

Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente

Reconocimiento de validez oficial de estudios de nivel superior según acuerdo secretarial 15018, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 29 de noviembre de 1976.

Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano
DOCTORADO EN HÁBITAT Y SUSTENTABILIDAD



La generación eléctrica distribuida en México: Una herramienta de la justicia energética para reducir la pobreza energética

TESIS que para obtener el **GRADO** de
DOCTOR EN HÁBITAT Y SUSTENTABILIDAD

Presenta: **LUIS CARLOS SHAAR VELÁZQUEZ**

Tutor **RODRIGO FLORES ELIZONDO**

Tlaquepaque, Jalisco. 11 de julio de 2026

Resumen

En esta investigación se hablará de la energía, en particular de los sistemas de generación de energía eléctrica de manera distribuida (GED) y su capacidad para producir un cambio en la pobreza energética de las personas, porque permite a las personas o usuarios controlar su generación y uso. A nivel mundial, en el informe de seguimiento al objetivo de desarrollo sostenible número 7 (ODS-7) se reportó que en 2021, 675 millones de personas en el mundo no tenían acceso a energía (incluida la eléctrica) y 2,300 millones cocinaron sus alimentos con energía sucia o contaminante (Grupo Banco Mundial, 2023), sin embargo, México no tiene en su legislación de manera explícita el uso de estos sistemas para dar acceso a energía eléctrica a comunidades rurales apartadas de las redes eléctricas. En México, el gobierno reportó de manera oficial una cobertura del servicio eléctrico del 99.43% en 2024 (Secretaría de Energía, 2024), sin embargo ni en la actual Ley del Sector Eléctrico, ni en el reglamento de esa ley se hace referencia a la suficiencia de esta, además de no incluir cifras de pobreza energética¹ en el país. A las personas en esta condición está dirigido este protocolo de investigación. En esta investigación se analizará la factibilidad de generar energía eléctrica en pequeña escala (capacidad instalada menor a 500 kW de potencia), en un esquema de Generación Eléctrica Distribuida² (GED) para comunidades rurales de bajos recursos con el uso de tecnología limpia y renovable a través de un análisis los conceptos de justicia y pobreza energética recién incluidos en la constitución.

Palabras clave: Energía eléctrica, Generación Eléctrica Distribuida (GED), pobreza energética, justicia energética, cobertura eléctrica.

¹ La pobreza energética se define como la carencia de un suministro de energía suficiente en la vivienda para para satisfacer las necesidades básicas de las personas.

² Generación Eléctrica Distribuida: Esquema donde la energía se genera en el lugar de su consumo. Consultar información en el apartado 2.2 y en el glosario.

Abstract

This research will discuss energy, specifically distributed energy generation (DEG) systems, and their potential to alleviate energy poverty by empowering individuals and users to control their energy generation and consumption. Globally, the report on Sustainable Development Goal 7 (SDG-7) indicated that in 2021, 675 million people lacked access to energy (including electricity), and 2.3 billion cooked their food using dirty or polluting energy sources (International Energy Agency [IEA] *et al.*, 2023). However, Mexico's legislation does not explicitly address the use of these systems to provide electricity access to rural communities far from the power grid. In Mexico, the government officially reported 99.43% electricity service coverage in 2024 (Secretaría de Energía, 2024a). However, neither the current Electricity Sector Law nor its regulations address the adequacy of this coverage, nor do they include figures on energy poverty in the country. This research protocol is aimed at people living in this situation. This research will analyze the feasibility of generating electricity on a small scale (installed capacity less than 500 kW) in a Distributed Electricity Generation (DEG) scheme for low-income rural communities using clean and renewable technology. This analysis will be conducted through an examination of the concepts of energy justice and energy poverty, recently incorporated into the constitution.

Keywords: Electricity, Distributed Electricity Generation (DEG), energy poverty, energy justice, electricity coverage.

Índice

Resumen	2
Índice	4
Índice de abreviaturas	7
Glosario	9
1. Características de la investigación.....	12
1.1 Introducción	12
1.2 Planteamiento del problema.....	15
1.3 Pertinencia de la investigación o justificación.....	17
1.4 Pregunta de investigación	20
1.5 Objetivo general.....	20
1.6 Objetivos específicos o particulares	20
1.7 Delimitación (alcances y limitaciones).....	21
1.8 Organización del documento.....	22
2. Estado del arte	23
2.1 El consumo de energía y su impacto en el medio ambiente.....	23
2.2 El sector eléctrico mexicano y su matriz energética	27
2.3 Aspectos económico-financieros de la energía eléctrica	33
2.4 Características del consumo de energía en las viviendas mexicanas	40
2.5 La generación eléctrica distribuida (GED).....	43
2.6 La GED en las leyes mexicanas	50
2.7 La energía eléctrica como un derecho humano	53

2.8	La pobreza energética	55
2.9	La justicia energética	63
2.10	Marco contextual.....	66
2.11	Contextualización temporal	68
2.12	Contextualización de los casos de estudio	69
2.13	Referentes prácticos	77
3.	Metodología.....	80
3.1	Postura epistemológica.....	80
3.2	Diseño de investigación, metodología y herramientas seleccionadas	80
3.3	Actividades y acciones.....	86
3.4	Definición de categorías de análisis, variables, indicadores	89
3.5	Consideraciones éticas	90
4.	Investigación en campo y resultados	92
4.1	Análisis de la información del trabajo de campo y reporte de resultados de la investigación	92
4.2	Entrevistas a actores del SEN.....	93
4.3	El trabajo de campo en las comunidades caso de estudio	103
4.4	Trabajo de campo en la SENER	125
4.5	Trabajo de campo en la SEDES	135
4.6	Indicador Multidimensional de Pobreza Energética (IMPE).....	138
5.	Conclusiones	144
5.1	Reflexión inicial	144

5.2	Conclusiones respecto a los resultados con actores del sector energético	144
5.3	Conclusiones respecto a los resultados con las comunidades caso de estudio	146
5.4	Conclusiones respecto a los resultados de la matriz energética	149
5.5	Conclusiones respecto al Manual de procedimientos.....	150
5.6	Conclusiones respecto al IMPE	151
5.7	Conclusiones respecto a los resultados como requisitos en políticas públicas.....	152
5.8	Líneas de investigación abiertas	154
5.9	Conclusiones generales.....	154
6.	Referencias	156
Anexo 1.	Oficio INAI.....	162
Anexo 2.	Solicitud de interconexión	164
Anexo 3.	Relación de los objetivos, variables, indicadores y herramientas	165
Anexo 4.	Formatos de recolección de información	166
Anexo 5.	Respuestas a entrevistas	168
Anexo 6.	Cuestionario en Guaquitepec	172
Anexo 7.	Minuta con la UAJ de la SENER	174
Anexo 8.	Minuta visita SENER-Fundación Tosepa.....	177
Anexo 9.	Minuta visita SENER.....	179

Índice de abreviaturas

Ah:	Amper-hora
CAIDI:	Índice de duración promedio de interrupción del cliente
CENACE:	Centro Nacional de Control de Energía
CFE:	Comisión Federal de Electricidad
CONEVAL:	Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social
CPE:	Consumo Primario de Energía
CRE:	Comisión Reguladora de Energía
CONAHCYT:	Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías
FSUE:	Fondo de Servicio Universal Eléctrico
GED:	Generación Eléctrica Distribuida
GEI:	Gases Efecto Invernadero
IDH:	Índice de Desarrollo Humano
INEGI:	Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
IMP:	Instituto Mexicano del Petróleo
IMPE:	Índice Multidimensional de Pobreza Energética
KWh:	Kilowatt hora
KW:	Kilowatt
LIE:	Ley de la Industria eléctrica
LCOE:	Levelized Cost of energy – Costo nivelado de la energía
MW:	Mega watt
ODS:	Objetivo de Desarrollo Sostenible
PIB:	Producto Interno Bruto
RD:	Red de distribución
RNT:	Red Nacional de Transmisión

SAIFI:	Índice de frecuencia promedio de Interrupciones del Sistema
SAIDI:	Índice de duración promedio de interrupciones del sistema
SECIHTI:	Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación
SEN:	Sector Eléctrico Nacional
SENER:	Secretaría de Energía
T-MEC:	Tratado México-Estados Unidos-Canadá
TWh:	Tera watt hora
W:	Watt
Wh:	Watt hora

Glosario

Amper hora: Medida de la capacidad de almacenamiento de una batería.

Baja tensión: Nivel de tensión o diferencia de potencial eléctrico. En México se define para corriente alterna con un valor igual o menor a 440 volts.

Capacidad instalada: Magnitud de la potencia eléctrica de un generador instalado en una red eléctrica.

Comisión Federal de Electricidad: Empresa pública responsable por ley de administrar los generadores y redes eléctricas propiedad del estado y de suministrar energía a todo el país.

Comisión Reguladora de Energía: Dependencia pública que regulaba y promovía el desarrollo eficiente de los rubros siguientes: transporte, almacenamiento, distribución, compresión, licuefacción y regasificación, así como el expendio al público de petróleo, gas natural, gas licuado de petróleo, petrolíferos y petroquímicos. Actualmente fue sustituida por la Comisión Nacional de Energía (CNE).

Centro Nacional de Control de Energía: Es el organismo encargado de ejercer el control operativo del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) y operar el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM). Su misión consiste en el suministro de electricidad confiable y seguro, cuidando el balance entre la generación y el consumo

Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías: Es la institución encargada de promover el avance de la investigación científica, así como la innovación, el desarrollo y la modernización tecnológica del país.

Consumo primario de energía: Monto total de energía consumida de manera directa o transformada en otro tipo de energético.

Costo nivelado de la energía: El costo promedio total de la energía tomando en cuenta los conceptos de construcción y operación de la central o generador eléctrico, dividido entre la energía total a ser generada durante su vida útil.

Gases efecto invernadero: Son los que retienen y aumentan el calor en la atmósfera por su capacidad de absorción de la radiación infrarroja solar.

Generación eléctrica distribuida: Es el esquema de generación y consumo de energía, donde la planta generadora se encuentra en la misma red de baja tensión, muy cerca o en el lugar donde esta se consume. En México son plantas a “pequeña escala” con una capacidad instalada menor a 500 kW.

Generador exento: Propietario de una o varias centrales eléctricas, con generación menor a 0.5 MW, que no requiere permiso de la Comisión Reguladora de Energía para generar energía eléctrica, en términos de la Ley de la Industria Eléctrica.

Índice de desarrollo humano: Indicador que evalúa el progreso de tres dimensiones básicas del desarrollo humano: una vida larga y saludable; el acceso al conocimiento, y un nivel de vida digno.

Instituto Mexicano del Petróleo: Centro Público de Investigación, desarrollo de los procesos de exploración, extracción en el sector hidrocarburos y la capacitación especializada del sector.

Índice multidimensional de pobreza energética. Es una forma de medición que reconoce la pobreza energética como un fenómeno con diversas causas y dimensiones.

Mega watt: 1 millón (10^6) de watts de potencia.

Producto interno bruto (PIB): También llamado producto interior bruto, es la medida estándar del valor agregado creado mediante la producción de bienes y servicios en un país durante un periodo determinado.

Red de baja tensión: Circuitos o instalación eléctrica con voltaje menor a 500 volts.

Red de distribución: Circuitos eléctricos que reparten, “distribuyen”, la energía en niveles de baja o media tensión.

Red Nacional de Transmisión: Circuitos eléctricos que llevan, “transmiten”, la energía de una región del país a otra en niveles de alta tensión.

Sector Eléctrico Nacional: Infraestructura conformada por centrales generadoras eléctricas, la Red Nacional de Transmisión (RNT) y las Redes Generales de Distribución (RGD), encargadas de generar, transportar y distribuir la electricidad en México.

Secretaría de Ciencia, Humanidades, tecnología e Innovación: Responsable de la política nacional para el avance del conocimiento en todos los campos del saber, desarrollar proyectos en áreas estratégicas y prioritarias para el país.

SENER (Secretaría de Energía): Forma parte del Poder Ejecutivo. Sus funciones son establecer, coordinar y supervisar el cumplimiento de la política energética del país.

Tera watt hora: un billón (10^{12}) de watts hora.

Tratado México-Estados Unidos-Canadá: Versión actual (firmada en 2018) que actualiza el original tratado TLCAN.

Watt: Unidad básica de potencia. Equivalente a un joule por segundo ($1^J/s$).

Watt hora: Unidad básica de consumo de energía. Equivalente a 1 watt de potencia utilizado durante una hora.

1. Características de la investigación

1.1 Introducción

El 6 de noviembre de 2024 el Gobierno federal presentó las líneas generales de su estrategia nacional del sector eléctrico (Gobierno de México, 2024), y por primera vez, en el eje número 2 – “Justicia energética”–, se planteó incrementar la cobertura eléctrica, indicando explícitamente, entre otros, un programa puntual para la instalación de paneles fotovoltaicos por parte del gobierno en Mexicali. Sin embargo, la cobertura eléctrica no garantiza la suficiencia energética de las personas en sus viviendas, porque no solo se usa energía eléctrica en las mismas y porque no se toma en cuenta la calidad de la energía eléctrica suministrada. Para que estrategias o programas de gobierno sean más justos energéticamente hablando y se dirijan a quien realmente los necesita, en las leyes que reformaron en la legislación del sector energético aprobadas el 18 de marzo de 2025 ya se plasmó el concepto de *justicia energética*, cuya definición establece la reducción de la pobreza energética que también está definida en la ley. Sin embargo, no indica cómo medirla, lo que es necesario para determinar los sectores de la población más necesitados de contar con o mejorar su capacidad de acceso a cualquier tipo de energía y a la energía eléctrica, esta última relacionada directamente con derechos humanos, como el acceso a internet, y con carencias sociales como la falta de luz artificial.

La generación eléctrica distribuida o GED,³ en las poblaciones urbanas permite, dependiendo el tipo de sistema instalado, reducir el precio que se paga por el suministro de la energía eléctrica, contar con suministro constante cuando la red de suministro falla y mejorar la calidad de la energía consumida. No obstante, en México el uso de esta tecnología no se usa

³ Generación Eléctrica Distribuida (GED): Es el esquema de generación y consumo de energía, donde la planta generadora se encuentra en la misma red de baja tensión, muy cerca o en el lugar donde esta se consume.

como herramienta de electrificación por el Gobierno federal. Ni siquiera existen programas en las leyes o reglamentos del sector eléctrico para el suministro de electricidad a las comunidades rurales que no cuentan con redes de suministro eléctrico o para mejorar la cantidad y calidad del acceso respecto a la red centralizada controlada por el Gobierno a través de la Comisión Federal de Electricidad (CFE). En esta tesis se investigarán y documentarán los factores que impiden el uso de la GED.

Los equipos de GED tienen una ventaja respecto a los equipos que generan energía térmica por su capacidad de conversión a otros tipos de energía (calórica, mecánica, lumínica, etcétera), lo que permite su uso en todas las actividades de los hogares. Además, estos equipos pueden operar con recursos energéticos limpios como agua, aire o sol, con emisiones cero de gases de efecto invernadero (GEI)⁴ en el lugar donde se genera la energía. Son una herramienta para mitigar el exceso de estas emisiones a la atmósfera, fuente de la crisis climática actual.

Otro aspecto que hace necesario el uso de sistemas de GED es la confiabilidad del suministro a través de las redes tradicionales de suministro de energía eléctrica. Las cada vez más recurrentes ondas de calor han puesto en evidencia la fragilidad de las redes centralizadas (Egan, 2023), lo que se ha traducido en cada vez más recurrentes apagones programados por el incremento de consumo eléctrico (Rodríguez Mega y Yoon, 2024). En la medida en que los fenómenos climáticos sean más extremos se requerirá tener fuentes de energía accesibles y confiables para mejorar el nivel de resiliencia ante estos. Frente a esta situación, la generación de energía eléctrica a través de esquemas de GED se vuelve una solución para garantizar la estabilidad en el abasto de este tipo de energía.

Para que la cobertura del servicio eléctrico medida de manera oficial se complemente con más información que hable respecto a las características o carencias energéticas en las viviendas, es necesario incorporar en la Ley del sector eléctrico (LSE) un índice de pobreza o

⁴ GEI: Gases de Efecto Invernadero

suficiencia energética que le dé mayor soporte a la definición de pobreza energética establecida en esta, que permita contar con líneas base de consumos energéticos y que sirva como un indicador para el desarrollo del sector eléctrico que mejore la cobertura eléctrica y su suficiencia.

En México, la GED ha tenido su desarrollo principalmente desde el sector privado y en pequeña escala⁵ (menor a 700 kW), principalmente con tecnología solar fotovoltaica. La capacidad instalada de este tipo de sistemas es pequeña en comparación con la de otros esquemas de generación. En 2023 la capacidad instalada de sistemas de GED fue de 2,630 mega watts (MW) (Comisión Reguladora de Energía [CRE], 2023), equivalente a 2.84 % respecto a la capacidad total instalada en el país de 92,503 MW; además, la mayor parte de la capacidad instalada de equipos de GED se concentra en 10 estados, los cuales tienen 66.25 % del total de la capacidad instalada.

Tabla 1

Los 10 estados con más capacidad instalada de GED

Estado	Capacidad instalada (MW)
Jalisco	407.08
Nuevo León	282.18
Chihuahua	176.58
Guanajuato	156.95
Estado de México	150.29
Ciudad de México	126.59
Michoacán	115.3
Sonora	110.63
Yucatán	108.46
Coahuila	108.38
Suma	1,742.44

Nota. Elaboración propia con base en CRE (2023).

⁵ Antes de la reforma publicada en 2025, el límite de generación para la GED era de 500kW. A partir de la reforma del pasado 18 de marzo es con base en 700 kW de potencia instalada.

1.2 Planteamiento del problema

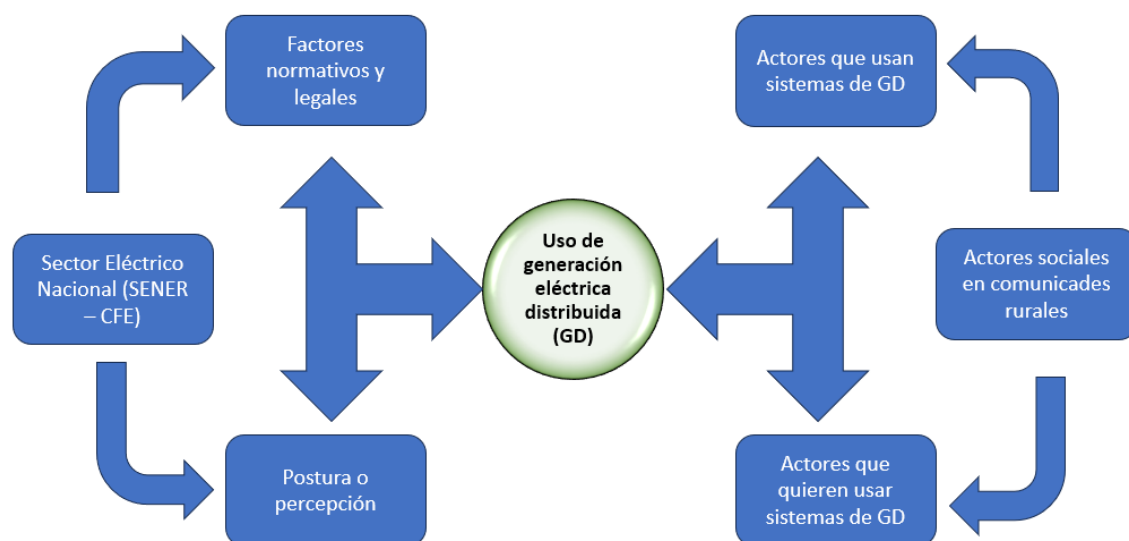
En México, la generación eléctrica distribuida tiene todos los elementos para ser una herramienta para el desarrollo de las personas en comunidades rurales en condiciones de pobreza energética; sin embargo no está sucediendo. Estas comunidades tienen circuitos de distribución con incidencia de fallas mayor que en las comunidades urbanas, por su longitud y porque la respuesta de CFE es más lenta que en las zonas urbanas, donde tienen sus oficinas.

El uso de la energía eléctrica representa 30 % del consumo de energía de las viviendas, cuyo uso no se puede sustituir con otro tipo de energético como el caso de los teléfonos celulares o el acceso a internet, por lo que el uso de la GED con un adecuado diseño o dimensionamiento ayuda a disminuir el número de fallas en el servicio eléctrico y fomenta la transición al uso de esta energía en actividades o usos finales donde regularmente se usa gas o leña. Esta transición dependerá de las costumbres de las personas en el uso de la energía y de que le encuentren sentido económico y cultural.

Para atender esta situación, se requiere analizar el problema desde diferentes dimensiones o enfoques, por lo que la presente investigación se enfocará en dos específicos, con base en trabajo de campo que se realizará con actores clave. Por un lado, se documentará cuál es la postura o percepción de los diferentes actores involucrados en el sector eléctrico nacional (CFE y SENER, principalmente) respecto al uso de la GED y lo que indica el marco legal mexicano vigente. Por otro lado, se documentará qué condiciones existen o faltan en las comunidades rurales para el uso de esta tecnología, con actores sociales del medio rural que usan o quieren usar este tipo de tecnología (Figura 1).

Figura 1

Diagrama heurístico. Percepción de actores



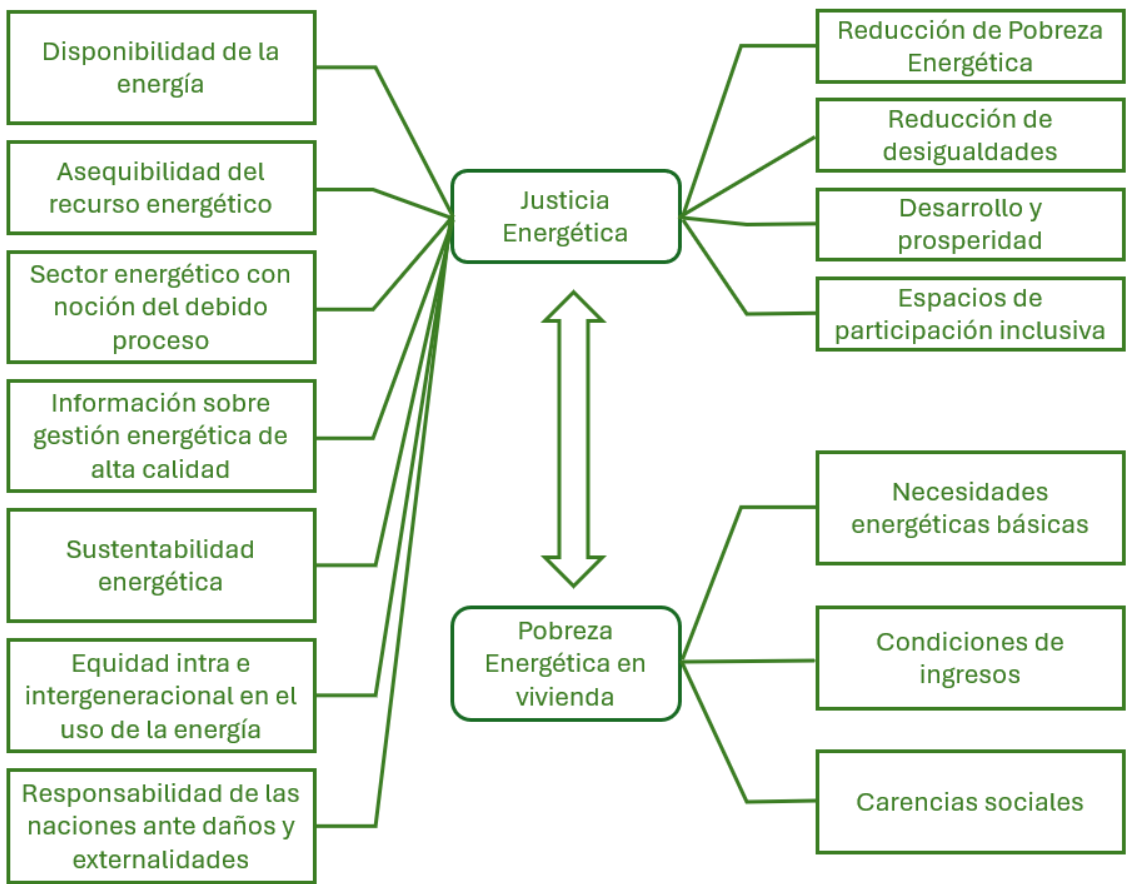
Nota. Elaboración propia.

Este análisis se reforzará de manera transversal desde la definición de los conceptos *pobreza energética* y *justicia energética*, retomados e incluidos recientemente en las reformas a la LSE, promovidas por el Gobierno federal que está en funciones desde el 2024 (Figura 2). El concepto de *justicia energética* fue tomado de Benjamín Sovacool (Sovacool y Dworkin, 2014).

Lo propuesto anteriormente permitirá ubicar de manera más integral cuáles son las causas que impiden el uso de la GED como política social para mejorar la cobertura y el acceso a la energía eléctrica necesaria para cada persona.

Figura 2

Diagrama heurístico. Conceptos de análisis transversal



Nota. Elaboración propia con base en Sovacool y Dworkin (2014), y Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos (2024).

1.3 Pertinencia de la investigación o justificación

Esta investigación buscar ser una aportación adicional a las soluciones planteadas en la LSE, con énfasis en comunidades rurales y en un escenario nacional que ya plantea mejorar las condiciones de acceso y la calidad de la energía eléctrica para toda la población, preferentemente a través del uso de tecnologías limpias y renovables.

1.3.1 La energía, la GED y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

A nivel mundial, los países miembros de la ONU han definido estrategias para contar con un mundo más sustentable y se comprometieron al cumplimiento de Objetivos de Desarrollo sostenible. El número 7 de estos objetivos plantea las características requeridas para la generación, acceso y consumo de cualquier tipo de energía.

1.3.1.1 ODS 7

Este objetivo busca garantizar a nivel mundial el acceso y uso de energía asequible, segura, sostenible (limpia) y moderna. A partir de este, cada país establece las leyes, políticas, planes de desarrollo y las actividades que crea necesarias para darle cumplimiento en el contexto de sus posibilidades. Los compromisos establecidos por México para el ODS 7 con meta al 2030 son los siguientes (Naciones Unidas, s. f.):

- 7.1 Garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.
- 7.2 Aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.
- 7.3 Duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.
 - 7.3a De aquí a 2030, aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias.
 - 7.3b De aquí a 2030, ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo.

La GED es una de las herramientas que ayudan a que en México contemos con energía asequible u no contaminante (ODS 7) y también ayuda al cumplimiento de otros ODS, como por ejemplo, tener agua limpia en la vivienda (ODS 6) o contar con salud y bienestar, porque facilita tener temperaturas confortables en la vivienda, refrigerar alimentos para conservarlos en condiciones de consumo por más tiempo o contar con agua caliente para el aseo, sobre todo en climas extremos.

En la página de ONU México (Naciones Unidas México, s. f.) se observa que del presupuesto, que parece simbólico, asignado para cumplimiento del ODS 7 a nivel nacional, el cual es de \$98,500 USD, solo se ha ejercido 0.05 %.

Figura 3

Asignación de recursos ONU para el ODS7 en México en 2024



Nota. Naciones Unidas México, s. f.

Aunque sí existen en el país proyectos para generar energía eléctrica a “gran escala” con capacidades instaladas mayores a 500 kW, esto no se refleja dentro de los compromisos ante la ONU, porque no están directamente diseñados para abastecer a comunidades vulnerables como

se espera en el ODS 7. A pesar de que en este sexenio el Gobierno federal ya toma en cuenta conceptos del ODS 7 en las leyes aprobadas, no hay presupuesto asignado para 2025.

1.4 Pregunta de investigación

¿Por qué en México la Generación Eléctrica Distribuida (GED) no es un instrumento de desarrollo para que las personas de comunidades rurales salgan de la pobreza energética?

1.5 Objetivo general

- Identificar cuáles son los factores que impiden el uso de sistemas de GED como instrumento de desarrollo en comunidades rurales con pobreza energética.
- Ofrecer los resultados de la investigación como elementos para el futuro diseño de políticas públicas.

1.6 Objetivos específicos o particulares

- A. Identificar desde actores del sector energético (SENER, CFE) los factores que impiden o que deberían facilitar que la GED llegue a comunidades con pobreza energética.
- B. Identificar factores que impiden o deberían facilitar el uso de GED en comunidades caso de estudio.
- C. Establecer la matriz energética de las personas en las comunidades caso de estudio.
- D. Diseñar un manual de procedimientos para el uso de sistemas de GED que sirva como guía para futuros proyectos, con base en los hallazgos encontrados en la investigación.
- E. Diseñar un indicador multidimensional de pobreza energética (IMPE).

- F. Establecer cuáles resultados de esta investigación pueden servir como requisitos o se pueden convertir en una política pública.

1.7 Delimitación (alcances y limitaciones)

Esta investigación está diseñada para el estudio en comunidades rurales⁶ en México. La población objetivo es de 26,753.137 habitantes, establecidos en 184,521 comunidades rurales, con base en datos del último censo del INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía) en 2020.

La investigación se llevará a cabo a partir de trabajo de campo en comunidades rurales del país en dos ubicaciones distintas, que llevan a cabo actividades productivas distintas, con raíces indígenas y cosmovisiones diferentes entre sí. La primera se ubica en la zona nororiental del estado de Puebla (Fundación Tosepan, A. C.), y la segunda, en el extremo sureste del municipio de Chilón, Chiapas (Bachillerato Bivalente Bartolomé de las Casas).

En esta investigación se revisará la política pública vigente y se realizarán propuestas para el diseño de leyes secundarias a nivel federal en los conceptos de *justicia* y *pobreza energética*.

En el caso específico de la fundación Tosepan, se apoyará a las comunidades con la instalación de dos sistemas de generación eléctrica distribuida con almacenamiento con tecnología solar fotovoltaica y con la formación de una cooperativa de energía.

El IMPE que se elaborará y el manual de procedimientos, por diseño, servirán para replicar futuras experiencias en cualquier otra comunidad rural, en cualquier otra región en México.

⁶ Comunidad con menos de 2,500 habitantes.

1.8 Organización del documento

A partir de este capítulo introductorio, la tesis tendrá la siguiente estructura:

- El capítulo 2 desarrollará el estado del arte con información de los conceptos utilizados en la investigación y su relación con la GED y su uso en comunidades rurales. Se hará una descripción las comunidades seleccionadas como caso de estudio.
- En el capítulo 3 se explicará y documentará a detalle el desarrollo de la investigación con el desglose de los métodos y herramientas utilizadas para cada uno de los objetivos propuestos, los cálculos necesarios y los cronogramas de ejecución de cada etapa de las actividades a desarrollar.
- En el capítulo 4 se podrán consultar los resultados obtenidos del trabajo de campo y alrededor de los sistemas de GED instalados.
- En el capítulo 5 se enunciará el cierre de la investigación y se podrán consultar las conclusiones derivadas de los resultados obtenidos, las limitaciones que se tuvieron al final de la investigación y las posibles líneas de investigación a partir de esta tesis.

2. Estado del arte

El abordaje de esta investigación, como se propuso en los diagramas heurísticos de Figuras 1 y 2, requiere la revisión y descripción del estado actual de las cosas o del estado del arte abordando diferentes conceptos relacionados con el objeto y el sujeto de investigación. En este capítulo se abordarán contextos y conceptos necesarios para entender la situación actual de la generación eléctrica distribuida y su uso en México. De manera inicial, se detalla la relación de la energía eléctrica con el medio ambiente; después se lleva a cabo una revisión del costo y precio de la energía.

Una vez descrito el contexto de la energía eléctrica vista desde los conceptos o dimensiones mencionados, se darán detalles de los aspectos técnicos de la GED para generar energía eléctrica y el marco legal para su uso en México. Después, se hará una revisión del suministro y uso de la energía desde los conceptos de *justicia energética* y *pobreza energética*, detallando las características de ambos.

Por último, se ubicará el marco contextual, donde se desarrolla la investigación, explicando las características de los casos de estudio seleccionados, y se enumerarán referentes prácticos en el uso de la GED en comunidades rurales.

2.1 El consumo de energía y su impacto en el medio ambiente

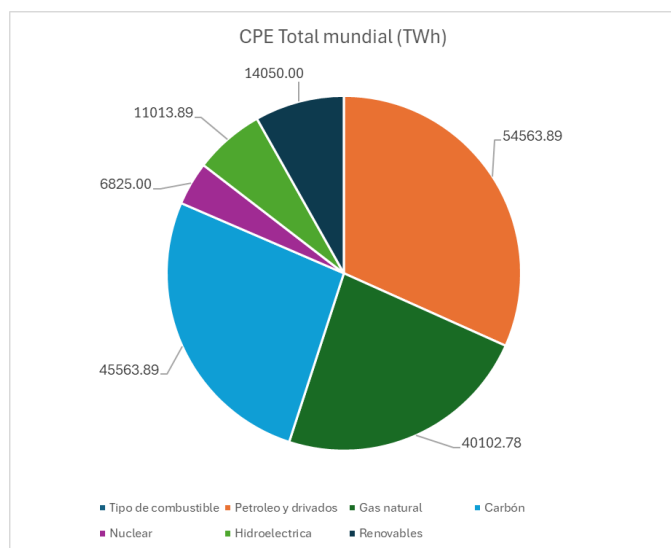
Para entender el impacto de las diferentes fuentes de energía en el medio ambiente es necesario conocer las diferentes fuentes desde las que se realiza su consumo (matriz energética) y la cantidad de emisiones de GEI que ocasiona su proceso de generación y consumo.

2.1.1 Matriz energética mundial

El consumo de energía mundial para todas las actividades humanas es una de las causas de la crisis climática actual. La matriz energética mundial de 2023 mostró que el consumo primario de energía (CPE) por tipo de combustible es básicamente contaminante.

Figura 4

Consumo primario de energía (CPE) en 2020 por tipo de combustible



Nota. Elaboración propia con base en International Energy Agency [IEA] (2023).

En la Figura 4 se puede observar que 81.47 % del total de energía consumida (140,230 TWh⁷) proviene de hidrocarburos y que el resto de la energía consumida proviene de fuentes de energía menos contaminantes o definidas como limpias, dependiendo de la clasificación o legislación de cada país.

La cantidad de energía mencionada ese año (IEA, 2023) tuvo como consecuencia la emisión a la atmósfera de gases efecto invernadero (GEI) por un monto total de 35,129.80 millones de toneladas de CO₂. Para dimensionar ese número, se necesitarían 836 millones de camiones de 5 ejes con capacidad de 42 toneladas para transportar ese peso.

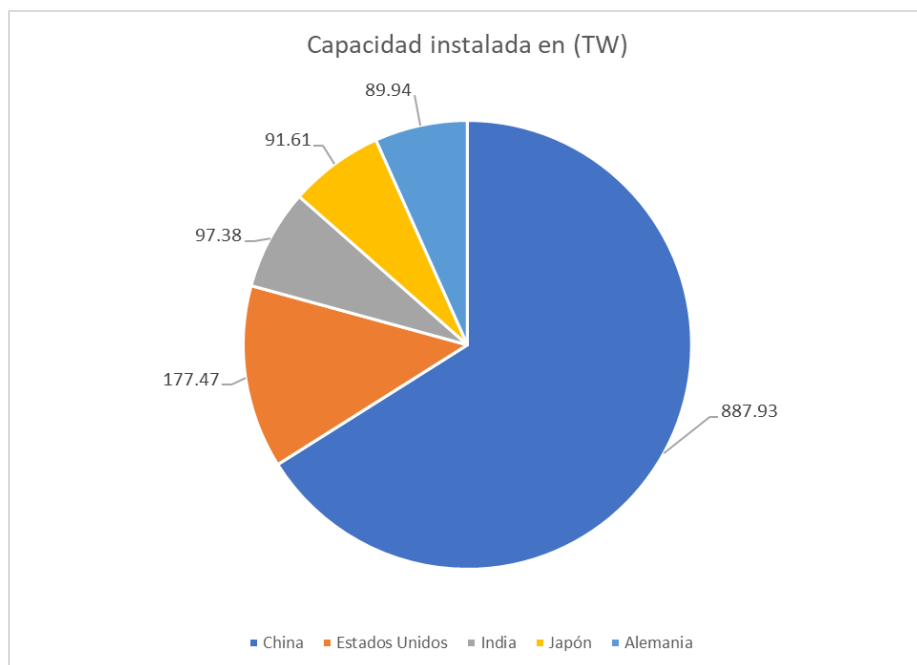
⁷ TWh: tera watt hora

2.1.2 Matriz energética mundial con tecnologías limpias

La Agencia Internacional de Energía Renovable (IRENA, por sus siglas en inglés) reportó que en 2024 los países líderes en la generación de energía eléctrica usando fuentes limpias fueron los siguientes:

Figura 5

Capacidad instalada de plantas solares (térmica y fotovoltaica) en 2024

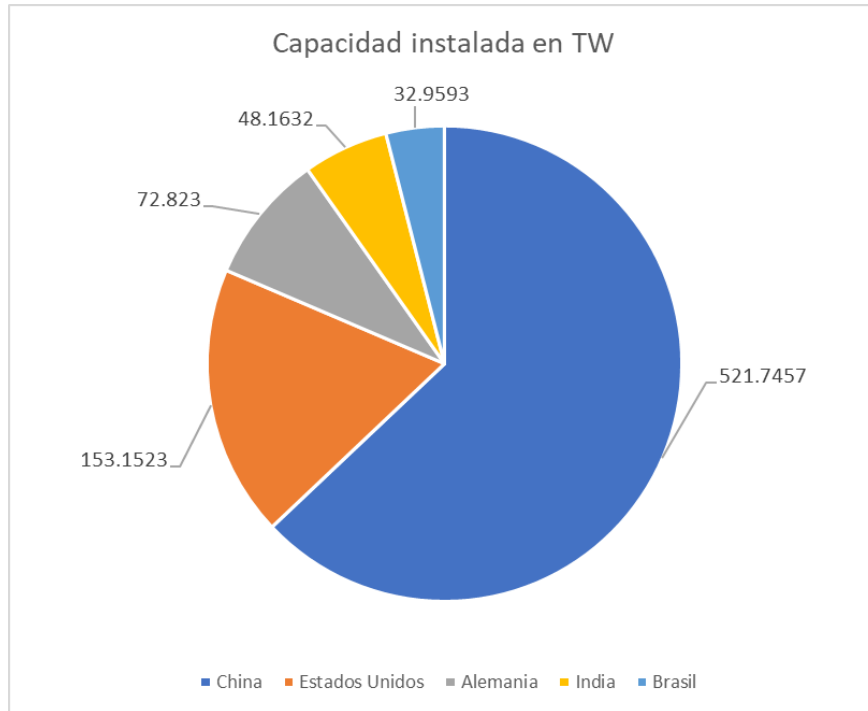


Nota. Elaboración propia con base en IRENA Data Centre (2024).

De los cinco países líderes mencionados en la Figura 5, China tuvo más de la mitad de la capacidad instalada con 66.05 % (887.93 TW), seguido por Estados Unidos con 13.20 % (177.47 TW).

Figura 6

Capacidad instalada de energía eólica (en tierra y en mar) en 2024

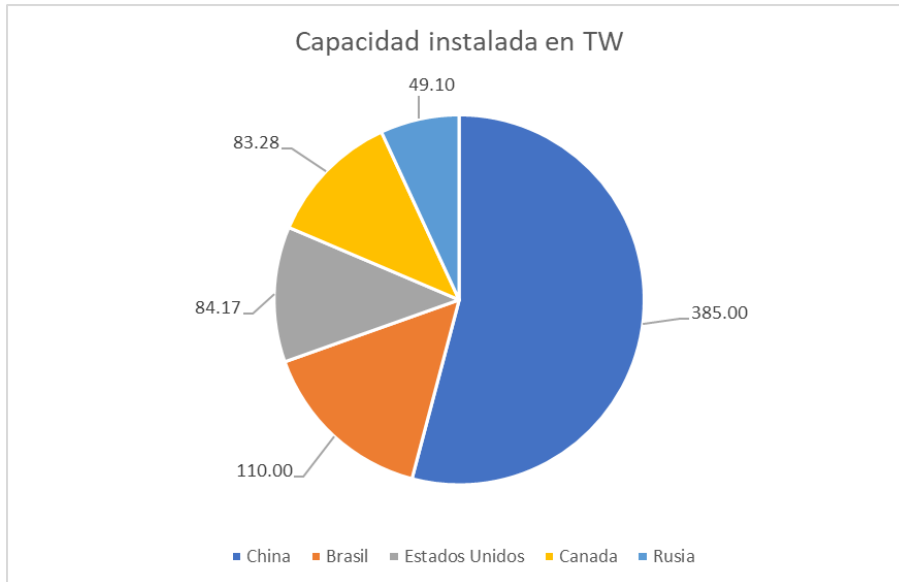


Nota. Elaboración propia con base en IRENA Data Centre (2024).

