



**SENER**  
SECRETARÍA DE ENERGÍA

PROGRAMA DE DESARROLLO DEL  
**SISTEMA ELÉCTRICO  
NACIONAL**

2022-2036



**Central de ciclo combinado**, Santiago de Querétaro, Querétaro. **Central geotérmica**, Chignahuapan, Puebla. **Campo eólico**, Juchitán, Oaxaca. **Central hidroeléctrica**, Tepic, Nayarit. **Torre de transmisión**. **Central fotovoltaica**. Rincón de Huajupa, Durango. **Central nucleoelectrica**, Alto Lucero, Veracruz.  
Comisión Federal de Electricidad.

## ÍNDICE

<b>1. Presentación</b>	<b>7</b>
<b>2. Marco Legal / Marco Constitucional Y Legal</b>	<b>15</b>
2.1 Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos	17
2.2 Marco Legal	18
2.3 Alcance	21
2.4 Programas	21
2.5 Acuerdos y Tratados Internacionales	22
2.6 Compromisos Internacionales Adquiridos por México para el Cambio de la Matriz Energética y la Reducción de gases de Efecto Invernadero	22
<b>3. La Transición Energética de México</b>	<b>25</b>
3.1 Cambio Climático	27
3.2 Autosuficiencia Energética	28
3.3 Almacenamiento de Energía	28
3.4 Redes Inteligentes y Generación Distribuida	29
3.5 Geotermia	29
3.6 Cogeneración Eficiente	30
3.7 Bioenergía	31
3.8 Ciencia y Tecnología	32
<b>4. Criterios de Planeación para la Incorporación de Centrales Eléctricas del Sistema Eléctrico Nacional</b>	<b>35</b>
4.1 Introducción	37
4.2 Marco Legal	38
4.3 Criterios de Planeación	42
<b>5. Infraestructura del Sistema Eléctrico Nacional</b>	<b>45</b>
5.1 Conformación Actual del Sistema Eléctrico por Gerencias de Control Regional	47
5.2 Capacidad de Transmisión y Transformación en el Sistema Eléctrico Nacional	48
5.3 Principales Enlaces Internacionales	51
5.4 Capacidad Instalada a la Red de las Centrales Eléctricas del Mercado Eléctrico Mayorista	53
5.5. Evolución de la Capacidad Instalada a la Red de las Centrales Eléctricas del Mercado Eléctrico Mayorista de 2017 A 2021	57
5.6 Principales Centrales Eléctricas del Mercado Eléctrico Mayorista	58



<b>6. Demanda Y Consumo 2022 -2036</b>	<b>61</b>
6.1 Consumo Eléctrico Mundial	65
6.2 Consumo Neto 2021	65
6.3 Consumo Final y Usuarios 2021	68
6.4 Eficiencia Energética 2021	69
6.5 Energías Renovables	72
6.6 Movilidad Eléctrica 2021	73
6.7 Generación Distribuida 2021	74
6.8 Demanda Máxima Integrada Neta 2021	77
6.9 Demanda Máxima Integrada Neta del SIN 2021	78
6.10 Entorno Económico 2021	79
6.11 Pronóstico de Demanda y Consumo 2022-2036	87
6.12 Escenario Macroeconómico 2022-2036	89
6.13 Consumo Neto 2022- 2036	91
6.14 Consumo Final (Gwh) 2022-2036	96
6.15 Pérdidas de Energía Eléctrica 2022-2036	97
6.16 Prospectiva de Energías Renovables	99
6.17 Movilidad Eléctrica 2022- 2036	101
6.18 Generación Distribuida 2022- 2036	103
6.19 Demanda Máxima 2022- 2036	105
<b>7. Programa Indicativo Para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE)</b>	<b>113</b>
7.1 Generación Distribuida	118
7.2 Programa Indicativo de Incorporación de Centrales Eléctricas	119
7.3 Evolución de Precios de Combustibles	131
7.4 Reserva de Planeación en Términos de Margen de Reserva	133
7.5 Emisiones de CO <sub>2</sub>	135
7.6 Ejercicios de Planes de Expansión ante Diferentes Escenarios de Precios de Combustibles e Integración de Capacidad de Almacenamiento	139
7.7 Impacto Económico por la No Entrada en Operación de Proyectos de CFE en Las Penínsulas de Yucatán, Baja California y Baja California Sur	145



<b>8. Programas de Ampliación y Modernización de la RNT y de los Elementos de las RGD que Correspondan al MEM</b>	<b>149</b>
8.1 Objetivos de los Proyectos de Ampliación y Modernización	151
8.2 Proceso de Ampliación de la RNT y las RGD del MEM	152
8.3 Proceso de Modernización de la RNT y las RGD del MEM	154
8.4 Proyectos Instruidos por SENER de 2015 a 2021	155
8.4.1 Proyectos Instruidos por SENER en Operación	156
8.4.2 Proyectos Instruidos por SENER de la RNT	157
8.4.3 Proyectos Instruidos por SENER de las RGD del MEM	163
8.4.4 Proyectos Instruidos Por SENER de Refuerzo de la RNT para la Interconexión de los Proyectos de Generación para el Fortalecimiento de la Política Energética Nacional	166
8.5 Propuesta de Ampliación y Modernización de la Red Nacional de Transmisión y las Redes Generales de Distribución del Mercado Eléctrico Mayorista	170
8.5.1 Proyectos Identificados de Ampliación de la RNT	170
8.5.2 Proyectos Identificados de Ampliación de las RDG del MEM	177
8.5.3 Proyectos Identificados de Modernización de la RNT	181
8.6 Información Básica de Proyectos Identificados	182
8.7 Proyectos en Estudio de Modernización de CFE	217
8.8 Proyectos Indicativos de Ampliación de la RNT 2027-2036	218
<b>9. Programa de Ampliación y Modernización de las Redes Generales de Distribución No Correspondientes al Mercado Eléctrico Mayorista</b>	<b>221</b>
9.1 Satisfacer la Demanda de Energía Eléctrica en las Redes Generales de Distribución	225
9.1.1 Atender la Demanda de Usuarios Actuales y Nuevos Usuarios	225
9.1.2 Garantizar el Acceso Abierto a la Generación Distribuida	226
9.1.3 Electrificación de Comunidades Rurales y Zonas Urbanas Marginadas	227
9.2 Incrementar la Eficiencia en la Distribución de la Energía Eléctrica	227
9.2.1 Reducir las Pérdidas Técnicas y No Técnicas	227
9.3 Incrementar la Calidad, Confiabilidad y Seguridad en las Redes Generales de Distribución y en el Suministro Eléctrico	230
9.3.1 Modernizar y Ampliar la Infraestructura de las RGD	230
9.4 Cumplir con los Requisitos del Mercado Eléctrico Mayorista para las Redes Generales de Distribución	239
9.4.1 Construir la Infraestructura para Participar en el Mercado Eléctrico	239
9.5 Transitar hacia una Red Eléctrica Inteligente (REI)	239
9.5.1 Desarrollar e Incorporar Sistemas y Equipos que permitan una Transición a una REI	240

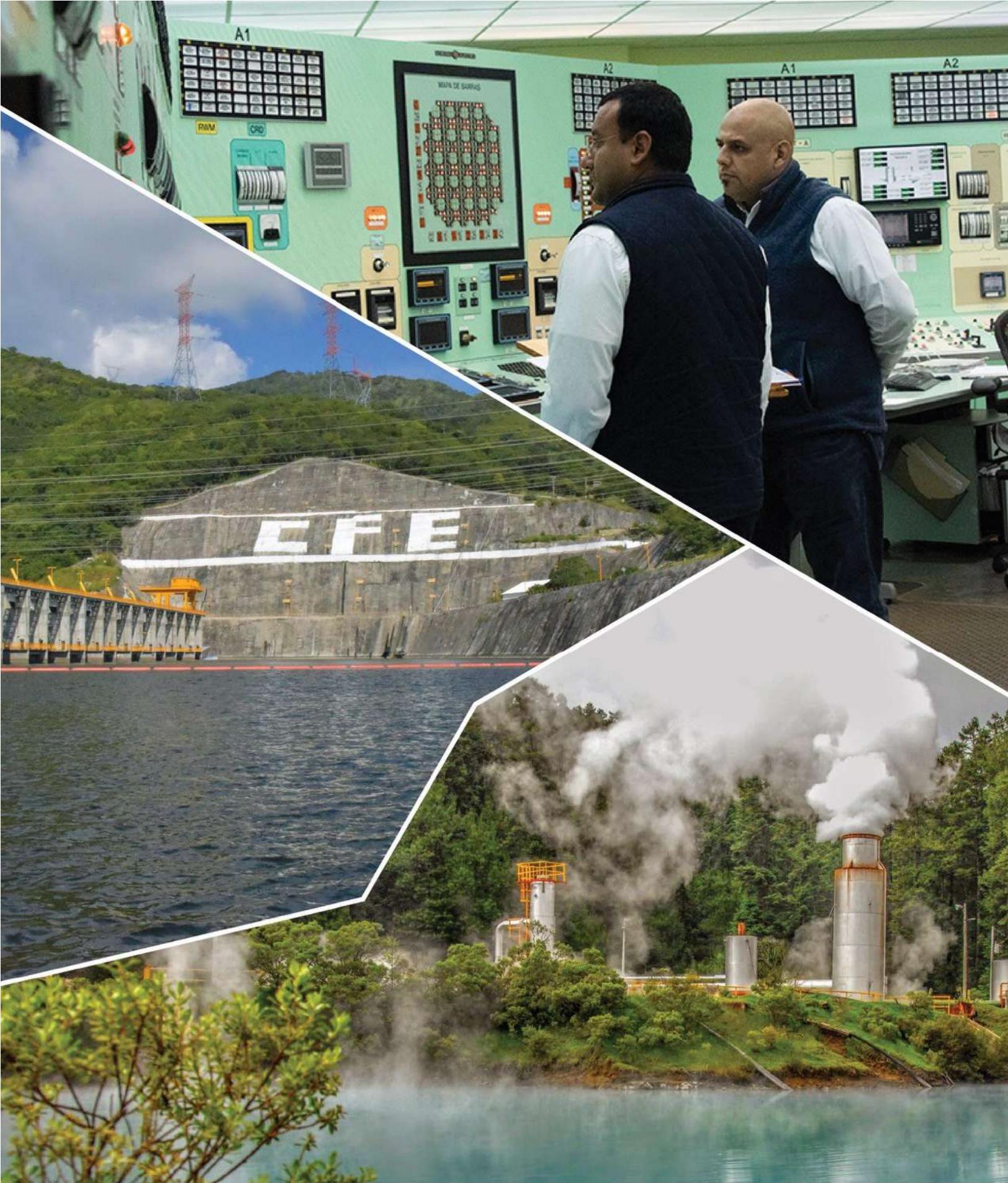


---

<b>Anexo 1 Infraestructura del Sistema Eléctrico Nacional</b>	<b>243</b>
<b>Anexo 2 Reporte de Avance de Energías Limpias</b>	<b>305</b>
1 Marco Jurídico del Reporte de Avance de Energías Limpias	307
1.1 Alineación del Reporte de Avances de Energías Limpias con los Preceptos de la Transición Energética de México	307
2 Generación Neta de Energías Limpias en México (Gwh) 2018, 2019, 2020 Y 2021	308
2.1 Generación Neta de Energías Limpias Renovables	310
2.2 Generación Neta de Energías Limpias No Renovables	315
3 Avance en las Metas de Generación Neta de Energía Eléctrica con Energías Limpias en México.	317
4 Evolución Histórica de La Generación Neta 2018-2021 (Gwh)	319



# ***1. Presentación***



**Central nucleoelectrónica,** Alto Lucero, Veracruz. **Central hidroeléctrica,** Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.  
**Central geotérmica,** Ciudad Hidalgo, Michoacán.  
Comisión Federal de Electricidad.

---

## PRESENTACIÓN

El Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) es el instrumento que detalla la planeación anual del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) con un horizonte de quince años y que concreta la política energética nacional en materia de electricidad, alineada al Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2019-2024.

En este instrumento se define la planeación del SEN y se incorporan los elementos relevantes de otros instrumentos de planeación, tales como el Programa Indicativo para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE), así como los programas de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión (RNT) y de las Redes Generales de Distribución (RGD) que correspondan al Mercado Eléctrico Mayorista (MEM) (PAMRNT); y los programas de ampliación y modernización de las RGD que no corresponden al MEM (PAMRGD).

De acuerdo con el PND 2019-2024, el cual tiene como propósito estratégico del Gobierno de México garantizar el suministro básico de electricidad para toda la población, campo e industria a precios accesibles, también es necesario contemplar la recuperación de la capacidad de generación y transmisión de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) a fin de que sea esta la que genere y respalde al SEN.

La planeación del SEN debe incluir criterios para el establecimiento de nuevas Centrales Eléctricas, cuyo propósito principal sea garantizar el suministro de energía eléctrica con Calidad, Continuidad, Confiabilidad y seguridad, con el fin de proteger y defender el interés público, social y colectivo. En el corto y mediano plazo, dichos criterios deberán garantizar el uso apropiado y eficiente de los recursos energéticos, así como de los elementos del SEN, alineando las Reglas del Mercado para el cumplimiento de este fin.

En la planeación de largo plazo, los criterios deberán garantizar la viabilidad económica en las inversiones de largo plazo que se requieren para el desarrollo nacional, sin afectar las inversiones del Estado y permitiendo la contribución del sector social y privado.



Desde luego que uno de los propósitos de la planeación es cumplir con los compromisos ambientales contraídos con las instancias internacionales con relación a la reducción de emisiones y cambio climático, por lo que se propone el incremento ordenado de la generación eléctrica mediante energías limpias y renovables.

En este nuevo PRODESEN se incluye un apartado de Política y Líneas de acción en materia de Transición Energética donde el Gobierno de México dirige al conjunto del Estado mexicano a reducir y eliminar los Gases y Compuestos de Efecto Invernadero (GyCEI) que genera el sistema energético de México, mediante la planificación de su reducción y su asimilación.

En el mismo orden de ideas, este PRODESEN 2022-2036 incluye el Reporte de Avance de Energías Limpias, fundamentado en el artículo 14, fracción VIII, de la Ley de Transición Energética, que mandata a la SENER a elaborar y publicar anualmente dicho Reporte de Avance en el cumplimiento de las metas establecidas de generación de electricidad a partir de Energías Limpias. Este Reporte describe la participación de las Energías Limpias en términos de capacidad instalada y de la generación de electricidad al año 2021 en México, así como su evolución en el periodo 2018 al 2021.

Bajo esta premisa y de conformidad con la política energética del Gobierno de México, se continúa con el desarrollo de centrales eléctricas de la CFE, para lo cual se plantea en el mediano plazo la incorporación de centrales de ciclo combinado, pero principalmente la rehabilitación y modernización de algunas hidroeléctricas en operación, así como el equipamiento de otras en instalaciones hidráulicas existentes para mejorar la eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad y sustentabilidad del SEN.

La SENER dirige la planeación del SEN, garantizando el suministro de energía eléctrica conforme a los requerimientos del desarrollo nacional, coordinando las diferentes fuentes de generación de la CFE y los privados. Al presentarse esta edición actualizada, se cumple con la normatividad de la planeación en esta materia, en lo concerniente al SEN.



## GLOSARIO DE TÉRMINOS

**ACSR** - Cable de aluminio desnudo con alma de Acero

**AMP o kA** - Amperes o kilo (1000) amperes, unidad de medida de corriente

**AT** - Autotransformador(es)

**AU** - Autoabastecimiento

**BIO** - Biogás, Biomasa, Bioenergía

**CEV** - Compensador Estático de Var

**CCC** - Central de Ciclo Combinado

**CEL** - Central

**CENACE** - Centro Nacional de Control de Energía

**CFE** - Comisión Federal de Electricidad

**COG** - Cogeneración

**COG<sub>ef</sub>** - Cogeneración Eficiente

**CPEUM** - Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos

**CMNUCC** - Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático

**COP** - Conferencia de la Partes

**CRE** - Comisión Reguladora de Energía

**DENUE** - Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas

**EE. UU.** - Estados Unidos de América

**EIA** - Administración de Información Energética de los Estados Unidos

**ENS** - Energía No Suministrada

**EO** - Eoloeléctrica o Eólica

**EPS** - Empresas Productivas Subsidiarias

**ERCOT** - Electric Reliability Council of Texas

**EXP** - Exportación

**FV** - Fotovoltaica

**GyCEI** - Gases y Compuestos de Efecto Invernadero

**GEI** - Gases de Efecto Invernadero

**GD** - Generación Distribuida

**GD-FV** - Generación Distribuida Fotovoltaica

**GEO** - Geotermoeléctrica

**GCR** - Gerencia de Control Regional

**GWh** - Giga (10<sup>9</sup>) Watt-hora, Unidad de medida de energía eléctrica

**HI** - Hidroeléctrica

**H<sub>2</sub>** - Hidrógeno

**IEA** - Agencia Internacional de Energía

**IED** - Inversión Extranjera Directa

**IMP** - Importación



**INEGI** - Instituto Nacional de Estadística y Geografía

**J** - Joule, unidad de medida de energía calorífica

**kJ** - Kilo (1000) Joule, unidad de medida de energía calorífica

**km-c** - Kilómetros circuito de transmisión o de distribución tendidos

**kV** - Kilo (1000) Volts, unidad de medida de tensión

**kW** - Kilo (1000) Watt, unidad de medida de potencia activa

**kWh** - Kilo (1000) Watt-hora, Unidad de medida de energía eléctrica

**LIE** - Ley de la Industria Eléctrica

**LT** - Línea(s) de Transmisión

**LOAPF** - Ley Orgánica de la Administración Pública Federal

**LGCC** - Ley General de Cambio Climático

**LIE** - Ley de la Industria Eléctrica

**LTE** - Ley de Transición Energética

**MEM** - Mercado Eléctrico Mayorista

**MMBTU** - Millón de BTU (British thermal unit)

**MR** - Margen de Reserva

**MVA** - Mega Volt-Ampere, unidad de medida de Potencia

**MVar** - Mega Volt-Ampere reactivo, unidad de medida de potencia reactiva

**MW** - Mega Watt, unidad de medida de potencia Activa

**MWh** - Mega (10<sup>6</sup>) Watt-hora, Unidad de medida de energía eléctrica

**NES** – Noreste

**NTE** – Norte

**NOR** – Noroeste

**NUC** – Nucleoeléctrica

**ORI** – Oriental

**OCC** – Occidental

**PEN** – Peninsular

**PCyM** - Equipo de Protección, Control y Medición

**PEMEX** - Petróleos Mexicanos

**PAMRNT** - Programas de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión y los elementos de las Redes Generales de Distribución que corresponden al Mercado Eléctrico Mayorista

**PAMRGD** - Programas de ampliación y modernización de las Redes Generales de Distribución que no correspondan al Mercado Eléctrico Mayorista

**PFTRG** - Programa de Financiamiento y Transferencia de Riesgos para Geotermia en México

**PND** - Plan Nacional de Desarrollo

**PEM** - Proyecto Elemental Mínimo

**PIE** - Productores Independientes de Energía Eléctrica

**PIB** - Producto Interno Bruto

**PP** - Pequeña Producción

**PRODESEN** - Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional

**PIIRCE** - Programas Indicativos para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas

**REI** - Red Eléctrica Inteligente

**RLIE** - Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica



**RGD** - Red General de Distribución

**RNT** - Red Nacional de Transmisión

**RP-MR** - Reserva de Planeación en términos del Margen de Reserva

**SCJN** - Suprema Corte de Justicia de la Nación

**SIBC** - Sistema Interconectado Baja California

**SIBCS** - Sistema Interconectado Baja California Sur

**SIM** - Sistema Interconectado Mulegé

**SIN** - Sistema Interconectado Nacional

**SE** - Subestación(es) Eléctrica(s)

**SEN** - Sistema Eléctrico Nacional

**SENER** - Secretaría de Energía

**SEP** - Sistema Eléctrico de Potencia

**STATCOM** - Compensador Estático Síncrono

**TEM** - Transición Energética de México

**TC o TC's** - Transformador(es) de Corriente

**tmca** - Tasa media de crecimiento anual

**TWh** - Tera (10<sup>12</sup>) Watt-hora, Unidad de medida de energía eléctrica

**UME** - Unidades Móvil de Emergencia

**UPC** - Usos Propios Continuos

**VIRPe-MR** - Valor Indicativo de la Reserva de Planeación Eficiente en términos del Margen de Reserva

**VIRPm-MR** - Valor Indicativo de la Reserva de Planeación Mínimo en términos del Margen de Reserva

**VE** - Vehículos eléctricos

**VH** - Vehículos híbridos

**VHE** - Vehículos híbridos enchufables

**VPN** - Valor Presente Neto

**WECC** - Western Electricity Coordinating Council





**Central termoeléctrica,** Villa de Reyes, San Luis Potosí.  
Comisión Federal de Electricidad.

## ***2. Marco legal***



**Trabajadores de CFE. Central geotermoeléctrica, Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Subestación eléctrica, Saltillo, Coahuila.**  
Comisión Federal de Electricidad.

El PRODESEN 2022-2036, es el documento que contiene la planeación del SEN, donde se establecen los objetivos, metas, estrategias y prioridades que deberán adoptarse para satisfacer la demanda en el Sistema, procurando que su operación se realice en condiciones de eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad y sustentabilidad; para lo cual, deberá dar cumplimiento a los objetivos de Energías Limpias y considerar las necesidades de proyectos de inversión que los transportistas y distribuidores deben llevar a cabo.

## 2.1 CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

Está sustentado en los artículos 4, párrafo quinto, 25, párrafos primero, tercero y quinto, 26, apartado A, 27, párrafo sexto y 28, cuarto párrafo de la CPEUM, que establecen la obligación del Estado de garantizar el derecho a un medio ambiente sano; los principios de rectoría económica del Estado; planeación del desarrollo nacional; actividades estratégicas y la regulación de actividades económicas reservadas al Estado.

La energía eléctrica no debe caracterizarse como un derecho humano autónomo, sino como un bien constitucionalmente protegido, que es parte de un servicio público de primera importancia, sobre el cual se proyectan distintos principios previstos en los artículos 25, 27 y 28 constitucionales.<sup>1</sup>

El Estado no podría garantizar los derechos a la salud, a la vivienda, a la alimentación e, incluso, a la

libertad de expresión e información sin un acceso efectivo a la energía eléctrica, ya que esta forma parte del derecho que, como seres humanos, tenemos en nuestra concepción integral de vida, involucrando los aspectos comerciales, sociales y laborales. El fomento al crecimiento económico, al empleo, la justa distribución del ingreso y la riqueza, así como los derechos económicos, sociales, culturales y ambientales solo pueden hacerse efectivos, siempre y cuando el Estado los garantice.<sup>2</sup>

En materia de energía eléctrica, los artículos 25, párrafo quinto y 27, párrafo sexto de la Carta Magna disponen que la planeación y el control del SEN, así como el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica corresponden exclusivamente a la Nación, estableciéndolas como áreas estratégicas.

Además, en el artículo 26 constitucional en su apartado A, se sientan las bases para la organización de un sistema de planeación del desarrollo nacional a través de un PND al que se sujetarán los programas de la Administración Pública Federal. Asimismo, señala que corresponde al Poder Ejecutivo establecer los procedimientos de participación y consulta popular en el sistema nacional de planeación democrática y los criterios para la formulación, instrumentación, control y evaluación del plan y los programas de desarrollo, así como los órganos responsables del proceso de planeación.

<sup>1</sup> Retomado de la Sesión pública ordinaria del Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, celebrada el martes 5 de abril de 2022. Foja 50, cuarto párrafo.

<sup>2</sup> Retomado de la Sesión pública ordinaria del Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, celebrada el martes 5 de abril de 2022. Foja 40, segundo párrafo.

Acorde a lo anterior, el PND 2019–2024, en su apartado III. Economía, establece como uno de los objetivos, el Rescate del sector energético, el cual dispone que la nueva política energética del Estado mexicano impulsará el desarrollo sostenible mediante la incorporación de poblaciones y comunidades a la producción de energía con fuentes renovables, mismas que serán fundamentales para dotar de electricidad a las pequeñas comunidades aisladas que aún carecen de ella, la transición energética dará pie para impulsar el surgimiento de un sector social en ese ramo, así como para alentar la reindustrialización del país.

Por su parte, el artículo 28, párrafo cuarto constitucional, prevé que la planeación y el control del SEN, la generación de energía nuclear y el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica, como áreas estratégicas, le corresponden a la Nación de manera exclusiva, sin que ello constituya monopolios.

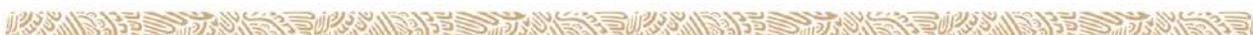
Asimismo, en cuanto al control operativo del SEN el artículo Décimo Sexto transitorio, inciso B) del decreto de reforma Constitucional de dos mil trece, incorporó como principios rectores de la actividad del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) los de eficiencia, Continuidad, seguridad e incluso sustentabilidad en la operación del SEN.

## 2.2 MARCO LEGAL

Deben destacarse las siguientes disposiciones que rigen las actividades objeto del PRODESEN, siendo este un instrumento de planeación a largo plazo que contemple los requerimientos de infraestructura necesaria para satisfacer el consumo y demanda de energía eléctrica del país, así como las estrategias que permitirán incrementar la Confiabilidad y el desarrollo del SEN, a efecto de satisfacer las necesidades de energía eléctrica para el desarrollo social y económico del país, garantizando el acceso universal a precios asequibles para la población y buscar disminuir la dependencia energética:

- La Ley Orgánica de la Administración Pública Federal (LOAPF), en su artículo 9 confiere a las dependencias y entidades de la Administración Pública Centralizada y Paraestatal el mandato de conducir sus actividades en forma programada, con base en las políticas que establezca el Ejecutivo Federal para el logro de los objetivos y prioridades de la planeación nacional del desarrollo. Asimismo, su artículo 33, fracciones I, V y XXIX, faculta a la SENER para establecer, conducir y coordinar la política energética del país, para lo cual podrá realizar y promover programas, proyectos, estudios e investigaciones sobre las materias de su competencia; llevar a cabo la planeación energética a mediano y largo plazos y fijar las directrices económicas y sociales para el sector energético nacional; así como fijar la política para establecer nuevas centrales eléctricas.
- La Ley de Planeación, en su artículo 4, señala que es responsabilidad del Ejecutivo Federal conducir la planeación nacional del desarrollo con la participación democrática de la sociedad, entendida en términos del artículo 3º, como la ordenación racional y sistemática de acciones que tiene como propósito la transformación de la realidad

del país, de conformidad con las normas, principios y objetivos que la propia Constitución y la ley establecen. Asimismo, su artículo 16, fracción VIII confiere a las dependencias de la Administración Pública Federal la facultad para coordinar la elaboración y ejecución de los programas especiales y regionales que correspondan conforme a su ámbito de atribuciones. Por su parte, el segundo párrafo del artículo 22 dispone que los programas observarán congruencia con el PND.



- En la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) se establecieron distintas previsiones encaminadas a regularizar como debe operar el acceso a la RNT y a las RGD, todo ello, con la finalidad de no saturarlas y garantizar la estabilidad del SEN, esta ley contiene, entre otras disposiciones, las siguientes:
  - a) En su artículo 1º, párrafo primero establece que dicha ley tiene como finalidad promover el desarrollo sustentable de la industria eléctrica y garantizar su operación continua, eficiente y segura en beneficio de los usuarios, así como el cumplimiento de las obligaciones de servicio público y universal, de Energías Limpias y de reducción de emisiones contaminantes,
  - b) Define en su artículo 3, fracción XXXII al PRODESEN como el documento expedido por la SENER que contiene la planeación del SEN y que reúne los elementos relevantes de los programas indicativos para la instalación y retiro de Centrales Eléctricas, así como los programas de ampliación y modernización de la RNT y de las RGD;
  - c) La fracción segunda del artículo 4 establece que las actividades de generación, transmisión, distribución, comercialización y el Control Operativo del SEN se sujetarán a las obligaciones del servicio público y universal, en términos de la ley y de las disposiciones aplicables;
  - d) El artículo 6 dispone que la política, regulación y vigilancia de la industria eléctrica, la establecerá el Estado y la ejecutará a través de la SENER en el ámbito de su competencia y tendrá como objetivos:
    - Garantizar la eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad y seguridad del SEN;
    - Promover que las actividades de la industria eléctrica se realicen bajo criterios de sustentabilidad;
    - Impulsar la inversión y la competencia, donde ésta sea factible, en la industria eléctrica;
    - Propiciar la expansión eficiente de la industria eléctrica, respetando los derechos humanos de las comunidades y pueblos;
    - Fomentar la diversificación de la matriz de generación de energía eléctrica, así como la seguridad energética nacional; Apoyar la universalización del Suministro Eléctrico, y
    - Proteger los intereses de los Usuarios Finales.
- a) Faculta en su artículo 11, fracción III, a la SENER para dirigir el proceso de planeación y elaboración del PRODESEN;
- b) Señala en sus artículos 14 y 68, fracción I los principios que rigen el PRODESEN, en los que se considera procurar la operación del SEN en condiciones de eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad y sustentabilidad; incluir los elementos de la Red Eléctrica Inteligente (REI); coordinarse con los programas promovidos por el Fondo de Servicio Universal Eléctrico; incorporar mecanismos para conocer la opinión de los Participantes del Mercado y de los interesados en desarrollar proyectos de infraestructura eléctrica, y considerar la expansión y modernización de las RGD que se requieran para interconectar la GD.
- La Ley de Transición Energética (LTE), en su artículo 14, fracciones VII y XVI faculta a la SENER para incorporar la instalación de Centrales Eléctricas con Energías Limpias en la planeación indicativa del crecimiento de la infraestructura eléctrica; así como promover la construcción de las obras de

infraestructura eléctrica que faciliten la interconexión de Energías Limpias al SEN. Asimismo, señala en su artículo 29, fracciones II y V, que la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios debe establecer un diagnóstico exhaustivo del estado en el que se encuentre la industria eléctrica en general y la generación de electricidad mediante Energías Limpias en particular, así como de la evolución tecnológica en materia de generación eléctrica y reducción de costos, así como otros elementos de tecnología que puedan aportar un valor añadido al SEN; y deberá expresar mediante indicadores los compromisos, los cuales reflejarán la situación de las Energías Limpias, su penetración en el SEN, el abatimiento de la contaminación por la industria eléctrica y la eficiencia energética.

