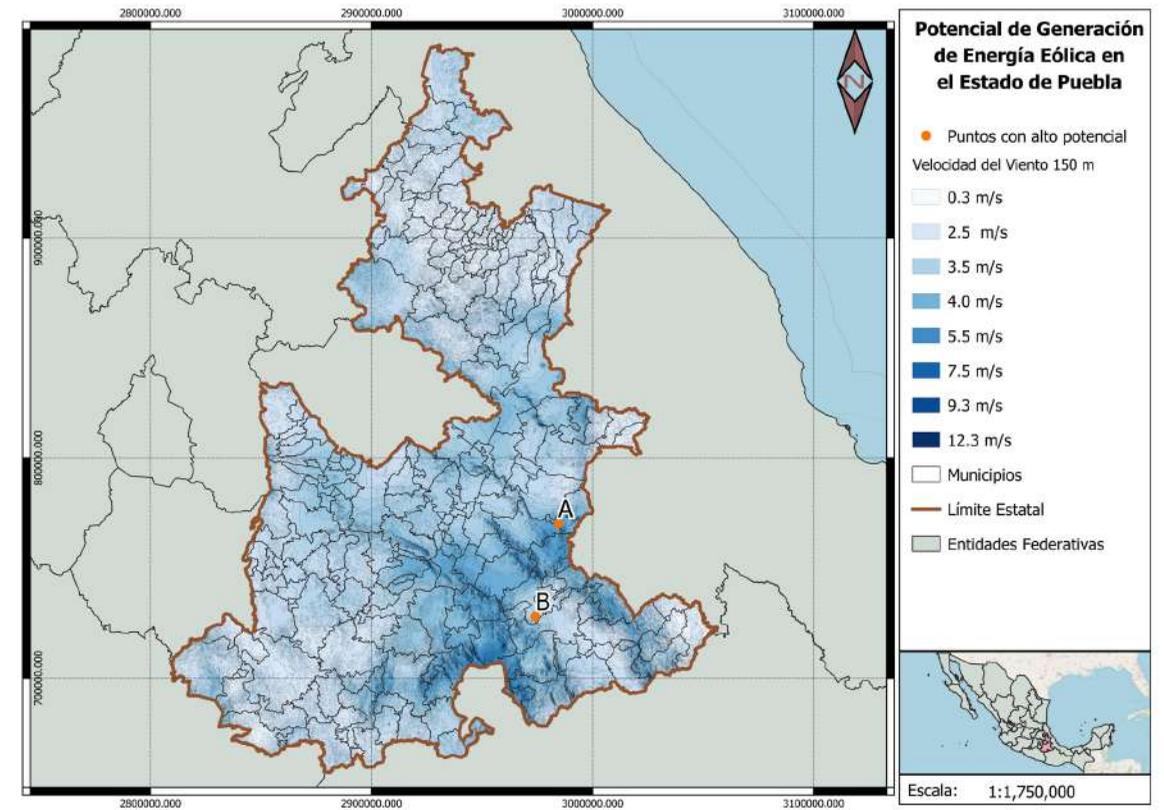
- k es un parámetro adimensional y se ubica entre 1 y 3 para zonas terrestres de interior. Se relaciona directamente con la variabilidad del viento, de tal forma que un bajo valor de k refleja vientos muy variables y un elevado valor de k refleja una mayor estabilidad y una distribución más aproximada a la normal o Gaussiana.
- A es un parámetro medido en m/s y refleja la velocidad característica del viento para la distribución. Es proporcional a la velocidad media del viento.

Figura 49. Velocidad del viento promedio anual a 120 m de altura.



Fuente: Inventario Nacional de Energías Limpias (INEL) (SENER, 2018d).

Figura 50. Velocidad del viento promedio anual a 150 m de altura.



Fuente: Global Wind Atlas (DTU, 2021).

En la Tabla 8 se puede observar cómo en el punto A, el viento presenta, según las estimaciones, una elevada estabilidad para zonas interiores y una velocidad promedio moderada.

Por otra parte, el punto B, situado más al sur, presenta una mayor velocidad promedio anual y una variabilidad ligeramente superior. No obstante, a parte de la calidad del propio recurso, otro parámetro importante a considerar para la viabilidad tecno-económica de proyectos de gran escala es la distancia a las Redes Nacionales de Transmisión (RNT). Es por ello que, a continuación, se presenta la Figura 53, la cual muestra el mapa de polígonos considerados con elevado potencial por AZEL en su Escenario 3. Éstos reúnen, entre otros, los siguientes requisitos:

- Velocidades promedio anuales superiores a 6 m/s.
- Superficies disponibles a una distancia inferior a 10 km de las RNT e inferior a 10 km de zonas circundantes de carreteras.
- Superficies superiores a 1.25 km².
- Exclusión de áreas protegidas y localidades.

Seguidamente el Factor de Planta (FP) estimado en el AZEL para parques eólicos ubicados en cada uno de estos polígonos. Previo al lanzamiento de proyectos basados en esta información, se sugiere revisar las fases adicionales mencionadas previamente en el apartado. Como se puede observar, la mayor parte de los polígonos de la zona central tienen un FP estimado de entre 25 % y 35%, mientras que en la zona oriental alcanzarían hasta 40%. Es importante recordar que el FP mencionado surge de estimaciones y el aprovechamiento real final dependerá de una adecuada selección de la tecnología.

En definitiva, es posible afirmar que el estado de Puebla cuenta con un recurso eólico estable para zonas interiores y con velocidades promedio considerablemente elevadas, especialmente en la zona este y sureste. En consecuencia, el desarrollo de nuevos parques eólicos es una alternativa muy interesante para incrementar la generación a través de fuentes renovables en el estado.

Tabla 10. Factor de forma (k) y factor de escala (A) de las ubicaciones muestreadas.

Ubicación	Velocidad promedio	k	A (m/s)
A	4.94	2.5	5.4
B	5.53	2.3	6.1

Figura 51. Distribución en frecuencia de velocidades en la ubicación A.

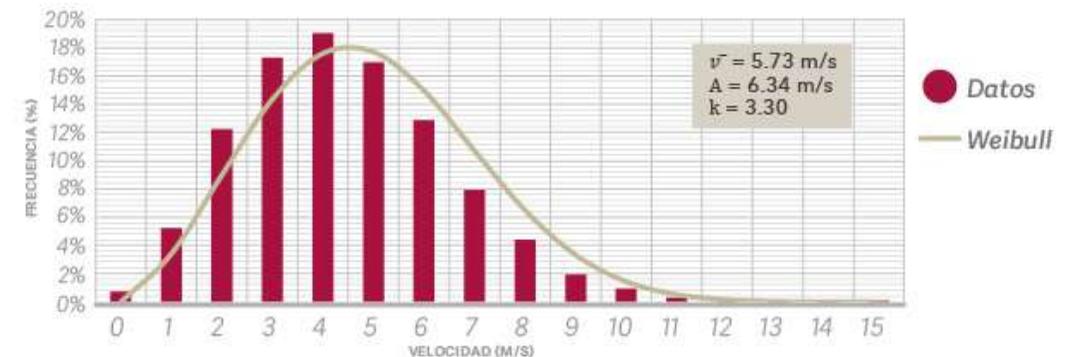


Figura 52. Distribución en frecuencia de velocidades en la ubicación B.

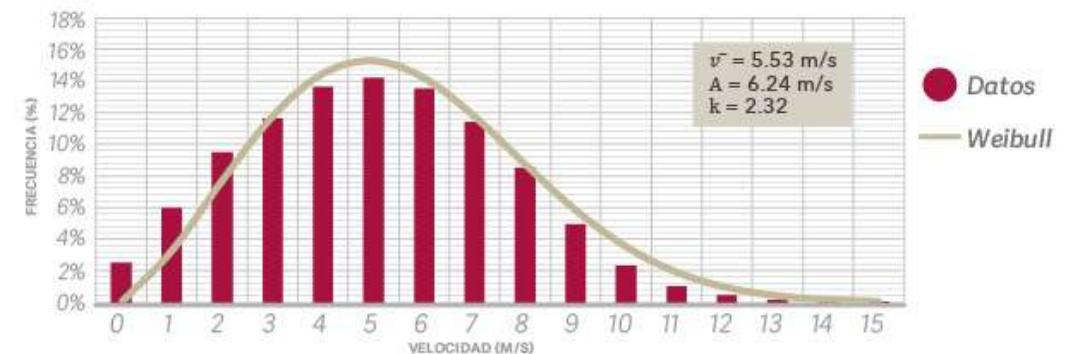
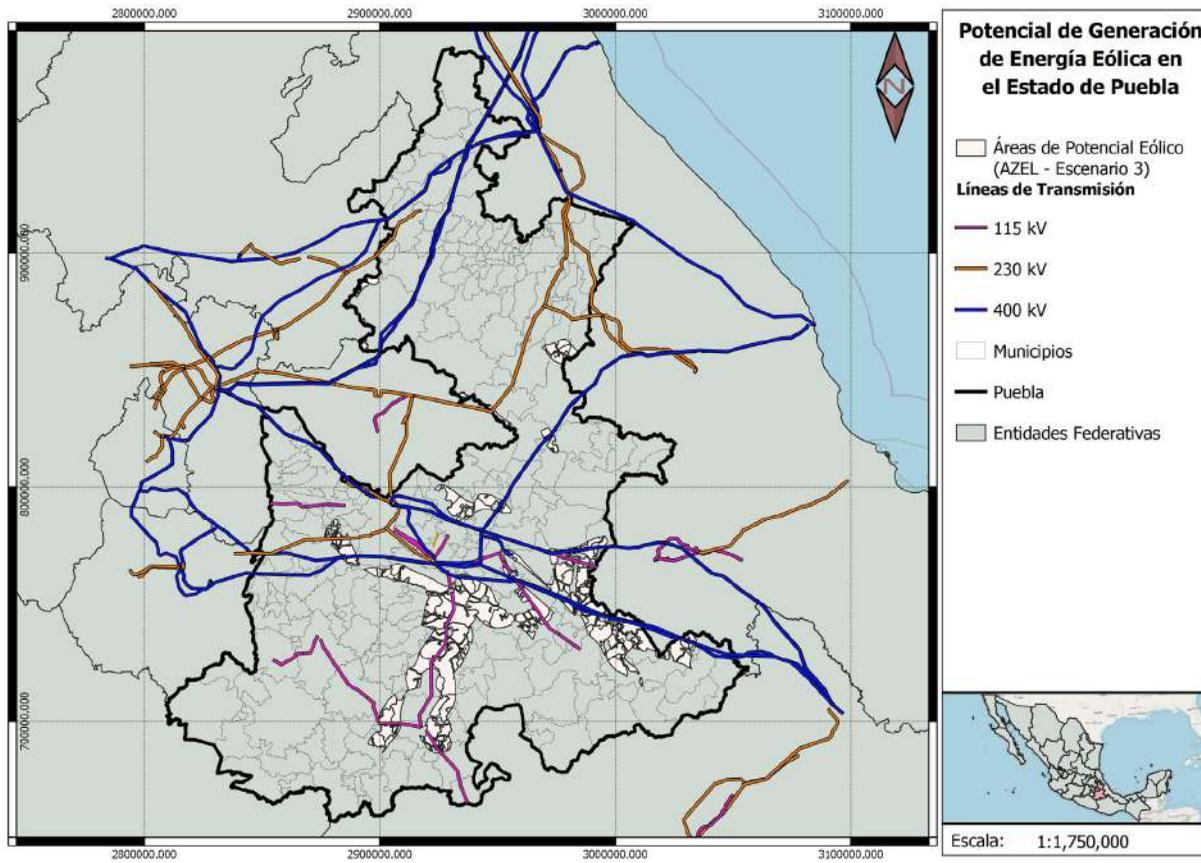
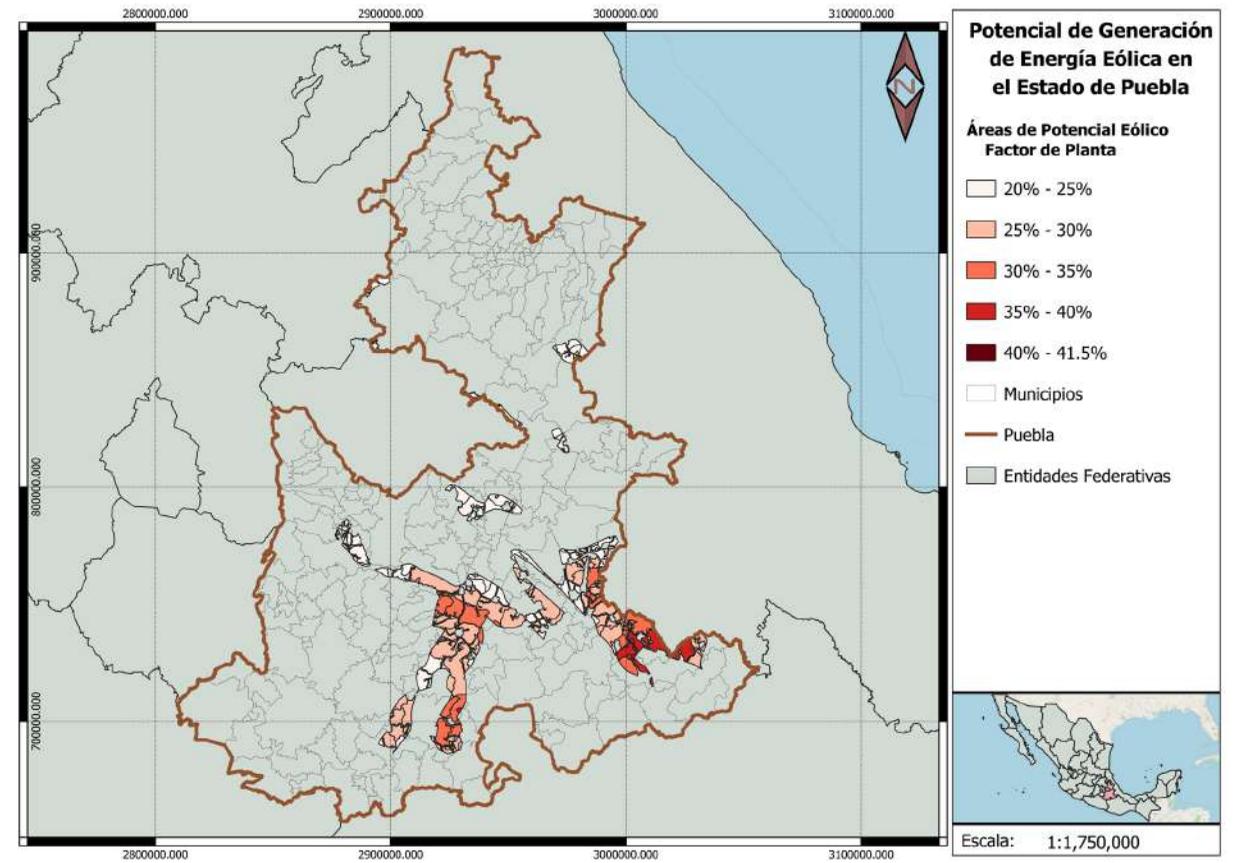


Figura 53. Líneas de transmisión y polígonos con elevado potencial eólico según Escenario 3 de AZEL.



Fuente: Inventario Nacional de Energías Limpias (INEL) (SENER, 2018d) y OpenStreetMaps (OSM, 2021).

Figura 54. Factor de Planta estimado para parques eólicos ubicados en los polígonos del Escenario 3 de AZEL.



Fuente: elaboración propia a partir de datos de AZEL (SENER, 2018b).

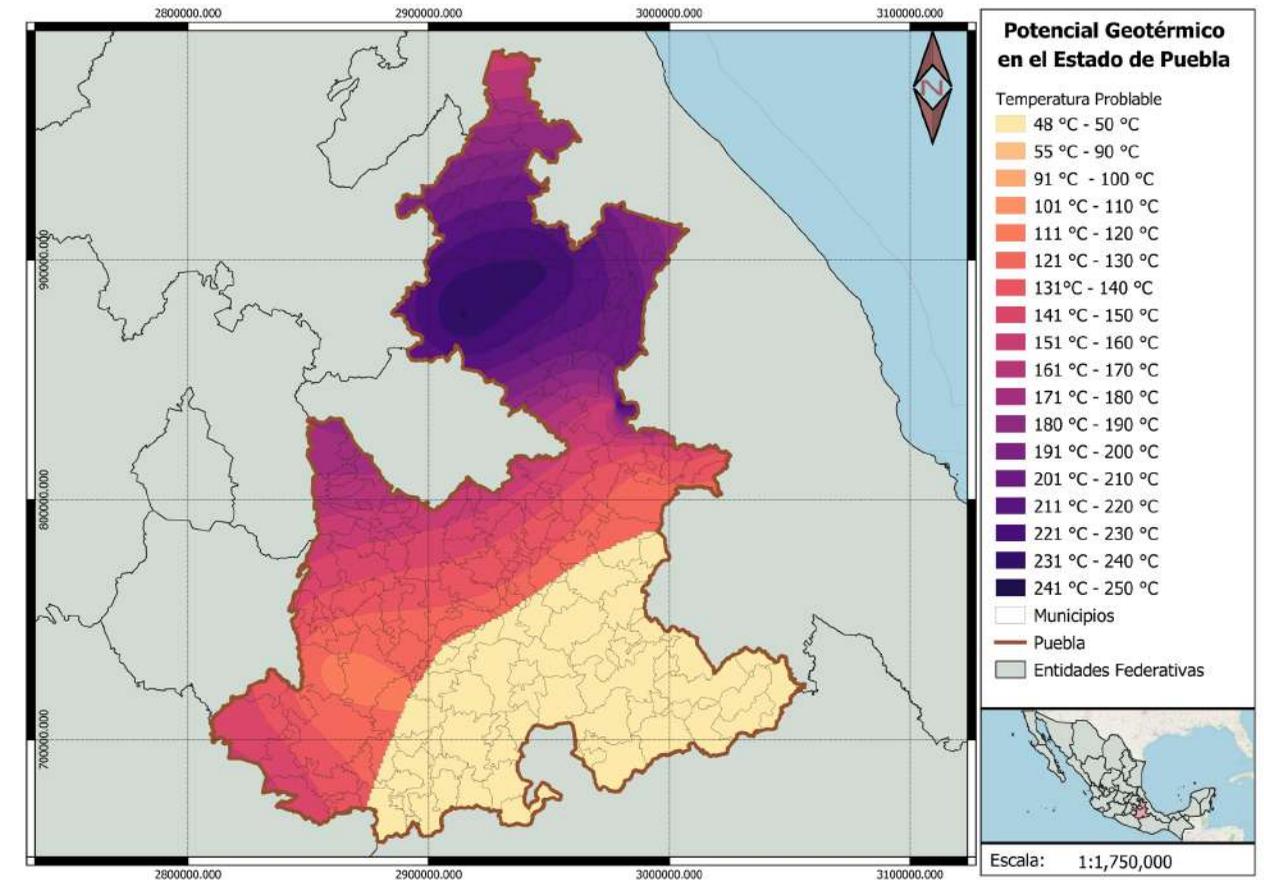
Recurso geotérmico

La energía geotérmica es aquella que se extrae del calor del subsuelo de la Tierra. El vapor y/o el agua permiten transportar este calor a la superficie terrestre. En función de sus características, la energía geotérmica se puede emplear con fines de climatización, refrigeración o generación de electricidad. No obstante, para la generación de electricidad se requieren recursos geotérmicos de media o alta temperatura, los cuales suelen estar ubicados cerca de regiones tectónicamente activas.

Entre las principales ventajas de esta tecnología está su independencia de las condiciones climatológicas y los altos Factores de Planta (FP) que puede alcanzar. Por este motivo, se puede emplear como carga base para el suministro de electricidad e incluso brindar algunos servicios conexos. Existe gran variedad de tecnologías para el aprovechamiento de los recursos geotérmicos con distintos niveles de madurez. Las tecnologías para usos térmicos de calefacción distrital, bombas de calor y usos afines son ampliamente utilizadas y han alcanzado un alto grado de madurez. La tecnología para la generación de electricidad a partir de reservorios hidrotermales con alta permeabilidad también se considera madura y confiable. Gran parte de las plantas de generación eléctrica a partir de recursos geotérmicos actualmente en operación son centrales de vapor seco¹ o plantas flash² (simple, doble o triple) que aprovechan temperaturas superiores a los 180 °C. Sin embargo, los recursos de media temperatura son cada vez más aprovechados mediante unidades binarias³. Además, se están desarrollando nuevas tecnologías como los sistemas de aprovechamiento mejorado de energía geotérmica (EGS por sus siglas en inglés), que se encuentran en etapa de demostración (IRENA, 2020).

Se estima que el estado de Puebla dispone de un gran potencial geotérmico. En la Figura 55 se puede visualizar un mapa que muestra la temperatura probable del subsuelo en las distintas zonas del territorio estatal. Como se puede apreciar, el mayor potencial, con temperaturas de entre 140 °C y 250 °C, se encuentra en la región norte del estado.

Figura 55. Temperatura probable del subsuelo.



Fuente: (SENER, 2018d).

1. En las centrales de vapor seco, el pozo geotérmico produce vapor seco (o casi seco), que puede ser alimentado directamente a un ciclo de generación eléctrica. El vapor del pozo se alimenta al secador de vapor o al separador, donde se eliminan las gotas de agua que pudieran estar presentes. Luego, el vapor se alimenta a una turbina, que impulsa un generador eléctrico y finalmente se descarga en el condensador. El condensado, siendo en su mayoría agua pura, se vuelve a inyectar al depósito geotérmico o se utiliza localmente como fuente de agua (Michaelides, 2012). Cabe señalar que la mezcla extraída de los pozos geotérmicos está compuesta por agua y vapor, así como por sales y gases incondensables como el bióxido de carbono y ácido sulfhídrico.
2. El fluido geotérmico del pozo, que puede ser líquido o una mezcla de dos fases (vapor saturado y agua líquida), ingresa a una cámara de evaporación, donde su presión se reduce significativamente. El proceso de flasheo se lleva a cabo con entalpía constante y, como resultado, se produce una cantidad significativa de vapor de agua. El vapor se separa de las gotitas en el secador de vapor y luego se alimenta a la turbina donde se expande a la presión del condensador, produciendo así energía. El condensado y el efluente de la cámara de evaporación súbita se desechan o se vuelven a inyectar en el depósito (Michaelides, 2012).
3. En las unidades binarias se emplea un intercambiador de calor para la transferencia de la energía térmica del fluido geotérmico a un fluido secundario o de trabajo, que se evapora y sufre expansión en una turbina y se condensa posteriormente (Michaelides, 2012).

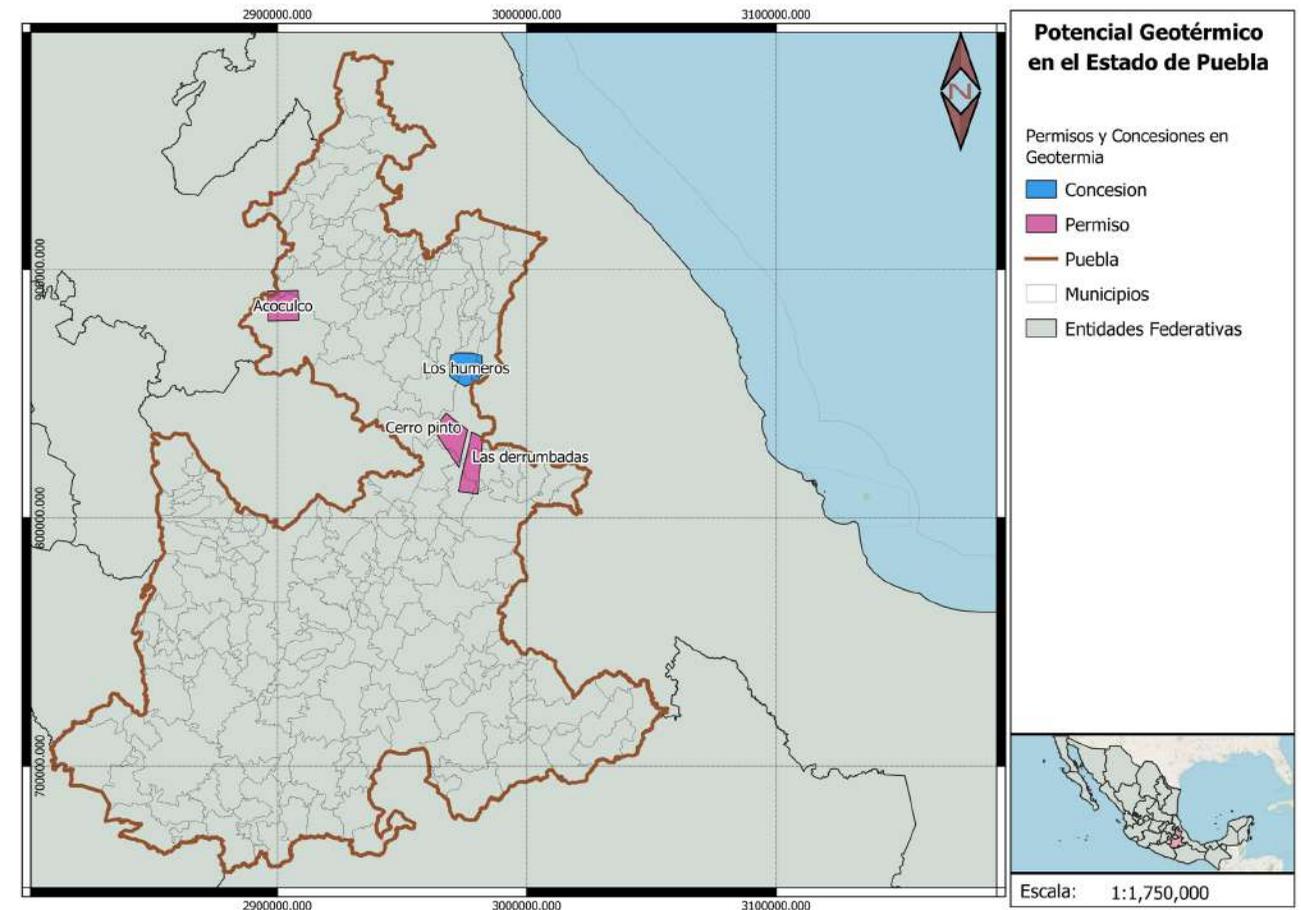
Como se ha visto, se trata de temperaturas lo suficientemente altas como para ser aprovechadas en sistemas de vapor seco y flash, entre otros. Asimismo, en la región central, oeste y suroeste se estiman temperaturas probables del subsuelo de entre 90° C y 160° C. Pese a tratarse de temperaturas inferiores, tras las fases de exploración y análisis de viabilidad tecno-económica requeridos, también podrían llegar encontrarse ubicaciones potenciales para la implementación centrales con unidades binarias, por ejemplo.