De manera similar que en el caso de la energía solar fotovoltaica y térmica, los cinco países líderes fueron un sudamericano, dos asiáticos y dos europeos; fueron los principales usuarios de esa tecnología para la generación de energía eléctrica eólica.

Figura 7

Capacidad instalada de plantas hidroeléctricas hidroeléctrica en 2024



Nota. Elaboración propia con base en IRENA Data Centre (2024).

Como se puede observar en la Figura 7, China y Estados Unidos aparecen como líderes en las tres tecnologías de generación limpia, pero paradójicamente también son los países responsables de 40.23 % de las emisiones GEI a nivel mundial (Crippa *et al.*, 2025), ya que sus matrices energéticas primarias siguen siendo principalmente contaminantes.

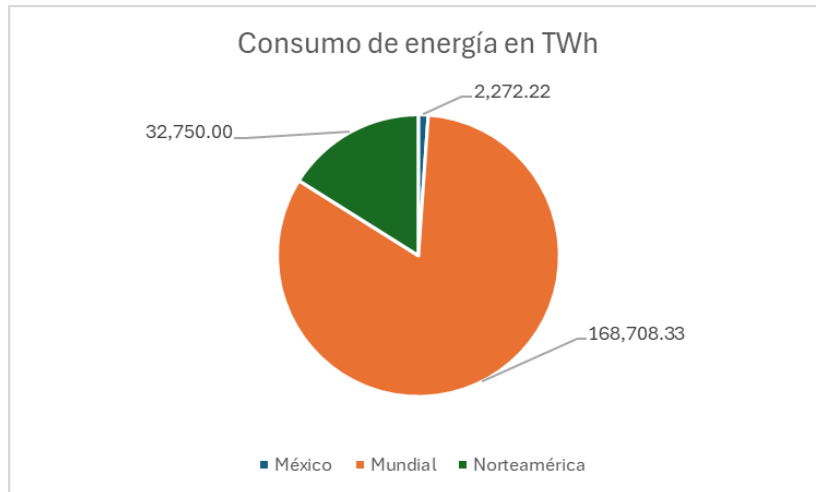
Es importante mencionar que el reporte de la IRENA no hace distinción sobre si la capacidad instalada es interconectada a las redes centralizadas de energía eléctrica de cada país, en un esquema de generación eléctrica distribuida o la suma de ambos tipos de generadores. Al término de esta investigación no se encontró ningún reporte a nivel mundial que especifique esta diferencia.

2.2 El sector eléctrico mexicano y su matriz energética

México consumió en 2024 2,272.22 TWh, equivalente a 1.35 % del consumo total mundial y 6.94 % del consumo de Norteamérica (Figura 8)

Figura 8

Consumo de energía eléctrica en México respecto a Norteamérica y al mundo



Nota. Elaboración propia con base en IEA (2024).

México aporta 1.5 % de las emisiones de GEI totales (IEA, 2024) con 489.9 millones de toneladas de CO₂, siendo uno de los países que suscribieron en 1992 los compromisos del Convenio Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).⁸ Sin embargo, hasta 2008 se generó la primera versión de la Estrategia Nacional de Transición Energética (ENTEASE), y a partir de ese momento, el país inicia un proceso de transición energética. Este proceso se inició con una agenda alineada a las políticas energéticas de Estados Unidos, cuyos intereses no responden a las necesidades requeridas para lograr una descarbonización profunda y llegar a la meta de un incremento de temperatura del planeta menor a 1.5° C en promedio para

⁸ El objetivo de la CMNUCC es estabilizar las emisiones de GEI y mitigar el cambio climático ocasionado por causas antropogénicas.

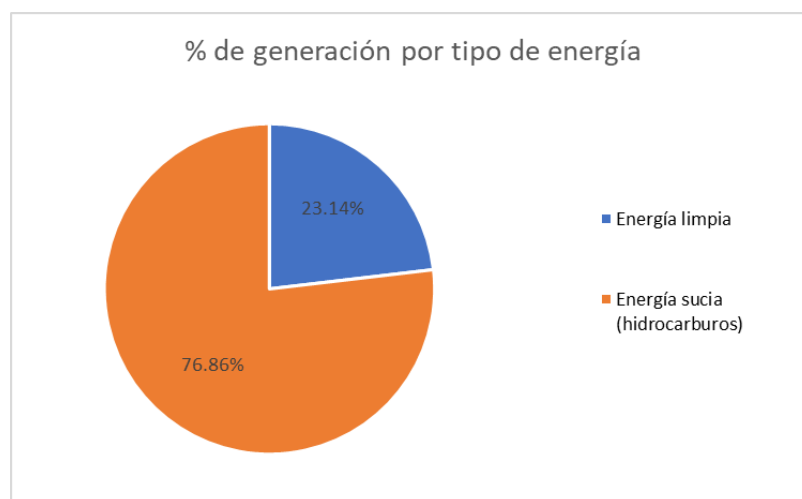
2050, como se acordó en el Acuerdo de París (Torres y Graizbord, 2023), porque privilegia el uso de combustibles fósiles como el gas natural comprado a Estados Unidos.

Por la tanto, el sector eléctrico mexicano depende el gas natural como fuente principal para la generación de energía eléctrica en el país, ya que 57.2 % de la electricidad (Figura 8) se genera a partir de él. Durante 2019 el sector eléctrico fue el principal emisor de GEI del país (Gobierno de México [GobMéx] *et al.*, 2022), con 23.3 % de total de las emisiones.

En México y durante 2023, el consumo de energía eléctrica de los usuarios conectados en el Sector Eléctrico Nacional (SEN) fue de 298,599 gigawatts-hora (GWh), con base en lo reportado por el PRODESEN 2024-2038 (Secretaría de Energía [SENER], 2024b). De esta, 76.86 % se generó con tecnologías con base en hidrocarburos, con una combinación de gas natural más otro tipo de hidrocarburos, y solo 23.14 % con tecnologías consideradas como limpias. La matriz por tipo de combustible del sector eléctrico mexicano se comporta como lo indica la Figura 9.

Figura 9

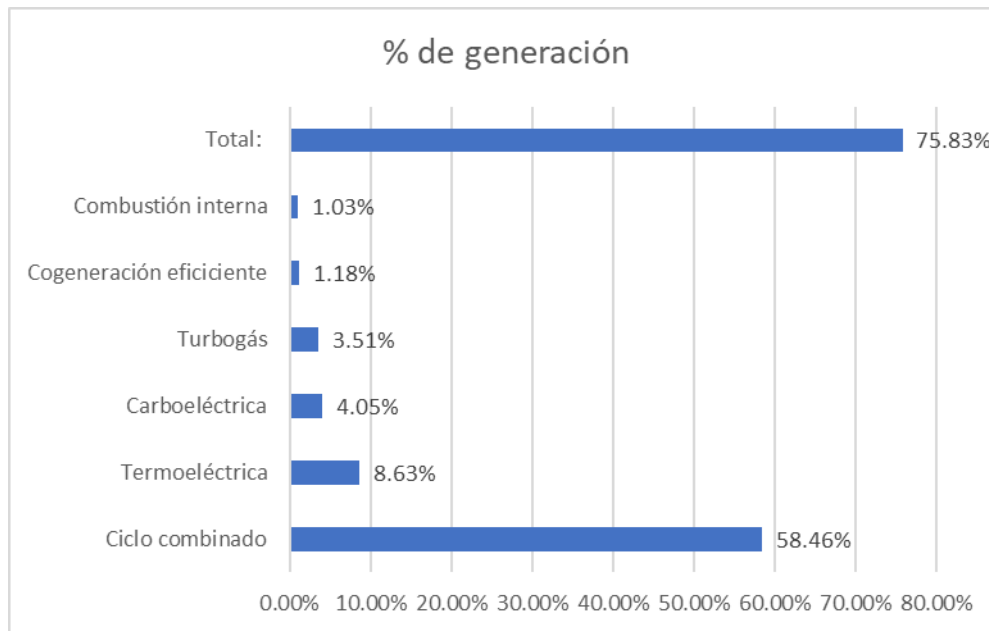
Energía eléctrica limpia y sucia consumida en México en 2023



Nota. Elaboración propia con base en SENER (2024b).

Figura 10

Porcentaje de energía eléctrica sucia en México en 2023



Nota. Elaboración propia con base en SENER (2024b).

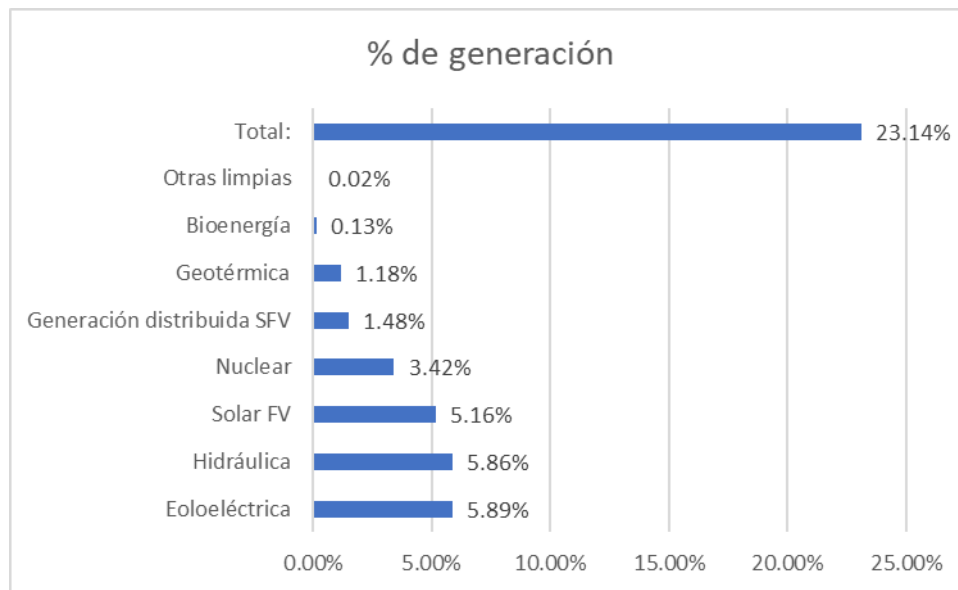
En la Figura 10 se reflejan los diferentes tipos de tecnología usada con combustibles, que representan 75.83 %. La mayor generación es con tecnología de ciclo combinado,⁹ que utilizan gas natural para su operación, la cual es 58.46 % del total generado.

Es importante mencionar que las tecnologías limpias son las que no emiten GEI a la atmósfera en su proceso de generación de energía eléctrica; las tecnologías sucias son aquellas que al utilizar hidrocarburos, sí emiten GEI. Ambas tecnologías emiten GEI en el proceso de extracción de los materiales necesarios en la fabricación de sus componentes y durante la cadena de transporte de los materiales para su fabricación y de los equipos para su instalación.

⁹ El ciclo combinado es una tecnología para generar energía eléctrica, el cual utiliza en la primera etapa gas natural para mover una turbina, y en una segunda, utiliza el calor de sus gases residuales de escape en una caldera para mover una turbina de vapor.

Figura 11

Porcentaje de energía eléctrica limpia en México en 2023



Nota. Elaboración propia con base en SENER (2024b).

En la Figura 11 se muestra que la generación de energía eléctrica limpia en el país se realiza con generadores basados en tres tecnologías: solar fotovoltaica, hidráulica y eólica. En un cuarto lugar está la nuclear, que la legislación mexicana define como limpia a pesar de sus residuos altamente radiactivos.

Con base en esta combinación de tecnologías, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) genera un reporte de emisiones de GEI indicando un factor para calcular qué tan contaminante es el proceso de generación de la energía eléctrica utilizada en el país. En el reporte de 2024 (SEMARNAT, 2025) se determinó que por cada mega watt hora (MWh) de energía generada se emiten a la atmósfera 0.444 tCO₂ equivalente.

México tiene documentado el consumo eléctrico por usuario final o por sector definido operativamente. Los sectores son los siguientes:

Tabla 2*Usuario final o sector definido por CFE*

Sector	Tarifa	Definición	Tipo de tensión (voltaje)	Valor de la tensión (volts)
Doméstico	1, 1A, 1B, 1C, 1D, 1F y DAC	Servicios que distinguen la energía para uso exclusivamente doméstico	Baja tensión	127/220
Comercio y pequeña industria	PDBT y GDBT	Servicios que distinguen la energía en baja tensión, con demanda hasta de 25 kilowatts	Baja tensión	127/220
Riego agrícola	RABT y RAMT	Servicios en baja tensión que destinen la energía para el bombeo de agua utilizada en el riego de tierras dedicadas al cultivo de productos agrícolas	Baja y media tensión	220/13,000 y hasta 34,500
Grandes comercios en industria mediana	GDMTO y GDMTH	Servicios con suministro de energía en media tensión, con demanda menor a 100 kW	Media tensión	13,000 y hasta 34,500
Gran industria	DIST y DIT	Servicios que destinen la energía suministrada en alta tensión, nivel subtransmisión	Alta tensión	Mayor a 35,000

Nota. Elaboración propia con base en CFE Distribución (s. f.).

Relacionando estos usuarios o sectores, su consumo de energía eléctrica y el factor de emisiones GEI reportado por la Comisión Reguladora de Energía (CRE), se obtiene la cantidad de CO₂ equivalente arrojado a la atmósfera al año. Durante 2022 la emisión de GEI fue de poco más de 14,000 millones de toneladas de CO₂ equivalente.

Tabla 3*Emisiones de GEI por sector en México en 2024*

Sector	Consumo (GWh)	Porcentaje	Emisiones GEI (tCO₂ eq)
Residencial	78,532	26.30	34'868,002
Comercial	17,319	5.80	7'689,521

Servicios	4,180	1.40	1'856,091
Agrícola	16,124	5.40	7'159,210
Empresa mediana	111,676	37.40	49'584,156
Gran industria	70,768	23.70	31'420,976
Total	298,599	1.00	132'577,956

Nota. Elaboración propia con base en SENER (2024b).

Los sectores que más emisiones generan son el residencial, empresa mediana y gran industria. La investigación se enfoca solo en el definido como residencial en un entorno rural y con algún nivel de pobreza energética. Los dos últimos no son parte de la investigación porque tienen acceso a toda la energía que requieren, tienen recursos suficientes para acceder a los sistemas de GED, ya cuentan financiamiento y políticas fiscales para que sea más atractiva la instalación de estos equipos.

La investigación en curso plantea incrementar el consumo energético en el sector residencial en comunidades rurales, sin incrementar las emisiones de GEI durante el proceso de generación de esta.

2.3 Aspectos económico-financieros de la energía eléctrica

2.3.1 El costo de la energía en México

Para que un proyecto de inversión o política pública sea viable debe ser, entre otras características, rentable financieramente hablando. La rentabilidad es una manera de medir los beneficios que obtendrá una persona al desarrollar un proyecto o medir los beneficios de un activo. De manera general, los sistemas de GED son activos que se instalan y generan beneficios. Previo al uso comercial de sistemas de GED con tecnologías limpias, el método más rentable de llevar energía fue a través de las redes de transmisión y distribución centralizadas. Los sistemas de GED, por su alto costo, se usaban solo en industrias donde la rentabilidad de los equipos era

razonable al comparar la inversión de compra y operación en relación con el pago del servicio eléctrico a CFE.

En esta investigación y para poder establecer financieramente qué tan rentable son los sistemas de GED desde la óptica de la SENER y de la CFE, se propuso una base de comparación entre el costo de la energía eléctrica generada y suministrada a través de RNT y la generada en el punto de consumo de un sistema de GED. El costo en el primer caso es difícil de determinar, lo que genera debates respecto a cuál de las dos estrategias de electrificación es más rentable.

La respuesta parece clara al comparar el costo de la energía solar y eólica utilizadas en la GED que no requieren su traslado a través de grandes distancias para su uso y con el costo cero de la fuente energética, en relación con la energía eléctrica que circula en la RNT, donde se tiene un costo por los hidrocarburos utilizados para la generación. Si embargo, el análisis se complica al incluir los costos de otras variables como

- I. La adquisición de los equipos generadores.
- II. La operación y mantenimiento de los equipos generadores.
- III. La instalación y mantenimiento de los circuitos y protecciones necesarias para el transporte de la energía.
- IV. Los sistemas o redes que suministran la energía como respaldo cuando las energías limpias dejan de generar por su intermitencia.

Buscando determinar de manera inicial el costo de la energía y como parte de esta investigación, el 23 de septiembre de 2023 se preguntó a través del Instituto Nacional de Acceso a la Información (INAI) cómo calcular el costo de la energía en estos términos:

Como parte de una investigación de posgrado en el Instituto de Estudios Superiores de Occidente (ITESO), requiero conocer el método o procedimiento para el cálculo del COSTO de la energía eléctrica que se suministra a las casas habitación en el país, tomando en cuenta los costos de generación, transmisión, distribución, medición,

comercialización y todos los demás conceptos incluidos en el método o procedimiento de cálculo.

La petición se hizo a la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y a la CFE. La respuesta la dio CFE a través del oficio con número de referencia UT/SISAI/3524/3, y fue la siguiente:

[...] El método o procedimiento para el cálculo del costo de la energía eléctrica (sin hacer distinción al que consumen las casas habitación) es una combinación de los resultados de diversos mercados (los cuales a su vez reflejan condiciones externas, como lo son los precios de combustibles, disponibilidad de elementos para generar y transmitir energía, entre otros) [...].

Dentro de los Manuales de Mercado, los más relevantes para el entendimiento de la determinación de los costos de generación son los siguientes: [...]

El oficio enumera 12 manuales de diferentes áreas o empresas de CFE que hay que leer, entender y relacionar. La respuesta es consistente con las entrevistas realizadas, con el hecho de que no se pudo encontrar a ninguna persona, metodología, procedimiento en la CFE o durante las estancias de trabajo en la SENER que pueda determinar a partir del análisis de cada uno de los costos en cada una de las etapas de la RNT, como la generación, transmisión y la distribución. La información esta segmentada por área o empresa y no hay ningún ejercicio que indique como relacionarlos. El oficio con el detalle de la respuesta del INAI se puede consultar en el [Anexo 1](#) de esta tesis.

Otra variable que hace más complicado este cálculo es que se debe tomar en cuenta que el costo final de la energía se compone de cada uno de los costos de las nueve empresas en las que separó CFE con la reforma que entró en vigor en 2017 (actualmente con la reforma del 2024

son áreas de la misma empresa) y que forman parte de toda la cadena de suministro de la energía.

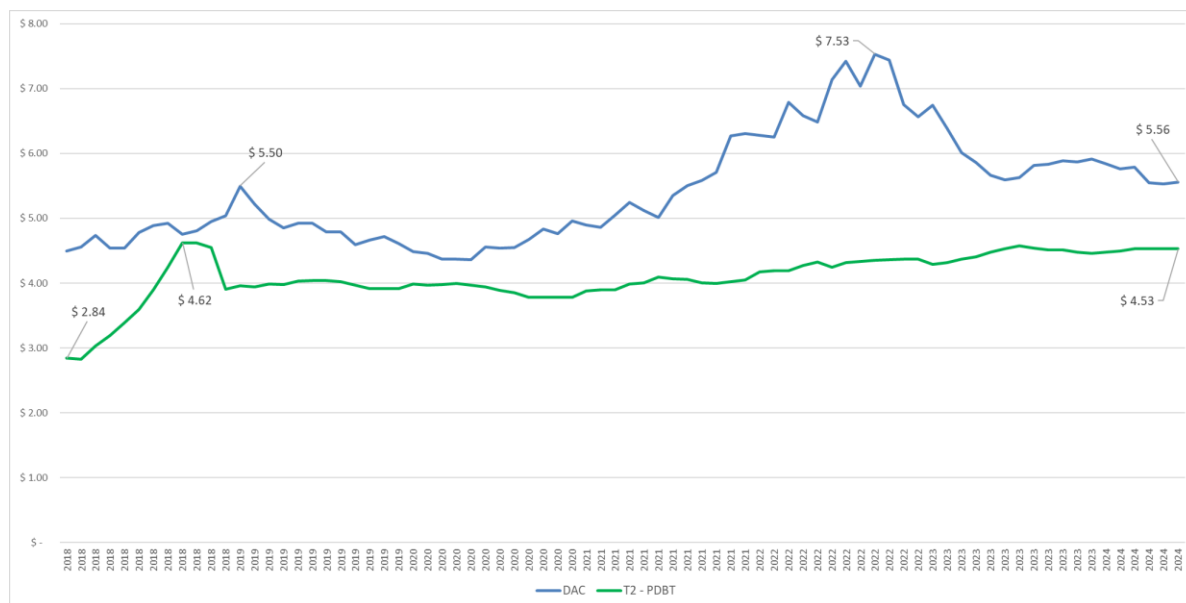
Otro camino para un análisis de rentabilidad se puede realizar con los precios de la energía determinados para las diferentes tarifas establecidas por CFE, entendiéndolo como un costo para las personas que son los usuarios finales.

Los precios de la energía eléctrica tienen los siguientes componentes para su cobro: la cantidad de energía o consumo medido en kilowatts hora (kWh), la demanda máxima o potencia facturable medida en kilowatts (kW), cargo o bonificación por factor de potencia y un cargo fijo independiente al consumo. Dependiendo del tipo de tarifa se cobran todos o algunos de los conceptos mencionados. En las tarifas domésticas y la tarifa comercial en baja tensión PDBT (poca demanda baja tensión) solo se cobra el consumo y el cargo fijo. La tendencia del precio para cada kWh consumido para estas tarifas se presenta en la Figura 12.

Figura 12

Tendencia del precio unitario de la energía (kWh) a precios corrientes

Enero 2018 a junio 2024



Nota. Elaboración propia

Como se puede ver en la Figura 12, los precios de la T1 se mantienen estables, mientras que en la tarifa DAC tuvo un pico máximo en 2022 y después se mantiene entre los 5 y 6 pesos. Ambas tarifas están documentadas desde enero de 2018.

Para la tarifa 1, definida por CFE para las personas a las que está dirigida esta investigación, también se incrementó el precio en sus tres niveles.

Tabla 4

Tendencia del precio unitario de la energía en T1 (kWh) a precios corrientes

Escalón	Enero 2018	Junio 2024	Porcentaje de incremento	Parámetro del escalón
Básico	0.793	1.039	31.02	Para los primeros 75 kWh
Intermedio	0.956	1.263	32.11	Para los siguientes kWh
Excedente	2.802	3.698	31.98	Para los kWh adicionales

Nota. Elaboración propia.

Tomando en cuenta que la inflación del periodo mencionado en la tabla es de 36.24 % con base en la calculadora del INEGI, los precios establecidos por el gobierno para la T1 están por debajo de inflación, como se indica en la Tabla 5.

Tabla 5

Tendencia del precio unitario de la energía en T1 (kWh) a precios constantes

Escalón	Enero 2018	Junio 2024	Porcentaje de incremento	Parámetro del escalón
Básico	0.793	1.039	-5.22	Para los primeros 75 kWh
Intermedio	0.956	1.263	-4.13	Para los siguientes kWh
Excedente	2.802	3.698	-4.26	Para los kWh adicionales

Nota. Elaboración propia.

Realizando una comparación entre las dos tablas, se puede observar que el incremento en el precio de la energía de la tarifa en cuestión no está actualizado con respecto a la inflación. Este es una de las consecuencias de que no se tenga en la legislación mexicana ninguna metodología de cálculo del costo de la energía a partir del análisis de cada uno de los costos en cada una de las etapas de la RNT.

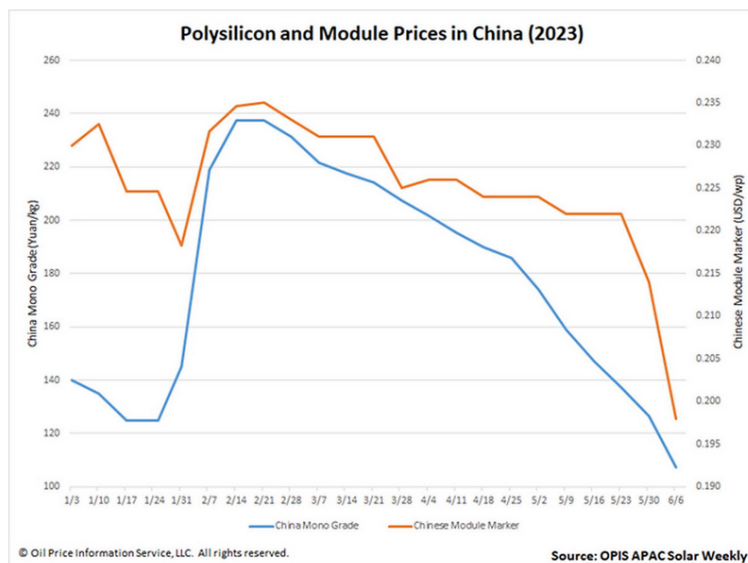
2.3.2 El costo de la GED en México

El precio de la tecnología solar fotovoltaica es cada vez menor. La tendencia en el precio de los paneles fotovoltaicos de 2023 reportado por la revista PV Magazine refleja este comportamiento a la baja.

Figura 13

Tendencia del precio unitario de los módulos fotovoltaicos

Enero a junio de 2023



Nota. Los precios de los módulos... (2023).

A pesar de esta tendencia, en México los equipos para los sistemas de GED con tecnología solar fotovoltaica dentro de su cadena de comercialización existente provocan que su acceso sea solo posible para las personas con mayor poder adquisitivo, porque en sus etapas de comercialización están involucrados diferentes actores intermediarios, como importadores, distribuidores, instaladores y el propio gobierno con los aranceles que cobra por su importación. Su precio se incrementa en cada etapa del proceso comercial y es difícil para un usuario final comprar directo de fábrica o tener solo un intermediario como en otros productos.

Esto ocasiona que la instalación de estos sistemas por parte de particulares sea principalmente en las regiones que más riqueza (PIB)¹⁰ generan en el país y con una lógica de rentabilidad financiera por encima de la reducción de GEI o de la reducción de la pobreza energética. Como se documentó en la Tabla 1, de los 10 estados con mayor capacidad instalada,

¹⁰ El PIB es el resultado de la suma de todos los salarios pagados, de las utilidades de las empresas una vez descontados los impuestos.

se encuentran los seis que generan 48.69 % PIB en el país (INEGI, 2022), como consecuencia del número de personas que cuentan con trabajo remunerado y a las utilidades de las empresas.

Tabla 6

Estados con más PIB a nivel nacional

Entidad federativa	Millones de pesos corrientes	Porcentaje de aportación
Ciudad de México	3'701,868	15.28
Estado de México	2'212,972	9.13
Nuevo León	2'016,768	8.33
Jalisco	1'759,742	7.26
Veracruz	1'075,630	4.44
Guanajuato	1'029,274	4.25
Total nacional	24'225,440	100

Nota. Elaboración propia con base en INEGI, 2022.

Como se puede apreciar en la Tabla 6, los estados referidos generan 48.69 % del PIB de México.

No existe información oficial que documente tendencia o promedios de los retornos de inversión de los sistemas de GED con tecnología solar fotovoltaica porque depende del precio de la energía que paga el usuario y del precio que cada instalador ofrece por el sistema, pero con base en la experiencia del autor de esta investigación, un sistema de GED con almacenamiento para una vivienda da un retorno de la inversión en un rango de 1.5 a 3 años.

2.4 Características del consumo de energía en las viviendas mexicanas

2.4.1 Usos finales

Todas las actividades de planeación y operación necesarias para contar con energía eléctrica en las viviendas, desde la generación, redes de transmisión, redes de distribución y los demás

servicios relacionados con estas tres actividades dependen de las necesidades de consumo de energía de las personas. Estas necesidades de consumo tienen dos componentes:

- 1) Cuántos equipos se conectan y usan al mismo tiempo, lo que se conoce como *demanda*.
- 2) Cuánto tiempo se usan los equipos conectados, lo que se conoce como *consumo*.

Para instalar un sistema de generación distribuida en las viviendas, se utilizan estos mismos componentes. Se revisa el consumo para calcular cuanta energía tengo que generar y se determina la mayor demanda con base en mis hábitos y actividades con equipos eléctricos. En resumen, todas las actividades del sector eléctrico nacional dependen de la energía necesaria para la operación que satisfacen los usos finales de las personas con base en sus hábitos de vida.

En el caso específico de las viviendas en México, la SENER reportó en 2023 que de todo el consumo de energía promedio en las viviendas solo 33.04 % es energía eléctrica (véase Figura 17); lo demás utiliza otro tipo de energéticos. Hay usos finales con mayor importancia que otros con base en las necesidades que satisfacen, en los hábitos y costumbres de los usuarios.

Tabla 7

Usos finales en la vivienda

Uso final dentro de la vivienda	Tipo de energía requerida
Abasto de agua entubada	Eléctrica
Iluminación artificial	Eléctrica
Refrigeración y conservación de alimentos	Eléctrica
Cocción de alimentos	Gas, leña, carbón o eléctrica
Calentar agua para aseo personal	Gas, leña, carbón o eléctrica
Conexión a internet	Eléctrica
Lavado de ropa	Eléctrica
Actividades en cocina con electrodomésticos	Eléctrica
Comunicación vía telefonía celular, pantallas o equipos de cómputo	Eléctrica

Nota. Elaboración propia

Conocer a detalle los usos finales de las viviendas en comunidades rurales y determinar la matriz energética en cada zona climática del país permitirá hacer una mejor planeación de las políticas energéticas y de los programas que incluyan el uso de la GED para llevar energía al 100 % de la población.

2.4.2 Cobertura energética en México

Como ya se indicó en el resumen, el promedio nacional de cobertura reportada del servicio eléctrico fue de 99.43 %. Sin embargo, no hay información oficial y pública que indique cuál es la cobertura eléctrica por regiones, por estados o en localidades rurales. Como parte de los reportes internos de trabajo de CFE, se publica cada mes uno de indicadores del proceso de electrificación (CFE, 2025) donde sí se distingue entre el grado de electrificación a nivel nacional y en localidades rurales con menos de 2,500 habitantes. El grado de electrificación calculado por CFE en localidades rurales fue de 91.51 % en abril de 2025. Sin embargo, el reporte SENER hace un ajuste y considera una localidad electrificada a 100 % cuando cuenta con un grado de electrificación igual o mayor a 90 %.

Con este ajuste o precisión, el grado de electrificación en localidades rurales se convierte en un rango, que para abril de 2025 se encontró entre 82.36 % y 91.51 %, dependiendo en qué comunidades se aplicó el ajuste antes mencionado. Como se puede ver, la electrificación en localidades rurales está por debajo del 99.43 % mencionado y hace falta ser más específico por región o localidad, sin ajustes o redondeos.

Con lo anterior expuesto, se puede concluir que en México la cobertura eléctrica tiene deficiencias en su medición, que solo refleja la posibilidad de conexión a un circuito eléctrico y que el promedio nacional de más de 99 % tampoco refleja carencias en el suministro eléctrico síntoma de algún nivel de pobreza energética.

2.5 La generación eléctrica distribuida (GED)

2.5.1 Antecedentes

Los sectores eléctricos administrados o concesionados desde los gobiernos suministran la energía a través un gran sistema centralizado, desde la generación de energía eléctrica en grandes centrales ubicadas en lugares estratégicos por el tipo de combustible usado, como en el caso de la hidroeléctrica Manuel Moreno Torres, mejor conocida como presa Chicoasén, que utiliza agua para generar energía del río Grijalba en el estado de Chiapas, y después se transporta a través de circuitos (la red eléctrica de transmisión y distribución) y entregándola en el lugar de consumo en cualquier punto del país, este tipo de generación se conoce como centralizada.

2.5.2 ¿Qué es la generación eléctrica distribuida?

La GED es el esquema donde la energía se genera muy cerca o en el mismo lugar donde será consumida, en baja tensión. Después del año 2000 se intensificó la comercialización de equipos para generar energía en México, principalmente con tecnología solar fotovoltaica.

Estos equipos que aportan energía adicional a la suministrada desde la red tradicional centralizada. Si el sistema de GED cuenta con baterías para almacenar la energía generada, se puede reducir o minimizar el consumo de la red centralizada, al utilizarse solo en los casos donde la energía solar fotovoltaica no sea suficiente para cargar las baterías o alimentar la vivienda. Este avance tecnológico permite aumentar a la suficiencia energética donde se instalan los sistemas búsqueda, mejorando la autonomía energética de las personas. Esta característica es importante en comunidades rurales donde el suministro de energía eléctrica es intermitente o inexistente.

El uso de esta tecnología es posible para cualquier persona que tenga el poder adquisitivo, a partir del desarrollo y comercialización de diferentes tecnologías y de diferentes sistemas de almacenamiento de la energía. Algunos ejemplos se detallan en la Tabla 8.

Tabla 8*Tecnología para sistemas de GED*

Núm.	Tecnología	Descripción	Emisión de GEI por generación de energía
1	Solar fotovoltaica: Paneles fotovoltaicos	Convierten la radiación solar en electricidad	No
2	Solar térmica: Calentadores de agua y de alimentos	Capturan la radiación solar en forma de calor	No
3	Eólica: Aerogenerador	Utilizan la energía cinética del viento para mover generadores eléctricos	No
4	Gas: Microturbinas	Utilizan la combustión de una mezcla de aire y gas natural o biogás en pequeñas turbinas para mover generadores eléctricos	Sí
5	Gasolina, diesel o biocombustibles: Motores de combustión interna	Aprovechan la combustión de hidrocarburos o biocombustibles para mover pequeños generadores eléctricos	Sí
6	Hidrógeno: Celdas de combustible	Utiliza electrólisis para separar los átomos de agua. El hidrógeno se quema para mover pequeños generadores eléctricos o motores	No
7	Hidrógeno: Tanques a presión	Almacenan hidrógeno como combustible para generadores eléctricos	No
8	Materia orgánica: Generadores de biomasa	Aprovechan la combustión de biomasa (materia orgánica) para mover pequeños generadores eléctricos	Sí
9	Generadores hidráulicos	Usan la energía cinética del agua para mover pequeñas turbinas y generar electricidad	No

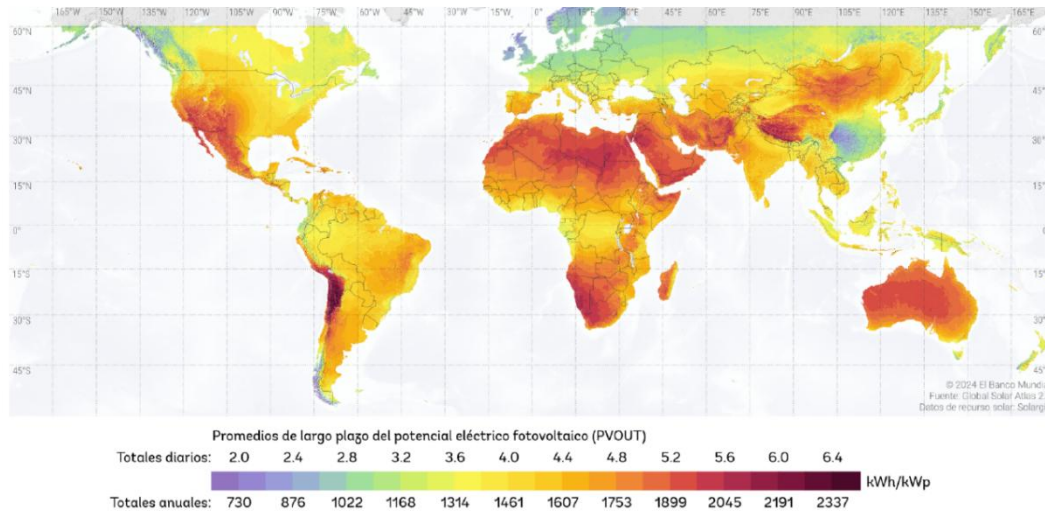
Nota. Elaboración propia.

En México, los generadores con tecnología solar fotovoltaica representan 99.34 % de la capacidad instalada en el esquema de GED, aportando 3.34 GWh, de los 3.36 GWh totales generados con todas las otras tecnologías. La generación de la GED con tecnología solar fotovoltaica en 2023 fue de 5,191 GWh, es decir, 1.74 % de la energía consumida en todo el país

(SENER, 2024b). Esta tecnología ha tenido ese desarrollo desde el punto de vista técnico gracias al nivel de radiación solar y por consecuencia a su potencial para generar energía eléctrica.

Figura 14

Potencial eléctrico en tecnología solar fotovoltaica (kWh/m²)



Nota. Con base en World Bank Group, s. f.

Como se puede apreciar en la Figura 14, México está en una de las áreas de alta radiación solar del mundo. Como ejemplo, en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, el promedio de radiación solar en un año es de 5.81 kWh/m².

2.5.3 Beneficios y desventajas de la generación eléctrica distribuida

El gobierno de México reconoce los beneficios de la GED, como se puede observar en el portal de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE¹¹).

¹¹ La CONUEE es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Energía con autonomía técnica y operativa. Tiene por objeto promover la eficiencia energética y el aprovechamiento sustentable de la energía. Véase <https://www.gob.mx/conuee/que-hacemos>.

Tabla 9*Beneficios de la generación eléctrica distribuida*

Beneficios para el usuario	Beneficios para el suministrador
Incremento de la confiabilidad	Reducción de pérdidas en transmisión y distribución
Aumento de la calidad de la energía	Abasto en zonas remotas
Reducción del número de interrupciones	Libera capacidad del sistema
Uso eficiente de la energía	Mejor control de energía reactiva
Menor costo de la energía	Mayor regulación de tensión
Uso de energías renovables	Disminución de inversión
Facilidad de adaptación a las condiciones del sitio	Menor saturación
Disminución de emisiones contaminantes	Reducción del índice de fallas

Nota. Elaboración propia con base en Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE, 2014).

A parte de los beneficios mencionados por la CONUEE, la GED puede ser un factor para proveer de energía a la población que no tiene acceso o cuyo acceso es muy limitado, principalmente para satisfacer las necesidades básicas de abasto de agua potable, confort térmico (principalmente como fuente de calor en frío extremo), iluminación artificial, conservación y cocción de alimentos (Flores-Elizondo y Shaar-Velázquez, 2020), y puede promover la sustitución del uso de leña y carbón, actualmente usados para estas necesidades en las comunidades rurales.

2.5.4 El uso de la GED en comunidades rurales

El uso de sistemas de GED fomenta la autonomía energética regional de las comunidades (Zárate Toledo, 2022) porque descentraliza el control de la energía eléctrica desde su generación hasta el uso final de la misma, sin pasar por las grandes redes controladas desde el poder político o económico.

Si añadimos esta característica de la GED desde el punto de vista social a los beneficios económico-financieros revisados en el apartado 2.2 de esta investigación, la pregunta de

investigación planteada se vuelve pertinente. La respuesta es más compleja que un asunto meramente económico de experiencia técnica.

Los sistemas de GED, como otras tecnologías, son apropiadas y aprovechadas de manera más eficiente en comunidades socialmente maduras. En los meses de noviembre y diciembre de 2022, el todavía CONACYT¹² realizó foros para entender y abordar los múltiples problemas en el tema del agua, y en ellos se encontró que en las comunidades que mejor gestionan o resuelven sus problemas en ese tema se tienen las siguientes características (García Barrios y Moska Estrada, 2022):

- ✓ Las personas son o se están convirtiendo en actores sociales que conforman un sujeto social con propósitos o proyectos en común que benefician a la comunidad.
- ✓ Tienen acceso a conocimiento e instrumentos sociales y técnicos, cuyo uso les permite incidir en problemas como comunidad.
- ✓ Generan estrategias y logran saltar obstáculos para llegar a los objetivos para el bien común.

En el caso de la GED, se presenta el mismo efecto. Para fines de esta investigación se retomarán las características antes mencionadas para determinar si una comunidad es o no socialmente madura. En el apartado 2.10 de este capítulo se describen algunos referentes prácticos con una o más de las características mencionadas.