- La Ley de Energía Geotérmica (LEG), en su artículo 7, fracción II, establece que la SENER está facultada para elaborar y dar seguimiento a los programas institucionales, de fomento a la industria geotérmica.
- La Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia Nuclear, en su artículo 12, señala que las actividades que conforman la industria nuclear, entre las que se encuentra el aprovechamiento de los combustibles nucleares con fines energéticos que resulta en la generación de electricidad, se llevarán a cabo en los términos de los programas que apruebe el Ejecutivo Federal por conducto de la SENER.
- La Ley General de Cambio Climático (LGCC), en su artículo 7, fracción XXIII, establece como atribución de la federación desarrollar programas y proyectos integrales de

mitigación y adaptación al cambio climático en materia de energía eléctrica, para lograr el uso eficiente y sustentable de los recursos energéticos fósiles y renovables del país. Asimismo, en su artículo 35 dispone que la SENER establecerá políticas e incentivos para promover la utilización de tecnologías de bajas emisiones de carbono, con el objetivo de impulsar la transición a modelos de generación de energía eléctrica a partir de combustibles fósiles a tecnologías que generen menores emisiones.

- La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, es un instrumento de política ambiental cuyo objeto es regular la preservación y restauración del equilibrio ecológico, con el fin de lograr la protección del medio ambiente en el territorio nacional, la preservación y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales y de energía, como la utilización de fuentes de energía menos contaminantes.
- El Reglamento de la Ley de la Industria Eléctrica (RLIE) establece en su artículo 5, que para la elaboración del PRODESEN deberán considerarse, al menos, los pronósticos de la demanda eléctrica y los precios de los insumos primarios de la Industria Eléctrica; la coordinación de los programas indicativos para la instalación y retiro de Centrales Eléctricas con el desarrollo de los programas de ampliación y modernización de la RNT y las RGD; la política de Confiabilidad; los programas indicativos para la instalación y retiro de

Centrales Eléctricas que prevea la infraestructura necesaria para asegurar la Confiabilidad del SEN; la coordinación con el programa de expansión de la red nacional de gasoductos y los mecanismos de promoción de las Energías Limpias, así como el análisis costo beneficio integral de las distintas alternativas de ampliación y

modernización de la RNT y las RGD. Asimismo, en su artículo 9, último párrafo destaca que en el mes de mayo de cada año la SENER publicará el PRODESEN, una vez autorizados los programas de ampliación y modernización de la RNT y de las RGD.

## 2.3 ALCANCE

Conforme a lo dispuesto en los artículos 3, fracción XXXII, 13 párrafo primero, 14 párrafo cuarto, de la LIE, y 5 del RLIE, el PRODESEN deberá considerar:

- Los aspectos más relevantes del PIIRCE, de los que se desprenda la infraestructura necesaria para asegurar la Confiabilidad del SEN, y
- Los aspectos más relevantes del PAMRNT y PAMRGD, tomando en cuenta el análisis costo beneficio integral de las distintas alternativas de ampliación y modernización previstos en dichos programas.

## 2.4 PROGRAMAS

### Programas Indicativos para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas

Se desarrolla anualmente, en el que se consideran los proyectos de Centrales Eléctricas que se incorporarían al SEN en los próximos 15 años que minimicen el valor presente neto de los costos totales del mismo, especificando su capacidad, tipo de tecnología y ubicación; así como el retiro de las unidades de generación o Centrales Eléctricas que

los Generadores están obligados a notificar, en términos del artículo 18, fracción IV de la LIE.

De acuerdo con lo previsto en el artículo 13 de la LIE, el objetivo del PRODESEN es promover la instalación de los recursos suficientes para satisfacer la demanda del SEN y cumplir con los objetivos de

Energías Limpias, tomando en consideración las metas previstas en el artículo Tercero Transitorio de la LTE, en el que se instruyó a la SENER fijar como meta una participación mínima en la generación de energía eléctrica.

El PIIRCE sirve de base para que el CENACE esté en posibilidad de integrar los casos base, a partir de los cuales modelará la expansión óptima para la RNT.

### Programas de ampliación y modernización de la RNT y de los elementos de las RGD que corresponden al MEM y de las RGD que no corresponden al MEM.

Se elaboran anualmente, con una proyección de 15 años, mediante los cuales se busca minimizar los costos de prestación del servicio, reduciendo los costos de congestión, incentivando una expansión eficiente de la generación, y considerando los criterios de Calidad, Confiabilidad, Continuidad y seguridad de la Red Eléctrica; durante su elaboración, se deben tomar en cuenta los programas previos y las obras e inversiones que se encuentren en ejecución, en términos del artículo 9 del RLIE.

En el desarrollo de dichos programas se incluyen elementos de la REI y se busca una coordinación con los programas promovidos por el Fondo de Servicio Universal Eléctrico, tal y como se encuentra previsto en el artículo 39 de la LTE.

Durante su proceso de elaboración se prevén mecanismos de participación para que los Participantes del Mercado e interesados en desarrollar proyectos de infraestructura eléctrica puedan emitir su opinión sobre los mismos.

## 2.5 ACUERDOS Y TRATADOS INTERNACIONALES

Como parte de los compromisos asumidos por el Estado Mexicano, plasmados en Acuerdos y Tratados Internacionales, el PRODESEN tiene sustento en los instrumentos siguientes:

- La Declaración Universal de los Derechos Humanos en su artículo 25, estipula que toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios; lo que guarda relación con los objetivos del PRODESEN, que es procurar la operación del SEN en condiciones de eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad y sustentabilidad, de forma tal que la población pueda tener acceso a la energía eléctrica, y que debe entenderse como condición indispensable para tener un nivel de vida adecuado.
- En el mismo sentido, el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales en su artículo 11 párrafo 1, reconoce el derecho de toda persona a un nivel de vida adecuado para sí y su familia, incluso alimentación, vestido y vivienda adecuados y a una mejora continua de las condiciones de existencia.
- De manera complementaria a lo anterior, la Convención sobre la Eliminación de todas las formas de Discriminación contra la Mujer, en su artículo 14 párrafo segundo inciso h), mandata a los Estados Parte adoptar todas las medidas apropiadas para eliminar la discriminación contra la mujer en las zonas rurales a fin de asegurar en condiciones de igualdad entre hombres y mujeres, asegurando el derecho a gozar de condiciones de vida adecuadas,

particularmente en las esferas de la vivienda, los servicios sanitarios, la electricidad y el abastecimiento de agua, el transporte y las comunicaciones.

## 2.6 COMPROMISOS INTERNACIONALES ADQUIRIDOS POR MÉXICO PARA EL CAMBIO DE LA MATRIZ ENERGÉTICA Y LA REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC)

La CMNUCC fue firmada por el Gobierno de México el 13 de junio de 1992 y aprobada unánimemente por la Cámara de Senadores del H. Congreso de la Unión el 3 de diciembre del mismo año.

La Convención entró en vigor en 1994 y ha sido ratificada por 195 países (Partes de la Convención), que han establecido el objetivo último de lograr la estabilización de las concentraciones de Gases de efecto invernadero (GEI) en la atmósfera con el fin de impedir interferencias antropogénicas peligrosas en el sistema climático. Además, este nivel debe lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.

Para que la aplicación de la Convención sea efectiva, se elaboran propuestas que son aprobadas por todas las Partes por consenso en las COP, órgano Supremo en el que se reúnen las Partes de la Convención para la adopción de decisiones. La COP se reúne una vez al año desde 1995 y tienen el mandato de revisar la implementación de la Convención y negociar nuevos compromisos.

## Protocolo de Kioto

El Protocolo es un instrumento jurídicamente vinculante que compromete a los países industrializados a reducir las emisiones de GyCEI: dióxido de carbono, gas metano y óxido nitroso. Además de tres gases industriales fluorados: hidrofluorocarbonos, perfluorocarbonos y hexafluoruro de azufre.

Asimismo, el Protocolo decretó una serie de mecanismos de mercado para facilitar el cumplimiento de los compromisos de mitigación de los países industrializados y promover el desarrollo sustentable en los países en vías de industrialización. Estos mecanismos son: Comercio de Derecho de Emisiones, Implementación Conjunta y Mecanismos para un Desarrollo Limpio. El Protocolo entró en vigor el 16 de febrero de 2005 para las naciones que lo ratificaron, entre ellas México, que lo hizo en el año 2000.

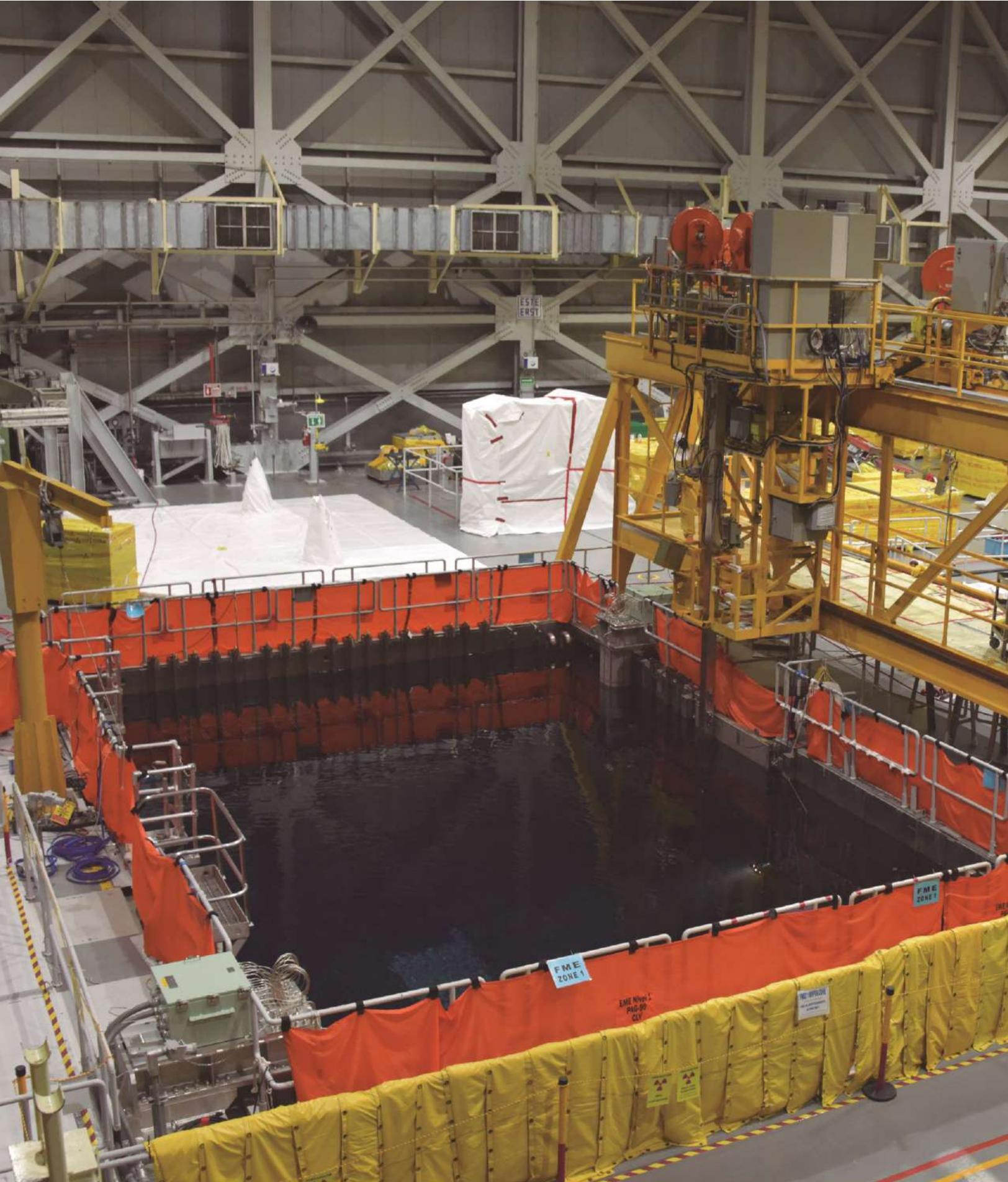
## Acuerdo de París

Este acuerdo compromete a las naciones, tanto desarrolladas como en vía de desarrollo, a trabajar unidas, de manera ambiciosa, progresiva, equitativa y transparente, para limitar el incremento de la temperatura global por debajo de 1.5 °C. Este instrumento dispone en su artículo 7 párrafo 9, que cada una de las Partes deberá emprender procesos de planificación de la adaptación al cambio climático y adoptar medidas, como la formulación o mejora de los planes, políticas y/o contribuciones pertinentes que podrán incluir la formulación y ejecución de los planes nacionales de adaptación, así como la vigilancia y evaluación de dichos planes, programas y medidas de adaptación. México ratificó el Acuerdo el 21 de septiembre de 2016, el cual entró en vigor el 4 de noviembre de 2016.

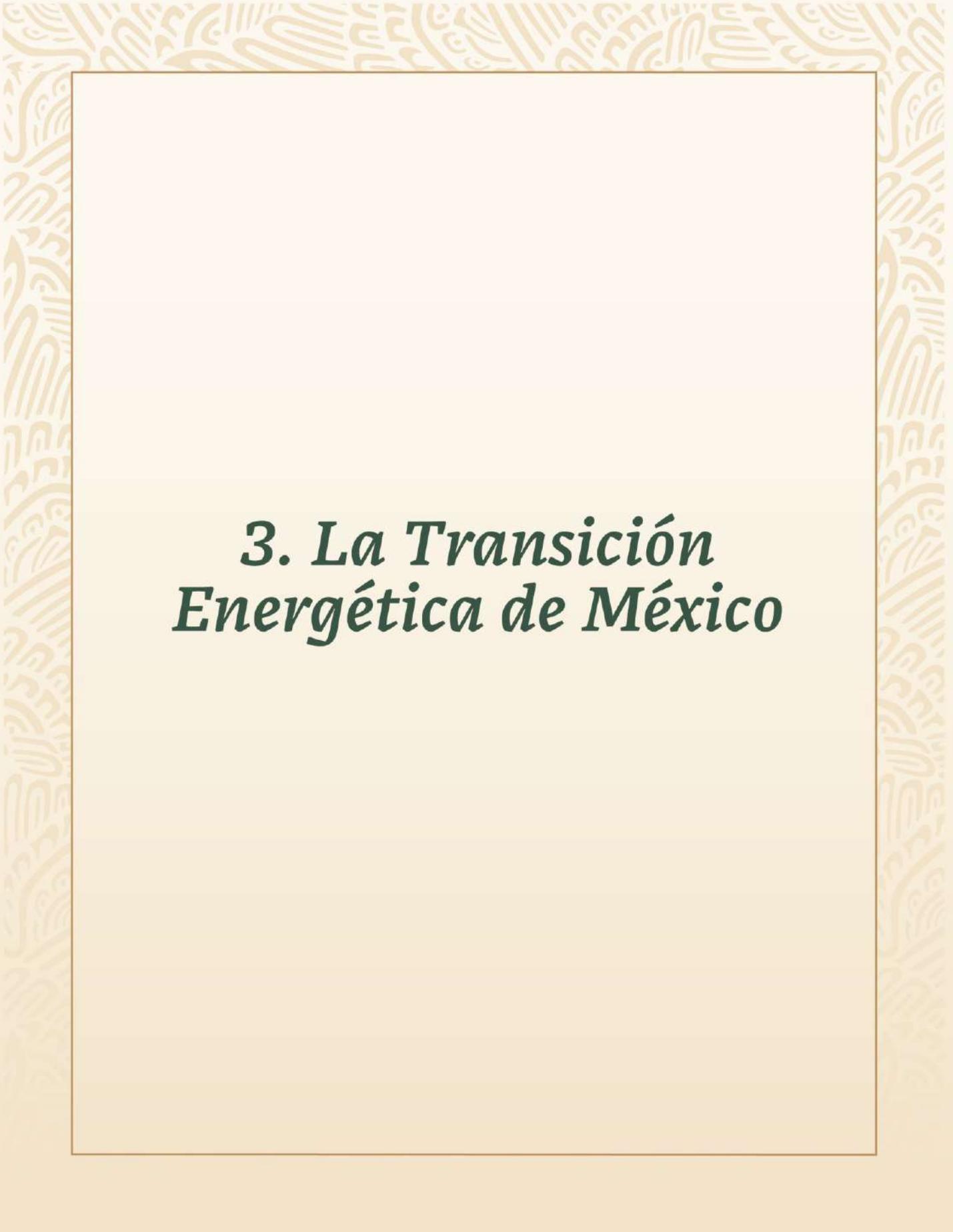
## Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible

La Agenda plantea 17 objetivos con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan las esferas económica, social y ambiental. Además de poner fin a la pobreza en el mundo, los objetivos incluyen, entre otros: asegurar el acceso al agua y la energía; promover el crecimiento económico sostenido; adoptar medidas urgentes contra el cambio climático; promover la paz; y facilitar el acceso a la justicia. El Objetivo 7 se refiere a Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna.

El Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático es el organismo internacional encargado de evaluar la información científica en materia de cambio climático y de sus potenciales impactos ambientales y socioeconómicos. Los trabajos del Panel se realizan a través de un proceso de revisión de las contribuciones voluntarias de investigación de miles de científicos de todo el mundo que, de manera periódica, se constituyen en reportes de evaluación que consolidan la información científica más actualizada y se presentan como insumos para quienes toman las decisiones.



**Central nucleoelectrónica, Alto Lucero, Veracruz.**  
Comisión Federal de Electricidad.



### ***3. La Transición Energética de México***



**Central nucleoelectrica**, Alto Lucero, Veracruz. **Central fotovoltaica**, Hermosillo, Sonora. **Central Eólica**, Asunción Ixtaltepec, Oaxaca.  
Comisión Federal de Electricidad.

El Presidente de México, Andrés Manuel López Obrador, ha establecido una política de Estado que garantiza la autosuficiencia energética y la Transición Energética de México (TEM).

La TEM es la evolución planificada de la matriz energética del país, en un escenario de planeación de 30 años. Es el cambio racional y sustentable del actual sistema energético, industrial, tecnológico y económico fundado en la transformación de los recursos energéticos no renovables, hacia otro sistema energético basado en el aprovechamiento progresivo de la electricidad proveniente de las energías renovables y nuclear.

Lo anterior requiere sustituir, en un escenario de planeación ordenado y durante las próximas décadas, la mayor parte de la energía primaria de origen fósil del sistema energético mexicano, que representa actualmente el 86.9% de la matriz energética de nuestro país, para construir un nuevo sistema energético basado en energías renovables y nuclear.

Es importante insistir en que, en un sistema energético, la producción de la energía no es más que uno de los componentes de dicho sistema, teniendo importancia análoga el uso de la energía y la integración de ésta en las actividades de la sociedad, y su relación con la economía y el ambiente; así como las tecnologías y equipos de uso final de la misma y, sin lugar a dudas, la eficiencia energética en todo el sistema. Equiparar a la transición energética sólo con la sustitución tecnológica en la generación de energía eléctrica, es un error frecuente.

### 3.1 CAMBIO CLIMÁTICO

La transición del sistema energético del mundo, es un imperativo irrenunciable y una responsabilidad de todos y cada uno de los países, ante la amenaza que el cambio climático representa para la vida sobre el planeta, causada de manera preponderante por el sistema energético fósil de los países más industrializados, y que actualmente representa el 84% de la matriz energética mundial.

México es responsable del 1.2% de las emisiones acumuladas de 1850 a 2021, con aproximadamente 25 billones de toneladas de CO<sub>2</sub>. El país emitió 1.2% del total de las emisiones de carbono del mundo en el año 2020; México representa el 1.7% del consumo mundial de petróleo como energía primaria, el 2.3% del gas natural y el 0.3% del carbón. La estructura de la Matriz de Energía Primaria de México (2019) es 86.9% de origen fósil, 2% nuclear y 10.3% renovable. La participación de las energías renovables en la matriz de energías primarias de México, supera en porcentaje al de Estados Unidos de América (EE.UU.) (6%) y China (6%).

El Gobierno de México dirige al conjunto del Estado mexicano a reducir y eliminar los GyCEI que genera el sistema energético nacional, mediante la planificación de su reducción a través de la política de transición energética. Cada país del mundo es responsable de sus emisiones de GyCEI, y tiene la responsabilidad de realizar su propia transición energética. En este sentido, las grandes potencias tienen suficientes desafíos propios como para pretender convertirse en los ejecutores de las transiciones energéticas de otras naciones.



Los avances e innovaciones tecnológicas en la conversión de las fuentes de energías renovables en energía eléctrica en los últimos dos décadas y el imperativo de políticas para combatir el cambio climático han creado una diversidad de sistemas emergentes para producir energía eléctrica, indiscutibles para avanzar en la transición energética.

### 3.2 AUTOSUFICIENCIA ENERGÉTICA

La autosuficiencia energética es un objetivo inmediato y de carácter permanente de la TEM. Nuestro país experimentó una acelerada pérdida de autosuficiencia energética a partir de 2013, misma que a partir del año 2019 comenzó a recuperarse hasta alcanzar el 87% en 2021. Sin embargo, esto significa que el 13% de la energía que consume nuestro país es importada.

La pérdida de autosuficiencia energética fue resultado de la sobreexplotación y agotamiento de los yacimientos de hidrocarburos que impuso la política neoliberal extractivista, de exportación de recursos naturales sin proceso de industrialización y creación de valor agregado nacional; al mismo tiempo que se desmanteló y se dejó de invertir en el Sistema Nacional de Refinación y petroquímica.

En el proceso de transición energética, México debe garantizar su autoabastecimiento permanente de energía, en todo momento, en todo el país, pues es una base estratégica fundamental de la seguridad, el poder y la soberanía nacionales.

La autosuficiencia en la producción de combustibles para abastecer a 40 millones de vehículos de combustión en nuestro país, constituye una primera fase de la transición energética, mediante la rehabilitación del Sistema Nacional de Refinación, la construcción de la Refinería Olmeca en Dos Bocas y la compra de la Refinadora Deer Park, con lo cual México será autosuficiente en combustibles en 2024 y dejará de exportar petróleo crudo.

Con estas inversiones estratégicas, México podrá cancelar importaciones de combustibles del orden de 400,000 millones de dólares en los próximos tres lustros, en tanto se desarrolla en México de manera soberana, por ejemplo, el sistema de transporte eléctrico, y se avanza en el desarrollo de tecnologías y equipos más eficientes en todo el sistema energético.

### 3.3 ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA

La actual reducción del costo de inversión requerida para equipos de generación eléctrica proveniente de energías primarias renovables, hace posible acelerar la sustitución tecnológica de estas fuentes de generación de manera competitiva, lo que representa una condición emergente que hace posible atender de manera eficaz el desafío de la inminente reducción de CyCEI.

Los sistemas y medios de almacenamiento de la electricidad son imprescindibles para que las energías renovables intermitentes se consoliden en la diversificación de las fuentes de energía en el SEN.

El almacenamiento de energía eléctrica tiene la función de reducir las variaciones de potencia de las energías renovables intermitentes como la eólica y la solar, evitando así que se congestione la Red Eléctrica en horas específicas y, a la vez, equilibra la disponibilidad de energía eléctrica en las horas pico y en las horas valle de demanda, proporcionando mayor Confiabilidad, Seguridad, Continuidad y Calidad en la operación del SEN.

Las tecnologías emergentes de almacenamiento de energía eléctrica están avanzando en el mundo y se convertirán en un instrumento de dependencia tecnológica para México, si en el país no se desarrollan estas tecnologías en forma independiente.

Por estas razones, el 20 de abril de 2022 se publicó el Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Minera, donde se reconoce

al litio como patrimonio de la Nación y su exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento se reserva en favor del pueblo de México y donde no se otorgarán concesiones, licencias, contratos, permisos o autorizaciones a particulares.

### **3.4 REDES INTELIGENTES Y GENERACIÓN DISTRIBUIDA**

La generación distribuida (GD), planificada y con soporte en Redes Eléctricas Inteligentes, es otro factor determinante para que las energías renovables actuales y las que emerjan en el futuro, sustenten el desarrollo de México y de la humanidad en la nueva era energética ecológica de la electricidad.

La incorporación de la GD al sistema eléctrico suscita nuevos retos tecnológicos y cambios normativos sistémicos para gestionar, en forma armónica y programada, la demanda y oferta de energía eléctrica aumentando la eficiencia energética.

Para abordar estos retos es necesario hacer cambios en la forma en que los Usuarios Finales administran el uso de la energía eléctrica dentro de sus instalaciones.

Las REI proporcionan mayor precisión y flexibilidad en la gestión de la demanda y consumo de energía eléctrica y modifican el concepto actual de la Red Eléctrica unidireccional a nivel de distribución.

Los equipos de uso final con sus propios sistemas de generación son materia de la transición energética, las tecnologías de los vehículos eléctricos contemplan sus propios sistemas de generación de energía mediante el uso de paneles y baterías eléctricas de nueva generación, que pueden ser instalados para ser recargados en el domicilio de los Usuarios Finales o ser parte del vehículo mismo.

La eficiencia y ahorro energético es fundamental para el cambio del paradigma energético, porque permite disminuir el uso de combustibles fósiles mediante la optimización en el uso energético en sectores productivos y para uso doméstico.

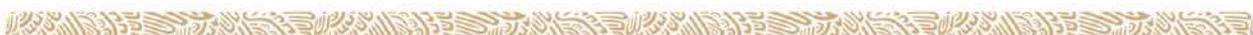
El propósito es elevar el nivel de eficiencia y sustentabilidad en la producción y uso de las energías en el territorio nacional. Por esta razón, la Transición Energética de México incorpora el desarrollo tecnológico para alcanzar la fabricación de equipos que conlleven un mejor manejo y consumo de la energía.

### **3.5 GEOTERMIA**

La energía geotérmica es una fuente de generación renovable que se obtiene mediante el aprovechamiento del calor interno de la Tierra. México cuenta con más de 60 años de experiencia en el desarrollo de proyectos geotermoeléctricos y es uno de los pioneros en América Latina en el desarrollo de la energía geotérmica.

Entre las ventajas que ofrece el desarrollo de proyectos geotermoeléctricos está: el suministrar energía eléctrica al SEN con alta confiabilidad y continuidad, independiente de las fluctuaciones de los precios internacionales de los combustibles y de las variaciones meteorológicas; así como la capacidad de ofrecer potencia firme con altos factores de carga, produciendo menos emisiones de GyCEI durante su ciclo de vida.

En el año 2020, México ocupaba el sexto lugar mundial en capacidad geotermoeléctrica instalada con 963 MWe. Al cierre del año 2021, la capacidad instalada es de 976 MW, a través de la explotación de cinco campos geotérmicos, ubicados en los estados de Baja California (570 MW), Michoacán (275 MW), Puebla (96 MW), Nayarit (25 MW) y Baja California Sur (10 MW). En materia de generación, la tecnología geotermoeléctrica representa el 1.3 % de la matriz de generación, con 4,243 GWh al cierre del 2021.



Es prioritario continuar con el impulso y desarrollo de nuevos proyectos geotermoeléctricos, así como el desarrollo de técnicas mejoradas de exploración y explotación de recursos geotérmicos.

En el marco de la política de la TEM, se ha puesto en marcha el Programa de Financiamiento y Transferencia de Riesgos para Geotermia en México (PFTRG). El PFTRG tiene por objeto aumentar la generación de energía eléctrica a partir de fuentes geotérmicas a fin de contribuir a la diversificación de la matriz energética, así como reducir la dependencia de los combustibles fósiles y las emisiones de GyCEI en México, lo que contribuye a que México pueda cumplir con los compromisos internacionales en materia de reducción de emisiones y con los objetivos de soberanía y seguridad energética planteados en la actual administración.

El 8 de abril de 2022, el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL) publicó la Convocatoria 2022 del PFTRG, cuyo objeto es proporcionar el apoyo económico para reducir el riesgo exploratorio para el desarrollo de zonas con potencial geotérmico, proporcionando servicios de perforación, o bien incrementar la generación eléctrica en campos geotérmicos en explotación. Con ello se pretende que el PFTRG pueda apoyar a cuatro proyectos de exploración, cada proyecto incluirá la perforación de máximo tres pozos exploratorios de diámetro comercial (de profundidad de hasta 3.5 Km y tener un diámetro de agujero de seis a nueve pulgadas).

Con dicho impulso la generación con energía geotermoeléctrica pasará de 976MW a 985MW en 2024, donde el PFTRG puede ser detonador de inversiones y nuevos proyectos geotermoeléctricos que permitan contar con una capacidad en 2030 de 1132MW y a 2050 de 1464 MW.

### 3.6 COGENERACIÓN EFICIENTE

La Cogeneración Eficiente es el proceso de Cogeneración (COG) de energía eléctrica que cumple con el criterio de energía libre de combustible<sup>3</sup>, establecido normativamente para tal efecto.

Con la COG, también conocida como Combinación de Calor y Energía (CHP por sus siglas en inglés), existe una solución energéticamente eficiente para generar calor y electricidad que está lista justo en el punto donde se necesita.

Esta tecnología es mucho más eficiente que la generación independiente entre electricidad y calor, y es posible desarrollarla en cualquier tipo de edificación. Con la COG, un edificio puede volverse autosuficiente en gran medida e independiente energéticamente.

Para definir si un sistema de Cogeneración es eficiente, la Comisión Reguladora de Energía (CRE) elaboró una “Metodología de cálculo para determinar el porcentaje de energía libre de combustible en fuentes de energía y procesos de generación de energía eléctrica”, que fue publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) del 22 de diciembre del 2016.

En 2021, la Cogeneración Eficiente (COG<sub>ef</sub>) en México se encuentra de la siguiente forma:

- Existen 2,329 MW instalados de proyectos de COG<sub>ef</sub>.
- Actualmente hay posibilidad de instalar 6,500MW adicionales de proyectos de COG<sub>ef</sub> en los sectores público, privado y social, en los próximos 10 años.

<sup>3</sup> La energía libre de combustible es la energía eléctrica atribuible al uso de Energía Limpia.

- Los ingenios azucareros tienen un potencial de desarrollo de 461 MW eléctricos y 1,181 MW térmicos.
- El Potencial de Cogeneración en Pemex Transformación Industrial es de 2,630 MW.
- Para el sector industrial, el potencial calculado es de 5,749 MW sin excedentes a la RNT.
- Para el Sector de Servicios y Comercios, el potencial es de 946 MW sin excedentes a la RNT.
- Por su parte, para la GD corresponde a un potencial de 432MW.
- La COGef tiene áreas de mejora regulatoria, por ejemplo, en la entrega de excedentes a la red para ampliar su desarrollo y mejorar su desempeño técnico y económico, siempre y cuando se mantenga el criterio de COGef publicado por la CRE. En el mismo sentido en la tarifa para entrega de los excedentes a la Red Eléctrica.

### 3.7 BIOENERGÍA (BIO)

La generación eléctrica proveniente de la bioenergía, considerada en el presente PRODESEN, incluye el aprovechamiento de licor negro, biomasa (leña), relleno sanitario, biogás y bagazo de caña, siendo estos últimos los principalmente utilizados. Particularmente, el aprovechamiento de bagazo de caña representa más de la mitad de la energía por el componente de bioenergía dentro de la matriz energética, por lo que el sector agroindustrial azucarero contribuye a la generación eléctrica nacional, como a la soberanía alimentaria de manera sustentable.