Debido a este potencial, ya existen en el estado de Puebla las concesiones y permisos de exploración mostrados en la Figura 56. A parte de la concesión de los Humeros (1991), donde se opera una planta que, tras diversas fases de ampliación, alcanza actualmente los 94 MW (CEMIEGEO, 2016), existen tres permisos de exploración: Acoculco, Cerro Pinto y Las Derrumbadas. El permiso de exploración de Acoculco es previo a los otros dos y se dispone actualmente de algunos resultados de las actividades de exploración: Tras dos perforaciones efectuadas por CFE en 1995 y 2008 a 2,000 m y 1,800 m de profundidad respectivamente se midieron 307 °C y 264 °C. En ambas perforaciones se detectó una baja permeabilidad, con zonas convectivas entre los 1,250 y 1,600 m de profundidad. Debido a las altas temperaturas del yacimiento y baja permeabilidad del mismo, la CFE consideró esta zona como candidata para implementar en ella EGS, aplicando técnicas de fracturamiento hidráulico y/o químico en el yacimiento. Con el método Volumétrico-Montecarlo el campo presenta un potencial de 107 MW con una desviación estándar de 42 MW, siendo el intervalo de confianza al 90% de entre 38 y 177 MW (CRE, 2011).

Por todo lo anterior, es posible afirmar que el estado de Puebla cuenta con un recurso geotérmico excelente para el desarrollo de proyectos a distintas escalas. Además de las altas temperaturas probables en el subsuelo, el camino recorrido en cuanto a exploración ha sentado las bases para continuar favoreciendo en el futuro la penetración de esta tecnología para la generación de energía.

Además de la generación a gran escala, existen proyectos sobre calefacción de oficinas, invernaderos para crecimiento de especies forestales, secado de frutas y verduras, germinado de bulbos, producción acelerada de flores, criadero de hongos comestibles y secado de madera (INEEL, 2008) que pueden ser utilizados en la industria, comercio y sector público del estado.

Figura 56. Concesiones y permisos de exploración geotérmica en el estado de Puebla.



Recurso bioenergético

Este apartado considera únicamente la biomasa que podría ser utilizada, sosteniblemente, para fines energéticos; es decir, la biomasa producida específicamente para el aprovechamiento de energía y la proveniente de residuos. Esta biomasa se agrupa en 6 grandes conjuntos: Cultivos especializados, tala sustentable, residual agrícola y forestal, residual industrial, residual urbana y residual pecuaria.

A nivel nacional, los valores de potencial energético de los grupos de bioenergía mencionados anteriormente tienen sus valores máximos en los municipios de: Río Bravo (Tamaulipas) para el aprovechamiento energético de cultivos especializados (4806 TJ/a); 49,320 TJ/a en Othón P. Blanco (Quintana Roo) para el grupo de Tala Sustentable; Ahome (Sinaloa) con 22,138 TJ/a por aprovechamiento de residuos agrícolas y forestales; y Durango (Durango), considerado como el que tiene mayor potencial de producción energética a partir de residuos urbanos municipales con 4,224.65 TJ/a.

Todos los potenciales mencionados en esta sección corresponden a energía térmica primaria, por lo que es importante considerar pérdidas por conversión a electricidad en dimensionamiento de proyectos.

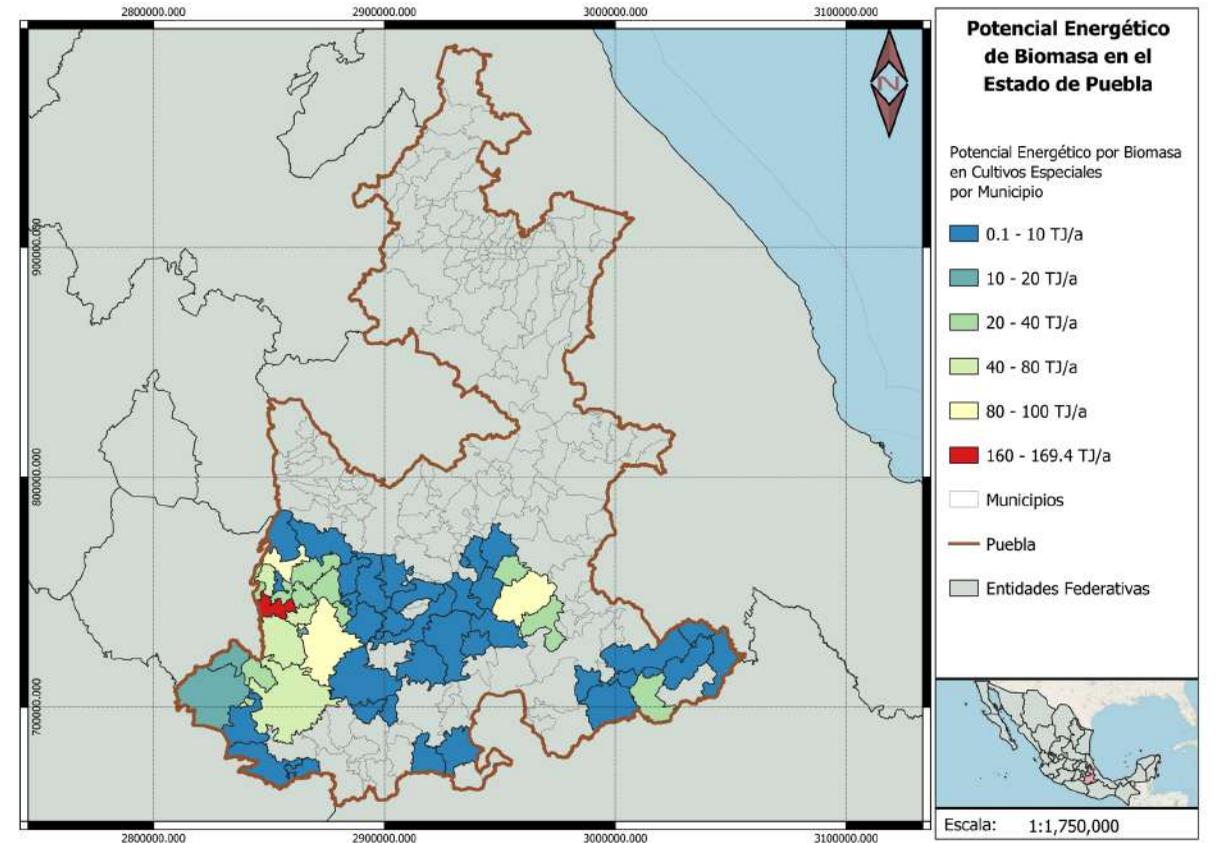
Cultivos Especializados

Este grupo de biomasa contempla los cultivos que se utilizan para la producción de los biocombustibles líquidos, bioetanol y biodiésel. Para el caso del bioetanol, se ha cuantifica la producción de melaza de caña, sorgo en grano y la remolacha azucarera; mientras que para el biodiésel se consideran la semilla de la *Jatropha curcas* y la palma de aceite.

Aunque la producción de biocombustibles en México es incipiente, el escenario de la Figura 41 plantea que 100% de los cultivos mencionados anteriormente se enfoque en la producción de los biocombustibles. Por lo que, al llevar a análisis de factibilidad de proyectos, deberán considerarse otros usos comerciales de los cultivos.

En Puebla, el municipio de Tepexco, al Occidente de la entidad, cuenta con el mayor potencial de aprovechamiento energético de la biomasa proveniente de cultivos especializados (169.4 TJ/a). Sin embargo, no se cuenta con información sobre el tipo de cultivo. Cabe mencionar que el análisis se presenta solamente para 59 de los 217 municipios de la entidad.

Figura 57. Potencial energético por biomasa de cultivos especializados en Puebla



Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER),

Tala Sustentable

Para la estimación del potencial energético de la biomasa obtenida por tala sustentable, el Atlas Nacional de Biomasa aplica 5 criterios de exclusión (Áreas Naturales Protegidas, Áreas Voluntarias de Conservación, Terrenos con pendiente menor a 30%, con distancia a caminos o carreteras menores a 5 km y con una superficie mayor a 25 ha) a la información sobre superficie y tipos de vegetación del INEGI (Serie IV).

Posteriormente, se estimó la cantidad de biomasa por hectárea según el tipo de vegetación, con datos del Inventario Nacional Forestal y de Suelos (INFyS), resultando en un total de biomasa forestal sostenible y accesible, combinándola con la de los polígonos aptos.

La cantidad de biomasa forestal utilizable para bioenergía se calculó a partir del crecimiento forestal basado en precipitación y altitud. Por último, el potencial energético se estimó considerando el poder calorífico de cada biomasa.

El municipio de Chiautla (3,307.77 TJ/a) tiene el potencial más alto para aprovechar sosteniblemente la biomasa proveniente de la tala del recurso forestal. En este caso, existe información para 180 municipios de los 217 en el estado.

Residuos Agrícolas y Forestales

La actividad agrícola genera una cantidad considerable de residuos durante la cosecha de cultivos. El escenario de la Figura 43, estima la biomasa generada de los 41 cultivos que representaron el 99% de la producción total en 2012. Por otra parte, se consideran los residuos de los centros de transformación y almacenamiento de recurso maderero que tienen permiso vigente.

La actividad agrícola del municipio de Chalchicomula de Sesma provoca que cuente con el mayor potencial para aprovechar los residuos agrícolas y forestales en la entidad. Otros municipios con potencial importante son San Salvador el Seco (827.7130 TJ/a) y Tlachichuca (855.57 TJ/a).

Figura 58. Potencial energético de biomasa de tala sustentable

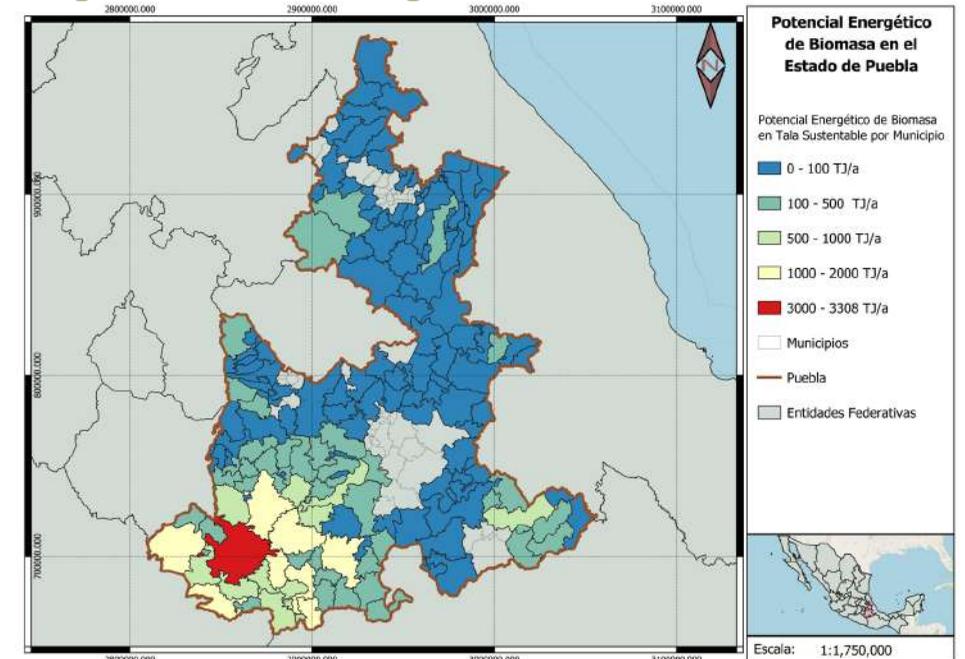
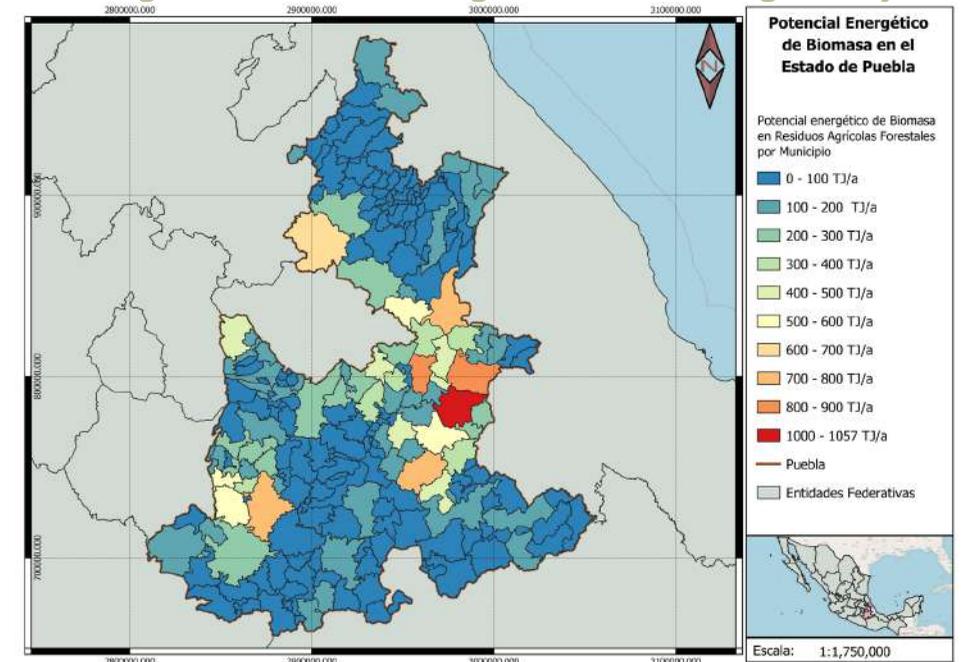


Figura 59. Potencial energético de residuos agrícolas y forestales



Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018d).

Residuos Sólidos Urbanos

En este grupo se incluye a la biomasa de los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos que sean potenciales en cuanto al contenido de materia orgánica y los influentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales. De los 111 municipios evaluados, el municipio de Puebla tiene el mayor potencial de aprovechamiento de residuos urbanos (1,773.23 TJ/a), un valor aproximadamente 7 veces más alto que el municipio de Huejotzingo, el siguiente en cuanto a potencial energético (254.78 TJ/a).

Por otra parte, se cuenta con información a nivel estatal sobre la biomasa de residuos proveniente de actividades pecuarias e industriales.

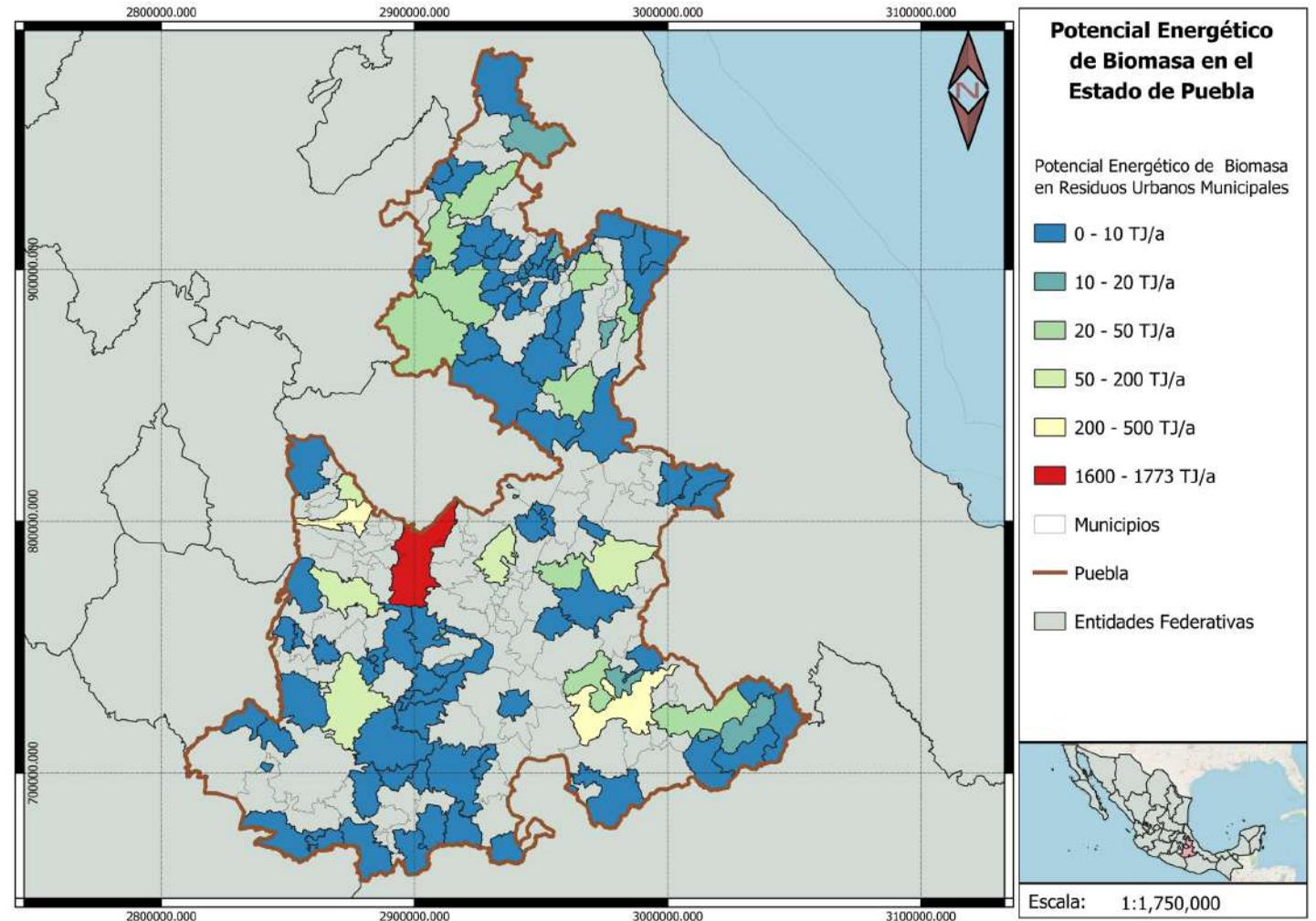
Tabla 11. Potencial energético de residuos provenientes de actividades pecuarias e industriales.

Tipo de Biomasa	Potencial (TJ/a)
Residuos industriales	8406.4
Residuos pecuarios	4669.5

Fuente: INEL (SENER, 2018d).

En la industria pecuaria se contemplan los residuos de las unidades ganaderas bovinas (20% de bovinos lecheros), porcinas (50% del total) y avícolas (100%). Mientras que como residuos industriales se consideran únicamente a las agroindustrias y la industria papelera. Debido a la variedad de tipos de biomasa sólida y líquida, se requieren procesos de acondicionamiento de la materia para lograr su aprovechamiento térmico.

Figura 60. Potencial energético de residuos urbanos municipales.



Fuente: Elaboración propia con información de INEL (SENER, 2018d).

En el país existen ejemplos de aprovechamiento energético de biogás producido a partir de material residual, algunos de estos proyectos son:

a) Planta de tratamiento de aguas residuales “El Ahogado” en Jalisco.

El proceso de tratamiento aerobio con lodos activados que se lleva a cabo en la planta tiene como subproductos lodos que deben estabilizarse para su disposición final. El proceso de digestión al que son sometidos produce biogás, utilizado para la generación de energía eléctrica, con una capacidad instalada (asumida) de 2.3 MW y generación anual cercana a los 10 GWh/año. Con ello se ha logrado un ahorro de 64% en el consumo total de energía de la planta, más la disminución del consumo de diésel de aproximadamente 156 l/h. La implementación de este sistema permitió la obtención de Certificados de Energía Limpia (CELs), por parte de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) para la planta, además de la consecuente reducción de gases de efecto invernadero por el tratamiento de aguas residuales (6,926.82tCO₂e por año) (IMTA, 2017).

b) Relleno Sanitario del Huixmí en Hidalgo

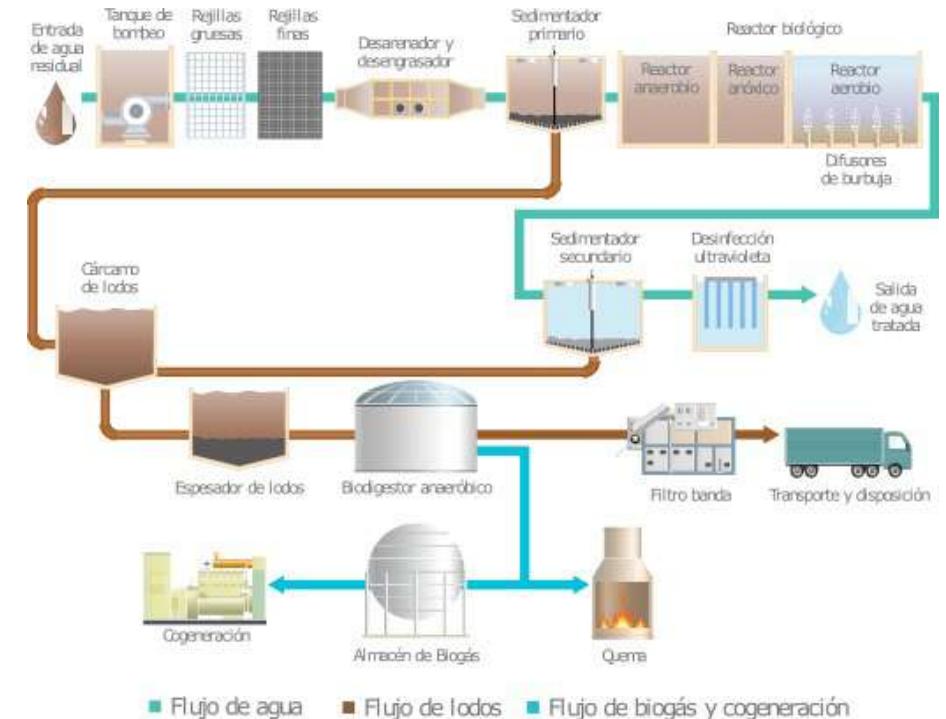
En este sitio de disposición final para residuos sólidos municipales provenientes de la ciudad de Pachuca, se depositan diariamente entre 150 a 200 toneladas. Con una inversión de 954,000 dólares, se implementó un sistema de cogeneración con biogás en el relleno sanitario al Oeste de la ciudad de Pachuca, con una capacidad instalada de 1.06 MW con producción de energía anual autorizada de 9.28 GWh por año (CRE, 2015).

c) Bioenergía de Nuevo León, S.A. de C. en Nuevo León

Cuenta con una capacidad instalada de 16.96 MW y una generación de 120 GWh/año, con lo que se puede suministrar el 90% del alumbrado público de la ciudad de Monterrey, equivalente a suministrar electricidad a 35,000 casas de interés social. Llevando a un ahorro económico de cerca de los 11 millones de pesos al año (SIMEPRODE, 2021). Asimismo, se estima que la mitigación del proyecto es de aproximadamente 1 Mt de CO₂e año (equivalente a retirar 90,000 automóviles) (SIMEPRODE, 2021).

Con lo anterior, se confirma la madurez de la tecnología en cuanto al aprovechamiento energético de la biomasa. El estado de Puebla tiene potencial para desarrollar proyectos de aprovechamiento en diversas zonas del territorio, principalmente en el suroeste de la entidad, donde deben realizarse levantamientos y diagnósticos para comprobar el potencial específico aprovechamiento de biomasa a partir de cultivos especializados y prácticas de tala sustentable, así como también en la zona del este del estado, buscando aprovechar el potencial de residuos agrícolas y forestales, y finalmente, la en la zona metropolitana de Puebla, donde se podría aprovechar el potencial energético de residuos en rellenos sanitarios.

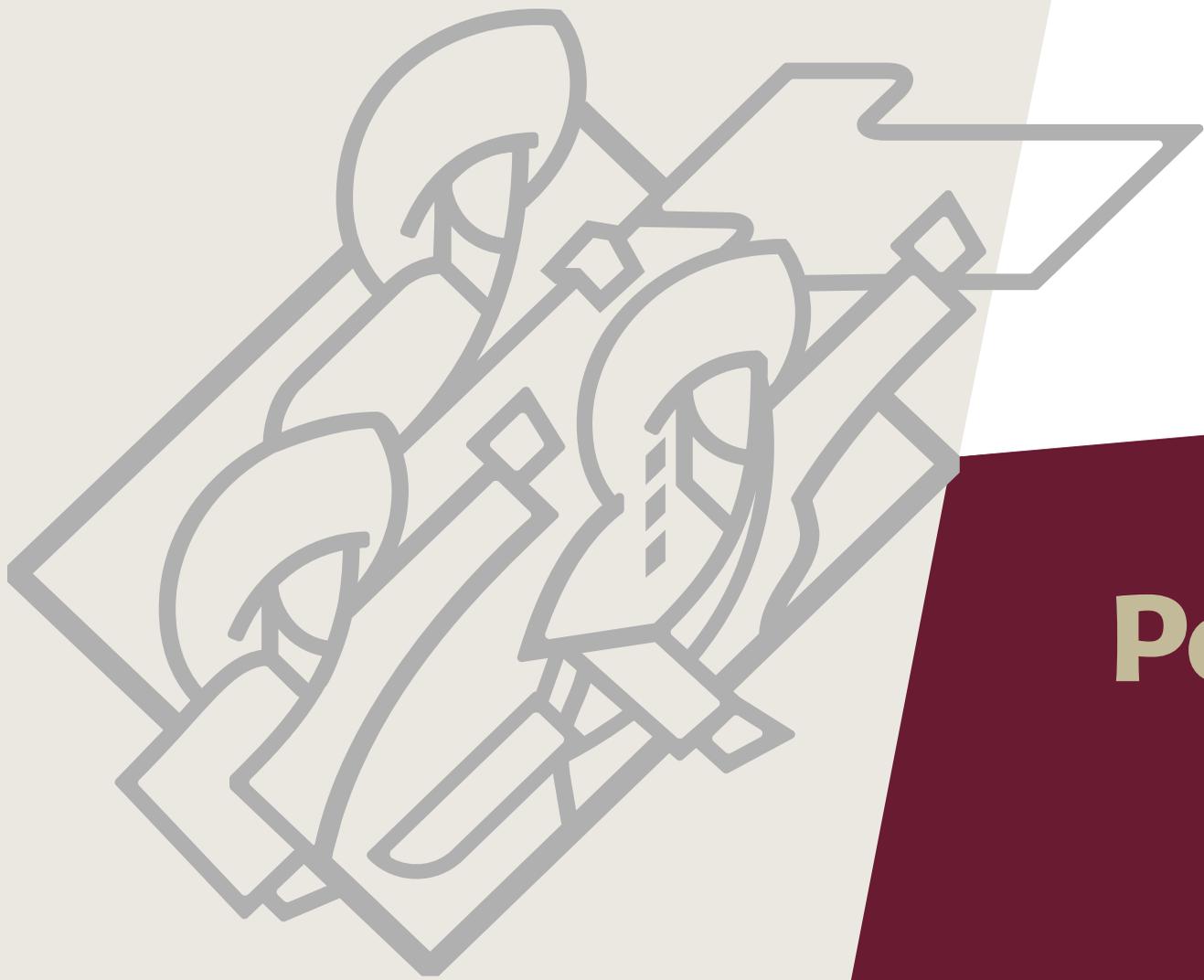
Figura 61. Proceso de aprovechamiento energético de biogás por tratamiento de lodos de planta de tratamiento “El Ahogado”.



Fuente: (GIZ, 2018).



Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.