2.5.5 GED y generación centralizada

Un aspecto importante desde la dimensión técnica es el efecto que la GED tiene en el comportamiento de las redes centralizadas de energía eléctrica. A nivel de la Red Nacional de Transmisión (RNT), el uso de los sistemas de GED se puede hacer de manera controlada. Esto serviría para evitar la saturación o congestión de nodos de interconexión o subestaciones en

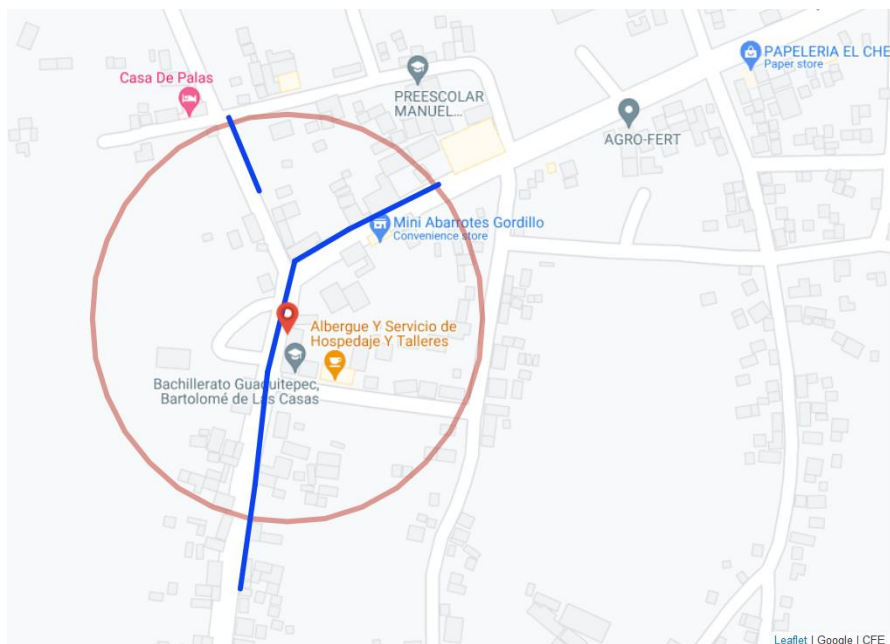
¹² CONACYT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, ahora transformado en la Secretaría de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI).

horarios y lugares específicos. CFE conoce el nivel de saturación medido en KW, en qué horarios y en cuáles nodos en que ocurren estos eventos. Como protocolo de seguridad, actualmente realiza desconexiones (tiros de carga) para evitar daños en los equipos de transmisión y distribución de energía eléctrica. Como ejemplo conceptual, si el nodo que alimenta el circuito de la comunidad de Guaquitepec en el municipio de Chilón en el estado de Chiapas se encontrara saturado en algún momento del día, se puede instalar un sistema de GED con almacenamiento para generar y suministrar la energía necesaria durante la desconexión del nodo o para evitar su desconexión por saturación.

CFE ya tiene una plataforma de acceso público donde se puede consultar la capacidad de interconexión de sistemas de GED. La plataforma arroja la información necesaria para poder instalar sistemas de GED no controlados por ellos y que no comprometan la operación de ese circuito específico por saturación de energía al rebasar la capacidad de interconexión.

Figura 15

Ubicación de la red eléctrica más cercana a la escuela caso de estudio



Nota. Elaboración propia con base en CFE Distribución (s. f.).

En la Figura 15, el círculo rojo indica el área donde es viable la interconexión, y las líneas azules muestran los circuitos de distribución disponibles para hacerlo y solo están indicados dentro del radio de interconexión.

Figura 16

Capacidad de integración de sistema de GED a la red centralizada

Ejemplo de estudio de caso

Nivel de tensión del circuito	34.5	kV
Capacidad de integración recomendada ¹ en el circuito	900	kW
Capacidad de las centrales eléctricas actualmente integradas al circuito	0	kW
Capacidad de integración disponible ²	900	kW
Límite de capacidad de generación neta ³ al circuito, la cual podrá ser integrada una vez que la demanda o los refuerzos necesarios se incorporen	10 000	kW

/1 Es la capacidad máxima que puede integrarse al circuito sin afectar las condiciones de eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad o sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional.

/2 Es la diferencia que resulta al restar la capacidad de las centrales eléctricas actualmente integradas a la capacidad de integración recomendada.

/3 Es el límite de capacidad que puede integrarse de acuerdo a lo establecido en el Manual de Interconexión de Centrales de Generación con Capacidad menor a 0.5 MW.

Fecha de Actualización: Diciembre 2023

Nota. Elaboración propia con base en CFE Distribución (s. f.).

El programa también muestra una tabla (Figura 16) que describe si el circuito tiene o no capacidad de integración (interconexión) de sistemas de GED y cuál es la capacidad máxima en kW que puede instalarse.

Con esta información y una buena planeación apoyada desde una política pública se puede tener por todo el país sistemas de GED con capacidad de almacenamiento (baterías), utilizando la o las tecnologías existentes en el mercado más adecuadas al tipo de energía disponible en abundancia en cada región del país. Estos equipos administrados por CFE pueden usarse como fuente de suministro eléctrico en situaciones de saturación o falta de energía,

dependiendo las necesidades específicas de cada nodo. El desarrollo de este beneficio técnico de la GED también impacta de manera directa en la pobreza energética de las personas o usuarios finales, porque minimiza las fallas o cortes de energía en las redes de distribución, pero su análisis completo puede ser tema de otra investigación de nivel doctoral.

La principal desventaja técnica de los sistemas de GED con tecnología solar y eólica radica en que requieren de equipos de generación de respaldo: la intermitencia en la generación de estas tecnologías por falta de luz solar o de viento obliga a contar con capacidad de almacenamiento o en la instalación de generadores en paralelo con la misma en capacidad instalada en kW y en generación (kWh) que las tecnologías no intermitentes que generalmente queman hidrocarburos para contar con energía eléctrica las 24 horas del día.

2.6 La GED en las leyes mexicanas

Para que la GED sea usada en las dependencias de gobierno encargadas del servicio eléctrico debe estar plasmada en las leyes, reglamentos secundarios y en sus normas de operación. En esta sección se presenta una revisión documental de la legislación vigente para conocer si la legislación mexicana contempla el uso de la GED en sus planes de electrificación del país.

En México existe una legislación respecto al uso de la GED en pequeña escala y los esquemas de interconexión que existen con CFE. Las leyes existentes se diseñan acorde con la política energética de México. Esta última está en proceso de actualización. El pasado 18 de marzo de 2025 se publicaron en el DOF las nuevas leyes para el sector energético de México. En la Ley del Sector Eléctrico (LSE) y en la Ley de la Empresa Pública del Estado, Comisión Federal de Electricidad se encuentra definido el concepto de GED y se establecen las competencias del estado y de los particulares para su uso. En la LSE, en el título tercero, capítulo dos, se habla de los GED, sin incluir explícitamente el tema del almacenamiento para estos

sistemas en específico. En el capítulo 4 de esta investigación, en la sección de trabajo realizado en campo se detallará un análisis de las leyes mexicanas y la GED.

2.6.1 Características legales de la GED en México

Las disposiciones legales en la recién aprobada LSE establecen que la GED tiene las siguientes características:

- 1) Se realiza por una generadora exenta¹³ (artículo XXIV).
- 2) Se realiza en una central eléctrica que se encuentra interconectada a un circuito de distribución que contenga una alta concentración de centros de carga, en los términos de las reglas del mercado y disposiciones técnicas aplicables (artículo XXII, inciso b).

2.6.2 Marco legal

El marco legal que sustenta las disposiciones legales en materia de la GED se encuentra definido en las siguientes leyes y sus respectivos reglamentos:

- a) Ley del Sector Eléctrico (LSE)
- b) Ley de la Empresa Pública del Estado, Comisión Federal de Electricidad.

El marco regulatorio y las leyes para la instalación y uso de estos sistemas son las siguientes:

- ✓ Disposiciones administrativas de carácter general, los modelos de contrato, la metodología de cálculo de contraprestación y las especificaciones técnicas generales, aplicables a las centrales eléctricas de GED y generación limpia distribuida.
- ✓ Bases del mercado.
- ✓ Manual de Interconexión de Centrales de Generación con capacidad menor a 0.7 MW.

¹³ Generadora exenta: Persona propietaria o poseedora de una o varias centrales eléctricas que no requieren ni cuentan con permiso para generar energía eléctrica en términos de la LSE (DOF, 2025).

- ✓ Lineamientos que establecen los criterios para el otorgamiento del Certificado de Energías Limpias y los requisitos para su adquisición.
- ✓ Disposiciones administrativas de carácter general para el funcionamiento del Sistema de Gestión de Certificados y Cumplimiento de Obligaciones de Energías Limpias.
- ✓ Disposiciones administrativas de carácter general en materia de verificación e inspección de la industria eléctrica en las áreas de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.

Todo este marco legal y regulatorio se resume en que la persona que requiera instalar un sistema de GED presenta una solicitud de interconexión a CFE y una vez autorizada, firma un contrato de contraprestación y un contrato de interconexión.¹⁴ A partir de ahí el sistema GED entra en operación. El formato de solicitud se puede consultar en el [Anexo 2](#).

2.6.3 Acciones a partir de la política energética en México

La falta de una política energética en México que incluya los conceptos de pobreza y justicia energética impide el desarrollo de programas a nivel nacional para mejorar los niveles de suficiencia y la autonomía energética. La legislación mexicana, como ya se indicó, incluyó estos conceptos a partir de las leyes publicadas el 18 de marzo de 2025, y están en proceso de elaboración y publicación en el DOF las leyes secundarias, reglamentos y programas que se deriven de la LSE.

Previo a las reformas publicadas en marzo de 2025, mientras no se publiquen las leyes y programas mencionados, los esquemas de electrificación se desarrollan sin análisis previos respecto a necesidades energéticas de la población basados en indicadores de pobreza o justicia energética que los sustenten, únicamente tomando como referencia la falta de acceso al servicio eléctrico medida a través de la cobertura eléctrica, y consisten en proyectos puntuales cuya vida

¹⁴ Los formatos de ambos contratos se pueden consultar en CRE (s. f.).

útil está ligada al periodo de tiempo de trabajo del funcionario que los diseñó sin formar parte de ninguna ley de aplicación nacional.

Un ejemplo de este tipo de proyectos puntuales está descrito en el Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional (PRODESEN) que plantea la instalación de equipos de GED para poblaciones con menos de 2,500 habitantes en comunidades rurales (SENER, 2023b). En la práctica esto se lleva a cabo de manera parcial a través de un fideicomiso (SENER, 2022a) llamado Fondo de Servicio Universal Eléctrica (FSUE), constituido el 30 de septiembre de 2014, para beneficiar a comunidades sin cobertura eléctrica y que fue retomado para su operación con las modificaciones aprobadas en agosto de 2022.

El FSUE destina recursos para el suministro en dos modalidades: por medio de sistemas GED o por medio de líneas de distribución. La selección de la modalidad y la instalación de la infraestructura es responsabilidad de la CFE, y los usuarios destino son seleccionados por los presidentes municipales y los gobernadores de los estados.

Un segundo ejemplo es el mencionado en la introducción, donde el gobierno federal dio a conocer el 6 de noviembre de 2024 las líneas generales de su Estrategia Nacional del Sector Eléctrico, mencionando en el eje número 2 el concepto de *justicia energética* y que no es un programa diseñado para todo el país. El programa plantea incrementar la cobertura eléctrica e instalación de paneles fotovoltaicos en Mexicali, que es una población urbana con un alto consumo de energía eléctrica respecto al centro del país, que no carece de servicio eléctrico. El programa se diseñó que el pago del servicio eléctrico sea menor.

2.7 La energía eléctrica como un derecho humano

Para que las personas accedan de manera universal al uso de la energía en general y de la energía eléctrica como parte de su desarrollo se requiere que sea reconocido su uso como un derecho, por encima de intereses comerciales y políticos. A nivel internacional, ningún país tiene

establecido el acceso al servicio de energía eléctrica como un derecho humano: “No existe un derecho humano a la electricidad garantizado de forma independiente en cualquier instrumento de derechos humanos” (Robadey y Oliveira Biazatti, 2016), a pesar de que se reconoce que este energético es una herramienta importante cuyo acceso favorece el cumplimiento de derechos humanos reconocidos como el derecho al desarrollo, el derecho a un nivel de vida adecuado, el derecho a la salud, el derecho a la educación, al suministro de agua potable y el acceso a la información. Esta referencia del 2016, después de 10 años sigue siendo vigente.

Esta situación no es diferente en México; a pesar de que desde la SCJN se ha expresado la obligación de considerar la energía eléctrica como derecho humano (Ortiz Ahlf, 2023), el 5 de abril de 2022 la Suprema Corte de Justicia de la Nación revisó la acción de constitucionalidad 64/2021, promovida desde el Congreso de la Unión por senadores y diputados de oposición. En dicha revisión se dictaminó la invalidez de la reforma publicada, publicada en el *Diario Oficial de la Federación (DOF)* el 9 de marzo de 2021, en el sexenio pasado.

Entre las disposiciones que se buscaban reformar se encuentra “4) La cristalización de la energía eléctrica como un derecho humano” (Suprema Corte de Justicia de la Nación, 2022, p. 19). En la revisión

se valoró que el presente asunto reviste una gran oportunidad para reconocer el acceso a la energía eléctrica como un derecho humano, pues actualmente no se expresa al respecto la Constitución ni ningún tratado de los que México es parte, pero podría desprenderse de una variedad de derechos fundamentales, como el derecho al agua (Suprema Corte de Justicia de la Nación, 2022).

En el texto de la reforma y la sentencia de la Suprema Corte de Justicia de la Nación antes mencionada no se tomó en cuenta la justicia energética en México. El pasado 19 de junio de 2024, la UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México) publicó el libro titulado *Análisis de*

la jurisprudencia constitucional mexicana. En él una de las autoras menciona sobre las partes involucradas en este litigio: “A nuestro juicio dejaron fuera de foco lo que tendría que haber sido el corazón de la controversia: la argumentación en torno a si estas reformas conducen al desarrollo de la justicia energética en México” (Grunstein Dickter, 2024, p. 162).

Con esta decisión de la Suprema Corte permaneció vigente, solo hasta el 31 de octubre de 2024, la reforma a la Ley de la Industria Eléctrica aprobada en 2013 y publicada en el *DOF* a finales de 2017, que estableció que CFE se transformaba en una empresa productiva del estado y que permitía la participación de empresas privadas para la generación y comercialización de la energía eléctrica, y sigue sin atenderse a las comunidades o personas dañadas por fallas e insuficiencias del servicio de energía eléctrica.

Por último, es importante mencionar que ni la nueva ley de la industria eléctrica publicada en el *DOF* en octubre de 2024 (Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos, 2024) ni en la propuesta de reforma votada o en las discusiones previas a esta se contemplaron estrategias o propuestas que pudieran ser plasmadas en ley y que impulsen la generación de energía eléctrica en un esquema de GED, para beneficio de la población que padece pobreza energética.

Si en Mexico se quiere lograr que la energía eléctrica sea un derecho humano, debe entenderse este energético como un servicio que sea asequible a toda la población, que permita satisfacer necesidades básicas en las viviendas como iluminación artificial, refrigeración de alimentos o equipos para acceso a internet y que no sea solo una mercancía para vender, accesible solo al que pueda pagar por ella. Ese paso ya se está dando constitucionalmente. Técnicamente se tienen que definir líneas base de suficiencia energética en las viviendas para determinar cuánta es la energía necesaria para garantizar el derecho a tenerla.

2.8 La pobreza energética

Antes de hablar de pobreza energética, es necesario entender un poco de historia de la energía y desde qué fuentes energéticas se consume.

2.8.1 El hombre y el uso de la energía

El hombre para sobrevivir necesita de la energía, y aprendió a controlarla para su beneficio, rebasando la capacidad energética de su cuerpo al domesticar animales y, sobre todo, desde que descubrió el fuego, hecho que significó la primera de las 4 “transformaciones energéticas” en la historia de las sociedades (Zárate Toledo, 2022). Las otras tres, según este autor son

- El control del agua.
- El uso de combustibles fósiles, iniciando en Inglaterra con el carbón.
- El control de la electricidad y el uso del motor de combustión interna.

En cada transición el consumo fue en aumento, y en el caso de la última, fue de manera exponencial. En la actualidad el consumo energético de las personas se relaciona de manera directa con el producto interno bruto (PIB) de los países como una medida de su desarrollo. En un país desarrollado como Noruega, una persona consume en promedio 26,500 kWh al año, y en un país pobre como Nigeria solo 180 kWh en ese mismo periodo (Udías Vallina, 2022).

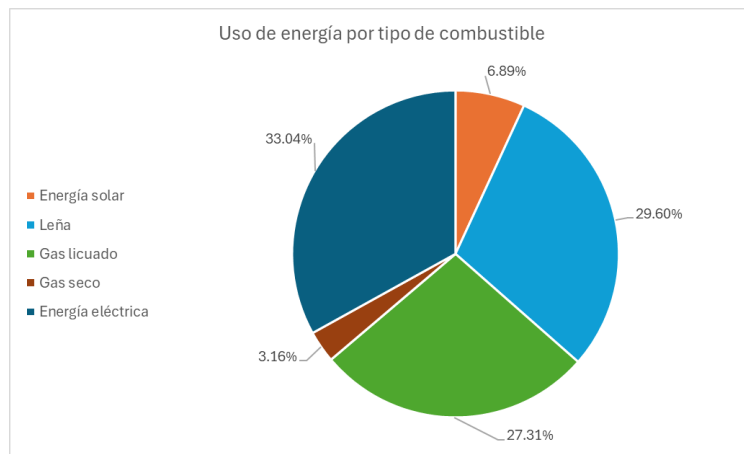
El acceso a la energía y a la energía eléctrica en específico, es una variable que incide en la calidad de vida porque es requisito para el uso de dispositivos diversos que facilitan el acceso a medios de comunicación electrónica, tener iluminación artificial, conservar más tiempo alimentos refrigerados y acceder a agua limpia y entubada.

2.8.2 ¿Cómo se usa la energía en los hogares mexicanos?

En México, el uso de energía en las casas habitación de México, reportado en el balance nacional de energía (SENER, 2023a) indicó que durante 2022 el promedio de consumo se comportó de la siguiente manera:

Figura 17

Matriz energética utilizada en los hogares mexicanos en 2023



Nota. Elaboración propia con base en SENER (2024b).

Como se puede observar en la Figura 17, solo 33.04 % de la energía consumida en las viviendas se hizo con energía eléctrica desde la red de suministro pública de CFE; 6.89 % a través de sistemas de GED, y el 60.07 % restante es a través de la quema de gas o leña. El consumo de electricidad se incrementó 8.67 % respecto al 2019, donde su participación en la matriz según el balance nacional de energía (SENER, 2019) fue de 24.37 %. Esto indica que los usos finales de la energía de la población mexicana en sus viviendas tuvieron una transición hacia la electricidad. En este contexto, la GED a través de tecnología solar térmica y solar fotovoltaica es una opción más sustentable para disminuir las emisiones de GEI y para el uso de satisfactores energéticos que dependen cada vez más de la energía eléctrica.

Sin embargo, a nivel social hay resistencias que frenan este cambio. Un ejemplo de esto se dio en la población chilena de Temuco, donde se realizó un plan (Boso *et al.*, 2017) que inició en 2010 para el cambio de estufas de leña por equipos más eficientes y menos contaminantes subsidiados 100 % por el gobierno con una meta de sustitución de 39,000 equipos sustituidos para 2020. Si embargo, en 2016 el avance fue de solo 1,441 equipos reemplazados. Uno de los

obstáculos fue desde el punto de vista social familiar, porque la leña usada evoca conceptos como “el sabor de los alimentos”, “recuerdos pasados”. (Boso *et al.*, 2017, p. 10).

El uso de nuevas tecnologías para generar y consumir energía tiene que gestarse desde los quehaceres, necesidades y hábitos de las personas. Un ejemplo es el proceso de gestión de la energía para y desde el buen vivir diseñado para y por las comunidades rurales de la sierra nororiental del estado de Puebla (Fernández Lomelín, Durán Olguín *et al.*, 2023), donde la gestión de la energía nace y se diseña por las personas que la usan.

Sin embargo el uso de la GED pensada como herramienta para disminuir la pobreza energética a partir de las necesidades de consumo de la gente, requiere al igual que en el caso de la cobertura, información. Para dimensionar la pobreza energética es necesario tener información respecto a la matriz energética de las personas de manera segmentada por estado o región climática, que permita identificar cuál es el energético más usado y detectar la existencia de carencias en el acceso a la energía.

2.8.3 Definición de *pobreza energética*

La pobreza energética o la falta de servicios energéticos mínimos es un concepto que no tiene una definición única, que se desarrolla a partir de los términos *fuel poverty*¹⁵ en 1979 y *energy poverty*¹⁶ en 1991, con indicadores diseñados en cada país a partir de sus condiciones climáticas extremas, principalmente para climas fríos, del interés gubernamental en el tema y de sus culturas. La exposición constante a temperaturas bajas tiene impacto en la salud de las personas. Un estudio del Departamento de Epidemiología y Salud Pública de la University College London (Marmot Review Team, 2011) encontró relaciones entre la salud de las personas y la temperatura

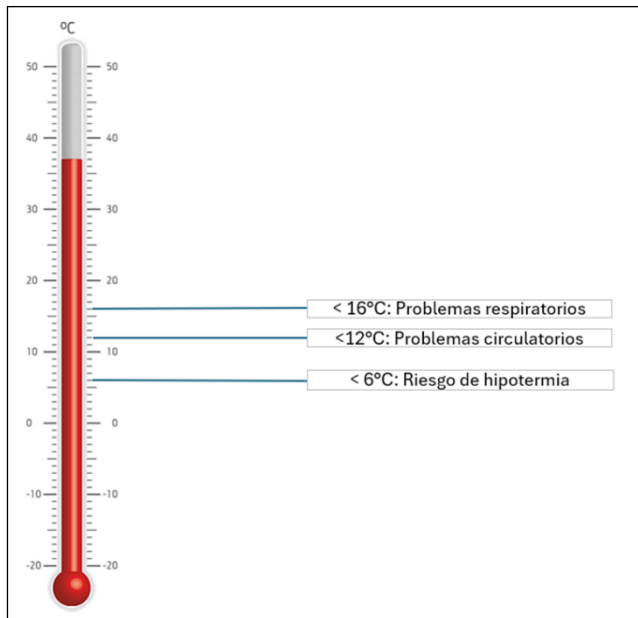
¹⁵ *Fuel poverty*: En el Reino Unido, los académicos B. C. Isherwood y R. M. Hancock introdujeron este concepto para describir el creciente gasto en combustible de las familias con problemas de ingresos.

¹⁶ *Energy poverty*: Concepto propuesto por Brenda Boardman en 1991. Si el gasto energético es superior a 10 % del ingreso del hogar, el hogar se considera pobre energéticamente. Este enfoque se conoce como *indicador basado en los ingresos*.

interior en las viviendas, sobre todo en sectores más vulnerables como personas de edad avanzada o en etapas tempranas de desarrollo.

Figura 18

Relación entre la temperatura dentro de la vivienda y la salud



Nota. Elaboración propia con base en Marmot Review Team (2011).

Por esta situación, en Europa y Estados Unidos, los indicadores miden si la población tiene energía suficiente en sus viviendas para soportar climas extremos, principalmente por frío y la capacidad de pago de las personas de dicho energético.

A nivel mundial se tienen diferentes indicadores de pobreza energética retomando las dos definiciones mencionadas y complementándolas con la existencia de satisfactores energéticos que requieren energía térmica y eléctrica. A partir de esta información, se elaboró una tabla comparativa con 7 de los principales autores en el tema de pobreza energética a nivel mundial y su enfoque propuesto:

Tabla 10*Definición de pobreza energética por autor y parámetros utilizados*

	Nusshaumer <i>et al.</i> (2011)	Okushima <i>et al.</i> (2017)	Calvo <i>et al.</i> (2021)	Pereira <i>et al.</i> (2021)	García Ochoa y Graizbord (2016)	Sánchez- Guevara Sánchez (2015)	Hernández <i>et al.</i> (2013)
Acceso a red eléctrica			1	1			1
Calidad de la energía			1				
Refrigeración de los alimentos					1		1
Cocción de los alimentos	1		1		1		1
Acceso a agua entubada “bombeada”			1				
Agua caliente					1		
Iluminación artificial	1		1		1		
Educación/ entretenimiento	1				1		1
Equipos de comunicación	1						1
Otros electrodomésticos	1						1
Relación costo-ingreso		1	1	1		1	
Eficiencia energética		1					
Climatización y confort			1		1	1	
Cobertura eléctrica				1			

Nota. Elaboración propia.

En la Tabla 10 se puede observar que Okushima, Calvo, González y Guevara Sánchez construyen su indicador retomando a Boardman con base en la capacidad de pago de las diferentes fuentes de energía y relacionándolo con otra dimensión, principalmente para soportar frío extremo sin tener problemas de salud.

Solo dos autores mencionan temas puramente técnicos de ingeniería:

- Calvo menciona la calidad de la energía eléctrica haciendo referencia a datos oficiales del gobierno respecto al número de interrupciones del servicio eléctrico medido en las redes de transmisión eléctrica y no en las redes de distribución que abastecen a las viviendas donde viven las personas.
- Okushima relaciona la pobreza energética con la eficiencia energética, que es un concepto indicador de la calidad de la energía eléctrica medida desde sus parámetros técnicos y desde desperdicio por la mala calidad de los equipos o por el mal uso de esta.

Los autores Nusshaumer, Calvo, García y Hernández desarrollaron un nuevo enfoque más cercano al contexto de Latinoamérica que mide la pobreza energética desde dos perspectivas: por un lado, si se cuenta con energía eléctrica (cobertura del servicio eléctrico) y por el otro, la capacidad de satisfacer las necesidades a través de la existencia de satisfactores energéticos (equipos que requieren energía térmica o eléctrica).

Tabla 11

Satisfactores de energía

Núm.	Uso final de la energía	Bien económico seleccionado
1	Cocción de alimentos	Estufa de gas o eléctrica, no leña
2	Refrigerar alimentos	Refrigerador entre 1996 y 2012
3	Entretenimiento	TV o computadora con internet
4	Iluminación	Foco incandescente o fluorescente (no pasillos)
5	Calentamiento de agua	Calentador de agua o estufa de gas o eléctrica
6	Aire acondicionado y ventilación	Ventilador por tres personas o equipo de AA

Nota. Elaboración propia con base en García-Ochoa y Graizbord, B. (2016, p. 298).

Con base en este enfoque, Rigoberto García Ochoa estimó en 2012 que 36.7 % de la población (personas que viven en aproximadamente 11'000,000 viviendas) tenía condiciones de pobreza energética (García-Ochoa y Graizbord, 2016, p. 305), sin poder satisfacer totalmente sus

necesidades energéticas. Es importante mencionar que para el caso de México no se ha realizado otro análisis como este.

Cabe mencionar que todos los autores mencionados miden la pobreza energética usando parámetros cuantitativos con información estadística oficial y no explican cuáles satisfactores o la falta ellos se relacionan o vulneran derechos humanos ya establecidos de las personas por falta de energía, como en el caso del internet, que ya es un derecho humano que no se puede satisfacer sin energía eléctrica; o simplemente faltan como consecuencia de hábitos y costumbres en sus actividades diarias, como el uso de pantallas de televisión o equipos de aire acondicionado en viviendas con una orientación y ventilación natural adecuada.

2.8.4 México no mide la pobreza energética

Como se indica con detalle en el apartado de trabajo de campo en la SENER, México no mide la pobreza energética, a pesar de que la LSE vigente ya define el concepto de pobreza energética en las disposiciones generales, capítulo 1, Artículo 3, numeral XXXIV como “situación que ocurre cuando en una vivienda no se alcanza a satisfacer una o más necesidades energéticas básicas, como son el calentamiento de agua, cocción y conservación de alimentos e iluminación, debido a sus condiciones de ingresos y carencias sociales” (Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos, 2024). La única evaluación oficial existente en México que aporta más elementos para una medición de la pobreza energética, a través de documentar carencias sociales relacionadas con el uso de la energía eléctrica es la diseñada por el CONEVAL, que reportó que en 2022, 55.7 millones de personas vivían en pobreza¹⁷ y 22.7 millones tenían carencia en el acceso a servicios básicos en la vivienda, entre ellos energía eléctrica (CONEVAL, s. f.).

¹⁷ Con base en la definición de CONEVAL, una persona se encuentra en situación de pobreza cuando tiene al menos una carencia social (en los seis indicadores de rezago educativo, acceso a servicios de salud, acceso a la seguridad social, calidad y espacios de la vivienda, servicios básicos en la vivienda y acceso a la alimentación) y su ingreso es insuficiente para adquirir los bienes y servicios que requiere para satisfacer sus necesidades alimentarias y no alimentarias.

En el 2020, la revista *Hábitat Sustentable* publicó un artículo donde compara 13 metodologías (no incluye a García Ochoa y Graizbord) con criterios diferentes para medir la pobreza energética, llegando a la siguiente conclusión:

La principal debilidad de todos estos indicadores radica en la imposibilidad de que un solo indicador considere todos los factores posibles que influyen en la actividad cotidiana de los hogares, como el confort térmico, la salud y el bienestar. [...] Por lo tanto, es necesario combinar varios indicadores y analizar sus resultados para determinar si se logra un análisis holístico tanto de las características técnicas de la vivienda como de la situación del hogar (Castaño-Rosa *et al.*, 2020, p. 18).

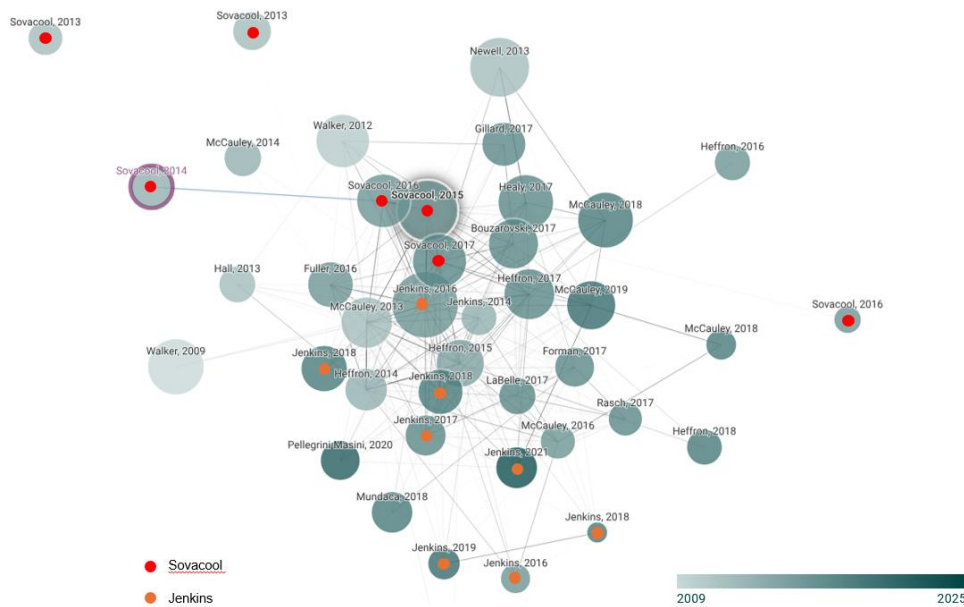
Uno de los objetivos de esta investigación consiste en proponer una metodología para medir la pobreza energética de las personas en sus viviendas, detallado en el apartado 4.6 de esta investigación.

2.9 La justicia energética

El concepto de *justicia energética* es relativamente nuevo. Su discusión se da a partir de la segunda década del siglo XXI. Como se ve en la Figura 19, el autor de referencia de este concepto es Benjamín Sovacool, quien define el concepto en los artículos “Global Energy Justice” (Sovacool y Dworkin, 2015a) y “New Frontiers and Conceptual Frameworks for Energy Justice” (Sovacool *et al.*, 2017). Recientemente, Kristen Jenkins refiere este concepto en el texto “Energy Justice: A Conceptual Review” (Jenkins *et al.*, 2015).

Figura 19

Relaciones entre principales autores de la justicia energética



Nota. Elaboración propia con base en Connected Papers.

El concepto de justicia energética, como la define Sovacool, se fundamenta en tres principios básicos:

- La existencia de una justicia distributiva

Implica la distribución equitativa de beneficios y cargas o externalidades negativas del desarrollo del sector energético. Plantea una pregunta de enfoque para este principio: ¿quién obtiene qué?

- La existencia de una justicia procedimental

Define la necesidad de una participación de todos los grupos (que sea incluyente) en los procesos de toma de decisiones energéticas. La pregunta de enfoque para este principio es ¿quién decide y cómo?

- La existencia de una justicia del reconocimiento

Entiende y recoge las necesidades específicas, usos y costumbres de comunidades vulnerables o marginadas. Pregunta enfoque: ¿a quién se escucha o se ignora?

A partir de los principios antes mencionados, el concepto plantea ocho elementos esenciales (Sovacool y Dworkin, 2015b) a tomar en cuenta en el desarrollo del sector energético:

1. La disponibilidad de energía: todas las personas tienen acceso a todos los tipos de energía requeridos para sus actividades.
2. La asequibilidad del recurso energético: el costo de los energéticos está al alcance de toda la población.
3. Un sector energético con noción del debido proceso (derechos humanos y legislación nacional e internacional): las leyes y el marco normativo que protege a las personas de afectaciones por el desarrollo del sector energético.
4. Información sobre la gestión energética de alta calidad: informar a las personas (transferencia de conocimiento) respecto de las mejores prácticas en el uso y generación de cualquier tipo de energía.
5. Sustentabilidad energética: Hace referencia al Informe de Desarrollo Sostenible en 1987, que en relación con el sector energético, establece la obligación de los gobiernos de garantizar el uso sostenible de sus recursos energéticos.
6. Equidad intrageneracional o justicia distributiva en el uso de la energía: 1ue los recursos energéticos estén al alcance de toda la generación presente.
7. Equidad intergeneracional o justicia distributiva en el uso de la energía: que los recursos energéticos estén al alcance de las generaciones futuras.
8. Responsabilidad de las naciones ante daños ambientales, externalidades negativas o costos sociales relacionados con el sector energético: 3ste último elemento relaciona la responsabilidad de los gobiernos de cada país de
 - a. Llevar al mínimo o restituir la degradación ambiental.
 - b. Cumplir al principio de “quien contamina paga”.
 - c. Proteger los recursos energéticos a las futuras generaciones.

- d. Reconocer el valor desde un enfoque ecosistémico de las especies no humanas cuidando su existencia.

En el contexto nacional, la LSE define la justicia energética (Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos, 2025) en su título primero, “disposiciones generales”, capítulo 1, artículo 3, numeral XXVIII, de la siguiente manera:

Acciones o Estrategias encaminadas a reducir la Pobreza Energética, las desigualdades sociales y de género en el uso de la energía e impulsar el desarrollo regional y la prosperidad compartida mediante el acceso a energía e infraestructura energética confiable, asequible, segura y limpia para la atención de necesidades básicas, la reducción de impactos en la salud y el medio ambiente. Incluye también la ampliación de espacios de participación inclusiva, principalmente de los pueblos originarios, en las cadenas productivas locales de los proyectos energéticos.

En el capítulo 4 de esta investigación se hará un análisis de esta definición en relación con la definición previamente mencionada.

2.10 Marco contextual

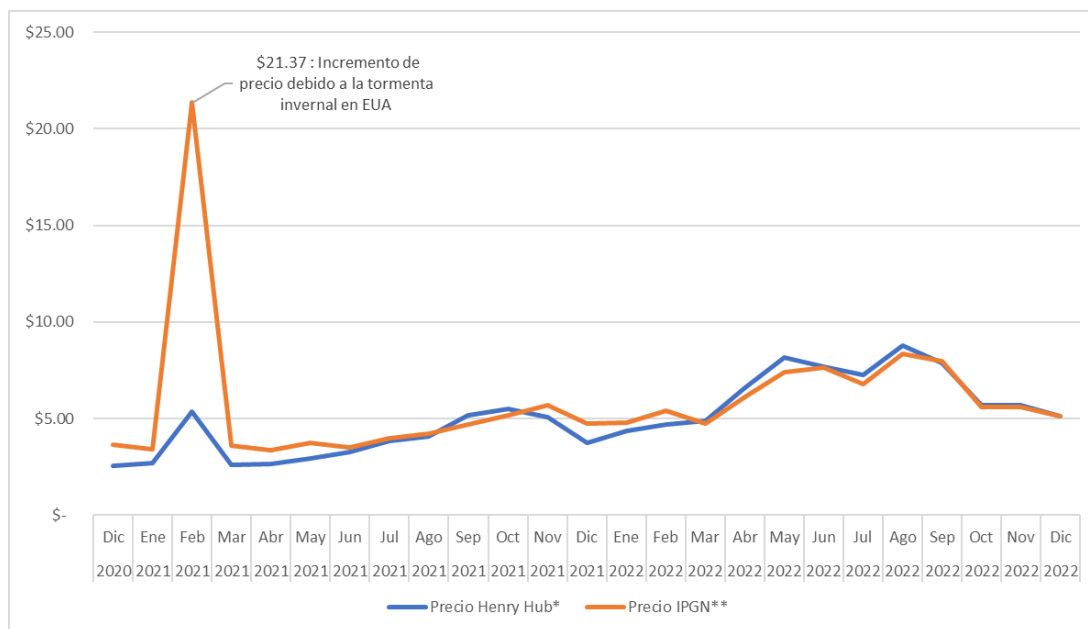
El desarrollo de esta investigación se realiza en un entorno de crisis energética mundial, donde el control de los recursos energéticos es motivo recurrente de disputas comerciales, invasiones y guerras armadas entre países. La transición a energías limpias para dejar de quemar combustibles fósiles y minimizar las emisiones de gases efecto invernadero (GEI), causa del cambio climático, se ha vuelto menos importante que contar con un suministro continuo de energía aunque sea contaminante.

Un ejemplo es la guerra entre Rusia y Ucrania iniciada en febrero de 2022 (Liobikiene *et al.*, 2023) obligó a países europeos a usar carbón para sustituir el gas que dejó de suministrar Rusia y cubrir sus necesidades de calefacción. Esta situación obligó a replantear el rumbo de las transiciones energéticas para combatir el cambio climático y los marcos legales respecto al manejo de los sectores eléctricos, como Francia, que el 6 de julio de 2022 anunció que nacionalizaba la totalidad de la empresa Électricité de France (EDS), buscando tener el control total de ese sector (McMahon, 2022).

México tampoco es autosuficiente respecto a su abasto de gas utilizado para generar energía eléctrica. Del 100 % utilizado, importa alrededor de 70 % (SENER, 2025), lo que lo hace vulnerable a posibles desabastos fuera de su control y con un precio del gas natural volátil que depende de mercado mundial, provocando un efecto equivalente en el costo de generación de la energía eléctrica. El comportamiento en los últimos dos años es el siguiente:

Figura 20

Comportamiento del precio del gas natural a precios corrientes (USD/MMBTU)¹⁸



¹⁸ MMBtu=millones de unidades térmicas británicas.

*Precio Henry Hub: Es la referencia en precios para el mercado del gas natural.

Nota. Elaborado con base en SENER (2022b).

Este contexto nacional e internacional le da pertinencia a buscar estrategias de generación y consumo que promuevan la seguridad e independencia energética de la población.

2.11 Contextualización temporal

La GED, como está definida, nace con el primer circuito de iluminación artificial del mundo en Pearl Street, NY, instalada por Thomas Alva Edison en 1882, ya que se alimentaba de un banco de baterías conectado directamente al circuito de iluminación y en la misma ubicación del circuito.

La historia de México respecto al desarrollo de la energía eléctrica (Ramos-Gutiérrez y Montenegro-Fragoso, 2012) inicia en el siglo XIX, y las fechas más importantes son las siguientes:

- 1879: Primera planta generadora termoeléctrica en León, Gto.
- 1889: Primera planta hidroeléctrica de 22KW instalada en Batopilas, Chi.
- 1898: Primer alumbrado público en México, D.F.
- 1900: Primer transporte de tranvías eléctricos en México, D.F.
- 1911: México cuenta con 30 empresas de energía eléctrica extranjeras.
- 1926: Se crea la Comisión Nacional de Fuerza Motriz y se expide el Código Nacional Eléctrico.
- 1930: Aproximadamente 6 millones de habitantes tienen acceso a la energía eléctrica y la mayor parte de los 18.3 millones de mexicanos viven en el campo dedicados a la agricultura.
- 1937: Se funda la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

****Precio IPGN:** Es el Índice de Referencia Nacional de Precios de Gas Natural al Mayoreo.

- 1960: Se realiza la expropiación de la industria eléctrica. En ese momento menos de 45 % de la población tenía acceso a la energía eléctrica. A partir de esa fecha, aumenta la cobertura del servicio eléctrico para la mayor parte de la población.
- 1992: El Gobierno federal emite reformas a la ley del servicio eléctrico, y se autorizan los primeros permisos para que empresas privadas nuevamente generen energía eléctrica.
- 2000: La cobertura del servicio eléctrico es de 95 % de los hogares en el país.
- 2013: Se aprueba en el Senado una reforma energética impulsada por el Gobierno federal que permite a empresas privadas, nacionales y extranjeras generar y vender energía eléctrica.
- 2016: En diciembre de ese año entra en vigor la reforma energética aprobada en 2013. La energía generada por empresas privadas deja de ser un bien o servicio público.
- 2020: En marzo de ese año llegó a México la pandemia por COVID. El uso de la energía eléctrica en casas habitación se incrementa.
- 2021: Una falla en la red nacional de transmisión deja sin energía al norte del país, provocada por una tormenta invernal y se detuvo el suministro de gas natural a México.
- 2022: El 24 febrero estalla la guerra entre Rusia y Ucrania, provocando una crisis energética mundial (incluyendo a México), cuyos síntomas y consecuencias siguen vigentes en 2026.
- 2026: Irán cierra el estrecho de Ormuz como consecuencia del conflicto armado con Estados Unidos.