Como elemento de planeación del sistema energético nacional, el aprovechamiento de caña de azúcar para la generación eléctrica con bagazo, así como para la conversión de excedentes de caña en etanol, representa una oportunidad para diversificar de manera soberana la matriz

energética, fortalecer el campo mexicano y contribuir a la reducción de emisiones del sector transporte y de la industria eléctrica.

Lo anterior considerando la creciente cantidad de excedentes de caña de azúcar que se ha venido reportando en los últimos años derivado de la baja en la demanda, secundado por el creciente consumo de edulcorantes calóricos y no calóricos, y que ha resultado en pérdidas económicas en el sector por ventas de azúcar a bajos precios en el mercado internacional.

En este sentido, como parte de la TEM, ordenada y planificada, de fuentes convencionales hacia energías más limpias para satisfacer la demanda energética, existe un área de oportunidad con el superávit de azúcar para contribuir a la demanda de generación de energía primaria y secundaria, mejorar las condiciones del sector de productores y agroindustriales cañeros y reducir las emisiones generadas por el uso de combustibles fósiles.

De enero a noviembre de 2021, México importó 974 millones 348 mil litros de alcohol<sup>4</sup>, de los cuales 761 millones de 860 mil litros provienen de los EE.UU., según reportó la Secretaría de Economía.

Considerando la importación reportada en el Sistema de Información Arancelaria Vía Internet (SIAVI) del oxigenante MTBE (Éter metil ter-butílico), se identificó una oportunidad de impulsar la demanda de etanol nacional con excedentes de caña, pues de enero a noviembre del 2021 se pagaron 430 millones 529 mil dólares (12 mil 159 millones de pesos al tipo de cambio para pagos en territorio mexicano estimado a 20.2592 pesos/dólar), que equivalen a 31.53 miles de barriles diarios de MTBE. Esta demanda podría disminuirse con la participación del sector agroindustrial mexicano y suplirla en pesos.

<sup>4</sup> Con los datos del Sistema de Información Arancelaria Vía Internet de la Secretaría de Economía.

Las importaciones provienen mayoritariamente de EE.UU. (83.15%) y de Países Bajos (12.12%).

Bajo las condiciones actuales, el aumento del aprovechamiento de los procesos térmicos y eléctricos en los ingenios azucareros en un esquema de COG, permitirían generar 1,314 GWh al año hacia 2024, considerando solamente el bagazo de caña.

De mantener la tendencia y los ingenios operando en similares condiciones a las actuales, en 2036 se podrían estar generando 1,691 GWh anuales proveniente de la bioenergía de los ingenios.

Actualmente, el Comité Nacional para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar (CONADESUCA), registró una infraestructura con capacidad mínima de producción de 15 millones 531 mil litros anuales; a la fecha la Secretaría de Energía ha autorizado la producción de 2,102,000 litros diarios de etanol anhidro.

Con datos de la CONADESUCA, se estimó que la superficie industrializada excedentaria para 2022 podrá alcanzar las 78 mil 241 ha, correspondiente a un total de 5 millones 237 mil 356 toneladas de caña excedente, lo cual se calcula en un potencial de destilación de 46 millones 809 mil 299 litros de alcohol. Para 2036 se proyecta tener 11 millones 319 mil 619 toneladas de caña excedentaria, correspondiente a 173 mil 100 hectáreas industrializadas para exportación, que se derivarían en un potencial de producción de 101 millones 170 mil 197 litros de alcohol.

Conforme se encaminan los excedentes de caña al aumento de la oferta nacional de energía eléctrica y alcohol, en el largo plazo se visualiza la oportunidad de aumentar la tecnificación del campo y aportar a la soberanía energética nacional también en etanol y en oxigenantes importados, a la par de incrementar la generación eléctrica a partir de bioenergía y contribuir al desarrollo nacional mediante la diversificación y fortalecimiento del sector agroindustrial.

### 3.8 CIENCIA Y TECNOLOGÍA

El desarrollo acelerado de capacidades nacionales de ciencia, industria, tecnología, ingeniería y procesos automatizados, exige establecer una política industrial de Estado para el desarrollo de estas capacidades (formación y capacitación de los seres humanos, diseños informáticos, inteligencia artificial, prototipos y propiedad intelectual del Estado de tecnologías críticas); e impulsar sobre esta base, la producción nacional de bienes de capital y equipos de uso final de la energía, especialmente de las tecnologías críticas para realizar la TEM.

Esta Transición contempla el diseño, propiedad intelectual del Estado y la producción nacional de robots industriales para la producción de los equipos y bienes de uso final de la energía, como las baterías de ion-litio, la producción de vehículos eléctricos, sus partes y componentes, así como cualquier otro proceso industrial que lo requiera.

Sólo a partir de una Transición conducida por el Estado es que es posible alcanzar la autosuficiencia de generación eléctrica y evitar la política neoliberal extractivista como se dio en los últimos 50 años en petróleo y minerales.

La TEM llevará a cabo el uso sustentable de todas las fuentes de energía y tecnologías que México requerirá para impulsar su desarrollo y contribuir a la reducción de las emisiones de GyCEI, a partir de sus capacidades nacionales científicas, tecnológicas e industriales que sean necesarias para satisfacer las necesidades energéticas de México.

Ante la creación emergente a nivel mundial de un nuevo sistema económico de la energía, es imperativa la Rectoría del Estado sobre la nueva economía energética nacional para convertirla en una palanca de desarrollo de alcance histórico estratégico, en beneficio del Pueblo de México, que además constituirá el soporte de la autosuficiencia científica, tecnológica, de ingeniería e industrias de



capital nacional, para las futuras generaciones de mexicanos.

Es facultad del Estado mexicano conducir de manera soberana la planeación, políticas públicas,

ejecución y control del proceso de Transición, para garantizar la autosuficiencia y seguridad energéticas, y el abastecimiento continuo de energía, eléctrica y fósil en el proceso de transición.

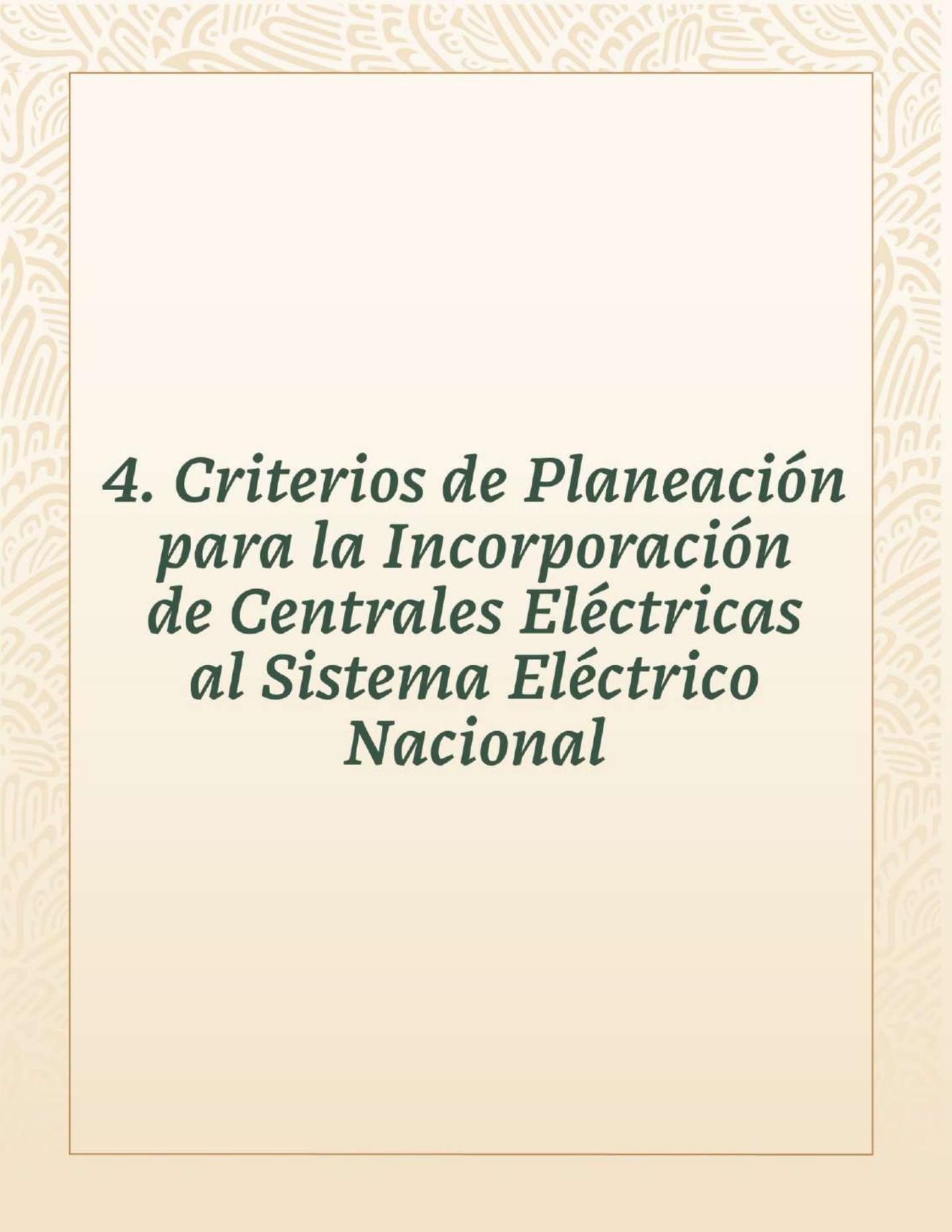


**Central geotérmica,** Los Humeros, Puebla.  
Comisión Federal de Electricidad.

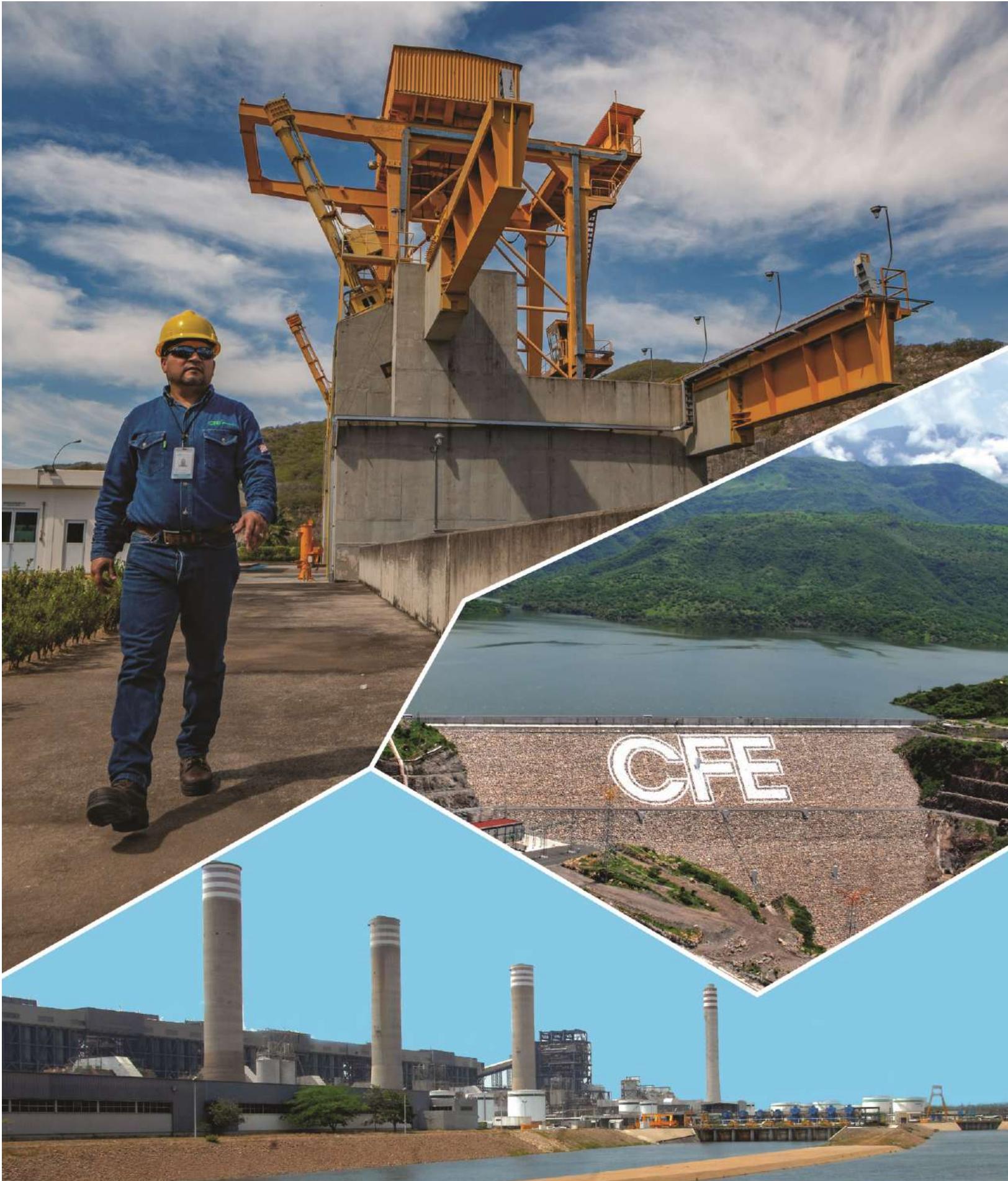




**Central nucleoelectrónica, Alto Lucero, Veracruz.**  
Comisión Federal de Electricidad.



***4. Criterios de Planeación  
para la Incorporación  
de Centrales Eléctricas  
al Sistema Eléctrico  
Nacional***



**Trabajador de CFE. Central hidroeléctrica, Santa María del Oro, Nayarit. Central termoeléctrica, La Unión de Isidro Montes de Oca, Guerrero. Comisión Federal de Electricidad.**

## 4.1 INTRODUCCIÓN

Para contrarrestar las grandes emisiones de GyCEI, en gran parte ocasionadas por la producción de energía eléctrica a través de combustibles fósiles, diversos países han establecido políticas con visión de largo plazo encaminadas al cambio tecnológico de las matrices energéticas.

El cambio tecnológico se origina principalmente en las nuevas tecnologías de generación y uso de la energía, lo cual obliga a realizar modificaciones importantes sobre las políticas para incorporar nuevas Centrales Eléctricas tendientes a satisfacer las necesidades de consumo de energía eléctrica de manera coordinada con la planeación de los Sistemas de Transmisión.

Este conjunto de cambios conlleva a una transición energética, por lo cual, la planeación de los Sistemas Eléctricos de Potencia (SEP), así como los mercados eléctricos deben modificar sus diseños para incorporar los conceptos relacionados con la integración de nuevas tecnologías de generación de energía eléctrica (Centrales Eléctricas asíncronas).

Las reglas de operación establecidas por mercados eléctricos no necesariamente están alineadas con los requerimientos de Confiabilidad y de seguridad requerida en la operación y control de los SEP que garanticen el Suministro Eléctrico, toda vez que fueron diseñadas para la operación de unidades de Central Eléctrica a base de combustibles fósiles.

La experiencia internacional demuestra que los SEP con una penetración de más del 30%<sup>5</sup> de generación

de energía eléctrica proveniente de fuentes renovables intermitentes, están representando un reto en Ingeniería para garantizar la estabilidad de estos, que, al momento, no se han podido resolver en el corto plazo en materia de generación y transmisión.

De acuerdo con la experiencia operativa, se ha demostrado la necesidad de disponer de requerimientos adicionales, complementarios denominados “Servicios Conexos”, los cuales brindan la Confiabilidad requerida para hacer frente al comportamiento dinámico y transitorio, así como a la incertidumbre inherente o magnificada por las variables que forman al proceso complejo de generación, transporte y uso de la energía eléctrica, conceptos simplificados al extremo en los mercados eléctricos. Por ejemplo, en términos más recientes los valores de rampas pronunciadas resultado de las características de la demanda, de la generación variable y su incertidumbre o bien de contingencias como salidas fortuitas de líneas de transmisión o de unidades de Central Eléctrica, y otros que se presentan en la operación y control diario de los SEP.

Actualmente, para cumplir con las metas propias de cada país en la reducción de GyCEI, los SEP tienen una participación reducida de generación renovable asíncrona variable, lo que ha permitido la operación razonable de los distintos mercados eléctricos, sin embargo, bajo una participación dominante de la generación renovable asíncrona variable, deberán modificarse las políticas en materia de planeación, Confiabilidad, seguridad, Calidad, Continuidad, así como las reglas de los mercados eléctricos para garantizar el Suministro Eléctrico.

---

<sup>5</sup> MISO's Renewable Integration Impact Assessment (RIIA), February 2021.

Es indispensable el garantizar, mediante criterios de planeación, la Confiabilidad y seguridad necesaria en la operación y el control del SEN, que permita, a su vez, garantizar un Suministro Eléctrico confiable.

En resumen, se puede decir que la planeación del SEN debe incluir criterios para establecer nuevas Centrales Eléctricas tendientes a satisfacer las necesidades de México, cuyo propósito principal sea garantizar el suministro de energía eléctrica con Calidad, Continuidad, Confiabilidad y seguridad, con el fin de proteger y defender el interés público, social y colectivo.

Por lo que, en el corto y mediano plazos, los criterios de planeación de la política para establecer nuevas Centrales Eléctricas tendientes a satisfacer las necesidades de consumo de energía eléctrica de México deberán garantizar el uso apropiado y eficiente de los recursos energéticos, así como de los elementos del SEN, alineando las Reglas del Mercado Eléctrico Mayorista para el cumplimiento de este fin.

En la planeación de largo plazo, los criterios de planeación de la política para establecer nuevas Centrales Eléctricas tendientes a satisfacer las necesidades de México deberán garantizar la viabilidad económica en las inversiones de largo plazo que se requieren para el desarrollo nacional, sin afectar las inversiones del Estado y permitiendo la contribución del sector social y privado.

## 4.2 MARCO LEGAL

La CPEUM en el artículo 25 establece que:

“(…)

Corresponde al Estado la rectoría del desarrollo nacional

(…)

El Estado planeará, conducirá, coordinará y orientará la actividad económica nacional, y llevará al cabo la regulación y fomento de las actividades que

demande el interés general en el marco de libertades que otorga esta Constitución

(…)

El sector público tendrá a su cargo, de manera exclusiva, las áreas estratégicas que se señalan en el artículo 28, párrafo cuarto de la Constitución, manteniendo siempre el Gobierno Federal la propiedad y el control sobre los organismos y empresas productivas del Estado que en su caso se establezcan. Tratándose de la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, y del servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica.

(…)

Bajo criterios de equidad social, productividad y sustentabilidad se apoyará e impulsará a las empresas de los sectores social y privado de la economía, sujetándolos a las modalidades que dicte el interés público y al uso, en beneficio general, de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente

(…)

La ley alentará y protegerá la actividad económica que realicen los particulares y proveerá las condiciones para que el desenvolvimiento del sector privado contribuya al desarrollo económico nacional, promoviendo la competitividad e implementando una política nacional para el desarrollo industrial sustentable que incluya vertientes sectoriales y regionales, en los términos que establece esta Constitución

(…)”

La CPEUM en el artículo 27 establece que:

“(…)

La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana

(…)

Corresponde exclusivamente a la Nación la planeación y el control del sistema eléctrico nacional (...)"

La CPEUM en el artículo 28 establece que:

"(...)

No constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva en las siguientes áreas estratégicas: (...) la planeación y el control del sistema eléctrico nacional, así como el servicio público de transmisión y distribución de energía eléctrica (...)"

En la resolución emitida por la Primera Sala de la Suprema Corte de Justicia de la Nación en la controversia constitucional 212/2018, al interpretar el artículo 25 de la Constitución Federal, se señaló que, con fundamento en ese precepto, el desarrollo nacional habrá de ser sustentable conforme a los criterios de equidad social y productividad y que la Constitución mandata impulsar la economía sujeta al interés público y al uso de los recursos productivos, cuidando su conservación y el medio ambiente.<sup>6</sup>

Es de destacarse que, la energía eléctrica no debe caracterizarse como un derecho humano autónomo, sino como un bien constitucionalmente protegido, que es parte de un servicio público de primera importancia, sobre el cual se proyectan distintos principios previstos en los artículos señalados en este apartado de la Constitución.<sup>7</sup>

La LIE establece que:

Artículo 1

(...)

Esta Ley tiene por finalidad promover el desarrollo sustentable de la industria eléctrica y garantizar su operación continua, eficiente y segura en beneficio de los usuarios, así como el cumplimiento de las obligaciones de servicio público y universal, de

Energías Limpias y de reducción de emisiones contaminantes.

Artículo 2

(...)

La planeación y el control del Sistema Eléctrico Nacional, así como el Servicio Público de Transmisión y Distribución de Energía Eléctrica, son áreas estratégicas

(...)

Artículo 11 La Secretaría está facultada para:

"I. Establecer, conducir y coordinar la política energética del país en materia de energía eléctrica (...)

III. Dirigir el proceso de planeación y la elaboración del Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional;

(...)

VIII. Llevar a cabo los procedimientos de consulta, y resolver sobre las evaluaciones de impacto social para proyectos de infraestructura relacionados con la industria eléctrica;

XII. Desarrollar los programas indicativos para la instalación y retiro de Centrales Eléctricas tendientes a satisfacer las necesidades del país, incorporando los requisitos a que se refiere la fracción IX del presente artículo;

XIII. Preparar y coordinar la ejecución de los proyectos estratégicos de infraestructura necesarios para cumplir con la política energética nacional;

(...)

XIX. Establecer obligaciones de cobertura para el Suministro Eléctrico en las comunidades rurales y zonas urbanas marginadas e instrumentar los mecanismos para dirigir recursos económicos a este fin;

XX. Autorizar los programas de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión y de las Redes Generales de Distribución que sean sometidos por el CENACE o por los Distribuidores y

<sup>6</sup> Retomado de la Sesión pública ordinaria del Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, celebrada el jueves 7 de abril de 2022. Foja 8, cuarto párrafo.

<sup>7</sup> Retomado de la Sesión pública ordinaria del Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, celebrada el martes 5 de abril de 2022. Foja 50, cuarto párrafo.

solicitar cambios a los mismos, escuchando la opinión que, en su caso, emita la CRE;

XXI. Instruir a los Transportistas y los Distribuidores la ejecución de los proyectos contenidos en los programas de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión y de las Redes Generales de Distribución;

(...)

XXVII. Vigilar la aplicación de las metodologías para evaluar la rentabilidad y retornos sobre el capital reportados por las empresas productivas del Estado y sus empresas productivas subsidiarias integrantes de la industria eléctrica;

(...)"

#### Artículo 13

"Con el objetivo de promover la instalación de los recursos suficientes para satisfacer la demanda en el Sistema Eléctrico Nacional y cumplir con los objetivos de Energías Limpias, la Secretaría desarrollará programas indicativos para la instalación y retiro de las Centrales Eléctricas, cuyos aspectos relevantes se incorporarán en el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional.

La Secretaría podrá preparar y coordinar la ejecución de los proyectos estratégicos de infraestructura necesarios para cumplir con la política energética nacional."

Es por ello que, para Garantizar la Confiabilidad y seguridad del despacho debe ser considerado, conforme al Texto Constitucional vigente, como presupuesto necesario para el funcionamiento del SEN.<sup>8</sup>

#### Del RLIE

"Artículo 5.- Para la elaboración del Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional se deberá considerar al menos:

(...)

II. La coordinación de los programas indicativos para la instalación y retiro de Centrales Eléctricas con el

desarrollo de los programas de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión y las Redes Generales de Distribución;

(...)

IV. Los programas indicativos para la instalación y retiro de Centrales Eléctricas que prevea la infraestructura necesaria para asegurar la Confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional;

V. La coordinación con la planeación del programa de expansión de la red nacional de gasoductos y los mecanismos de promoción de las Energías Limpias, y

VI. El análisis costo beneficio integral de las distintas alternativas de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión y las Redes Generales de Distribución."

"Artículo 9.- En la elaboración de los programas de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión y de las Redes Generales de Distribución se incorporarán mecanismos para conocer la opinión de los Participantes del Mercado y de los interesados en desarrollar proyectos de infraestructura eléctrica en los términos que determine la Secretaría.

(...)"

La LOAPF establece en su artículo 33 que "a la Secretaría de Energía corresponde el despacho de los siguientes asuntos.

(...)

I. Establecer, conducir y coordinar la política energética del país, así como supervisar su cumplimiento con prioridad en la seguridad y diversificación energéticas

V. Llevar a cabo la planeación energética a mediano y largo plazos, así como fijar las directrices económicas y sociales para el sector energético nacional, conforme a las disposiciones aplicables.

La planeación energética deberá atender los siguientes criterios: la soberanía y la seguridad

<sup>8</sup> Retomado de la Sesión pública ordinaria del Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación, celebrada el jueves 7 de abril de 2022. Foja 24, primer párrafo.

energéticas, el mejoramiento de la productividad energética, la restitución de reservas de hidrocarburos, la diversificación de las fuentes de combustibles, la reducción progresiva de impactos ambientales de la producción y consumo de energía, la mayor participación de las energías renovables en el balance energético nacional, la satisfacción de las necesidades energéticas básicas de la población, el ahorro de energía y la mayor eficiencia de su producción y uso, el fortalecimiento de las empresas productivas del Estado del sector energético, y el apoyo a la investigación y el desarrollo tecnológico nacionales en materia energética;

(...)

XXIX. Fijar la política de eficiencia energética de la industria eléctrica y la política para establecer nuevas centrales eléctricas tendientes a satisfacer las necesidades del país y a dicha política de eficiencia energética de la industria eléctrica, así como establecer los requerimientos obligatorios en materia de energías limpias para la generación eléctrica;

(...)"

De la LTE.

"Artículo 2.- Para los efectos del artículo anterior, el objeto de la Ley comprende, entre otros:

(...)

I. Prever el incremento gradual de la participación de las Energías Limpias en la Industria Eléctrica con el objetivo de cumplir las metas establecidas en materia de generación de energías limpias y de reducción de emisiones;

II. Facilitar el cumplimiento de las metas de Energías Limpias y Eficiencia Energética establecidos en esta Ley de una manera económicamente viable;

(...)

V. Establecer mecanismos de promoción de energías limpias y reducción de emisiones contaminantes;

VI. Reducir, bajo condiciones de viabilidad económica, la generación de emisiones contaminantes en la generación de energía eléctrica;

VII. Apoyar el objetivo de la Ley General de Cambio Climático, relacionado con las metas de reducción de emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero y de generación de electricidad provenientes de fuentes de energía limpia".

"Artículo 4.- La Estrategia deberá establecer Metas a fin de que el consumo de energía eléctrica se satisfaga mediante un portafolio de alternativas que incluyan a la Eficiencia Energética y una proporción creciente de generación con Energías Limpias, en condiciones de viabilidad económica. A través de las Metas de Energías Limpias y las Metas de Eficiencia Energética, la Secretaría promoverá que la generación eléctrica proveniente de fuentes de energía limpias alcance los niveles establecidos en la Ley General de Cambio Climático para la Industria Eléctrica.

Para ello, la Secretaría deberá considerar el mayor impulso a la Eficiencia Energética y a la generación con Energías Limpias que pueda ser soportado de manera sustentable bajo las condiciones económicas y del mercado eléctrico en el país."

"Artículo 14.- Para efectos de esta Ley, corresponde a la Secretaría:

(...)

IV. Promover el cumplimiento de los compromisos internacionales en materia de generación y Aprovechamiento de Energías Limpias y el Aprovechamiento sustentable de la energía, que México haya adquirido y cuyo cumplimiento esté relacionado directamente con esta Ley, en condiciones de viabilidad económica y sin menoscabo de la competitividad;

(...)

VII. Incorporar la instalación de Centrales Eléctricas con Energías Limpias en la planeación indicativa del crecimiento de la infraestructura eléctrica;

(...)

XII. Suscribir convenios y acuerdos de coordinación con los gobiernos de las entidades federativas y, en su caso, de los municipios, con el objeto de, en el ámbito de sus respectivas competencias:

(...)



b) Promover acciones de apoyo al desarrollo de Cadenas de Valor en la Industria Eléctrica de las Energías Limpias, en condiciones de sustentabilidad económica;

c) Promover condiciones, en el ámbito de su competencia, para facilitar el acceso a aquellas zonas con alto potencial de fuentes de energías limpias para su aprovechamiento y la compatibilidad de los usos de suelo para tales fines; (...)

XV. Determinar, de conformidad con los criterios emitidos por el Consejo, la identificación de las zonas con potencial renovable para generar energía eléctrica mediante Energías Limpias;

XVI. Promover, en condiciones de sustentabilidad económica, la construcción de las obras de infraestructura eléctrica que redunden en un beneficio sistémico y faciliten la interconexión de Energías Limpias al Sistema Eléctrico Nacional;”

“Artículo 16.- Corresponde al CENACE:

I. Garantizar el acceso abierto y no indebidamente discriminatorio a la Red Nacional de Transmisión y las Redes Generales de Distribución de las Centrales Eléctricas, incluyendo las Energías Limpias;

II. Incluir en los programas de ampliación y modernización para la Red Nacional de Transmisión que proponga a la Secretaría, la expansión y equipamiento del sistema de transmisión de la energía eléctrica en las zonas con alto potencial de Energías Limpias para desahogar eficientemente y en condiciones de mercado la energía que se produzca y asegurar la estabilidad de la red, promoviendo el cumplimiento de las metas de Energías Limpias en condiciones de viabilidad económica;

III. Adoptar las tecnologías y procedimientos necesarios para garantizar el uso óptimo de las Energías Limpias, asegurando la estabilidad y seguridad de la red de transmisión en condiciones de viabilidad económica;

IV. Determinar las necesidades de expansión de transmisión del Sistema Eléctrico Nacional en las zonas con alto potencial de Energías Limpias para desahogar eficientemente y bajo condiciones de

mercado la energía que se produzca atendiendo el cumplimiento de las metas de Energías Limpias, y V. Transmitir la información que corresponda a la Secretaría para que se programen y ejecuten las obras necesarias para incorporar las Energías Limpias al Sistema Eléctrico Nacional.”

Con relación a los artículos anteriores, a efecto de que el Estado a través de la SENER y el CENACE, se encuentre en posibilidad de cumplir con el mandato constitucional y las leyes secundarias en relación a la planeación del SEN, a través de una perspectiva integral que demanda el interés general, alentando y protegiendo la actividad económica que realicen las empresas productivas del Estado y del sector privado y con ello se contribuya al desarrollo económico nacional.

Lo anterior, siempre promoviendo la competitividad e implementado políticas que cuiden en todo momento que la nación tenga el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, con el objeto de que el aprovechamiento de los recursos naturales sea con una distribución equitativa para el desarrollo y equilibrio del país y mejorando las condiciones económicas, sociales y de vida de la población.