Potenciales medidas de eficiencia energética



Secretaría de
Medio Ambiente,
Desarrollo Sustentable y
Ordenamiento Territorial

Introducción

La transición energética demanda cambios tanto en la forma de producción como de consumo de energía. Derivado de ello, la eficiencia energética prevalece como una de las medidas más importantes y de menor costo en cuestión de ahorro energético. La eficiencia energética se entiende como la mejora en la forma de consumo de energía tanto por cambios y/o mejoras en la tecnología utilizada para su consumo, como también, por la modificación de hábitos en el mismo. La realización de potenciales de ahorro energético por la implementación de medidas de eficiencia energética es un tanto ambigua cuando se realiza un análisis a nivel general, debido a que, para conocer un estimado preciso es fundamental hacer un diagnóstico individual. Es decir, conocer las características únicas del sitio. Con el fin de generar medidas potenciales de ahorro energético específicas para cada uno de los sectores del estado, se desarrolló el procedimiento mostrado en esta sección.

La primera parte presenta un diagnóstico particular para el estado de Puebla. La metodología realizada toma como base el análisis entre las diferentes unidades económicas establecidas en el estado, tanto por rubro de su actividad, o giro, como por el tamaño de las mismas, considerando el personal de planta contratado y por su ubicación espacial. Para ello, se realizó el análisis y tratamiento de datos del Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas 2020, elaborado por el Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI).

A su vez, se realizó la vinculación de dichas unidades económicas con el impacto de las actividades más importantes, en términos económicos, del Producto Interno Bruto Estatal. También se consideró la relación del consumo energético sectorizado, de acuerdo con el diagnóstico energético realizado anteriormente para el estado, el cual sirve como fundamento para la segunda parte. En la segunda parte, se proponen ahorros potenciales derivados de medidas de eficiencia energética, tanto específicas como generales, para cada uno de los sectores del estado (industrial, residencial, comercial, servicios públicos, transporte y agropecuario). Finalmente, los potenciales de ahorro fueron obtenidos y soportados con investigaciones previas realizadas por instituciones como la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), la Secretaría de Energía (SENER) y la Cooperación Alemana para el Desarrollo (GIZ), entre otros.

Diagnóstico

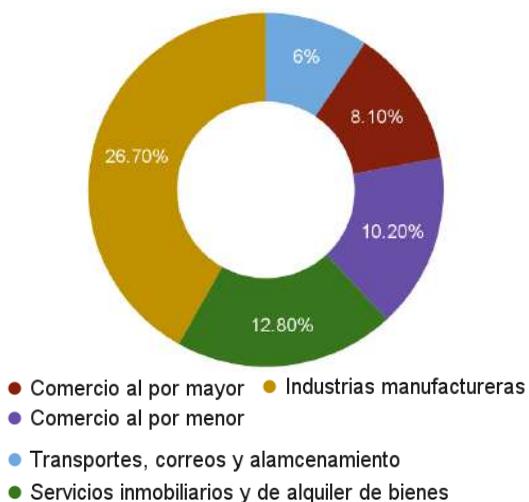
En términos económicos, el Producto Interno Bruto del estado de Puebla se encuentra dividido de la siguiente forma: Las actividades terciarias son aquellas con mayor impacto en el PIB estatal al concentrar el 59% de él. Por su parte, las actividades secundarias cuentan también con gran influencia en el mismo, con una aportación del 38%. Por último, las actividades primarias tienen la menor aportación al PIB estatal con el 4%. Desagregando cada una de las actividades principales por tipo actividad específica, en la Figura 47 se muestra que seis de ellas aportan el 71.8% del total. Las industrias manufactureras son aquellas con mayor impacto, siendo del 27.69%; seguido por el comercio al por mayor y al por menor, que en conjunto alcanzan el 18.6%; mientras que servicios inmobiliarios cuenta con el 12.59%; las actividades de construcción con el 6.95%; y aquellas relacionadas con transportes, correos y almacenamiento con el 5.9% (INEGI, 2020c).

Tabla 12. Producto Interno Bruto de Puebla 2019.

	Millones de pesos	Participación
PIB Total	765,629.08	100%
Actividades primarias	28,648.09	4%
Actividades secundarias	288,046.03	38%
Actividades terciarias	448,934.96	59%

Fuente: (INEGI, 2020b).

Figura 62. Actividades con mayor aportación al PIB estatal 2019.



Fuente:

(INEGI,

Por otra parte, se analizaron las unidades económicas (u.e.) del estado por tipo de actividad, ubicación espacial (por municipio) y por el tamaño de las mismas. El análisis se realiza con el fin de establecer un vínculo entre las actividades con mayor aportación económica, tipología y ubicación de las unidades económicas y el consumo energético en cada uno de los sectores. Las unidades económicas, de acuerdo con el INEGI, son “establecimientos (desde una pequeña tienda hasta una gran fábrica) asentados en un lugar de manera permanente y delimitado por construcciones e instalaciones fijas, además se realiza la producción y/o comercialización de bienes y/o servicios.”

En este sentido, Puebla cuenta con 344,538 u.e. (DENU, 2021) distribuidas de forma heterogénea en los 217 municipios; 9 de ellos concentran el 51% de unidades económicas. En la Tabla 11 se observa la distribución, en cantidad, de u.e. en los municipios del estado. El municipio de Puebla es aquel con la mayor cantidad de u.e., conteniendo el 28% del total, seguido por Tehuacán con casi el 7%. Dentro de estas u.e. se encuentran 883 tipos de actividades (giros). Las 13 actividades con mayor presencia en el estado representan el 44% del total de u.e. En la Tabla 14 se observa el tipo de actividad referida y el número de u.e. a nivel estatal.

Tabla 13. Distribución de unidades económicas por municipio.

Municipio	Número de Unidades Económicas
Puebla	95,188
Tehuacán	22,520
San Martín Texmelucan	11,591
San Pedro Cholula	10,848
Atlixco	8,825
San Andrés Cholula	7,954
Amozoc	6,575
Huauchinango	6,559
Teziutlán	6,548

Fuente: (INEGI, 2020c).

Figura 63. Unidades económicas por municipio en Puebla 2020

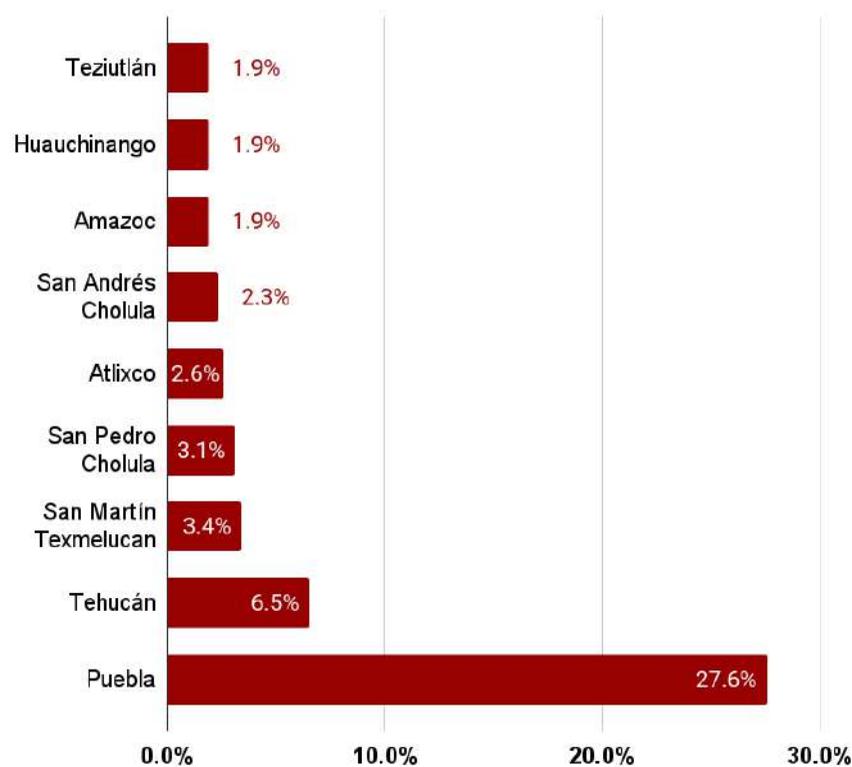


Tabla 14. Principales tipos de actividad y número de unidades económicas en el estado.

Tipo de actividad	Número de Unidades Económicas
Comercio al por menor en tiendas de abarrotes, ultramarinos y misceláneas	45,386
Restaurantes	27,529
Elaboración de tortillas de maíz y molienda de nixtamal	12,779
Salones y clínicas de belleza y peluquerías	11,793
Comercio al por menor de artículos de papelería	8,863
Comercio al por menor de frutas y verduras frescas	8,829
Comercio al por menor de ropa, excepto de bebé y lencería	8,220
Panificación tradicional	4,724
Comercio al por menor de carnes rojas	4,612
Reparación mecánica en general de automóviles y camiones	4,569
Servicios de preparación de otros alimentos para consumo inmediato	4,379
Comercio al por menor de carne de aves	4,322
Asociaciones y organizaciones religiosas	4,248

Fuente: (INEGI, DENU, 2020).

Sin embargo, considerando que los grandes comercios e industrias con el mismo giro comercial/producción o servicio suelen tener consumos energéticos similares en tipo, pero diferenciados en cantidad por la escala y producción de la u.e., se realiza el análisis de las u.e. con el mayor personal de planta registrado en el directorio. En este sentido, de acuerdo con el DENU, Puebla cuenta con 401 u.e. con un personal de planta mayor a 251 personas contratadas. A diferencia del análisis de unidades en general, en este caso particular, 5 municipios concentran el 79% del total de u.e. con mayor personal de planta contratado.

A su vez, en la Figura 45 se muestra la participación en porcentaje de la distribución de las u.e. con mayor personal de planta respecto al total. La ciudad de Puebla concentra el 49% del total; es seguida por Cuautlancingo con el 12%, Tehuacán con el 7%, mientras que San Andrés Cholula y Huejotzingo cuentan con el 5% de estas u.e. El resto de los municipios concentran el 21%. Como siguiente paso, las u.e. fueron desagregadas por el tipo de actividad o giro dentro del que se encuentran categorizadas con base en la diferenciación propuesta por el INEGI.

En este sentido, se puede observar, en la Tabla 14, los diez principales tipos de actividad y el número de u.e. relacionadas con la misma, cuyo personal de planta es superior a las 251 personas contratadas. Estas actividades tienen una participación del 42.9% del total de unidades con dicho personal de planta dentro del estado.

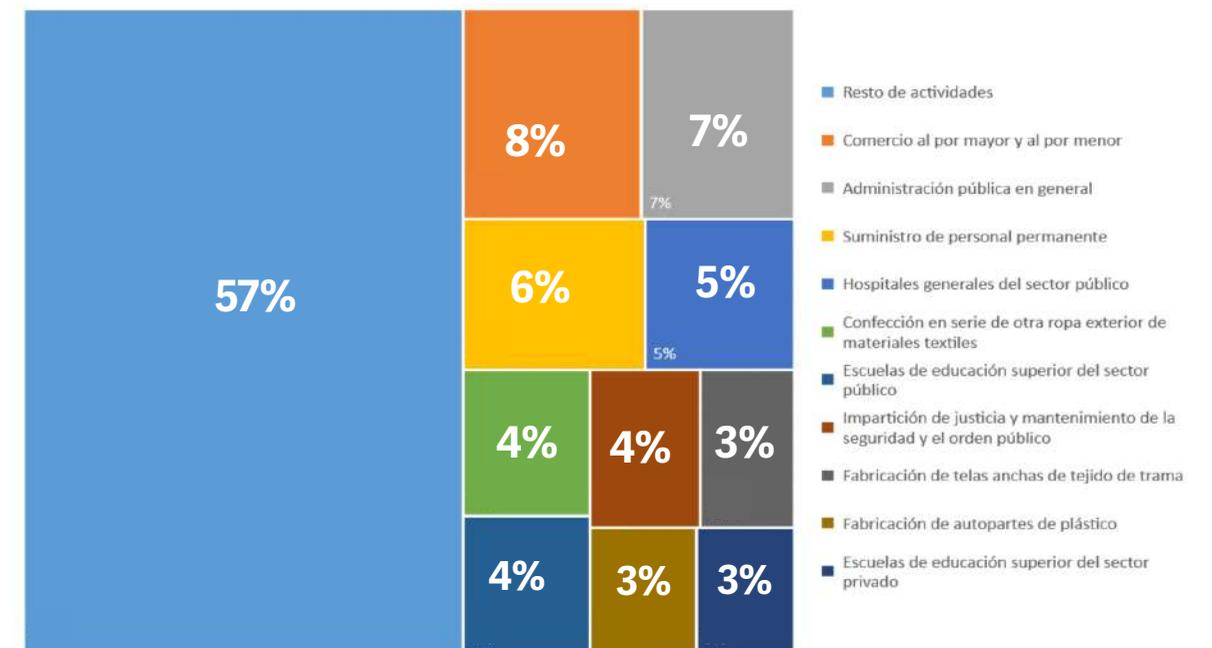
Como resultado, se obtuvo la Figura 50, en donde se muestran las u.e., por su tipo de actividad, con mayor presencia en el total estatal; siendo 10 tipos con una participación del 43%. Dentro de ellas, 30 u.e. corresponden a comercio al por mayor y al por menor (7.5% del total); administración pública en general con 26 u.e. (6.5%); las actividades relacionadas con el suministro de personal permanente con 22 u.e. (5.5%); mientras que la Impartición de justicia y mantenimiento de la seguridad y el orden público cuenta con 14 u.e. (3.5%). En cuanto al sector salud, se cuenta con 18 u.e. correspondientes a hospitales generales del sector público siendo el 4.5%. Por su parte, el sector educativo, cuenta con 14 escuelas de educación superior del sector público (3.5%) y 10 u.e. correspondientes a escuelas de educación superior del sector privado (2.5%).

Para el caso del sector industrial, la confección en serie de otra ropa exterior de materiales textiles cuenta con 15 unidades económicas, siendo el 3.7%. Mientras que la fabricación de telas anchas de tejido de trama y la fabricación de autopartes de plástico cuentan con 12 y 11 u.e. respectivamente, siendo el 3% y 2.7% del total. Por último, el resto de las actividades suman un total de 229 unidades económicas siendo el 57% restante.

Tabla 15. Unidades económicas con personal de planta mayor a 251 personas por municipio en Puebla 2020.

Municipio	Número de Unidades Económicas
Puebla	198
Cuautlancingo	50
Tehuacán	27
San Andrés Cholula	22
Huejotzingo	20
Amozoc	8
Coronango	7
San Pedro Cholula	7
Atlixco	5
San José Chiapa	5
Resto de municipios	52

Figura 64. U.E. por tipo de actividad con personal de planta mayor a 251 personas



Fuente: (INEGI, 2020c).

Para el año 2019, el sector industrial tuvo el 60% del consumo total del energético, seguido por el sector residencial con el 24.6%. El sector comercial y público presentan un consumo de 7.9% y de 3.4% respectivamente. Mientras que el sector agropecuario tuvo un consumo de electricidad del 4.1% del total estatal. Tomando como base el diagnóstico realizado es posible conocer el número de unidades económicas probables para la implementación de medidas de eficiencia energética. A su vez, se busca proyectar un sistema integral, es decir, implementar medidas de eficiencia energética para cada uno de los sectores. Por ello, a continuación, se describen medidas sectorizadas, que de forma general pueden proporcionar un rango de ahorro energético probable y que dependerá de factores como la tecnología actual utilizada, mejora de prácticas, implementación de nuevos procesos, gestión energética, difusión de información.

Sector Industrial

El sector industrial es el segundo de mayor consumo energético en el estado de Puebla con el 36.4% (80.02 PJ) del total estatal correspondiente a 219.67 PJ. Es el principal consumidor de energía eléctrica con el 60% del total estatal. Asimismo, como se observa en el diagnóstico anterior, las industrias manufactureras son la principal actividad en aportación al PIB estatal. Dentro de las mismas, se cuenta con una gran diversidad de actividades en las que el uso de energía tanto eléctrica como térmica es indispensable para el correcto funcionamiento de maquinaria y de procesos. En este sentido, el desarrollo de estrategias que permitan ahorrar energía dentro del sector es imperativo.

A continuación, se enlistan medidas de eficiencia energética aplicables al sector industrial y a diversas actividades dentro del mismo. Se muestra una breve descripción de las mismas intentando abarcar, de forma general, aquellos procesos/actividades con un uso intensivo de energía tanto eléctrica como térmica o combustibles necesarios en la operación del día a día. De igual forma, existen medidas descritas en el apartado de sector comercial aplicables al sector industrial. La serie de medidas descritas no son limitativas, un acercamiento con mayor profundidad requiere del diagnóstico específico de la industria en particular y del levantamiento in situ de cada u.e.

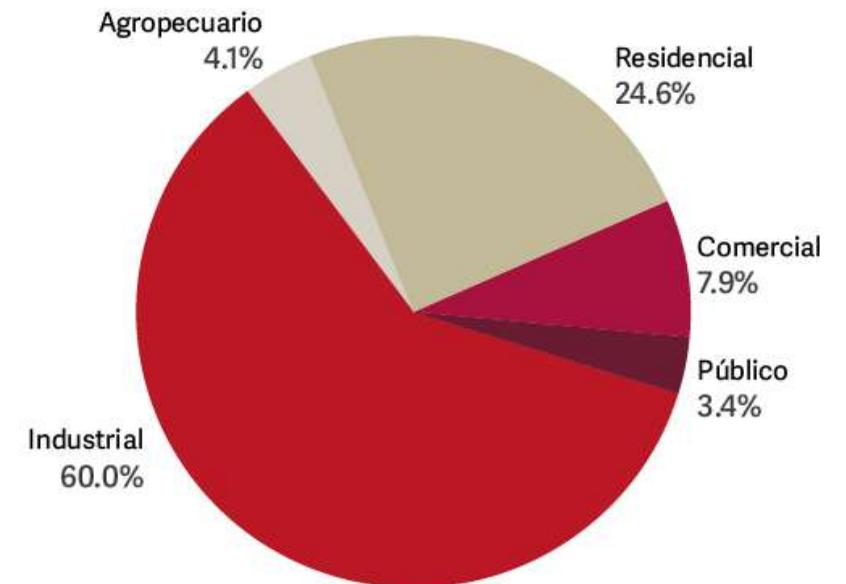
Implementar Sistemas de Gestión de Energía para grandes consumidores de energía

La implementación de los Sistemas de Gestión de Energía permite establecer procesos de mejora en el rendimiento de las operaciones y sistemas dentro de la empresa a través de un enfoque sistemático. Se obtienen ahorros económicos, disminuyen el consumo energético, y, por ende, reducen la generación tanto de residuos como de emisiones contaminantes. En este sentido, el apego a estándares globales como la implementación de la ISO 50001:2011 permitirá alcanzar dichos objetivos. A su vez, la implementación de dicha norma se puede integrar con diversos estándares, por ejemplo, de calidad, medio ambiente, seguridad, etcétera. El Sistema de Gestión de Energía puede llevarse a cabo a través de un grupo especializado dentro de la industria o un grupo externo.

Expandir y actualizar las normas y los sistemas de control sobre eficiencia energética de nuevos productos y sistemas

La expansión y actualización de normas en productos y sistemas permite mantener regulación vigente con los estándares más altos de consumo para poder aprovechar la energía al máximo. A su vez, la implementación de sistemas de control en procesos dentro de la industria permite conseguir ahorros energéticos por obtener tanto el consumo óptimo de los energéticos como el mejoramiento del proceso y del sistema en general.

Figura 65. Consumo de energía en el estado por sector.



Fuente: (CFE, 2019).

Desarrollar programas de apoyo específicos de eficiencia energética en PyMEs

El desarrollo de programas de apoyo expande mecanismos e instrumentos que permiten la penetración de normas y estándares en el sector privado y su vinculación con el sector público. Su aplicabilidad es dada tanto para energía térmica como eléctrica, yendo de la mano con la rama específica de la producción y/o servicio.

Desarrollar estrategias para la recuperación y aprovechamiento del calor industrial residual

La implementación de estrategias de recuperación y aprovechamiento de calor industrial residual está basada en la aplicación de nuevos procesos y sistemas que permitan utilizar el calor generado en algún proceso previo. Por ejemplo: agua caliente sanitaria, generación de electricidad, confort térmico, generación de vapor, por mencionar algunos. La implementación depende de la cantidad de calor a recuperar y los diversos procedimientos dentro de la actividad cuya aplicabilidad lo hagan factible.

Controles electrónicos de velocidad para motores eléctricos (variadores de frecuencia)

La aplicación de variadores de frecuencia en motores eléctricos permite regular la potencia del motor adaptando a velocidad a lo requerido en el proceso. Los variadores de frecuencia se encuentran ubicados entre la fuente de energía y el motor. Garantizan que los motores tengan una operación correcta.

Mejoran la productividad; aumentan la eficiencia energética del proceso y disminuyen costos y emisiones contaminantes.

Sustitución de motores eléctricos por motores de alta eficiencia

Con el fin de reducir el consumo energético en diversos procesos, la sustitución de motores eléctricos por motores con los mejores estándares de eficiencia energética es una excelente alternativa. En este sentido, la inversión del cambio de tecnología permite a la empresa mejorar el consumo energético, atraer beneficios ambientales y económicos, además de actualizar y aumentar el ciclo de vida de la tecnología en uso.

Sustitución de luminarias por tecnología LED

La sustitución de luminarias fluorescentes por tecnología LED disminuye el consumo energético de los espacios comunes y oficinas dentro del sector. También se puede realizar un cambio de luminarias en espacios de procesos, considerando los lúmenes necesarios para la actividad correspondiente según las normas oficiales. Con dicho cambio se puede tener impacto económico, mejoras en el consumo energético y la

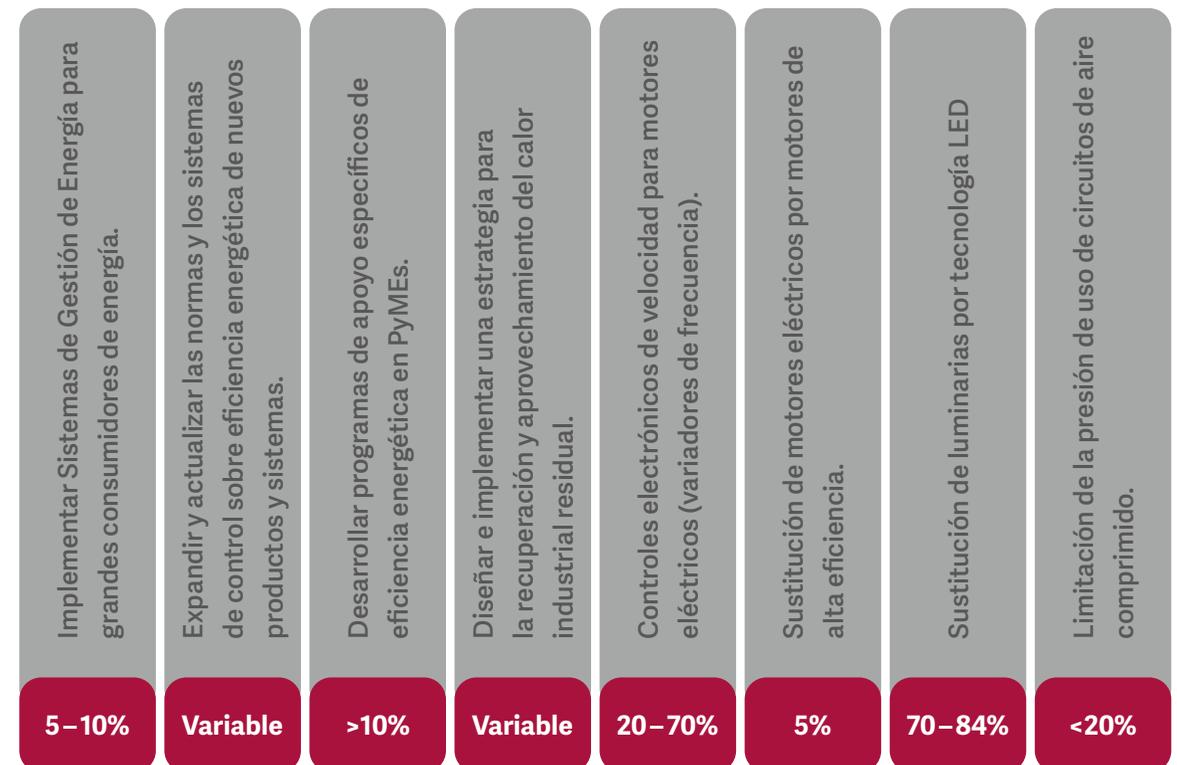
mejora en los sitios de trabajo modernizando el espacio y aumentando la productividad del personal empleado. A su vez, se deben de establecer auditorias para el cumplimiento de regulaciones y normas como, por ejemplo:

- **NOM-025-STPS-2008.** Condiciones de Iluminación en los centros de trabajo.
- **NOM-001-SEDE-2012.** Instalaciones eléctricas (utilización).

Cogeneración

La cogeneración produce energía a un menor costo, genera energía térmica y eléctrica simultáneamente. En este sentido, el aprovechamiento del consumo energético mejora sustancialmente. En su aplicación más amplia aprovecha el calor residual en la producción de energía eléctrica. Cabe mencionar, que la aplicabilidad de la cogeneración depende de los requerimientos energéticos de la industria en donde se desarrollará. La cogeneración tiene como principio la maximización del aprovechamiento de la demanda de calor en los procesos de la industria.

Figura 66. Medidas y su impacto de reducción del uso de energía como un porcentaje del uso previo a la implementación en el sector industrial



Sector Residencial

El sector residencial es el tercer sector con mayor consumo energético dentro del estado con 49.29 PJ (22.4%), y el segundo con mayor consumo de electricidad, 6.94 PJ (24.6%). Como se observa en el diagnóstico energético, el consumo de leña alcanza el 44% del total del consumo dentro del sector. A su vez, es el sector con mayor consumo de GLP, con el 58% del total estatal. Considerando como base el diagnóstico energético, el cual entrega un panorama amplio del mismo, es posible generar medidas de eficiencia energética con alcance general para éste. La importancia de dichas medidas radica en el vínculo con líneas de acción para la generación de instrumentos necesarios y focalizados. A continuación, se describen medidas aplicables al sector residencial, como se ha mencionado, dichas medidas son enunciativas, mas no limitativas.

Sistemas de iluminación eficiente

La integración de sistemas de iluminación eficiente pretende aumentar la eficiencia energética en el sector residencial. En este sentido, se mejora el consumo energético en el principal uso final de energía eléctrica en el sector, a través de la implementación de programas y regulaciones que permitan la adquisición de luminarias LED de forma masiva y a un precio asequible. Se debe considerar que las luminarias y los sistemas deben cumplir con la normatividad vigente establecida en:

- **NOM-030-ENER-2012.** Eficacia luminosa de lámparas de diodos emisores de luz (led) integradas para iluminación general. Límites y métodos de prueba.
- **NOM-001-SEDE-2012.** Instalaciones eléctricas (utilización). Aquellos programas establecidos pueden apoyarse en el cambio de bienes por aquellos que cuentan con certificación del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (Sello FIDE).

Incorporación de estufas mejoradas de leña.

La incorporación de estufas mejoradas de leña pretende ser un programa focalizado en aquellos grupos vulnerables cuyas viviendas no cuenten con la tecnología adecuada para la cocción de alimentos y la generación de agua caliente. En este sentido, es posible generar programas que permitan realizar la adaptación tecnológica y/o el cambio de los fogones o estufas ineficientes de leña por aquellas mejoradas con el fin de evitar daños a la salud de los habitantes, ahorrar leña, mejorar la calidad de vida de los ocupantes de la vivienda. Algunos ejemplos de estufas mejoradas de leña son los modelos de la Estufa Patsari y la Estufa ONIL12.