2.12 Contextualización de los casos de estudio

Para la investigación, se seleccionaron dos casos de estudio, buscando identificar los factores que impiden o deberían facilitar el uso de GED en las comunidades rurales:

- 1) El Bachillerato Técnico bivalente Bartolomé de las Casas.
- 2) La Fundación Tosepan, A. C.

2.12.1 Bachillerato técnico bivalente Bartolomé de las Casas

Se seleccionó como caso de estudio al Bachillerato Técnico Bivalente Bartolomé de las Casas por tener las siguientes características:

- 1) Es una comunidad definida como socialmente madura (García Barrios y Moska Estrada, 2022).
- 2) El bachillerato está respaldado por los ancianos sabios de la comunidad (Valera Baeza, 2011).
- 3) El acceso a la comunidad y al bachillerato no es libre. Se encuentra en una zona en conflicto social. Fue posible visitarla solo en compañía de uno de los fundadores de la escuela mencionada, el Mtro. Ing. Juan Antonio Flores Aranda, quien tiene más de 25 años trabajando con la comunidad.
- 4) El abasto de energía eléctrica está limitado por la capacidad de pago del bachillerato, ya que opera con financiamiento no constante de organizaciones no gubernamentales extranjeras enfocadas en impulsar la educación, y debe justificarse y gestionarse año con año.
- 5) El bachillerato, por su modelo de estudios, funciona como vivienda temporal para los alumnos y para los profesores que no son de la comunidad, los cuales se hospedan ahí cuando el programa de cada curso lo demanda.
- 6) Al ser un centro de enseñanza reconocido en la comunidad, el proyecto de intervención tiene altas probabilidades de
 - a. Replicarse fuera del bachillerato y dentro de la comunidad una vez que se consolide.
 - b. Convertirse en un área de conocimiento o capacitación para los estudiantes.

- c. El programa de estudios del bachillerato implica que los alumnos permanezcan 24 horas del día, coman y duerman ahí semanas o meses completos según el curso o capacitación impartida, lo que hace que la escuela tenga características de vivienda comunitaria, y se pueda aplicar el IMPE que se diseñará.
- d. Los académicos y responsables del bachillerato tienen alta experiencia en proyectos de intervención, lo que maximiza las probabilidades de éxito de este caso de estudio.

Dicho bachillerato está ubicado en la comunidad de Guaquitepec, en el extremo sureste del municipio de Chilón, Chiapas.

Figura 21

Ubicación de la comunidad de Guaquitepec en el estado de Chiapas



Nota. Elaborado con RETScreen.¹⁹

¹⁹ RETScreen: software para el diseño de proyectos de energías limpias.

Guaquitepec, indicada a la izquierda en la parte central de la Figura 21, es una población dentro del municipio de Chilón, en el estado de Chiapas, con 3,511 habitantes según el censo de 2020, fundada antes de la llegada de los españoles al continente americano. Su población es 100 % indígena de origen tseltal (Valera Baeza, 2011). No se tienen datos en cuanto al nivel de pobreza específicos de poblado de Guaquitepec; sin embargo, en el municipio de Chilón el gobierno federal (Sistema de Información Social Georreferenciada, s. f.). reportó en 2022 que 96.9 % de la población padecía algún nivel de pobreza (53.2 extrema y 43.7 % moderada), con un promedio de consumo mensual de energía eléctrica per cápita de 130.54 kWh (Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías, s. f.).

La comunidad de Guaquitepec duró muchos años sin pagar energía eléctrica (no hay información exacta documentada) por estar en resistencia, como todo el estado de Chiapas (*Impulsan en Chiapas “resistencia civil”...*, 2007). La resistencia inicia con el movimiento zapatista en 1994 y se agudiza cuando el precio aumentó de 15 o 20 pesos por vivienda a niveles de \$800.00, sin que hubiera cambios en los hábitos o la cantidad de consumo (*ENFOQUE: Desobediencia al pago de la luz...* 2004).

La resistencia o conflicto en la comunidad llegó a estar tan “enredado” que, como ejemplo, había viviendas de personas reconocidas como bases de apoyo zapatistas que no pagaban nada y a las que nunca les cortaron el servicio, y en contraste, había viviendas que a pesar de pagar el mínimo, les cortaban el servicio ante la falta de pago, y en ocasiones, los técnicos de CFE terminaban amarrados de los postes hasta que aceptaban reconectar.

Actualmente, la comunidad tiene un acuerdo con la CFE para pagar precios fijos estimados por el consumo en las viviendas de la comunidad. Con este esquema no hay medición del consumo de manera periódica, lo que implica que si hay fallas en las líneas de distribución en baja tensión, tampoco se presentan a repararlas.

Se estableció la figura del Comité de luz o energía eléctrica con personas de Guaquitepec capacitadas por CFE para gestionar el servicio de eléctrico y arreglar la falta de servicio por fallas

en la red de distribución. CFE ya no les corta el servicio. Por lo platicado con ellos, muy poca gente no paga y entre los habitantes se ve mal que haya viviendas que no paguen nada.

2.12.2 La Fundación Tosepan, A. C.

Se seleccionó como caso de estudio a La Fundación Tosepan, A. C. por tener las siguientes características:

- 1) Es una comunidad definida como socialmente madura (García Barrios y Moska Estrada, 2022).
- 2) La fundación está respaldada por más de 30,000 socios de las nueve cooperativas que la forman (Unión de Cooperativas Tosepan, 2018).
- 3) El acceso a la comunidad, a pesar de ser libre, también se encuentra dentro de una zona de conflicto social, y se complica en época de lluvias por los derrumbes o deslaves de los cerros.
- 4) El abasto de energía eléctrica está limitado por constantes apagones en los circuitos que alimentan al municipio de Cuetzalan y los municipios de la zona.
- 5) Como parte del caso de estudio y de las necesidades de fundación, se desarrollará un proyecto para la formación de una cooperativa energética.

Fundación Tosepan A. C. es una asociación civil sin fines de lucro creada por la Unión de Cooperativas Tosepan. Su principal objetivo es fortalecer los proyectos de vida de los pueblos rurales e indígenas de la Sierra Nororiental del estado de Puebla, México (Unión de Cooperativas Tosepan, 2018). La fundación se ubica en el Municipio de Cuetzalan, Pue. Con base en información estadística (Secretaría del Bienestar, 2024), la población del municipio es de 52,154 habitantes y 82.4 % tienen algún nivel de pobreza (28.9 % extrema y 53.5 % moderada); el consumo promedio mensual de energía eléctrica es de 181.2 kWh (Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías, s. f.).

Es importante señalar que aunque la Fundación Tosepan tiene su base central en Cuetzalan del Progreso, Puebla, representa a cooperativas indígenas en un total de 30 comunidades, repartidas en 26 municipios de la Sierra Nororiental de Puebla y cuatro municipios de la Sierra Totonaca de Veracruz.

Figura 22

Ubicación de la comunidad de Cuetzalan del Progreso, Pue.



Nota. Elaboración propia.

La fundación está integrada por nueve cooperativas y tres asociaciones civiles. Estas organizaciones se formaron para alcanzar un desarrollo sustentable de las comunidades de campesinos e indígenas socios de las cooperativas, construyendo mejores condiciones de vida para las generaciones futuras. Las cooperativas que integran la fundación son nueve:

1. Tosepan Titataniske: Producción y comercialización de productos agrícolas.
2. Maseual Xicaualis: Acopio, procesamiento y comercialización de productos agrícolas.
3. Tosepantomin: Caja de ahorro y préstamo que ofrece servicios financieros.

4. Tosepan Tichanchiuaj: Construcción y mejoramiento de viviendas sustentables.
5. Tosepan Siuamej: Cooperativa de mujeres con proyectos económicos productivos.
6. Tosepan Pajti: Servicios de cuidado de la salud y servicios médicos, promoviendo la medicina tradicional.
7. Tosepan Kali: Servicios de ecoturismo y hospedaje sustentable.
8. Tosepan Ojtatsentekitinij: Producción, tratamiento, transformación y desarrollo de proyectos de construcción del bambú.
9. Tosepan Pisilnekmej: Producción y comercialización de miel de abejas meliponas, nativas de la región.

Las asociaciones civiles son tres:

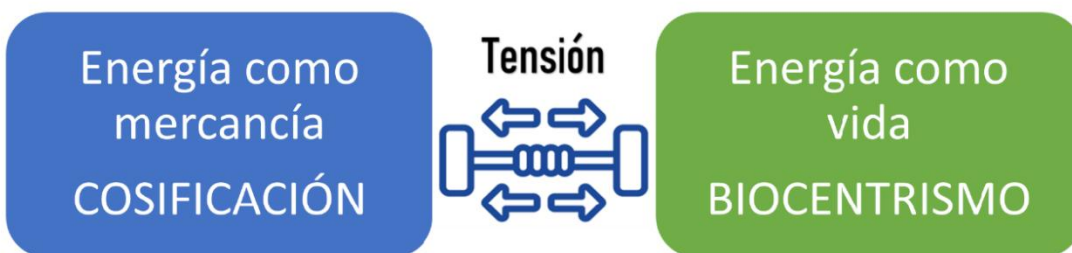
1. Fundación Tosepan A. C.: Brinda atención en áreas como salud, alimentación, educación, cultura, vivienda, gestión del territorio biocultural y capacitación.
2. Yeknemilis A. C.: Su nombre significa “el buen vivir” en náhuatl. Ofrece servicios de asistencia técnica y capacitación para proyectos productivos y de desarrollo comunitario.
3. Kaltaixpetaniloan A. C.: Traducido como “La casa donde se abre el espíritu” en náhuatl, es el centro de formación y capacitación. Se encarga de educar y capacitar a los actuales y futuros cooperativistas, promoviendo el desarrollo de habilidades y conocimientos necesarios para el fortalecimiento de la organización.

Esta organización formó parte activa del programa de investigación PRONAI (Proyectos Nacionales de Investigación e Incidencia) titulado “Para transitar a un sistema energético social y ambientalmente sustentable” (Fernandez Lomelín, Ramírez Domínguez *et al.*, 2023) realizada en siete localidades, incluida Cuetzalan y en coordinación con el extinto CONAHCYT. El proyecto finalizó el 30 de noviembre de 2024.

El programa tuvo como objetivo construir un modelo alternativo de gestión de la energía o “energía para el yeknemilis”²⁰ (Fernández Lomelín, Durán Olguín *et al.*, 2023) desde la cosmovisión de los pobladores plasmada en su plan de vida estratégico 2017-2057 y que se encuentra detallado en el código Masewal (Boege *et al.*, 2021).

Figura 23

Tensión entre formas de concebir al concepto de energía



Nota. Fernandez Lomelín, Ramírez Domínguez *et al.*, 2023, p.16.

En la investigación se hace una crítica al uso de la energía en las comunidades urbanas, donde la energía tiene un sentido de mercancía o artículo de compraventa en comparación con su visión de la energía como parte de la vida y de las actividades cotidianas.

En la etapa final del programa de investigación se seleccionaron dos ubicaciones con problemas de abasto de energía eléctrica y se están instalando dos sistemas de GED con almacenamiento utilizando tecnología solar fotovoltaica. Como se explica a detalle en el capítulo 5, no queda claro cómo se determina la instalación de los sistemas a partir de los resultados de la investigación.

El primer sistema de GED se instaló en la comunidad de Reyeshogpan, a 30 minutos del municipio de Cuetzalan, Pue., para dar servicio a todos los pobladores de la comunidad.

²⁰ El yeknemilis resume tanto principios y valores ancestrales de solidaridad comunitaria, espiritualidad, como parte integral de la naturaleza, relación social e intercambio económico solidario, así como aquellos principios surgidos de la experiencia de la organización cooperativista para una economía no extractivista.

El segundo sistema de GED se instaló en un taller de capacitación dentro de las instalaciones de la fundación en el municipio de Cuetzalan, Pue., para dar servicio al taller de capacitación cuando la red de CFE falle, lo que pasa todas las semanas.

Las características de los sistemas, los quehaceres atendidos, la capacidad de los sistemas y el análisis detallado de estos se detallarán en el capítulo 4 de esta investigación.

2.13 Referentes prácticos

La generación eléctrica distribuida se ha estudiado en el mundo desde enfoques diversos, como el técnico como los análisis para determinar el ángulo de inclinación óptimo de los paneles (Riccio Anastacio, 2025), el análisis de armónicos generados por los sistemas de GED (Paul *et al.*, 2023) o el comportamiento de los sistemas de GED al conectarse con las redes centralizadas (Toaza *et al.*, 2024); el económico respecto a la asequibilidad para los usuarios de estos sistemas (Rhenals-Julio *et al.*, 2025) y en el impacto medio ambiental del uso de tecnologías limpias (Yovera Cortez, 2025), entre otros enfoques.

En países en desarrollo este tipo de generación se ha usado para resolver problemas como el abasto de energía eléctrica que no es suministrada por los gobiernos o empresas, como respuesta o resistencia social por diferentes causas como desplazamientos forzados, para fortalecer la actividad económica de las comunidades o para evitar la instalación de megaproyectos de generación que no necesariamente benefician a las comunidades cercanas a la ubicación de estos. Cuatro ejemplos en Latinoamérica son los siguientes:

2.13.1 Sistema de GED en Chachapoyas, Amazonas, Perú

Como parte de un estudio de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM), en Perú, se instalaron dos equipos de GED de 100 watts de capacidad y una batería con capacidad de 100 Ah (amper hora) a dos familias sin acceso a energía eléctrica y con hijos

estudiando. El estudio buscó documentar la mejora en la calidad de vida “al contar luz de día en la noche y el centro de salud atiende emergencias en la noche [...]” (Barrena *et al.*, 2021).

El estudio de Miguel Barrena reportó como parte de sus resultados que las familias caso de estudio comentaron que el sistema de GED instalado mejoró su calidad de vida ya que

- a) Sustituyeron las velas o lámparas para iluminación, con lo que disminuyó la contaminación y riesgo de incendio en sus viviendas.
- b) La intensidad lumínica con energía eléctrica es mayor con focos que con velas o lámparas, mejorando las condiciones de lectura, su rendimiento académico y sus actividades nocturnas.
- c) Comenzaron a utilizar equipos eléctricos como radios, televisores y teléfonos celulares, lo que les permite espacios de diversión, mejorar su comunicación y estar actualizados de las noticias.

2.13.2 Cooperativas de energía en Argentina

En la ciudad de Amstrong, Argentina, la cooperativa CELAR creada a mediados primera mitad del siglo XX utilizaba generadores a diesel y baterías para generar y vender la electricidad de los habitantes de la localidad generar y vender energía eléctrica de manera regional, lo que les permitió tener el control de la disponibilidad de la energía (Garrido, 2018). Este modelo se repetía en gran parte de las ciudades rurales de la argentina con 600 cooperativas. Sin embargo, a finales de la década de los sesenta se inició el interconectado de dichas redes a la red nacional con los generadores adquiridos y controlados por grandes empresas cuyo costo en esa época, era menor que el de las cooperativas. En la actualidad la generación desde estas cooperativas prácticamente dejó de existir.

2.13.3 Luz de los Héroes y Mártires de la Resistencia

Consistió en un proyecto de generación de energía eléctrica en la Zona Reina dentro del municipio de Uspatán, departamento de Quiché en Guatemala, realizado por indígenas organizados. Al término del desplazamiento y exclusión provocados por el conflicto armado, decidieron construir un generador hidráulico para la comunidad “31 de mayo” de 760 familias (Cofiño Kepler, 2014).

Este proyecto se realizó en 2002 como necesidad para contar con un centro de salud, una escuela para los niños y como contrapropuesta a los proyectos de generación a gran escala, que normalmente van acompañados de desplazamientos forzados de las comunidades cercanas. La comunidad está formada por personas reasentadas después de la guerra en la década de los 80. Con la producción de energía la comunidad logró diversificar tipos de cultivos y contó con capacitación profesional para las personas que trabajaban en ese ramo.

2.13.4 Red ciudadana de energía alternativa

Se presentó en 2019 una iniciativa en Mérida, Yucatán (Zarate Toledo, 2022), para impulsar el uso de la energía renovable distribuida con participación de la ciudadanía, a través de una red de sistemas de GED con tecnología solar fotovoltaica en los espacios en azoteas y áreas disponibles con sol en espacios públicos. En la propuesta participaron varios actores: la autoridad municipal y diversas organizaciones sociales de la ciudad.

En la realidad la propuesta no se llevó a cabo, salvo en un caso donde la red impulsó una legislación local que impulsó la formación de la red, facilitó la instalación de 1,208 paneles solares con aproximadamente 324 kW de capacidad instalada en la empresa Botanas Lupita en un esquema de autoconsumo de la fábrica.

3. Metodología

3.1 Postura epistemológica

Esta investigación se desarrolló a través diálogos y trabajo de campo con personas y actores sociales involucrados en el uso de los sistemas de GED. La investigación se realizó utilizando una metodología mixta, combinando herramientas cuantitativas, cualitativas y desde dos posturas epistemológicas. Estas posturas son las siguientes:

- Constructivista: el conocimiento se construye a partir de la interacción entre los sujetos o agentes y la realidad que se investiga y no como algo que simplemente se descubre y es universalmente válido, sino como algo que los seres humanos construyen de manera activa.
- Hermenéutica: sostiene que la realidad social se interpreta y no se descubre de manera objetiva; que el conocimiento se construye a través de
 - El diálogo
 - El contexto histórico
 - Los significados compartidos

Establece que no existe una única verdad sino múltiples interpretaciones posibles y válidas. El investigador se reconoce como parte del proceso, interpretando la realidad desde sus propios preconceptos.

3.2 Diseño de investigación, metodología y herramientas seleccionadas

3.2.1 Metodología

A partir de las posturas mencionadas, el uso de sistemas de GED en comunidades rurales se investigó como un fenómeno complejo a partir de diálogo e interacción desde dos contextos

diferentes y con dos tipos de sujetos de estudio: desde los actores que conocen, controlaron y controlan el Sector Eléctrico Nacional (SEN) en la CFE y la SENER y desde comunidades rurales como sus usuarios potenciales. Se decidió esta aproximación al fenómeno porque son posturas que reflejan realidades encontradas, que requieren un estudio en conjunto.

En el caso de los actores que controlan el SEN, se dialogó y se documentó la percepción que tienen en el uso de esta tecnología como política pública en comunidades rurales. En el caso de las comunidades rurales se buscó entender el significado que tiene para ellos el concepto de energía y su experiencia en el uso de la GED en caso de haberla tenido o del proceso de electrificación de sus comunidades.

Los objetivos se seleccionaron como el camino para lograr un diálogo con el rigor de una investigación doctoral, entre las respuestas encontradas desde ambas posturas o entre actores de ambas posturas y para señalar que hace falta para que la GED sea una herramienta de la justicia energética. La selección de las comunidades rurales descritas en la contextualización de los casos de estudio (sección 2.12) se realizó buscando que fueran comunidades socialmente maduras (García Barrios y Moska Estrada, 2022), que padecieran problemas con el abasto de energía eléctrica y que el tamaño de la comunidad fuera suficientemente grande para representar a la región donde se encuentran.

3.2.2 Métodos y herramientas

Se realizó un análisis de la realidad respecto al uso de la GED desde dos posturas diferentes. En la primera están los actores (organizaciones sociales o personas) que gestionan y administran la energía, y en la segunda los que tienen la necesidad de consumir la energía para satisfacer sus necesidades.

- A. Se identificó desde actores del sector energético (SENER, CFE) los factores que impiden o deberían facilitar que la GED llegue a comunidades con pobreza energética.

- B. Se Identificaron los factores que impiden o deberían facilitar el uso de GED en comunidades caso de estudio.

Una vez realizado en análisis, se requirió determinar cuántos tipos y cuanta energía se consume en las viviendas, a partir de los hábitos de consumo de las personas.

- C. Establecer la matriz energética de las personas en las comunidades caso de estudio.

Después se relacionó la información de los tres primeros objetivos para encontrar en qué condiciones se puede usar la GED como política pública.

- D. Diseñar un manual de procedimientos para el uso de sistemas de GED que sirva como guía para futuros proyectos, con base en los hallazgos encontrados en la investigación.

Para conocer si la energía consumida en las viviendas es suficiente, se diseñó una herramienta que mide la cantidad de energía que se consume, comparándola con la necesaria para no tener carencias en la vivienda y poder cuantificar niveles de suficiencia o pobreza energética.

- E. Diseñar un Indicador Multidimensional de Pobreza Energética (IMPE).

La última etapa de la investigación documentó si dentro de los resultados y el análisis de estos existe información para incidir en decisiones de gobierno.

- F. Establecer cuáles resultados de esta investigación pueden servir como requisitos o se pueden convertir en política pública.

Se utilizaron herramientas como trabajo documental en las comunidades caso de estudio seleccionadas, utilizando cursos de capacitación, talleres, encuestas, entrevistas o revisión bibliografía existente respecto al tema energético.

También se realizaron reuniones con informantes estratégicos que son o fueron parte importante del sector eléctrico mexicano, utilizando entrevistas semiestructuradas y no estructuradas, analizadas con herramientas para investigación cualitativa.

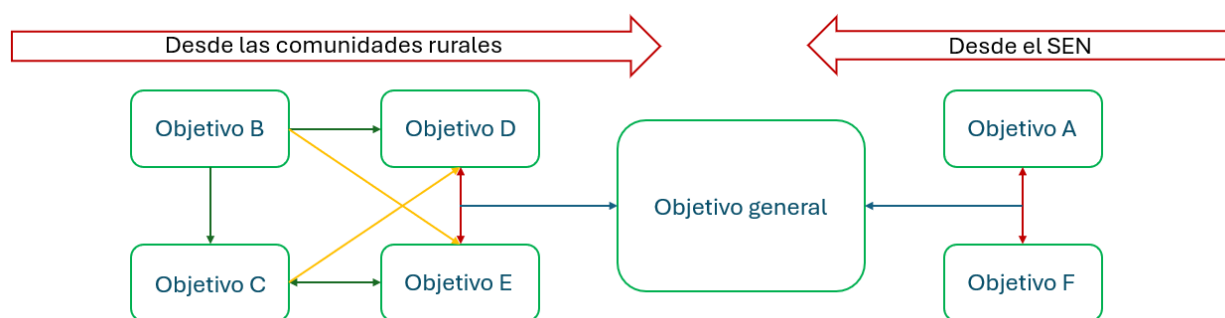
Por último, se realizaron visitas de trabajo a la SENER para documentar lo indicado por las leyes energéticas del gobierno mexicano desde la visión de los conceptos de *pobreza energética* y *justicia energética* abordados en el capítulo 2, a través de reuniones, elaboración de

reportes con análisis de información oficial y análisis de información oficial generada en esa dependencia.

Con base en lo anterior, los objetivos secundarios planteados para dar cumplimiento al general se relacionan entre sí y con el general de la siguiente manera:

Figura 24

Diagrama heurístico: Lógica de relación entre objetivos



Nota. Elaboración propia.

Desde las comunidades rurales, el como parte del cumplimiento del objetivo B se documentó algunas características del consumo de energía como uno de los factores para el uso de la GED y como requisito previo para documentar la matriz energética del objetivo C y como información para cumplir con la elaboración del manual del objetivo D. El objetivo C fue uno de los insumos para el diseño del objetivo E. Todo lo anterior ayudó a cumplir el objetivo general.

Desde los actores del SEN, lograr establecer los factores para el uso de la GED (objetivo A) fue requisito para cumplir el objetivo general y por último el objetivo F le dio soporte al general y ayudó a contestar la pregunta de investigación al documentar si hubo aspectos de la investigación que sirvieron como política pública.

Siguiendo una lógica secuencial, a continuación, se describen tanto el método como las herramientas usadas en cada uno de los objetivos secundarios planteados para dar cumplimiento al general, que busca contestar la pregunta de investigación.

3.2.3 Objetivo A

Identificar desde actores del sector energético (SENER, CFE) los factores que impiden o deberían facilitar que la GED llegue a comunidades con pobreza energética.

- Método: Mixto
- Herramientas: Entrevistas semiestructuradas, no estructuradas, reuniones de trabajo y reportes de análisis de información.

Con la información obtenida, en los documentos de análisis se usaron herramientas como Atlas Ti, tablas de Excel, gráficas y distribución de frecuencias, para explicar y dar coherencia los resultados obtenidos.

3.2.4 Objetivo B

Identificar factores que afectan o favorecen el uso de GED en comunidades caso de estudio.

- Método: Mixto
- Herramientas: Talleres de investigación-acción participativa, entrevistas no estructuradas, análisis de bibliografía existente y encuestas.

Con la información obtenida, se usaron herramientas como Atlas Ti, tablas de Excel, gráficas y distribución de frecuencias, para explicar y dar coherencia los resultados obtenidos.

3.2.5 Objetivo C

Establecer la matriz energética de las personas en las comunidades caso de estudio.

- Método: Mixto.

- Herramientas: Talleres de investigación-acción participativa, encuestas y revisión de bibliografía existente.

Con la información obtenida, se usaron herramientas como Atlas Ti, tablas de Excel, gráficas y distribución de frecuencias, para explicar y dar coherencia a los resultados obtenidos.

3.2.6 Objetivo D

Diseñar un manual de procedimientos para el uso de sistemas de GED que sirva como guía para futuros proyectos, con base en los hallazgos encontrados en la investigación.

- Método: Mixto
- Herramientas: Bases de datos en Excel y manuales en PDF.

Se generó un documento que describe el procedimiento a seguir y los atributos requeridos para la instalación de sistemas de GED en comunidades rurales con pobreza energética. Se diseñó un diagrama unifilar que explique cómo se debe conectar un sistema de GED a un centro de cargas en cualquier inmueble, usando como ejemplo un sistema de 3 kW de potencia pico²¹ instalada.

3.2.7 Objetivo E

Diseñar un Indicador Multidimensional de Pobreza Energética (IMPE).

- Método: Cuantitativo.
- Herramientas: Modelado de sistemas complejos en plataforma Insight Maker.

Se diseñó un modelado que permite medir la cantidad de energía que entra y sale de una vivienda, y a partir de ahí, establecer mínimos de consumo energético para viviendas en comunidades rurales de México que les permitan satisfacer todas sus necesidades energéticas.

²¹ Potencia pico: potencia máxima entregada con base en la capacidad del equipo instalado.

3.2.8 Objetivo F

Establecer cuáles resultados de esta investigación pueden servir como requisitos o se pueden convertir en política pública.

- Método: Mixto.
- Herramientas: Bibliografía oficial: leyes del sector eléctrico mexicano y reglamentos de las leyes.

Se generó un documento que analiza si las visitas de trabajo en la SENER, las sugerencias realizadas y las propuestas hechas como el modelado antes descrito tuvieron impacto, formaron parte o tienen posibilidades de convertirse en parte de las políticas públicas en materia energética de México.

3.3 Actividades y acciones

El trabajo campo de esta investigación comenzó con una visita inicial a la comunidad caso de estudio del estado de Chiapas para conocerla, validar las condiciones de acceso a la localidad y tener una entrevista inicial con los responsables del bachillerato.

Después se realizaron las entrevistas a actores del sector eléctrico nacional, se dio continuidad a las actividades en las dos comunidades caso de estudio, regresando al estado de Chiapas, iniciando en la Fundación Tosepan, A. C., y por último, se realizaron las visitas de trabajo a la SENER.

El modelado para determinar los niveles de consumo energético en la vivienda se desarrolló a partir de las visitas de las comunidades caso de estudio.

Las actividades de campo realizadas como parte de esta investigación están en línea con el diseño de la investigación definido en la postura epistemológicas del apartado 3.1 de este documento, y en el capítulo 4 se detallan las actividades realizadas, los resultados encontrados

y el análisis de estos. A continuación, se presenta el calendario de las actividades llevadas a cabo:

Tabla 12

Trabajo con actores sociales del sector energético

Objetivo	Actividad	2024										2025					
		mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun
A	Entrevistas semiestructuradas hacia actores responsables de la GD																

Nota. Elaboración propia.

Se realizaron entrevistas a personas con experiencia en puestos directivos de alto nivel en la CFE, la CRE y en la SENER.

Tabla 13

Trabajo con actores sociales del sector energético

Objetivo	Actividad	2025										
		feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
A, E y F	Trabajo de campo en la SENER											
E	Trabajo de campo en la SEDES del gobierno del estado de Jalisco											

Nota. Elaboración propia.

Se realizaron visitas de trabajo en el Gobierno federal en la SENER, específicamente en la Subsecretaría de Electricidad y en la Subsecretaría de Planeación. Además, se atendió una invitación del estado de Jalisco en la Secretaría de Desarrollo Energético Sustentable para participar en mesas de trabajo sobre justicia energética.

Tabla 14

Actividades en comunidades (caso de estudio)

Objetivo	Actividad	2024									
		mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
B	Reuniones de investigación en Cuetzalan, Pue.										
B, C y E	Talleres de capacitación técnica en Cuetzalan, Pue.										
B	Asesorías para la instalación de sistemas de GD en la Fundación Tosepan, A. C.										

Nota. Elaboración propia.

Se realizaron visitas a la Fundación Tosepan, A. C., donde se impartieron cursos de capacitación, se dio asesoría técnica y se analizaron documentos del PRONAI (Fernandez Lomelín, Ramírez Domínguez *et al.*, 2023).

Tabla 15

Actividades en comunidades (caso de estudio)

Objetivo	Actividad	2023	2024
----------	-----------	------	------

		ago	sept	oct	nov	dic	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sept	oct	nov	dic
B, C y E	Taller de investigación, acción participativa en Guaquitepec, Chis.																	
B, C y E	Encuestas en Guaquitepec, Chis.																	
B y C	Entrevistas semiestructuradas hacia actores encargados de la red eléctrica en Guaquitepec, Chis.																	

Nota. Elaboración propia.

Se realizó trabajo de campo en el Bachillerato Bartolomé de las Casas en Guaquitepec, Chis. Se impartió un taller de trabajo y se aplicaron entrevistas no estructuradas.

3.4 Definición de categorías de análisis, variables, indicadores

Para dar orden metodológico a la investigación, se le asignó a cada objetivo

- 1) Categoría de análisis particular.
- 2) Variables que se quieren medir.
- 3) Indicadores de medición.

Como ejemplo, el objetivo 1 se estructura de la siguiente manera:

Tabla 16

Actividades de trabajo de campo

Objetivo	Categoría de análisis	Variables a medir	Indicadores de medición
----------	-----------------------	-------------------	-------------------------

A	Identificar desde actores del sector energético (SENER, CFE) los factores que impiden o facilitan que la GD llegue a comunidades con pobreza energética	Percepción institucional y análisis marco normativo	1) Factores técnicos; 2) Factores regulatorios y normativos; 3) Percepción institucional sobre GD	1) Documentar factores identificados; 2) Identificación de percepción institucional a través de a) frecuencia de menciones, b) análisis de sentimiento
---	---	---	---	---

Nota. Elaboración propia.

En el [Anexo 3](#) se puede consultar la tabla detallada con todos los objetivos y su categoría de análisis, variable e indicadores de medición.

3.5 Consideraciones éticas

Una característica central de esta investigación doctoral consiste en el apego a consideraciones éticas reconocidas internacionalmente. Dentro de la investigación se tomaron en cuenta las siguientes:

3.5.1 Consideraciones éticas generales y de recolección de datos

En el trabajo de investigación se requirió de acceso a información confidencial de las comunidades caso de estudio. Por lo tanto y para respetar la confidencialidad de la información obtenida, en todos los casos se pidió autorización y consentimiento a los participantes, indicándoles en qué consistió el proyecto y los alcances de su participación.

En todo momento se protegió la identidad de las personas que participaron en la investigación. En el trabajo de investigación se realizaron entrevistas a personas con posiciones clave en el sector eléctrico nacional. La identidad de los entrevistados y el extenso del contenido

con los datos obtenidos en las entrevistas no se publicaron en el documento final de la tesis. Solo se publicaron los resultados de la información sistematizada y ordenada.

Se entregaron cartas de confidencialidad para garantizarle a las personas que participaron en la investigación que la información no se compartió fuera del ámbito de esta.

Esta investigación no contiene ningún elemento que provoque daños físicos a ninguna persona o ser vivo y no genera daños psicológicos o sociales a los involucrados en la investigación.

3.5.2 Consideraciones éticas en el diseño metodológico

La investigación se realizó respetando los estándares académicos. Se usaron los instrumentos pertinentes para la metodología utilizada. Se detalla cómo se sistematizaron, se analizaron los datos y cómo se obtuvieron los resultados.

Se utilizó la norma APA 7 para garantizar el correcto uso de citas en información como marco de referencia y estado del arte de esta investigación, respetando el crédito a las fuentes consultadas.

El documento de la tesis se revisó con programas de revisión de posible plagio para garantizar la originalidad de este.

El contenido de la información de toda la investigación estará a disposición solo del comité tutorial cuando sea necesario para la evaluación de la tesis y respetando los reglamentos de privacidad y protección de datos que indicados en el programa de estudios del Doctorado en Hábitat y Sustentabilidad del Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Occidente.

Por último y como parte del protocolo de investigación, se entregó la declaración de ética al Consejo del Programa Académico.

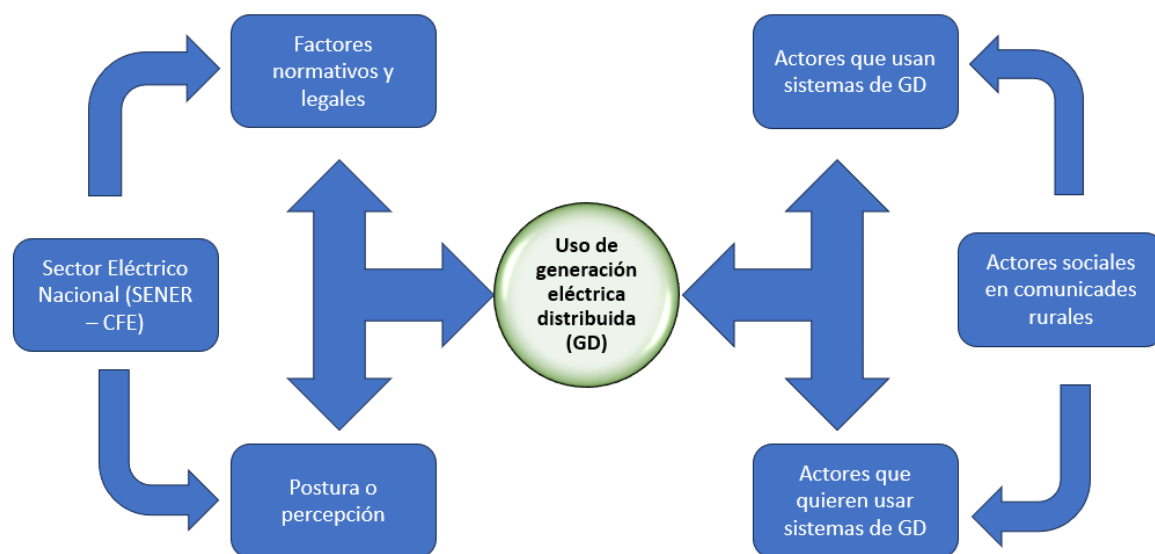
4. Investigación en campo y resultados

4.1 Análisis de la información del trabajo de campo y reporte de resultados de la investigación

El detalle de las actividades de investigación en campo, sus resultados y el análisis de estos se presentan a continuación con base en el abordaje planteado al inicio de la investigación respecto a la percepción de los actores.

Figura 25

Diagrama heurístico: percepción de actores



Nota. Elaboración propia.

La Figura 25 indica que se documentará la percepción de los actores desde dos extremos: por un lado, desde los usuarios de la energía en las comunidades rurales y por el otro, desde las dependencias y organizaciones que controlan el sector eléctrico desde el Gobierno federal.

En la práctica el trabajo en campo se realizó con otra secuencia y con base en las agendas de los actores sociales investigados, lo que ocasionó que el trabajo se desarrollara al mismo tiempo para el cumplimiento de varios objetivos. Para dar un orden y coherencia a los resultados, se presentarán de la siguiente manera:

- I. Las entrevistas a actores del sector eléctrico nacional, cuya información forma parte del cumplimiento de los objetivos A y F.
- II. El trabajo de campo en las comunidades caso de estudio, cuya información forma parte del cumplimiento de los objetivos B, C, D y E.
- III. El trabajo de campo en la SENER, cuya información forma parte del cumplimiento a los objetivos A, D, E y F.
- IV. Trabajo de campo en la SEDES (Secretaría de Desarrollo Energético Sustentable) para desarrollar un indicador de pobreza energética.

4.2 Entrevistas a actores del SEN

Se realizaron entrevistas a seis personas con experiencia en puestos directivos de alto nivel en la CFE, en el área comercial, de finanzas, de generación, distribución y con experiencia en varias áreas de sector eléctrico nacional: en la extinta CRE y en la SENER. Las entrevistas llevaron una secuencia inicial con base en las herramientas elaboradas en formato de Excel (véase [Anexo 4](#)), y a partir de dicha base la entrevista tomaba el camino que cada entrevistado consideraba importante para el tema abordado.

En todos los casos la entrevista fue virtual, y se realizaron dos tipos de análisis con dos herramientas distintas. Primero se hizo utilizando el programa Excel y después utilizando el programa Atlas Ti para el proceso de análisis cualitativo. En ambos casos se buscó detectar los factores o percepciones que impiden o facilitan el uso de la GED en comunidades rurales.

4.2.1 Análisis utilizando el programa Excel

Las respuestas y los comentarios obtenidos a partir de las entrevistas se vaciaron en una base de datos, los cuales se acomodaron inicialmente por encuestado y después se clasificaron por tema o aspecto preguntado. La base de datos se puede consultar en el [Anexo 5](#). Del resultado de la información vaciada y sistematizada se rescatan los siguientes conceptos más relevantes:

- 1) Todos los entrevistados conocen el concepto de GED y se entiende que brinda niveles diferentes de autonomía energética, dependiendo del esquema de conexión y si cuenta o no con almacenamiento. “Será muy importante establecer la GED como parte digamos de un soporte de un sistema eléctrico [en] aquellos lugares en donde no vaya a llegar la electricidad” (Entrevistado 4, Atlas Ti, 2025).
- 2) Los entrevistados refieren el uso de la GED como una herramienta asistencial para comunidades sin acceso a la electricidad.
- 3) Cuando estos sistemas son instalados, no se consideran los aspectos sociales y culturales de las comunidades para que sean sostenibles a largo plazo.
- 4) No existe un seguimiento a las condiciones de las instalaciones realizadas ni al uso que se hace de ellas. Como ejemplo está el FSUE, programa establecido desde el sector energético, en el que no tiene estipulado en sus alcances un seguimiento posterior a los equipos instalados.
- 5) Aunque los entrevistados conocían la existencia del FSUE, no hubo forma de documentar una percepción de éxito o fracaso del programa a partir de los comentarios en las entrevistas.
- 6) En el análisis de las entrevistas se documentó que a pesar de la falta de seguimiento en el FSUE, la opinión de los entrevistados es que no hay capacidad de apropiación

tecnológica²² de los sistemas en las comunidades donde son instalados para mejorar la suficiencia energética de las personas que ahí viven, mencionando como evidencia casos en que los equipos “desaparecen” o son vandalizados poco tiempo después de su instalación. “Ahora, si les pones paneles, resulta que prefieren comer [antes] que tener electricidad. No. Entonces regresa a los 2 meses y ya no hay paneles porque los vendieron” (Entrevistado 5, Atlas Ti, 2025).