Es necesario contar con criterios de planeación en materia de planeación energética e incorporación de Centrales Eléctricas tendientes a satisfacer las necesidades del país, en condiciones de viabilidad técnica y económica.

### **4.3 CRITERIOS DE PLANEACIÓN**

- La planeación del Sistema Eléctrico Nacional como área estratégica del Estado deberá garantizar el suministro de energía eléctrica de manera eficiente, confiable, continua, segura, económica y sostenible para el desarrollo económico nacional en los horizontes de corto, mediano y largo plazo, impulsando con equidad a las empresas productivas del Estado y del

sector privado, teniendo como fin la protección y defensa del interés social.

- Es una facultad exclusiva del Estado tomar sus propias decisiones a través de la Secretaría de Energía sobre la planeación del Sistema Eléctrico Nacional y del uso de los recursos energéticos necesarios para garantizar de forma eficiente, confiable, continua, segura, económica y sostenible un Suministro Eléctrico accesible y asequible a todos los individuos de la nación.
- La planeación del Sistema Eléctrico Nacional deberá buscar el desarrollo equilibrado, confiable, eficiente y sostenible regional del país en materia de generación de energía eléctrica, con el fin de mejorar las condiciones de vida de la población.
- La planeación del Sistema Eléctrico Nacional en materia de generación de energía eléctrica deberá buscar el equilibrio de las finanzas públicas y el fortalecimiento de las empresas productivas del Estado, permitiendo que el sector privado de manera coordinada contribuya al desarrollo nacional en esta materia, sin afectar las inversiones del Estado en el sector energético.
- La planeación del Sistema Eléctrico Nacional en materia de generación de energía eléctrica deberá buscar bajo condiciones de viabilidad técnica y económica la incorporación gradual de Energías Limpias, haciendo uso de los recursos energéticos disponibles, considerando el respeto y conservación del medio ambiente, así como mejorar la calidad de vida en las diferentes regiones del país.
- La planeación del Sistema Eléctrico Nacional en materia de Transmisión y Distribución de energía eléctrica deberá garantizar, bajo condiciones de viabilidad técnica y económica, en todo momento el Suministro Eléctrico, cumpliendo los objetivos establecidos por la Secretaría, para ello la Comisión Reguladora de Energía establecerá los requerimientos técnicos en

materia de eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional.

- La planeación del Sistema Eléctrico Nacional deberá impulsar y proteger el desarrollo de cadenas productivas regionales para el desarrollo tecnológico nacional en materia de generación, transmisión, distribución y consumo de energía eléctrica.
- La planeación del Sistema Eléctrico Nacional podrá incluir mecanismos para que las dependencias y entidades de los tres órdenes de gobierno, ya sea federal, estatal o municipal y poderes de la federación, así como organismos constitucionales autónomos, unidades administrativas y órganos administrativos desconcentrados de la Secretaría, así como Participantes del Mercado e interesados en desarrollar proyectos de infraestructura eléctrica, elaboren propuestas de planeación que tengan impacto en el Control Operativo y planeación del Sistema Eléctrico Nacional, siempre que dichas propuestas y actividades de planeación sean enviadas a la Secretaría, a más tardar, en el mes de junio del año previo a la publicación del Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional, para su análisis técnico y económico bajo los criterios y procedimientos establecidos por el Centro Nacional de Control de Energía y aprobados por la Secretaría, para su probable incorporación en la formulación y propuesta de los programas de ampliación y modernización de la Red Nacional del Transmisión y los elementos de las Redes Generales de Distribución que correspondan al Mercado Eléctrico Mayorista, que serán sometidos para su aprobación a la Secretaría, para su posterior incorporación, en su caso, a la planeación del Sistema Eléctrico Nacional, al amparo de convenios y acuerdos de coordinación que suscriban con la Secretaría.
- La planeación del Sistema Eléctrico Nacional deberá considerar la estabilidad y el

comportamiento eléctrico de los Elementos para garantizar la eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional, para una transición energética con una diversificación en la matriz de generación adecuada entre unidades síncronas a asíncronas con electrónica de potencia, de conformidad con las Políticas Energéticas cumpliendo con los requerimientos de respaldo de generación necesarios.

- La planeación de Sistema Eléctrico Nacional deberá considerar aspectos dinámicos y transitorios, de protecciones, para hacer frente a la incertidumbre inherente de las variables eléctricas que forman al proceso de generación, transmisión y uso de la energía eléctrica, con el objetivo de cumplir con la eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad y sustentabilidad del Suministro Eléctrico al menor costo para los Usuarios, y no solo en términos de garantizar la Suficiencia.
- La planeación del Sistema Eléctrico Nacional deberá incorporar lineamientos para el diseño del mercado eléctrico que sigan las políticas en materia de eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad y sustentabilidad para que se tenga viabilidad técnica y económica en las inversiones de largo plazo en la Red Nacional de Transmisión y en las Redes Generales de Distribución que se requieren a la par del crecimiento de la demanda y a la expansión de la generación.
- La planeación del Sistema Eléctrico Nacional deberá proveer de mecanismos para el establecimiento de Servicios Conexos necesarios para garantizar la operación del Sistema Eléctrico Nacional en condiciones de eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad y sustentabilidad.
- La planeación de nuevas Centrales Eléctricas deberá garantizar el derecho humano a una vida digna, el derecho a un medio ambiente sano, el

derecho a la salud y alineado a la política de ocupación o afectación superficial del terreno, para satisfacer la demanda eléctrica de la población y necesidades del país.

- La planeación del Sistema Eléctrico Nacional deberá evaluar la propuesta de cada Central Eléctrica de los interesados en interconectarse al Sistema Eléctrico Nacional, tales como tecnologías, capacidades técnicas, económicas y financieras.
- La planeación del Sistema Eléctrico Nacional deberá observar el cumplimiento del marco jurídico vigente y de los Acuerdos Internacionales en materia de cambio climático, bajo condiciones de viabilidad técnica y económica para el Estado, garantizando el derecho a un Suministro Eléctrico a precios asequibles a toda la población, sin afectar las finanzas públicas y a las empresas productivas del Estado.
- La planeación del Sistema Eléctrico Nacional deberá considerar las condiciones y mecanismos para garantizar y proteger el Suministro Eléctrico en las comunidades rurales y zonas urbanas marginadas con insuficiencia energética.
- La planeación del Sistema Eléctrico Nacional garantizará la participación en la generación de energía eléctrica a través de fuentes renovables en las comunidades rurales de alta marginación y rezago.
- La planeación del Sistema Eléctrico Nacional garantizará el conocimiento de los Usuarios sobre sus derechos y obligaciones en materia de generación y Suministro Eléctrico.
- La planeación del Sistema Eléctrico Nacional evitará que las empresas productivas del Estado entreguen subsidios, estímulos y subvenciones cruzadas en la generación de energía eléctrica a terceros participantes en la generación para no afectar las finanzas públicas y la economía nacional.



## ***5. Infraestructura del Sistema Eléctrico Nacional***



**Torre**, La Ranita, Chiapas. **Central eólica**, Juchitán, Oaxaca. **Maniobra de distribución**, Tijuana, Baja California.  
Comisión Federal de Electricidad.

## 5.1 CONFORMACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA ELÉCTRICO POR GERENCIAS DE CONTROL REGIONAL

El SEN está conformado por nueve regiones de control y un pequeño sistema eléctrico aislado, como se muestra en la figura 5.1.

FIGURA 5.1 REGIONES DEL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL



FUENTE: SENER con información de CENACE,2022

La operación de estas regiones está bajo la responsabilidad de nueve Centros de Control Regional ubicados en las Ciudades de México, Puebla, Guadalajara, Mérida, Hermosillo, Gómez Palacio, Monterrey, Mexicali, La Paz y un pequeño centro de control en Santa Rosalía Baja California Sur, para el Sistema Interconectado Mulegé (SIM). El Centro Nacional en la Ciudad de México en conjunto con el Centro Nacional Alterno, ubicado en la Ciudad de Puebla coordinan el MEM y la operación segura y confiable del SEN.

El Sistema Interconectado Nacional (SIN) está integrado por las siete regiones: Central, Oriental, Occidental, Noroeste, Norte, Noreste y Peninsular. En ellas se comparten los recursos y reservas de capacidad ante la diversidad de demandas y situaciones operativas; esto permite el intercambio de energía para lograr un funcionamiento más económico y confiable en su conjunto.

El Sistema Interconectado Baja California (SIBC), opera interconectado a la Red Eléctrica de la región Oeste de EE UU. Western Electricity Coordinating Council (WECC) por medio de dos líneas de transmisión conectadas a un nivel de tensión de 230 kV en corriente alterna. Mientras que los Sistemas Interconectados Baja California Sur (SIBCS) y SIM están eléctricamente aislados entre sí, así como del SIN y SIBC.

## **5.2 CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN Y TRANSFORMACIÓN EN EL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL**

La red de transmisión actual se ha desarrollado principalmente por la CFE.

La expansión de la Red Eléctrica se ha llevado a cabo, considerando la magnitud y dispersión geográfica de la demanda, así como la ubicación de las Centrales Eléctricas. En el futuro, la construcción de las Redes Eléctricas de transmisión se llevará a cabo para continuar atendiendo el suministro de energía eléctrica en el país y promover el aprovechamiento

de los recursos energéticos del país, así como para garantizar los flujos de energía requeridos por el MEM, considerando su rentabilidad económica y garantizar la Confiabilidad del SEN.

El SEN está constituido por Redes Eléctricas en diferentes niveles de tensión:

- Red Nacional de Transmisión (RNT): Sistema integrado por las Redes Eléctricas que se utilizan para transportar energía a las RGD y a los Usuarios Finales que por las características de sus instalaciones lo requieran, así como las interconexiones a los sistemas eléctricos extranjeros que determine la SENER. Incluye las tensiones iguales o mayores a 69 kV.
- Redes Generales de Distribución (RGD): Redes Eléctricas que se utilizan para distribuir energía eléctrica al público en general; están integradas por las Redes Eléctricas en media tensión, cuyo Suministro Eléctrico ocurre a niveles mayores a 1 kV y menores a 69 kV, así como las Redes Eléctricas en baja tensión en las cuales el Suministro Eléctrico es igual o menor a 1 kV.
- Redes Particulares: Redes Eléctricas que no forman parte de la RNT o de las RGD. No serán incluidas en el documento.

Dentro del proceso de elaboración de los inventarios se han estado revisando las distancias en las Redes Eléctricas de 69 a 138 kV, dado que se tienen tramos de líneas de transmisión en Tap asociados a Centros de Carga que se han ido revisando sus distancias por parte del Transportista. Asimismo, se ha detectado que en llegadas a Subestaciones Eléctricas de la RNT existen casos en los que no se consideran las distancias cortas a la entrada de estas, por lo que, la sumatoria de todas estas distancias cortas modifica el total de kilómetros en los distintos niveles de tensión de 69 a 400 kV.

Al 31 de diciembre de 2021, conforme a datos de CFE Transmisión, en la RNT se tienen 110,549 km de líneas de transmisión, 0.048% más que en 2020; el mayor crecimiento se dio en 115 kV con la adición de 39.8 km.

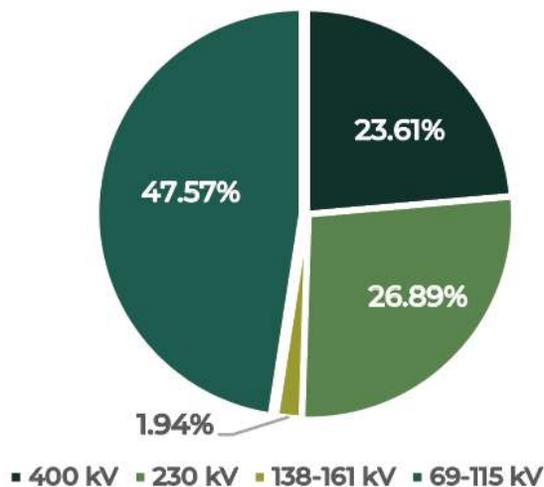
En el cuadro 5.1, se muestran los kilómetros (km) de líneas de transmisión por nivel de tensión de 2020 a 2021. La figura 5.2, presenta el porcentaje por nivel de tensión de las líneas de transmisión en la RNT.

**CUADRO 5.1 INFRAESTRUCTURA DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN POR NIVEL DE TENSIÓN**

NIVEL DE TENSIÓN	LONGITUD (km) 2020	LONGITUD (km) 2021	TCA 2020-2021 (%)
<b>TRANSMISIÓN 161 A 400 kV</b>	<b>56,338</b>	<b>56,342</b>	<b>0.01%</b>
400 kV	26,097	26,098	0.00%
230 kV	29,722	29,723	0.00%
161 kV	518.97	520.97	0.39%
<b>TRANSMISIÓN 69 A 138 kV</b>	<b>54,158</b>	<b>54,207</b>	<b>0.09%</b>
138 kV	1,620	1,620	0.00%
115 kV	48,456	48,496	0.08%
85 kV	1747.192	1755.992	0.50%
69 kV	2,335	2,335	0.00%
<b>TOTAL</b>	<b>110,497</b>	<b>110,549</b>	<b>0.05%</b>

FUENTE: SENER con información de la CFE y CENACE

**FIGURA 5.2 PORCENTAJE DE INFRAESTRUCTURA DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN DE LA RNT POR NIVEL DE TENSIÓN (KV)**



FUENTE: SENER con información de la CFE y CENACE

En las Subestaciones Eléctricas de la RNT y RGD del MEM, hubo un crecimiento de 1,139 MVA en bancos de transformación de 2020 a 2021, de los cuales 100% corresponden a 71 bancos de las RGD del MEM.

En el cuadro 5.2 se muestra los MVA de transformación en la RNT y las RGD del MEM para 2020 y 2021. El cuadro 5.3 presenta la infraestructura de la RGD no del MEM para 2020 y 2021. En la figura 5.3 se muestra la red troncal de transmisión, considerando desde 115 a 400 kV en el SIN. En la Península de Baja California los SIBC, SIBCS y SIM desde 115kV.

**CUADRO 5.2 ADICIONES EN INFRAESTRUCTURA DE SUBESTACIONES ELÉCTRICAS DE LA RNT Y RGD**

INFRAESTRUCTURA DE DISTRIBUCIÓN	2020	2021
Cantidad de Circuitos Media Tensión	11,645	12,114
Longitud de líneas de media tensión en distribución (km) 2.4 a 34 kV	536,736	542,129
Longitud de líneas de baja tensión en distribución (km) menor a 2.4 kV	333,528	335,920
Capacidad Instalada en redes de distribución (MVA)	56,721	57,994
Transformadores en Redes de distribución de media a baja tensión	1,531,691	1,583,932

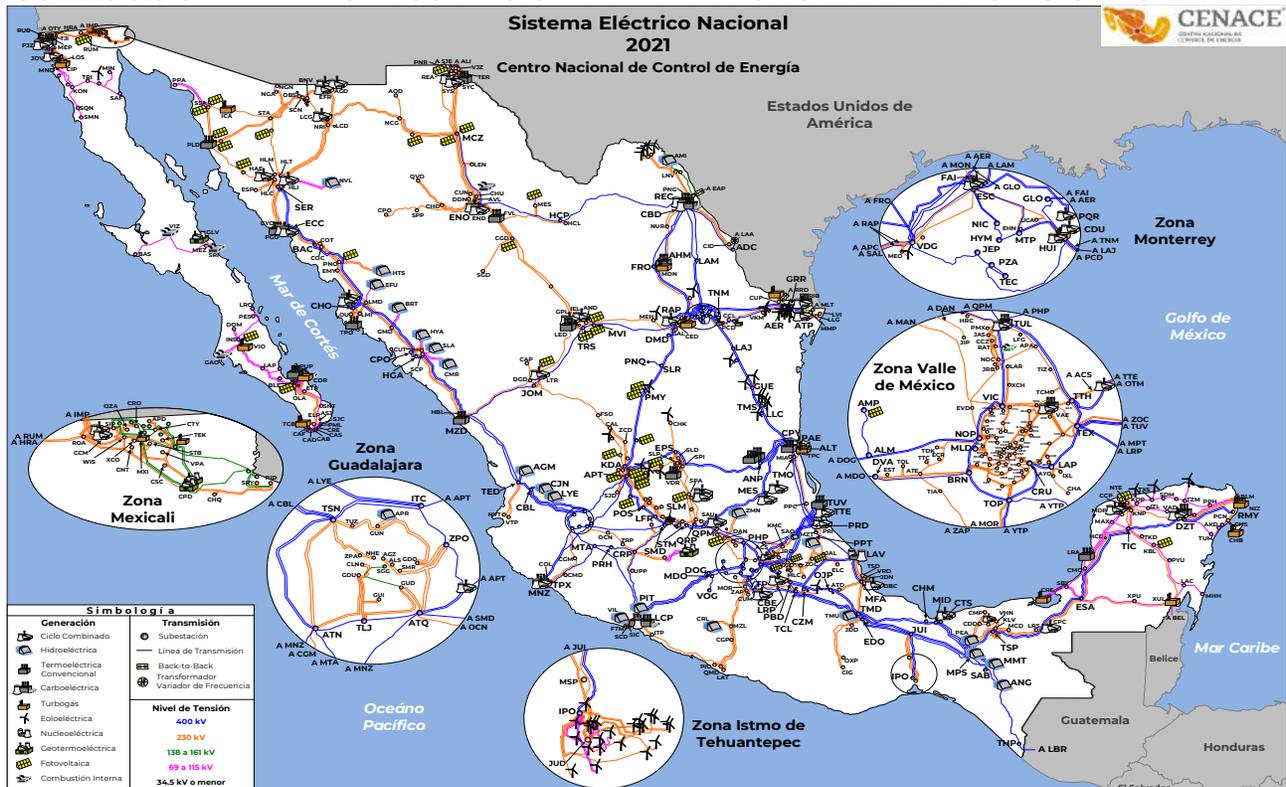
FUENTE: SENER con información de la CFE y CENACE

**CUADRO 5.3 INFRAESTRUCTURA DE LA RGD NO DEL MEM**

INFRAESTRUCTURA DE DISTRIBUCIÓN	2020	2021
Cantidad de Circuitos Media Tensión	11,645	12,114
Longitud de líneas de media tensión en distribución (km) 2.4 a 34 kV	536,736	542,129
Longitud de líneas de baja tensión en distribución (km) menor a 2.4 kV	333,528	335,920
Capacidad Instalada en redes de distribución (MVA)	56,721	57,994
Transformadores en Redes de distribución de media a baja tensión	1,531,691	1,583,932

FUENTE: SENER con información de la CFE y CENACE

**FIGURA 5.3 SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL – RED TRONCAL DE TRANSMISIÓN 2021**



La figura es un diagrama unifilar, No describen información de coordenadas geoespaciales o georreferenciadas, es decir, no son formato shapefile o vectorial

FUENTE: CENACE

### 5.3 PRINCIPALES ENLACES INTERNACIONALES

Los principales enlaces internacionales y sus capacidades se presentan en la figura 5.4 Con Texas, EE. UU., se tienen dos enlaces en el nivel de tensión de 115 kV que operan con carga aislada entre Ciudad Juárez, Chihuahua, y El Paso, Texas, EE. UU. En Matamoros, Tamaulipas, se cuenta con dos enlaces que operan con carga aislada con Brownsville, Texas, EE. UU.

Con Texas se tienen dos enlaces asíncronos, un transformador variable de frecuencia de 100 MW en la región de Laredo, y dos Back-to-Back con tecnología LCC que operan en paralelo de 150 MW cada uno en la región de Reynosa.

En la región de Piedras Negras el enlace del Back-to-Back con tecnología VSC de 36 MW ya no se considera en operación por el operador Electric Reliability Council of Texas (ERCOT) de Texas, EE UU.

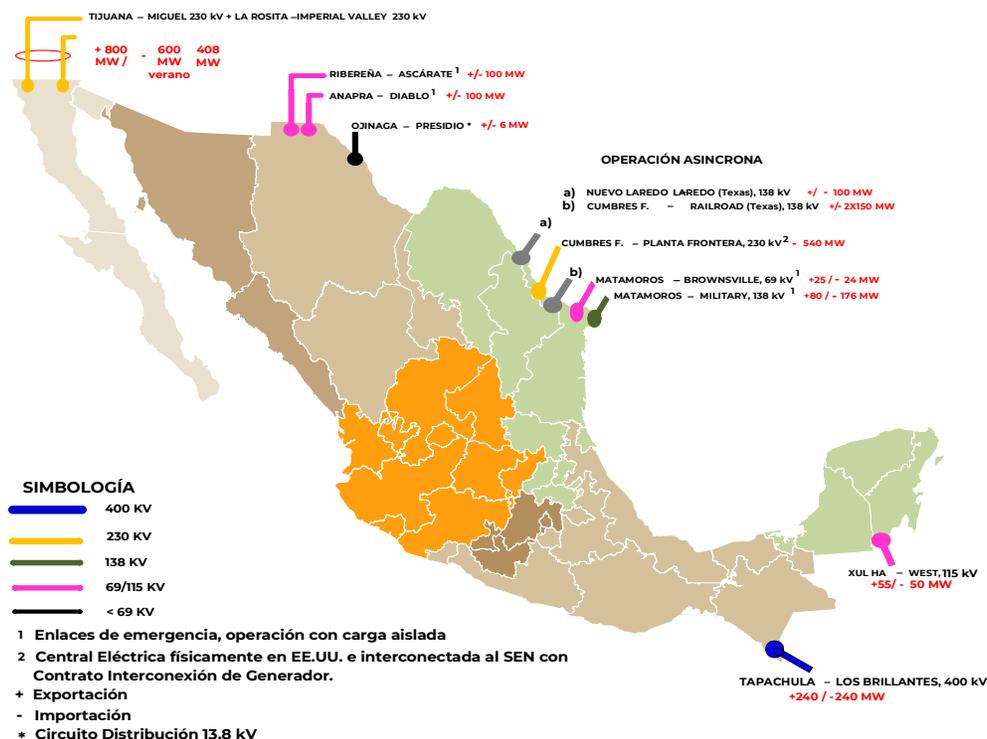
en su documento ERCOT DC-TIE OPERATIONS publicado en su sitio web, por lo que se disminuye la capacidad de interconexión asíncrona con EE UU.

Con Centroamérica se tienen dos enlaces internacionales síncronos, uno con Guatemala en 400 kV y el otro con Belice en 115 kV.

Durante 2017, se inició oficialmente la operación comercial de una Central Eléctrica de generación instalada en Texas, EE. UU., con una capacidad de 540 MW y operando radialmente al SIN. Aunque en un principio, operó con permiso como Importador, actualmente entrega el total de su energía al MEM con permiso como Generador al amparo de la LIE.

En Baja California se tienen dos Centrales de Ciclo Combinado (CCC) y una Central Eléctrica Eólica (EO) que operan con permiso como Exportador, están ubicadas en territorio nacional, y conectadas directamente a la WECC. Entre el SIBC y el WECC se tienen dos enlaces síncronos operando en 230 kV.

**FIGURA 5.4 SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL CAPACIDAD DE LAS INTERCONEXIONES INTERNACIONALES 2021**

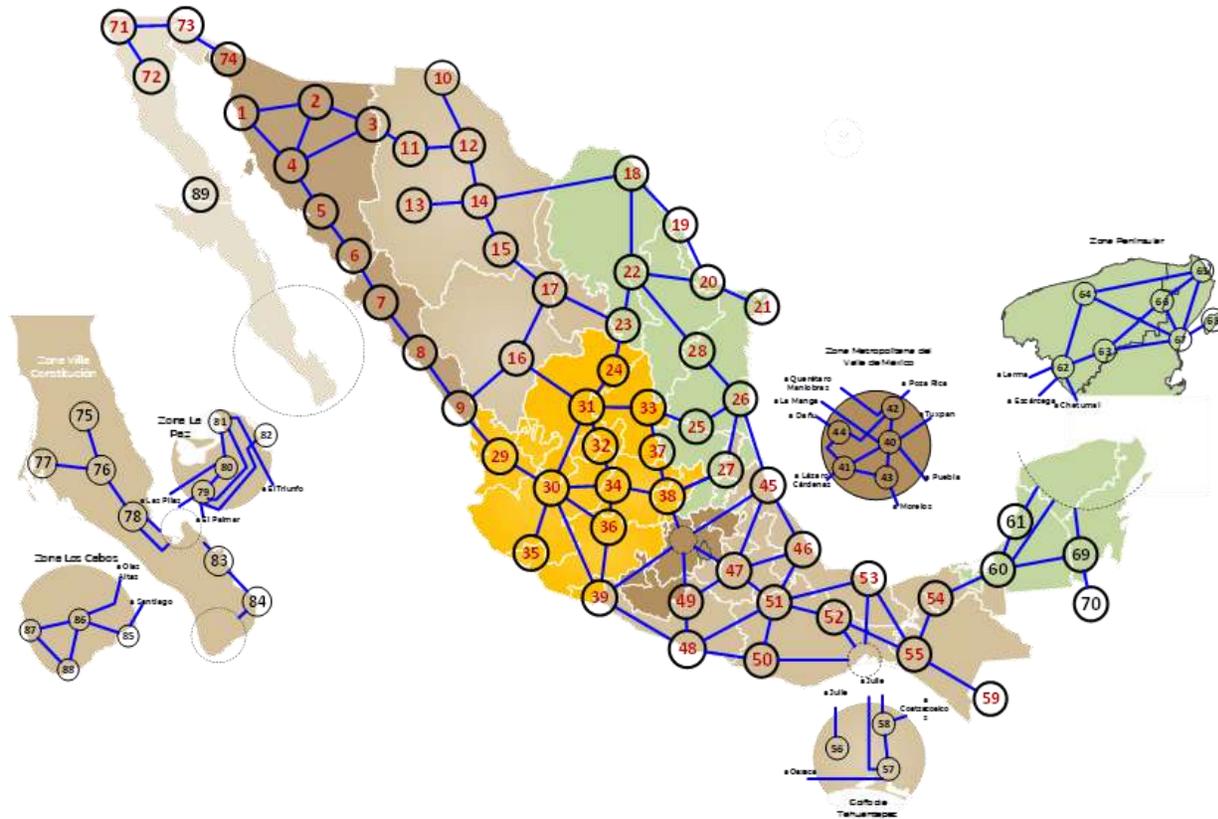


FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

En la figura 5.5 se presentan los elementos de los enlaces entre regiones en 2021 con los que se desarrollan los programas indicativos para la instalación y retiro de Centrales Eléctricas

tendientes a satisfacer las necesidades del país y el CENACE realiza las evaluaciones económicas de los proyectos propuestos de ampliación o modernización, para más información ver Anexo 5.1.

**FIGURA 5.5 ENLACES ENTRE REGIONES AL 31 DE DICIEMBRE DE 2021**



FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

## 5.4 CAPACIDAD INSTALADA A LA RED DE LAS CENTRALES ELÉCTRICAS DEL MERCADO ELÉCTRICO MAYORISTA

A continuación, se presentan la capacidad instalada a la RNT y las RGD de las Centrales Eléctricas pertenecientes a la CFE, Productores Independientes de Energía Eléctrica (PIE), Autoabastecimiento (AU), COG, Pequeña Producción (PP), Importación (IMP), Exportación (EXP) y Usos Propios Continuos (UPC) al 31 de diciembre 2021, cuya infraestructura fue construida al amparo de la anterior Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica. Así como, la capacidad instalada bajo el amparo de la LIE, relacionada con los Participantes del Mercado y Centrales Eléctricas con permiso como Generación.

Al cierre del 2020 la capacidad entregada a la red de la CFE, los PIE y del resto de los permisionarios fue de 83,121 MW, mientras que al cierre de diciembre de 2021 se incrementó hasta 86,153 MW, lo cual refleja un incremento de 3.65% con respecto al 2020. Este incremento se debe principalmente, a adiciones como CCC (1,693 MW), Centrales Eléctricas Eólicas (EO) (473 MW) y Centrales Eléctricas Fotovoltaicas (FV) (805 MW). Mientras que para las Centrales Eléctricas en pruebas se tiene 4,025 MW destacando las CCC (1,978 MW) y Centrales Eléctricas FV (1,181 MW).

En el cuadro 5.4 se presenta la capacidad instalada en el SEN por tecnología para el 2019, 2020 y 2021. En la figura 5.6 se presentan las adiciones de capacidad instalada al cierre de diciembre de 2021, de las Centrales Eléctricas en operación

**CUADRO 5.4 CAPACIDAD INSTALADA DE LA CFE Y DEL RESTO DE LOS PERMISIONARIOS (MW)**

TECNOLOGÍA	2019	2020 <sup>1/</sup>	2021 <sup>6/</sup>
Hidroeléctrica	12,612	12,612	12,614
Geotermoeléctrica	899	951	976
Eoloeléctrica	6,050	6,504	6,977
Fotovoltaica	3,646	5,149	5,955
Bioenergía <sup>2/</sup>	375	378	378
<b>SUMA LIMPIA RENOVABLE</b>	<b>23,582</b>	<b>25,594</b>	<b>26,899</b>
Nucleoeléctrica	1,608	1,608	1,608
Cogeneración Eficiente <sup>5/</sup>	1,710	2,305	2,305
<b>SUMA LIMPIA NO RENOVABLE</b>	<b>3,318</b>	<b>3,913</b>	<b>3,913</b>
<b>TOTAL DE CAPACIDAD DE ENERGÍA LIMPIA</b>	<b>26,900</b>	<b>29,506</b>	<b>30,812</b>
<b>PORCIENTO</b>	<b>34.29</b>	<b>35.50</b>	<b>35.76</b>
Ciclo combinado	30,402	31,948	33,640
Térmica convencional <sup>3/</sup>	11,831	11,809	11,793
Turbogás <sup>4/</sup>	2,960	3,545	3,744
Combustión interna	891	850	701
Carboeléctrica	5,463	5,463	5,463
<b>TOTAL</b>	<b>78,447</b>	<b>83,121</b>	<b>86,153</b>

<sup>1/</sup> Capacidad instalada de la CFE y del resto de los permisionarios, al 31 de diciembre de 2020.

<sup>2/</sup> Incluye uso de biomasa, bagazo de caña, biogás y licor negro como combustibles de acuerdo con la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos

<sup>3/</sup> Incluye Lecho Fluidizado

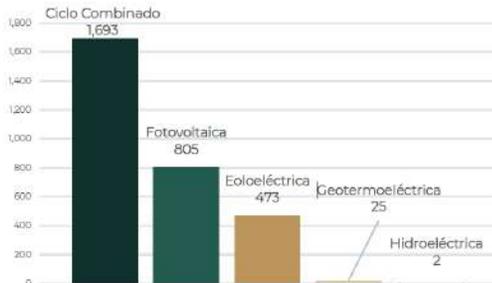
<sup>4/</sup> Incluye plantas móviles

<sup>5/</sup> Con base a la información del 21-mar-2021, se modificaron las Centrales Eléctricas de cogeneración que tienen Certificado de Energía Limpia a Cogeneración Eficiente.