Sustitución por electrodomésticos más eficientes con base a las NOM

La medida se basa en la inclusión de programas e incentivos para poder realizar el cambio de tecnología, considerando aquellos electrodomésticos que cumplen con las Normas Oficiales Mexicanas vigentes, y a su vez, presenten el sello FIDE.

La medida debería estar priorizada para grupos con vulnerabilidad económica.

Difusión de información de ahorro de energía para la población

Las medidas de difusión de información pretenden concientizar a la población en general sobre el impacto ambiental y económico generado por hábitos de consumo de energía. Con este fin, se realizan acciones como campañas de difusión y promoción a través de diversos medios de comunicación; talleres y sesiones comunitarias, además de la implementación de dichas medidas en sectores educativos con el fin de ofrecer un efecto dominó.

Confort Térmico – Diseño Bioclimático

La penetración de regulaciones locales sobre diseño bioclimático, permitiendo efficientizar tanto los sistemas de ventilación, iluminación y acondicionamiento de espacios, a través del diseño enfocado en la orientación y las condiciones climáticas de la región. El impacto derivado se da en el uso de bienes para el confort térmico como aire acondicionado, ventiladores y calefacción; y el aprovechamiento de la luz natural al máximo. En este sentido se debe de inspeccionar el cumplimiento de la NOM-020-ENER-2011 (PDF) Eficiencia energética en edificaciones, Envoltorio de edificios para uso habitacional.

Figura 67. Medidas y su impacto de reducción del uso de energía como un porcentaje del uso previo a la implementación en el sector residencial



Sector Comercial

El sector comercial es uno de los sectores más atractivos para llevar a cabo la implementación de medidas de eficiencia energética, por un lado, por el número de unidades económicas registradas con dicha actividad al cuantificar 152,927 unidades; y por otro, por los consumos energéticos dados en el sector, al tener una base de gas licuado, electricidad y gas seco (71% hidrocarburos, 29% electricidad). Además, las actividades destinadas al comercio conforman el 18.6% del PIB estatal, lo cual permitirá aprovechar de una forma óptima los recursos energéticos mientras se producen mayores ingresos. Considerando como base lo anterior, vinculado al diagnóstico energético y los indicadores de eficiencia dentro del sector, se desarrollan una serie de medidas aplicables a diversas unidades económicas.

Dentro de estas se describen las medidas correspondientes al sector y los beneficios traídos consigo. Al final de la descripción se muestra una tabla con valores obtenidos de diversos estudios, investigaciones y proyectos realizados por diversas instituciones tanto públicas como privadas. Al igual que en los sectores anteriores, las medidas descritas no son limitativas, sino dan un enfoque general de medidas aplicables en una gama de comercios con diferente actividad con usos de energéticos y energía eléctrica y térmica, principalmente.

Aislamiento térmico y Aislamiento en Refrigeración

El aislamiento térmico permite conservar el calor o el frío dentro de un espacio. Por consiguiente, disminuye el uso de aparatos para la climatización de espacios. Lo cual tiene como efecto directo el ahorro energético y económico. La generación de regulaciones para el establecimiento de límites mínimos de aislamiento en el sector comercial es una alternativa necesaria.

Para el caso de cámaras frigoríficas o salas de procesos se busca la estanqueidad, es decir, tener la menor pérdida de temperatura para que los procedimientos realizados se lleven de acuerdo con estándares y los productos elaborados no disminuyan su calidad. En estos casos, el uso de materiales aislantes como paneles en las paredes, losas y techo con el grosor necesario permite un aislamiento correcto.

A su vez, para el caso de las envolventes de los edificios, es conveniente realizar auditorías con base en la NOM-008-ENER-2001 en la cual se establecen los parámetros de la ganancia de calor de edificaciones no residenciales a través de su envolvente.

Manejo de condensado de vapor

El manejo del condensado de vapor se basa en la recuperación de agua y calor de los procesos generadores de vapor del sistema como en sistemas que incluyen calderas o intercambiadores de calor, así como en la distribución del mismo, con el fin de obtener ahorro energético. Es decir, reutilizar el vapor generado para poder tener ahorros del agua de alimentación, así como obtener un ahorro en la generación de vapor al recircular agua a una temperatura superior a la de entrada.

Ajuste de combustión en calderas

El ajuste en la combustión de calderas permite mantener la relación aire-combustible en un nivel óptimo, a su vez, maximiza el ahorro de combustible, así como la eficiencia de las calderas. Al conseguir la optimización del uso del combustible es posible obtener ahorros económicos. Por su parte, una buena relación aire-combustible y el ajuste de los quemadores de acuerdo a la carga de operación real se obtienen menos emisiones contaminantes.

Recuperación de gases de calor

La recuperación de gases de calor tiene dos objetivos principales:

1. Reutilización del calor emitido por los subproductos o productos de un proceso.
2. Reducir la contaminación térmica al disminuir la temperatura del calor residual.

Para llevar a cabo dicho procedimiento se utilizan diversos equipos, siendo los recuperadores de gases de combustión los principales, y que utilizan el calor residual como intercambiador de calor con otro fluido (calentamiento de agua y/o calentamiento de aire). En este sentido se denominan economizadores, recuperadores o calentadores del fluido.

Recuperación de calor de purga en calderas

La recuperación del calor se obtiene debido al requerimiento para el control del número total de sólidos disueltos en el agua contenida en la caldera. La purga se realiza a través de una válvula permitiendo descargar el agua contenida. Una vez realizada la descarga se aumenta la eficiencia energética del sistema cuando se coloca un intercambiador de calor destinado a aumentar la temperatura del agua de alimentación.

Colocar quemadores de alta eficiencia en calderas

El recambio o ajuste de los quemadores, ya sea por el tipo de quemador pasando de quemadores de marchas a quemadores modulantes, o bien, ajustando los controles de aire y gas necesarios en el proceso; como también modificando el energético utilizado, y por lo tanto, teniendo un cambio de quemadores existentes por los de alta eficiencia. Todo ello supone un ahorro en el combustible utilizado, derivando en la disminución de costos y reduciendo la cantidad de emisiones.

Sistemas de Iluminación eficientes

Al igual que en la mayoría de los sectores, la instalación de sistemas de iluminación eficiente pretende aumentar la eficiencia energética. En este sentido, la mejora del consumo energético en el principal uso final de energía eléctrica en el sector es posible a través de la implementación de programas y regulaciones que fomenten o impulsen la adquisición de luminarias LED de forma masiva y a un precio asequible.

- **NOM-007-ENER-2014.** Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
- **NOM-028-ENER-2010.** Eficiencia energética de lámparas para uso general. Límites y métodos de prueba.
- **NOM-025-STPS-2008.** Condiciones de Iluminación en los centros de trabajo.

Figura 68. Medidas y su impacto de reducción del uso de energía como un porcentaje del uso previo a la implementación en el sector comercial



Sector Público

Las medidas de eficiencia energética descritas en los siguientes apartados engloban principalmente 4 actividades desempeñadas dentro del sector público. La importancia de dichas medidas en el sector radica en tener impactos directos e indirectos con la sociedad, es decir, inciden en el modo de vivir de las personas y mejoran la calidad de vida de las localidades.

Primero, se describe lo relacionado con distribución de productos y recolección de residuos, al poder implementar mejoras tanto en logística, gestión y ahorros derivados de los mismos. Después se analiza, el sistema de alumbrado público, el cuál trae tanto beneficios energéticos, ahorros económicos como también impactos sociales. Como tercera medida se describe la mejora de la eficiencia en la tecnología para el bombeo de agua. Por último, se analiza el cambio por iluminación eficiente en edificios correspondientes a la administración pública.

Estrategias de distribución de productos y recolección de residuos

Como objetivo se plantea, cumplir con las políticas y normatividad ambiental, con el fin de propiciar una estrategia transversal, tanto para la población en general como para los sectores industrial, comercial y agropecuario. La generación y aplicación de estas estrategias permite integrar tecnología, fomentar inversión, empleo, y a su vez, generar ahorros tanto energéticos (al efficientizar procesos y traslados) como la disminución de emisiones. Por otra parte, como objetivo se encuentra concientizar a la población sobre la disposición de residuos; al sector comercial e industrial sobre la forma de gestionar la distribución de productos. De igual forma, conservar los recursos naturales, así como fomentar y mejorar la salud pública.

Sustitución de sistemas de alumbrado público

La sustitución de sistemas de alumbrado público trae consigo beneficios tanto ambientales, económicos y mejoras en la calidad de vida de las personas, ofreciendo espacios más iluminados y más seguros. En este sentido, el objetivo planteado es la sustitución del alumbrado actual por tecnología más eficiente siguiendo la normatividad vigente. La sustitución de estos elementos se debe basar en la NOM-031-ENER-2012 correspondiente Eficiencia energética para luminarios con diodos emisores de luz destinados a vialidades y áreas exteriores públicas. Especificaciones y métodos de prueba.

Mejorar eficiencia de tecnología para bombeo de agua

Con el fin de mejorar la eficiencia energética en la tecnología de bombeo de agua, se pueden seguir las mejores prácticas, manuales y cambios en procesos o manejo de tecnología para tener un sistema más eficiente. En este sentido, se parte de auditorías en las que se pueda determinar los cuellos de botella del sistema y las principales áreas de mejora como podría ser las pérdidas en el bombeo, pérdidas de carga, fugas o pérdidas eléctricas. Con este fin, las mejoras en el sistema intervienen tanto en procesos como en la operación del mismo estimando un ahorro en la factura eléctrica.

Sistemas de iluminación eficiente

La sustitución de sistemas de iluminación eficiente es aplicable en edificios correspondientes a la administración pública, hospitales, centros de reinserción social, así como en edificios correspondientes al sistema educativo. Esta medida de mejora en la eficiencia energética trae consigo beneficios económicos, ambientales y la mejora la calidad de los espacios de trabajo de los empleados. Para ello, al igual que en sector comercial, se debe de tomar en cuenta las siguientes Normas Oficiales:

- NOM-007-ENER-2014. Eficiencia energética para sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
- NOM-025-STPS-2008. Condiciones de Iluminación en los centros de trabajo.
- NOM-001-SEDE-2012. Instalaciones eléctricas (utilización).

Figura 69. Medidas y su impacto de reducción del uso de energía como un porcentaje del uso previo a la implementación en el sector público



Sector Transporte

El sector transporte es el sector con mayor consumo energético con una participación del 36.5% del total estatal. Presenta una gran área de oportunidad al tener una matriz compuesta en su totalidad por energéticos fósiles, siendo los principales, gasolina y diésel. El establecimiento de medidas de eficiencia energética en este sector permite atacar diversos problemas, tanto ambientales como sociales derivados principalmente por las emisiones del día a día. A continuación, se describen medidas que permiten servir de apoyo en la mejora de aspectos como la normatividad y el mejoramiento del sistema de transporte público, así como incentivar el uso del mismo.

Mejorar la normatividad aplicable para aumentar la eficiencia de la tecnología en uso promoviendo el uso de vehículos más nuevos y eficientes.

La generación de incentivos para poder tener acceso a tecnología más eficiente y asequible, tanto para uso del sector privado como para el sector de transporte público es necesaria en el sector. La mejora en la normatividad pretende que el incremento dado en el parque vehicular sea a través de la tecnología más eficiente.

Incentivar el uso del auto compartido (car pooling)

Esta medida explora la modificación de hábitos en el uso de transporte privado, tanto para centros de trabajo como para desplazamientos de la población en general. Incide en el indicador vehículo-km-pasajero, evitando recorridos de un solo conductor y fomentando el transporte privado compartido de forma segura, trayendo consigo ahorros energéticos y disminuyendo las emisiones de gases contaminantes.

Sustitución de autobuses por transporte público de carril exclusivo

La medida de sustitución de autobuses (parcial o total) por transporte público articulado genera un sistema de transporte con mayor conexión e integración. Considera la disminución de emisiones al reducir el indicador vehículo-pasajero-km. Se debe de tener en consideración la orografía del lugar y estudios de movilidad urbana para poder identificar los principales tramos de desplazamiento de la población. Es imperativo analizar la inclusión de las poblaciones vulnerables y marginadas. Como objetivo se tendrán recorridos en el menor tiempo posible, mejor conectados y más seguros. Con ello, atraer beneficios urbanos, ambientales y sociales.

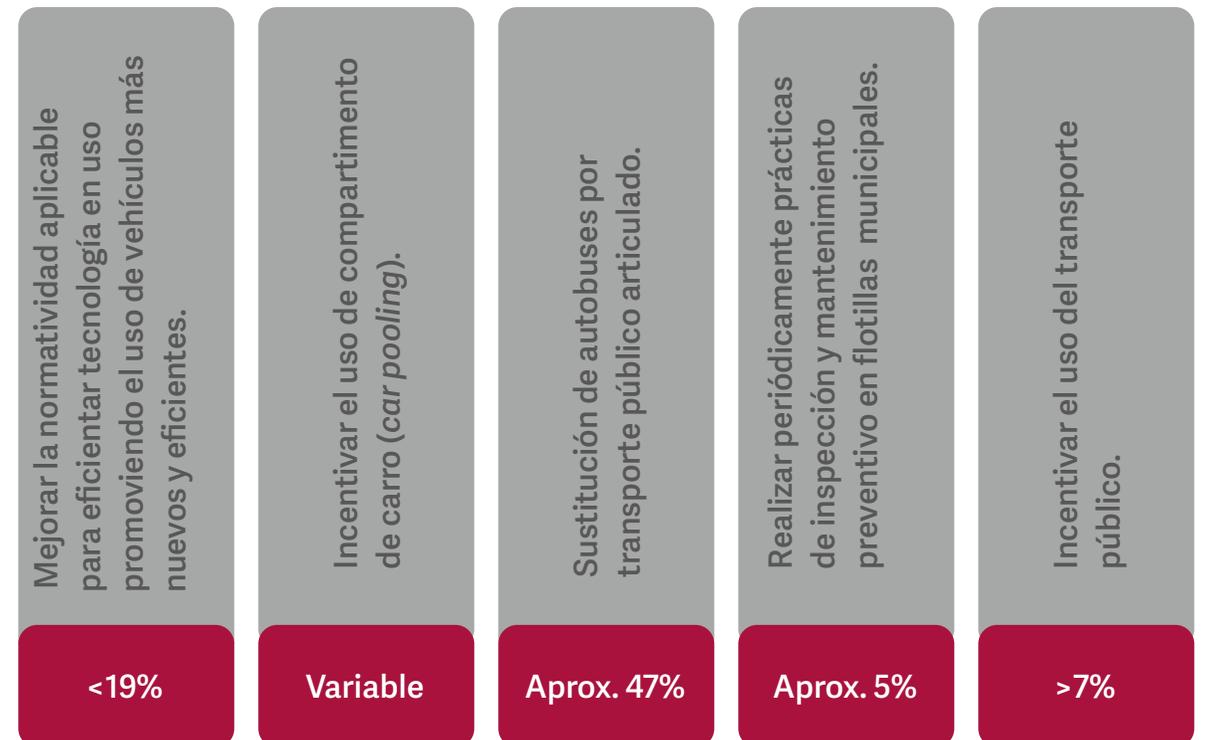
Realizar periódicamente prácticas de inspección y mantenimiento preventivo en flotillas municipales

Intensificar las prácticas de inspección y mantenimiento en las flotillas de transporte público colectivo municipal, con el objeto de disminuir el número de automotores con altas emisiones por la mala combustión dentro de los mismos.

Incentivar el uso del transporte público

El incentivar el uso de transporte público permite cambiar los hábitos de las personas y evitar el aumento del parque vehicular en horas pico, así como disminuir el consumo de energía y la disminución de emisiones. Sin embargo, dicha implementación va de la mano con otros procesos, como lo son: mejorar el sistema de transporte, optimizar los tiempos de recorrido, promover el sistema de transporte público seguro y confiable; así como la asequibilidad del mismo para toda la población.

Figura 70. Medidas y su impacto de reducción del uso de energía como un porcentaje del uso previo a la implementación en el sector transporte



Sector Agropecuario

El sector agropecuario es el sector con menor consumo energético dentro del estado. Sin embargo, su importancia radica en evitar el estancamiento del mismo y poder generar mejores y más productos con menor consumo energético. Por lo mismo, se plantean medidas de eficiencia energética correspondientes a las principales actividades desarrolladas dentro del estado. Se considera la agricultura como también la crianza de animales. En este sentido, se busca generar valor al sector y tener un mayor impacto en la economía estatal.

Mejorar eficiencia de sistemas de riego y bombeo agrícola

En cuanto a mejorar el sistema de riego y bombeo existen diversas medidas posibles, entre ellas se encuentran las siguientes:

- **Auditar el diseño del sistema de riego**

La verificación del diseño del sistema permite conocer la cantidad y calidad del agua disponible; el tamaño de las tuberías y los diámetros óptimos para el sistema. A su vez, permite identificar si la presión del sistema es adecuada y si las boquillas se encuentran en las mejores condiciones posibles. También permite mejorar la distribución de los emisores de riego y comprobar que el riego se esté dando de forma uniforme. Los ahorros energéticos se centran en eficientar el sistema de bombeo, y por ende, trabajar en tiempo y forma óptima, lo cual traerá consigo beneficios en el consumo de energéticos; económicos y también ambientales, al evitar el desperdicio de agua.

- **Reguladores de presión**

La utilización de reguladores de presión permite eficientar el sistema de riego, haciendo que trabaje a niveles adecuados conforme al espacio de riego, la cantidad de agua disponible y las tuberías utilizadas.

- **Tiempos de riego necesarios**

El identificar el tiempo de riego con el cuál se está llevando a cabo el proceso permite adaptarlo de acuerdo a la necesidad. Con esta aplicación se mejora la eficiencia del sistema al implementar el riego solamente cuando es necesario evitando así, tiempo de riego y desperdicio del recurso.

- **Capacitación a recurso humano**

La capacitación y actualización del recurso humano encargado de llevar a cabo el proceso de riego permite mejorar hábitos e implementar las mejores prácticas posibles en el sector. Las capacitaciones permiten eficientar los procedimientos dentro del sistema y el proceso en general, trayendo consigo ahorros en tiempo, energéticos y evitando desperdicios.

Sustitución de maquinaria, tractores y camiones con mayor eficiencia energética

La tecnificación del sector agropecuario tiene, entre sus ventajas, evitar el estancamiento. La modernización tanto de maquinaria, tractores y camiones permite obtener mayor rendimiento el uso del combustible, emitir menor cantidad de contaminantes y mejorar los procedimientos realizados en el día a día. A su vez, permite empoderar al recurso humano dentro del sector.

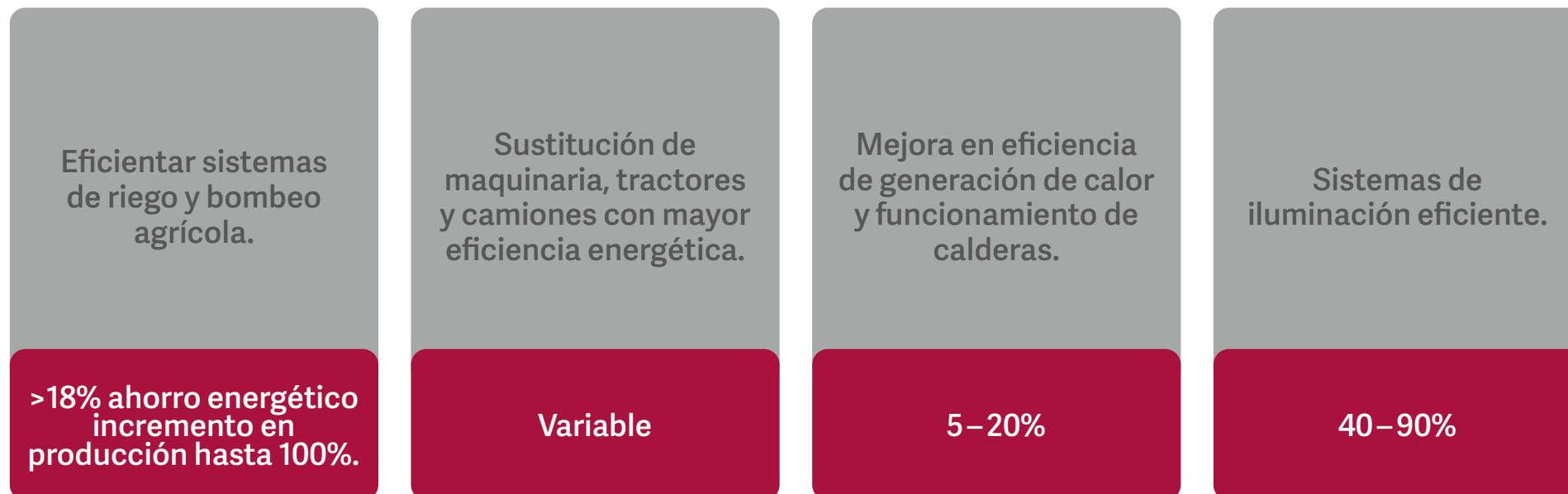
Mejora en eficiencia de generación de calor y funcionamiento de calderas

La mejora en la eficiencia en generación de calor y funcionamiento de calderas se puede realizar a través de diversos métodos, entre ellos, se encuentra el cambio del energético utilizado, el cambio de la tecnología o, como se mencionó en sectores anteriores, la utilización de intercambiadores de calor para poder aprovechar el calor residual, así como su aplicación en otros procesos. Por otra parte, la regulación de la temperatura y calor en algunas actividades, como los invernaderos, es fundamental. El control sobre la cantidad necesaria de dichos parámetros es fundamental para eficientar el uso de energía dentro de los mismos. Un uso óptimo de climatización permitirá mejorar el proceso de cultivo y/o crianza de animales, así como aprovechar al máximo los recursos energéticos.

Sistemas de iluminación eficiente

Los sistemas de iluminación son de gran importancia en el sector. La utilización de los mismos es de uso variado. Por una parte, puede usarse para el criadero; por otra, para horticultura. O bien, para procesos en general e iluminación de espacios. De acuerdo al uso final dado es posible encontrar áreas de mejora. En la actualidad existen alternativas como sistemas de iluminación LED, los cuales traen consigo ahorros energéticos considerables. Se debe de tomar en cuenta, el tiempo de exposición requerido, el espectro lumínico necesario, el espacio en el que se encuentran y la adaptación de tecnología para la automatización y control de los sistemas. La mejora en los sistemas de iluminación trae consigo la mejora en el producto final, y a su vez, beneficios en el consumo de energía.

Figura 71. Medidas y su impacto de reducción del uso de energía como un porcentaje del uso previo a la implementación en el sector agropecuario





Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.

Enfoque de Igualdad Sustantiva



Secretaría de
Medio Ambiente,
Desarrollo Sustentable y
Ordenamiento Territorial

Se parte del hecho de que el sector energético es fundamentalmente masculino. “Con relación al sector de electricidad, agua y gas, del total de población ocupada, solo dos de cada diez personas ocupadas son mujeres, es decir, el sector de energía y agua es un ámbito poblado sobre todo por hombres. La apropiación masculina del sector energético ha propiciado que las actividades que se desarrollan en el sector energético mexicano estén sobrerrepresentadas por hombres y primordialmente matizadas con expectativas masculinas.” (CEPAL, 2020).

Y es masculino, no solo por la mayoritaria participación de hombres como trabajadores y tomadores de decisiones, sino por las dimensiones que son consideradas importantes en el sector, donde hasta ahora se ha relacionado el bienestar con el crecimiento económico y con el ingreso, invisibilizando otras dimensiones como:

- i) el tiempo del trabajo de cuidado (crianza de los y las niñas, de las personas enfermas o ancianas, limpieza y mantenimiento de las viviendas, y otros trabajos domésticos), que se ha impuesto social, histórica y culturalmente a la mujeres,
- ii) el cuidado del medio ambiente y de los ecosistemas para garantizar las condiciones de vida de las generaciones futuras; o
- iii) la importancia de actividades no productivas, como el ocio, el arte o la vida comunitaria para garantizar el bienestar colectivo y la salud mental.

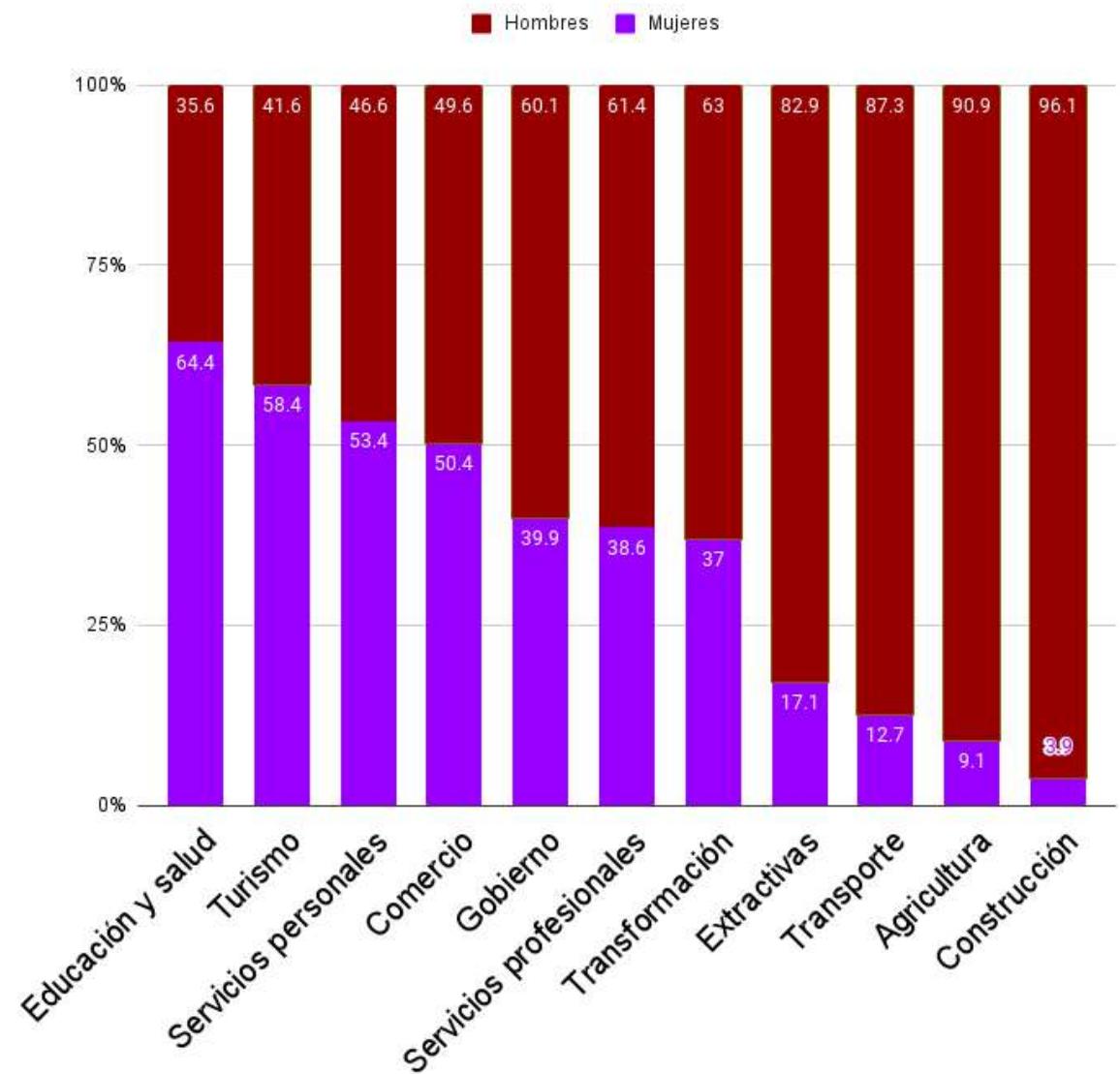
Perspectiva de género e igualdad sustantiva

Como se ha documentado ampliamente en las últimas décadas, la construcción de sociedades más justas y equitativas pasa necesariamente por mejorar la calidad de vida de niñas, adolescentes y mujeres, que constituyen el 49.5% de la población mundial, lo cual incluye la eliminación de todas las formas de violencia contra ellas, y la construcción social de condiciones para superar las brechas, las desigualdades en el acceso a recursos y oportunidades y la inclusión de asuntos y temáticas asociados al bienestar de la sociedad en su conjunto.