- 7) Se menciona la pobreza como un indicador para buscar la justicia en el acceso a la energía desde cualquier fuente; sin embargo y al momento de la realización de las entrevistas de marzo a mayo de 2024 y en una segunda etapa en abril de 2025, se refirió por parte de los entrevistados que no existe una definición oficial del concepto de pobreza energética y que no se toma en cuenta en los apoyos o programas que se realizan. Solo se menciona el concepto de pobreza desde su concepción más coloquial, sin hacer referencia a cifras o definiciones oficiales. “Nunca me había metido a ver la pobreza energética” (Entrevistado 2, Atlas Ti, 2025).
- 8) Se detectó una percepción ambigua respecto al desempeño técnico de la GED. Por un lado, hay preocupación por su impacto los parámetros de la calidad de energía eléctrica que se inyecta como excedentes a las redes de distribución y transmisión; por otro, se reconoce que con una buena planeación y control puede ser una solución para evitar la saturación en las redes de distribución o transmisión al sustituir la energía que satura el nodo por la almacenada en el punto de consumo y que no pasa por la red centralizada. “Los dos principales problemas técnicos que ves son la intermitencia de las limpias y la calidad en cuestión a los parámetros de la inyección de la energía” (Entrevistado 2, Atlas Ti, 2025). “Puede utilizarse como complemento o sustitución de la generación de

²² En la investigación se definirá el concepto de *capacidad de apropiación tecnológica* como el proceso mediante el cual un individuo toma control y hace propio un artefacto o herramienta tecnológica, integrándolo en sus prácticas cotidianas (Fernández Morales *et al.*, 2015).

electricidad que tiene un sistema eléctrico; entonces estamos hablando de una generación de electricidad como en un nodo cercano a los centros de consumo” (Entrevistado 4, Atlas Ti, 2025).

- 9) Se comentó la existencia de un tema en el país que frena el impulso de la GED. Existen limitantes regulatorias y normativas para la adquisición de equipos o certificaciones requeridas en los equipos y que solo favorecen a un país importador. Estas reglas se encuentran plasmadas en el Tratado de Libre Comercio (T-MEC), causa de una limitante en la autonomía energética.

Cuando se está implementando un concurso en este tema y por precio ganó una empresa China, no por mucho, además, se tuvo una llamada de la embajada norteamericana en inglés, así te digo, en serio, para reclamar que estaba se estaba violentando los términos del Tratado de Libre Comercio con ellos y con Canadá, aunque no fuera para venta, aunque fuera para un tema social (Entrevistado 4, Atlas Ti, 2025).

Con base en el análisis realizado en Excel, se encontró que los entrevistados coinciden en que una condición para el impulso de programas y políticas de GED es la rentabilidad, pero tienen diferentes percepciones respecto a la rentabilidad²³ de los sistemas. Una mención al respecto en una de las entrevistas fue que el costo de la energía a través de la red pública es muy complicado de determinar.

“¿Cuál tendría que ser el nivel, un precio mínimo de la energía, para que comisión fuera rentable? Ese es otro doctorado” (Entrevistado 6, Atlas Ti, 2025). Esta afirmación refuerza la complejidad para establecer el costo de la energía a través de las metodologías actuales y es

²³ “La rentabilidad es la capacidad de una empresa para generar utilidades en relación con los recursos que utiliza” (Gitman y Zutter, 2012, p. 544).

consistente con la investigación que se realizó al INAI respecto al costo de la energía comentada en la sección 2.2 del estado del arte.

4.2.2 Análisis utilizando el programa Atlas Ti

Después del análisis con el programa de Excel, se vaciaron las transcripciones de las entrevistas en este programa. Se realizaron análisis utilizando las siguientes herramientas:

- ✓ La frecuencia de palabras para ubicar los conceptos más verbalizados por los encuestados como un primer acercamiento a la información obtenida.
- ✓ El análisis de sentimiento como un primer paso para identificar las opiniones y actitudes expresadas en la información de las entrevistas.
- ✓ La codificación de los comentarios de los entrevistados para clasificarlos en categorías y subcategorías de códigos.
- ✓ Generación de redes, a partir de las categorías de códigos definidas para ver cuál categoría tiene más peso respecto a las otras.

La herramienta de frecuencia de palabras arrojó el siguiente mapa:

Figura 26

Conceptos más repetidos en las cinco entrevistas realizadas



Nota. Elaboración propia en ATLAS.Ti.

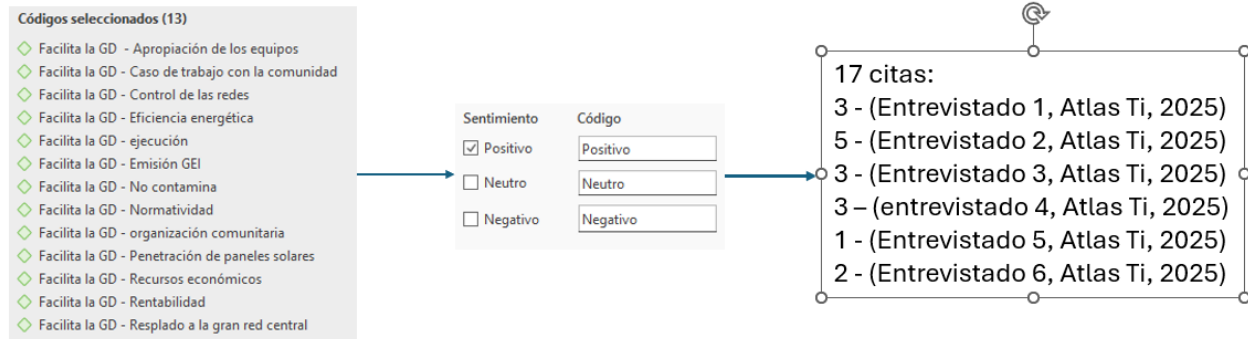
La Figura 26 indica que las palabras más repetidas en las transcripciones de las entrevistas en relación con el uso de la GED son las de mayor tamaño. Llama la atención su relación con el concepto de paneles y de electricidad, y no palabras que hagan referencia a otras tecnologías como la hidráulica, la eólica o los generadores con uso de combustibles, también usadas para este esquema.

Con la herramienta de análisis de sentimiento se detectó si las respuestas de los entrevistados tienen frases positivas, neutras o negativas respecto a la relación con las categorías y subcategorías de los códigos seleccionados.

Se relacionó de manera inicial la categoría llamada “Facilita la GED” con los códigos que incluyeran las 13 subcategorías definidas en la revisión de las entrevistas, detectando en cuántas citas se percibía la GED de manera favorable para su uso en comunidades rurales. El resultado del análisis con la herramienta del Atlas Ti fue el siguiente:

Figura 27

La facilidad en el uso de la GED



Nota. Elaboración propia.

Se encontraron 17 citas dentro de la codificación establecida. Un ejemplo de las citas categorizadas en el sentido de ser un respaldo a la red centralizada es el siguiente: “Puede utilizarse como complemento o sustitución de la generación [...]. Entonces, estamos hablando de una generación de electricidad como en un nodo cercano a los centros de consumo” (Entrevistado 4, Atlas Ti, 2025).

Las citas más destacadas con conceptos y percepciones positivas respecto al uso de GED en los entrevistados son en las siguientes dimensiones:

Desde la social, el reconocer que se necesita que las comunidades se apropien los equipos (que los perciban suyos); que se requiere organización y trabajo comunitario para que tenga viabilidad el uso de estos sistemas.

Desde la técnica, los sistemas pueden ser una herramienta para el control de las redes (de distribución) de CFE porque generan energía que no pasa por los circuitos, evitando saturaciones de energía; como respaldo en caso de que se accionen protecciones o interruptores automáticos cortando el suministro eléctrico de la red pública de CFE, sustituyéndolo por energía

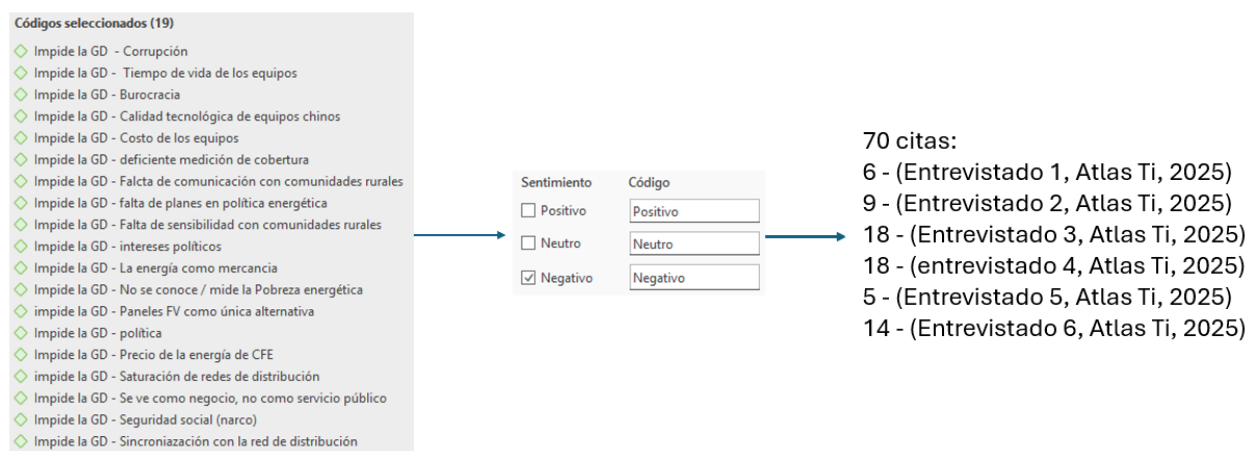
desde las baterías de los sistemas GED; además, son equipos que promueven la eficiencia energética porque provocan que los usuarios sean más conscientes de cuanto y como consumen.

Desde la medioambiental, la energía generada eléctrica generada y consumida por los sistemas de GED son menos contaminantes que en la red centralizada, porque no emite GEI en el proceso de generación de energía eléctrica.

Después, se relacionó la categoría llamada “Impide el uso de la GED” con los códigos que incluyeran las 19 subcategorías definidas, detectando en cuántas se percibía la GED como impedimento para su uso en comunidades rurales. El resultado del análisis con la herramienta del Atlas Ti fue el siguiente:

Figura 28

Los impedimentos en el uso de la GED



Nota. Elaboración propia.

Se encontraron 70 citas dentro de la codificación establecida. Un ejemplo de las citas categorizadas respecto al uso de la energía como negocio y no como servicio es el siguiente: “La GED y específicamente la solar tiene sentido económico para altos consumos porque de otra manera no pagas el... o sea, no hay retorno” (Entrevistado 6, Atlas Ti, 2025).

Los entrevistados reflejaron cuatro veces más citas con conceptos o percepciones negativas para el uso de los sistemas de GED que en el caso anterior y aparecen más dimensiones como las siguientes:

La política, con la falta de planes en política energética, intereses políticos que ven la energía como un negocio y no como servicio, una política de precios del servicio eléctrico que no mejora la rentabilidad económica de los sistemas o la no existencia de una política energética para el uso de la GED en comunidades rurales.

La normativa y legal, con la falta de una metodología para la medición de la pobreza energética, una deficiente medición de la cobertura eléctrica y la corrupción en el servicio de CFE.

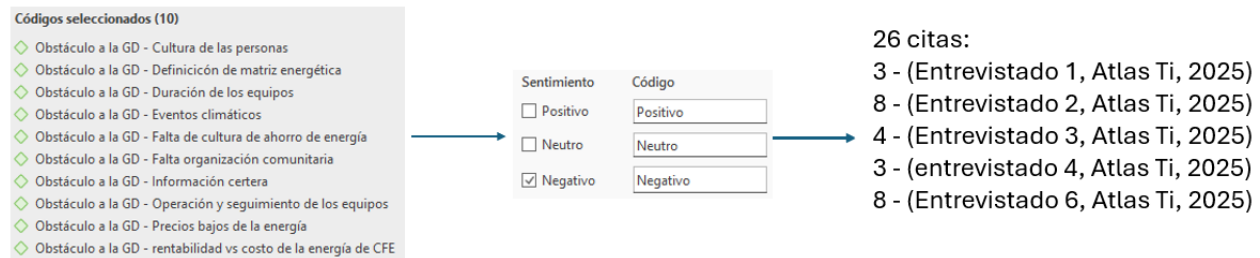
La económica y comercial, con un costo de los equipos que no es asequible para toda la población y que se percibe como única opción los paneles fotovoltaicos, sin tomar en cuenta otras tecnologías.

Además aparece nuevamente la social, al reconocer que no hay comunicación ni sensibilidad hacia las comunidades rurales cuando se realizan proyectos de electrificación o al instalar sistemas de GED, por lo que al no haber interés por parte de la comunidad, los equipos no son usados, se desinstalan o se dañan.

En otro análisis, se relacionó la categoría llamada “Obstáculo a la GED” con los códigos que incluyeran las 10 subcategorías, detectando en cuántas citas se percibía que había obstáculos para el uso de la GED en comunidades rurales. El resultado del análisis con la herramienta del Atlas Ti fue el siguiente:

Figura 29

Los obstáculos en el uso de la GED



Se encontraron 26 citas dentro de la codificación establecida. Un ejemplo de las citas categorizadas respecto a percepción de baja rentabilidad respecto a los circuitos de distribución de la red centralizada es el siguiente: “Donde no puedas meter cable más tarde cable que se jodan, que se aguanten hasta que llegue” (Entrevistado 6, Atlas Ti, 2025).

En este análisis, las citas se enfocan más hacia las comunidades rurales con aspectos como la falta de información certera o transferencia tecnológica que les permita utilizar los sistemas de GED, operar y mantener adecuadamente los equipos instalados para maximizar su vida útil, y la falta de un análisis de la matriz energética (características de consumo) en las viviendas.

4.2.3 Resumen de resultados de esta etapa

Como ya se comentó en la metodología, se usó como guía para las entrevistas los mismos temas y preguntas para cada entrevistado. Sus respuestas y la información obtenida alrededor de estas se hicieron desde la experiencia, contexto, formación y trayectoria laboral de cada entrevistado, lo que dificultó documentar factores vistos de manera idéntica en cada actor. Aun así y después del análisis realizado a los resultados, se puede concluir desde el contenido de las respuestas obtenidas que

- ❖ Todos los entrevistados conocen y están familiarizados en los sistemas de GED.
- ❖ No existe ninguna estrategia para su uso coordinado desde y con la red eléctrica nacional.

- ❖ El uso actual de esta tecnología en comunidades rurales se percibe, por quien desarrolla esta tesis, como una estrategia asistencial más que como una herramienta para potenciar su desarrollo, ya que ninguno de los entrevistados hizo referencia a carencias sociales y solo el entrevistado número 5 se refirió a los usos finales.
- ❖ Los entrevistados refieren que existen acuerdos comerciales y que limitan su uso desde el gobierno.
- ❖ Se relaciona la GED con los paneles fotovoltaicos, pero no con otras tecnologías existentes.
- ❖ En el análisis con Atlas ti se documentaron en las respuestas un mayor número de más impedimentos y obstáculos que facilidades para su uso: 17 citas en el sentido de facilitar su uso y 96 en sentido contrario.

4.3 El trabajo de campo en las comunidades caso de estudio

Se realizaron en total cuatro visitas a las comunidades caso de estudio, iniciando en noviembre de 2022 y la última en abril de 2025, buscando responder los objetivos B, C, D y E. Esta etapa se identificaron los factores que afectan o favorecen el uso de la GED en las dos comunidades seleccionadas y descritas en la contextualización de los casos de estudio (sección 2.12).

A continuación, se presenta el detalle de la información obtenida en los dos casos de estudio por separado, iniciando por los resultados del trabajo de campo en la Fundación Tosepan A. C. y posteriormente, con los resultados del trabajo de campo en el Bachillerato técnico bivalente Bartolomé de las Casas, en Guaquitepec.

4.3.1 Trabajo de campo en la Fundación Tosepan, A. C.

El trabajo de campo se dividió en dos etapas:

Primera etapa: octubre-diciembre de 2024.

Segunda etapa: enero-mayo de 2025.

Para la primera etapa las actividades realizadas fueron

- I. Capacitación técnica sobre conceptos base de electricidad.
- II. Capacitación técnica sobre conceptos base para la instalación, puesta en marcha e interconexión de dos sistemas de GED con almacenamiento, con tecnología solar fotovoltaica.
- III. Asesoría para la etapa de instalación en sitio.

Con estas actividades se buscó medir si la capacidad técnica de las personas era un facilitador o un impedimento para el uso de la GED.

- IV. Análisis de los documentos del PRONAI²⁴ “Para transitar a un sistema energético social y ambientalmente sustentable” (Fernandez Lomelín, Ramírez Domínguez *et al.*, 2023).

Con esta actividad se buscó entender cómo perciben la energía como concepto, los hábitos de uso y conocer la matriz energética de las viviendas analizadas en el PRONAI.

4.3.1.1 Capacitación técnica sobre conceptos base de electricidad

Al momento de iniciar el curso, las compañeras y compañeros de las cooperativas encargados de la instalación de los sistemas reportaron que ya habían tomado un curso de electricidad previo con personal del Sindicato Mexicano de Electricistas (SME).

Figura 30

²⁴ Este proyecto estaba en su fase final de una duración de 2 años.

Sesión de capacitación



Nota. Elaboración propia.

Sin embargo, se detectó durante el desarrollo del curso que no recordaban los conceptos técnicos de electricidad básicos impartidos por personal del SME para entender la lógica de la instalación de los sistemas de GED y de funcionamiento. Por lo anterior, se revisaron nuevamente conceptos que permiten entender el funcionamiento de la energía eléctrica: voltaje, corriente, factor de potencia, tipos de circuitos eléctricos, potencia instalada, demanda eléctrica, consumo eléctrico, generación de energía y una explicación de la lectura del recibo de CFE.

4.3.1.2 Capacitación técnica sobre conceptos base para la instalación, puesta en marcha e interconexión de dos sistemas de GED con almacenamiento, con tecnología solar fotovoltaica. Para esta actividad se visitaron dos ubicaciones, donde se encontró en su fase inicial el proceso de instalación de sistemas de GED con almacenamiento. La instalación de estos sistemas fue consecuencia del PRONAIL.

Las comunidades seleccionadas para ubicar los equipos son las siguientes: en las instalaciones de la fundación en Cuetzalan, Pue. y en una casa en la comunidad de San José Reyeshogpan, municipio de Cuetzalan.

Figura 31

Curso de capacitación de sistemas de GED



Nota. Elaboración propia.

Se revisaron las condiciones de las bases de concreto y aluminio para la instalación de los paneles fotovoltaicos, y se revisaron los componentes principales de los sistemas:

- Los paneles. Se explicó la información de la ficha técnica para conocer sus características.
- El inversor, sus especificaciones generales y el lugar de instalación.
- Las baterías, su compatibilidad con el inversor y sus principales características.
- Se contestaron algunas dudas sobre los circuitos eléctricos y su instalación.

Las visitas sirvieron para que los miembros de la comunidad encargadas u encargados del proceso de instalación de los sistemas relacionaran los conceptos básicos de electricidad con los equipos que ya estaban en su poder y que serían conectados.

4.3.1.3 Asesoría para la etapa de instalación en sitio

Las actividades del trabajo de campo pasaron a la virtualidad. Desde el 3 de octubre de 2024 y hasta el 20 de noviembre de ese mismo año se continuó con el apoyo para el proceso de instalación de los dos sistemas fotovoltaicos. En las reuniones participaron los responsables de la instalación seleccionados por la Fundación Tosepan. A. C. y personal del SME. Además, se

dio asesoría por mensajes escritos y por teléfono cada que fuera necesario y de manera diaria durante la primera quincena de octubre.

Figura 32

Imágenes de evidencia de reuniones virtuales



Nota. Elaboración propia.

Se realizaron diez reuniones virtuales de aproximadamente dos horas de duración. Las fechas de las reuniones fueron las siguientes:

- 3 de octubre de 2024
- 4 de octubre de 2024
- 7 de octubre de 2024
- 11 de octubre de 2024
- 14 de octubre de 2024
- 30 de octubre de 2024
- 5 de noviembre de 2024
- 11 de noviembre de 2024
- 19 de noviembre de 2024
- 20 de noviembre de 2024

Figura 33

Asesorías virtuales



Nota. Elaboración propia.

El seguimiento y la asesoría se realizó con el apoyo del personal del Sindicato Mexicano de Electricistas (SME), que desde el 13 de noviembre de 2024 estuvieron ayudando de manera presencial con la instalación de los sistemas en campo, además de los cuatro compañeros que tomaron en curso impartido previamente. La cuadrilla del SME fue liderada por el Ing. David López. Los temas en los que se brindó asesoría desde el 3 de octubre y en adelante fueron los siguientes:

- a) Dimensionamiento de protecciones en corriente directa (DC) y corriente alterna (AC). Fue un tema repetitivo que se validó cuando menos en tres reuniones diferentes porque al preguntar si ya se tenía el listado de las protecciones, se expresaban dudas tratadas en reuniones anteriores.
- b) Elaboración de listados y compras de materiales necesarios para los circuitos en DC y AC necesarios para la conexión de los equipos. Los listados se modificaban constantemente conforme se avanzaba en la instalación de los sistemas, y las compras se complicaron porque las tiendas de material más cercanas están en la ciudad de Puebla, Pue., y el proceso de validación y autorización del material fueron muy lentos desde Cuetzalan.

- c) Fijación de los paneles en un techo de teja plástica en Cuetzalan. Fue un tema que aparentemente no presentaba problemas, ya que la fundación Tosepan tiene expertos en estructura de bambú y aluminio; a pesar de esto, se requirieron dos videollamadas para determinar el correcto modo de fijación de los paneles fotovoltaicos.

Figura 34

Propuesta de adaptación para soporte en teja plástica



Nota. Elaboración propia.

- d) Instalación de paneles, inversores y conexión de circuitos en AC y CD.

Posteriormente y de manera virtual, se continuó el apoyo en las siguientes actividades:

- i. Trámite de interconexión ante CFE. La asesoría consistió en compartir los requisitos oficiales por parte de CFE y explicar cada uno de los mismos. Dichos trámites concluyeron en mayo de 2025.
- ii. Conexión de equipos de medición y monitoreo necesarios para la operación de los sistemas de GED instalados: Se requirió de equipos “satélite” especiales para medir parámetros de operación que normalmente no se necesitan cuando los equipos son de una sola marca o cuando las marcas tienen un grado de compatibilidad alto. Esto detuvo la instalación y se requirieron reuniones para entender cómo conectarlos.

4.3.1.4 Gestión de garantías del equipo comprado

El pasado sábado 16 de noviembre, al iniciar la instalación de los componentes, casi un año después de haberlos recibido, el equipo de instalación de la Fundación Tosepan, A. C. reportó una situación que impedía la instalación de los sistemas. Al revisar el inversor y al sacar las baterías de su caja se encontraron estas últimas en mal estado o usadas, además de componentes como cables y conectores dañados, a pesar de que se compraron equipos nuevos.

Después de realizar un inventario de los sistemas de GED en las dos localidades donde se estaban instalando y que les tomó varios días realizar por ser localidades diferentes, fueron apareciendo accesorios adicionales a los originales dañados en buen estado. Es importante mencionar que no se pudo documentar en esta investigación la causa de la detección de partes dañadas y la posterior aparición de partes adicionales en buen estado.

Se logró el cambio de los equipos con la empresa que hizo la venta. Esta última reconoció por escrito el haber enviado equipos “vendidos previamente” a otro cliente, pero a criterio de ellos, “en perfecto estado”.

Este evento es un precedente negativo que afectará la toma de futuras decisiones respecto al uso de equipos de GED, en una fuente de estrés y frustración en el equipo responsable de la instalación de los sistemas de la Fundación Tosepan, A. C. El proceso de adquisición y montaje de los equipos requerirá un análisis profundo dentro de la misma fundación, para entender las causas del problema y evitar que se repita en futuros proyectos.

Al término de esta tesis siguen sin terminar la instalación de los sistemas de GED al 100 %. En el caso de San José Reyeshogpan, el sistema no se pudo interconectar a la red de CFE por la falta de una fase en la acometida al medidor y en las instalaciones de la Fundación Tosepan, A. C. Sigue pendiente el contrato de interconexión y el sistema. Por especificaciones de configuración, no se puede poner en operación de manera inicial sin estar conectado a la red de CFE. La conexión de los equipos es técnicamente posible, pero no es viable por el desgaste en el proceso y porque se terminaron los fondos de PRONAI.

4.3.1.5 Análisis de los documentos de documentos del PRONAI

Se tuvo acceso a documentos diversos documentos del PRONAI en proceso de finalización, gracias al apoyo de los integrantes de la Fundación Tosepan, A. C. Se analizaron los siguientes documentos:

- a. “Reporte sobre la conceptualización de la energía desde la cosmovisión local” (Fernández Lomelín, Durán Olguín *et al.*, 2023).
- b. “La flor de la energía: Metodología comunitaria para la representación socio-espacial de las energías para el Yeknemilis” (Rátiva Gaona *et al.*, 2023).
- c. “Reporte de resultados de encuestas para la caracterización del consumo y producción de energía local” (Fernández y Fernández, 2022).

En los reportes se manejan indicadores respecto a la percepción que tienen de la energía, los usos finales o quehaceres que satisfacen con ella y los tipos de energía que usan que producen. A partir del análisis de estos tres documentos se encontró lo siguiente:

4.3.1.6 Conceptualización de la energía

En el reporte de encuestas la palabra *energía* se relaciona con 45 conceptos distintos en lengua nawat, que equivale a 45 maneras diferentes de entender el concepto. Una cita textual del reporte indica:

Se observan conceptos relacionados con la fuerza, con el fuego, con la vida, con el corazón, con el Sol, con el calor, con la iluminación o la luz, en cuanto a su traducción más literal. Sin embargo, cuando se interpretan los conceptos, se puede inferir que lo relacionado con la luz o la iluminación se refiere a la electricidad, lo mismo que el fuego, porque resulta que, en el idioma local, se utiliza la palabra tit, que significa fuego, para

referirse a la electricidad. Por tanto, hay una buena parte de los conceptos en nawat que siguen haciendo referencia a la electricidad (Fernández y Fernández, 2022).

En resumen, la energía es conceptualizada en todo el entorno de vida de las personas en las comunidades; es la fuerza vital que se despliega para la realización de los quehaceres en su modo de vida.

4.3.1.7 Quehaceres y energéticos más usados

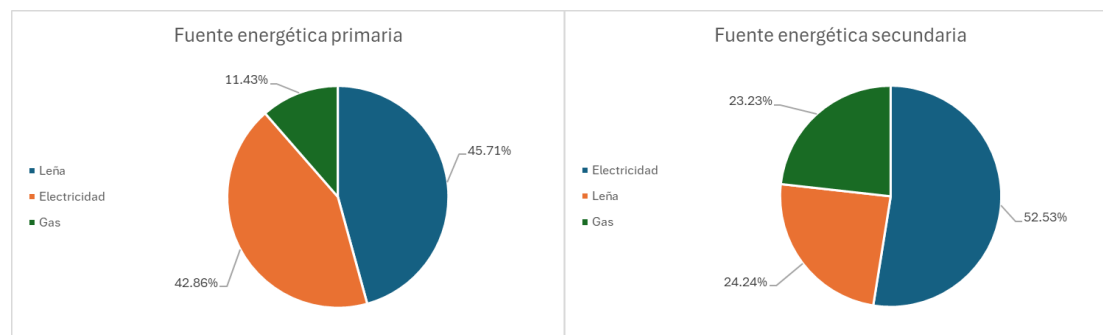
Para las comunidades que participaron en la investigación, los energéticos usados en sus quehaceres diarios, enumerados en orden de importancia que aparecen mencionados en el reporte de conceptualización de la energía son los siguientes:

- Leña y biomasa: utilizada principalmente para la cocción de alimentos y la calefacción.
- Fuerza humana y animal: para las actividades cotidianas y agrícolas.
- Sol: para actividades que requieren de la iluminación natural o el uso del calor solar y en tecnologías solares cuando están disponibles.
- Gasolina y gas natural: empleados para transporte y procesos domésticos y productivos.
- Electricidad: para iluminación artificial, electrodomésticos y herramientas.
- Los combustibles: para diferentes quehaceres.

En un ejercicio independiente del PRONAI al finalizar el trabajo de campo, se realizaron 99 encuestas en 7 de las 30 comunidades para identificar las fuentes usadas por los habitantes de esas comunidades, mismas que son componentes de la matriz energética en sus viviendas. El resultado fue el siguiente:

Figura 35

Principales energéticos utilizados en las viviendas



Nota. Elaboración propia.

Se les pregunto cuál era su principal y su secundaria fuente de energía. Como se puede observar y a diferencia de lo expresado en el PRONAI, las respuestas refieren que usan principalmente leña, electricidad y en un tercer lugar, gas.

Los principales quehaceres o usos finales reportados en las encuestas del PRONAI que le dan a la energía en las comunidades de manera genérica son los siguientes:

Tabla 17

Quehaceres satisfechos con la energía

Núm.	Comunidades	Cuetzalan
1	Cocinar	Iluminación
2	Iluminación	Cocinar
3	Cargar aparatos	Cargar aparatos
4	Jugar	Entretenimiento
5	Hacer tortillas	Electrodomésticos
6	Electrodomésticos	Refrigeración
7	Lavar	Calentar agua

Nota. Elaboración propia con base en Fernández y Fernández (2022).

En este top 7 de usos finales se observan algunas diferencias entre las respuestas de las comunidades rurales y la localidad de Cuetzalan. Se analizó de manera separada la localidad de

Cuetzalan por tener características de localidad urbana. Es importante mencionar que en el tema de la iluminación se incluye la natural con el sol y la artificial con electricidad.

4.3.1.8 Obstáculos o impedimentos

En los documentos del PRONAI no hay referencia específica, como en el caso del Bachillerato en Guaquitepec, Chis., respecto a factores naturales como el clima o actores sociales que impidan u obstaculicen el uso de sistemas de GED. Por el contrario, como ya se explicó, se están instalando dos sistemas de GED para generar energía eléctrica con almacenamiento.

4.3.1.9 Pobreza energética

En el análisis se destaca la percepción sobre el concepto de pobreza energética y sus características desde la perspectiva de las comunidades. Desde la cosmovisión de las comunidades, 76 % de los encuestados respondió no conocer el concepto o no considerar estar en pobreza energética. Además, en el documento de la flor de la energía se refiere que el concepto “tiene un carácter colonial por su definición basada en la pobreza, como condición de carencia, atribuida a los sujetos que son considerados pobres” (Rátiva Gaona *et al.*, 2023).

Tomando como base las características de la pobreza energética de diferentes autores, como indicados en la Tabla 10 del estado del arte y de un análisis en siete países de Latinoamérica (Santillán *et al.*, 2020), el reporte de la flor de la energía indica que el concepto de pobreza energética no contempla o carece de las siguientes dimensiones:

- Esta centrado en el estilo de vida urbano: Prioriza indicadores urbanos, ignorando las prácticas rurales y campesinas que usan fuentes como la leña y la biomasa.

- Tiene implícito un sistema de economía monetaria:²⁵ Asume que las familias adquieren energía como servicio a través de un pago en moneda, sin contemplar esquemas, como el intercambio o la autogeneración de energía.
- Invisibiliza el uso de energías vivas: No considera tipos de energía como la fuerza humana, la tracción animal, centrales en las dinámicas comunitarias.
- Homogeneiza la cultura: Impone una línea base que no refleja la diversidad cultural y territorial, considerando inadecuado el uso de recursos locales como la leña.
- Usa unidades de medición limitadas: Las evaluaciones centradas en hogares individuales no contemplan las formas de organización comunitaria y multifamiliar, como las familias extensas y el uso compartido de recursos.
- Desconoce el transporte y la movilidad rural: No se incluyen las necesidades energéticas relacionadas con el transporte rural, como el uso de fuerza humana, animal o combustible.
- Tiene implícitas desigualdades de género: No visibiliza las cargas de trabajo desiguales entre mujeres y hombres, que demandan energía.
- Ignora el impacto ambiental y social: No considera cómo las prácticas comunitarias pueden ser más sostenibles y menos dependientes de combustibles fósiles.

En contraste y paradójicamente a la percepción del concepto de la pobreza energética, en el reporte de resultados los encuestados sí refieren tener carencias de energía en diferentes usos finales o quehaceres domésticos. Los quehaceres donde hay más carencias son los siguientes:

Tabla 18

Respuestas que reflejan carencia de energía para usos finales

Uso final	Porcentaje de respuestas
Iluminar	47.17

²⁵ Economía monetaria: economía centrada en el dinero y sus diferentes funciones.

Cocinar	41.33
Lavar	26.83
Calentar agua	23.50
Refrigerar	23.67

Nota. Elaboración propia con base en Fernández y Fernández (2022).

En resumen, por un lado, 76 % de los entrevistados en las comunidades refieren no vivir o conocer una situación de pobreza energética, pero todos refieren tener carencias energéticas relacionadas a sus usos finales o quehaceres. Este es un ejemplo de la necesidad de establecer líneas base de suficiencia energética para detectar algún nivel de pobreza energética.

4.3.2 Trabajo de campo en el Bachillerato técnico Bivalente Bartolomé de las Casas

En esta comunidad se realizó el trabajo de campo con dos etapas. Primero se dio una plática respecto a la energía y un taller acción participativa con 35 alumnos de preparatoria de la escuela, y posteriormente, se aplicaron entrevistas con tres personas que forman parte del Comité de Luz²⁶ de la comunidad de Guaquitepec, para conocer la experiencia que tuvieron durante el proceso de electrificación de la comunidad desde 1987 a la fecha.

Figura 36

²⁶ El Comité de Luz es el responsable de dar mantenimiento a la red eléctrica de la comunidad y corregir fallas en baja y media tensión.

Taller con alumnos



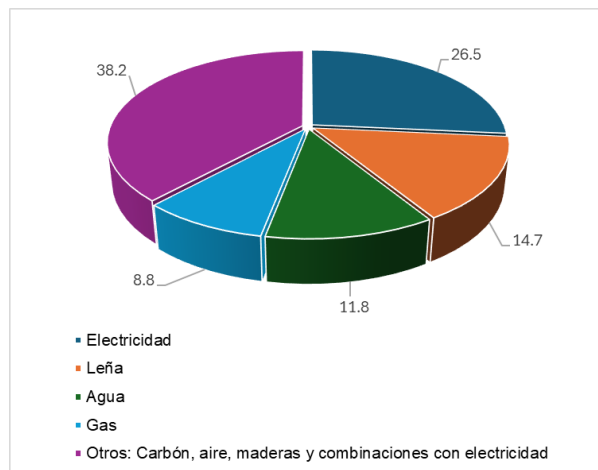
Nota. Elaboración propia.

4.3.2.1 Concepto de energía

Con los alumnos de preparatoria se dio una charla introductoria al tema de la energía, seguido de un diálogo sobre la energía, sus tipos y su percepción de este concepto. Durante la sesión se platicó alrededor de los conceptos *justicia energética* y *pobreza energética*, que son ejes transversales de esta investigación (véase Figura 2) y se hicieron pausas para que contestaran unos cuestionarios relacionados con los temas abordados. Los cuestionarios pueden consultarse en el [Anexo 6](#). Los principales energéticos que declararon usar en sus casas se pueden observar en la Figura 37.

Figura 37

Tipos de energéticos usados



Nota. Elaboración propia.

En esta comunidad caso de estudio no existe ningún análisis como en el caso de la Fundación Tosepan A. C.; sin embargo, al igual que lo referido por el PRONAI en el idioma nawat, los jóvenes relacionan el concepto de energía al de electricidad, pero en la realidad juega un papel menor si se compara con la suma de combustibles fósiles y biomasa al revisar las respuestas al preguntar por los principales energéticos usados en las viviendas.

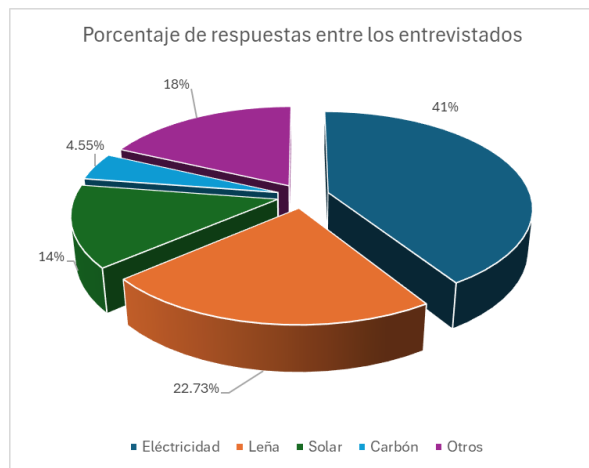
En las entrevistas con las personas de los Comités de Luz, expresaron que la energía y en específico, la energía eléctrica es igual a poder. En la comunidad de Guaquitepec y las colindantes se generaron relaciones de poder para y por el control de la energía eléctrica que se plasman en la línea de tiempo que se puede consultar en la Figura 42. También, el uso de la energía es un factor que moldea la convivencia social.

4.3.2.2 Energéticos usados y usos finales

Por otro lado, se les preguntó qué tipo de energía les gustaría usar más en sus casas. Ante esta pregunta, la electricidad incrementa su peso respecto a los demás tipos.

Figura 38

Tipos de energía más deseados



Nota. Elaboración propia.

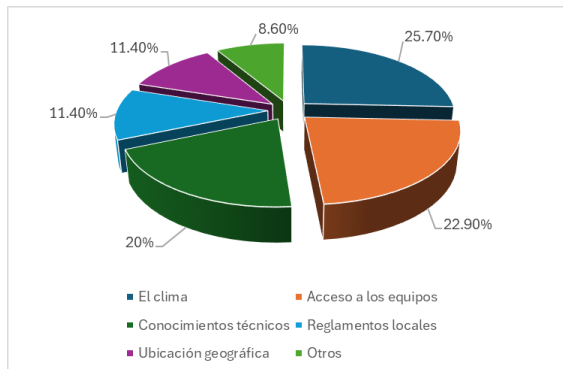
Este incremento se explica a través de los usos finales de la energía eléctrica, lo que ocasionó un incremento en el número de electrodomésticos en las viviendas como consecuencia de la instalación de los circuitos de distribución de CFE en la comunidad. En las entrevistas con las personas del Comité de Luz, se documentó que los principales usos son entretenimiento, refrigeración de alimentos e iluminación. Las demás actividades o usos finales se satisfacen con gas, leña o carbón.

4.3.2.3 Obstáculos o impedimentos

Respecto a factores que impiden en uso de la GED con el uso de sistemas fotovoltaicos, en primer lugar, apareció como respuesta el clima específicamente por la dificultad para su compracantidad de lluvia. En 2024 Chiapas registró 1854.4 mm, solo por debajo del estado de Morelos. En segundo lugar el desconocimiento técnico sobre los equipos y la dificultad para su compra

Figura 39

Factores que impiden el uso de la GED

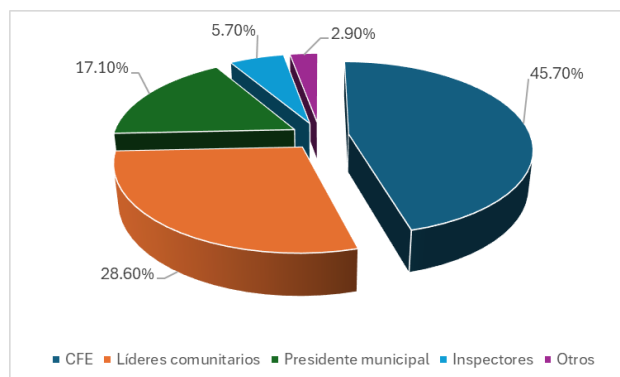


Nota. Elaboración propia.

Como ya se indicó, la energía es percibida en Guaquitepec y en las comunidades colindantes como poder. A diferencia del análisis realizado en la Fundación Tosepan, A. C. y en los documentos del PRONAI, se pudo documentar la percepción de los alumnos respecto de los actores que no permiten el uso de la GED. Los alumnos reflejan en las respuestas de la encuesta que el principal actor que impide su uso es CFE y en segundo lugar, los líderes comunitarios.

Figura 40

Actores que impiden el uso de la GED



Nota. Elaboración propia.

Es necesario mencionar que fue difícil realizar las encuestas por la calidad de la red de internet. Al conectarse todos los alumnos la red se volvía intermitente. Fue un problema que limitó el número de respuestas obtenidas.

4.3.2.4 Comités de luz

Estos comités son figuras creadas para el control y mantenimiento de la infraestructura eléctrica de Guaquitepec y en otras comunidades, como se explicó en la sección 2.9 del estado del arte. La plática se realizó con las personas integrantes de los Comités de Luz, que fueron los pioneros en este tipo de organización.