<sup>6/</sup> Capacidad instalada de la CFE y del resto de los permisionarios, al 31 de diciembre de 2021.

FUENTE: SENER con información de la CFE y CENACE

**FIGURA 5.6 ADICIONES DE CAPACIDAD INSTALADA DEL 30 DE ABRIL DE 2020 AL 31 DE DICIEMBRE DE 2021 (MW)**



FUENTE: SENER con información de CENACE

En el cuadro 5.5 se presenta la capacidad de las Centrales Eléctricas en pruebas en el SEN por tipo de tecnología y Gerencia de Control Regional (GCR) al 31 de diciembre de 2021.

En el año 2020, la capacidad instalada de las Centrales Eléctricas de Energía Limpia Renovable tales como, HI, GEO, EO, FV y de BIO, fue de 25,594 MW, y al cierre de diciembre de 2021 se tiene 26,899 MW; un incremento del 5.1% con respecto al 2020. Siendo las Centrales Eléctricas EO y FV las principales fuentes de tal incremento.

**CUADRO 5.5 CAPACIDAD DE LAS CENTRALES EN PRUEBAS DE LA CFE Y DEL RESTO DE LOS PERMISIONARIOS (MW) AL 31 DE DICIEMBRE 2021**

TECNOLOGÍA	Central	Oriental	Occidental	Noroeste	Norte	Noreste	Peninsular	Baja california	Baja california sur	Mulegé	TOTAL
Hidroeléctrica											0
Geotermoeléctrica											0
Eoloeléctrica						714					714
Fotovoltaica		200	862	120							1,181
Bioenergía <sup>1/</sup>	30										30
<b>SUMA LIMPIA RENOVABLE</b>	<b>30</b>	<b>200</b>	<b>862</b>	<b>120</b>	<b>0</b>	<b>714</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,925</b>
Nucleoeléctrica											0
Cogeneración Eficiente <sup>3/</sup>			6								6
<b>SUMA LIMPIA NO RENOVABLE</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>6</b>
<b>TOTAL DE CAPACIDAD DE ENERGÍA LIMPIA</b>	<b>30</b>	<b>200</b>	<b>867</b>	<b>120</b>	<b>0</b>	<b>714</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1,931</b>
<b>PORCIENTO</b>	<b>4.50</b>	<b>98.66</b>	<b>94.74</b>	<b>13.16</b>	<b>0.00</b>	<b>56.79</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>47.97</b>
Ciclo combinado	631		42	791		514					1,978
Térmica convencional <sup>2/</sup>											0
Turbogás							19		56		75
Combustión interna	3	3	6		1	29					42
Carboeléctrica											0
<b>TOTAL</b>	<b>664</b>	<b>203</b>	<b>915</b>	<b>911</b>	<b>1</b>	<b>1,257</b>	<b>19</b>	<b>0</b>	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>4,025</b>

<sup>1/</sup> incluye uso de biomasa, bagazo de caña, biogás y licor negro como combustibles de acuerdo con la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos

<sup>2/</sup> incluye Lecho Fluidizado

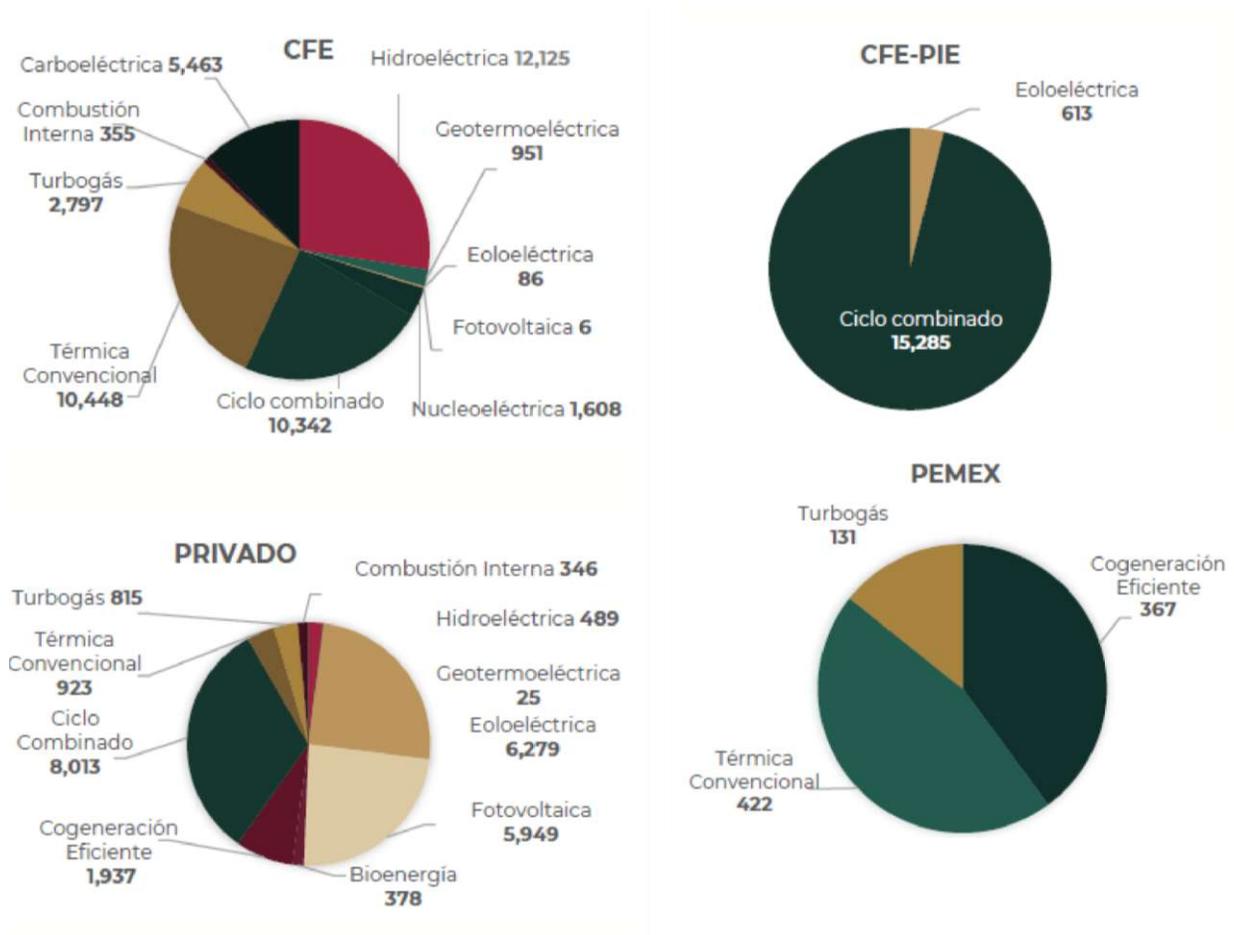
<sup>3/</sup> Con base a la información del 21-mar-2021, se modificaron las centrales eléctricas de cogeneración que tienen Certificado de Energía Limpia a Cogeneración Eficiente.

FUENTE: SENER con información de la CFE y CENACE

En la figura 5.7 se presenta la capacidad instalada por modalidad al 31 de diciembre de 2021. Para más detalle, ver Anexo 5.2 y derivados.

Al cierre de diciembre de 2021, la CFE tiene 44,181 MW y 15,898 MW para los PIE; mientras que el sector privado tiene una capacidad instalada de 25,153 MW y Petróleos Mexicanos (PEMEX), 921 MW.

**FIGURA 5.7 CAPACIDAD INSTALADA DE LA CFE Y DEL RESTO DE LOS PERMISIONARIOS AL 31 DE DICIEMBRE DE 2021 (MW)**



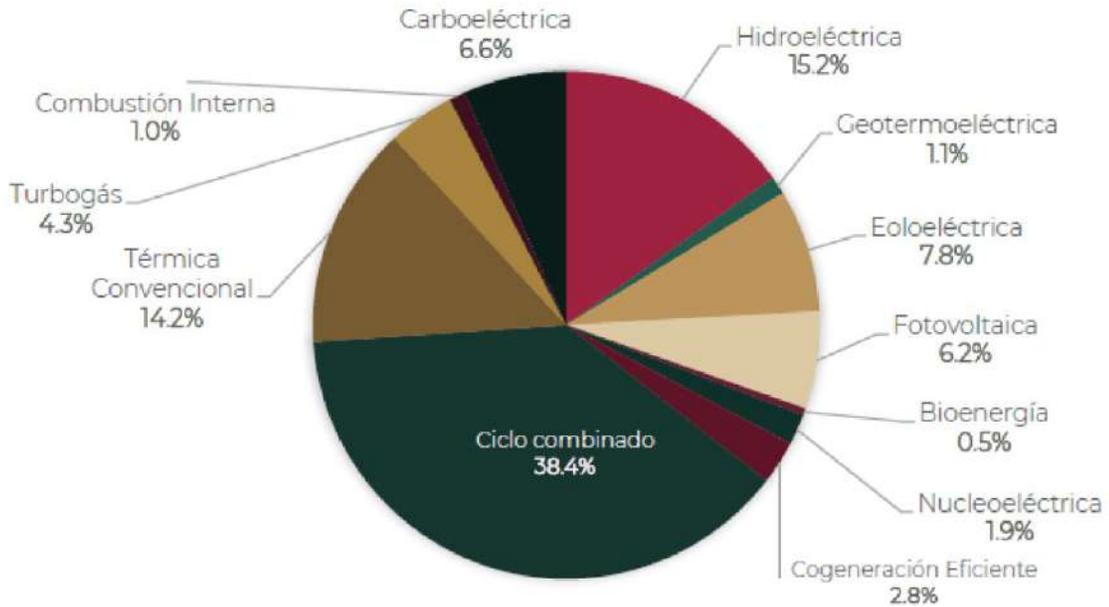
FUENTE: SENER con información de CENACE



Las figuras 5.8 y 5.9, muestran el porcentaje de la capacidad instalada por tipo de tecnología al 31 de

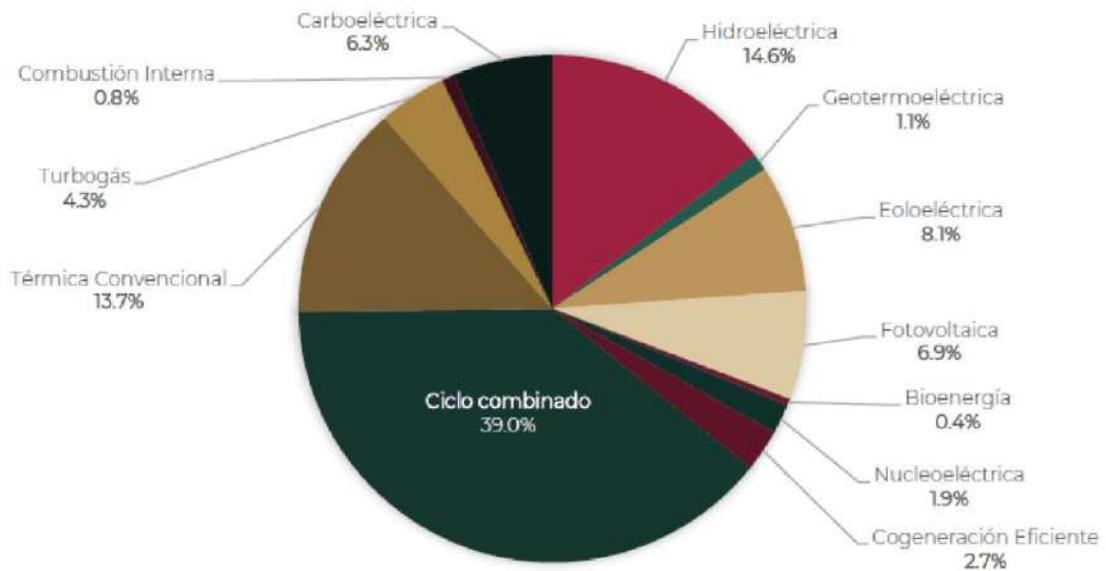
diciembre de 2020 y al 31 de diciembre de 2021, respectivamente.

**FIGURA 5.8 PORCENTAJE DE LA CAPACIDAD INSTALADA POR TIPO DE TECNOLOGÍA AL 31 DE DICIEMBRE DE 2020**



FUENTE: SENER con información de CENACE

**FIGURA 5.9 PORCENTAJE DE LA CAPACIDAD INSTALADA POR TIPO DE TECNOLOGÍA AL 31 DE DICIEMBRE DE 2021**



FUENTE: SENER con información de CENACE

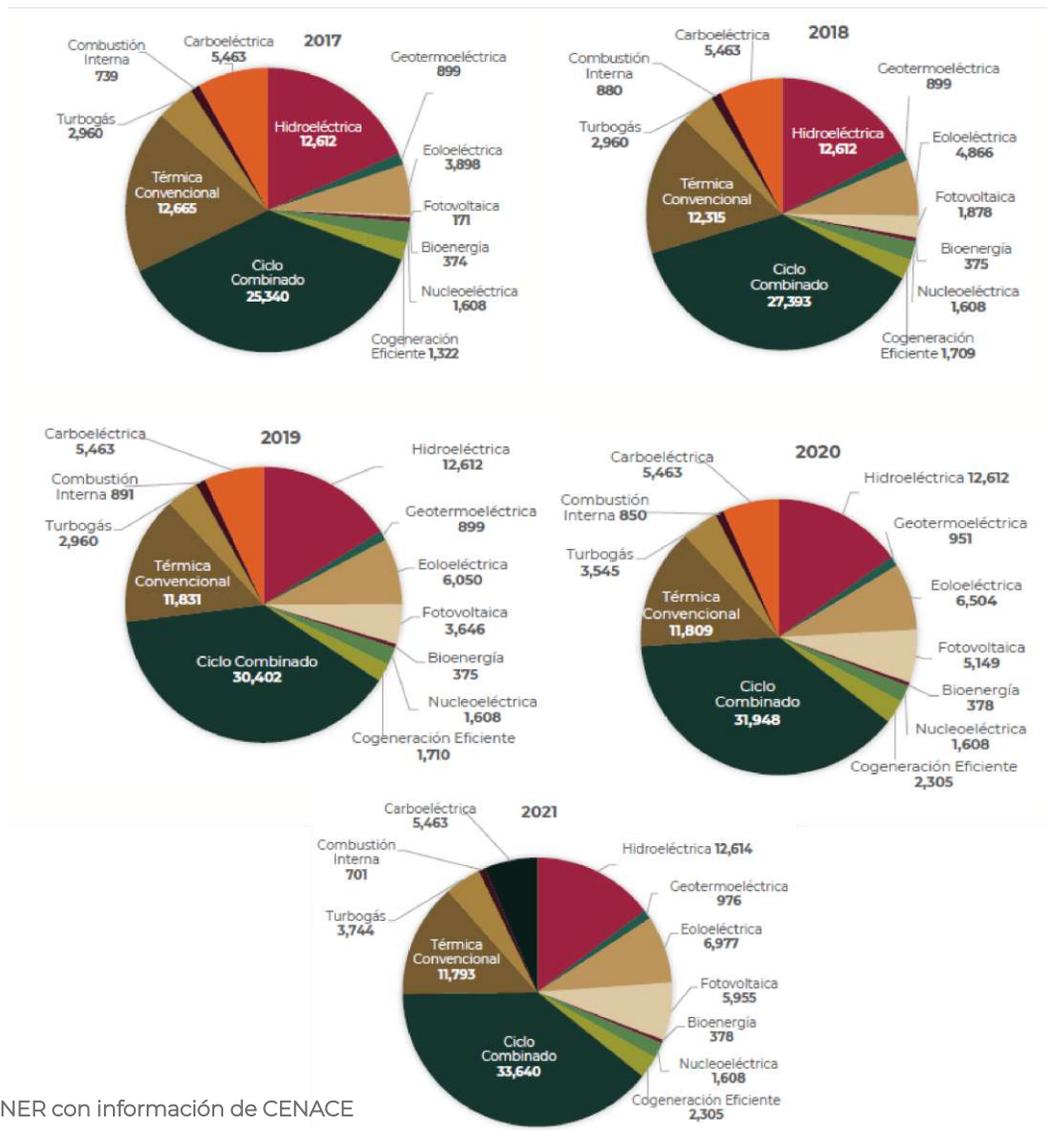
## 5.5 EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA A LA RED DE LAS CENTRALES ELÉCTRICAS DEL MERCADO ELÉCTRICO MAYORISTA DE 2017 A 2021

En la figura 5.10 se presenta la evolución de la capacidad instalada a la Red Eléctrica por tipo de tecnología para el periodo 2017–2021 de las Centrales

Eléctricas de la CFE y del resto de los permisionarios que participan en el MEM; no se considera la capacidad instalada de las Centrales Eléctricas de Frenos Regenerativos, la Generación Distribuida Fotovoltaica (GD-FV), el Fideicomiso de Riesgo Compartido y capacidad del autoabasto local.

Se incluye la capacidad de las UME. Ir al Anexo 5.3 y derivados para más información sobre la evolución por tipo de tecnología 2017-2021.

**FIGURA 5.10 EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA (MW) DE LA CFE Y DEL RESTO DE LOS PERMISIONARIOS 2017 – 2021**

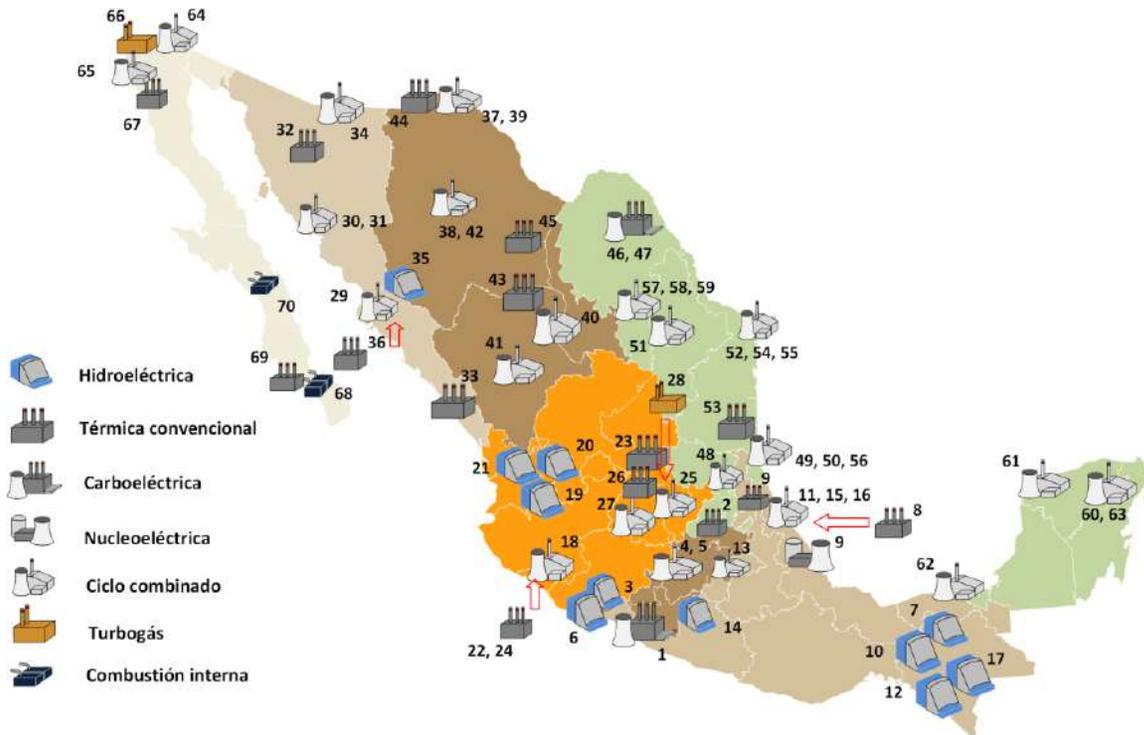


FUENTE: SENER con información de CENACE

## 5.6 PRINCIPALES CENTRALES ELÉCTRICAS DEL MERCADO ELÉCTRICO MAYORISTA

La figura 5.11 muestra la ubicación de las Centrales Eléctricas de la CFE y los PIE que destacan por su tecnología o importancia regional. Ir al Anexo 5.4 para más información.

FIGURA 5.11 PRINCIPALES CENTRALES ELÉCTRICAS DE LA CFE Y PIE, AL 31 DE DICIEMBRE DE 2021

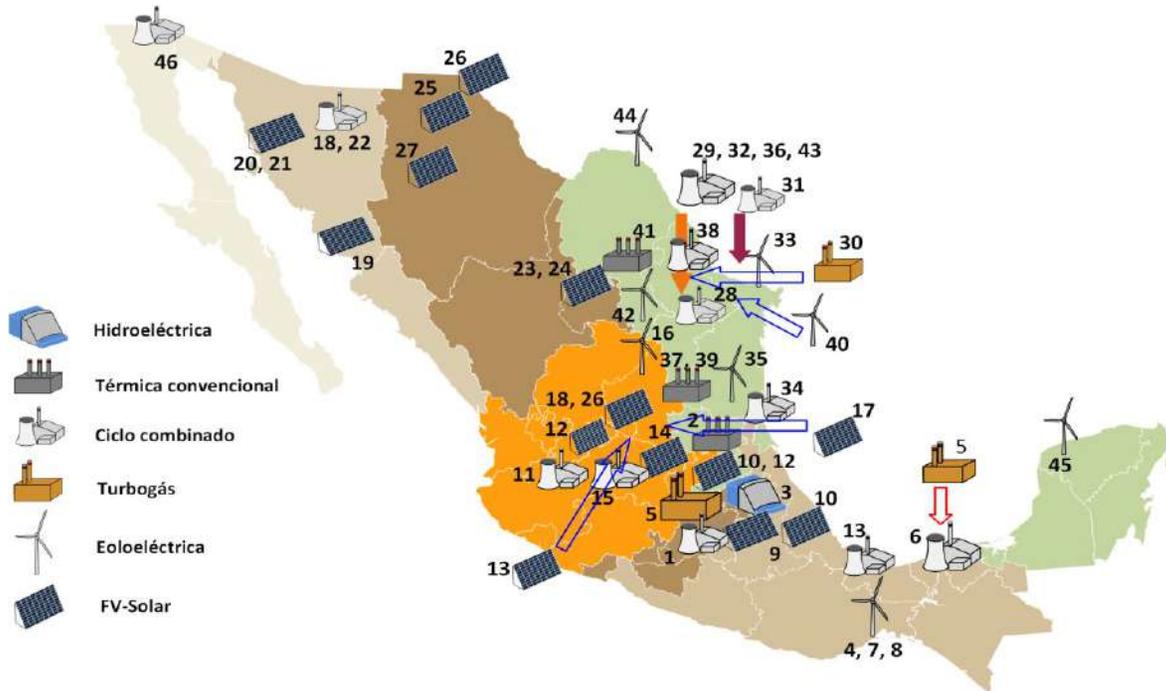


FUENTE: SENER con información de CENACE

En la figura 5.12 muestra la ubicación de las Centrales Eléctricas del sector privado, que destacan por tipo

de tecnología o importancia regional. Ir al Anexo 5.5 para más información.

**FIGURA 5.12 PRINCIPALES CENTRALES ELÉCTRICAS PRIVADAS AL 31 DE DICIEMBRE DE 2021**



FUENTE: Elaborado por SENER con información de CRE y CENACE

**CUADRO 5.6 EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LA GENERACIÓN TOTAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA 2018-2021 (GWh)**

TECNOLOGÍA/FUENTE DE ENERGÍA		2018	2019	2020	2021
Hidroeléctrica	Hidroeléctrica de Embalse Mayor	26,442.52	18,299.80	21,235.47	29,668.12
	Hidroeléctrica Menor	5,791.58	5,302.64	5,581.54	5,049.04
<b>Hidroeléctrica total</b>		<b>32,234.09</b>	<b>23,602.43</b>	<b>26,817.01</b>	<b>34,717.16</b>
Geotermoelectrónica		5,064.66	5,060.66	4,574.61	4,242.90
Eoloelectrónica		12,435.25	16,726.91	19,702.89	21,074.87
<b>Fotovoltaica total</b>		<b>3,211.71</b>	<b>9,964.32</b>	<b>15,835.62</b>	<b>20,194.91</b>
Fotovoltaica <sup>2/</sup>		2,176.31	8,393.66	13,527.68	17,068.97
Fotovoltaica Generación Distribuida <sup>1/</sup>		1,018.15	1,564.84	2,303.56	3,110.32
Fotovoltaica-Abasto aislado		1.41	4.37	4.37	15.62
Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) <sup>3/</sup>		15.84	1.45	0.00	0.00
Bioenergía	Bagazo de Caña	1,578.79	1,476.32	1,583.21	1,374.10
	Biogas	213.32	241.18	526.68	176.11
	Relleno Sanitario <sup>4/</sup>	125.58	110.90	67.40	16.23
	Lícor Negro	71.44	38.05	26.41	24.83
	Biomasa	0.04	0.04	2.81	4.32
<b>Bioenergía Total</b>		<b>1,989.17</b>	<b>1,866.49</b>	<b>2,206.51</b>	<b>1,595.58</b>
<b>RENOVABLES TOTAL</b>		<b>54,934.88</b>	<b>57,220.82</b>	<b>69,136.63</b>	<b>81,825.43</b>
Nucleoelectrónica		13,200.33	10,880.73	10,864.27	11,605.53
Frenos Regenerativos		3.60	3.60	3.60	3.60
Cogeneración Eficiente	Ciclo Combinado	987.73	1,887.20	2,660.51	2,042.91
	Abasto aislado - C.C. y C.I.	114.96	119.40	107.08	66.09
	Combustión Interna	77.88	78.74	88.93	75.52
	Turbogás	1,244.05	1,292.90	1,438.74	1,230.99
	Termoelectrónica convencional			0.00	0.00
<b>Cogeneración Eficiente Total</b>		<b>2,424.62</b>	<b>3,378.24</b>	<b>4,295.27</b>	<b>3,415.51</b>
LIMPIAS NO RENOVABLES TOTAL		15,628.55	14,262.57	15,163.14	15,024.64
LIMPIAS TOTAL		70,563.43	71,483.39	84,299.77	96,850.07
<b>Porcentaje</b>		<b>22.5%</b>	<b>22.2%</b>	<b>26.6%</b>	<b>29.5%</b>
Ciclo combinado <sup>5/</sup>		163,876.69	175,506.25	185,637.84	186,715.14
Térmica convencional <sup>6/</sup>		39,344.70	38,019.60	22,405.49	22,196.16
Abasto aislado - Térmica convencional		44.99	38.14	40.21	45.23
Turbogás <sup>7/</sup>		9,507.58	10,903.82	8,663.92	11,149.51
Abasto aislado - Turbogás		155.35	148.74	160.21	250.42
Combustión interna		2,588.67	3,187.43	2,841.40	2,120.55
Abasto aislado - Combustión interna		195.89	313.79	363.44	379.29
Carboelectrónica		27,346.98	21,611.02	12,525.05	8,704.11
Cogeneración <sup>8/</sup>					
Abasto aislado - Cogeneración <sup>9/</sup>		353.96	372.24	331.18	187.49
<b>CONVENCIONALES FÓSILES TOTAL</b>		<b>243,414.81</b>	<b>250,101.03</b>	<b>232,968.74</b>	<b>231,747.91</b>
<b>Porcentaje</b>		<b>77.5%</b>	<b>77.8%</b>	<b>73.4%</b>	<b>70.5%</b>
<b>TOTAL</b>		<b>313,978.24</b>	<b>321,584.42</b>	<b>317,268.51</b>	<b>328,597.98</b>

FUENTE: SENER con datos de CENACE, CRE y CFE.

<sup>1/</sup> Generación distribuida estimada con base a la herramienta Renewables.ninja.

<sup>2/</sup> Incluye Agua Prieta II y Cerro Prieto el monto correspondiente a Fotovoltaico.

<sup>3/</sup> Incluye Sistemas Fotovoltaicos Interconectados financiados por el Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO).

<sup>4/</sup> Dato del 2021 al cierre del segundo trimestre del 2021.

<sup>5/</sup> Incluye Agua Prieta II, lo correspondiente a Ciclo Combinado.

<sup>6/</sup> Incluye Lecho Fluidizado.

<sup>7/</sup> Incluye unidades móviles.

<sup>8/</sup> En esta ocasión no se realiza la sumatoria pues se consideró como un proceso y no como una tecnología.

<sup>9/</sup> Incluye tecnologías tales como combustión interna, Térmica convencional y Turbogás.



## ***6. Demanda y Consumo 2022-2036***



**Maniobras**, Villa de Reyes, San Luis Potosí. **Medidor doméstico**, Ciudad de México. **Líneas de Transmisión**, Alto Lucero, Veracruz. Comisión Federal de Electricidad.

En la planeación de la industria eléctrica, las estimaciones de demanda máxima integrada y consumo de energía eléctrica para el mediano y largo plazos constituyen un dato fundamental para dimensionar y diseñar de manera óptima el desarrollo y la expansión de capacidad de las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización, así como la proveeduría de insumos primarios, a fin de satisfacer con eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad y sustentabilidad, las necesidades en materia de energía eléctrica.

Es importante mencionar que la energía eléctrica es un bien esencial e integral para el desarrollo de las actividades productivas en el país, así como también para la transformación social, debido a que incide de forma directa en los servicios básicos para toda la población.

Este capítulo presenta la situación actual de la industria eléctrica, así como las proyecciones nacionales correspondientes a tres posibles escenarios de crecimiento 2022–2036 para el consumo neto de energía eléctrica – Suministro Básico, Suministro Calificado, Autoabastecimiento Remoto y Pérdidas Eléctricas por efecto joule, usos propios de Distribución y Transmisión— y de la demanda neta máxima integrada de potencia asociada. Se describen las expectativas más probables de las componentes mencionadas, a partir de las cuales se determina el volumen de electricidad que será requerido y por tanto suministrado en todo el SEN en sus diferentes regiones.

Como ya se ha mencionado, el sector energético es uno de los principales impulsores de la economía y

del desarrollo nacional, en tiempos de crisis (económicas, sanitarias, geopolíticas) como en la Contingencia Sanitaria iniciada a finales de 2019, con mayor auge en 2020 y con muestras de recuperación en 2021, ha permitido reconocer que el suministro confiable de electricidad continúa siendo fundamental. Los impactos del COVID-19 en la industria eléctrica han ocasionado una reducción de la demanda de energía eléctrica, estrés financiero e interrupciones en las cadenas de suministro.

De esta manera, la caída de la demanda de energía eléctrica hace necesaria una planeación en donde se deban considerar los efectos derivados de la Contingencia Sanitaria para garantizar el suministro de energía eléctrica cumpliendo los criterios de eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad seguridad y sustentabilidad en la operación y control del SEN.