Una perspectiva de género y de igualdad sustantiva, que intenta garantizar el pleno disfrute de los derechos humanos, superando la igualdad formal y de la igualdad de oportunidades mediante la garantía de la igualdad de los resultados, busca construir medidas efectivas y aprovechar el ordenamiento jurídico, institucional y social para construir el disfrute efectivo de los derechos, en este caso, para niñas, adolescentes y mujeres.

Para proponer y pensar la transición energética desde una perspectiva de género y de igualdad sustantiva, hemos observado dos dimensiones en la cadena energética y una dimensión de la planeación estatal.

Figura 72. Distribución por sexo de la ocupación por sectores económicos en el cuarto trimestre 2020.



Fuente: (STPS, 2020).

Las dimensiones asociadas a la cadena energética son:

a) La brecha en la participación de las actividades laborales y educativas y especialmente en la cadena energética, esto es, la participación laboral en carreras afines de hombres y mujeres en el sector energético. Esta información se presenta en el primer apartado de descripción poblacional, y en el apartado de indicadores sociales.

Es de resaltar el trabajo que en este sentido ha realizado LA CEPAL en cabeza de Débora Ley, Paola Centeno y Elsa María Gutiérrez, (CEPAL, 2020) donde señalan la brecha en la participación de las mujeres en el nivel educativo de carreras afines a la electricidad y la generación de energía, argumentando que desde esta baja vinculación, se proyecta también la baja participación de las mujeres como profesionales, tituladas o posgraduadas en el sector energético.

Para el caso de Puebla, señalan que para el año 2016 – 2017, 2267 hombres y 419 mujeres estaban matriculadas, 290 hombres y 42 mujeres estaban en calidad de egresados, y 207 hombres y tan solo 37 mujeres estaban en calidad de titulados en el nivel técnico superior y licenciatura en campos de formación relacionados con la electricidad y generación de energía.

También es relevante el trabajo realizado por la Red de Mujeres en Energías Renovables y Eficiencia Energética —REDMEREE—, quienes han venido adelantando en los últimos años, el trabajo de recolección de información y datos sobre la participación de las mujeres en el ramo energético.

Sin embargo, como resultado de la triangulación de información disponible en las diferentes bases de datos de INEGI, CONEVAL, SEMARNAT y SENER, resulta ser que no existe información suficiente sobre la participación laboral de mujeres en la cadena energética para poder caracterizar las diferencias o magnitudes desde una perspectiva diferencial por género. En este sentido, es importante impulsar la producción de información primaria sobre este renglón, así como promover los estudios cuantitativos y cualitativos del ingreso, permanencia, deserción y éxito laboral en las carreras afines al sector energético.

b) Los consumos energéticos diferenciales entre hombres y mujeres, esto es, si existe información disponible de cómo las mujeres y los hombres consumen diferentes tipos de energía de acuerdo a las actividades asociadas a los roles. El consumo de energía

está directamente asociado a los hogares, y no a las personas, de tal manera que no existe información desagregada sobre los consumos diferenciales de energía en el Estado de Puebla, ni en México; por estudios de orden cualitativo y por investigaciones desarrolladas por la ONU mujeres, la CEPAL y otras instituciones del sistema de Naciones Unidas, así como por investigaciones independientes, es claro que el uso que las mujeres hacen de la energía está determinado por los roles de género que recaen sobre ellas, en particular asociados al trabajo del cuidado y al trabajo doméstico no remunerado, esto es: cocción de alimentos, calentamiento de agua, labores de limpieza y aseo, trabajos de reparación o artesanales en los hogares, acompañamiento de labores educativas de hijos e hijas, entre otros.

Desde esta mirada, es importante resaltar que la medición de pobreza energética, debe hacer un zoom sobre los consumos diferenciales entre hombres y mujeres, y no solo por hogares, para iluminar sobre los mayores impactos que la falta o la dificultad de acceso provoca sobre las mujeres, adolescentes y niñas.

Finalmente, es importante señalar, que no se pretende señalar que los únicos consumos diferenciales de energía entre hombres y mujeres deben mantenerse en este orden de circunstancias, o que deben reproducir el rol de las mujeres como responsables de los trabajos de cuidado y de los trabajos domésticos no remunerados, pero si, que es importante visibilizar las diferencias para promover otros roles, otros usos de la energía por parte de las niñas, adolescentes y mujeres, y otras medidas que contribuyan con el bienestar integral de las mujeres.

c) La dimensión asociada a la planeación estatal:

Se entiende la economía del cuidado como una responsabilidad pública, que alude a la adecuación de los sistemas públicos de cuidado necesarios para que la sociedad en su conjunto desarrolle actividades productivas: salud, educación básica, saneamiento, cuidado de personas enfermas, cuidado de la primera infancia, ocio y esparcimiento en espacios públicos, servicios sociales y eliminación de las formas de violencia contra niñas, adolescentes y mujeres.

Históricamente este trabajo de cuidado ha sido recargado al ámbito privado de la vida social, y ha recaído en los cuerpos de las mujeres al interior de las familias y los hogares, pero desde hace unos años la discusión sobre la socialización de las diversas tareas y trabajos implícitos en la economía del cuidado ha tomado fuerza, y en México desde noviembre de 2020 se aprobó la creación de un Sistema Nacional de Cuidados, modificando el Artículo 4 y 73 de la constitución, y abriendo el espacio jurídico y fiscal para que la economía del cuidado sea incorporada en los procesos y mecanismos de planeación pública.

Por estas razones, y porque la transición energética es un proceso que atraviesa directamente todo el cuerpo productivo de la sociedad, es fundamental darle este énfasis que armonice energía y economía del cuidado. Para tal fin se indagó sobre las iniciativas en el Estado para fortalecer desde la perspectiva energética sustentable la infraestructura pública asociada al cuidado: hospitales, centro de salud, parques, escuelas, guarderías, hogares para personas mayores, centros sociales, espacios públicos como parques, ciclo-pistas, plazas, y otras que puedan contribuir con el bienestar colectivo y de cuidado público.

No se encontraron iniciativas en las instituciones que estén trabajando en este sentido, y por lo tanto, se han incorporado en los objetivos y en las líneas de acción, recomendaciones para fortalecer esta perspectiva.

Datos

En el cuarto trimestre de 2020, la población con edad para trabajar de Puebla fue de 4,891,929 personas. La población económicamente activa fue de 2,899,694 personas. De esa población, la cantidad de ocupados es de 2,722,704 que es el 55.6% de la población que podría trabajar. El ingreso laboral per cápita real disminuyó 12.5% entre el cuarto trimestre de 2019 y el cuarto trimestre de 2020, al pasar de \$1,551.15 a \$1,357.11 pesos constantes. Las ocupaciones que concentran son servicios con 782.393 (38.8% hombres y 61.2% mujeres) y actividades agropecuarias con 551,212 personas (80.7% hombres y 19.3% mujeres) (STPS, 2021).

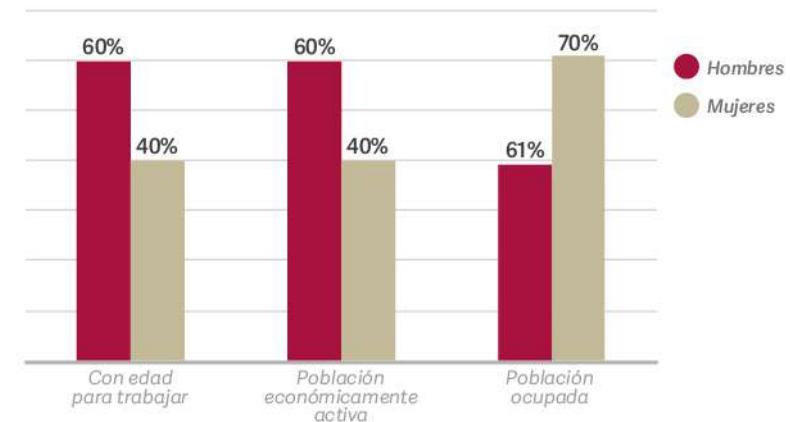
Sobre la participación de mujeres en el ámbito laboral

Como se ha visto en este apartado, la falta de información limita el alcance del análisis. En tal sentido, los datos sobre la participación de mujeres en el ámbito laboral del sector energético, posición en la estructura organizativa y nivel de remuneraciones solo se encuentran desagregados al nivel de los subsectores (subsector 221 Generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica, suministro de agua y

de gas natural por ductos al consumidor final) impidiendo obtener únicamente los del sector energético.

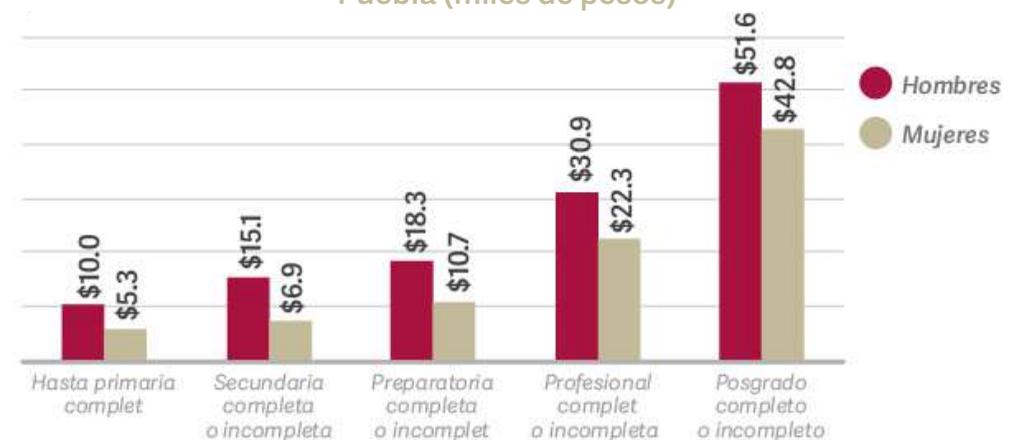
A partir del ordenamiento y análisis de estos datos y otros tantos e indicadores secundarios consultados en los sistemas de cuentas nacionales, se puede presentar una aproximación del grado de igualdad que se presenta en la entidad federativa. La información recopilada en las fig emplea datos obtenidos de la ENIGH 2018 (INEGI, 2018) y el Censo de Población y Vivienda 2020 (INEGI, 2020d), principalmente.

Figura 73. Relación de situación laboral por sexo en el estado de Puebla



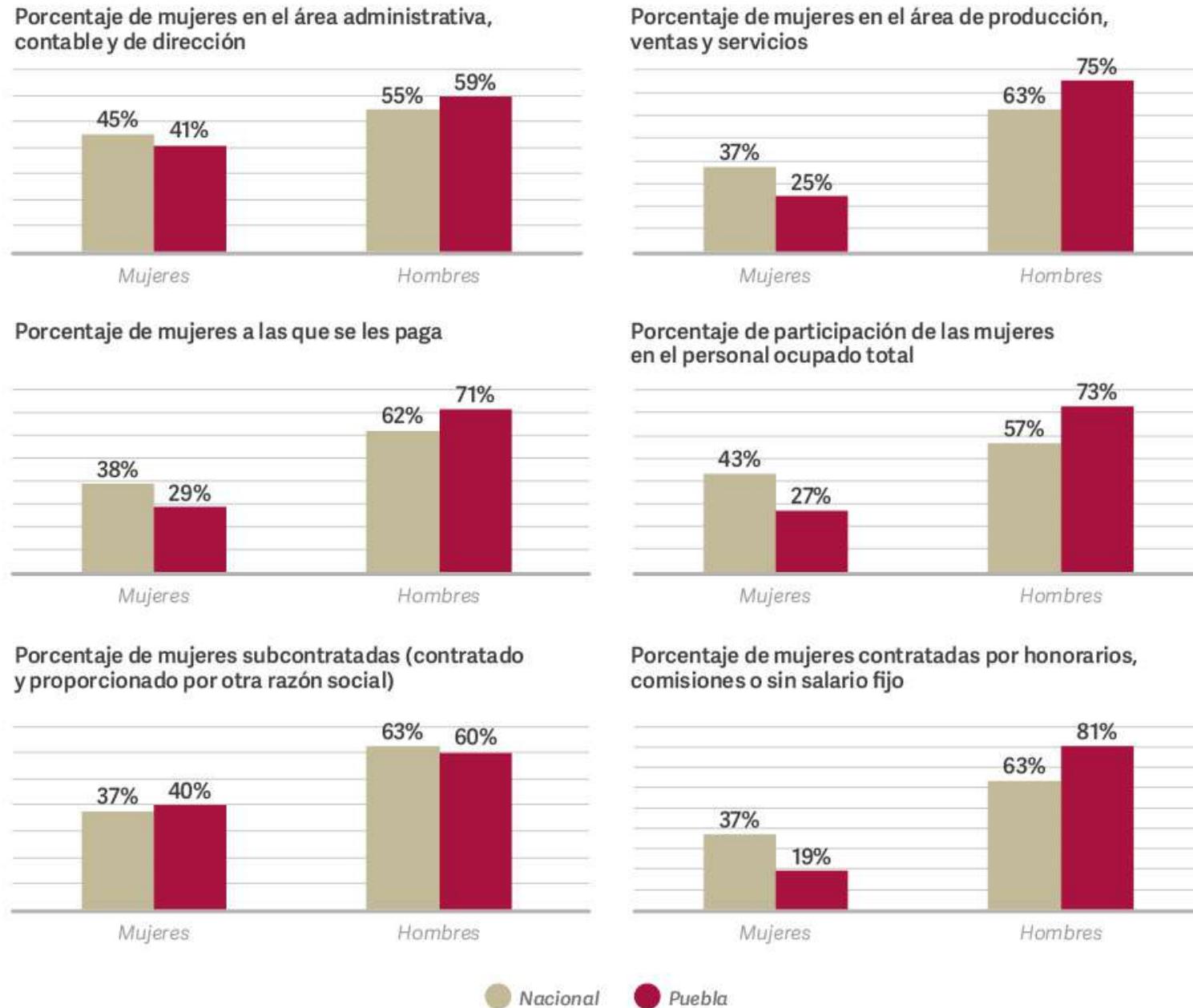
Fuente: (STPS, 2020).

Figura 74. Diferencias en el salario según el sexo y la escolaridad en el estado de Puebla (miles de pesos)



Fuente: elaboración propia con base en (INEGI, 2018) y (INEGI, 2020d).

Figura 75. Participación de las mujeres en el sector energético.



Fuente: elaboración propia con base en (INEGI, 2018) y (INEGI, 2020d)

Diagnóstico institucional

En este apartado se realiza un ejercicio simple de traducción de la información cualitativa obtenida en términos cuantitativos que nos pudiera ilustrar el grado en el que las instituciones facilitan, promueven o vigilan acciones concretas en torno a la generación de estrategias que aumenten los niveles de igualdad sustantiva en el sector energético: a) la aplicación del marco legal para la igualdad entre mujeres y hombres y el acceso de las mujeres a una vida libre de violencia en el sector energético; b) los mecanismos de vigilancia y alerta para el sector, y; c) los mecanismos de transparencia aplicables en el contexto del caso a las instituciones, la organización comunitaria y la empresa. Puebla disolvió el Instituto Poblano de la Mujer en 2020 para formar la Secretaría como un proceso de recentralización administrativa.

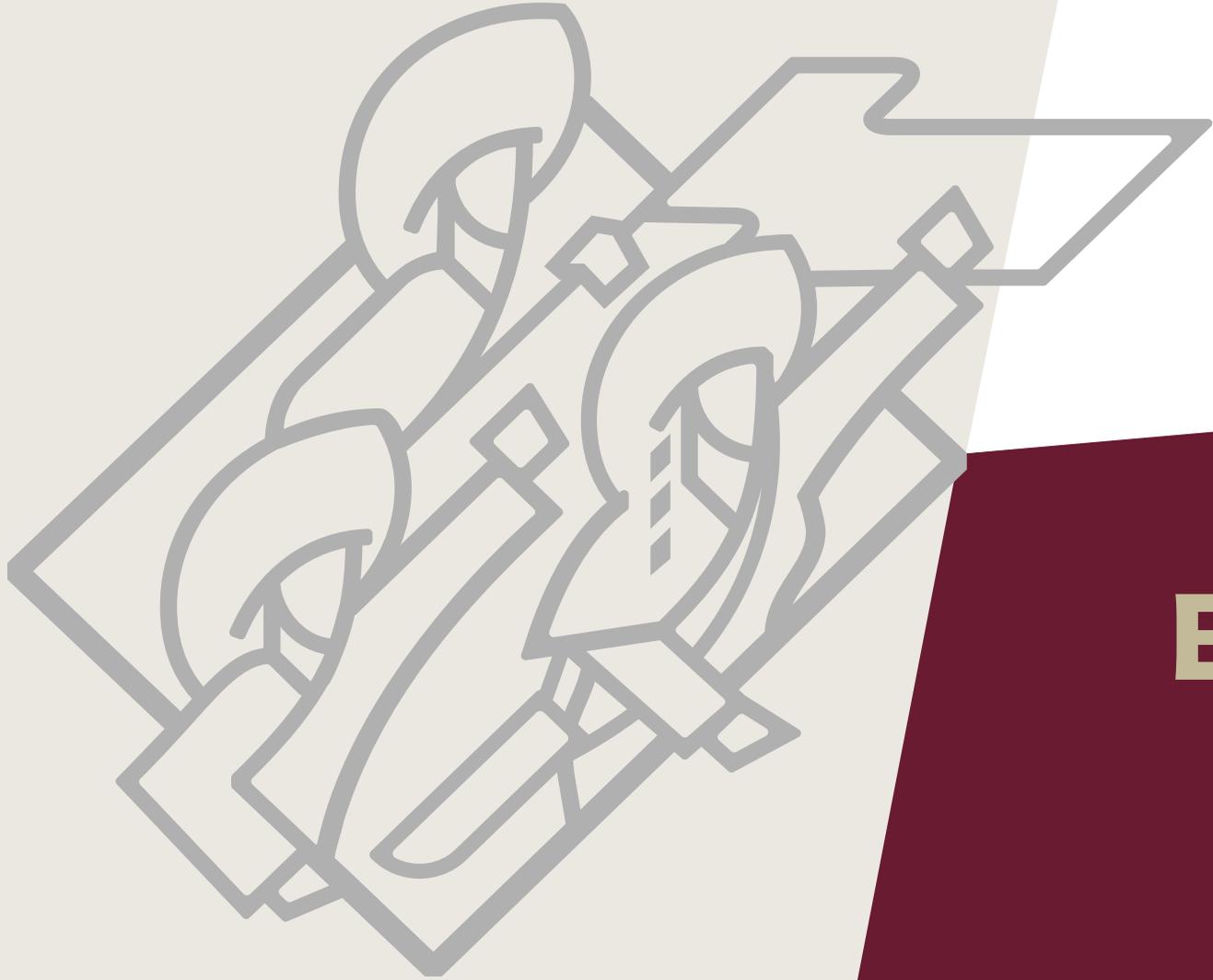
Tabla 16. Presupuesto para las instituciones y programas de mujeres en Puebla.

Total presupuestario (pesos)	Secretaría de Igualdad Sustantiva (pesos)	Porcentaje del presupuesto
\$96,525,404,549.00	\$ 17,399,663.00	0.18 %

Tabla 17. Marco Jurídico en materia de mujeres, género y/o perspectiva de género.

Institución o Ley	Ley	Publicación	Reforma
	Ley del Instituto Poblano de las Mujeres	08-ene-20	
	Ley para la Igualdad entre Mujeres y Hombres del Estado de Puebla	28-ago-08	28-oct-21
Secretaría de Igualdad Sustantiva	Reglamento de la Ley para la Igualdad entre Mujeres y Hombres del Estado de Puebla	01-dic-10	
	Ley de Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia para el Estado de Puebla	26-nov-07	03-nov-21
	Reglamento de la Ley para el Acceso de las Mujeres a una Vida Libre de Violencia del Estado de Puebla	11-nov-09	
Planes y programas			
Tipo	Periodo	Periodo	Eje estratégico
Programa	Programa de la Igualdad Sustantiva	2019-2024	Eje 3. Desarrollo económico para todas y todos
Programa	Programa Estatal de Igualdad entre Mujeres y Hombres, 2020–2024	17-jun-20	





Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.

Estrategias y Líneas de Acción



Secretaría de
Medio Ambiente,
Desarrollo Sustentable y
Ordenamiento Territorial

Metodología para definir los objetivos de la Estrategia

Los objetivos de la Estrategia son los pilares fundamentales en el que se basan todas las acciones integradas en ella. Es por esta razón por la que su definición se valió de las metodologías de marco lógico y S.M.A.R.T. con la finalidad de asegurar que la Estrategia aporte valor al desarrollo del estado. A continuación, se describe brevemente el proceso para la definición de los objetivos ejecutado en el presente proyecto.

Marco Lógico

Esta herramienta analítica de planeación para la facilitación del proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de proyectos tiene un enfoque orientado hacia los objetivos, los beneficiarios y la participación y comunicación de los actores involucrados (Practical Concepts Incorporated (PCI), 1979). Como se detalla en el manual preparado por la CEPAL (Ortegón, 2005), el proceso del Marco Lógico parte del análisis de involucrados, es decir del estudio de quiénes serán los beneficiarios del proyecto y quiénes tendrán algún involucramiento. Después, se debe analizar el problema en el que se desea intervenir. Para ello, se cuenta con la herramienta del árbol de problemas que se explicará más adelante. Posteriormente se analizan las posibles soluciones, transformando el árbol de problemas en el árbol de objetivos o de soluciones. Finalmente, a partir del árbol de soluciones se pueden definir los objetivos del proyecto y las acciones que de ellos se derivan.

Análisis del problema

Para definir los objetivos de la Estrategia, es necesario estudiar la situación del estado, identificando el problema principal que se atenderá, sus causas y sus efectos. De acuerdo con la metodología del marco lógico, el problema es aquella situación en la que el proyecto intervendrá, buscando generar un cambio positivo. A su vez, este problema tiene sus causas, las cuales son hechos o situaciones propias que deben identificarse para así ser modificadas. De la misma forma, el problema es causante de otras situaciones, conocidas como efectos, los cuales serán modificados de forma indirecta al atender el problema y sus causas.

Se recomienda que el análisis del problema, sus causas y efectos se realice con la participación de diversos actores involucrados que proporcionen una visión holística. El resultado del análisis puede concentrarse en un mapa conceptual en el que el centro es el problema y arriba se colocan los efectos y abajo las causas, asemejando así un árbol, razón por la cual a este diagrama se le denomina árbol de problemas.

Árbol de problemas

Con el fin de obtener el árbol de problemas correspondiente, como primer paso se considera el diagnóstico energético realizado previamente. Dentro del mismo se identificó la distribución del consumo de energía en cada uno de los sectores, los energéticos utilizados y el origen de la misma, es decir, si se trata de producción interna o de importación.

Así, recordando lo mostrado en el diagnóstico energético de Puebla, los sectores con mayor participación en el consumo energético son el transporte, con 80.16 PJ y el industrial, con 80.02 PJ. En tercer lugar, se encuentra el sector residencial con 49.29 PJ.

Estos 3 sectores acumulan casi el 95% del consumo energético del estado. A su vez, cabe recordar los combustibles fósiles tienen una participación en la satisfacción del consumo energético estatal del 85.3%, lo cual se traduce en una alta dependencia de Puebla a los combustibles fósiles. La leña tiene una participación significativamente alta, con un 9.5%, dejando así a las energías renovables con una aportación de solo 5.2%.

También se consideran los análisis de indicadores de intensidad energética en los sectores industrial. Como se vio anteriormente, Puebla tienen una intensidad energética mayor a la nacional en los sectores comercial, de transporte terrestre y residencial. Otro indicador tomado en cuenta, para la definición del árbol de problemas, es el índice de pobreza energética. Para este caso se utilizan las estimaciones realizadas por García-Ochoa, donde se define el indicador para satisfacer las necesidades básicas de energía (García Ochoa & Graizbord, 2016). Siguiendo dicha investigación, se plantea que en el estado, 51% de la población se encuentra en pobreza energética.

Con lo anterior como base, se genera una lluvia de ideas con el fin de tener diferentes puntos de vista y poder establecer el problema principal considerando al mismo como el problema central del estado en materia energética. Una vez establecido el problema central se definen tanto las causas como las consecuencias, es decir, las “ramas” y las “raíces” del árbol, respectivamente. En este sentido, las causas del problema se definen como el conocimiento de qué genera o de dónde proviene el problema. Por otra parte, en las “ramas” se reconocen cuáles son las consecuencias derivadas del problema.

Considerando lo descrito en párrafos anteriores, el problema central para el estado se definió como **el consumo ineficiente de energía, la cual proviene en un 85.3% de los combustibles fósiles**. Este problema se ha originado por la existencia de ciertas circunstancias, conocidas como causas. Algunas de estas causas, a su vez, son originadas por otras, teniendo así causas primarias y causas secundarias.

Las causas primarias son:

1. Desconocimiento y poca promoción de los beneficios de las energías renovables y la eficiencia energética. Existe una percepción incorrecta en el público en general, y una falta de información y promoción sobre las posibilidades, los beneficios y los costos de las acciones para la transición energética que impide la implementación de estas. Lo que causa genera, a su vez, la baja eficiencia energética en los sectores industrial, transporte y comercial y el poco aprovechamiento de las energías renovables.

2. Pocos mecanismos de financiamiento para incentivar la transición energética. Tanto la administración pública, como la iniciativa privada y la población, tienen pocas opciones para financiar acciones para la transición energética. Esto afecta a toda la cadena de valor de dichas acciones. Esta causa es originaria de la baja eficiencia energética en los sectores industrial, transporte y comercial; la falta de accesibilidad a tecnologías y energéticos modernos en el sector residencial y el poco aprovechamiento de las energías renovables.

3. Pocos programas o incentivos para el uso de energía renovable. Se ha impedido la extensión del aprovechamiento de las energías renovables por la inexistencia de mecanismos de financiamiento que faciliten la implementación de proyectos. Esta causa origina la falta de accesibilidad a tecnologías y energéticos modernos en el sector residencial y el poco aprovechamiento de las energías renovables.