Figura 41

Reunión con integrantes del Comité de Luz

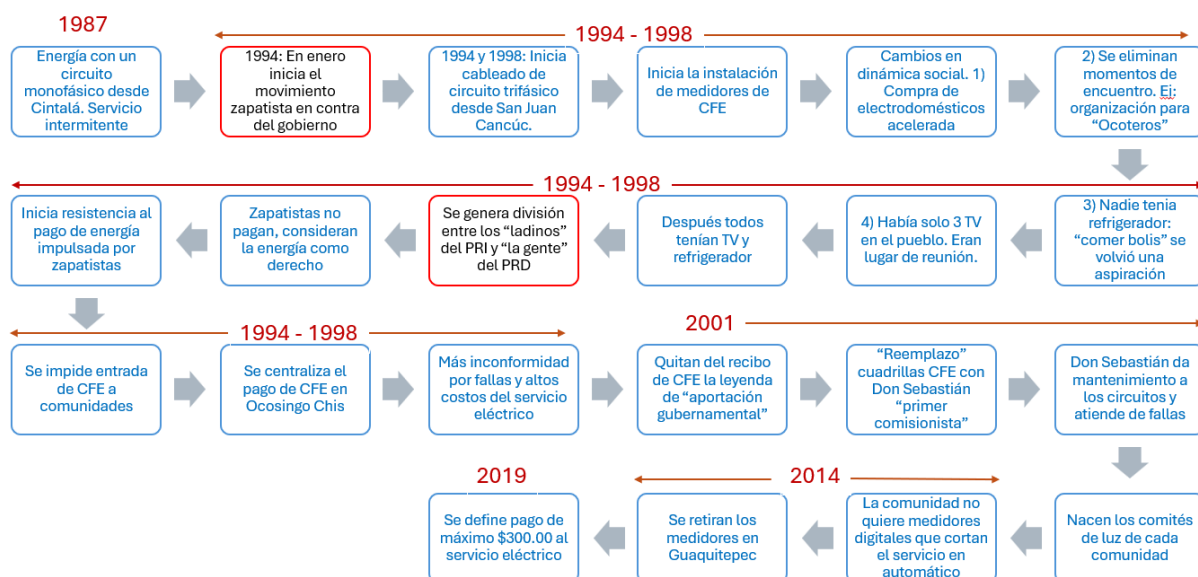


Nota. Elaboración propia.

La sesión permitió realizar una línea de tiempo con los principales eventos que sucedieron para entender el proceso de electrificación en la comunidad de Guaquitepec, lo que ayudó a comprender mejor cómo conceptualizan el uso de la energía eléctrica en la comunidad.

Figura 42

Electrificación de la comunidad de Guaquitepec-línea de tiempo



Nota. Elaboración propia.

En las entrevistas se documentó que el proceso de resistencia en el pago de la energía eléctrica tiene relación con el movimiento zapatista, que fue la primera organización en la región que se negó a pagar el servicio eléctrico al declarar que la energía eléctrica, que se genera en ese mismo estado en la presa Chicoasén, es un derecho, y la infraestructura (cables, postes, transformadores, etcétera) son propiedad de las personas que viven en las comunidades donde pasan los circuitos.

Esta visión de la energía se encuentra alineada con los conceptos de disponibilidad y asequibilidad definidos en la justicia energética. Al declarar la energía eléctrica como “derecho” se supera la discusión que en las leyes mexicanas no se ha logrado. Considerar que la infraestructura que lleva la energía eléctrica es de su propiedad es correcto porque los recursos económicos para su suministro e instalación es con dinero de los impuestos de los habitantes del país. Sin embargo, se cae en la exageración de apropiarse del mantenimiento y operación de los equipos de la red de distribución en lugar de exigirlos, ya que por ley es un servicio gratuito de CFE.

Las relaciones y el comportamiento social cambiaron a partir del acceso a la energía eléctrica. Antes de su llegada, los habitantes de Guaquitepec se reunían a ver la única televisión que existía en la localidad; después, esa convivencia desapareció porque como todas las casas contaban con electricidad y pantalla o televisor, ya no era necesario reunirse en comunidad. Se volvió una moda consumir las barras de helado llamadas *bolis*, porque en las tiendas de abarrotes ya se contaba con refrigeradores.

Por lo anterior expuesto, el acceso a la energía eléctrica generó, desde la percepción de los entrevistados, un efecto negativo: una disminución en la convivencia de las personas de la comunidad y la pérdida de costumbres ligadas a satisfacer quehaceres energéticos que requerían de la formación de equipos de trabajo entre los integrantes a la comunidad para satisfacerlos.

Otras consecuencias en la convivencia social a partir del uso de la energía eléctrica son las siguientes:

- ✓ No se ha logrado la autonomía energética en la comunidad porque aunque ellos reparan las fallas en el suministro en lugar de la CFE, estas siguen siendo constantes, sin importar cuál comité de luz las atiende.
- ✓ El poder que las comunidades tienen sobre el control de la red de distribución y de la energía eléctrica no ha sido un factor de integración en la búsqueda de acceso justo de la energía en la zona y por el contrario, provoca conflictos entre ellas al momento de reparar fallas del suministro.
- ✓ El incremento en la capacidad de consumo disminuyó las condiciones de pobreza energética respecto a carencias sociales por la adquisición de electrodomésticos y el acceso a equipos para comunicación y entretenimiento a través del servicio de telefonía celular e internet.

4.3.3 Resumen de resultados de esta etapa

Después del análisis realizado a los resultados, se puede concluir desde las respuestas obtenidas que

- ❖ En la elaboración del PRONAI realizada en la Fundación Tosepan, A. C. no se logró que fuera un catalizador para la justificación en el uso de la GED para generar energía eléctrica ni en el tipo de tecnología a usar.
- ❖ En ambos casos se documentó la dificultad de tener homologado el concepto de energía por cuestiones del idioma o la conceptualización de la energía y las fuentes energéticas (Fernández Lomelín, Durán Olguín *et al.*, 2023) como seres vivos o entidades que dan vida. Sin embargo, esa dificultad desaparece entre la necesidad de la energía eléctrica para el uso de sus satisfactores energéticos (equipos que usan energía eléctrica), pero al ser comunidades con ausencia o carencia en el servicio de CFE, no tienen muy clara la relación entre el uso de los equipos la cantidad de la energía consumida por su uso.
- ❖ En ambos casos de estudio y a pesar de la solidez comunitaria de cada uno de los proyectos explicados en la contextualización de ambos casos en el capítulo 2, carecen de la capacidad técnica para la instalación, uso y mantenimiento de estos sistemas, aun cuando la han buscado y obtenido como ya se documentó.
- ❖ Los tipos de energéticos usados en ambos casos de estudio son similares, siendo la leña para quehaceres térmicos y la electricidad los más usados dentro de la vivienda.
- ❖ En los dos casos de estudio se hace evidente el deseo de utilizar cada vez más energía eléctrica. En el caso de la Fundación Tosepan, lo hace evidente en la práctica con la instalación de los equipos de GED con almacenamiento, y los alumnos del Bachillerato Bivalente Bartolomé de las Casas lo hacen evidente en las encuestas.
- ❖ El término *pobreza energética* lo perciben ajeno a su estilo de vida, ya sea por desconocimiento o por no estar de acuerdo con sus diferentes definiciones, como el caso de la Fundación Tosepan, A. C.; sin embargo, es paradójico que todos reconocen carencias energéticas en sus viviendas.

4.4 Trabajo de campo en la SENER

Una tercera etapa de investigación en campo posterior a las entrevistas y visitas a las comunidades caso de estudio consistió en tres visitas de trabajo a SENER en la Subsecretaría de Electricidad para analizar los conceptos de *justicia energética* y *pobreza energética*, en el contexto de las políticas públicas recién aprobadas para analizar si estas favorecerán o no el uso de la GED en comunidades rurales. Las visitas se realizaron los días

- A) Del 9 al 12 de abril de 2025.
- B) Del 4 al 8 de agosto de 2025.
- C) Del 3 al 5 de noviembre de 2025.

4.4.1 Primera visita

El 9 de abril, las actividades iniciaron con una reunión con el Mtro. Horacio Rubio Gutiérrez, director de Confiabilidad y Seguridad del Sector Eléctrico de la SENER. Se realizó una comparación del concepto *justicia energética* plasmado en la Ley del Sector eléctrico o LSE.

Acciones o Estrategias encaminadas a reducir la Pobreza Energética, las desigualdades sociales y de género en el uso de la energía e impulsar el desarrollo regional y la prosperidad compartida mediante el acceso a energía e infraestructura energética confiable, asequible, segura y limpia para la atención de necesidades básicas, la reducción de impactos en la salud y el medio ambiente. Incluye también la ampliación de espacios de participación inclusiva, principalmente de los pueblos originarios, en las cadenas productivas locales de los proyectos energéticos (Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos, 2025).

Para la comparación se utilizó la definición académica de Benjamín Sovacool (Sovacool y Dworkin, 2015b), que es referencia a nivel mundial (véase Figura 19). Se detectaron los elementos faltantes en la ley para plantear, si era posible, que en la elaboración del Reglamento de la LSE se tomaran en cuenta. Como resultado de la reunión, se elaboró una tabla con el resumen de diferencias entre el concepto de la ley y el de Sovacool.

Tabla 19

Diferencias entre la LSE y la definición de Sovacool

Núm.	Sovacool-elementos de la justicia energética	Artículos de la LSE
1	La disponibilidad de energía	Acceso a energía confiable, asequible, segura y limpia / Disponibilidad / Pobreza energética
2	La asequibilidad del recurso energético	Acceso a energía asequible
3	Un sector energético con noción del debido proceso (derechos humanos y legislación nacional e internacional)	Elemento no incluido
4	Información sobre la gestión energética de alta calidad	Espacios de la participación inclusiva
5	Sostenibilidad energética	Reducción de impactos al medio ambiente / Reducción de impactos a la salud
6	Equidad intrageneracional o justicia distributiva en el uso de la energía	Prosperidad compartida / Desigualdades sociales y de género principalmente pueblos originarios / Pobreza energética
7	Equidad intrageneracional o justicia distributiva en el uso de la energía	Elemento no incluido
8	Responsabilidad de las naciones ante daños ambientales, externalidades negativas o costos sociales relacionados con el sector energético	Elemento no incluido

Nota. Elaborado por Hanya Vianey Camacho Lizárraga.

Respecto a los ocho elementos esenciales que Sovacool plantea en su definición de justicia, se comentó que la LSE contempla todos en sus artículos, como se indica en la Tabla 19, pero con las debilidades indicadas. Como consecuencia de este hallazgo, se programó una

reunión con la Unidad de Asuntos Jurídicos (UAJ) de la SENER. La reunión se agendó para el 10 de abril a las 10 horas para revisar desde el punto de vista legal el reglamento de la ley que en ese momento estaba en proceso de elaboración y analizar si era posible hacer o no modificaciones a este. La minuta de la reunión se puede consultar en el anexo 7 de este documento.

En la minuta se plasmaron varios aspectos necesarios para dar soporte la ley en el uso de la GED en comunidades rurales:

- 1) Se documentó la necesidad de fortalecer la participación de los pueblos originarios para entender sus necesidades energéticas.
- 2) Se reconoció que aunque en la LSE se plasmó el concepto pobreza energética, no se incluyeron métricas o líneas base mínimas para su ponderación.
- 3) El concepto de pobreza energética en la LSE planteó la necesidad de satisfacer necesidades energéticas básicas, pero faltó establecer cuáles son.
- 4) El concepto de pobreza energética en la LSE está ligado a la existencia de carencias sociales, pero no especificó en la ley cuáles. Se sugirió tomar como base las definidas por el CONEVAL.

El día 9 por la tarde se participó en una reunión con el subsecretario de Electricidad. Se le informó respecto de las reuniones previas; se revisó el avance en el documento de la tesis y se planteó enfocar el trabajo en los siguientes puntos:

- a) La necesidad de tener información georreferenciada de las comunidades rurales y su nivel de electrificación.
- b) Establecer cuáles tecnologías pueden usarse para electrificar con sistemas de GED las localidades rurales de país.
- c) Se comentó que la cobertura eléctrica que reporta CFE no es necesariamente casa por casa. Si la red llega a la plaza principal de la localidad, se considera que todos los habitantes cuentan con energía.

- d) Realizar la medición de la pobreza energética no desde los satisfactores energéticos, sino desde los usos finales o las necesidades energéticas de las personas.

El 10 de abril, después de la reunión con la UAJ de las SENER, la jornada continuó con una reunión con todo el equipo de la subsecretaría, donde se hizo una presentación de los conceptos de justicia y pobreza energética, su relación con la GED y los artículos de la LSE recién aprobada respecto a estos conceptos.

Figura 43

Reunión con el equipo de la subsecretaría



Nota. Elaboración propia.

En la reunión se explicó en qué consiste la investigación doctoral que se está realizando; se revisó, se dialogó su relación con el trabajo de la subsecretaría respecto de los conceptos de justicia y pobreza energética usados en esta investigación y su impacto en el uso de la GED. La reunión tuvo buena aceptación. El diálogo y los comentarios respecto a lo presentado duraron más de dos horas y giraron alrededor de las leyes que en ese momento se estaban redactando y su relación con los conceptos mencionados.

En la reunión se expusieron las siguientes propuestas a desarrollar con miras en la elaboración del reglamento de la LSE:

- ✓ Generar mayor y mejor comunicación con los usuarios respecto a la gestión de la energía que permita entender mejor la GED y su uso, ya que se detectó que ninguno de los asistentes tenía experiencia de campo en comunidades.
- ✓ Conocer y documentar las necesidades energéticas de la población con el objetivo de reducir la pobreza energética, porque se reconoció que no están caracterizadas las características de consumo (matriz energética) en comunidades rurales.
- ✓ Establecer criterios para seleccionar y priorizar a los sectores de la población que requieren del uso de la GED a partir del punto anterior.
- ✓ Generar indicadores que permitan medir la pobreza energética en la población. Después de la exposición se comprendió que la ley no contempla como hacerlo.

Como última actividad referente al tema de investigación de la primera visita a la SENER, se asistió a la Fundación Tosepan el 12 de abril para participar en la reunión de cierre del PRONAI y la revisión de resultados.

Figura 44

Reunión de cierre de PRONAI



Nota. Elaboración propia.

La visita de la SENER, aunque fue consultada previamente, tomó por sorpresa a los organizadores de la reunión, que refirieron tener más de tres años buscando tener contacto con la SENER para hablar de energía y de sus necesidades. El informe oficial de la visita se puede consultar en el [Anexo 8](#) de este trabajo.

En la visita la SENER documentó en el informe los siguientes hallazgos:

- 1) La investigación del PRONAII realizada en Tosepan se cerró con un sobre gasto de \$300,000.00 pesos.
- 2) Un resultado de la investigación fue el desarrollo de estufas de leña de alta eficiencia que aprovecha al doble la energía utilizada y reducen las emisiones de CO y CO₂ dentro de las viviendas.
- 3) El reporte documenta que para las comunidades la palabra energía significan: corazón-fuerza-buen vivir.
- 4) Para entender la energía hay que plantearla en término de los quehaceres que la requieren.
- 5) Los quehaceres en las comunidades no se hacen de manera extensiva con electricidad, cuyo uso sigue siendo una “novedad” en desarrollo.

Un dato que destacó en la reunión, que se aborda con mayor detalle en las conclusiones del siguiente capítulo, se detectó cuando se le preguntó a uno de los responsables de la instalación de los equipos de GED cuál sería el uso de los dos sistemas de GED en términos de los quehaceres. Aunque se esperaba una respuesta clara, la persona dudo en responder, indicó equipos que no estarían conectados al sistema de GED y se necesitó la participación de dos académicos que participaron en el proyecto para responder que los quehaceres correspondían a las actividades del taller, como elaboración de estructuras con uso de herramientas como taladros, máquinas para corte de madera, etcétera.

- 6) Se documentaron los conceptos de la energía desde el indigenismo, que se plasmaron en la investigación para ver su posible incorporación en los reglamentos de la LSE que seguían en desarrollo.

4.4.2 Segunda visita

El lunes 4 de agosto se tuvo una reunión con el director de Confiabilidad y Seguridad del Sector Eléctrico. Se revisó la agenda propuesta para la semana y se platicó respecto a la medición de la cobertura eléctrica nacional y a los indicadores de fallas SAIDI²⁷, SAIFI²⁸ y CAIDI²⁹ de toda la red eléctrica como parte importante en el acceso a la energía eléctrica de las viviendas en el país y, en particular, en las comunidades rurales. Después de analizar los indicadores del CENACE³⁰ y de CFE se vio la necesidad de contar con información de los indicadores mencionados, detallando su valor circuito por circuito y con especial énfasis en los circuitos rurales que son los que, en la práctica, presentan mayor cantidad de fallas y con mayor duración.

El miércoles 6 de agosto se participó en una reunión con la Directora de Estrategia Institucional, la Mtra. Nallely Pérez Barceló, para revisar la información que la Subsecretaría tiene respecto de los componentes de la matriz energética en las viviendas mexicanas y los indicadores para su elaboración. El resultado de la reunión fue que no hay datos analizados que permitan conocer la matriz energética segmentada por tipo de población como insumo para determinar las líneas base de suficiencia o pobreza energética. Solo se tiene el dato del promedio nacional indicado en la Figura 17, en el apartado de pobreza energética del estado del arte.

El jueves 7 de agosto nuevamente se tuvo una reunión con el subsecretario de Electricidad, el Dr. José Antonio Rojas Nieto. Se revisó el avance de la investigación en curso haciendo énfasis en la necesidad de incluir con más detalle dentro del estado del arte, el consumo

²⁷ SAIFI: Índice de frecuencia promedio de interrupciones del sistema.

²⁸ SAIDI: Índice de duración promedio de interrupciones del sistema.

²⁹ CAIDI: Índice de duración promedio de interrupción del cliente.

³⁰ CENACE: Centro Nacional de Control de Energía.

de energía en la vivienda a través de usos finales o quehaceres y los tipos de energía disponibles, temas que ya se integraron en la tesis. Posteriormente, en un segundo momento de la sesión se participó en una reunión de trabajo con todo el equipo de la dirección de Confiabilidad y Seguridad del Sector Eléctrico.

Por la tarde, con el director general de Evaluación Financiera de la Unidad del Sistema Eléctrico Nacional y Política Nuclear se discutió la experiencia del trabajo de campo en las comunidades caso de estudio de esta investigación y aspectos técnicos de los sistemas de GED, como contexto para el desarrollo de artículos dentro del reglamento de la LSE, que permitan el desarrollo de programas con financiamiento de sistemas de GED en comunidades y cooperativas energéticas en localidades rurales.

Como principal conclusión de la reunión, se estableció que el financiamiento para viviendas en comunidades rurales tenía que ser a fondo perdido y el financiamiento para cooperativas o comunidades productivas consistiría en un porcentaje a fondo perdido y otro con un financiamiento a través de del recibo eléctrico.

El viernes 8 de agosto se abordó con el director de Confiabilidad y Seguridad del Sector Eléctrico el tema de la metodología para el cálculo del costo de la energía eléctrica revisando información de CFE y de la subsecretaría de Planeación y Transición Energética. Nuevamente, la conclusión fue que no hay una metodología clara y confiable del costo de la energía eléctrica entregada a cada vivienda promedio en México.

4.4.3 Tercera visita

Se agendó una reunión con el director general de la Unidad del Sistema Eléctrico Nacional y Política Nuclear para dar seguimiento a la revisión del reglamento de la LSE en los artículos referentes a financiamiento para equipos de GED en comunidades y cooperativas en localidades rurales.

Se sostuvo una reunión con dos coordinadores del área de Dirección General de Usos Finales de Energía Eléctrica y Vinculación Social. Se generó un documento para revisar la cobertura eléctrica del país, desde su historia, estatus actual, sus debilidades o faltantes y proponer una estrategia para mejorar su medición sobre todo en comunidades rurales. Como se indicó en el apartado 2.4 es necesario medir la cobertura correctamente para identificar a las personas que en sus viviendas no tienen acceso a la energía eléctrica. Se anexa el texto del documento en el Anexo 9.

El martes 4 de noviembre, por la mañana, se asistió a una reunión con el director general de Desarrollo Tecnológico y Acceso a la Energía de la Subsecretaría de Planeación, para tratar el tema de la pobreza energética. Se explicó la metodología de cálculo desarrollada en la investigación doctoral y los programas que se están desarrollando en la Subsecretaría de Planeación. Se concluyó en la visita que la SENER en sus programas actuales solo atiende algo parecido a la “pobreza eléctrica”, sin ser definición oficial, y actualmente no tienen capacidad para atender la pobreza energética y se confirmó que esta última no se mide.

Por la tarde, se sostuvo una reunión con un coordinador de área de la Dirección General de Usos Finales de Energía Eléctrica y Vinculación Social para revisar dudas y comentarios del documento que se presentó previamente respecto de la cobertura del servicio eléctrico a nivel nacional. En resumen y como se abordó en el estado del arte, se demostró que la cobertura eléctrica en comunidades rurales y con base en información de CFE se encuentra en un rango de entre 82.36 % y 91.51 %.

Después, nuevamente se realizó una reunión con el subsecretario de Electricidad, donde se abordó el tema del modelado energético desarrollado en la investigación doctoral que se platicó previamente con el director general de Desarrollo tecnológico y Acceso a la Energía.

Se acordó que para finales de 2026 y después de haber terminado el doctorado, generar un proyecto ejecutivo para la caracterización de las variables del modelo de pobreza energética diseñado en la investigación doctoral, aplicando encuestas en una muestra representativa en todo

el país y a partir del análisis de esa información, establecer mínimos de suficiencia energética para las diferentes zonas climáticas del país, desarrollar futuras políticas públicas y programas que mejoren el acceso de la población a la energía y se logren los objetivos de justicia energética expresados en el LSE.

La última actividad de la estancia fue una reunión con el director general de la Unidad del Sistema Eléctrico Nacional y Política Nuclear, donde se abordó la necesidad de su dirección general para tres temas específicos:

- 1) Diseñar esquemas nuevos para incorporar a las comunidades en los proyectos de generación a cualquier escala.
- 2) Desarrollar comunidades/cooperativas energéticas. Se ofreció el contacto con la Fundación Tosepan, A. C. como punto de partida.
- 3) Se retomó el asunto de incorporar en el reglamento de la LSE y en las DGA financiamiento para llevar sistemas de GED a comunidades rurales.

Se acordó tener reuniones posteriores de seguimiento para desarrollar los temas fuera de las actividades de doctorado.

4.4.4 Resumen de resultados de esta etapa

Este trabajo de campo permitió documentar si las leyes y normas en materia energética, incluyendo las reformas aprobadas el pasado 18 de marzo de 2025, facilitan o impiden el uso de la GED en comunidades rurales en el país, encontrando lo siguiente:

- ❖ Se requiere mayor precisión en la medición de la cobertura eléctrica del país, más allá del promedio nacional, incluyendo la cobertura de las viviendas por cada circuito de distribución y en especial para las comunidades rurales.
- ❖ A la medición de la cobertura, añadir los indicadores SAIFI, SAIDI y CAIDI para tener mayor claridad donde no hay suministro eléctrico y donde se requiere mejorar el existente.

- ❖ No se tiene documentada de manera oficial la matriz energética de las viviendas en comunidades rurales, siendo necesario hacerlo por tipo de clima o región climática.
- ❖ Como ya se discutió a detalle en el apartado 2.3 de esta tesis, no existe un cálculo que permita saber el costo de la energía que se entrega en una vivienda a través de CFE, para compararlo con la energía entregada por un sistema de GED. Esto permitiría al Gobierno federal calcular la rentabilidad financiera de los sistemas de GED respecto a la infraestructura necesaria para llevar cables con energía a las casas.
- ❖ Es importante señalar que se logró un acercamiento inicial entre la Fundación Tosepan, A. C. y la SENER en la reunión de cierre del PRONAI. Se requiere mayor acercamiento a las comunidades rurales para generar políticas públicas efectivas.
- ❖ En la revisión de las leyes reformadas se encontró que se intentan sentar las bases de un mejor acceso a la energía integradas en los conceptos de justicia y pobreza energéticas, pero en la práctica se validó que los programas de apoyo existentes desde antes de las reformas siguen siendo prioritariamente para comunidades urbanas y solo en el tema de la energía eléctrica.
- ❖ Al momento de finalizar la redacción de esta tesis, no hay programas diseñados a partir de las reformas a la LSE que ayuden a disminuir la pobreza energética de las personas en viviendas de comunidades rurales y que midan todos los tipos de energía usados en los usos finales de las personas.

4.5 Trabajo de campo en la SEDES

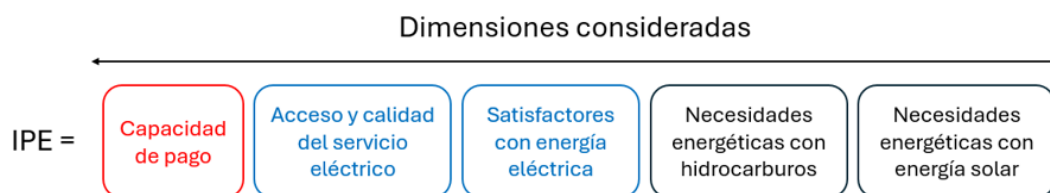
En la etapa final del trabajo de campo, se presentó la oportunidad de participar en una actividad en la SEDES del estado de Jalisco. Como parte del desarrollo de la agenda de trabajo de esta secretaría se implementaron mesas de trabajo como una estrategia de consulta a la sociedad.

En ese marco se participó en la mesa Justicia Energética y Desarrollo Regional. En la primera reunión el 6 de marzo de 2025 se expusieron los objetivos de la mesa. Uno de ellos consistía en “reducir la pobreza energética” de la población del estado. Durante la sesión se comentó que en esta tesis se analizó el concepto de pobreza energética y se hizo la presentación de las dimensiones propuestas en esta tesis (véase Figura 47). Con base en lo expuesto, se solicitó por parte de la coordinación de la mesa desarrollar un indicador para poder medir el nivel de pobreza energética en las viviendas de la población de Jalisco. A la actividad se sumó un investigador, del Centro Universitario Tonalá, de la Universidad de Guadalajara.

En la segunda sesión, el 20 de marzo se presentó por parte del equipo de trabajo del investigador, un esquema inicial a partir de la idea de indicadores planteada en esta investigación y presentada en la primera reunión de la mesa de trabajo. El esquema presentado modificó de 4 a 5 las dimensiones propuestas inicialmente y cambiando el significado de las dimensiones. Estos ajustes a la propuesta inicial correspondieron a experiencias anteriores del investigador y su equipo. Las dimensiones propuestas fueron las siguientes:

Figura 45

Dimensiones del IMPE en desarrollo



Nota. Elaboración propia.

El ejercicio para fines de esta investigación no prosperó, porque el investigador y su equipo decidieron unilateralmente que el indicador en desarrollo para el estado fuera una copia modificada de un trabajo de intervención previo realizado en Tonalá, con el cual había

desacuerdos conceptuales y operativos. A partir de este punto se suspendió la participación en el desarrollo del indicador.

En la última versión presentada por ellos al pleno de la mesa que se documentó estableció que el indicador tendría solo cuatro dimensiones:

- Capacidad de pago.
- Acceso y calidad del suministro eléctrico.
- Satisfactores eléctricos
- Satisfactores térmicos.

De estas 4 dimensiones se desprendieron 16 variables y su ponderación:

Tabla 20

Variables del indicador para Jalisco

CP	Capacidad de pago
CoE	Conexión eléctrica
CaE	Calidad de la energía
CS	Continuidad del servicio
CV	Calidad del voltaje
RA	Refrigeración de alimentos
II	Iluminación interior
IE	Iluminación exterior
MC	Medios de comunicación
ODE	Otros dispositivos eléctricos
AC	Agua caliente
CaIA	Calentamiento de agua
Calim	Cocción de alimentos
CT	Comodidad térmica
CTV	Comodidad térmica en verano
CTI	Comodidad térmica en invierno

Nota. Elaboración propia.

A partir de estas variables, se generó un cuestionario para su aplicación casa por casa con 30 preguntas. A pesar de que este ejercicio en la mesa de trabajo de la SEDES no se concluyó para fines de esta investigación, sí fue productivo por varios motivos:

- 1) Se confirmó la complejidad observada en los ejercicios anteriores de esta investigación para el diseño de un indicador que asigne dimensiones con variables que tengan una ponderación adecuada con base en lo que se quiere medir.
- 2) Además, se añade otra complicación. Justificar el valor o ponderación de las variables con preguntas, que la relación matemática de ambas tenga sentido lógico, que sean coherentes con el peso asignado a cada dimensión y que arroje información que pueda clasificarse en líneas base de medición de la pobreza energética.
- 3) Que los valores asignados y congruentes sirvan para comunidades rurales en todo el país.

Como conclusión, esta experiencia le dio una nueva perspectiva al desarrollo del indicador propuesto para esta investigación, señalando posibles caminos diferentes al desarrollo de un indicador para la medición de la pobreza energética.

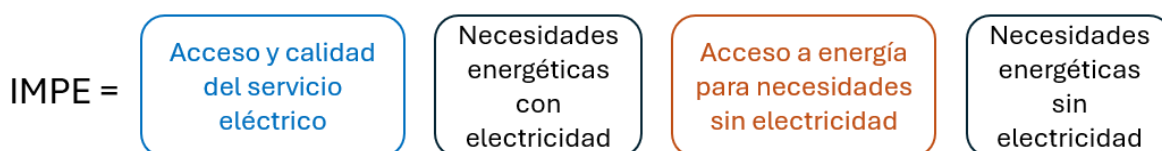
Después de la experiencia en las mesas de trabajo de la SEDES, que se diseñó con magnitudes o valores fijo para las variables y las dimensiones, con las complejidades ya mencionadas, se pensó en el desarrollo de un indicador cuya metodología no necesitara tener valores fijos y que se pudiera adecuar a cualquier tipo de vivienda.

4.6 Indicador Multidimensional de Pobreza Energética (IMPE)

Como antecedente, la última versión del indicador de esta investigación y previo al trabajo de campo realizado consistió en una ecuación que tiene cuatro dimensiones.

Figura 46

Dimensiones consideradas para el IMPE



Nota. Elaboración propia.

4.6.1 Acceso y calidad del servicio eléctrico

El IMPE debería medir si las personas en las viviendas, sin importar el tipo de vivienda o las características de consumo que ahí realizan, cuenten con energía eléctrica, tengan el servicio sin interrupciones y sin fallas o variaciones de voltaje que afecten sus actividades o que dañen los equipos.

Era necesario medir esta dimensión para una evaluación más exacta de la cobertura eléctrica del país e identificar qué comunidades son las que necesitan mejorar su acceso a la energía eléctrica a través de planes más precisos de electrificación incluyendo la instalación de sistemas de GED.

4.6.2 Necesidades energéticas con electricidad

El IMPE debía medir esta dimensión para evaluar cuáles equipos que consumen energía eléctrica, tiene el usuario o son requeridos para satisfacer los usos finales como iluminación artificial y refrigerar alimentos.

Por otro lado, la comunicación moderna exige tener celulares y módems en cualquier comunidad del país ya sea urbana o rural. Por último, para lograr una mejor justicia energética, es necesario contar equipos para mejorar el confort en la vivienda. Medir esta dimensión ayudará a desarrollar programas de equipamiento en comunidades rurales.

4.6.3 Acceso a energía para necesidades sin electricidad

El indicador propuesto debía tomar en cuenta usos finales que requieren energía diferente a la eléctrica. Es importante esta dimensión para analizar posibles sustituciones hacia la energía eléctrica y su impacto en el incremento de consumo de energía a nivel regional o nacional.

El indicador propuesto debía medir el uso de la energía en viviendas, para calentar, agua, comida o mantener el confort térmico, climas fríos. Medir estas necesidades que son diferentes en cada región del país, es necesario para mejorar la calidad de vida y el confort en las viviendas. Medir esta dimensión ayudará a desarrollar programas de equipamiento en comunidades rurales.

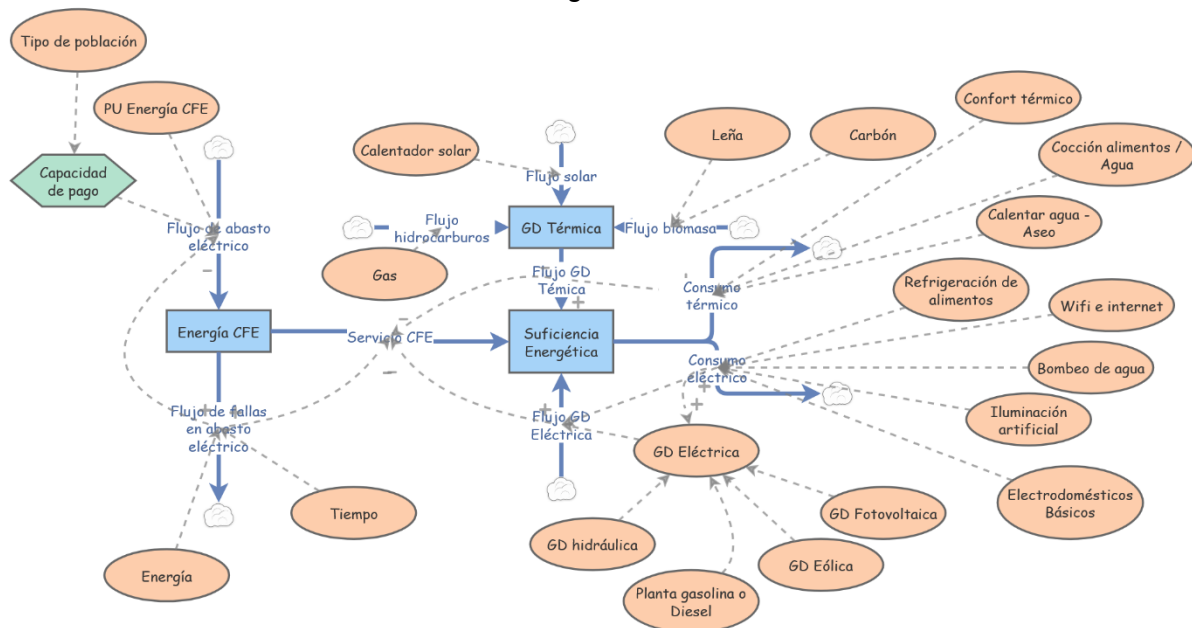
Con base en la información obtenida en el trabajo de campo se plantea un nuevo enfoque para el desarrollo del indicador:

- Medir la necesidad energética de las personas desde los usos finales como se propuso en la SENER o quehaceres como son definidos en la investigación del PRONAIL.
- Establecer el indicador desde una metodología diferente a la de una ecuación única con ponderaciones fijas.

Desde esa perspectiva, se desarrolló un indicador utilizando la dinámica de sistemas como herramienta. La dinámica de sistemas consiste en la elaboración de modelos que representan el comportamiento de un sistema, utilizando ecuaciones y algoritmos matemáticos establecidos en el software modelado y que funcionan con base en el diseño del mismo modelo. El modelo más trabajado es el siguiente:

Figura 47

Modelo de medición de las necesidades energéticas en la vivienda



Nota. Elaboración propia.

El modelo plantea medir la cantidad de energía usada o la suficiencia energética³¹ de las personas en la vivienda a partir de flujos positivos o de entrada (abasto de energía), dependientes de la capacidad de pago y de las características de dicho abasto, además de flujos negativos o de salida (energía en usos finales). La herramienta tiene la versatilidad de poder simular escenarios o corridas de comportamiento con base valores de entrada que correspondan a la realidad de consumo y uso de cualquier vivienda.

El modelado está diseñado para tomar en cuenta las siguientes variables:

- Flujos de entrada o suministro de energía solar térmica o fotovoltaica (GED) o a partir de la quema de hidrocarburos.
- Flujos de entrada o suministro de energía eléctrica través de CFE con base en la capacidad de pago de las personas en la vivienda.

³¹ Suficiencia energética: cantidad de energía suficiente necesaria para las necesidades energéticas de las personas en una vivienda.

- La incidencia de fallas en el servicio eléctrico suministrado por CFE, que cortan el flujo de energía eléctrica o que lo hacen intermitente.
- Flujos de salida de energía por el consumo en la vivienda, a través de todos los posibles electrodomésticos utilizados en las viviendas para satisfacer las necesidades energéticas.

Las necesidades energéticas básicas que toma en cuenta el modelado son:

- ✓ Conservación de alimentos: Capacidad de refrigeración o congelación de alimentos.
- ✓ Cocción de alimentos / agua: Capacidad de consumir alimentos cocidos y calientes.
- ✓ Calentar agua-aseo: Capacidad de aseo con agua a temperaturas que no afecten la salud de las personas.
- ✓ Bombeo de agua: Capacidad para contar con agua entubada dentro de la vivienda.
- ✓ Iluminación artificial: Capacidad para hacer quehaceres sin luz natural.
- ✓ Confort térmico: Capacidad para mantener la temperatura de la vivienda sin comprometer la salud de las personas.
- ✓ Comunicación electrónica a través de internet y wifi: Capacidad para estar comunicado de manera electrónica con el resto del mundo.
- ✓ Electrodomésticos básicos: Capacidad para realizar quehaceres como lavar ropa, licuar alimentos o cualquier otro que facilite los quehaceres en la vivienda.

La falta de energía para satisfacer los usos finales provoca carencias sociales. Estas carencias fueron definidas por el extinto CONEVAL (2023). Las relacionadas con el uso de la energía son las siguientes:

- El rezago educativo. Sin iluminación artificial las personas ven limitadas sus capacidades para estudiar en las noches y sin conexión a internet que permita tener acceso a información o comunicación electrónica con maestros y compañeros de la escuela.
- Falta de espacio y calidad de la vivienda: Aunque no resuelve la falta de espacio, sí impacta en la calidad (confort) de los espacios en la vivienda que se compromete sin la

energía suficiente para mantener el confort térmico en climas extremos o sin iluminación artificial durante las noches.

- Falta de acceso a servicios básicos en la vivienda: Muchos de los servicios básicos de la vivienda requieren energía y particularmente energía eléctrica. Algunos ejemplos son bombeo de agua por tuberías dentro de la vivienda, refrigeración, cocción y congelación de alimentos.
- Falta de acceso a la alimentación nutritiva y de calidad: Una alimentación mejor cocinada y de calidad requiere un acceso a energía para calentar, cocinar y conservar alimentos para consumos posteriores retardando su proceso de descomposición.

4.6.7 Implementación a nivel nacional

En la última visita a la SENER se acordó desarrollar el proyecto ejecutivo a partir del modelo diseñado en este IMPE para dar cumplimiento al objetivo E, que permita definir líneas base de la cantidad de energía necesaria para las viviendas por región climática y que la información sirva para reducir la pobreza energética de las personas en viviendas de comunidades rurales. El desarrollo de este proyecto no es parte de los objetivos de la tesis, pero constituye una línea de investigación que se realizará una vez concluida la investigación doctoral.

Las etapas que tendrá el proyecto son las siguientes:

- 1) Comprar la licencia de un programa de modelado de sistemas dinámicos.
- 2) Elaborar el modelado desarrollado en el programa de que se seleccione.
- 3) Definir en coordinación con el subsecretario de electricidad a las personas de la o las direcciones generales que estarán involucradas en el proyecto.
- 4) Seleccionar a las comunidades en cada región climática del país para recabar la información que alimentara las variables del modelado.

Es importante recordar que al término de la tesis se sigue buscando financiamiento con apoyo de la SENER para su realización.

5. Conclusiones

5.1 Reflexión inicial

La investigación realizada plasmada en esta tesis, que duró 4 años, alcanzó para dar respuesta al problema planteado y a la pregunta de investigación: ¿por qué en México la GED no es un instrumento de desarrollo para que las personas de comunidades rurales salgan de la pobreza energética? La tesis aporta datos dentro del contexto del trabajo de campo y deja claras las posibles líneas de investigación a futuro. Para detallar de manera ordenada las conclusiones, se utilizan tablas de categoría de análisis de cada uno de los objetivos y se presenta de manera semaforizada el cumplimiento de cada uno de ellos.

5.2 Conclusiones respecto a los resultados con actores del sector energético

Tabla 21

Identificación de factores en el sector energético

Objetivo		Categoría de análisis	Variables a medir	Indicadores de medición	Alcanzado	
					Sí	No
A	Identificar desde actores del sector energético (SENER, CFE) los factores que impiden o facilitan que la GD llegue a comunidades con pobreza energética	Percepción institucional y análisis del marco normativo	1) Factores técnicos; 2) Factores regulatorio y normativos; 3) Percepción institucional sobre GD	1) Documentar factores identificados	✓	
				2) Identificación de percepción institucional a través de a) frecuencia de menciones, b) análisis de sentimiento	✓	

Nota. Elaboración propia.