El crecimiento de la demanda máxima y el consumo de energía eléctrica están sujetos a diversos factores entre los más determinantes se encuentran:

**Crecimiento económico:** Es el aumento del valor del Producto Interno Bruto (PIB), del país en un año. La relación del PIB con la población determina el PIB per cápita de un país. Toda sociedad tiene como meta lograr un incremento notable de los ingresos con un desarrollo equilibrado y sostenible, y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población. Si el crecimiento de la economía de una localidad o región aumenta, en consecuencia, también lo hace el consumo y la demanda de electricidad. Cuando la población tiene una mejora en su ingreso económico, las ventas de servicios y productos – aparatos electrodomésticos como: televisores, refrigeradores y aire acondicionado— se



dinamiza. La estructura económica se desagrega en tres sectores: industrial, servicios y agrícola.

**Crecimiento poblacional:** Este aumento se encuentra estrechamente relacionado con la edificación de vivienda, servicios públicos, desarrollos comerciales y en consecuencia con más consumo de electricidad.

**Estacionalidad:** Los factores climáticos—temperaturas extremas, nevadas, lluvias—, tienden a elevar la demanda de un Sistema Eléctrico de Potencia y con ella el consumo de energía eléctrica. En algunas situaciones, los factores climáticos—huracanes, fenómeno de El Niño, La Niña, sensación térmica, entre otros—, ocasionan variaciones significativas en la demanda y consumo de energía eléctrica.

**Precio de combustibles:** El costo de estos repercute en las ofertas del mercado de energía eléctrica, éste a su vez en el precio de las tarifas eléctricas y, por consiguiente, en el consumo y la demanda de energía eléctrica.

**Precio de la energía eléctrica:** El importe de las tarifas en cada uno de los sectores de consumo influye de forma importante en la cantidad y ritmo de crecimiento del consumo, así como, en la demanda de energía eléctrica—tarifas horarias—.

**Pérdidas de energía eléctrica:** En un Sistema Eléctrico de Potencia (SEP), las pérdidas técnicas ocurren por el efecto Joule ( $I^2R$ ), con el calentamiento de los conductores eléctricos, equipos de transformación y de medición; se acentúa más cuando la infraestructura eléctrica no está modernizada. También, están presentes las pérdidas no técnicas, asociadas en mayor medida a usos ilícitos, y en menor medida a fallas en la medición y errores de facturación, las cuales impactan en decremento o aumento del consumo de la energía eléctrica.

**Eficiencia energética:** Un atenuador, en el crecimiento del consumo de la energía eléctrica, son las medidas de mejora de eficiencia energética —uso eficiente de la energía eléctrica y ahorro de energía— en los sectores de consumo, teniendo influencia en el crecimiento menos acelerado de la demanda eléctrica.

**Generación distribuida:** El uso de tecnologías de generación eléctrica en pequeña escala (menor a 500 kW) —instalados en una casa habitación, comercio, edificio, pequeña o mediana industria y sector agropecuario—, pueden impactar el consumo de la energía eléctrica y el perfil de la demanda de un sistema eléctrico local.

**Electromovilidad:** La movilidad eléctrica a través de vehículos particulares y transporte público—mercancías, personas, local y foráneo—, presenta una alternativa tangible para mejorar la movilidad y la reducción de emisiones al medio ambiente. En un Sistema Eléctrico aumenta el consumo y demanda de la energía eléctrica por la carga del sistema de almacenamiento de energía de los vehículos eléctricos.

**Estructura de consumo final eléctrico:** Se divide en Suministro Básico, Suministro Calificado, Suministro de Último Recurso y Autoabastecimiento Remoto. Estos a su vez, se desagregan en seis sectores por el uso final de la energía eléctrica que son: Residencial, Comercial, Servicios, Agrícola, Empresa Mediana y Gran Industria, con diferente participación en el consumo eléctrico nacional. El aumento en cualquier sector implica un dinamismo diferenciado en el crecimiento del consumo de electricidad.



## 6.1 CONSUMO ELÉCTRICO MUNDIAL

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía (AIE)<sup>9</sup> el consumo mundial de energía eléctrica per cápita en 2019 fue de 3,265 kWh por habitante, presentando un crecimiento del 0.2% en relación con 2018. En el mismo año, México se ubicó en el lugar 73 – 25.7% por debajo del promedio mundial– ; con un consumo anual de 2,425 kWh por habitante.

En 2019, el consumo anual mundial de energía eléctrica alcanzó los 25.0 millones de GWh. Por su parte, México consumió 305,000 GWh ocupando la posición 14. La intensidad energética mundial para la Industria Eléctrica fue de 1,070 J/2015USD en 2019. Para México fue de 875 kJ/2015USD, lo que indica que la Industria Eléctrica Mexicana requiere menos energía eléctrica para generar una unidad de riqueza en comparación con la media internacional.

De acuerdo con proyecciones de la Administración de Información Energética de los Estados Unidos (EIA)<sup>10</sup> de su caso base, para el periodo 2022 – 2036, la media internacional de consumo per cápita de energía eléctrica tendrá una Tasa Media de Crecimiento Anual (tmca) de 0.9%, la generación neta tendrá una tmca de 1.6% y se espera que, para el 2036, la generación de energía eléctrica con fuentes renovables represente el 47.1% de la matriz energética, aumentando en promedio 4.7% por año. Apoyado por las mejoras tecnológicas y los incentivos gubernamentales de diferentes países que promueven su mayor uso. En 2036, se prevé que la producción de energía eléctrica con base en líquidos<sup>11</sup> prácticamente desaparezca (0.4%). La generación nuclear representará el 9.1%, mientras que, el carbón y el gas natural aportarán el 22.6% y el

20.8% de la generación neta, respectivamente. La intensidad energética mundial tendrá un decremento promedio de 1.8% en el horizonte.

## 6.2 CONSUMO NETO 2021

El consumo neto se refiere a la integración de la energía de ventas del Suministro Básico, Suministro Calificado y de Último Recurso, Autoabastecimiento Remoto, la importación, las pérdidas de energía eléctrica, los usos propios del Distribuidor y Transportista.

En 2021, el consumo neto nacional del SEN ascendió a 322,541 GWh, lo que significa un incremento de 3.5% respecto al consumo de 2020. Este incremento es reflejo de la recuperación en ascenso de la económica del país, luego de los estragos ocasionados por la contingencia sanitaria, la cual provocó la suspensión de algunas actividades productivas en todo el país.

La GCR Peninsular (PEN), el SIBC y la GCR Noreste (NES), fueron las que mostraron una mayor recuperación al presentar tasas de 8.9%, 8.4% y 6.3%, respectivamente. La GCR Norte (NTE), Central (CEL) y Noroeste (NOR) presentaron crecimientos moderados del orden de 1.3%, 1.1% y 0.5% cada una.

En el Cuadro 6.1 se presenta la distribución de consumo neto por Sistema y por GCR, en donde se observa que la GCR Occidental (OCC) tiene la mayor participación con 69,888 GWh lo que equivale a 21.7% del total nacional, seguido del CEL con 17.6% y los que menor participación presentaron fueron el SIBCS y el SIM que en conjunto representan el 0.9%

<sup>9</sup> Key World Energy Statistics, IEA 2021

<sup>10</sup> International Energy Outlook 2021, with projections to 2050, U.S. Energy Information Administration, October 2021

<sup>11</sup> Todo el petróleo, incluidos el petróleo crudo y los productos de la refinación del petróleo, los líquidos de gas natural, los

biocombustibles y los líquidos derivados de otras fuentes de hidrocarburos (incluidos el carbón a líquidos y el gas a líquidos). No se incluyen el gas natural licuado (GNL) ni el hidrógeno líquido.



CUADRO 6.1 CONSUMO NETO DE ENERGÍA ELÉCTRICA 2019-2021

CONSUMO NETO						
	2019		2020		2021	
	GWh	% Inc.	GWh	% Inc.	GWh	% Inc.
<b>SISTEMA</b>						
Eléctrico Nacional (SEN)	318,757	2.2	311,605	-2.2	322,541	3.5
Interconectado Nacional (SIN)	301,779	2.3	294,165	-2.5	304,024	3.4
Baja California (SIBC)	14,130	-0.9	14,683	3.9	15,541	5.8
Baja California Sur (SIBCS)	2,711	2.4	2,608	-3.8	2,826	8.4
Mulegé (SIM)	138	-0.2	148	6.8	150	1.9
<b>GERENCIA DE CONTROL REGIONAL</b>						
Central (CEN)	59,173	-0.7	56,243	-5.0	56,868	1.1
Oriental (ORI)	50,839	3.1	49,847	-2.0	52,070	4.5
Occidental (OCC)	68,941	2.6	67,867	-1.6	69,888	3.0
Noroeste (NOR)	24,321	1.5	25,421	4.5	25,548	0.5
Norte (NTE)	28,416	6.6	28,572	0.5	28,947	1.3
Noreste (NES)	56,258	1.9	53,769	-4.4	57,154	6.3
Peninsular (PEN)	13,830	7.3	12,446	-10.0	13,548	8.9

**FUENTE:** Elaborado por SENER con información de CENACE

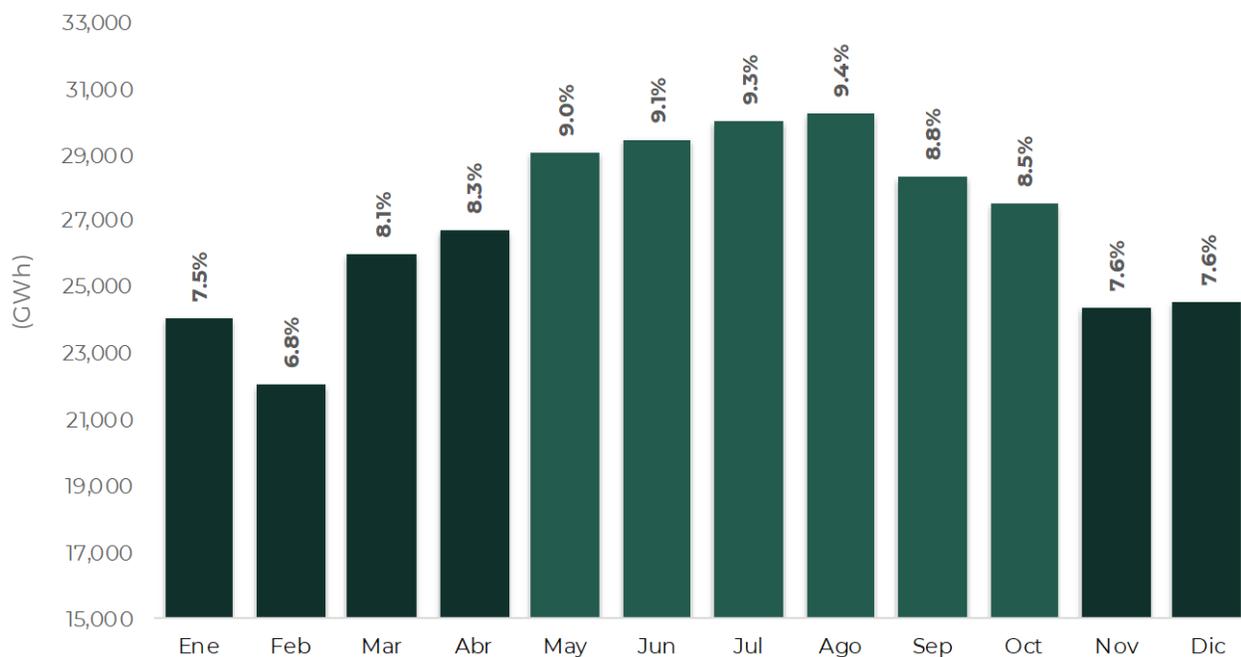
Durante el año en los meses de mayo a octubre se presentó el 54.2% del consumo neto, mientras que en los meses restantes el 45.8% como se muestra en la Figura 6.1.

Dicho comportamiento es parecido al PIB del Sector Eléctrico, (generación, transmisión y distribución de

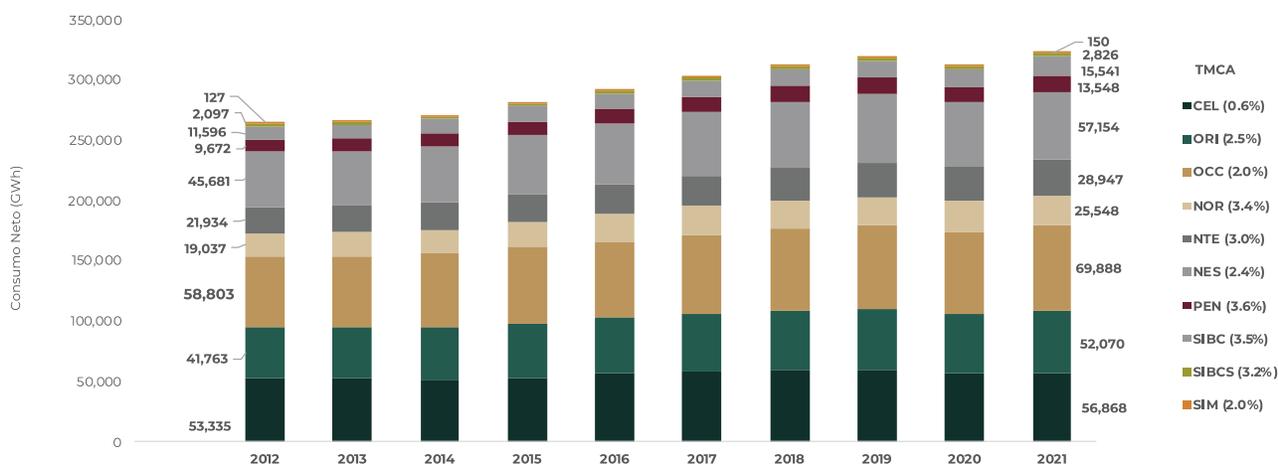
energía eléctrica), para los trimestres abril-junio y julio-septiembre; donde se presenta mayor crecimiento económico y en los trimestres restantes el crecimiento es menor.

En los últimos 10 años (2012 – 2021) el consumo neto del SEN tuvo una tmca de 2.2%



**FIGURA 6.1 CONSUMO NETO MENSUAL DEL SEN 2021**


FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

**FIGURA 6.2 CONSUMO NETO POR GCR 2012-2021**


FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE



De acuerdo con la Figura 6.2 las regiones que presentaron mayor crecimiento durante 2012 – 2021 fueron las GCR PEN, SIBC y GCR NOR con tmca de 3.6%, 3.5% y 3.4%, respectivamente; la región que tuvo menor crecimiento fue la GCR CEL con 0.6% aunque se le transfirió la zona Lázaro Cárdenas de Michoacán, sin embargo, en esta región se registró el 17.6% del consumo neto nacional en 2021.

El SIN pasó de 250,226 GWh en 2012 a un consumo neto de 304,024 GWh en 2021, lo que significa un crecimiento (tmca) de 2.1%. La energía eléctrica del último año equivale a 94.3% del consumo bruto del SEN y el 5.7% restante se consumió en los Sistemas Interconectados de la península de Baja California.

## 6.3 CONSUMO FINAL Y USUARIOS 2021

El consumo final de energía eléctrica se refiere a la energía utilizada por los diferentes Usuarios Finales de la industria eléctrica – usuarios del Suministro Básico, usuarios del Suministro Calificado y autoabastecimiento remoto– .

La información se agrupa en seis sectores de consumo (Residencial, Comercial, Servicios,

Bombeo Agrícola, Empresa Mediana y Gran Industria) de los cuales el sector de la Gran Industria (7.5%) y la Empresa Mediana (7.0%) presentaron el mayor crecimiento con respecto al 2020, seguido del sector Comercial (2.4%). El consumo final del SEN se ubicó en 277,258 GWh, lo que representó un alza de 4.1% respecto a 2020. Lo anterior fue posible por la reapertura gradual de actividades económicas que se restringieron por la pandemia.

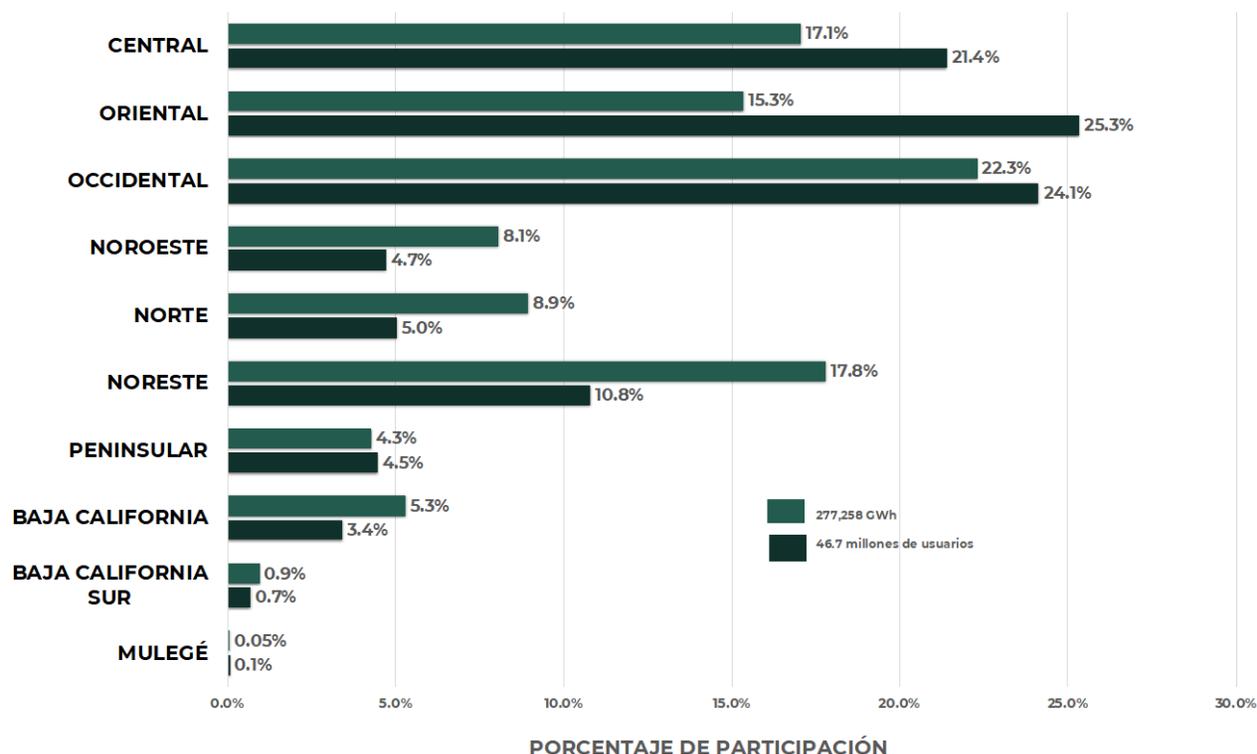
En la Figura 6.3 se observa que la GCR OCC concentra el 22.3% del consumo final, seguido de la GCR NES y CEL con 17.8% y 17.1%, respectivamente.

El número de Usuarios Finales que tuvieron energía eléctrica en 2021 ascendió a 46.7 millones, incrementándose en 2.2%<sup>12</sup> respecto de los 45.6 millones de clientes del año anterior. Los sectores que tuvieron mayor crecimiento de Usuarios Finales, en relación con el mismo periodo, fueron el sector Residencial y Empresa Mediana con incrementos de 2.3% y 2.2%, respectivamente. En la Figura 6.3, también se observa la distribución de Usuarios Finales por GCR, siendo la Oriental (ORI) la que concentra el 25.3% del número de Usuarios Finales del total nacional – su consumo final es del 15.3%– . Por su parte, la GCR Occidental aloja el 24.1% y la GCR CEL el 21.4%.

<sup>12</sup> La tasa de crecimiento puede no coincidir debido al redondeo



FIGURA 6.3 CONSUMO FINAL Y NÚMERO DE USUARIOS FINALES POR GCR Y SISTEMAS, 2021



FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

## 6.4 EFICIENCIA ENERGÉTICA 2021

La EIA<sup>13</sup> define la Intensidad Energética (IE) como una relación entre el consumo de energía y otra métrica, normalmente el Producto Interno Bruto nacional en el caso de la intensidad energética de un país.

La Comisión Económica para América Latina<sup>14</sup> establece que éste es el indicador más común de eficiencia energética agregada cuya interpretación no es simple ya que en él influyen aspectos como eficiencia en el consumo de energía, condiciones climáticas, grado de industrialización / composición

de la economía, tamaño del país y tamaño de la población. Una mayor intensidad energética implica el empleo de más recursos energéticos para producir una unidad de riqueza económica, mayor contaminación ambiental además de menor competitividad del país y mayor déficit exterior. Por lo tanto, la intensidad energética es una de las medidas macroeconómicas más relevantes para conocer el estado de la economía.

El uso eficiente de la energía tiene como propósito la reducción de la cantidad de energía requerida para el suministro de productos y servicios. Estas mejoras en el uso se logran generalmente por

<sup>13</sup> US Energy Information Administration Glossary

<sup>14</sup> CEPAL. Seminario taller para el monitoreo del

ODS 7, Proyecto del Observatorio Regional de Energías Sostenibles (ROSE). La Paz, Bolivia.



medio de estrategias de cambios tecnológicos o de procesos de producción más eficiente o a través de métodos certificados en la reducción de pérdidas de energía. La eficiencia energética es una de las formas más prácticas para medir la reducción del desperdicio de energía y de los costos de energía (que también es considerado como una estrategia para la mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero). La correcta gestión y administración de recursos es una pieza fundamental en los procesos de planeación, por lo tanto, una de las medidas consideradas para lograr estos objetivos es la eficiencia energética.

En el Cuadro 6.2 se muestran indicadores de intensidad energética, consumo medio y consumo per cápita por GCR y Sistema Interconectado. Estos indicadores proporcionan un panorama del uso que se da al consumo de energía eléctrica en relación con las características económicas y demográficas de cada GCR.

En cuanto a la intensidad energética, se observa que únicamente las GCR CEL y PEN poseen indicadores inferiores a los del SEN (en 39.7% y 26.0% respectivamente). La GCR CEL posee una marcada diferenciación en cuanto a la participación de los sectores económicos en el PIB. En esta GCR el sector servicios, el cual es menos intensivo en el consumo de energía eléctrica en comparación con el sector industrial, concentra el 84.1% del PIB debido al alto número de corporativos ubicados en la CDMX y que marca una fuerte diferencia en la captación de ingresos por esta entidad con respecto a otros estados. En la GCR PEN, la participación económica de los sectores secundario y terciario en el PIB es

similar mientras que, el consumo de energía eléctrica sólo representa el 4.2% del total nacional. Las GCR ubicadas en el norte del país son las que poseen la intensidad energética más alta influenciadas por las condiciones climáticas, sector agrícola de bombeo y su desarrollo industrial. Destaca la GCR NTE con un indicador de eficiencia energética de 30 W/\$. A nivel nacional, la intensidad energética es de 18.7 W/\$.

Otro indicador importante es el consumo medio, el cual analiza la relación entre el consumo de energía eléctrica y el número de Usuarios Finales. Las GCR ubicadas en el centro y sur del país poseen un consumo medio inferior al nacional de 6.9 MWh/usuario debido, principalmente, a que concentran una mayor cantidad de clientes (75.4% del total nacional). Las GCR ubicadas en el norte tienen una intensidad energética superior hasta en 81.2% con respecto al SEN ocasionada por la mayor cantidad de industrias, agricultura de bombeo y comercios, y a la diferencia de temperaturas respecto al centro y sur del país. En promedio, el consumo medio de las GCR y Sistemas Interconectados es de 8.5 MWh/usuario.

El consumo per cápita de energía eléctrica indica la relación entre el consumo y la población de un territorio. En las GCR CEL y ORI, el consumo per cápita es menor en 30.3% y 37.7% con respecto al SEN. Estas dos GCR concentran el 51.2% de la población nacional. La GCR NES posee el consumo per cápita más alto del país (76.5 kWh/hab) ya que concentra el 17.7% del consumo con sólo el 10.0% de la población de México. A nivel nacional, el consumo per cápita es de 2,536.8 kWh/hab.



CUADRO 6.2 INTENSIDAD ENERGÉTICA, CONSUMO MEDIO Y CONSUMO PER CÁPITA POR GCR Y SISTEMA 2021

GCR Y/O SISTEMA	INTENSIDAD ENERGÉTICA (W/\$)	VARIACIÓN CON RESPECTO AL SEN (%)	CONSUMO MEDIO POR USUARIO DEL SEN (MWH/USUARIO)	VARIACIÓN CON RESPECTO AL SEN (%)	CONSUMO PER CÁPITA (KWH/HAB)	VARIACIÓN CON RESPECTO AL SEN (%)
Central	11.3	-39.7	5.6	-18.8	1,769	-30.3
Oriental	18.8	0.8	4.4	-35.9	1,580	-37.7
Occidental	20.6	10.3	6.2	-9.9	2,598	2.4
Noroeste	26.2	40.2	11.6	69.3	4,240	67.1
Norte	30.0	60.2	12.4	81.2	4,404	73.6
Noreste	24.0	28.2	11.2	63.2	4,477	76.5
Peninsular	13.8	-26.0	6.5	-5.4	2,629	3.6
Baja California	25.5	36.4	9.7	41.8	4,087	61.1
Baja California Sur	21.8	16.8	8.7	27.1	3,695	45.6
SEN	18.7		6.9		2,537	

FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

El Programa Nacional para el Aprovechamiento Sustentable de la Energía y en la actualización de la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios<sup>15</sup>, publicadas por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía y la Secretaría de Energía son políticas obligatorias en materia de eficiencia energética. Esta última constituye el instrumento rector de la política nacional en el mediano y largo plazos, en materia de obligaciones de energías limpias y aprovechamiento sustentable de la energía para lo cual plantea un escenario de TEM<sup>16</sup>.

La Estrategia plantea el comportamiento posible del consumo final de energía o bien los requerimientos de energía en sus distintas fuentes. Es un Escenario de Línea Base, que representa las condiciones inerciales de las actuales políticas públicas de eficiencia energética.

Se estima que el consumo final energético en el Escenario de Línea Base aumentará a una tasa anual de 1.9% hasta el año 2036.

A su vez, el Escenario de TEM presentaría una tasa de crecimiento de 0.6% esto a partir del potencial técnico de ahorro de energía existente con medidas viables de eficiencia energética.

En cuanto a la intensidad energética de consumo final se prevé que disminuya a menos de 1.0% por año entre 2019 y 2050 en el escenario de Línea Base, en el escenario de TEM podría disminuir 2.4% por año en el mismo periodo.

<sup>15</sup> DOF, 07/02/200 ACUERDO por el que la Secretaría de Energía aprueba y publica la actualización de la Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios, en términos de la Ley de Transición Energética.

<sup>16</sup> Escenario de TEM: considera la intervención de medidas y políticas públicas de eficiencia energética adicionales que impulsarán y acelerarán el aprovechamiento óptimo de la energía en los sectores de uso final mediante la penetración de mejores tecnologías con los mejores desempeños energéticos.



## 6.5 ENERGÍAS RENOVABLES

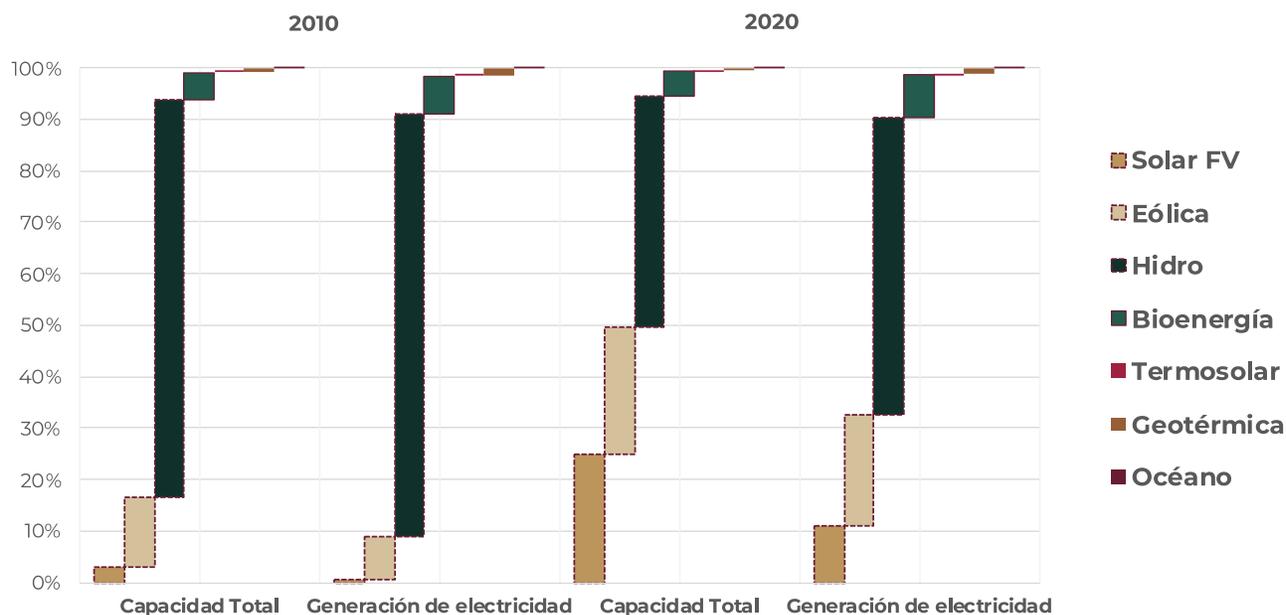
El despliegue a nivel mundial de energías renovables ha aumentado exponencialmente, debido a los compromisos que se han adoptado a nivel mundial en materia de cambio climático, el abaratamiento de los costos de producción de las tecnologías renovables y el cambio de modelo económico de pasar de una economía basada en petróleo y sus derivados a energías renovables.

En varios países del mundo, la energía eléctrica FV, ha sido la opción menos costosa entre las fuentes de energías renovables para agregar nueva capacidad

instalada de generación, especialmente por los incentivos y mecanismos en los mercados eléctricos. La energía eléctrica FV ha representado la mayor tmc entre las energías renovables en todo el mundo con un 38.4% de generación de energía eléctrica entre 2010-2020.