4. Falta de inversión en la utilización de energías de fuentes renovables y la eficiencia energética. Existe poco apetito inversionista en el desarrollo de proyectos de energías renovables. Esto a su vez es causante de la baja eficiencia energética en los sectores industrial, transporte y comercial y el poco aprovechamiento de las energías renovables.

Las causas secundarias son:

1. Baja eficiencia energética en los sectores industrial, transporte y comercial. Los procesos que requieren de los servicios energéticos (iluminación, fuerza, acondicionamiento de espacios, calentamiento de agua, etc.) son ineficientes por lo que existe un área de oportunidad para disminuir el consumo energético.

2. Falta de accesibilidad a tecnologías y energéticos modernos en el sector residencial. Los habitantes no cuentan con los equipos más modernos que les permitan tener un menor consumo energético. En algunos casos, incluso carecen del acceso a energéticos más modernos, por lo que el uso de leña sigue siendo importante en el estado.

3. Falta de información sobre mejores prácticas de uso de la energía. Tanto en la administración pública, como en la iniciativa privada y la sociedad, existe una falta de conocimiento sobre el ahorro y uso eficiente de la energía, así como las ventajas e importancia del aprovechamiento de las energías renovables y la eficiencia energética.

4. Poca aprovechamiento de las energías renovables. Las energías renovables aportan muy poco al consumo energético del estado, mientras que existen un potencial de aprovechamiento mucho mayor que no ha sido explotado.

Efectos de no atender la problemática

- 1. Aportación al cambio climático.** La dependencia a los combustibles fósiles del consumo estatal de energía contribuye a liberación de gases de efecto invernadero, los cuales son causantes del cambio climático.
- 2. Contaminación de espacios interiores por utilización de leña para cocción de alimentos o calentamiento de agua.** La quema de leña en interiores tiene efectos adversos para la salud, principalmente en poblaciones vulnerables, quienes son sus principales usuarios.
- 3. Emisiones contaminantes locales con impactos a la salud.** El consumo de combustibles fósiles produce compuestos químicos nocivos a la salud (Dióxido de Azufre, Material particulado, etc.) que se dispersan en las proximidades de donde se lleva a cabo su combustión.
- 4. Pérdida de competitividad y atractivo económico del estado.** El estancamiento del sector energético dentro del estado puede causar la disminución en la inversión dentro del mismo, debido a falta de condiciones adecuadas para cumplimiento de estándares internacionales. De forma similar, las empresas cuyas tenedoras internacionales busquen un consumo libre de carbono pueden migrar a mercados que les ofrezcan energía limpia. Por último, el sector energético estatal puede disminuir la competitividad al ofrecer energía más cara.
- 5. Energía no asequible.** Debido a volatilidad en los precios de los combustibles fósiles y la naturaleza finita de los mismos, la energía que sea producida a partir de éstos será cada vez más costosa, afectando a los habitantes del estado. Además, se debe tomar en cuenta que existe un alto índice de población que no es capaz de adquirir los energéticos a los precios actuales.
- 6. Alto índice de pobreza energética.** La población dentro del estado tiene grandes limitantes respecto a bienes y/o servicios energéticos con los que se cuentan para satisfacer las necesidades energéticas aunado al estrato socioeconómico.

El árbol de problemas queda estructurado como se puede observar en la siguiente figura:

Figura 76. Árbol de problemas



Análisis de alternativas de solución

Una vez estudiado el problema y representado en el árbol de problemas, se obtienen las posibles soluciones. Para ello, en primera instancia, se transforman los elementos del árbol de problemas, que son esencialmente negativos, en elementos positivos que conforman el árbol de soluciones. Si, por ejemplo, una de las causas del árbol de problemas es "disminución de la inversión...", su transformación hacia el árbol de soluciones sería "aumento de la inversión...". En segunda instancia, se analiza si la transformación de elementos "negativos" a "positivos" es suficientemente clara y específica o si es necesario cambiar el enunciado.

Así, lo que se tenía como problema (el tronco del árbol de problemas) se transforma en el objetivo principal. Las raíces, que eran las causas del problema, se transforman en los medios para lograr el objetivo principal. Las ramas, que son los efectos negativos se transforman en los efectos positivos. Finalmente se deben analizar las relaciones de los elementos del árbol de soluciones y realizar los ajustes que sean necesarios.

Árbol de soluciones del estado de Puebla

Dado que el problema central es el consumo ineficiente de energía, la cual proviene en un 85.3% de los combustibles fósiles, su transformación, de un elemento negativo a uno positivo, es un consumo eficiente de energía menos dependiente de los combustibles fósiles. Ahora bien, para lograr esto, la Estrategia propiciará acciones de transición energética de tal forma que el objetivo principal queda definido como la aceleración, impulso y fomento de la transición energética.

Del objetivo principal y partiendo de la transformación de los efectos derivados del problema en elementos positivos, se derivan 6 efectos, los cuáles quedan planteados como:

A. Reducción de la dependencia a los combustibles fósiles. La transición energética reducirá la utilización de los combustibles fósiles para la satisfacción de las necesidades energéticas del estado.

B. Disminución del uso de leña en el sector residencial. La transición energética permitirá que los habitantes del estado migren del uso de leña a fuentes de energía modernas.

C. Reducción de los GEI y contaminantes locales. La transición energética causará que la reducción del uso de combustibles fósiles disminuya las emisiones de gases de efecto invernadero y de contaminantes locales.

D. Reducción de la pobreza energética. La transición energética apoyará a las personas en situación de pobreza energética, permitiéndoles tener acceso a los energéticos y servicios necesarios para mejorar su calidad de vida.

E. Aumento de la competitividad y atractivo económico del estado. La transición energética contribuirá al desarrollo económico del estado, volviéndolo más atractivo para la inversión.

F. Aumento de la asequibilidad energética. La transición energética permitirá que los energéticos se vuelvan más accesibles para la población.

Para que el objetivo principal sea alcanzable y se logren los efectos positivos, se han definido, mediante la transformación de las causas del árbol de problemas, los medios del árbol de soluciones. Quedando definidos como:

1. Implementar mecanismos para el mejoramiento de las tecnologías de consumo.

Se trata de desarrollar formas para otorgar, propiciar o incentivar la sustitución de equipos por otros más eficientes y modernos.

2. Incentivar la mejora de la eficiencia de los procesos industriales.

Se busca que las empresas del ramo industrial modifiquen la forma en la que utilizan la energía en sus procesos productivos para que se vuelvan más eficientes.

3. Fomentar la inversión e impulsar mecanismos para el financiamiento proyectos de generación eléctrica con fuentes renovables.

Se mejora el atractivo económico para propiciar la instalación de sistemas de aprovechamiento de las energías renovables en todas las escalas y sectores.

4. Mejorar o crear regulaciones estatales para el aprovechamiento de energías renovables y la eficiencia energética.

Modificar o crear leyes o regulaciones que motiven, faciliten o mandaten el aprovechamiento de las energías renovables y la eficiencia energética.

5. Crear un sistema estatal de información energética.

Poner en marcha un sistema que permita al gobierno del estado recopilar, organizar, tratar y poner a disposición del público en general, información en materia de energía.

6. Impulso a la investigación, innovación y educación en materia de transición energética .

Fomentar que en el sistema educativo se incluyan temas sobre cambio climático y transición energética . Además, fomentar que en las universidades del estado se desarrolle investigación en la misma materia.

7. Fomentar la transición a la movilidad eléctrica y no motorizada.

Impulsar el cambio modal de transporte para incrementar el transporte libre de combustión de energéticos fósiles.

8. Impulsar un transporte económicamente viable, menos contaminante seguro, eficiente y orientado a la población.

Propiciar que los medios de transporte motorizados, tanto públicos como privados sean menos contaminantes, a la vez que éstos, junto con los medios no motorizados sean más seguros y eficientes. Todo esto, además, diseñando los sistemas de transporte con los usuarios como base primordial.

El árbol de soluciones queda entonces organizado como se muestra en la siguiente figura:

Figura 77. Árbol de soluciones



Ejes de la Estrategia

A partir de las raíces y ramas del árbol de soluciones del estado de Puebla (medios y efectos), se definen los ejes que originan y dan soporte a todos los objetivos de esta Estrategia. Estos 6 ejes nacen de las posibilidades de acción identificadas al relacionar los distintos medios y objetivos del árbol de soluciones, como se detalla a continuación:

Eje transversal A. Crear y mantener un sistema estatal de información energética

La creación y actualización constante de un sistema de información energética del estado que permita concentrar los datos relativos a la generación, transformación y consumo de energía, además de visualizar indicadores clave para la toma de decisión en el sector.

Esto contribuirá con los medios 4 (Mejorar o crear regulaciones estatales para el aprovechamiento de energías renovables y la eficiencia energética), 5 (Crear un sistema estatal de información energética) y 6 (Impulso a la investigación y educación en materia de transición energética) y la consecución de los efectos A (Reducción de la dependencia a los combustibles fósiles), C (Reducción de los GEI y contaminantes locales) y E (Aumento de la competitividad y atractivo económico del estado).

Eje 1. Incentivar medidas para el incremento de la eficiencia energética

A través la implementación de sistemas que incentiven el incremento de la eficiencia energética, estratégicamente en los sectores con mayor margen de mejora, se puede incidir directamente sobre el consumo final de energía térmica y eléctrica.

Esto contribuirá con los medios 1 (Implementar mecanismos para el mejoramiento de las tecnologías de consumo), 2 (Incentivar la mejora de la eficiencia de los procesos industriales), 4 (Mejorar o crear regulaciones estatales para el aprovechamiento de energías renovables y la eficiencia energética), 5 (Crear un sistema estatal de información

energética), 6 (Impulso a la investigación y educación en materia de transición energética) y 8 (Impulsar un transporte económicamente viable, menos contaminante seguro, eficiente y orientado a la población). También contribuirá con la consecución de los efectos A (Reducción de la dependencia a los combustibles fósiles), B (Disminución del uso de leña en el sector residencial), C (Reducción de los GEI y contaminantes locales), D (Reducción de la pobreza energética) y E (Aumento de la competitividad y atractivo económico del estado).

Eje 2. Fomentar la inversión en energías renovables

Impulsar mecanismos financieros y/o políticas públicas para el fomento de la inversión en tecnologías para el aprovechamiento de fuentes renovables de energía a pequeña y gran escala con la finalidad de reducir la dependencia de combustibles fósiles y sus consecuencias medioambientales.

Esto contribuirá con los medios 3 (Fomentar la inversión e impulsar mecanismos para el financiamiento proyectos de generación eléctrica con fuentes renovables), 4 (Mejorar o crear regulaciones estatales para el aprovechamiento de energías renovables y la eficiencia energética), 5 (Crear un sistema estatal de información energética), 6 (Impulso

a la investigación y educación en materia de transición energética) y 8 (Impulsar un transporte económicamente viable, menos contaminante seguro, eficiente y orientado a la población). También contribuirá con la consecución de los efectos A (Reducción de la dependencia a los combustibles fósiles), B (Disminución del uso de leña en el sector residencial), C (Reducción de los GEI y contaminantes locales), D (Reducción de la pobreza energética), E (Aumento de la competitividad y atractivo económico del estado) y F (Aumento de la asequibilidad energética).

Eje 3. Impulsar la educación, investigación e innovación en materia de transición energética

Por una parte, incluye el impulso y fomento de las mejores prácticas de consumo y uso racional de la energía en la población en general, sector industrial, público, agropecuario, comercial y servicios, y transporte. Esto con el fin de promover el respeto al medioambiente y la gestión de recursos. Además, la integración de temas relacionados con cambio climático y transición energética a los planes de estudio de la educación básica y media superior.

Por otra parte, impulsar e incentivar la investigación en el sector educativo a nivel superior y posgrado, público y privado, con el fin de generar proyectos, recursos humanos

y conocimientos que contribuyan a la transición energética en el estado.

Esto contribuirá con el medio 6 (Impulso a la investigación y educación en materia de transición energética) y con la consecución del efecto E (Aumento de la competitividad y atractivo económico del estado).

Eje 4. Impulsar el uso de movilidad sustentable

Implementación de acciones para la reducción de las emisiones del sector transporte, público y privado con el fin de obtener beneficios ambientales, sociales y económicos. Esto contribuirá con los medios 1 (Implementar mecanismos para el mejoramiento de las tecnologías de consumo), 4 (Mejorar o crear regulaciones estatales para el aprovechamiento de energías renovables y la eficiencia energética), 5 (Crear un sistema estatal de información energética), 7 (Fomentar la transición a la movilidad eléctrica y no motorizada) y 8 (Impulsar un transporte económicamente viable, menos contaminante seguro, eficiente y orientado a la población). Además, contribuirá con la consecución de los efectos A (Reducción de la dependencia a los combustibles fósiles), C (Reducción de los GEI y contaminantes locales), D (Reducción de la pobreza energética) y E (Aumento de la competitividad y atractivo económico del estado).

Metodología SMART

El acrónimo S.M.A.R.T. fue acuñado para definir las características que debe tener un objetivo (Doran, 1981). A partir este acrónimo, en la academia se ha escrito mucho sobre cómo lograr objetivos significativos y eficaces. Aun así, la metodología S.M.A.R.T. que se ha desarrollado sigue siendo una de las más utilizadas ya que es posible adaptarla al contexto donde se definen los objetivos. De hecho, el significado de cada letra ha cambiado con el paso del tiempo (Haughey, 2014).

Las siglas utilizadas para la definición de los objetivos de la Estrategia son las siguientes: Análisis SMART Cada uno de los ejes se desagrega en objetivos que cumplen con cada una de las características de la metodología S.M.A.R.T. y éstos, a su vez, se dividen en líneas de acción.

En consecuencia, para poder marcar objetivos que cumplan con las características S.M.A.R.T., se realiza un análisis del contexto de cada uno de los sectores sobre los que se pretende incidir para identificar posibles líneas de acción. De esta forma, se pueden establecer líneas de acción viables y realistas que en conjunto permiten fijar objetivos realistas en tiempo, alcance y forma.

Figura 78. Ejes de la Estrategia de Eficiencia y Transición Energética del Estado de Puebla.



Objetivo del Eje Transversal A. Crear y mantener un sistema estatal de información energética

Objetivo A. Crear, mantener y actualizar periódicamente un Sistema de Información Energética.	
S: Específico	El Gobierno del Estado de Puebla creará un Sistema de Información Energética, el cual incluirá: información sobre la evolución temporal de la producción, consumo, importación, exportación y precio de los distintos energéticos; mapas de recursos renovables; indicadores de eficiencia energética, etc.
M: Medible	El Sistema de Información Energética estará antes de la fecha indicada.
A: Realizable	Se establecera colaboración para el intercambio de información entre la SMADSOT y la AEEP, las cuales entre sus atribuciones generar e integrar información estadística relacionada con proyectos y programas en materia energética y coordinar la integración del sistema de información energética, que permita generar y analizar datos en términos de las disposiciones aplicables, para la toma de decisiones, ejercicio y cumplimiento de las atribuciones.
R: Relevante	La monitorización de la evolución de producción y consumo de energéticos, así como la caracterización de los recursos renovables y la elaboración de indicadores de eficiencia energética apoyarán a la toma de decisiones en el sector energético de Puebla.
T: Tiempo	El sistema debe estar operativo antes del mes de diciembre de 2022.

Objetivos del Eje 1. Incentivar medidas de eficiencia energética

Objetivo 1.1 Incentivar la adopción de tecnologías y prácticas energéticamente eficientes en los sectores residencial, comercial e industrial.	
S: Específico	Lanzar una campaña informativa acerca de los beneficios de adoptar tecnologías y prácticas energéticamente eficientes en los sectores residencial, comercial e industrial. Las campañas se realizarán de manera independiente, enfocadas a cada sector y a las oportunidades con mayor margen de optimización identificadas en cada sector.
M: Medible	Las campañas serán anunciadas a través del Sistema de Información Energética o Sistema de Información Ambiental del Estado de Puebla.
A: Realizable	La SMADSOT y la AEEP tienen entre sus atribuciones difundir la información de los programas y actividades, a través de los medios de comunicación, para proporcionar orientación e información a la ciudadanía, así como promover la capacitación, investigación e innovación tecnológica en materia energética.
R: Relevante	Una divulgación apropiada de los beneficios de la adopción de tecnologías y prácticas de eficiencia energética puede tener repercusiones destacables en la optimización de los recursos energéticos, la reducción del consumo y el cambio en los hábitos de consumo.
T: Tiempo	Se deberá haber lanzado al menos una campaña informativa y/o capacitación para cada uno de los sectores mencionados antes del mes de enero de 2023.

Objetivo 1.2 Proponer la actualización de la normativa en materia de construcción en el Estado de Puebla.	
S: Específico	Proponer la actualización de la Ley de construcción estatal para que contengan la obligación de incluir tecnologías de mayor eficiencia energética en nuevas edificaciones.
M: Medible	Número de modificaciones realizadas a la normatividad estatal.
A: Realizable	La SMADSOT puede proponer las iniciativas que sean presentadas en la legislatura estatal.
R: Relevante	El uso generalizado de tecnologías de mayor eficiencia energética en edificaciones nuevas permitirá un ahorro energético a los usuarios, disminuyendo la intensidad energética de edificios y las emisiones asociadas al consumo energético.
T: Tiempo	Diseñar propuestas en el corto plazo para su presentación.

Objetivo 1.3 Desarrollar instrumentos y/o mecanismos para incentivar la eficiencia energética en los diferentes sectores.	
S: Específico	Elaboración de programas para el aumento de la eficiencia energética de los sectores: industrial, residencial, público y comercial.
M: Medible	La publicación del diseño de 4 instrumentos y/o mecanismos de fomento a la eficiencia energética en distintos sectores.
A: Realizable	La SMADSOT cuenta con los recursos humanos y técnicos que le permitan colaborar con diversas instituciones para la creación participativa de los instrumentos y mecanismos sobre eficiencia energética.
R: Relevante	En la actualidad no existen programas que impulsen la mejora de la eficiencia energética, la cual permite generar ahorros en los usuarios y disminuir emisiones asociadas al consumo de energía.
T: Tiempo	Los instrumentos y mecanismos pueden elaborarse de manera no simultánea para estar publicados al final de la administración pública estatal (2024).

Objetivos del Eje 2. Fomentar la inversión en energías renovables

Objetivo 2.1 Impulsar la generación de energía distribuida dentro del Estado de Puebla.

S: Específico	Diseño e implementación de programas que faciliten la integración de sistemas de generación distribuida en sectores residencial, industrial y comercial.
M: Medible	Publicación de 3 programas sobre mejorar las condiciones para la implementación de generación distribuida en distintos sectores.
A: Realizable	La SMADSOT cuenta con las capacidades de colaboración con proveedores de tecnología de generación distribuida, fuentes de financiamiento y autoridades de los sectores industrial, comercial y residencial.
R: Relevante	En el estado de Puebla se cuenta con una capacidad instalada de 11.9 MW de generación distribuida, cuando se estima que más del 50 % del territorio estatal cuenta con recurso solar de 6.0 kWh/m ² /día.
T: Tiempo	Presentación de los programas antes de que termine el actual periodo de gobierno estatal.

Objetivo 2.2 Incentivar el aprovechamiento energético de los residuos.

S: Específico	Coadyuvar en al menos un estudio para el aprovechamiento energético de los residuos.
M: Medible	El estudio requiere de los análisis del potencial y factibilidad de aprovechamiento de los residuos, lo cual deberá plasmarse en documentos publicados en el sistema estatal de información energética.
A: Realizable	La SMADSOT, de la mano de la AEEP tienen entre sus atribuciones el fomento y la coadyuvancia en la investigación necesaria.
R: Relevante	El aprovechamiento energético de los residuos no solo aportará energía libre de emisiones que sustituya a una parte de la energía fósil, sino que además aporta en la solución del problema del manejo de los residuos; sin embargo, se requiere de estudios profundos para fomentar proyectos
T: Tiempo	El estudio debe realizarse durante 2022 de tal forma que sea publicado al final de dicho año.

Objetivos del Eje 3. Impulsar la educación, investigación e innovación en materia de transición energética.

Objetivo 3.1 Impulsar la investigación científica, técnica y administrativa en materia de transición energética y energías renovables.

S: Específico	Fomentar y vincular la investigación académica en niveles superior y posgrado para el desarrollo, colaboración y éxito de proyectos en materia de transición energética y energías renovables en sinergia con entidades públicas y privadas a través del desarrollo de tres mecanismos en colaboración con instituciones públicas y privadas, antes de diciembre
M: Medible	2024. Resultados de proyectos no confidenciales serán públicos y compartidos a través de internet.
A: Realizable	La aprobación, coordinación y ejecución de programas, mecanismos, lineamientos, entre otros; cuyos objetivos van alineados a las competencias de la Secretaría.
R: Relevante	El impulso a la investigación permite desarrollar proyectos específicos para la entidad. A su vez, genera recursos humanos necesarios para llevarlos a cabo.
T: Tiempo	Generar la propuesta a lo largo del año de entrada en vigor de la Estrategia y con aplicación hacia 2024.

Objetivo 3.2 Proponer la inclusión de temáticas relacionadas con cambio climático, sostenibilidad, la transición energética en los planes de estudio de niveles básicos y medio superior dentro de la entidad.

S: Específico	Impulsar la modificación de los planes de estudio de los niveles básico y medio superior para incluir temas de cambio climático, desarrollo sostenible y transición energética.
M: Medible	Propuesta de inclusión de temáticas en los planes de estudio realizada.
A: Realizable	Proponer cambios y mejoras en los planes de estudio haciendo sinergia con Secretaría de Educación.
R: Relevante	Se encuentra alineado con el instrumento de transición energética al permitir difundir información, conocimiento y educación con el fin de fomentar mejores hábitos de consumo energético, así como el conocimiento de los impactos derivados del uso de la energía.
T: Tiempo	La propuesta debe de realizarse durante el primer año a partir de la entrada en vigor de la Estrategia.

Objetivos del Eje 4. Impulsar el uso del transporte menos contaminante

Objetivo 4.1 Fomentar del uso de medios de transporte menos contaminantes, incluyendo los no motorizados.

S: Específico	Proponer al menos 2 instrumentos y/o mecanismos de movilidad sustentables en el estado, basados en incentivos fiscales y/o económicos hacia el transporte descarbonizado.
M: Medible	Creación de mecanismos y desarrollo de propuesta para solución de transporte colectivo.
A: Realizable	El proceso de creación de incentivos y mecanismos es interinstitucional, creación de sinergia entre la SMADOT y la Secretaría de Movilidad y Transporte del Gobierno de Puebla; así como con la Secretaría de Planeación y Finanzas.
R: Relevante	Las medidas van encaminadas a la reducción del consumo de energía en el sector transporte, el cual, es el mayor consumidor de energía en el estado. Por consiguiente, se reducen las emisiones generadas por dicho sector y se promueve la mejora en la calidad del aire del estado.
T: Tiempo	El objetivo debe ser cumplido en el primer semestre del año 2024.



En la presente sección se detallan las Líneas de Acción a través de las cuales se impulsará, acelerará y fomentará la Transición Energética en el Estado de Puebla. Cabe señalar que la definición de las Líneas de Acción se realizó a través de un método de toma de decisiones multicriterio, conocido como Vector de Posición de Mínimo Arrepentimiento (VPMA, ver Anexo Metodológico), en el que, de forma participativa, diversos actores de la administración pública estatal, sociedad civil, academia e iniciativa privada, priorizaron las Líneas de Acción según la evaluación que se obtuvo en los siguientes criterios:

- Reducción de emisiones: Evalúa la capacidad de la Línea de Acción para reducir emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).
- Costo de implementación: Evalúa el nivel de inversión necesario para llevar a cabo la Línea de Acción.
- Capacidad de implementación: Evalúa la capacidad técnica, financiera, jurídica y administrativa del estado para llevar a cabo la Línea de Acción.
- Factibilidad técnica: Evalúa la viabilidad técnica de la Línea de Acción para ser llevada a cabo.
- Factibilidad jurídica: Evalúa la viabilidad jurídica de la Línea de Acción para ser llevada a cabo.
- Factibilidad económica: Evalúa la viabilidad económica de la Línea de Acción para ser llevada a cabo.
- Beneficios ambientales: Evalúa la capacidad de la Línea de Acción para generar beneficios a favor del medio ambiente.
- Beneficios sociales: Evalúa la capacidad de la Línea de Acción para generar beneficios a favor de la sociedad.
- Beneficios económicos: Evalúa la capacidad de la Línea de Acción para generar beneficios económicos.
- Oposición: Evalúa la capacidad de la Línea de Acción de generar un rechazo al llevar a cabo su implementación.
- Recursos humanos: Evalúa la capacidad del recurso humano con el que cuenta el estado para llevar a cabo la implementación de la Línea de Acción.

Eje A. Crear y mantener un sistema estatal de información energética

Objetivo: Concentrar y sistematizar la información energética del Estado con una perspectiva de igualdad sustantiva.

Meta: Publicar el acceso al Sistema de Información Energética en el Sistema de Información Ambiental del Estado de Puebla antes del mes de julio de 2022.

Línea de Acción A.1 Recopilar, analizar y actualizar información en materia energética y el potencial de aprovechamiento de las energías renovables en el estado.

Línea de Acción A.2 Generar, analizar y actualizar información sobre participación de las mujeres, organizaciones de la sociedad civil, comunidades y pueblos indígenas en el sector energético del estado y publicarla en el sistema de información energética de Puebla.

Línea de Acción A.3 Realizar un estudio que permita crear una definición de pobreza energética para el estado y contar con información sobre la evolución de indicadores de pobreza energética e igualdad sustantiva, y reportarlo en el Sistema de Información Energética.

Eje 1. Incentivar medidas de eficiencia energética

Objetivo 1.1. Incentivar la adopción de tecnologías y prácticas energéticamente eficientes en los sectores residencial, comercial e industrial.

Meta: Realizar al menos una campaña anual en los sectores residencial, comercial e industrial.

Línea de acción 1.1.1 Realizar campañas informativas y/ o capacitaciones acerca del beneficio de la adopción de tecnologías y prácticas energéticamente eficientes en los sectores residencial, comercial e industrial, con perspectiva de igualdad sustantiva.

Línea de acción 1.1.2 Emitir una propuesta de modificación de la normatividad constructiva vigente actualizando sus medidas para la transición energética y adopción de tecnología con mayor eficiencia : aislamiento térmico , luminarias LED, técnicas y materiales de construcción sustentables y de bajo impacto ambiental y captadores termosolares para producción de agua caliente sanitaria, entre otros; considerando las necesidades diferenciadas entre hombres y mujeres.

Objetivo 1.2. Desarrollar instrumentos y/o mecanismos para incentivar la eficiencia energética en los diferentes sectores.

Meta: Emitir al menos tres reportes de iniciativas en materia de eficiencia energética antes de diciembre de **2024**.

Línea de acción 1.2.1 Diseñar instrumentos y/o mecanismos para la recuperación y aprovechamiento de calor industrial residual.

Línea de acción 1.2.2 Diseñar instrumentos y/o mecanismos de implementación de estufas eficientes en el sector residencial , buscando promover una perspectiva integral de salud y alimentación y priorizando a las familias con jefatura.

Línea de acción 1.2.3 Diseñar instrumentos y/o mecanismos para la sustitución de electrodomésticos por otros eficientes con base en las NOM priorizando a las familias con jefatura femenina o monoparental.