Alcanzar este objetivo ayuda a contestar la pregunta de investigación porque se pudo documentar en la Tabla 19 del capítulo 4 cuáles son los factores desde la percepción de estos actores. Los resultados encontrados reflejan la postura de todos los actores entrevistados en el SEN de México: la CFE, la extinta CRE y la SENER.

En la dimensión social, las respuestas reflejan como requisitos para usar la GED que las comunidades se apropien de los equipos y que se tenga organización comunitaria para el uso y mantenimiento de los equipos, pero no hay en los entrevistados dentro del SEN o en los dos casos de estudio casos donde los equipos estén en operación y que sean casos de éxito documentables. Para que el uso de GED sea viable se requiere mayor empatía y comunicación con las comunidades rurales por parte de los actores del SEN para poder generar políticas energéticas viables para mejorar la cobertura eléctrica y reducir la pobreza energética de las personas de dichas comunidades.

En la dimensión técnica, se requiere ofrecer a las comunidades rurales más información de calidad (transferencia tecnológica) respecto a la instalación, mantenimiento y uso de los sistemas de GED. Este aspecto es importante para que las comunidades rurales tengan un mayor nivel de resiliencia en el contexto del cambio climático actual.

Todos los actores con los que se tuvo relación en la investigación aceptan que la GED puede ser un soporte a las redes de distribución, pero no se detectó ningún esfuerzo por llevar este concepto a la práctica para disminuir circuitos saturados por el consumo en horas pico.

Desde la dimensión económica, en la LSE reformada conceptualiza la energía prioritariamente como un servicio en la redacción de diversos artículos; sin embargo, todavía existe en los actores del SEN una resistencia para aceptar este cambio. Esto dificulta el desarrollo de programas para el uso de la GED donde no existan retornos de la inversión realizada en estos equipos desde el punto de vista financiero.

Por otro lado, el no poder determinar puntualmente el costo de la energía en los términos indicados en apartado 2.3 dificulta tomar una decisión respecto a la tecnología usada en los

programas de electrificación: cuando hacer uso de sistemas de GED o cuando llevar circuitos de distribución (cables y postes) hasta las viviendas

Dos faltantes importantes dentro de las leyes y normativas vigentes son no contar con la información oficial respecto a la matriz energética de las personas en las viviendas de manera segmentada y la falta de precisión en la cobertura eléctrica de comunidades rurales impide, esto para saber quién cuenta con servicio eléctrico, cómo y cuánta energía se consume en las viviendas, para seleccionar eficientemente los destinatarios para el uso de equipos de GED.

5.3 Conclusiones respecto a los resultados con las comunidades caso de estudio

Tabla 22

Identificación de factores en comunidades

Objetivo		Categoría de análisis	Variables a medir	Indicadores de medición	Alcanzado	
					Sí	No
B	Identificar factores que afectan o favorecen el uso de GD en comunidades caso de estudio	Factores técnicos y culturales	1) Cosmovisión del uso de la energía; 2) Fortalezas y debilidades de su adopción; 3) Identificación de quehaceres o usos finales	1) Documentar factores identificados	✓ ?	
				2) Identificar la capacidad de apropiación tecnológica	✓	
				3) Documentar la madurez comunitaria	?	

Nota. Elaboración propia.

Este objetivo fue el de mayor complejidad desde el punto de vista de trabajo de campo. Las comunidades estudiadas se encuentran en zonas de resistencia social, con costumbres y lenguas diferentes. También tienen climas parecidos, lo que se ve reflejado en los tipos de combustibles usados, sobre todo en la leña, que es abundante por el tipo de clima. Otra complicación es el

idioma, porque es complicado traducir significados de un lenguaje a otro, respetando el contexto cultural.

La energía eléctrica es un energético cada vez más usado en las comunidades rurales. Por el incremento en el uso de equipos como refrigeradores y lavadoras sus habitantes desean usar los sistemas de GED, pero requieren programas de capacitación porque no tienen los conocimientos técnicos o apropiación tecnológica de los sistemas.

Con los resultados del trabajo de campo en general, se logró documentar los factores que facilitan o impiden el uso de los sistemas de GED, los cuales se enuncian a continuación en la Tabla 23.

Tabla 23

Factores que facilitan el uso de GED

Organización social en comunidades rurales
Normatividad que permite la interconexión
Mejora la autonomía energética
El uso de la GED como resistencia a los proyectos a gran escala
La ley contempla los conceptos de <i>justicia energética y pobreza energética</i>

Nota. Elaboración propia.

En cuanto a los factores que facilitan el uso de la GED de Tabla 23, el más relevante desde su visión es que se puede usar para evitar la instalación de proyectos a gran escala, provocando en las personas que se organicen de manera comunitaria, dándole sentido a la apropiación de estos sistemas como herramienta de resistencia social.

Tabla 24

Factores que impiden el uso de GED

Alto costo de los equipos de cualquier tecnología
Corrupción en compras e instalación
Deficiente medición de cobertura

No se mide o cuantifica la pobreza energética
Percibir los sistemas fotovoltaicos como única solución
Falta de sensibilización con comunidades rurales respecto a sus necesidades energéticas
Inexistencia de programas en política energética a partir de la legislación actual
Burocracia en trámites de interconexión
No se tiene clara la rentabilidad de los equipos de GED respecto al suministro desde la red centralizada
Falta capacitación técnica a los habitantes de comunidades rurales

Nota. Elaboración propia.

Los impedimentos para el uso de la GED son principalmente técnicos. Percibir que la GED es solo con paneles fotovoltaicos y que no tengan experiencia técnica refleja la falta de transferencia tecnológica también mencionada en el apartado 5.2. La mejor manera de que las personas de las comunidades rurales tengan la capacidad de apropiación de los equipos que estén capacitados en el uso de los equipos, o citando a Benjamín Sovacool, “tener información sobre la gestión energética de alta calidad” (Sovacool y Dworkin, 2015b).

Una limitante de esta investigación en lo referente al trabajo de campo es que se requiere hacer una investigación con alcance nacional, para poder tener el mapa de las diferentes características y necesidades energéticas en las comunidades rurales del país.

Se seleccionaron las comunidades caso de estudio por considerarlas comunidades socialmente maduras con base en las características mencionadas en el capítulo 2 (García Barrios y Moska Estrada, 2022), pero en la práctica resultó ser insuficiente para garantizar el éxito en el uso de sistemas de GED. En el caso del Bachillerato Bartolomé de las Casas, es una comunidad tan madura, que se encontraba en un proceso de transición respecto a la continuación de la operación de la escuela, lo que provocó que la instalación de un sistema de GED no fuera oportuna. En el caso de la Fundación Tosepan, su madurez parecía un atributo de garantía para los dos proyectos de GED; sin embargo el no haber cuidado el proceso de adquisición e instalación de los equipos, confiando que no requería supervisión por la confianza hacia los

responsables internos y externos del proceso tuvo un rol en contra, por el proceso tan burocrático y lleno de intereses diversos.

Para seleccionar comunidades donde se pueda instalar equipos de GED, es necesario revisar de manera inicial que sean maduras con base en tres las características descritas por García Barrios en el apartado 2.5, respecto a su historia pasada, pero además deben tomarse en cuenta otros factores que reflejen la viabilidad que puedan o no tener a futuro como comunidad.

5.4 Conclusiones respecto a los resultados de la matriz energética

Tabla 25

Matriz energética

Objetivo		Categoría de análisis	Variables a medir	Indicadores de medición	Alcanzado	
					Sí	No
C	Establecer la matriz energética de las comunidades	Energía usada en la vivienda	1) Fuentes energéticas; 2) Los usos de la energía	1) Tipos de energía usada	✓	
				2) Cantidad de energía usada	X	

Nota. Elaboración propia.

La matriz energética de las viviendas, es decir, qué tipo de energías y cuánta energía de cada tipo se usa es un elemento central para determinar si las personas requieren más energía y de que tipo. Sin esta información es imposible medir con certeza si las personas tienen condiciones de pobreza energética en sus viviendas.

Esta investigación logró documentar los tipos de consumibles usados en las comunidades caso de estudio, pero no alcanzó para determinar cuánto. En cuanto a la energía térmica, en las encuestas realizadas no se pudo determinar alguna media o moda en el uso o el tipo de leña usada, por lo que es necesario en posteriores investigaciones establecer una metodología para medir cuanta leña se usa, qué tipo de leña es y la cantidad de energía aprovechada.

En el caso del consumo eléctrico, tampoco se pudo determinar un consumo real, porque al ser comunidades en resistencia, las mediciones son estimadas o no tienen medidor o solo usan la energía que pueden pagar. Se requiere la instalación de equipos de medición en una muestra representativa de viviendas para poder determinar su consumo.

5.5 Conclusiones respecto al Manual de procedimientos

Tabla 26

Manual de procedimientos

Objetivo		Categoría de análisis	Variables a medir	Indicadores de medición	Alcanzado	
					Sí	No
D	Diseñar un manual de procedimientos para sistemas de GD en comunidades rurales	Estandarización técnica y metodológica	1) Atributos de madurez comunitaria; 2) Parámetros técnicos básicos del sistema; 3) Ejemplo de dimensionamiento	1) Documento con procedimientos	✓	
				2) Dimensionamiento técnico validado por UVIE (Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas)	✓	

Nota. Elaboración propia.

Ante la imposibilidad de determinar una cantidad promedio de energía eléctrica requerida para una vivienda en las comunidades rurales caso de estudio, se tomará como referencia inicial el parámetro establecido por CFE en su tarifa doméstica “T1”.

Se anexa a este documento un manual con el dimensionamiento de un sistema de GED calculado con la referencia de consumo de CFE para generar el equivalente a 140 kWh al mes, que representan un consumo de energía sin excedentes, reflejados en el consumo básico e intermedio de un recibo de la tarifa 1.

Se anexa también un diagrama unifilar con el dimensionamiento de cableados, las características de las canalizaciones requeridas y las protecciones en CD y AC. El diagrama

unifilar y el dimensionamiento cuentan con el documento de verificación de una UVIE,³² como requisito de certificación que se requiere por norma.

5.6 Conclusiones respecto al IMPE

Tabla 27

Diseño del IMPE

Objetivo		Categoría de análisis	Variables a medir	Indicadores de medición	Alcanzado	
					Sí	No
E	Diseñar un Indicador Multidimensional de Pobreza Energética (IMPE)	Medición de suficiencia energética	1) Balance entre flujos de ingreso (acceso) y de salida (consumo) de energía; 2) Capacidad de pago de energía	Nivel base de 1) Capacidad de pago	?	
				2) Consumo eléctrico a CFE en moneda nacional	?	
				3) Uso de GD térmica en kWh	?	
				4) Uso de GD eléctrica en kWh	?	
				5) Usos finales de energía en kWh	?	

Nota. Elaboración propia.

Es significativo para el que escribe esta tesis que se reconoció en la SENER la necesidad de medir la pobreza energética de las personas en sus viviendas como se expuso en el capítulo anterior. Se logró diseñar el modelo de flujos de energía en la vivienda; quedó pendiente establecer la matriz energética de las viviendas para alimentar el modelado y determinar líneas base de suficiencia energética en las diferentes zonas climáticas del país. El proyecto a nivel nacional explicado en el capítulo de resultados queda como una línea de investigación a desarrollar posterior a este doctorado.

³² UVIE: Unidad de verificación de instalaciones eléctricas.

5.7 Conclusiones respecto a los resultados como requisitos en políticas públicas

Tabla 28

Resultados como requisitos en políticas publicas

Objetivo		Categoría de análisis	Variables a medir	Indicadores de medición	Alcanzado	
					Sí	No
F	Establecer cuáles resultados pueden servir como requisitos o políticas públicas	Visualización como políticas públicas	Comparación de legislación vigente con resultados de la investigación	1) Documentar cuáles resultados o conclusiones ya están integradas a políticas	✓	
				2) Identificar cuáles falta por integrar	✓	
				3) Definir cuáles es posible integrar como consecuencia de la investigación	?	

Nota. Elaboración propia.

Como se indicó en el capítulo 4, se logró establecer la relación entre los conceptos de pobreza y justicia energética en la LSE ya aprobada y publicada en el *DOF*. Al momento de cierre de esta investigación, ya se aprobó y publicó el reglamento de esa ley. Durante las visitas realizadas y como se puede consultar en el anexo 10 “Carta de terminación de estancia de experiencia práctica”, se logró incidir en la política energética a partir de lo siguiente:

- ✓ La revisión de la cobertura eléctrica en México y que todas las personas tengan acceso a energía suficiente y de calidad.
- ✓ En el análisis de los conceptos de *justicia energética* y *pobreza energética* se aportó información para el desarrollo del capítulo 1, título segundo “De la Justicia Energética” en

el Reglamento de la Ley del Sector Eléctrico publicado en el DOF el viernes 3 de octubre de 2025.

En la reunión con la unidad jurídica de la SENER (UAJ-SENER) se detectó que hay elementos de justicia energética que deberían reflejarse en programas y acciones que usen la GED (ver Figura 48). Por otro lado, en el desarrollo del reglamento de la ley se está buscando ofrecer financiamiento para el uso de esta tecnología, pero aún no existen programas específicos para el uso de la GED en comunidades rurales.

Figura 48

Elementos de la justicia energética para incluir en el reglamento de la LSE

En este contexto, se señaló como aspecto faltante para cada uno de dichos temas, lo siguiente:

Tema	Pendiente
1. Sector Energético con noción del debido proceso y respecto a derechos humanos.	- Se tiene como principal reto por parte del Sector, el respecto a los derechos humanos y el cumplimiento a la legislación nacional e internacional. Al respecto se informó que está en proceso la emisión de una Ley General de Consulta que buscar vincular y fortalecer el tema de la consulta. - Se invitó el día de 11 de abril a la reunión con la Dirección de Consulta Previa, Impacto Social y Ocupación Superficial para conocer más sobre las propuestas del área en el tema. - Fortalecer la participación inclusiva de los pueblos originarios, particularmente de forma previa, durante la planeación, para entender sus necesidades energéticas. - Fortalecer el acceso a la información, compartiendo a las comunidades información energética previa a la adopción de proyectos, buscando incluir transferencia de conocimiento a las comunidades para que puedan tomar decisiones informadas.
2. Equidad intrageneracional y justicia distributiva.	- Se requiere fortalecer la satisfacción de necesidades energéticas a generaciones actuales y posteriores.
3. Equidad intergeneracional y justicia distributiva.	- Buscando mecanismos institucionales para participar en la riqueza que generan los proyectos energéticos. A través de los planes de gestión social, se puede incluir lo anterior. - Fortalecer temas de protección a la salud derivada de afectaciones de proyectos energéticos.
4. Responsabilidad por daños ambientales y externalidades negativas.	- La LESE no refiere el cumplimiento de obligaciones en materia ambiental, ni el cumplimiento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, por lo que se sugiere fortalecer la relación entre ambas materias y leyes, inclusive, desde la planeación de proyectos y hasta su desmantelamiento.

Nota. Elaboración propia con base en la reunión UAJ-SENER.

5.8 Líneas de investigación abiertas

A partir del alcance de esta investigación, algunas líneas trabajo que quedan abiertas son las siguientes:

- ✓ Medir y documentar la matriz energética en las comunidades rurales.
- ✓ Realizar el análisis de campo para alimentar el IMPE propuesto en todo el país y establecer líneas base de pobreza y suficiencia energética.
- ✓ Desarrollar una metodología más sólida para la medición de la cobertura eléctrica en México.
- ✓ Desarrollar una metodología para determinar el costo de la energía que tome en cuenta todos los costos y gastos de operación y consolide en un solo cálculo cada etapa del proceso de electrificación, desde la generación, hasta la comercialización de la energía.

5.9 Conclusiones generales

La respuesta a la pregunta de investigación a partir de la investigación realizada, con base en los factores encontrados y analizados en esta tesis, es que técnicamente es posible usar la GED como herramienta de desarrollo, pero se necesita que se cumplan los siguientes requisitos generales:

- a) Facilitar que las comunidades cuenten con acceso al conocimiento técnico para el uso de las diferentes tecnologías de la GED, que a partir de ahí, los habitantes de las comunidades definan con claridad los quehaceres energéticos que se podrían satisfacer con el uso de los sistemas de GED, con base en sus usos finales y costumbres de vida.
- b) Desde el gobierno federal, que se definan líneas base de suficiencia energética para saber si hay personas en alguna situación de pobreza energética a partir del modelo diseñado, que se mejore la medición de la cobertura eléctrica y a partir de ahí se realicen programas

de electrificación mejor dirigidos a las localidades rurales del país y a cualquier otra localidad.

6. Referencias

- Barrena, M., Ordinola, C., Gosgot, W. y Salazar, P. (2021). Mejoramiento de calidad de vida en zona rural con sistema fotovoltaico de 100 Wp, Chachapoyas, Amazonas, Perú. *Revista Científica Pakamuros*, 9(1), 76-91. <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v9i1.165>.
- Boege, E. (coord), Fernández L., L. E. (coord.) y Colectivos de la Unión de Cooperativas Tosepan Titataniske (2021). *Código Masewal: Plan de vida, soñando los próximos cuarenta años Tikochitah tisentekitiskheh oye powal xiwuit*. Unión de Cooperativas Tosepan Titataniske, Fundación. <https://www.aacademica.org/eckart.boege/4>.
- Boso, Á., Ariztía, T. y Fonseca, F. (2017). Uses, resistances and acceptance of emergent household energy technologies: The case of the wood-burning stove exchange program in temuco, Chile. *Revista Internacional de Sociología*, 75(4), e078. <https://doi.org/10.3989/ris.2017.75.4.17.04>.
- Calle Aguirre, M. C. (2025, 23 de mayo). *Más combustibles y menos renovables: las órdenes de Trump que cambian la energía de EE. UU.* France 24. <https://www.france24.com/es/programas/medio-ambiente/20250523-más-combustibles-y-menos-renovables-las-órdenes-de-trump-que-cambian-la-energía-de-ee-uu>.
- Calvo, R. Álamos, N., Billi, M., Urquiza, A. y Contreras Lisperguer, R. (2021). *Desarrollo de indicadores de pobreza energética en América Latina y el Caribe* (Serie Recursos Naturales y Desarrollo, 207 [LC/TS.2021/104]). Comisión Económica para América Latina y el Caribe.
- Castañón-Rosa, R., Solís-Guzmán, J. y Marrero-Meléndez, M. (2020). Measuring fuel poverty. A review of indicators. *Habitat Sustentable*, 10(1), 9-21. <https://doi.org/10.22320/07190700.2020.10.01.01>.
- Comisión Federal de Electricidad (2025). Indicadores del proceso de electrificación [presentación de Power Point]. Gobierno de México.
- CFE Distribución (s. f.). *Integración de la generación distribuida a los circuitos de media tensión de las Redes Generales de Distribución* Consultada el 2 de junio de 2024. <https://app.cfe.mx/Aplicaciones/GeneracionDistribuida/GeneracionDistribuida>.
- Cofiño Kepfer, A. (2014). De la resistencia en las montañas a la autogestión y la defensa de los bienes comunes. Construcción de la hidroeléctrica comunitaria Luz de los Héroes y Mártires de la Resistencia, en la Zona Reina, Quiché, Guatemala. *Revista Pueblos y Fronteras digital*, 9(17), 21-33. <https://doi.org/10.22201/cimsur.18704115e.2014.17.60>.
- Comisión Reguladora de la Energía (2023). *Solicitudes de interconexión de centrales eléctricas con capacidad menor a 0.5 mw. Contratos de interconexión de pequeña y mediana escala y generación distribuida estadísticas al primer semestre de 2023*. Comisión Reguladora de Energía; Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/850976/Estadísticas_GD_2023_Primer_Semestre_2023.pdf.
- Comisión Reguladora de Energía (s. f.). *Generación distribuida*. Consultada el 3 de julio de 2024. <https://www.gob.mx/cre/articulos/generacion-distribuida-102284>.
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (2014, 6 de junio). *¿Qué es la generación distribuida? –Grandes Usuarios de la Energía–*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/que-es-la-generacion-distribuida-estados-y-municipios>.
- Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos (2024, 31 de octubre). *DECRETO por el que se reforman el párrafo quinto del artículo 25, los párrafos sexto y séptimo del artículo 27 y el párrafo cuarto del artículo 28 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de áreas y empresas estratégicas*. Diario Oficial de la Federación.

- https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5742012&fecha=31/10/2024#gsc.tab=0. Congreso General de los Estados Unidos Mexicanos (2025, 18 de marzo). *DECRETO por el que se expiden la Ley de la Empresa Pública del Estado, Comisión Federal de Electricidad*. Diario Oficial de la Federación. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/lse/LSE_orig_18mar25.pdf.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (2023). *Medición de la pobreza 2022*. https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/MMP_2022/Pobreza_multidimension_al_2022.pdf.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (s. f.). *Medición multidimensional de la pobreza en México (2016-2020)*. Consultada el 22 de agosto de 2024. https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza_2020.aspx.
- Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (s. f.). *Relación socio-económica*. Consultada el 7 de julio de 2025. <https://energia.conahcyt.mx/planeas/electricidad/relacion-socioeconomica>.
- Coyle, E. D. y Simmons, R. A. (eds.) (2014). *Understanding the Global Energy Crisis*. Purdue Studies in Public Policy.
- Crippa, M., Guizzardi, D., Pagani, F., Banja, M., Muntean, M., Schaaf, E., Quadrelli, R., Risquez Martin, A., Taghavi-Moharamli, P., Köykka, J., Grassi, G., Melo, J., Suárez-Moreno, M., Sedano, F., San-Miguel, J., Manca, G. y Pisoni, E. (2025). *GHG emissions of all world countries-2025*. Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/9816914>.
- Egan, M. (2023, 26 de junio). *Por el calor extremo dos tercios de Norteamérica podrían sufrir apagones este verano*. CNN Español. <https://cnnespanol.cnn.com/2023/06/26/calor-extremo-dos-tercios-norteamerica-red-electrica-verano-trax/>.
- ENFOQUE: *Desobediencia al pago de la luz, lucha local contra la privatización* (2004, 30 de diciembre). SIPaz. <https://www.sipaz.org/enfoque-desobediencia-al-pago-de-la-luz-lucha-local-contra-la-privatizacion/>.
- Estrada, J. H., Rodríguez, V. y Ventura, H. (2022). *El gas natural en México: Impacto de la política de autosuficiencia, seguridad y soberanía en la transición y la integración energética regional (LC/MEX/TS.2022/12)*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/49810616-0d2c-44c6-80f8-aa5a250f9be1/content>.
- Fernandez Lomelín, L. E., Ramírez Domínguez, B. y Fernández y Fernández, J. P. (2023, octubre). *Modelo Alternativo de Gestión de la Energía para el Yeknemilis (PRONAI FOP04-2021-03) [reporte de avances]*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; Fundación Tosepan.
- Fernández Lomelín, L. E., Durán Olguín, L., Fernández y Fernández, J. P., Vázquez Esteban, L., Sebastián Ángeles, A. y Sánchez Martínez, B. (2023, noviembre). *Reporte sobre la conceptualización de la energía desde la cosmovisión local (PRONAI FOP04-2021-03) [reporte]*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; Fundación Tosepan.
- Fernández Morales, K., McAnally Salas, L. y Vallejo Casarín, A. (2015). Apropiación tecnológica: Una visión desde los modelos y las teorías que la explican. *Perspectiva Educativa*, 54(2). <https://doi.org/10.4151/07189729-vol.54-iss.2-art.331>.
- Fernández y Fernández, J. P. (2022, octubre). *Reporte de resultados de encuestas para la caracterización del consumo y producción de energía local Yeknemilis (PRONAI FOP04-2021-03) [reporte]*. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; Fundación Tosepan.
- Flores-Elizondo, R. y Shaar-Velázquez, L. C. (2020). Solarizar a México como política social: Una estrategia para combatir la pobreza energética. En L. Huesca, G. Ordoñez y S. A. Sandoval (coords.), *Los retos de la política social en el sexenio de la cuarta transformación* (pp. 421-444). El Colegio de la Frontera Norte; Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo.

- <https://hdl.handle.net/11117/11525>.
- García-Ochoa, R. y Graizbord, B. (2016). Caracterización espacial de la pobreza energética en México. Un análisis a escala subnacional. *Economía, Sociedad y Territorio*, XVI(51), 289-337. <https://doi.org/10.22136/est002016465>.
- García Barrios, J. R. y Moska Estrada, S. (eds.) (2022). *Problemas del agua en México, ¿Cómo abordarlos?*. Fondo de Cultura Económica; Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías.
- Garrido, S. (2018). "Por un futuro sustentable y una gestión democrática de la energía": la experiencia de construir un sistema de generación alternativa en la ciudad de Armstrong, Argentina. *Estudios Avanzados*, (29), 40-55. <https://doi.org/10.35588/wt1e3f64>.
- Gitman, L. J. y Zutter, C. J. (2012). *Principios de administración financiera* (12.^a ed.; A. Enriquez Brito, trad.). Pearson Educación en México. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24802w/Principios_de_administracion_financiera_12Ed_Gitman.pdf?utm_source=chatgpt.com.
- Gobierno de México (2024, 6 de noviembre). *Estrategia Nacional del Sector Eléctrico*. Secretaría de Energía.
- Gobierno de México, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (2022). *México: Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero, 1990-2019*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Grunstein Dickter, M. (2024). Justicia energética apagada: las reformas a la Ley de la Industria Eléctrica entre el Ejecutivo, el Congreso y la Suprema Corte. En A. Pozas Loyo, F. Pou Giménez y A. Herrera García (eds.), *Análisis de jurisprudencia constitucional mexicana. La Suprema Corte en 2022* (pp. 151-164). Instituto de Investigaciones Jurídicas, Universidad Nacional Autónoma de México (Serie Doctrina Jurídica, núm. 1027). <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/15/7484/33.pdf>.
- Grupo Banco Mundial (2023, 6 de junio). *Un nuevo informe revela retrasos en el acceso a energías básicas y la necesidad de invertir en renovables* [comunicado de prensa]. <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2023/06/06/basic-energy-access-lags-amid-renewable-opportunities-new-report-shows>.
- Hernández, M. F., Aguado, L. F. y Duque, H. (2013). Índice de pobreza energética multidimensional por regiones para Colombia, IPEM_RC 2013. *Economía Coyuntural*, 3(3), 35-71.
- Impulsan en Chiapas "resistencia civil" contra las altas tarifas de la CFE* (2007, 16 de agosto). Proceso. <https://www.proceso.com.mx/nacional/estados/2007/8/16/impulsan-en-chiapas-resistencia-civil-contra-las-altas-tarifas-de-la-cfe-36462.html>.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2022, 7 de diciembre). *Comunicado de prensa núm. 734/22: PIB por entidad federativa 2021*. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2022/PIBEF/PIBEF.pdf>.
- International Energy Agency (2023). *World Energy Outlook 2023*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>.
- International Energy Agency (2024). *World Energy Outlook 2024*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024>.
- IRENA Data Centre (s. f.). *Renewable Energy Country Rankings | Tableau Public*. Consultada el 1 de junio de 2025. <https://public.tableau.com/app/profile/irena.resource/viz/IRENAREsourceRenewableEnergyRankings/Rankings>.
- Jenkins, K., Rehner, R., McCauley, D., Heffron, R. y Stephan, H. (2015). Energy justice: A conceptual review. *Energy Research & Social Science*. http://cl.uw.edu.pl/dok/Energy-justice--A-conceptual-review_2016_Energy-Research---Social-Science.pdf
- Liobikiene, G., Matiiuk, Y. y Krikštolaitis, R. (2023). The concern about main crises such as the

- Covid-19 pandemic, the war in Ukraine, and climate change's impact on energy-saving behavior. *Energy Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2023.113678>.
- Los precios de los módulos solares chinos caen en picada (2023, 9 de junio). PV Magazine. <https://www.pv-magazine-mexico.com/2023/06/09/los-precios-de-los-modulos-solares-chinos-caen-en-picada/>.
- Marmot Review Team (2011). *The Health Impacts of Cold Homes and Fuel Poverty*. Friends of the Earth-Marmot Review Team. <https://www.instituteofhealthequity.org/resources-reports/the-health-impacts-of-cold-homes-and-fuel-poverty/the-health-impacts-of-cold-homes-and-fuel-poverty.pdf>.
- McMahon, J. (2022, 29 de diciembre). *The 'Sleeping Giant Of Energy Storage' Is Waking Up*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/jeffmcmahon/2022/12/29/the-sleeping-giant-of-energy-storage-is-waking-up/?sh=1a3a015e15f8>.
- Naciones Unidas (s. f.). ODS 7. Consultada el 9 de julio de 2023. <https://mexico.un.org/es/sdgs/7/key-activities>.
- Naciones Unidas México (s. f.). *Acerca de nuestro trabajo para los Objetivos de Desarrollo Sostenible en México*. Consultada el 14 de diciembre de 2024. <https://mexico.un.org/es/sdgs>.
- Nusshaumer, P. Bazilian, M., Modi, V. y Yumkella, K. K. (2011, marzo). *Measuring Energy Poverty: Focusing on What Matters* (OPHI Working Paper núm. 42). Universidad de Oxford. <https://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:905b420b-b848-413a-89a3-a882c12dc696/files/m28d4dac952e6dc8bbe6f6434cd8234b5>.
- Okushima, S. (2017). Gauging Energy Poverty: A Multidimensional Approach. *Energy*, 137, 1159-1166. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.137>.
- Ortiz Ahlf, L. (2023, 17 de febrero). *Comunicados de prensa No.052/2023*. Suprema Corte de Justicia de la Nación. <https://www.internet2.scjn.gob.mx/red2/comunicados/noticia.asp?id=7238>.
- Paul, A., Simbaña, B., Marreno Ramírez, S., Iván, C. y Caiza, Q. (2023). Análisis de armónicos generados en inversores de los sistemas fotovoltaicos autónomos residenciales: Analysis of harmonics generated in inverters of residential autonomous photovoltaic systems. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2), 3128-3141. <https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/823>.
- Pereira, G., González, A. y Ríos, R. (2021). Capturing Multidimensional Energy Poverty in South America: A Comparative Study of Argentina, Brazil, Uruguay, and Paraguay. *Frontiers in Sustainable Cities*, 3, 1-20. <https://doi.org/10.3389/frsc.2021.632009>.
- Ramos-Gutiérrez, L. de J. y Montenegro-Fragoso, M. (2012). La generación de energía eléctrica en México. *Tecnología y Ciencias del Agua*, III(4), 197-211. <https://revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/268>.
- Rátiva Gaona, S., Rátiva Gaona, D., Ortiz Zamora, R. y García Pacheco, S. (2023). *La flor de la energía: Metodología comunitaria para la representación socio-espacial de las energías para el Yeknemilis* (PRONAI FOP04-2021-03) [reporte]. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología; Fundación Tosepan.
- Rhenals-Julio, J. D., Armando Martínez, H., Doria Oviedo, M., Fernando Arango, J. y Mario Mendoza Fandiño, J. (2025). Economic assessment of the potential for renewable based microgrids generation systems : an application in a university building International Journal of Energy Economics and Policy Economic Assessment of the Potential for Renewable Based Microgrids Generation Systems: An Application in a University Building. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 15(1), 206-212. <https://doi.org/10.32479/ijeep.17423>.
- Riccio Anastacio, F. R. (2025). Determinación del ángulo óptimo de inclinación para sistemas fotovoltaicos fijos mediante software de simulación PVsyst. *Boletín Científico Ideas y Voces*, 5(3), 312-325. <https://doi.org/10.60100/bciv.v5i3.255>.

- Robadey, A. y Oliveira Biazatti, B. de (2016). El acceso a la energía como un derecho humano. En L. N. Caldeira Brant (org.), *Desarrollo sostenible y matriz energética en América Latina. La universalización del acceso a la energía limpia* (J. Braz Rodriguez, trad.; pp. 25-42). Konrad Adenauers Stiftung; Programa Regional Seguridad Energética y Cambio Climático en América Latina; Centro de Direito Internacional. <https://www.researchgate.net/publication/315245499>.
- Rodríguez Mega, E. y Yoon, J. (2024, 10 de mayo). *México sufre apagones durante una ola de calor*. The New York Times. <https://www.nytimes.com/es/2024/05/10/espanol/mexico-apagones-luz-electricidad.html>.
- Sánchez-Guevara Sánchez, C. (2015). Propuesta metodológica de evaluación de la pobreza energética en España. Indicadores para la rehabilitación de viviendas [tesis de doctorado en Arquitectura, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio Institucional UPM. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.39928>.
- Santillán, O. S., Cedano, K. G. y Martínez, M. (2020). Analysis of Energy Poverty in 7 Latin American Countries Using Multidimensional Energy Poverty Index. *Energies*, 13(7), 1-19. <https://doi.org/10.3390/en13071608>.
- Secretaría de Energía (2019). *Balance Nacional de Energía 2019*. Gobierno de México.
- Secretaría de Energía (2022a, 17 de agosto). *Reglas de operación del Fondo de Servicio Universal Eléctrico. Fondo de Servicio Universal Eléctrico*; Secretaria de Energía.
- Secretaría de Energía (2022b, diciembre). *Prontuario estadístico* [presentación de Power Point]. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/788927/202212_En_elaboraci_n_Formato_-_Accesibilidad.pdf.
- Secretaría de Energía (2023a). *Balance Nacional de Energía 2022*. Subsecretaría de Planeación y Transición Energética, Dirección General de Planeación e Información Energéticas. <https://base.energia.gob.mx/BNE/BalanceNacionalDeEnergía2022.pdf>.
- Secretaría de Energía (2023b). *Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2023-2037*. Gobierno de México.
- Secretaría de Energía (2024a). *Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2024-2038*. Gobierno de México.
- Secretaría de Energía (2024b). 6. Programa de Ampliación y Modernización de las Redes Generales de Distribución que no Correspondan al Mercado Eléctrico Mayorista. En *Programa de Desarrollo del Sector Eléctrico Nacional 2024-2038* (pp. 137-152). Gobierno de México.
- Secretaría de Energía (2025, 22 de diciembre). "Programa Sectorial de Energía 2025-2030". *Diario Oficial de la Federación*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/1058017/302_PROGRAMA_SECTORIAL_DE_ENERGIA_2025-2030.pdf.
- Secretaría del Bienestar (2024). *Informe Anual sobre la Situación de Pobreza y Rezago Social 2026*. 21-Puebla. Gobierno de México. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/1060735/21_Puebla_2026.pdf.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (2025, 28 de febrero). *AVISO. Factor de emisión del sistema eléctrico nacional 2024*. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/981194/aviso_fesen_2024.pdf.
- Sistema de Información Social Georreferenciada (s. f.). 07031-CHILÓN. Secretaría del Bienestar. Consultada el 10 de julio de 2025. https://sisge.bienestar.gob.mx/sisge?cve_geo=07031.
- Sovacool, B. K. y Dworkin, M. H. (2014). *Global Energy Justice: Problems, Principles, and Practices*. Cambridge University Press. https://assets.cambridge.org/97811070/41950/frontmatter/9781107041950_frontmatter.pdf.
- Sovacool, B. K. y Dworkin, M. H. (2015a). Global Energy Justice. *Energy Law Journal*, 36, 141-145. <https://www.eba-net.org/wp-content/uploads/2023/02/10-19-141-Attanasio-Final->

[4.27.pdf](#).

- Sovacool, B. K. y Dworkin, M. H. (2015b). Energy justice: conceptual insights and practical applications. *Applied Energy*, 142, 435-444. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.01.002>.
- Sovacool, B. K., Burke, M., Baker, L., Kumar Kotikalapudi, C. y Wlokas, H. (2017). New frontiers and conceptual frameworks for energy justice. *Energy Policy*, 105, 677-691. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.03.005>.
- Suprema Corte de Justicia de la Nación (2022, 5 de abril). *Sesión Publica Ordinaria N°37*. <https://www.scjn.gob.mx/sites/default/files/actas-sesiones-publicas/documento/2022-05-09/37%20-%205%20de%20abril%20de%202022.pdf>.
- Toaza, J., Pazmiño, E., Quinatoa, C. y Salazar, R. (2024). Evaluation of Solar Panel Integration in Power Control Distribution Networks. *Revista Politecnica*, 54(3), 67-75. <https://doi.org/10.33333/rp.vol54n3.07>.
- Torres, B. y Graizbord, B. (eds.) (2023). *Influencias y compromisos Internacionales en la politica ambiental mexicana*. El Colegio de México (Miradas Múltiples para Pensar a México y al Mundo, 03).
- Udías Vallina, A. (2022). Consumo de energía y ecología. *Razón y Fe*, 286(1458), 89-99. <https://doi.org/10.14422/ryf.vol286.i1458.y2022.006>.
- Unión de Cooperativas Tosepan (2018, 26 de diciembre). *Unión de Cooperativas Tosepan*. HIC-AL. <https://hic-al.org/2018/12/26/union-de-cooperativas-tosepan/>.
- Valera Baeza, C. A. (2011). *Educación y apropiación cultural: la experiencia del Bachillerato Fray Bartolomé de Las Casas en una comunidad tseltal* [tesis de maestría en Ciencias en Recursos Naturales y Desarrollo Social, El Colegio de la Frontera Sur]. Repositorio Institucional Ecosur. https://ecosur.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1017/1643/1/100000032938_documento.pdf.
- World Bank Group (s. f.). *Global Solar Atlas*. Consultada el 5 de junio de 2024. <https://globalsolaratlas.info/download/world>.
- Yovera Cortez, M. E. A. (2025). Estudio, análisis cualitativo-cuantitativo y dimensionamiento del impacto ambiental del proceso de reciclaje de paneles fotovoltaicos [tesis. Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/ab898b73-72d4-42e3-9b56-cded1512a9d5/conten>.
- Zárate Toledo, E. (2022). Sociología de energías renovables y transformación energética en México. *Estudios Sociológicos de El Colegio de México*, 41(122), 441-470. <https://doi.org/10.24201/es.2023v41n122.2271>.

Anexo 1. Oficio INAI



Unidad de Transparencia

"2023 Año de Francisco Villa,
El Revolucionario del Pueblo"

Ciudad de México, 31 de octubre de 2023.
Ref. UT/SISAI/3524/23.

Asunto: Se responde solicitud de acceso a la información.

C. Solicitante.
Presente.

Nos referimos a la solicitud de acceso a la información que usted ingresó a través de la Plataforma Nacional de Transparencia, identificada con el folio 330007723002858, por la cual requirió a la Comisión Federal de Electricidad, lo siguiente:

Medio de entrega: Electrónico a través del sistema de solicitudes de acceso a la información de la PNT.

Descripción de la solicitud: Como parte de una investigación de posgrado en el Instituto de Estudios Superiores de Occidente (ITESO), requiero conocer el método o procedimiento para el cálculo del COSTO de la energía eléctrica que se suministra a las casas habitación en el país. Tomando en cuenta los costos de generación, transmisión, distribución, medición, comercialización y todos los demás conceptos incluidos en el método o procedimiento de cálculo. (sic)

En alcance a la ampliación de plazo para responder, que le fue notificada en apego al artículo 135 de la *Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública*, le informamos que esta Unidad de Transparencia, en cumplimiento a lo ordenado por el artículo 133 de la citada ley, en concordancia con el vigésimo de los *Lineamientos que establecen los procedimientos internos de atención a solicitudes de acceso a la información pública*, turnó su solicitud de información a las áreas que se estimaron facultadas para conocer de su requerimiento, de conformidad con lo establecido en el *Estatuto Orgánico de la Comisión Federal de Electricidad*.

Con motivo de lo anterior, las áreas que a continuación se enuncian respondieron a su solicitud –cada una conforme al ámbito de sus atribuciones– manifestando lo siguiente:

Dirección Corporativa de Operaciones

Se notifica que no es del alcance de la Subdirección de Negocios no Regulados de conformidad con lo establecido en el artículo 34 del *Estatuto Orgánico de la Comisión Federal de Electricidad* corresponde a la Subdirección de Negocios no Regulados lo siguiente:

ARTÍCULO 34.- A la Subdirección de Negocios no Regulados le corresponden, además de las funciones genéricas señaladas en el presente Estatuto, las siguientes:

1. Realizar evaluaciones para la modernización y la competitividad con base en la prospectiva técnica en la generación eléctrica;
2. Analizar las principales estrategias operativas, así como proponer las medidas necesarias para cumplir con los objetivos de las mismas;
3. Operar los mecanismos que se establezcan para mejorar la comercialización de servicios y productos;
4. Analizar la evolución de las energías limpias y renovables; y
5. Vigilar la aplicación de los planes de contingencia orientados a enfrentar situaciones de emergencia en centrales hidroeléctricas y termoeléctricas.