En Figura 6.4 la tecnología con el porcentaje de participación más alto de capacidad instalada del 2010 y 2020 fue la hidroeléctrica con 77.3% y 44.7%. La capacidad instalada de la energía eólica ganó participación al pasar de 13.6% en 2010 a 24.8% en 2020, asimismo lo hizo la FV que en 2010 tenía una participación de 3.0% y alcanzó en 2020 24.8%

FIGURA 6.4 DISTRIBUCIÓN DE CAPACIDAD Y GENERACIÓN MUNDIAL DE ELECTRICIDAD POR TECNOLOGÍAS RENOVABLES 2010 Y 2020 POR GCR Y SISTEMA 2021



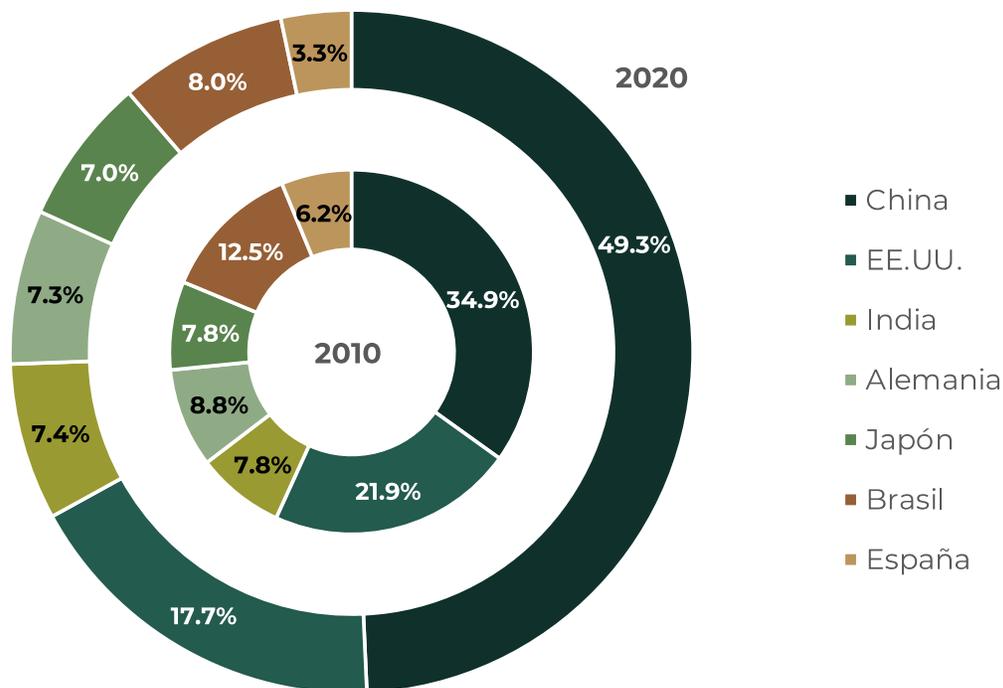
FUENTE: Elaborado por SENER con información de IEA

Según la IEA, siete de los diez países principales que dominan la expansión de las energías renovables son: China, EE. UU., India, Alemania, Japón, Brasil y España. Países seleccionados que se describirán en esta sección.

Se observa en la Figura 6.5 los dos países que tuvieron la participación más alta en 2010 fueron China y EE. UU. con 34.9% y 21.9% respectivamente, así también siguieron predominando hasta el 2020 como los dos países con mayor proporción de



FIGURA 6.5 PARTICIPACIÓN DE PAÍSES PRINCIPALES EN CAPACIDAD RENOVABLE 2010 Y 2020



FUENTE: Elaborado por SENER con información de IEA

Los cambios que están experimentando los SEP, en diferentes países en el mundo, con las energías renovables debido al objetivo de descarbonizar, contribuir en la reducción de GEI y despliegue de GD-FV (disponibilidad de energía renovable a bajo costo comparado con las tarifas eléctricas de suministradores a nivel mundial) ha requerido la implementación de innovación tecnológica para la incorporación de energía renovable.

que puede ser factor relevante para alcanzar los objetivos de la TEM, por su parte, la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME), establece las bases y pautas para promover el uso de tecnologías y combustibles más limpios, que permitan impulsar y posicionar a nivel nacional la movilidad eléctrica como una alternativa viable y sostenible. Considerando la aplicación de políticas públicas, ambientales, tecnológicas, financieras, legales, institucionales y administrativas, así como esquemas de incentivos ambientales<sup>17</sup>.

## 6.6 MOVILIDAD ELÉCTRICA 2021

México ha desarrollado capacidades en manufactura y logística en la industria automotriz,

<sup>17</sup> Escenario de TEM y Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica (ENME).



México está orientando sus esfuerzos paulatinamente hacia una movilidad eléctrica, en 2021 se vendieron 47,079<sup>18</sup> Vehículos eléctricos (VE), Vehículos híbridos (VH) y Vehículos híbridos enchufables (VHE), que representaron el 4.6% del total de vehículos automotores comercializados en el país, esto significa un aumento de ventas de 22,674 unidades (93%) con respecto al 2020. Las entidades federativas con mayor concentración de vehículos eléctricos son: la Ciudad de México y el Estado de México con el 23.5% (11,070 unidades) y el 13.4% (6,319 unidades) respectivamente, seguidos por Nuevo León con el 10.1% (4,765 unidades) y el 9.5% (4,471 unidades) cada una.

Algunos de los beneficios por el uso de los VE, VHE y VH, para un recorrido de 300 km, son los ahorros de energía que van de un 43% a un 80%, así como una disminución en las emisiones de GEI mismas que pueden ser del 41% al 64% en comparación con un vehículo de combustión interna.

Referente al transporte eléctrico masivo de personas, México cuenta en la Ciudad de México y Zona Conurbada con el Sistema de Transporte Colectivo Metro<sup>19</sup>, una Línea de Tren Ligero, la Red de Trolebús<sup>20</sup>, la red de cablebús, el Tren Suburbano<sup>21</sup>, y los primeros autobuses de Metrobús eléctricos. En el norte del país, Monterrey, cuenta

con un Sistema de Transporte Colectivo Metrorrey<sup>22</sup> y Guadalajara, tiene el Sistema de Tren Eléctrico Urbano<sup>23</sup>.

El consumo eléctrico anual de los servicios de transporte colectivos eléctricos mencionados asciende a poco más de 587 GWh al año, lo que equivale al 0.2% del consumo neto del SEN en 2021.

## 6.7 GENERACIÓN DISTRIBUIDA 2021

La GD<sup>24</sup> se refiere a la generación de electricidad local en pequeñas cantidades (menor a 500 kW instalados) para autoconsumo, generalmente de Centros de Carga en los sectores Residencial, Comercial y Pequeña y mediana industria, es decir, en circuitos de baja tensión de las RGD; dicha GD a través del uso de tecnologías de generación que aprovechan el agua, el viento, materia orgánica y la irradiación solar.

Los primeros sistemas de GD, registrados en enero de 2007 en los circuitos eléctricos de distribución, fueron sistemas fotovoltaicos con capacidad instalada de 1 kW, a partir del primer sistema de GD en operación se han diversificado las tecnologías, en la Figura 6.6. se muestra la capacidad instalada acumulada por tipo de tecnología de GD a 2021.

<sup>18</sup> Registro Administrativo de la Industria Automotriz de Vehículos Ligeros, Venta de vehículos híbridos y eléctricos por entidad federativa, diciembre de 2021. INEGI.

<sup>19</sup> STC Metro, 2021

<sup>20</sup> [www.ste.cdmx.gob.mx](http://www.ste.cdmx.gob.mx)

<sup>21</sup> Suburbano. La vía rápida al bienestar

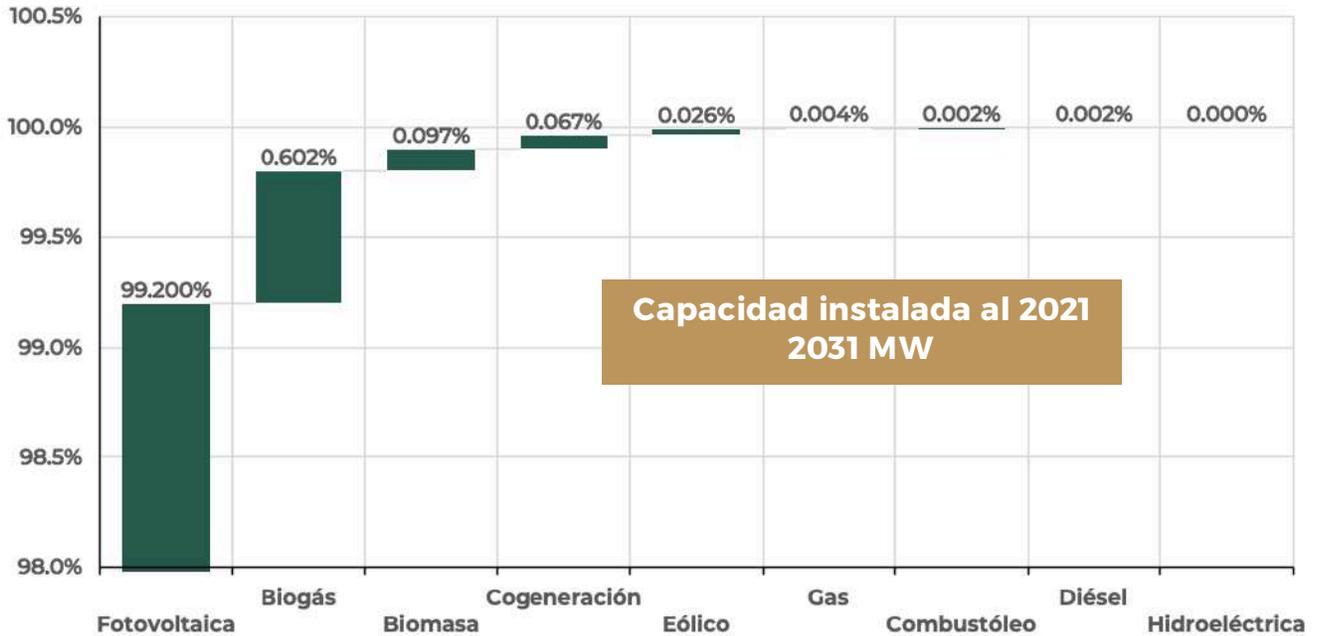
<sup>22</sup> Sistema de transporte Colectivo Monterrey, 2021

<sup>23</sup> SITEUR, 2021

<sup>24</sup> Ley de la Industria Eléctrica, artículo 3, fracción XXIII, Generación Distribuida: Generación de energía eléctrica que cumple con las siguientes características: a) Se realiza por un Generador Exento en los términos de esta Ley, y b) 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. DOF 11 de agosto de 2014



FIGURA 6.6 CAPACIDAD INSTALADA ACUMULADA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA POR TECNOLOGÍA



FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

Debido a que la GD-FV ocupa más del 99.2% de la capacidad instalada, se describirá a partir de ello.

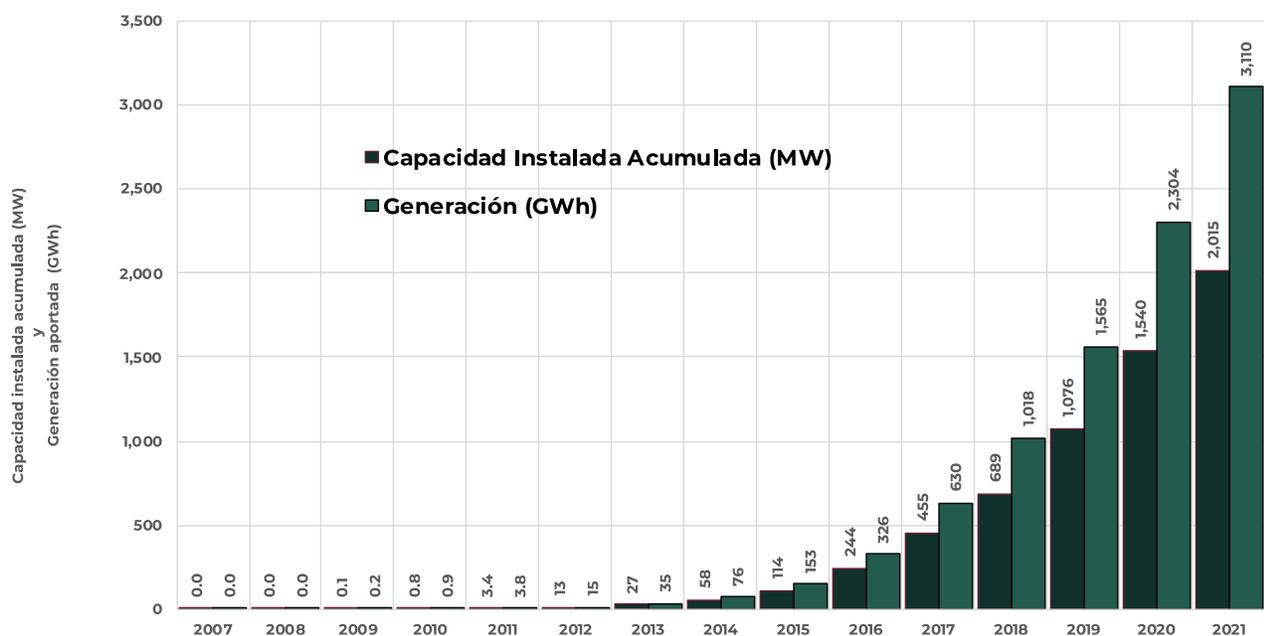
La aportación de la GD-FV al SEN, se presenta durante el día, al generar electricidad para autoconsumo en casas y comercios, aprovechando las horas de irradiación solar. Lo anterior evita que este requerimiento de energía eléctrica tenga que ser generada con la matriz energética disponible desde las grandes Centrales Eléctricas del SEN — se evitan emitir emisiones de CO<sub>2e</sub>, NO<sub>x</sub> y SO<sub>x</sub> al medio

ambiente — y al no inyectarse a la RNT para su transporte, transformación y distribución en las RGD — se evitan pérdidas por efecto Joule  $I^2R$  en la RNT y las RGD — para finalmente ser utilizada por los Centros de Carga locales.

En 2021 el 99.2% de capacidad instalada de GD es de sistemas fotovoltaicos, de los cuales se tiene registró de más de 270 mil contratos que ascienden a una capacidad instalada acumulada del orden de 2,015 MW en el SEN, como se indica en la Figura 6.7.



FIGURA 6.7 EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INSTALADA Y GENERACIÓN APORTADA POR LOS SISTEMAS FOTOVOLTAICAS 2007-2021



FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE y CRE<sup>25</sup>

En 2021 fue instalada una capacidad de 475 MW que se estima generaron 452.5 GWh de energía eléctrica, en la Figura 6.8 se muestra la distribución de la capacidad instalada acumulada por GCR, siendo el Occidental la que mayor concentración tiene con 34.7% y en menor porcentaje se encuentran Baja

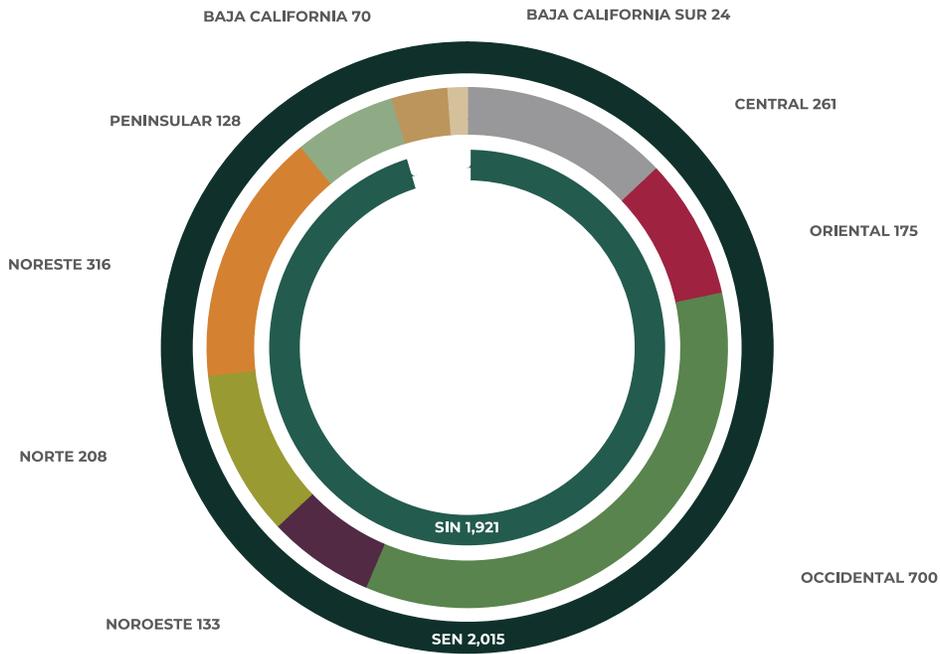
California y Baja California Sur con 3.5% y 1.2% respectivamente, este último por sus características de un SEP eléctricamente aislado del resto del SIN o Baja California, la integración de la GD-FV se encuentra limitada para garantizar la estabilidad y Confiabilidad en el Suministro Eléctrico dada la capacidad instalada en la RNT de Centrales Eléctricas con Energía Limpia.

<sup>25</sup> Los datos con respecto al PRODESEN 2021-2035 se ajustaron con base a la base de datos estadística de la CRE y la información proporcionada por CFE Distribución. En 2022 se

actualizaron valores 2007-2021 con base en información de la CRE.



FIGURA 6.8 CAPACIDAD ACUMULADA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA FOTOVOLTAICA (MW) SIN Y SEN 2021



FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

## 6.8 DEMANDA MÁXIMA INTEGRADA NETA 2021

En cuanto a la demanda máxima integrada del SIN se refiere al valor máximo en MWh/h en una hora específica del año y se obtiene con la suma de las demandas coincidentes de las GCR que integran el SIN en esa misma hora. Esta demanda es menor que la suma de las demandas máximas no coincidentes anuales de las GCR. En 2021, la demanda máxima neta integrada del SIN registró un valor de 45,244

MWh/h, lo que equivale a un incremento de 5.8% respecto a los 42,748 MWh/h de 2020.

La demanda máxima no coincidente integrada se refiere al valor máximo en MWh/h que presentan todas y cada una de las GCR en una hora durante un año y que no necesariamente es la misma hora. En el Cuadro 6.3 se presentan las demandas máximas integradas de los Sistemas Interconectados: SIN, Baja California, Baja California Sur, Mulegé y de las GCR. Así como, las demandas coincidentes por GCR referidas al SIN y el SEN.



CUADRO 6.3 DISTRIBUCIÓN DE LA DEMANDA MÁXIMA INTEGRADA Y COINCIDENTES CON EL SIN Y SEN 2021

	DEMANDAS MÁXIMAS <sup>1/</sup>		DEMANDAS COINCIDENTES	
	MWH/H	CRECIMIENTO ANUAL (%)	SIN MWh/h	SEN MWh/h <sup>2/</sup>
<b>SISTEMA</b>				
Eléctrico Nacional (SEN) <sup>2/</sup>	48,097			
Interconectado Nacional (SIN)	45,244	5.8%		
Baja California (SIBC)	3,153	2.5%		2,361
Baja California Sur (SIBCS)	542	9.3%		470
Mulegé (SIM)	30	4.2%		22
<b>GERENCIA DE CONTROL REGIONAL</b>				
Central	8,297	-0.6%	<b>7,777</b>	7,777
Oriental	7,743	5.3%	6,796	6,796
Occidental	10,166	4.4%	10,100	10,100
Noroeste	5,233	2.8%	4,571	4,571
Norte	4,976	2.7%	4,876	4,876
Noreste	9,530	3.4%	9,220	9,220
Peninsular	2,198	9.6%	1,904	1,904

<sup>1/</sup> Demandas máximas, se presentan en fechas y horas diferentes.

<sup>2/</sup> Suponiendo la interconexión eléctrica de todas las GCR, demandas referidas a la hora del Centro.

FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

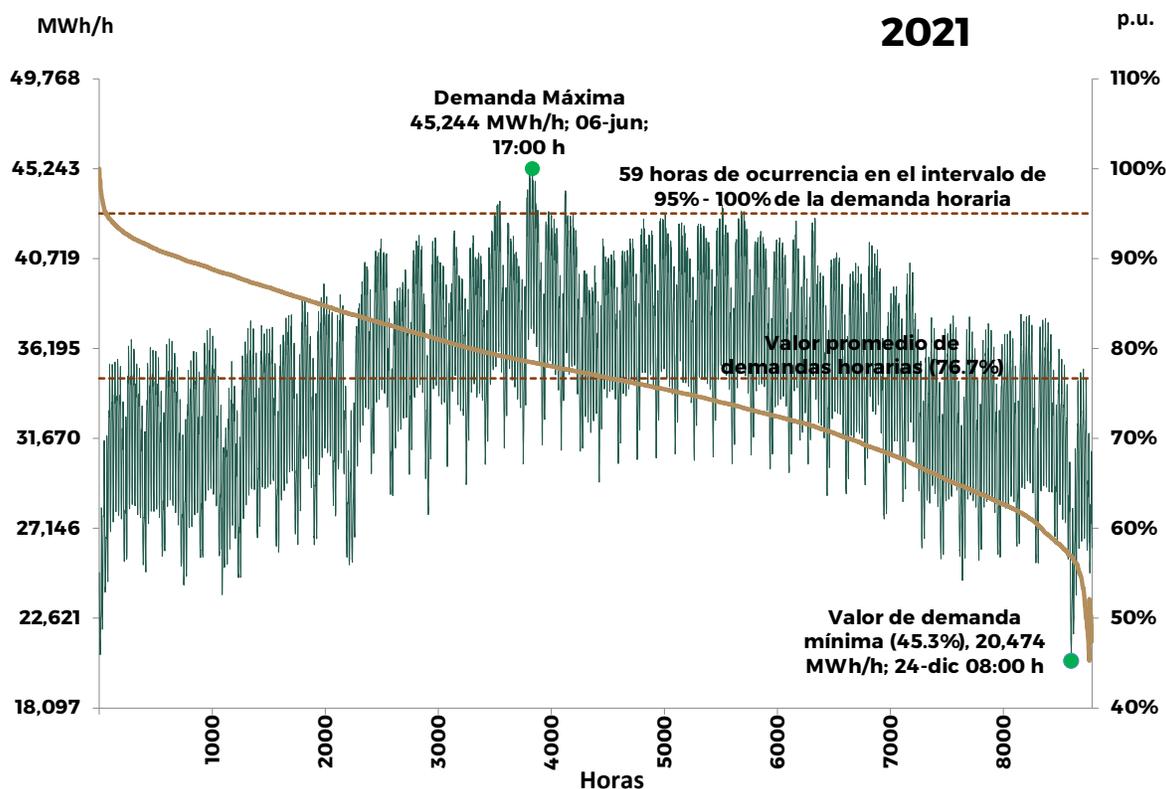
## 6.9 DEMANDA MÁXIMA INTEGRADA NETA DEL SIN 2021

Las características de la demanda máxima integrada neta se muestran a través de la curva de carga del SIN 2021 son las siguientes: se concentran 59 horas del año en el intervalo de 95%– 100% de la demanda máxima; la demanda mínima integrada se presenta al 45.3% de la máxima y el promedio de las demandas horarias se ubicó en 76.7%— factor de carga— .

La demanda presentó un comportamiento diferenciado a lo largo del año, mostrando una estacionalidad entre los meses de verano donde se presentan las demandas más altas del año, en contraste en los meses de primavera se observa una disminución de la demanda ocasionada por el confinamiento derivado de la pandemia. En los meses con temperaturas bajas — invierno— , se registraron las demandas mínimas del sistema, a excepción de la demanda en la GCR CEL, como se muestra en la Figura 6.9 Este comportamiento es característico de la región norte del país; en el centro del país dicho comportamiento es menos marcado.



FIGURA 6.9 CURVA DE CARGA DEL SIN 2021 (MWH/H)



FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

## 6.10 ENTORNO ECONÓMICO 2021

En el Cuadro 6.4 se presentan indicadores que explican el desempeño económico del país en 2021. El tipo de cambio promedio mensual para solventar obligaciones se cotizó en 20.3 MXN/USD, 5.6% menor al tipo de cambio de 2020 de 21.5 MXN/USD; la tasa de interés de referencia cerró en 5.5%, 125 puntos base mayor en comparación con el año anterior; la inflación se ubicó en 7.4%, 4.2 puntos porcentuales mayor con respecto al cierre de 2020. El precio de exportación de la mezcla de petróleo crudo se vendió en promedio en 65.3 dólares por barril, en comparación con los 36.2 dólares por barril del 2020.

En cuanto al consumo privado se observó un crecimiento de 8.2% en comparación con el retroceso de 2020 (-11.1%). Por su parte la balanza comercial presentó un déficit acumulado de 11,491 millones de dólares, el cual se compara con el superávit de 34,013 millones de dólares reportado en 2020. La Inversión extranjera directa se incrementó en 13.2%.

De forma global la economía creció en 4.8%. Por actividad económica, las actividades primarias presentaron un avance 2.9%, mientras que las secundarias lo hicieron en 6.5%, luego de haber retrocedido 9.8%. Por su parte las actividades terciarias crecieron 4.1% después de la disminución de 7.5% presentada en 2020.



CUADRO 6.4 PRINCIPALES INDICADORES ECONÓMICOS 2020-2021

INDICADOR ECONÓMICO	2020	2021	VARIACIÓN %
	ANUAL	ANUAL	
PIB Total cifras reales (%) <sup>1/</sup>	-8.2	4.8	
Primario (Agrícola)	0.3	2.9	
Secundarias (Transformación)	-9.8	6.5	
Terciarias (Servicios)	-7.5	4.1	
Tipo de cambio (pesos / dólar) <sup>2/</sup>	21.5	20.3	-5.60%
Precio del crudo mexicano (dólares por barril) <sup>3/</sup>	36.2	65.3	80.40%
Tasa de interés de referencia (%) <sup>2/</sup>	4.3	5.5	
Inflación (%) <sup>2/</sup>	3.2	7.4	
Consumo privado (%) <sup>1/</sup>	-11.1	8.2	
Balanza Comercial (millones de dólares) <sup>1/</sup>	34 013.5	-11491.1	
Exportaciones	416,999	494,225	18.50%
Importaciones	382,986	505,716	32.00%
Inversión Extranjera Directa (millones de dólares) <sup>4/</sup>	27933.6	31621.2	13.20%

<sup>1/</sup> Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI)

<sup>2/</sup> Banco de México (BANXICO)

<sup>3/</sup> PEMEX

<sup>4/</sup> Secretaría de Economía

**FUENTE:** Elaborado por SENER con información de CENACE

El PIB es considerado uno de los mejores indicadores del comportamiento de la economía de un país. Al aumentar la demanda de bienes y servicios se incrementa el consumo, crece el PIB, se generan nuevos empleos y la economía se expande. Es por ello, que el consumo de energía eléctrica está altamente correlacionado con el PIB pues, la electricidad, es un insumo importante para llevar a cabo gran parte de las actividades productivas. Esto también se refleja en el caso de los hogares, pues las familias tienen acceso a mayor cantidad de satisfactores muchos de los cuales funcionan a base de electricidad.

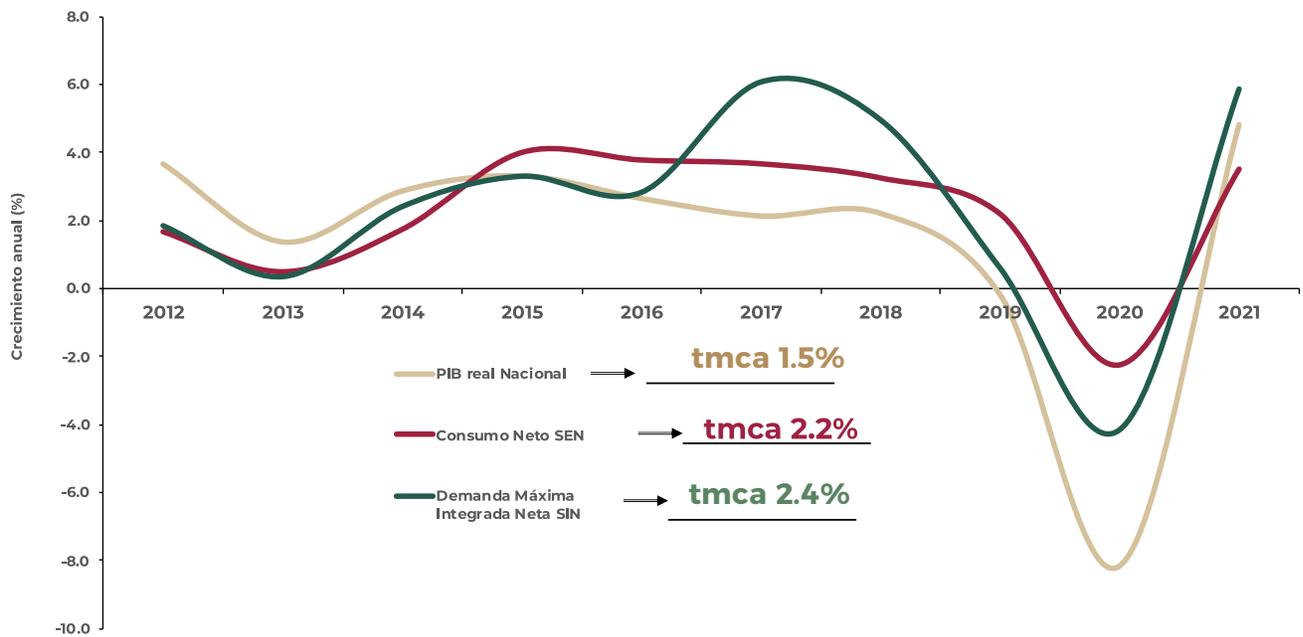
El PIB en 2021 mostró un avance de 4.8% respecto a 2020. Dicho crecimiento fue gracias a la reapertura

de actividades que se cerraron como parte de las estrategias que se implementaron para mitigar los contagios del COVID-19.

La industria eléctrica en su consumo neto de 2020 registró un decremento de -2.2% tasa inferior a la registrada en 2019 de 2.2% finalmente como resultado de la recuperación económica en 2021 el consumo neto se ubicó en un crecimiento de 3.5%. Este comportamiento, guarda una correlación directa de crecimiento o decremento entre el PIB, el consumo neto y la demanda máxima integrada neta. En la Figura 6.10 se aprecia la evolución histórica de estos tres indicadores en los últimos 10 años.



FIGURA 6.10 EVOLUCIÓN DEL CRECIMIENTO DEL PIB NACIONAL, CONSUMO NETO SEN Y DEMANDA MÁXIMA INTEGRADA NETA SIN 2012-2021



FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

Por GCR y Sistema Interconectado, también es conveniente realizar un análisis de los principales indicadores económicos y demográficos, así como el comportamiento de la Demanda Máxima en las zonas más representativas.

La GCR CEL: ocupa el 3.7% del territorio nacional aproximadamente y concentró, durante 2021, el 25.3% de la población (32.2 millones de personas). El año pasado, la GCR CEL atendió al 21.7% de los usuarios mientras que, la tasa promedio de desocupación en ese mismo año resultó de 2.9%

Con estimaciones del escenario Macroeconómico 2022-2036<sup>26</sup>, se calcula que la contribución de esta GCR al PIB nacional en 2021 sea de 29.3%. Compuesto en un 84.1% por las actividades terciarias. Por su parte, las actividades secundarias sumarán 14.8% donde el PIB de Electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final representaría el 6.3% de dichas actividades y el 0.9%

con respecto al PIB de la Gerencia. Finalmente, las actividades primarias sólo aportarán el 1.1% restante.