Línea de acción 1.2.4 Diseñar instrumentos y/o mecanismos para ahorro de energía en edificaciones pública priorizando aquellos asociados a la infraestructura del cuidado.

Eje 2. Fomentar la inversión en energías renovables

Objetivo 2.1. Impulsar la generación de energía distribuida dentro del Estado de Puebla.

Meta: Diseñar instrumentos y/o mecanismos que impulsen la generación distribuida antes de diciembre 2024.

Línea de acción 2.1.1 Diseñar instrumentos y/o mecanismos de dotación de sistemas fotovoltaicos de generación distribuida en el sector residencial, priorizando hogares con jefatura femenina o monoparental.

Línea de acción 2.1.2 Promover esquemas de financiamiento de sistemas fotovoltaicos de generación distribuida para MiPyMEs y otros grupos de interés.

Línea de acción 2.1.3 Promover herramientas que fomenten las capacidades de gestión de generación distribuida en los sectores residencial, industrial y comercial, incorporando una perspectiva de igualdad sustantiva.

Objetivo 2.2. Incentivar el aprovechamiento energético de los residuos.

Meta: Coadyuvar en al menos un estudio para el aprovechamiento energético de los residuos antes de diciembre de 2024.

Línea de acción 2.2.1 Fomentar investigación y desarrollo en temas de aprovechamiento energético de los residuos en el Estado de Puebla.

Eje 3. Impulsar la educación, investigación e innovación en materia de transición energética

Objetivo 3.1 Impulsar la investigación científica, técnica y administrativa en materia de transición energética y energías renovables

Meta: Desarrollar tres mecanismos en sinergia con instituciones públicas y privadas, antes de diciembre 2024

Línea de acción 3.1.1 Vincular la investigación académica de educación superior con proyectos científicos , técnicos , innovadores y administrativos en materia de eficiencia energética , energías renovables , participación diferencial de hombres y mujeres en el sector , consumos diferenciales por poblaciones y pobreza energética e impactos socioculturales y de perspectiva de género en energías.

Línea de acción 3.1.2 Coadyuvar en aspectos técnicos en proyectos en materia de transición energética y penetración de energías renovables.

Objetivo 3.2 Proponer la inclusión de temáticas relacionadas con cambio climático, sostenibilidad, la transición energética en los planes de estudio de niveles básicos y medio superior dentro de la entidad.

Línea de acción 3.2.1 Proponer la modificación de los planes de estudio de la educación básica y media superior para incluir educación ambiental en materia de cambio climático sostenibilidad, y transición energética en sinergia con la Secretaría de Educación.

Línea de acción 3.2.2 Desarrollar campañas de educación y/o divulgación sobre la relación entre energía, ambiente, sostenibilidad, cambio climático y economía circular.

Eje 4. Impulsar el uso del transporte menos contaminante

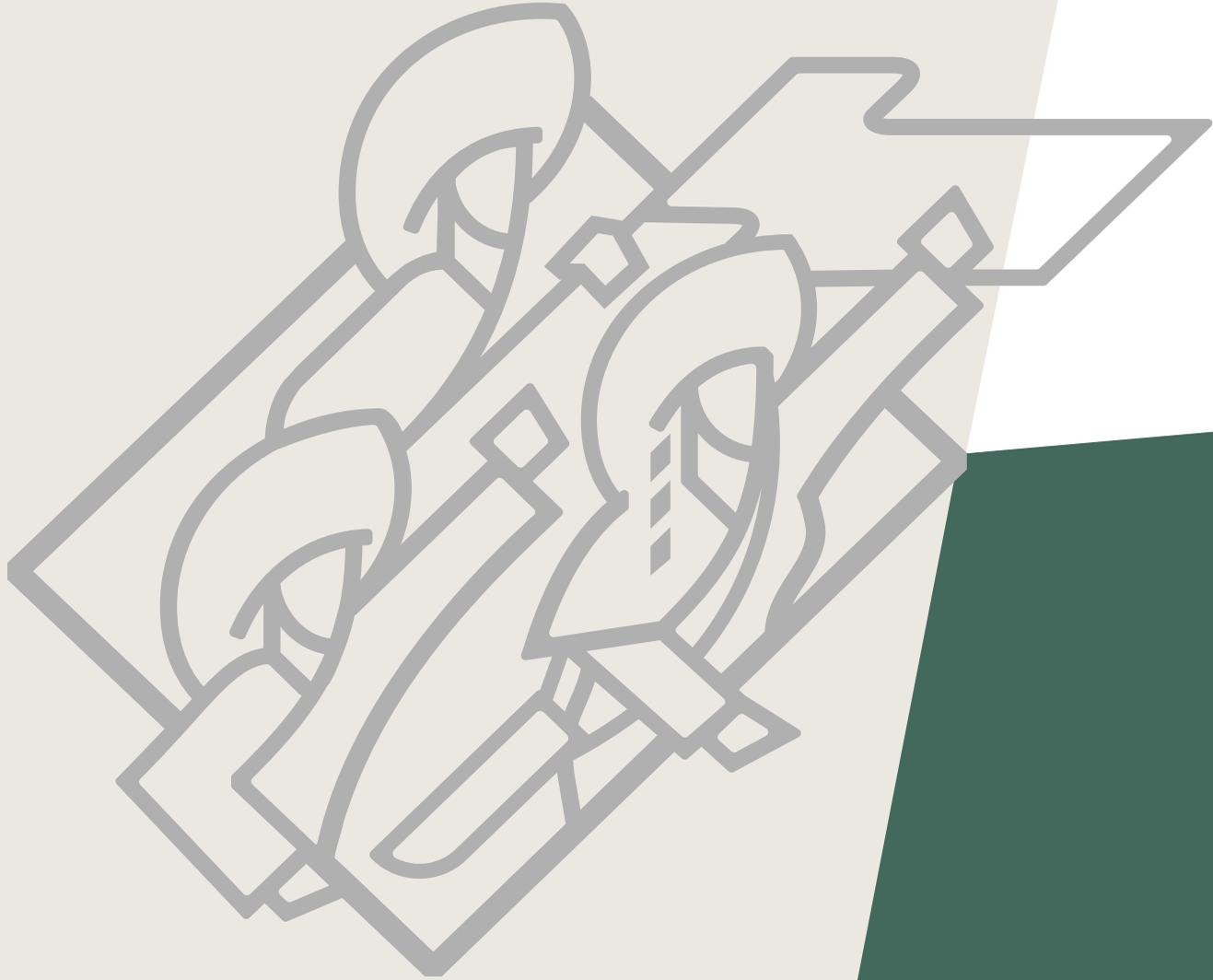
Objetivo 4.1 Fomentar del uso de medios de transporte menos contaminantes, incluyendo los no motorizados.

Meta: Proponer al menos 2 instrumentos y/o mecanismos de movilidad sustentables en el estado antes de diciembre 2024.

Línea de acción 4.1.1 Proponer intervenciones hacia el transporte descarbonizado y el no motorizado , considerando la seguridad, sobre todo de las mujeres.

Línea de acción 4.1.2 Incentivar el desarrollo de soluciones seguras y sustentables de transporte colectivo en escuelas, universidades y empresas, con un enfoque de igualdad sustantiva y de seguridad de las mujeres.

Línea de acción 4.1.3 Proponer un mecanismo de regulación de la calidad de los combustibles en el estado de Puebla.



Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.

Anexos Metodológicos



Secretaría de
Medio Ambiente,
Desarrollo Sustentable y
Ordenamiento Territorial

Producción

La producción de energéticos primarios se divide en tres rubros: petróleo y gas natural, energéticos renovables y leña. La producción de petróleo se estima a partir de la información del Sistema de Información Energética (SENER, 2021a) de la Secretaría de Energía en su sección Hidrocarburos, subsección Petrolíferos, tabla Proceso de petróleo crudo por refinería. De forma similar, la producción de gas natural se toma de los datos proporcionados por el SIE, sección Gas seco, tabla proceso de gas seco en CPGS. En ninguno de ambos casos, Puebla cuenta con producción.

La producción de energéticos renovables se estima a partir de la información generada para el análisis de la transformación de energéticos en centrales eléctricas (incluyendo las de generación distribuida). Se asume que, por ejemplo, 1 PJ de energía eléctrica generado por una central fotovoltaica requiere de la captación de 1 PJ de energía solar. En el caso de la leña se tiene una situación similar a la de los energéticos renovables. Se asume que cada PJ consumido es un PJ producido.

Transformación

Las transformaciones de energéticos primarios a secundarios (o de secundarios a secundarios) dentro de la cadena energética estudiada son la refinación de petróleo, el procesamiento de gas natural y la generación de energía eléctrica tanto a gran escala como en generación distribuida. Para los casos de la refinación de petróleo y el procesamiento de gas, se parte de la infraestructura existente en el país la cual se consultó en el portal de Petróleos Mexicanos (PEMEX, 2015) y en las prospectivas del sector energético correspondientes (SENER, 2018e) y (SENER, 2018f). Como Puebla no cuenta con ninguna refinería y ningún centro procesador de gas natural, se establece que no hay transformación de estos energéticos primarios a sus derivados secundarios.

Centrales Eléctricas

La estimación de la capacidad instalada y la generación de energía eléctrica parte de los permisos para la generación de energía eléctrica emitidos por la CRE para cada central.

De estos documentos, se recopilan los siguientes datos:

- Fecha de entrada en operación
- Ubicación

- Capacidad (MW)
- Generación energética anual permitida (GWh)
- Tecnología
- Combustible empleado

Posteriormente, se revisan los documentos PRODESEN 2017-2031 (SENER, 2018a) y PRODESEN 2018-2032 (SENER, 2019a) y se extraen los datos de generación anual real en gigawatts-hora (GWh), los cuales se encuentran reportados para los años 2016 y 2017, para todas las centrales operativas. Debido a que en los documentos PRODESEN 2019-2033 (SENER, 2020) y PRODESEN 2020-2034 (SENER, 2021b) no se publica esta información detallada por central, la generación de cada central durante 2018 y 2019 es aproximada a través de la evolución de la generación anual a nivel nacional para cada tecnología (CENACE, 2021) y el cálculo de la tasa de crecimiento anual (TCA) de generación de cada tecnología, a partir de las siguientes ecuaciones:

$$TCA_{2018} = \frac{E_{2018} [\text{GWh}] - E_{2017} [\text{GWh}]}{E_{2017} [\text{GWh}]}$$

$$TCA_{2019} = \frac{E_{2019} [\text{GWh}] - E_{2018} [\text{GWh}]}{E_{2018} [\text{GWh}]}$$

La tasa de crecimiento anual de cada tecnología a nivel nacional es después aplicada a la generación de cada central de dicha tecnología. El proceso previamente descrito es aplicado para todas las tecnologías, a excepción de las tecnologías eólica y solar fotovoltaica. La generación de centrales con estas tecnologías durante 2018 y 2019 es calculada a partir de la capacidad instalada (P) en Megawatts y del factor de planta (FP) reportado por Atlas de Zonas con alto potencial de Energías Limpias (SENER, 2018b) a partir de la siguiente ecuación:

$$E_{\text{ELEC}} \left[\frac{\text{GWh}}{\text{año}} \right] = \text{FP} \cdot P [\text{MW}] \cdot 8760 \left[\frac{\text{h}}{\text{año}} \right] \cdot \frac{1 \text{ GWh}}{1000 \text{ MWh}}$$



Por otra parte, el consumo de energéticos primarios (combustibles) de las centrales térmicas es calculado partir del Régimen Térmico (GJ/MWh) de cada central, reportados en el Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE) de 2018, a partir de la siguiente ecuación:

$$E_{\text{TERM}} [\text{PJ}] = E_{\text{ELEC}} [\text{MWh}] \cdot RT \left[\frac{\text{GJ}}{\text{MWh}} \right] \cdot \frac{1 [\text{PJ}]}{10^6 [\text{GJ}]}$$

Donde:

E_{TERM}: Energía térmica empleada. E_{ELEC}: Energía eléctrica obtenida. RT: Régimen térmico de la central.

Por último, la energía porcentual invertida en usos propios es extraída nuevamente del PIIRCE 2018 para cada central.

Generación distribuida

Para estimar la energía eléctrica producida por los sistemas de generación distribuida se parte de la información proporcionada por la CRE (CRE, 2021a) en la que se tienen registrados todos los sistemas conectados, indicando su capacidad instalada en kW, la tecnología de generación y el estado y municipio en donde se encuentran. Así, se procede a agregar la capacidad instalada en todo el estado de Puebla. Cabe señalar que todos los sistemas de generación distribuida en Puebla son fotovoltaicos. Después, se multiplica la capacidad instalada en el estado por las 8760 horas de un año y por el factor de planta, el cual indica cuántas horas en realidad puede operar un sistema fotovoltaico a plena potencia dadas las horas de luz solar. El dato del factor de planta se obtiene del Atlas de Zonas con Alto Potencial de Energías Limpias (SENER, 2018b), abriendo el apartado “Zonas disponibles con alto potencial”, subapartado “Solar”, opción “Zonas”, “Solar fijo” y descargando el “Escenario 3” en formato Excel.

Consumo

Electricidad

Con el fin de obtener los datos de consumo eléctrico, tanto por tipo de tarifa como por sector a nivel estatal, se realizó el siguiente procedimiento:

- La recopilación de datos se obtiene a través del portal de Datos Abiertos de la Comisión Federal de Electricidad. Los documentos llevan por nombre: “Usuarios y consumo

de electricidad por municipio (2010 – 2017)” (CFE, 2018b) y “Usuarios y consumo de electricidad por municipio (A partir de 2018)” (CFE, 2019).

Tabla 18. Tarifas 2010–2017

Tarifas localizadas para cada municipio 2018			
1	DAC	9CU	GDMTO
1A	DB1	9N	PDBT
1B	DB2		
1C	DIST	APBT	RABT
1D			
1E	DIT		
GDBT	APMT	RAMT	
1F	GDMTH	9CU	GDMTO

En ambos documentos se encuentra contenida la información sobre el consumo de electricidad por tipo de tarifa, desglosada para cada uno de los municipios de los estados. En dicha documentación se halla el siguiente esquema tarifario:

Tabla 19. Tarifas 2018–2019

Tarifas localizadas para cada municipio 2010–2017			
1	1E	DIST	HSL
2	1F	DIT	HSLF
3	5A	GDBT	HT
5	9CU	GDMTH	HTF
6	9M	GDMTO	HTL
7	9N	HM	HTLF
9	APBT	HMC	OM
1A	APMT	HMCF	OMF
1B	DAC	HMF	PDBT
1C	DB1	HS	RABT
1D	DB2	HSF	RAMT

Se realiza tratamiento de datos para poder obtener el consumo anualizado a nivel estatal para cada una de las tarifas. Basta con sumar el consumo reportado para cada tarifa, sumando todos los municipios del estado.

- Una vez obtenido el total del consumo eléctrico por tarifa, para cada año, se agrupan las tarifas correspondientes a cada uno de los sectores: residencial, comercial y servicios, industrial, público y agrícola; quedando de la siguiente manera:

Tabla 20. Tarifas sector residencial.

Tarifas correspondientes a Sector Residencial	
Tarifa	Descripción
1	Doméstico
1A	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 25°C
1B	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 28°C
1C	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 30°C
1D	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 31°C
1E	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 32°C
1F	Doméstico para localidades con temperatura media mínima en verano de 33°C
DAC	Doméstico Alto Consumo
DB1	Doméstico baja tensión hasta 150 kWh-mes
DB2	Doméstico baja tensión mayor a 150 kWh-mes

Tabla 21. Tarifas sector comercial y de servicios.

Tarifas correspondientes a Sector Comercial y de Servicios	
Tarifa	Descripción
PDBT	Pequeña demanda baja tensión hasta 25 kW-mes
GDBT	Gran demanda baja tensión mayor a 25 kW-mes

Tabla 22. Tarifas sector industrial.

Tarifas correspondientes a Sector Industrial	
Tarifa	Descripción
DIST	Demanda industrial en subtransmisión
DIT	Demanda industrial en transmisión
GDMTH	Gran demanda en media tensión horaria
GDMTO	Gran demanda en media tensión ordinaria

Tabla 23. Tarifas sector público.

Tarifas correspondientes a Sector Público	
Tarifa	Descripción
APBT	Alumbrado público en baja tensión
APMT	Alumbrado público en media tensión

Tabla 24. Tarifas sector agropecuario.

Tarifas correspondientes a Sector Agropecuario	
Tarifa	Descripción
RABT	Riego agrícola en baja tensión
RAMT	Riego agrícola en media tensión
9CU	Tarifa de estímulo para bombeo de agua para riego agrícola con cargo único
9N	Tarifa de estímulo nocturna para bombeo de agua para riego agrícola

Con dicha información se realiza el concentrado de consumos de energía en kWh por sector para el periodo 2010 a 2018.

- A su vez, se obtiene el porcentaje de la participación del consumo energético de cada sector respecto al consumo total anual.
- Con el fin de estandarizar los resultados con los valores obtenidos en el resto del documento, se realiza el cambio de unidades correspondientes para pasar de kWh a PJ.
- Debido a que la información contenida no abarca el año 2019, se realiza una previsión basada en la tendencia estacional de los datos anteriores, utilizando la herramienta de precisión incluida en Excel. Se obtienen así, tanto el consumo de energía en kWh y PJ, como la participación (en porcentaje) de cada uno de los sectores respecto al total consumido.
- Una vez obtenido el valor del total consumido para cada uno de los sectores, se obtiene el consumo de energía eléctrica por tipo de tarifa.
- En este sentido, se calcula el porcentaje de participación de cada tarifa respecto a su sector, utilizando como base los datos del año 2018. Con la información de los porcentajes se realiza el desglose tarifario con los consumos estimados para cada sector en el año 2019.

Combustibles fósiles

La estimación del consumo de combustibles fósiles se realizó a través del Sistema de Información Energética (SENER, 2021a), con datos desglosados por entidad federativa y con agregación mensual.

El tratamiento de datos se realizó, primeramente, completando los datos de los meses de 2019 por medio de previsiones, considerando el histórico reportado desde enero 2016 hasta septiembre de 2019. Nuevamente se utiliza la herramienta de Excel para realizar los pronósticos basados en la tendencia estacional.

Una vez completados los datos, se realizó la homogeneización de unidades transformando las unidades reportadas por el SIE a PJ. Las transformaciones son de miles de barriles diarios (mbd) a Petajoules (PJ) para diésel, combustóleo, gasolinas, turbosina, gas licuado de petróleo; y de millones de pies cúbicos diarios (mmpcd) a

Petajoules para el caso del gas seco.

Para ello se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\text{barriles (bl)} = \text{Días del mes (30 ó 31)} \cdot 10^3$$

$$\text{pies cúbicos (pc)} = \text{Días del mes (30 ó 31)} \cdot 10^6$$

$$\text{PJ} = (\text{bl ó pc}) \cdot \text{Poder calorífico del energético} \cdot 10^{-9}$$

El poder calorífico utilizado se obtuvo de datos reportados por la Comisión Nacional de Uso Eficiente de Energía (CONUEE, 2020).

Una vez homologadas las unidades, se realizó el concentrado para cada año. Los valores de los concentrados por sector se utilizaron considerando el desglose sectorial del Sistema de Información Energética. Para el caso de energéticos cuya sectorización no era proporcionada (gas licuado de petróleo y combustóleo) se utilizaron las perspectivas nacionales correspondientes (SENER, 2018e) (SENER, 2018g), replicando la participación sectorial reportada en ellas a nivel nacional.

Leña

Las estimaciones de leña fueron realizadas utilizando el Estudio sobre la evolución nacional del consumo de leña y carbón vegetal de México (Mäser, et.al., 2010) elaborado por el Centro de Investigaciones en Ecosistemas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

La modelación propuesta en el estudio realiza la estimación de usuarios mixtos y usuarios exclusivos de leña (siendo mixtos aquellos cuyo uso de leña es combinado con el de otro energético, como el gas LP; y siendo usuarios exclusivos aquellos cuya utilización es únicamente de un energético, leña en este caso), se realiza la identificación de dichos usuarios utilizando una variable de saturación de usuarios de leña por municipio generada en el propio modelo, la tasa de crecimiento poblacional, y se hace el ajuste del consumo de leña per cápita tomando en cuenta las macro-regiones ecológicas en México y el tipo de vegetación existente. Por último, se generaron resultados para estimaciones de los años 1990, 2000, 2005, 2010, 2020 y 2024. (Mäser, et.al., 2010)

Utilizando los resultados obtenidos por dicho estudio, se formaron líneas de tendencia a través de un ajuste exponencial con el fin de recabar los datos intermedios. Debido a la temporalidad utilizada en el modelo, para el diagnóstico se generaron los datos continuos en el periodo 2010 a 2020, utilizando como base el periodo 1990 – 2010.

Indicadores

Fuente del consumo energético

En este apartado se realiza el cálculo de 3 indicadores interrelacionados. El primero de ellos es el porcentaje de energías renovables usado en la matriz energética que satisface el consumo energético de Puebla (energías renovables como porcentaje del consumo final). Le sigue el porcentaje de energías basadas en fuentes fósiles que satisfacen el consumo final y al que también se le llama dependencia del estado de Puebla a los combustibles fósiles. Por último se encuentra el uso de leña como porcentaje del consumo final. Estos indicadores se calculan como se establece en las siguientes ecuaciones:

$$\text{Consumo final} = \sum_e \text{consumo}_e \text{ (PJ)}$$

Donde e es el tipo de energético: solar, eólico, hidroeléctrica, geotérmica, leña, gasolinas, diésel, querosenos, carbón, combustóleo, gas natural (seco) y gas L.P.

$$\text{Energías renovables como porcentaje del consumo final} = \frac{\text{consumo renovable (PJ)}}{\text{consumo final (PJ)}} \cdot 100\%$$

Donde consumo renovable es la suma del consumo de solar, eólica, hidroeléctrica y geotérmica.

$$\text{Uso de leña como porcentaje del consumo final} = \frac{\text{consumo leña (PJ)}}{\text{consumo final (PJ)}} \cdot 100\%$$

Donde consumo fósil es la suma del consumo de gasolinas, diésel, querosenos, combustóleo, carbón, gas seco y gas L.P.

PIB

El Producto Interno Bruto “es el valor monetario de los bienes y servicios finales producidos por una economía en un período determinado” (INEGI, 2021 d). El PIB se obtiene a nivel estatal a través de los datos reportados por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021b). Dentro del mismo, se encuentra la desagregación en actividades terciarias, secundarias y primarias con sus respectivas actividades con datos anuales. Se condensaron los datos para el periodo 2016 a 2019.

Intensidad energética

La intensidad energética es un indicador de eficiencia energética. Indica la cantidad de energía necesaria para producir una unidad monetaria. Es decir, una intensidad energética alta considera que la actividad demanda mucha energía para producir la unidad monetaria, considerándola menos eficiente. Por otro lado, al tener una intensidad energética baja se puede decir que la actividad tiene mayor eficiencia energética pues consume menos energía para producir la misma unidad monetaria. Se calcula como la relación entre el consumo de energía de la región entre su PIB.

Para este estudio se calcularon intensidades energéticas sectoriales, desagregándolas en: actividades primarias, secundarias y terciarias, relacionándolas con sector agropecuario, industrial y comercial, respectivamente. Para el caso de las actividades terciarias no se consideran las actividades 48 – 49 Transportes, correos y almacenamiento y la actividad 93 – Actividades legislativas, gubernamentales, de impartición de justicia y de organismos internacionales y extraterritoriales.

Tabla 25. Sectores asociados a actividades consideradas para el PIB.

Sector (Energía consumida por el sector en PJ)	Actividad considerada (PIB en MXN)
Agropecuario	PIB actividades primarias
Industrial	PIB actividades secundarias
Comercial y servicios	PIB actividades terciarias

Para la obtención de la información se utilizó la siguiente ecuación:

$$\text{Intensidad Energética} = \frac{\text{Consumo energético del sector (PJ)}}{\text{PIB actividad (Millones de MXN)}}$$

Sociales

De acuerdo con la investigación realizada por el Dr. Rigoberto García-Ochoa (García Ochoa & Graizbord, 2016), se plantea la metodología de satisfacción de Necesidades Absolutas de Energía (NAE) considerando que a nivel hogar debe de contarse con un número de bienes necesarios (satisfactores) que permitan el cumplimiento de dichas necesidades. En ese sentido, la metodología consiste en vincular los usos finales de energía (cocción de alimentos, refrigeración, entretenimiento, iluminación, calentamiento de agua y aire acondicionado) con los bienes económicos utilizados para la satisfacción de necesidades absolutas (estufa, refrigerador, luminarias, etc.).

Las necesidades absolutas son consideradas como aquellas necesidades inherentes a cualquier persona, y cuya satisfacción permite el desenvolvimiento de una vida digna.

Para los estados localizados en clima templado no se considera el confort térmico como un indicador. Mientras que, para aquellos localizados en climas cálidos, si se considera. En cualquier caso, al contar con el bien económico, el indicador para la necesidad absoluta obtiene un valor de uno, mientras que la carencia de dicho bien arroja un valor de cero.

Posteriormente se obtiene el cociente entre el conteo del total de los indicadores respecto al número de estos. Es decir, para clima templado la se promedia entre 5. La carencia de un bien económico arrojaría un valor en el cociente menor a 1, considerando al hogar en pobreza energética. Por su parte, al cumplir con todos los bienes económicos se considera que el hogar se encuentra fuera de la pobreza energética.

El AZEL otorga acceso público a información geo-referenciada relacionada al estudio de la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) para la identificación y cuantificación de la población indígena. Esta metodología se construyó con el siguiente criterio: Se considera como población indígena a la población de los hogares indígenas entendiéndose a estos como los hogares donde el jefe y/o el cónyuge y/o padre o madre del jefe y/o suegro o suegra del jefe hablan una lengua indígena y también aquellos que declararon pertenecer a un grupo indígena.

Esta información se encuentra repartida en dos archivos: El primero cuenta con la información por municipio, mientras que el segundo lo hace a nivel localidad (Centros de población con 40% y más del total de habitantes identificado como indígena). Además, estos archivos incorporan información sobre el grado de marginación establecido por el Consejo Nacional de Población (CONAPO) en 2010.

Para la elaboración de los mapas temáticos, los archivos mencionados anteriormente se clasificaron por tipo de municipio por población indígena y según el tamaño de la población indígena en la localidad, respectivamente. Asimismo, se analizó la localización geográfica de las poblaciones indígenas y el número de habitantes indígenas promedio de una localidad.

Además, se contabilizó el total de localidades, identificando cuales eran identificadas con grados de marginación, muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo. Conociéndose así, que la mayoría de las poblaciones indígenas en el Estado de Puebla se encuentra en situación de marginación alta.

Anexo metodológico de toma de decisiones multicriterio usando el VPMA

A partir del diagnóstico energético, los potenciales de aprovechamiento de energías renovables y eficiencia energética y de los ejes y objetivos se planteó un listado de posibles líneas de acción que el estado de Puebla podría implementar. Sin embargo, era necesario que cada una de estas líneas de acción posibles (o alternativas de líneas de acción) fuese revisada de tal forma que se pudiera asegurar la factibilidad de implementación.