Agradeciendo su amable atención quedamos a sus apreciables órdenes.

En observancia de los Términos para la estricta separación legal de la Comisión Federal de Electricidad –vigentes al momento de ingresar la solicitud– y con fundamento en el Acuerdo aprobado por el Comité de Transparencia de la CFE, en su Trigésima Séptima Sesión Extraordinaria de fecha 1 de noviembre de 2016; en el sentido de que la Unidad de Enlace para la Información Pública (actualmente Unidad de Transparencia) y el Comité de Transparencia de la Comisión Federal de Electricidad, continúe dando cumplimiento a las obligaciones de Transparencia, Acceso a la Información Pública, Protección de Datos y Organización y Conservación de Archivos de las Empresas Productivas Subsidiarias, hasta en tanto se concluyan las acciones durante el proceso de transición y resulten operativas; se hace de su conocimiento que la Empresa Productiva Subsidiaria CFE Suministrador de Servicios Básicos, a la fecha de su solicitud hace de su conocimiento lo siguiente.

Por lo que ve a esta CFE Suministrador de Servicios Básicos (CFE SSB) para dar respuesta a su solicitud se señala:

El método o procedimiento para el cálculo del costo de la energía eléctrica (sin hacer distinción al que consumen las casas habitación) es una combinación de los resultados de diversos mercados (los cuales a su vez reflejan condiciones externas como lo son los precios de combustibles, disponibilidad de elementos para generar y transmitir energía, entre otros), Acuerdos emitidos por la Comisión Reguladora de Energía y la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, entre otros.

Dentro de los Manuales de Mercado, los más relevantes para el entendimiento de la determinación de los costos de generación son los siguientes:

Página 1 de 2

Av. Cuauhtémoc, #536 – planta baja, Colonia Narvarte, Benito Juárez, C.P. 03020, Ciudad de México.
Teléfono +52-555-229-4400 extensiones 90973 y 90980.

- **Manual de Mercado de Corto Plazo:**
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regia/n463.pdf>
- **Manual de Registro y Acreditación de Participantes de Mercado (como referencia, el Anexo C):**
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regia/n466.pdf>
- **Manual del Mercado para el Balance de Potencia:**
<http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regia/n475.pdf>
<https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/DisposicionesOperativas.aspx>
- **El resto de Manuales de Prácticas de Mercado se consultan en:**
<https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/DisposicionesOperativas.aspx>
- **Memorias de cálculo de tarifas de suministro básico:**
<https://datos.gob.mx/busca/dataset/memorias-de-calculo-de-tarifas-de-suministro-basico>
- **Acuerdos de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público:**
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5506178&fecha=30/11/2017#gsc.tab=0
<https://app.cfe.mx/Aplicaciones/CCFE/Tarifas/TarifasCFCasa/Acuerdos/AcuerdosCasa.aspx>
- **Acuerdos de la Comisión Reguladora de Energía (como referencia de lo que se considera para determinar el costo de generación):**
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5622415&fecha=29/09/2021#gsc.tab=0
- **Tarifas Reguladas (2023):**
En los "Considerando" se describe cada acuerdo en donde la Comisión Reguladora de Energía determina la Tarifa de Operación:
- **CENACE:**
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5678993&fecha=08/02/2023#gsc.tab=0
- **Transmisión:**
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5679002&fecha=08/02/2023#gsc.tab=0
- **Distribución:**
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5679001&fecha=08/02/2023#gsc.tab=0
- **Tarifa de Operación de CFE Suministrador de Servicios Básicos:**
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5679079&fecha=09/02/2023#gsc.tab=0

Por exhaustividad, la solicitud fue turnada también a las empresas productivas subsidiarias CFE Distribución, CFE Transmisión, CFE Generación I, CFE Generación II, CFE Generación III, CFE Generación IV, CFE Generación V y CFE Generación VI, áreas que manifestaron no contar con información que atienda al reclamo informativo.

Con todo lo expuesto, se cumple con la obligación de dar trámite a su solicitud en términos de lo establecido en el artículo 135 de la *Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública*. No se omite mencionar que, en virtud de que usted presentó su solicitud por la Plataforma Nacional de Transparencia, en apego al artículo 126 de la mencionada ley, la notificación de la presente respuesta surte sus efectos por esa misma vía.

En caso de inconformidad con la presente respuesta, usted podrá interponer, de manera directa por escrito, por correo con porte pagado o por medios electrónicos, un recurso de revisión ante el Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales (INAI) o ante la Unidad de Transparencia de esta empresa eléctrica nacional, dentro de los quince días siguientes a la fecha de notificación de la respuesta, tal y como lo señala el artículo 147 de la *Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública*.

Finalmente, se le informa que la mencionada *Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública*, en su numeral 148, prevé las causales de procedencia del citado recurso de revisión.

Reciba un cordial saludo.

Unidad de Transparencia
Comisión Federal de Electricidad

La presente respuesta fue hecha del conocimiento del Comité de Transparencia en su 40ª Sesión Ordinaria del año 2023. Las actas de las sesiones del Comité de Transparencia se encuentran disponibles para consulta del público en general en el siguiente enlace: https://www.cfe.mx/transparencia/actas/transparencia/2023_ordinarias.aspx

Av. Cuauhtémoc, #536 – planta baja, Colonia Narvarte, Benito Juárez, C.P. 03020, Ciudad de México.
Teléfono +52-555-229-4400 extensiones 90973 y 90980.

Página 2 de 2

Anexo 2. Solicitud de interconexión

Fecha _____

Número de Solicitud _____

I. Datos del Solicitante			
Nombre, Denominación o Razón Social			
Domicilio			
Calle	Número exterior	Número Interior	Código Postal
Colonia/Población	Delegación/Municipio		Estado
Teléfono			Fax
II. Datos de Contacto			
Nombre		Puesto	
Domicilio			
Calle	Número exterior	Número Interior	Código Postal
Colonia/Población	Delegación/Municipio		Estado
Teléfono	Correo Electrónico		Fax
III. Datos de la Solicitud			
Modalidad de la Solicitud		Baja Tensión	Media Tensión
IV. Utilización de la Energía Eléctrica Producida			
Consumo de Centros de Carga	Consumo de Centros de Carga y Venta de Excedentes	Venta Total	
V. Datos del Servicio Suministro Actual			
Registro Público de Usuario (RPU)		Nivel de Tensión de Suministro	
VI. Central Eléctrica			
Fecha estimada de Operación Normal (DD/MM/AAAA)	Capacidad Bruta Instalada (Kw)	Capacidad a Incrementar (kw) (Opcional)	Generación Promedio Mensual Estimada (kwh/Mes)
VII. Manifestación de Cumplimiento de las Especificaciones Técnicas Generales			
Manifiesto bajo protesta de decir la verdad que la Central Eléctrica cumple con las Especificaciones técnicas requeridas de acuerdo las disposiciones aplicables.			
Tecnología para generación de energía eléctrica			
Solar	Biomasa	Otro	
Eólico	Cogeneración	Especificar	
No de unidades de generación	Combustible principal	Combustible secundario	
Coordenadas UTM			
1			
2			
3			
4			
5			
6			

(Representante Legal o El Solicitante) (El Solicitante) certifica que la Información proporcionada en la presente solicitud es apropiada, precisa y verídica. El solicitante acepta que los datos proporcionados sean utilizados para llevar a cabo los Estudios de Interconexión para garantizar la confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional con la Interconexión de la Central Eléctrica del solicitante al amparo de la *Ley de la Industria Eléctrica y su Reglamento*, en caso de ser requeridos. El solicitante entiende que los datos proporcionados, se añadirán a las bases de datos del suministrador cuando se firme un contrato de interconexión respectivo. El solicitante deberá anexa a la presente solicitud, la información técnica requerida en el documento "Información Técnica Requerida para Centrales Eléctricas"

Firma de Conformidad
Solicitante

Nombre _____
 Cargo _____
 Fecha _____

sello y firma Centro de Atención

Anexo 3. Relación de los objetivos, variables, indicadores y herramientas

	Objetivo	Categoría de análisis	Variables a medir	Indicadores de medición
A	Identificar desde actores sociales del sector energético (SENER, CFE) los factores que impiden o facilitan que la GD llegue a comunidades con pobreza energética.	Percepción institucional y análisis marco normativo.	1) Factores técnicos, 2) Factores regulatorios y normativos, 3) Percepción institucional sobre GD.	1) Documentar factores identificados; 2) Identificación de percepción institucional a través de: a) Frecuencia de menciones, b) Análisis de sentimiento.
B	Identificar factores que afectan o favorecen el uso de GD en comunidades caso de estudio.	Factores técnicos y culturales.	Cosmovisión del uso de la energía; Fortalezas y debilidades su adopción; Identificación de quehaceres o usos finales.	1) Documentar factores identificados; 2) Identificar capacidad de apropiación tecnológica, 3) Establecer el grado de conocimiento sobre la GD.
C	Establecer la matriz energética de las comunidades.	Energía usada en la vivienda	1) Fuentes energéticas y 2) Los usos de la energía.	1) Tipos de energía usada, 2) Cantidad de energía usada.
D	Diseñar un manual de procedimientos para sistemas de GD en comunidades rurales.	Estandarización técnica y metodológica.	1) Atributos de madurez comunitaria; 2) Parámetros técnicos básicos del sistema; 3) Ejemplo de dimensionamiento.	1) Documento con procedimientos, 2) Dimensionamiento técnico validado por UVIE (Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas)
E	Diseñar un Indicador Multidimensional de Pobreza Energética (IMPE).	Medición de suficiencia energética.	1) Balance entre flujos de ingreso (acceso) y de salida (consumo) de energía. 2) Capacidad de pago de energía.	Niveles base de: 1) Capacidad de pago, 2) Consumo eléctrico a CFE en moneda nacional, 3) Uso de GD térmica en kWh, 4) Uso de GD eléctrica en kWh; 5) Usos finales de energía en kWh.
F	Establecer cuáles resultados pueden servir como requisitos o políticas públicas.	Vinculación con políticas públicas.	Comparación de legislación vigente con resultados de la investigación.	1) Documentar cuales resultados o conclusiones ya están integradas a políticas; 2) Cuáles falta por integrar, 3) Cuáles es posible integrar como consecuencia de la investigación.

Anexo 4. Formatos de recolección de información

Estado actual de la generación distribuida en CFE	
Tipo de instrumento:	Entrevista semiestructurada con base en cuestionario
Objetivo específico o particular:	C
Indicador:	Obstáculos técnicos, legales, políticos y sociales.

Etapa inicial de la entrevista. Preguntas de enfoque:			
N°	Condición a evaluar	Respuesta obtenida	Notas de observación directa
1	¿Qué sabe de la generación distribuida (GD)?	a Nada	
		b Se poco. Explique	
		c Conozco la tecnología. Explique	
		d Otro. Explique	
2	¿Considera importante su uso dentro de las actividades del servicio público o privado donde trabaja o trabajó?	a Muy importante	
		b Importante	
		c Poco importante	
		d Sin importancia	
		e Otro. Explique	
3	¿Tiene conocimiento de personas o comunidades rurales con pobreza energética que soliciten este tipo de tecnología?	a Si	
		b No	
		c Otro. Explique	
4	¿Puede detallar las características de la solicitud?	a Si	
		b No	
		c Otro. Explique	
5	¿Conoce algún proyecto o comunidad donde ya se utilice este tipo de tecnología?	b No	
		c Otro. Explique	
6	¿Puede detallar las características de la comunidad o proyecto?	a Si	
		b No	
		c Otro. Explique	

Obstáculos técnicos			
N°	Condición a evaluar	Respuesta obtenida	Notas de observación directa
1	¿Existen impedimentos o limitantes técnicos para el uso de la tecnología de GD en las comunidades con pobreza energética?	a Si. Explicar	
		b No	
		c No sé. Explicar	
		d Otro. Explicar	
2	¿Cuáles considera que son estos impedimentos o limitantes?	a Explicar	
3	¿Qué ventajas técnicas considera que puede tener el uso de esta tecnología?	a Explicar	
4	¿Qué desventajas técnicas puede tener el uso de esta tecnología?	a Explicar	

Obstáculos legales y normativos			
N°	Condición a evaluar	Respuesta obtenida	Notas de observación directa
1	¿Existen limitantes en la legislación o normativa vigentes para el uso de la tecnología de GD en comunidades rurales con pobreza energética?	a Si. Explicar	
		b No	
		c No sé. Explicar	
		d Otro. Explicar	
2	¿Qué podría incentivar el uso de esta tecnología?	a No se	
		b Si sé. Explicar	
		c Otro. Explicar	
3	¿Qué no se puede cambiar en la legislación o normativa vigente para fomentar el uso de esta tecnología?	a No se	
		b Si sé. Explicar	
		c Otro. Explicar	

Obstáculos políticos			
N°	Condición a evaluar	Respuesta obtenida	Notas de observación directa
1	En los poderes Ejecutivo y Legislativo, ¿Por qué no se generan y aprueban iniciativas de Ley el uso de la tecnología de generación distribuida (GD)?	a No sé	
		b Si sé. Explique	
		c Otro. Explique	
2	¿Qué considera que hace falta para lograrlo?	a Explique	
3	¿Qué desventajas políticas considera que tiene el promover y aprobar iniciativas de Ley para el uso de esta tecnología?	a Explique	

Obstáculos sociales			
N°	Condición a evaluar	Respuesta obtenida	Notas de observación directa
1	¿Existen barreras o limitaciones en las personas dentro de comunidades rurales con pobreza energética para el uso de la tecnología de generación distribuida (GD)?	a Si. Explique	
		b No. Explique	
		c No sé. Explique	
2	¿Cuáles son las que usted percibe para que esta tecnología sea usada?	a Explique	
3	¿Considera que las personas o comunidades en pobreza energética tienen la capacidad de apropiarse de esta tecnología?	a Si. Explique	
		b No. Explique	
		c No sé. Explique	

Preguntas de cierre			
N°	Condición a evaluar	Respuesta obtenida	Notas de observación directa
1	¿Hay algo más en el contexto de esta plática que considere como información importante y que no se haya mencionado aún?	a Si. Explique	
		b No. Explique	
		c No sé. Explique	

Anexo 5. Respuestas a entrevistas

Aspecto técnico
LA GD en el sur tiene muchas fuentes utilizables, el norte no, solo sol
Generador Exento = GD - (>500 KW)
Faltan medidas de eficiencia energética en los hogares y entender su impacto en las redes eléctricas centralizadas
En las comunidades rurales el abasto de agua esta directamente relacionado con el consumo energético
Se hizo un estudio relacionando falta de agua y energía con datos del INEGI: Marginalidad económica y falta de agua
Problema técnico de la GD con fuentes limpias es la intermitencia y la variación en parámetros eléctricos, sobre todo la frecuencia y el voltaje o tensión
La saturación de las redes de distribución es otro problema técnico. El uso no controlado de la GD puede provocar la operación de protecciones por eventos de falla y desconexión de circuitos
Puede ser un buen refuerzo para la estabilidad y confiabilidad de las redes de distribución
No había análisis de la problemática de falta de electrificación en el 2000 y no se tenia ningún plan de acción.
Si tengo un cable a 5 KM o menos de distancia tengo acceso a la energía eléctrica. "si esta electrificado el barrio, tienen energía"
La cobertura de servicio es por arriba del 99%, no tiene sentido hacer programas de GD en comunidades con Pobreza Energética porque ya están electrificadas
La GD como apoyo para la red centralizada puede funcionar con una buena planeación y sin el enfoque comercial (compra o venta) priorizando las regiones o zonas con problemas de calidad en las redes o con alta incidencia de falla
Los sistemas de GD son muy frágiles, no duran mas de 5 años

Aspecto Ambiental
La GD ayuda a las emisiones por la generación de energía eléctrica
El sector eléctrico nacional es contaminante

Aspecto social
El abasto de energía es un tema de exigencia ciudadana. "...nos juntamos los vecinos y ponemos un sistema de GD colectivo mas rentable por volumen..."
La GD no es cara - Se gasta mas otras cosas que no tienen los beneficios de esta
La apropiación social no es posible si los equipos de GD son regalados y el costo de los equipos es muy elevado
La instalación de GD hace que el usuario se preocupe mas por su eficiencia energética
Pobreza energética = Grado de electrificación
No conozco el termino de pobreza energética
No hay definición oficial de pobreza energética
El 40% de las personas en pobreza energéticamente paga \$300 al mes "no paga nada de energía"
El nivel de pobreza energética se tiene que definir a partir de un nivel base de kWh.
La pobreza energética es un tema de ingresos
Las personas no dan mantenimiento a los equipos de GD - No hay cultura para el cuidado de los equipos
Las personas no cuidan los equipos: "...te doy un ejemplo yo he ido casos donde me dicen amigos de la comisión es que yo como si les pusimos los paneles y a los 2 meses regresamos y ya no había nada..."
Las comunidades con Pobreza Energética muchas veces ni siquiera pagan el servicio de energía
Hay resistencias en la población.
Se descartaron poblaciones con menos de 2500 habitantes
Salinas y Cedillo pusieron paneles solares y "los tapaban con un trapito" para protegerlos del sol
No conozco estrategias o iniciativas de GD
Hay un programa que incluye paneles y material escolar a escuelas de Sonora
Con una fundación aprendimos que había que mandar un sociólogo para detectar necesidades específicas en las comunidades "y meterle un sociólogo evidentemente funcionó mejor que simplemente dejar el sistema con el cual haya sido y ahí te ves no porque se apersonaron del proyecto"
El narco complica la instalación de los equipos "llegaron los malandros de los grupos zetas pinche comunidad se mantenga creo que ya no existe"
La energía eléctrica tiene que ir acompañada de satisfactores para transformar su futuro
Los programas de electrificación tienen que estar acompañados de programas mas amplios para combatir la pobreza energética
La GD como herramienta para satisfacer necesidades sociales
La pobreza energética no es nada mas en el tema eléctrico, es solo parte de la solución.
La apropiación de los sistemas de GD "...tiene que ver con todos esos valores de desarrollo de comunidad..."
Donde no se pueda poner cable, que las personas se esperen a que se pueda.
La calidad de energía para personas de bajo consumo no tiene importancia, "el primer nivel de servicio, con que tengan servicio intermitente es suficiente". "...Ta bien, se va la luz un rato..."

Aspecto político
El avance de la GD es lento y depende de privados
Cuidar que los programas que se generen para beneficiar a las comunidades y que empresas privadas no terminen con el control de la GD
No se pueden hacer compras de gobierno a China "...por precio ganó una empresa China no por mucho además se tuvo una llamada de la embajada norteamericana en inglés así te digo en serio para reclamar que estaba se estaba violentando los términos del tratado de libre comercio con ellos y con Canadá aunque no fuera para venta aunque fuera para un tema social.."
El precio del escalón base e intermedio en la tarifa uno es poco y cualquiera lo puede pagar
El precio de la energía en el escalón base e intermedio es inferior al costo de la energía
La GD no tiene sentido porque los retornos de inversión para el usuario no es atractivo
Sale más barato hacer redes de distribución que instalar sistemas de GD
El costo de la energía de las redes centralizadas es la relación entre los ingresos y gastos en el estado de resultados "...instalados en el cinismo de la administración empresarial, se llama contabilidad creativa...", el dictamen de los auditores del estado de resultados "...refleja razonablemente de acuerdo a las reglas de contabilidad..."
No se puede afirmar que la energía eléctrica en la tarifa 1 esta subsidiada.
La GD debe incluir el tema del costo del respaldo por intermitencia.

Aspecto normativo y legal
El análisis de la GD se debe confrontar con el esquema tarifario de CFE
Lana del FSUE a tercios (CFE - Estados - municipios)
Si CFE aporta su 3a parte, ejecuta, supervisa y certifica
Si CFE no entra no hay control del dinero y la ejecución. Supervisión y certificación es por parte quien ejecuta la obra
Por ley el nivel de GD se revisa cada 3 años.
Actividad principal área comercial es recuperación de costos de energía
Jalisco y Nayarit son los estados con mas N° de servicios conectados de GD
Se invierte (CFE) en GD donde es rentable invertir en controles para la calidad de la energía y el balance de las redes eléctricas
Hay problemas legales y normativos por la instalación de equipos que no cumplen con requisitos para una operación adecuada en interconexión con la red centralizada
EL programa se enfoco en la cobertura eléctrica
Se pusieron baterías en lugares donde el esfuerzo para reemplazarlas desmotivo su uso y quedaron abandonadas

Anexo 6. Cuestionario en Guaquitepec

Tema 1: La energía.

- 1) La energía para mí significa
- 2) Los tipos de energía que uso son:
 1. Leña
 2. Gas
 3. Electricidad
 4. Carbón
 5. Sol
 6. Aire
 7. Agua
 8. Otra.
- 3) ¿Para qué uso energía en mi casa?
 1. Calentar agua
 2. Calentar alimentos y bebidas
 3. Enfriar alimentos y bebidas
 4. Calentar la casa
 5. Bombeo de agua
 6. Internet
 7. Ver TV
 8. Hablar por telefono
 9. Otra.
- 4) En mi casa los aparatos que usan energía son:
 1. Estufa
 2. TV o pantalla
 3. Radio

4. Focos
5. Calentador de agua
6. Bomba de agua
7. Celular
8. Computadora
9. Modem
10. Otra

Tema 2: Justicia energética

- 1) ¿Tengo acceso a los energéticos (sol, aire, agua, gas, etc.) que hay en mi comunidad o estado?
- 2) ¿Qué condiciones impiden que en mi comunidad generemos nuestra propia energía eléctrica?
- 3) ¿Qué podemos hacer de manera organizada para generar energía eléctrica en mi comunidad?
- 4) ¿Qué condiciones o características son necesarias para que todos en mi comunidad tengan suficiente energía eléctrica?

Anexo 7. Minuta con la UAJ de la SENER



Energía
Secretaría de Energía



Ciudad de México a 10 de abril de 2025

Minuta Reunión Justicia y Pobreza Energética

Asunto: Se sostuvo reunión con el fin de dar a conocer a la UAJ-SENER, oportunidades de reglamentación de la Ley del Servicio Eléctrico (LESE) en los temas de Justicia y Pobreza Energética.

PARTICIPANTE	AREA	FIRMA
Horacio Rubio Gutiérrez	SE/SENER	
Nacxiti Calva González	UAJ/SENER	
Edith Romero Juárez	UAJ/SENER	
Luis Carlos Shaar Velázquez	ITESO	

Necesidades y propuestas

A. Justicia Energética

Se señaló que a través de los estudios de investigación de doctorado el Dr. Carlos Sharr realizó el ejercicio de identificación de vacíos de los alcances de Justicia Energética en la LESE, considerando como referencia la definición del autor más reconocido en la materia. De dicho ejercicio se identificó que los siguientes temas, se pueden fortalecer en la normativa:

1. Sector Energético con noción del debido proceso y respecto a derechos humanos.
2. Equidad intrageneracional y justicia distributiva.
3. Equidad intergeneracional y justicia distributiva.
4. Responsabilidad por daños ambientales y externalidades negativas.



1/3

2025
Año de
La Mujer
Indígena



En este contexto, se señaló como aspecto faltante para cada uno de dichos temas, lo siguiente:

Tema	Pendiente
1. Sector Energético con noción del debido proceso y respecto a derechos humanos.	- Se tiene como principal reto por parte del Sector, el respecto a los derechos humanos y el cumplimiento a la legislación nacional e internacional. Al respecto se informó que está en proceso la emisión de una Ley General de Consulta que buscar vincular y fortalecer el tema de la consulta. - Se invitó el día de 11 de abril a la reunión con la Dirección de Consulta Previa, Impacto Social y Ocupación Superficial para conocer más sobre las propuestas del área en el tema. - Fortalecer la participación inclusiva de los pueblos originarios, particularmente de forma previa, durante la planeación, para entender sus necesidades energéticas. - Fortalecer el acceso a la información, compartiendo a las comunidades información energética previa a la adopción de proyectos, buscando incluir transferencia de conocimiento a las comunidades para que puedan tomar decisiones informadas.
2. Equidad intrageneracional y justicia distributiva.	- Se requiere fortalecer la satisfacción de necesidades energéticas a generaciones actuales y posteriores. - Buscando mecanismos institucionales para participar en la riqueza que generan los proyectos energéticos. A través de los planes de gestión social, se puede incluir lo anterior. - Fortalecer temas de protección a la salud derivada de afectaciones de proyectos energéticos.
3. Equidad intergeneracional y justicia distributiva.	
4. Responsabilidad por daños ambientales y externalidades negativas.	- La LESE no refiere el cumplimiento de obligaciones en materia ambiental, ni el cumplimiento de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, por lo que se sugiere fortalecer la relación entre ambas materias y leyes, inclusive, desde la planeación de proyectos y hasta su desmantelamiento.

8



B. Pobreza Energética

- La LESE incluye la definición de Pobreza Energética, pero no incluye métricas, por lo que se sugiere establecer mínimos.
- Se indicó que la definición refiere el término de necesidades energéticas básicas, surgiendo tomar como referencia lo indicado la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía: preparación y cocción de alimentos, iluminación artificial, refrigeración de alimentos, confort térmico, higiene personal, cuidado de ropa, entretenimiento en casa, acceso a agua entubada dentro de la vivienda, trabajo en casa, comunicaciones (wifi/internet).
- Para la instrumentalización de criterios se sugiere incluir directrices generales en el Reglamento y los criterios específicos y métricas a través de lineamientos o disposiciones administrativas, que puede incluir la definición de necesidades energéticas básicas.
- Finalmente, se indicó que el término Pobreza Energética refiere a las carencias sociales, sin definir las. Al respecto, se sugirió también incluir un alcance de referencia y tomar como base lo señalado en el Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL), incluidos: el rezago educativo, la falta de acceso a servicios de salud, la falta de acceso a la seguridad social, la falta de calidad y espacio y calidad de vivienda, la falta de acceso a servicios básicos en la vivienda (aquí se consideraba la energía), la falta de acceso a la alimentación nutritiva y de calidad. Y evaluar la inclusión de una métrica paralela sobre electrificación profunda.



Anexo 8. Minuta visita SENER-Fundación Tosepan



INFORME COMISIÓN NACIONAL

Para: José Antonio Rojas Nieto
Secretaría de Energía

Fecha del Informe: 15/04/25	Número de Comisión: 300.0248/2025
Destino: "Central Hidroeléctrica Necaxa", en Puebla, Puebla y Fundación Tosepan en Cuetzalan, Pue.	
Periodo: 11 al 12 de abril de 2025	



OBJETO DE LA COMISIÓN:

Visita de trabajo a la "Central Hidroeléctrica Necaxa", en Puebla, Puebla.

ACTIVIDADES:

11 de abril Se realizó el traslado de la CDMX al sistema hidroeléctrico Necaxa, ya en el sitio con la participación del Ing. Efrén Castro responsable del manejo hídrico del sistema Necaxa, el candidato a Doctor Luis Carlos Shaar por parte del ITESO, la Doctora Mariana Galicia y el Lic. Paulo Rojas, personal técnico de esta subsecretaría.

Primero se procedió a visitar el vaso superior Los Reyes donde se explicó el esquema de captación anual de escurrimientos, entre los embalses de los Reyes y La Laguna se almacenan 60 Mm3 que preferentemente se atrapan de forma gradual y ordenada durante todo el año, para que a final de noviembre se logre el 100% de llenado, durante el estiaje esta agua se transvasa a los embalses inferiores del sistema Necaxa y Tenango, para que finalmente se genere energía eléctrica, aguas abajo del sistema Necaxa, se vuelve a generar energía eléctrica en las centrales Tenango y Batla.

Posteriormente nos desplazamos a la casa de máquinas de la Central Necaxa, con más de 100 MW de capacidad, la central operaba con 3 unidades de las 10 con que cuenta, el recinto tenía materiales propios del mantenimiento de dos de sus unidades. Se recorrió el desfogue de las turbinas, el piso de generadores, el cuarto de control (donde es de destacar que el mecanismo para sincronizar la máquina es manual y tan confiable que sigue en operación a pesar de que se trata de dispositivos de principios del siglo pasado).

Posteriormente se realizó un recorrido al vaso de la presa Necaxa, donde se vio el desfogue del túnel de interconexión entre los vasos inferiores Necaxa y Tenango, cabe mencionar que estos dos vasos se entraban en un constante abatimiento para conseguir poder acceder al túnel de interconexión, recorrerlo y verificar su integridad estructural. Asimismo, se recorrieron las obras de excedencias de la presa Necaxa y se apreció el relleno que se construyó al vertedor para que se protegiera un ducto de PEMEX que atraviesa transversalmente el vertedor, se recomienda remover el material de relleno por seguridad hídrica y para abatir el riesgo de superación de la corona. También se identificó por el color verdoso del agua del embalse, que la descarga de aguas residuales del pueblo Nuevo Necaxa no tiene tratamiento alguno, en vista de que la planta de tratamiento de esta descarga no funciona. Ese mismo día se realizó el desplazamiento al municipio de Cuetzalan Puebla a la localidad de Tosepan.

12 de abril Visita a Tosepan

Ese día se participó en una sesión informativa de la Cooperativa Tosepan, con el objeto de reportar el cierre de un proyecto de investigación autorizado por el CONHACYT relativo a mejorar las condiciones de aprovechamiento energético de las comunidades: El proyecto contablemente cerró con un sobregasto de 300,000 pesos. Pero se cubrieron todas las actividades planteadas. El avance tangible más relevante, estriba en el diseño, fabricación, puesta en marcha y asimilación por parte de la comunidad de las estufas eficientes dentro de los hogares. Los resultados más relevantes estriban en el aumento de la energía disponible a más del doble, la disminución de concentraciones de monóxido de carbono a casi 0 en los hogares y el aprovechamiento del calor para el calentamiento de agua, la incorporación de las usuarias como parte del equipo que diseña, opera y opera el desarrollo tecnológico, también se desarrollaron molinos con máquinas de cocer y bicicletas sin éxito. En materia social, se realizaron talleres y entrevistas para desarrollar los temas de mujeres y energía. El tema de género verso en la distribución del trabajo, sumamente patriarcal. También se establecieron talleres para acordar



dentro de la comunidad las palabras que signifiquen energía, se acordó que el significado de energía corresponde a las palabras: Corazón - Fuerza - Buen vivir. Finalmente se discutió que para entender a la energía hay que plantearla en términos de los "Quehaceres", en este aspecto no fue claro explicar la necesidad de electrificarse (a través de paneles) ya que no hay un "quehacer" que hoy se haga de manera extensiva con electricidad dentro de la comunidad indígena, es decir que la electrificación, es una novedad, algo aún no integrado a la comunidad dentro de lo normal.

RESULTADOS

- Se levantaron necesidades de información del sistema Necaxa, el desarrollo del sistema Necaxa 900 implicará cambiar la forma de manejo hídrico del sistema de presas Necaxa, habrá que reevaluar los riesgos.
- En materia de la comunidad de Tosepan, se traen conceptos desde el indigenismo para ser incorporados en los reglamentos de las leyes que actualmente están en discusión.

Mtro. Horacio Rubio Gutiérrez

Director General de Confiabilidad y Seguridad del Sector Eléctrico

Anexo 9. Minuta visita SENER



Cobertura eléctrica en México

Antecedentes históricos
Análisis de la metodología de medición
Propuesta de una nueva metodología de medición

Noviembre 2025



Antecedentes históricos



La generación de energía eléctrica en México inició a fines del siglo XIX. La primera planta generadora que se instaló en el país (1879) estuvo en León, Guanajuato, y era utilizada por la fábrica textil "La Americana".

Antecedentes históricos

Durante el gobierno de Porfirio Díaz, se instalaron las primeras 40 lámparas "de arco" el 11 de septiembre de 1881 en la Plaza de la Constitución, cien más en la Alameda Central, y comenzó la iluminación de la entonces calle Reforma y de algunas otras vías de la Ciudad de México.



Antecedentes históricos

En 1937 México tenía 18.3 millones de habitantes, de los cuales solo 7 millones contaban con electricidad (38.25%). La energía era proporcionada por tres empresas privadas:

- ✓ The Mexican Light and Power Company, en el centro del país.
- ✓ The American and Foreign Power Company en el norte.
- ✓ Compañía Eléctrica de Chapala, en el occidente.



Antecedentes históricos

El 14 de agosto de 1937 se crea la Comisión Federal de Electricidad.

El 27 de septiembre de 1960, el presidente Adolfo López Mateos nacionalizó la industria eléctrica, buscando incrementar el nivel de electrificación, que después de convertiría en la **cobertura eléctrica**, que en ese año era del 44%.

Antecedentes históricos

el 14 de agosto de 1937 se crea la Comisión Federal de Electricidad.

El 27 de septiembre de 1960, el presidente Adolfo López Mateos nacionalizó la industria eléctrica, a fin de aumentar el nivel de electrificación (cobertura eléctrica), que en ese año era del 44%.

Análisis de la metodología de medición

El promedio nacional de cobertura eléctrica reportada por CFE (CFE, 2025) en para el primer trimestre del año es el siguiente:

$$\text{GRELE} = \frac{\text{HBENEF}}{\text{HTOTAL}} \times 100$$

Donde:

GRELE: Grado de electrificación del total de la población mexicana.

HBENEF: **H**abitantes **B**eneficiados.

HTOTAL: Total de **h**abitantes en el país.

Abril de 2025

GRELE = 99.71%

Análisis de la metodología de medición

El promedio de cobertura eléctrica para localidades rurales (con menos de 2500 habitantes, que reportó CFE (CFE, 2025) en para el primer trimestre del año es el siguiente:

$$\text{GELM2500} = \frac{\text{LEM2500}}{\text{LM2500}} \times 100$$

Donde:

GELM2500: Grado de electrificación en **l**ocalidades de menos de 2,500 habitantes.

LEM2500: **L**ocalidades **e**letrificadas menores a 2,500 habitantes.

LM2500: **L**ocalidades menores a 2,500 habitantes.

Mayo de 2025

GELM2500 = 91.51%

Análisis de la metodología de medición

Inconsistencias en la medición:

- 1) La medición de la cobertura promedio nacional esta basada en habitantes y la cobertura de las localidades rurales esta basada en localidades.
- 2) El cálculo de la GRELE reportada por CFE no indica como hace la conversión de viviendas o contratos eléctricos a habitantes, ya que el INEGI en los Censos de Población y Vivienda reporta información sobre el acceso a la electricidad por vivienda no por habitante.

Análisis de la metodología de medición

Inconsistencias en la medición:

- 3) EL cálculo del GELM2025 considera "...una localidad electrificada cuando cuenta con un grado de electrificación igual o mayor al 90%...". Este criterio deja fuera de la medición a los habitantes del 10% restante que no cuentan con energía.

Al recalcular el GELM2500 sin considerar ese criterio, se debe expresar como un rango entre el 82.36% y el 91.51% reportado.

Análisis de la metodología de medición

Inconsistencias en la medición:

La población en México que vive en comunidades rurales fue de 26,753,137 habitantes con base en datos del último censo del INEGI en 2020, ubicados en 184,521 comunidades rurales.

Con base en los datos del 2020, la población en comunidades rurales que aun no cuenta con cobertura eléctrica esta en el rango de entre 4,719,253 y 2,271,341 habitantes.

Análisis de la metodología de medición

Vacíos en la cobertura eléctrica:

La medición actual de la cobertura requiere incorporar otras variables para que alcanzar los objetivos de la Justicia Energética plasmada en la LESE, en su reglamento y en las DGA's.

Si bien la cobertura es un reflejo de la extensión de la red, principalmente de distribución, pierde su sentido cuando no se relaciona de manera directa con indicadores de calidad del suministro eléctrico:

Análisis de la metodología de medición

- El número promedio de interrupciones por año (SAIFI)
- La duración promedio de las interrupciones de las redes de distribución (SAIDI)
- El porcentaje de cumplimiento de variaciones de tensión (PCVT).

A pesar de que los promedios nacionales de estos indicadores están dentro lo la norma establecida en la ley, no reflejan el comportamiento real en los circuitos de localidades rurales.

De manera coloquial, de nada sirve tener los cables de suministro a pie de vivienda si el suministro de energía falla constantemente.

Análisis de la metodología de medición

La cobertura eléctrica es un instrumento para disminuir la pobreza energética de las personas, porque el 33.04% del consumo de energía en la vivienda es a partir de la electricidad (SENER, 2025).

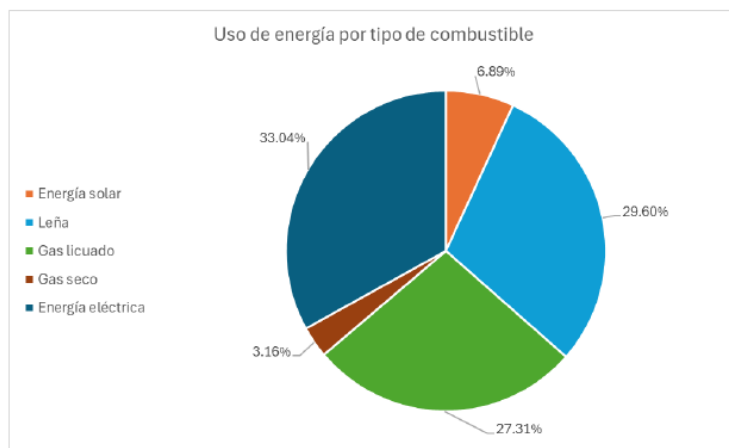


Imagen 1: Matriz energética en viviendas mexicanas (SENER, 2025)

Anexo 10. Carta de terminación de estancia de experiencia práctica



OFICIO 300.0524/2025
Subsecretaría de Electricidad

Ciudad de México, a 22 de diciembre de 2025

Dra. Ema Regina Morales García de Alba
Coordinadora del Doctorado en Hábitat y Sustentabilidad
Dr. Rodrigo Flores Elizondo
Director de Tesis en Hábitat y Sustentabilidad
Departamento del Hábitat y Desarrollo Urbano
Presentes

Por este conducto envío la carta de terminación de la "estancia de experiencia práctica para evaluación de impactos" desarrollada en la Subsecretaría de Electricidad de la SENER por el Mtro. Luis Carlos Shaar Velázquez, en el contexto del desarrollo de su investigación doctoral "*La generación eléctrica distribuida en México, una contribución para resolver la pobreza energética*". Durante la estancia se realizaron 3 visitas:

- A) Del 9 al 12 de abril de 2025.
- B) Del 4 al 8 de agosto de 2025.
- C) Del 3 al 5 de noviembre de 2025.

En los tres casos se generaron minutas de trabajo con el detalle de las actividades desarrolladas durante la estancia. Los principales temas tratados fueron:

- Usos finales de la energía en la vivienda para incluirlos en el texto de la tesis.
- Revisión del concepto de justicia energética plasmado en la LSE publicada en el Diario Oficial de la Federación el pasado 18 de marzo de 2025, respecto a la definición de los autores Benjamín Sovacool y Kristen Jenkins.
- Revisión del concepto de pobreza energética plasmada en la LSE publicada en el Diario Oficial de la Federación el pasado 18 de marzo de 2025, con respecto a las definiciones utilizadas por el Mtro. Shaar en su tesis, como parte del estado del arte o estado de la cuestión.
- El análisis de los conceptos plasmados en la LSE aportó información para el desarrollo del capítulo 1, título segundo "De la Justicia Energética" plasmado en el Reglamento de la Ley del Sector Eléctrico publicado en el Diario Oficial de la Federación el pasado viernes 3 de octubre de 2025.



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Insurgentes Sur 20, Col. Roma Norte, CP. 06700, Cuauhtémoc, CDMX. Tel: (55) 5000 6000 www.gob.mx/sener



Energía
Secretaría de Energía



- En la Dirección de Confiabilidad y Seguridad del Sector Eléctrico, cuyo titular es el Mtro. Horacio Rubio Gutiérrez, el Mtro. Shaar contribuyó con los puntos de vista técnicos que ayudaron al diseño de indicadores para las dimensiones de suficiencia, operatividad, usos finales de la electricidad, y seguridad energética del Sector Eléctrico.
- Revisión de la cobertura eléctrica en México, cuyo reporte será útil para la investigación del Mtro. Shaar y para la Subsecretaría.

Considero que la vinculación a través de esta estancia fue de provecho para ambas partes, se le agradece al Mtro. Shaar su disposición y colaboración con todo el equipo de la Subsecretaría.

Sin otro asunto en particular, aprovecho la oportunidad para enviarle un cordial saludo.

Atentamente

Dr. José Antonio Rojas Nieto
Subsecretario de Electricidad

JSRB
SARB



2025
Año de
La Mujer
Indígena

Insurgentes Sur 20, Col. Roma Norte, CP, 06700, Cuauhtémoc, CDMX. Tel: (55) 5000 6000 www.gob.mx/sener