Si bien cada alternativa de línea de acción pudo haber sido revisada independientemente, el proceso pudo no haber sido claro ni equitativo para todas ellas, resultando en una valoración errónea de qué líneas de acción sí y qué líneas no deberían haberse establecido en la Estrategia. Por lo tanto, se utilizó un método que permitiera valorarlas a todas bajo un mismo marco de referencia, proponiéndose para tal caso alguno de los múltiples métodos de toma de decisión multicriterio.

Por lo general, la toma de decisión multicriterio se utiliza para seleccionar una alternativa de entre un conjunto de ellas, evaluándolas todas y cada una de ellas bajo los mismos criterios.

Para el caso de este Plan, no es necesario elegir una única alternativa, sin embargo, varios métodos de decisión multicriterio, como parte de su proceso, organiza a todas las alternativas, desde la mejor de todas hasta la menos apta. Esta característica, aunada a la propia evaluación multicriterio de las alternativas es lo que permite estudiar a las alternativas de líneas de acción para seleccionar las más adecuadas al Plan.

El método de decisión multicriterio que se utilizó fue el conocido como **vector de posición de mínimo arrepentimiento** (VPMA) debido a que permite la comparación de las alternativas bajo criterios que pueden ser tanto cualitativos como cuantitativos.

El VPMA parte de la idea de que cualquier alternativa, por muy buena que sea, siempre tiene un arrepentimiento ya que habrá rubros en los que no sea la mejor. Sin embargo, la mejor de las alternativas será la que tenga, de forma global pero diferenciada un menor arrepentimiento, es decir, la que sea la más próxima a la alternativa ideal o perfecta.

Todas y cada una de las alternativas son evaluadas bajo un mismo grupo de criterios. Estos criterios conforman un espacio vectorial. Por ejemplo, si se tuviesen solo 2 criterios, las alternativas se podrían situar en un espacio vectorial de 2 dimensiones, es decir, en un clásico plano cartesiano de 2 ejes como lo muestra la Figura 56 donde las alternativas 1 y 2 están localizadas en un punto según sean evaluadas en los criterios 1 y 2. Cabe señalar que la alternativa ideal sería aquella con un arrepentimiento cero en todos sus criterios, por lo que se encontraría en el origen del plano (coordenadas 0,0). Así, la mejor alternativa en este ejemplo es la 2, puesto que se encuentra más cerca del origen y se puede observar con la longitud de la flecha que une ambos puntos (conocida matemáticamente como vector de posición).

En resumen, el método del VPMA consiste en evaluar todas las alternativas bajo un cierto número de criterios. Después, esa evaluación se trata matemáticamente de tal forma que se normalizan, es decir, se califican del 0 al 1, siendo 0 el mejor caso y 1 el peor. En seguida se calcula el módulo (la distancia) del vector de posición de cada alternativa. Las mejores alternativas tendrán un módulo cercano a 0 y las peores cercano a 1. A continuación, las alternativas de líneas de acción se enumeran.

Alternativas para el Eje 1

- A.1.1 Trabajar coordinadamente con los gobiernos municipales en la generación de instrumentos de ordenamiento ecológico y territorial.
- A.1.2 Hacer estudios de inventarios de compuestos y gases contaminantes regionales

y municipales.

- A.1.3 Proponer incentivos fiscales o económicos a transporte descarbonizado.
- A.1.4 Hacer estudios origen- destino en los municipios más urbanizados del estado.
- A.1.5 Realizar intervenciones de movilidad sustentable en puntos estratégicos de las ciudades del estado (zonas cero emisiones).
- A.1.6 Hacer estudios de factibilidad para la renovación del parque vehicular (ciclos de vida).
- A.1.7 Desarrollar una hoja de ruta para la descarbonización del parque vehicular privado.
- A.1.8 Incentivar el desarrollo de soluciones de transporte colectivo (escuelas, empresas).
- A.1.9 Fomentar el transporte público mediante el mejoramiento del servicio y la seguridad.

Alternativas para el Eje 2

- A.2.1 Desarrollar estrategias de transición y eficiencia energética en colaboración con organizaciones civiles y privadas (escuelas).
- A.2.2 Realizar campañas informativas del beneficio de la adopción de tecnologías y prácticas energéticamente eficientes.
- A.2.3 Generar e integrar información en materia energética para su publicación en el sistema de información ambiental del Estado (estudio de ladrilleras impacto económico y ambiental) (mapas de potencial energético).
- A.2.4 Actualizar la normatividad constructiva vigente orientada a facilitar la transición energética y adopción de tecnología con mayor eficiencia.
- A.2.5 Apoyar la adopción de tecnologías más eficientes.
- A.2.6 Proponer proyectos de aprovechamiento energético de residuos sólidos y descargas residuales.

Alternativas para el Eje 3

- A.3.1 Implementar regulaciones y apoyos a ladrilleras.
- A.3.2 Apoyar a la implementación de soluciones de eficiencia y sustentabilidad energética para el tratamiento de aguas residuales.
- A.3.3 Estimular la inversión del sector industrial en la adopción, optimización o reemplazo de tecnología que permita la transición y eficiencia energética en sus procesos o infraestructura.
- A.3.4 Proponer normas para la regulación de combustibles.
- A.3.5 Fortalecer los mecanismos de vigilancia y cumplimiento de la normatividad en materia de emisiones.
- A.3.6 Impulsar la investigación, generación y producción de tecnologías de energías

Alternativas para el Eje 4

A.4.1 Impulsar la generación distribuida y sustentable residencial, industrial y comercial

A.4.2 Estimular el fortalecimiento y la inversión en las capacidades energéticas instaladas ya existentes.

La Tabla 26 muestra la escala con la cual cada alternativa de línea de acción fue evaluada, de forma cualitativa, en cada criterio.

Tabla 26. Escala de calificación para criterios de evaluación de las alternativas de líneas de acción.

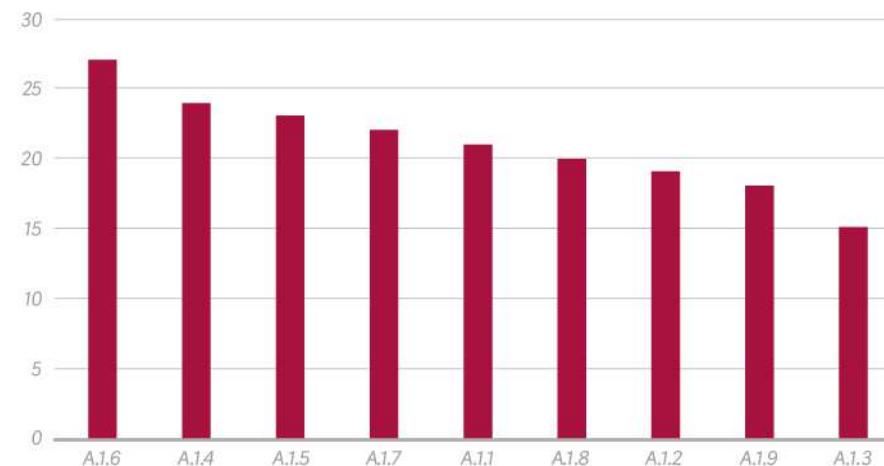
5	Muy bueno
4	Bueno
3	Regular
2	Malo
1	Muy malo

De acuerdo con lo anterior, de la problemática general **(PG) 1: La infraestructura de movilidad y medios de transporte estatal no están diseñados con criterios de eficiencia y descarbonización**, la Tabla 27 muestra la evaluación de cada una de las alternativas de líneas de acción consideradas para este Eje, para cada uno de los criterios.

Tabla 27. Resultados de la evaluación de criterios de líneas de acción para la PG 1.

Criterios	Alternativas de líneas de acción								
	A.1.1	A.1.2	A.1.3	A.1.4	A.1.5	A.1.6	A.1.7	A.1.8	A.1.9
Viabilidad técnica	4	3	5	5	5	5	5	5	3
Viabilidad económica (1-10)	5	4	2	6	8	8	8	4	4
Viabilidad social	3	4	3	5	2	5	3	5	3
Viabilidad Legal	5	5	3	5	5	5	4	4	5
Viabilidad política	3	3	2	3	3	4	2	2	3

Figura 79. Priorización de Líneas de Acción para el Eje 1.



Con respecto a **PG 2: Los sistemas socioeconómicos y culturales actuales dificultan un uso eficiente y sostenible de las tecnologías y recursos energéticos**, se tuvo la evaluación mostrada en la Tabla 28.

Tabla 28. Resultados de la evaluación de criterios de líneas de acción para la PG 2.

Criterios	Alternativas de líneas de acción					
	A.2.1	A.2.2	A.2.3	A.2.4	A.2.5	A.2.6
Viabilidad técnica	5	5	3	5	5	5
Viabilidad económica (1-10)	10	5	6	10	6	6
Viabilidad social	5	5	5	4	4	3
Viabilidad Legal	5	5	5	5	4	3
Viabilidad política	3	4	3	3	3	2

La Figura 80, muestra la priorización de las Líneas de Acción, como resultado de la sumatoria de la evaluación de las alternativas de la PG 2.

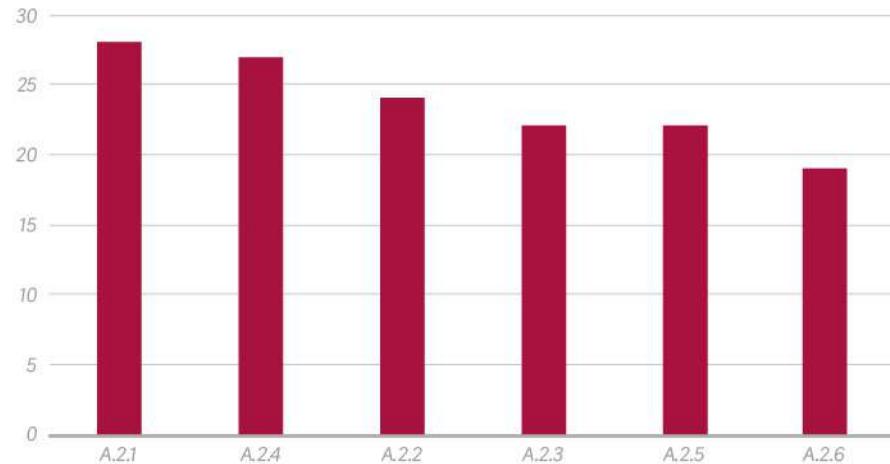
Para la **PG 3: Falta de regulaciones e incentivos apropiados dificulta un uso eficiente y sostenible de recursos y tecnologías energéticas**, la Tabla 30 muestra la calificación de sus criterios.

Tabla 29. Resultados de la evaluación de criterios de líneas de acción para la PG 3.

Criterios	Alternativas de líneas de acción					
	A.3.1	A.3.2	A.3.3	A.3.4	A.3.5	A.3.6
Viabilidad técnica	3	5	5	4	4	5
Viabilidad económica (1-10)	4	4	4	10	4	4
Viabilidad social	3	5	4	3	4	5
Viabilidad Legal	2	2	3	2	5	2
Viabilidad política	2	2	3	2	5	2

La priorización de las Líneas de Acción, como resultado de la sumatoria de la evaluación de las alternativas de la PG 3, se muestra en la Figura 59.

Figura 80. Priorización de Líneas de Acción para el Eje 2.



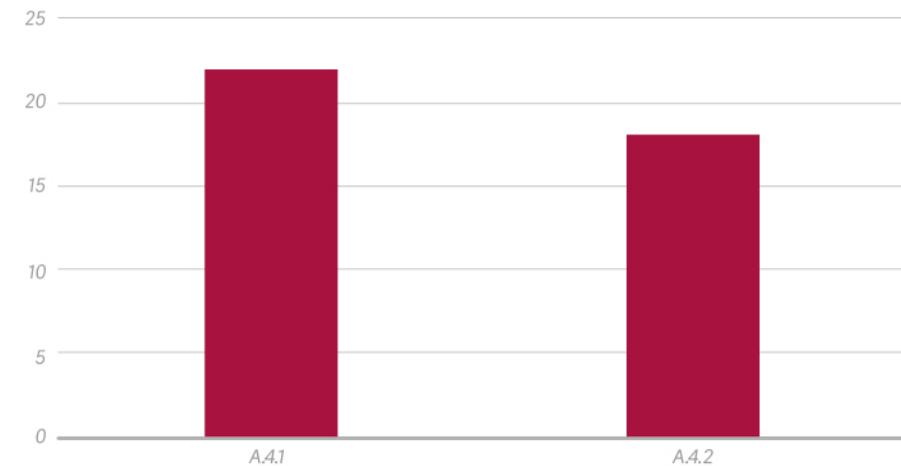
Dentro de la **PG 4: Falta de regulaciones e incentivos apropiados dificulta un uso eficiente y sostenible de recursos y tecnologías energéticas**, la Tabla 31 muestra la evaluación de cada una de las Líneas de Acción consideradas para este Eje, para cada uno de los criterios.

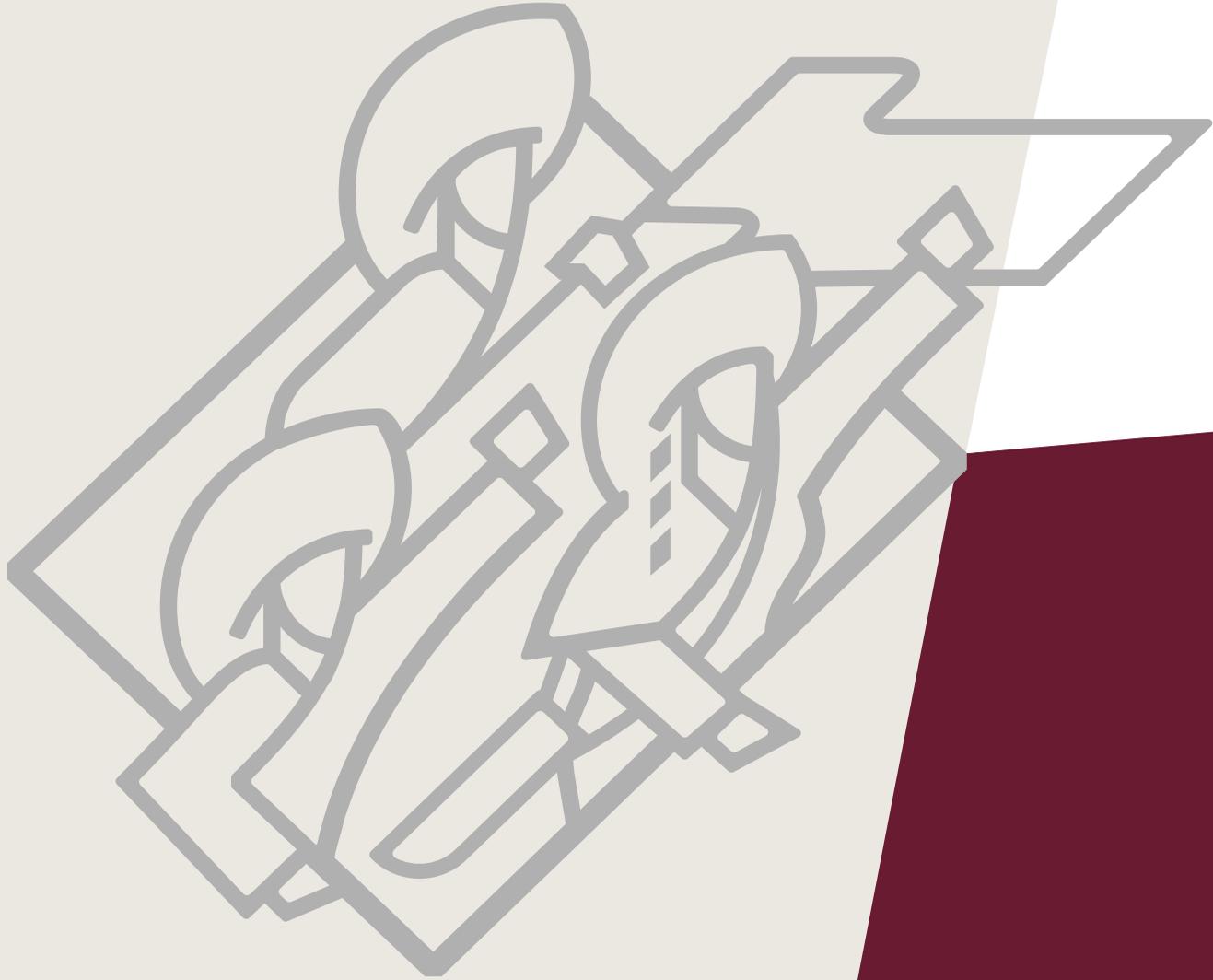
Tabla 30. Resultados de la evaluación de criterios de líneas de acción para la PG 4.

Criterios	Alternativas de líneas de acción	
	A.4.1	A.4.2
Viabilidad técnica	5	5
Viabilidad económica (1-10)	6	2
Viabilidad social	4	5
Viabilidad Legal	4	4
Viabilidad política	3	2

De esta manera, la Figura 60, muestra la priorización de las Líneas de Acción, como resultado de la sumatoria de la evaluación de las alternativas de la PG 4.

Figura 81. Priorización de Líneas de Acción para la PG 4.





Gobierno de Puebla
Hacer historia. Hacer futuro.

Referencias



Secretaría de
Medio Ambiente,
Desarrollo Sustentable y
Ordenamiento Territorial

BENLESA, 2010. CCA. [En línea]
[Último acceso: 12 05 2021].

BUAP, 2021. *Puebla nuestro estado*. [En línea]
Available at: <http://www.relacionesinternacionales.buap.mx/?q=content/puebla-nuestro-estado>

CEMIEGEO, 2016. *Geotermia en México*. [En línea]
Available at: <http://www.cemiegeo.org/index.php/geotermia-en-mexico>
[Último acceso: 25 05 2021].

CENACE, 2021. *Liquidaciones*. [En línea]
Available at: <https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/Liquidaciones.aspx>

CEPAL, (. L. y. P. C., 2020. *Mujeres y energía*. [En línea]
Available at: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45377/4/S2000277_es.pdf

CFE, 2018a. COPAR, s.l.: s.n.

CFE, 2018b. *Datos abiertos. Usuarios y consumo de electricidad por municipio (2010–2017)*. [En línea]
Available at: <https://www.datos.gob.mx/busca/dataset/usuarios-y-consumo-de-electricidad-por-municipio-2010-2017>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

CFE, 2019. *Usuarios y consumo de electricidad (A partir de 2018)*. [En línea]
Available at: <https://www.datos.gob.mx/busca/dataset/usuarios-y-consumo-de-electricidad-por-municipio-a-partir-de-2018/resource/38b7a514-78c2-4355-9ed0-d6ac72722952>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

CFE, 2021. *Esquema tarifario vigente Hogar*. [En línea]
Available at: <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCRECasa/Casa.aspx>
[Último acceso: mayo 2021].

CONEVAL, 2018. *Puebla Pobreza estatal 2018*. [En línea]
Available at: https://www.coneval.org.mx/coordinacion/entidades/Puebla/Paginas/Pobreza_2018.aspx

CONUEE, 2020. *LISTA DE COMBUSTIBLES 2020 QUE SE CONSIDERARÁN PARA IDENTIFICAR A LOS USUARIOS*. [En línea]
Available at: https://conuee.gob.mx/transparencia/boletines/SITE/LISTA_DE_COMBUSTIBLES_2020.pdf
[Último acceso: 1 marzo 2021].

CRE, 2011. *Evaluación de la Energía Geotérmica en México*. Informe para el Banco Interamericano de Desarrollo y la Comisión Reguladora de Energía., s.l.: s.n.

CRE, 2015. *Título de Permiso de Autoabastecimiento de energía Eléctrica - E/1396/AUT/2015*, s.l.: Comisión Reguladora de Energía.

CRE, 2020. *Permisos de generación eléctrica*. s.l.:s.n.

CRE, 2021a. *Generación distribuida. Sección 6 del micrositio: Centrales eléctricas de Generación Distribuida*. [En línea]
Available at: <https://www.gob.mx/cre/articulos/generacion-distribuida-102284>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

CRE, 2021b. *Centrales eléctricas de Generación Distribuida*. [En línea]
Available at: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/centrales-electricas-de-generacion-distribuida>
[Último acceso: mayo 2021].

CRE, 2021c. *Memorias de calculo de tarifas de suministro básico 2020*. [En línea]
Available at: <https://www.datos.gob.mx/busca/dataset/memorias-de-calculo-de-tarifas-de-suministro-basico>
[Último acceso: mayo 2021].

DoE, 2016. *What is an Enhanced Geothermal System (EGS)?*, Washington D.C.: DOE.

Doran, G. T., 1981. *There's a S.M.A.R.T. way to write management's goals and objectives*. [En línea]
Available at: <https://community.mis.temple.edu/mis0855002fall2015/files/2015/10/S.M.A.R.T-Way-Management-Review.pdf>
[Último acceso: 2021].

DTU, W. B. G. E. V., 2021. *Global Wind Atlas*. [En línea]
Available at: <https://globalwindatlas.info/>

García Ochoa & Graizbord, 2016. *Caracterización espacial de la pobreza energética en México*. Un análisis a escala subnacional. s.l.:Economía, sociedad y territorio, 16(51), 289-337.

GIZ, 2018. *Programa Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos*, s.l.: GIZ México.

GIZ, 2020. *Monitor de Información Comercial e Índice de Precios de Generación Solar Distribuida en México*, s.l.: s.n.

Haughey, D., 2014. *A Brief History of SMART Goals*. [En línea]
Available at: <https://www.projectsmart.co.uk/brief-history-of-smart-goals.php>
[Último acceso: 2021].

IMTA, 2017. *Energía limpia del agua sucia: aprovechamiento de lodos residuales*. [En línea]
Available at: https://www.imta.gob.mx/biblioteca/libros_html/energia-limpia/files/assets/common/downloads/publication.pdf
[Último acceso: 20 05 2021].

INEEL, 2008. *La energía geotérmica: una opción tecnológica y económicamente madura*, Cuernavaca: INEEL.

INEGI, 2018. *Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos en los Hogares*. En: Ciudad de México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI, 2020a. *Cuéntame Información por entidad Puebla*. [En línea]
Available at: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/pue/poblacion/educacion.aspx?tema=me&e=21>

INEGI, 2020b. *Producto Interno Bruto por Entidad Federativa*. Ciudad de México: s.n.

INEGI, 2020c. *DENUE*. Ciudad de México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

INEGI, 2020d. *Censo de población y vivienda 2020*. [En línea]
Available at: <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/default.html>

INEGI, 2021 d. *Por actividad económica - INEGI*. [En línea]
Available at: <https://www.inegi.org.mx/temas/pib/>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

INEGI, 2021a. *PIB por Entidad Federativa (PIBE). Base 2013*. [En línea]
Available at: <https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2013/>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

INEGI, 2021b. *Vehículos de motor registrados en circulación*. [En línea]
Available at: https://www.inegi.org.mx/sistemas/olap/proyectos/bd/continuas/transporte/vehiculos.asp?s=est&c=13158&proy=vmrc_vehiculos#
[Último acceso: 1 marzo 2021].

INEGI, 2021c. *México en cifras. Indicador Población*. [En línea]
Available at: <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=21>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

INEGI, 2021. *Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas*. [En línea]
Available at: <https://www.inegi.org.mx/app/mapa/denue/default.aspx>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

IRENA, 2020. *Geothermal Energy*. [En línea]
Available at: <https://irena.org/geothermal>

IRENA, 2020. *Renewable Power Generation Costs in 2019*, s.l.: s.n.

LAZARD, 2020. *Levelized Cost of Energy Analysis*, s.l.: s.n.

Letcher, T. M., 2017. *Wind Energy Engineering. A Handbook for Onshore and Offshore Wind Turbines*. s.l.: Academic Press.

Masera, O. A. C. T. G. A. G. G. & P. P., 2010. *Estudio sobre la evolución nacional del consumo de leña y carbón vegetal en México 1990–2024*, Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Michaelides, E. E., 2012. *Alternative Energy Sources*. s.l.: s.n.

NREL, 2020. *2020 Annual Technology Baseline*, s.l.: s.n.

Ortegón, P. y. P., 2005. *Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas*. [En línea]
Available at: https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/5607/S057518_es.pdf

OSM, 2021. *OpenStreetMaps*. [En línea]
Available at: overpass-turbo.eu/
[Último acceso: 10 05 2021].

PEMEX, 2015. *PEMEX Mapa de Instalaciones*. [En línea]
Available at: <https://www.pemex.com/nuestro-negocio/infraestructura/Paginas/default.aspx>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

Practical Concepts Incorporated (PCI), 1979. *The Logical Framework A Managers Guide to a Scientific Approach to Design & Evaluation*. [En línea]
Available at: <https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1865/The-Logical-Framework-A-Managers-Guide.pdf>

SEMARNAT, 2021. *Consulta temática Población rural y urbana*. [En línea]
Available at: http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D1_DEMOGRAF01_02_D&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce&NOMBREENTIDAD=* &NOMBREANIO=*

SENER, 2018 a. *AZEL*. [En línea]
Available at: <https://dgel.energia.gob.mx/azel/>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

SENER, 2018 b. *Prospectiva de Petróleo Crudo y Petrolíferos 2018–2032*. [En línea]
Available at: https://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PPP_2018_2032_F.pdf
[Último acceso: 1 marzo 2021].

SENER, 2018 c. *Prospectiva de Gas L.P. 2018–2032*. [En línea]
Available at: http://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PGLP_18_32_F.pdf
[Último acceso: 1 marzo 2021].

SENER, 2018 d. *Prospectiva de Gas Natural 2018–2032*. [En línea]
Available at: https://base.energia.gob.mx/Prospectivas18-32/PGN_18_32_F.pdf
[Último acceso: 1 marzo 2021].

SENER, 2018. *Inventario Nacional de Energías Limpias*. [En línea]
Available at: <https://dgel.energia.gob.mx/inel/index.html>

SENER, 2018. *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2017–2031*, s.l.: s.n.

SENER, 2019 a. *Sistema de Información Energética (SIE). Balance Nacional de Energía: Consumo final de energía en el sector industrial*. [En línea]
Available at: <http://sie.energia.gob.mx/>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

SENER, 2019 b. *Balance Nacional de Energía 2018*. [En línea]
Available at: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/528054/Balance_Nacional_de_Energ_a_2018.pdf
[Último acceso: 1 marzo 2021].

SENER, 2019. *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2018–2032*, s.l.: s.n.

SENER, 2020. *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2019–2033*. [En línea]
Available at: <https://www.gob.mx/sener/articulos/prodesen-2019-2033-221654?tab=>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

SENER, 2021. *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2020–2034*. [En línea]
Available at: <https://www.gob.mx/sener/articulos/prodesen-2020-2034>
[Último acceso: 1 marzo 2021].

SENER, 2021. *Sistema de Información de Energía*. [En línea]
Available at: <http://sie.energia.gob.mx/>
[Último acceso: Abril 2021].

SIMEPRODE, 2021. [En línea]
Available at: <https://www.nl.gob.mx/simeprode>
[Último acceso: 20 05 2021].

STPS, 2020. *Observatorio Laboral – Ocupación por sectores económicos Cuarto trimestre 2020*. [En línea]
Available at: https://www.observatoriolaboral.gob.mx/static/estudios-publicaciones/Ocupacion_sectores.html
[Último acceso: 2021].

STPS, 2021. *Información laboral Puebla Junio 2021*. [En línea]
Available at: http://siel.stps.gob.mx:304/perfiles/perfiles_detallado/perfil_puebla.pdf