En 2021, la GCR CEL alojó poco menos de 1.5 millones de unidades económicas, las cuales representan el 26.3% del total del país, conforme a la información presentada en el Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del INEGI. Sus principales Centros de Carga se encuentran en la industria de la construcción (cementeras), industria del acero, el Sistema de Transporte Colectivo-Metro, armadora automotriz, refinería de Tula y las plantas de bombeo Cutzamala. La Inversión Extranjera Directa (IED) durante 2021 representó el 23.0% del total nacional, siendo así, la GCR que mayor inversión extranjera capta.

La GCR CEL se divide en tres regiones: Valle de México Norte, Valle de México Centro y Valle de México Sur, las cuales representaron el 39.2%, 17.8% y 43.0%, respectivamente de la demanda máxima de

<sup>26</sup> Las estimaciones del PIB de 2021 por GCR y Sistemas se realizaron con base al escenario Macroeconómico 2022-2036,

toda vez que no se cuenta con información oficial del PIB estatal para dicho año.



esta GCR. Al interior de la región Valle de México Norte destaca la zona Cuautitlán como la que concentra la mayor proporción de la Demanda Máxima (16.3%). La zona Tlalnepantla fue la que presentó mayor recuperación en la demanda durante 2021 al registrar un crecimiento de 8.5% después de haber caído 6.4% durante 2020.

En la región Valle de México Centro, la zona Chapingo acapara el 21.8% de la demanda máxima, sin embargo, el mayor crecimiento durante 2021 lo registró la zona Zócalo con una tasa anual de 9.5%. En lo que respecta a la región Valle de México Sur, la zona Lázaro Cárdenas destaca porque concentra el 19.6% de la demanda máxima mientras que, la zona Las Lomas tuvo la tasa de crecimiento anual más elevada de la región durante 2021 con 6.2%.

Se espera que en el periodo 2022 – 2036, el PIB de la CGR CEL tenga un crecimiento promedio anual de 2.7% manteniendo su contribución a la economía nacional en el año 2032 con 29.2%.

En cuanto a los Usuarios Finales de esta Gerencia se proyecta que en el mismo periodo de estudio crezcan en promedio 1.1% a tasa anual. Por el lado de la demanda, se estima que las zonas Tulancingo de la región Valle de México Norte, Polanco de la Valle de México Centro y Las Lomas perteneciente a la Valle de México Sur, registrarán el crecimiento promedio anual más elevado a un ritmo de 2.9%, 3.8% y 4.5%, respectivamente durante el mismo periodo.

La GCR ORI: ocupa el 18.6% del territorio nacional aproximadamente y concentró, durante 2021, el 25.9% de la población (33.0 millones de personas). Durante el mismo año, la GCR ORI atendió al 25.2% de los usuarios y su tasa promedio de desocupación fue de 3.3%.

Con estimaciones del escenario Macroeconómico 2022-2036, se calcula que la contribución al PIB nacional en 2021 sea de 16.0%. La mayor proporción del PIB de la GCR ORI se encuentra en las

actividades económicas terciarias, las cuales representarían el 61.8%. Las actividades secundarias sumarían 33.3%, donde el PIB de Electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final sería el 6.1% de dichas actividades y el 2.0% del PIB de la Gerencia. Las actividades económicas primarias representarían el 4.9% restante.

Con información del DINUE del INEGI, en 2021 la GCR ORI alojó poco más de 1.5 millones de unidades económicas, las cuales representan el 27.9% del total del país. Los principales Centros de Carga se encuentran en las industrias siderúrgica, petroquímica y del plástico, cementera y automotriz, además de la minería. Estas empresas están localizadas en los estados de Veracruz, Puebla, Tlaxcala y Guerrero. La IED en 2021 representó el 8.0% del total nacional.

Para el análisis de la Demanda Máxima, la GCR ORI se divide en cuatro regiones. La región Oriente representó, durante 2021, el 35.8%, la Sureste el 28.4%, la Centro Oriente el 22.6% y la Centro Sur el 13.2%. Al interior de éstas, en la región Oriente, la zona Coatzacoalcos presentó la mayor concentración de demanda con 27.2% y la zona Veracruz fue la que registró el mayor crecimiento con 2.3%, ambos datos de 2021. En las regiones Sureste, Centro Oriente y Centro Sur, las zonas más representativas en cuanto a demanda son Villahermosa (24.5%), Puebla (43.7%) y Acapulco (31.4%), respectivamente. En cuanto al crecimiento anual registrado durante 2021, destacan las zonas Tehuantepec con 8.0% de la región Sureste, la zona Tecamachalco con 3.5% en la región Centro Oriente y la zona Cuautla con 4.7%. Ésta última pertenece a la región Centro Sur.

Para el periodo 2022 – 2036, se prevé que el PIB de la CGR ORI tenga un crecimiento promedio anual de 2.4%, disminuyendo su contribución a la economía nacional al pasar de representar el 16.0% en 2022 al 15.5% en 2036.



En cuanto a los Usuarios Finales de esta GCR se proyecta que en el mismo periodo de estudio crezcan en promedio 1.2% cada año. Para el mismo periodo de análisis y para cada una de las regiones en que se divide la GCR ORI, las zonas que se estima presenten el mayor crecimiento a tasa media anual son Poza Rica (2.8%), Los Ríos (3.1%), Puebla (2.3%) e Iguala (2.4%).

La GCR OCC: ocupa el 15.1% del territorio nacional aproximadamente y, durante 2021, albergó al 21.2% de la población (26.9 millones de personas). En ese mismo año, la GCR OCC atendió al 24.0% de los Usuarios Finales mientras que, su tasa promedio de desocupación, fue de 3.4%

De acuerdo con lo previsto en el escenario Macroeconómico 2022-2036, su contribución al PIB nacional en 2021 será del 19.7%. En la GCR OCC, las actividades económicas terciarias representarán el 62.3%. Por otro lado, las actividades secundarias contribuirán con 31.9%. De éstas, el PIB de Electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final serán del orden del 5.5% y el 1.7% del PIB de la Gerencia. Las actividades económicas primarias representarán el 5.9% restante.

Con información del DENU del INEGI, durante 2021 en la GCR OCC operaron 1.2 millones de unidades económicas, las cuales representan el 22.0% del total del país. Los principales Centros de Carga se presentan en las industrias siderúrgica, minera, cementera y automotriz, las cuales se localizan en los estados de Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Aguascalientes, Zacatecas y San Luis Potosí, principalmente. La IED en 2021 representó el 22.2% del total nacional.

La GCR OCC también se divide en tres regiones. La región Jalisco representó el 27.2% mientras que, las regiones Bajío y Centro Occidente, el 61.3% y 11.5% respectivamente.

En la región Jalisco, la zona Metropolitana Juárez concentró el 17.5% de la demanda máxima y la zona

que registró el mayor crecimiento a tasa anual fue Vallarta con 9.9%. En el Bajío, la zona San Luis Potosí representó el 15.4% de la demanda. Sin embargo, Querétaro fue la zona con el mayor crecimiento anual (5.7%) durante 2021. En la región Centro Occidente, la zona Colima participa con el 31.2% de la demanda máxima. Por otro lado, la zona Apatzingán registró una tasa de crecimiento anual de 5.1% durante 2021.

Para el periodo 2022 – 2036, se prevé que el PIB de la GCR OCC tenga un crecimiento promedio anual de 2.8%, incrementado su participación en la economía nacional en 0.4 puntos porcentuales al pasar de 19.7% en 2022 a 20.1% en 2036.

En cuanto a los Usuarios Finales de esta GCR se proyecta que en el mismo periodo de estudio crezcan en promedio 1.3% cada año. Adicionalmente, se contempla que las tmca más elevadas se registren en las zonas Minas (región Jalisco) con 3.9%, Querétaro (región Bajío) con 3.8% y Uruapan (región Centro Occidente) con 3.3%

La GCR NOR ocupa el 12.4% del territorio nacional aproximadamente. En 2021, sus habitantes ascendieron a 6.0 millones de personas aproximadamente, lo que representa el 4.7% de la población del país. En ese año, la GCR NOR atendió al 4.7% de los Usuarios Finales. Su tasa promedio de desocupación fue de 3.3%

El escenario Macroeconómico 2022-2036 estima que su contribución al PIB nacional en 2021 sea del 5.6%. En esta GCR las actividades económicas terciarias representarán el 57.2%, las actividades secundarias alcanzarán el 33.9% y las actividades económicas primarias el 8.9% restante. El PIB de electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final se estima representen el 8.2% de las actividades secundarias y el 2.8% del PIB de la GCR NOR.

De acuerdo con el DENU del INEGI, durante 2021 en la GCR NOR operaron 0.2 millones de unidades



económicas, las cuales representan el 4.4% del total del país. Los principales Centros de Carga se presentan en las industrias minera, cementera y automotriz, localizadas en las zonas Cananea, Hermosillo y Caborca. La IED en 2021 representó el 4.1% del total nacional.

La zona Hermosillo es la que representa el porcentaje más alto de participación en la demanda en esta GCR con 20.7%, seguida de Culiacán y Cananea Nacozari con 16.5% y 10.2%, respectivamente. Durante 2021, la zona Nogales registró el crecimiento anual más alto con 4.1%.

Para el periodo 2022 – 2036, se prevé que el PIB de la CGR NOR tenga un crecimiento promedio anual de 2.6% manteniendo su porcentaje de participación en la economía en 5.6%.

En cuanto a los usuarios de esta Gerencia se proyecta que en el mismo periodo de estudio crezcan en promedio 0.9% cada año. Para este mismo periodo, al analizar el crecimiento esperado de la Demanda Máxima, se espera que la zona Mazatlán crezca a un ritmo promedio anual 3.1%.

La GCR NTE ocupa el 20.9% del territorio nacional aproximadamente. En 2021, sus habitantes ascendieron a 6.6 millones de personas, lo que representa el 5.2% de la población del país, aproximadamente. En ese año, la GCR NTE atendió al 5.0% de los Usuarios Finales del servicio de energía eléctrica y su tasa promedio de desocupación fue de 2.2%.

Según las proyecciones del escenario Macroeconómico 2022-2036 se espera que la contribución al PIB nacional en 2021 sea del 5.6%. Las actividades económicas primarias representarían 5.6%, las secundarias 40.7% y las terciarias 53.7%. El PIB de Electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final sería del 4.3% de las actividades secundarias y el 1.7% del PIB de la GCR NTE.

En la GCR NTE operaron 0.2 millones de unidades económicas, las cuales representan el 4.2% del total del país (INEGI, 2021). Los principales Centros de Carga se agrupan en las industrias minera y metalúrgica, industria cementera, madera y papel, manufactura y agrícola. La IED en 2021 representó el 8.6% del total nacional.

La zona Torreón es la que representa el porcentaje más alto de participación en la demanda en la GCR NTE con 24.7% seguida de Ciudad Juárez con 21.1%. Esta última zona también fue la que registró el crecimiento anual más alto con 6.2%.

Para el periodo 2022 – 2036, se prevé que el PIB de la CGR NTE tenga un crecimiento promedio anual de 2.3%. Sin embargo, se prevé que disminuya su porcentaje de participación en la economía al pasar de 5.6% a 5.3% en 2036.

En cuanto a los Usuarios Finales de esta GCR se proyecta que en el mismo periodo de estudio crezcan en promedio 0.7% cada año. Para este mismo periodo, al analizar el crecimiento esperado de la Demanda Máxima, se espera que las zonas Santiago y Camargo crezcan a una tasa promedio anual de 3.2% cada una.

La GCR NES ocupa el 14.8% del territorio nacional aproximadamente. Sus habitantes ascendieron a 12.8 millones de personas, es decir, el 10.0% de la población del país. En 2021, la GCR NES atendió al 10.9% de los Usuarios Finales del servicio de energía eléctrica mientras que, la tasa promedio de desocupación fue de 2.6%.

De acuerdo con las proyecciones del Macroeconómico 2022-2036 se espera que la contribución al PIB nacional en 2021 alcance el 13.8%. Las actividades económicas primarias sólo representarían el 1.7% mientras que, las secundarias 37.5% y las terciarias 60.8%. El PIB de Electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final se estima que represente el 3.7% de las



actividades secundarias y el 1.4% del PIB de la Gerencia.

Durante 2021, en la GCR NES operaron 0.4 millones de unidades económicas, las cuales representan el 8.1% del total del país de acuerdo con el INEGI. Los principales Centros de Carga se concentran en las industrias siderúrgica, minera y de refinación de petróleo localizadas en las zonas Monterrey, Monclova, Concepción del Oro y Tampico. La captación de IED en 2021 representó el 21.1% del total nacional.

La zona Monterrey representa casi la mitad de la demanda máxima en la GCR NES con 46.4%, seguida por Saltillo en mucho menor medida con un 9.8%. Las zonas que registraron la tasa de crecimiento anual más alta durante 2021 fueron Monclova y Monterrey con 7.7% y 7.6% respectivamente.

Se estima que en el periodo 2022 — 2036, el PIB de la GCR NES tenga un crecimiento promedio anual de 2.8% y que su porcentaje de participación en la economía nacional aumente un poco al pasar de 13.9% a 14.1% en 2036.

En cuanto a los Usuarios Finales de esta GCR se proyecta que en el mismo periodo de estudio crezcan en promedio 1.0% cada año. Para este mismo periodo, al analizar el crecimiento esperado de la demanda máxima, se espera que las zonas Río Verde y Mante crezcan a una tmca de 4.8% y 3.8% respectivamente.

La GCR PEN ocupa el 7.2% del territorio nacional aproximadamente. En 2021, la población ascendió a 5.2 millones de personas, es decir, el 4.1% del total de los habitantes. Esta GCR atendió al 4.4% de los Usuarios Finales mientras que, la tasa promedio de desocupación fue de 3.7%

El Macroeconómico 2022-2036 estima que, con respecto al PIB nacional en 2021, la GCR PEN represente el 5.7%. A diferencia del resto de las GCR

donde predominan las actividades terciarias, en la GCR PEN las actividades secundarias ocuparían la mayor participación en el PIB con 50.4%. Las actividades relacionadas con el sector servicios representarán el 47.8% y las actividades económicas primarias el 1.9% restante. Dentro de las actividades secundarias, el PIB de Electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final se estima sea del 1.8% y, comprado con el PIB de la GCR, el 0.9%

En la GCR PEN operaron 0.2 millones de unidades económicas durante 2021, las cuales representan el 4.3% del total del país, según cifras del INEGI. Los principales Centros de Carga provienen de la industria sin chimeneas (turismo) además de una cementera, una procesadora de piedra caliza para empujarse en la construcción, una procesadora de aceites y semillas, una embotelladora de cervezas y hoteles. La captación de IED en 2021 representó el 2.1% del total nacional.

La zona Mérida representa el 32.2% de la Demanda Máxima en la GCR PEN, seguida por Cancún en menor porcentaje con un 25.0% y Riviera Maya con 14.6%. Las zonas que registraron la tasa de crecimiento anual más alta durante 2021 fueron Riviera Maya (11.9%), Cancún (8.3%) y Mérida (7.5%).

Para el periodo 2022 — 2036, se prevé que el PIB de la GCR PEN tenga un crecimiento promedio anual de 2.5% y que su porcentaje de participación en la economía nacional disminuya un poco al pasar de 5.7% a 5.5% en 2036.

En cuanto a los Usuarios Finales de esta GCR se proyecta que en el mismo periodo de estudio crezcan en promedio 1.7% cada año. Para este mismo periodo, al analizar el crecimiento esperado de la demanda máxima, se estima que las zonas Riviera Maya, Cancún y Motul registren un crecimiento promedio anual de 4.9%, 4.2% y 3.8% respectivamente.



El SIBC ocupa el 3.6% del territorio nacional aproximadamente. En 2021, la población representó 3.0%, esto es, 3.8 millones de personas. Este Sistema atendió al 3.4% de los Usuarios Finales mientras que, la tasa promedio de desocupación fue de 2.5%

Con respecto al PIB, el Macroeconómico 2022-2036 estima que, en 2021, el SIBC represente el 3.5% En este Sistema, las actividades terciarias participarían en el PIB con 57.3% Las actividades relacionadas con el sector industrial con el 40.5% y las actividades económicas primarias aportarán el 2.3% restante. Dentro de las actividades secundarias, el PIB de electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final aportarán el 7.1% y, comprado con el PIB de la GCR, el 2.9%

En el SIBC operaron 0.1 millones de unidades económicas durante 2021, las cuales representan el 2.3% del total nacional (INEGI, 2021). Los principales Centros de Carga pertenecen a las industrias siderúrgica, vidriera, plantas de bombeo de agua, aeroespacial, fabricación de rines de aluminio, automotriz, cementera y minera, y están localizadas en las zonas Mexicali, Tijuana y Ensenada. La captación de IED en 2021 representó el 7.0% del total nacional.

En el SIBC, la zona Mexicali representa casi la mitad de la demanda máxima (48.0%), seguido por Tijuana con 31.5%. Las zonas que registraron la tasa de crecimiento anual más alta durante 2021 fueron Ensenada y San Luis Río Colorado con 2.3% y 1.4%, respectivamente.

Para el periodo 2022 – 2036, se proyecta que el PIB del SIBC tenga un crecimiento promedio anual de 3.0% y que su porcentaje de participación en la economía nacional se incremente ligeramente en 2036 (de 3.5% a 3.7%).

En cuanto a los Usuarios Finales, se pronostica que en el mismo periodo de estudio crezcan en promedio 1.1% cada año. Para este mismo periodo, al analizar el crecimiento esperado de la Demanda Máxima, se espera que las zonas Ensenada y Tijuana registren la tmca más alta (3.3% y 3.1%, respectivamente).

Sistema Baja California Sur (SIBCS y SIM) ocupa el 3.7% del territorio nacional aproximadamente. En 2021, la población representó 0.6%, lo cual equivale a 0.8 millones de personas. El Sistema atendió al 0.7% de los Usuarios Finales mientras que, la tasa promedio de desocupación fue de 4.0%

Las proyecciones del Macroeconómico 2022-2036 estima que, en 2021, el Sistema Baja California Sur represente el 0.8% del PIB nacional. En este Sistema, su PIB estaría compuesto por 69.3% de actividades terciarias, 26.7% de las secundarias y 4.1% de las actividades económicas primarias. Dentro de las actividades secundarias, el PIB de Electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final representará el 17.0% y, comprado con el PIB de la GCR, el 4.5%

En el Sistema Baja California Sur operaron casi 35 mil de unidades económicas durante 2021, las cuales representan el 0.6% del total nacional (INEGI, 2021). Los principales Centros de Carga pertenecen a la industria minera y al Aeropuerto. La captación de IED en 2021 representó el 3.8% del total nacional.

El Sistema Baja California Sur sólo se compone de dos zonas. La zona La Paz representa el 95.0% de la demanda máxima mientras, que la zona Mulegé el 5.0% restante. La primera, registró una tasa de crecimiento anual durante 2021 de 6.0% mientras que, la segunda, de 2.4%

Se pronostica que en el periodo 2022 – 2036, el PIB del Sistema Baja California Sur tenga un crecimiento promedio anual de 3.8% y que su porcentaje de participación en la economía nacional se incremente ligeramente en 2036 (de 0.8% a 0.9%).

En cuanto a los Usuarios Finales, se prevé que en el mismo periodo decrezcan en promedio 0.1 por ciento cada año. Para este mismo periodo, al analizar el crecimiento esperado de la demanda máxima, las zonas La Paz y Mulegé podrían crecer a una tasa anual de 3.1% y 2.4%, respectivamente.

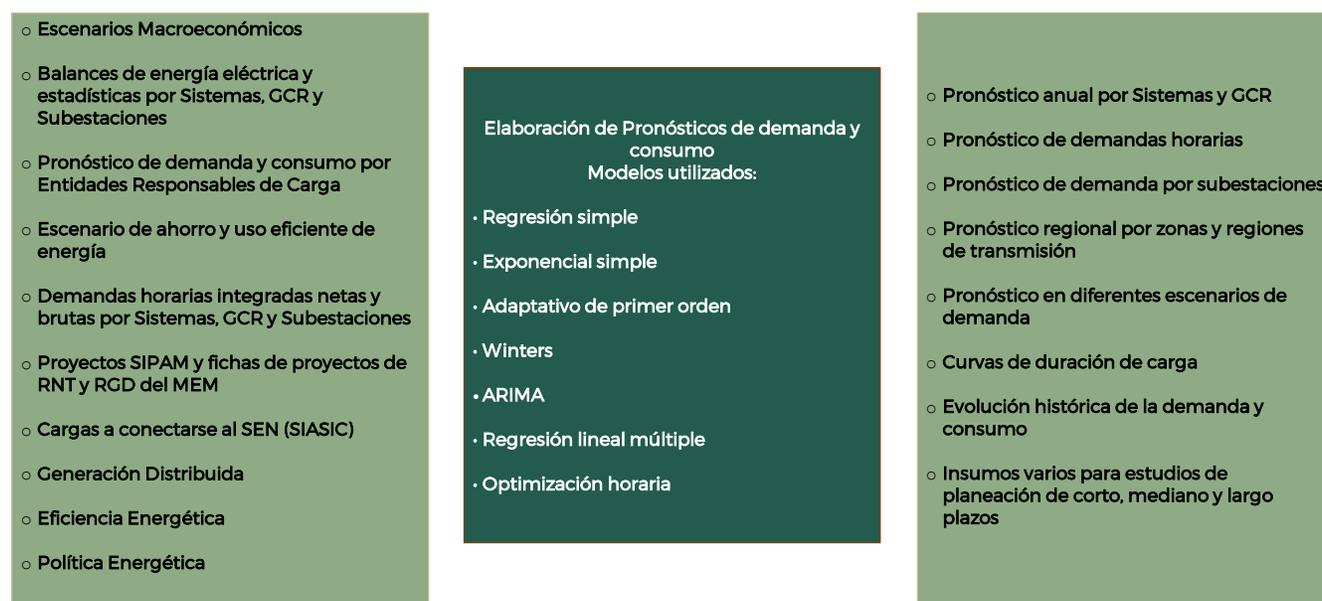




También se lleva a cabo el estudio de la demanda: demandas horarias de las GCR, demandas máximas integradas e instantáneas, demanda máxima en bancos de transformación de alta a media tensión, así como el comportamiento histórico de los factores de carga. Con lo anterior, se obtienen las estimaciones para la demanda máxima integrada anual –aplicado a la energía bruta regional de las GCR y los factores de carga correspondiente–.

Finalmente, la demanda máxima integrada anual del SIN – GCR CEL, ORI, OCC, NOR, NTE, NES y PEN– se refiere al valor máximo en una hora específica del año, se obtiene con las demandas coincidentes de las GCR en esa misma hora. Esta demanda es menor que la suma de las demandas máximas anuales de cada una de las GCR, por ocurrir dichas demandas en fechas y horas diferentes.

FIGURA 6.12 PROCESO DE PRONÓSTICO DE DEMANDA Y CONSUMO DE ENERGÍA



FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE



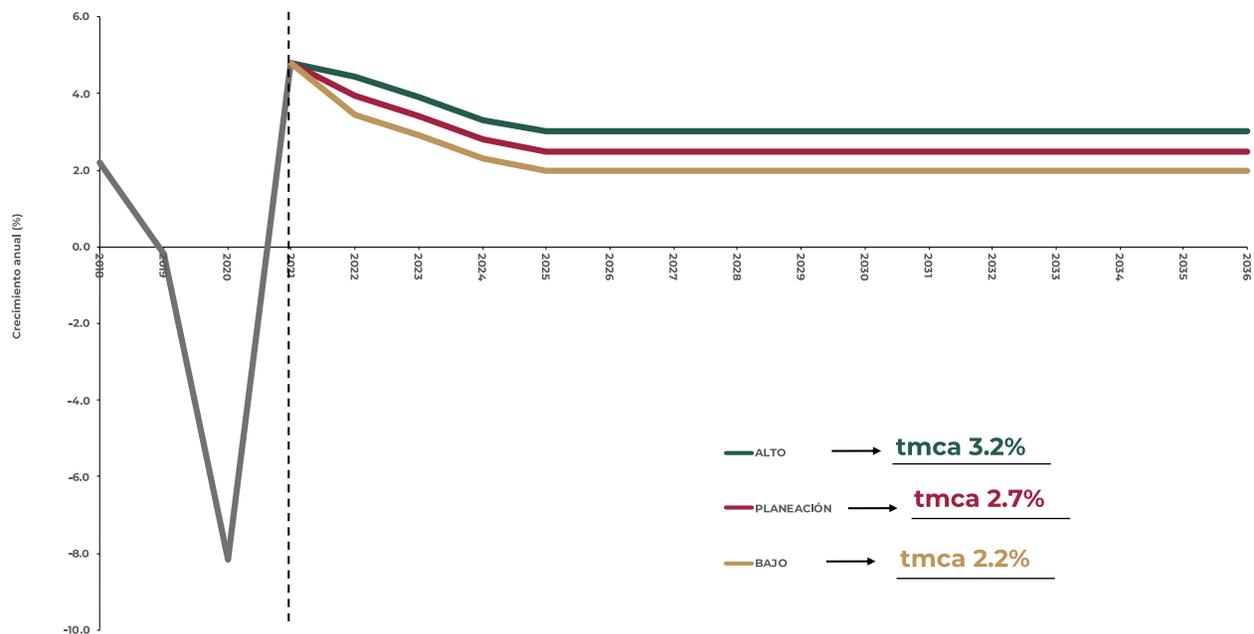
## 6.12 ESCENARIO MACROECONÓMICO 2022-2036

El pronóstico del PIB por escenarios se presenta en la Figura 6.13 con tasas de crecimiento anual para los próximos 15 años. El PIB nacional contempla una tmca de 2.7% en el escenario de Planeación, y para los escenarios Alto y Bajo de 3.2% y 2.2%, respectivamente. Dichas proyecciones son considerando la Contingencia Sanitaria y una

recuperación posterior a esta para los tres escenarios.

En el periodo 2022 – 2036, se estima que el PIB del sector Agrícola crecerá en promedio 2.4%, mientras que el sector Industrial y Servicios lo harán a una tasa de 2.7%. En la composición sectorial del PIB, se prevé que, en 2036, el sector Agrícola represente el 3.4% del PIB Nacional, mientras que, el Industrial y los Servicios integrarán el 29.9% y 66.7%, respectivamente.

FIGURA 6.13 ESCENARIOS DEL PIB NACIONAL, 2022-2036



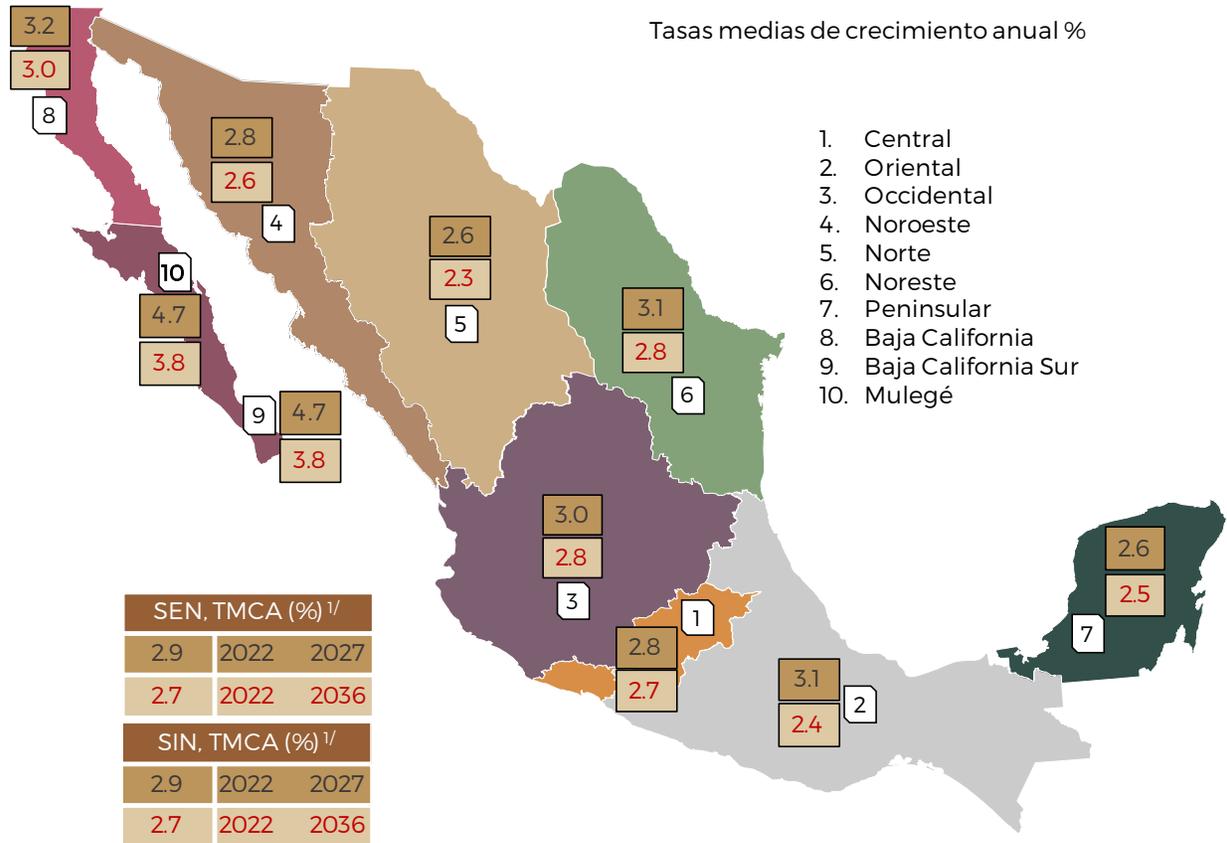
FUENTE: Elaborado por SENER

El pronóstico de crecimiento del PIB presenta un comportamiento diferenciado entre el mediano y largo plazos, ya que, en este último, la incertidumbre es mayor. Por GCR y para el periodo 2022 – 2027, se espera que los SIBCS y SIN presenten la mayor tmca con 4.7% mientras que, el menor crecimiento del PIB se estima ocurrirá en las GCR Norte y Peninsular

con 2.6%. Tanto el SIN como el SEN se proyecta que crecerán un ritmo de 2.9% anual en el mismo periodo. Durante los años de 2022 – 2036, los SIBCS y SIM se prevé que continúen presentando el mayor crecimiento promedio anual (3.8%) y la GCR Norte el menor (2.3%). Para el SIN y el SEN se espera una tmca de 2.7% cada uno. Ver Figura 6.14.



FIGURA 6.14 PRONÓSTICO REGIONAL DEL PIB 2022-2027 Y 2022-2036, ESCENARIO DE PLANEACIÓN



<sup>1/</sup> tmca, año de referencia 2021.

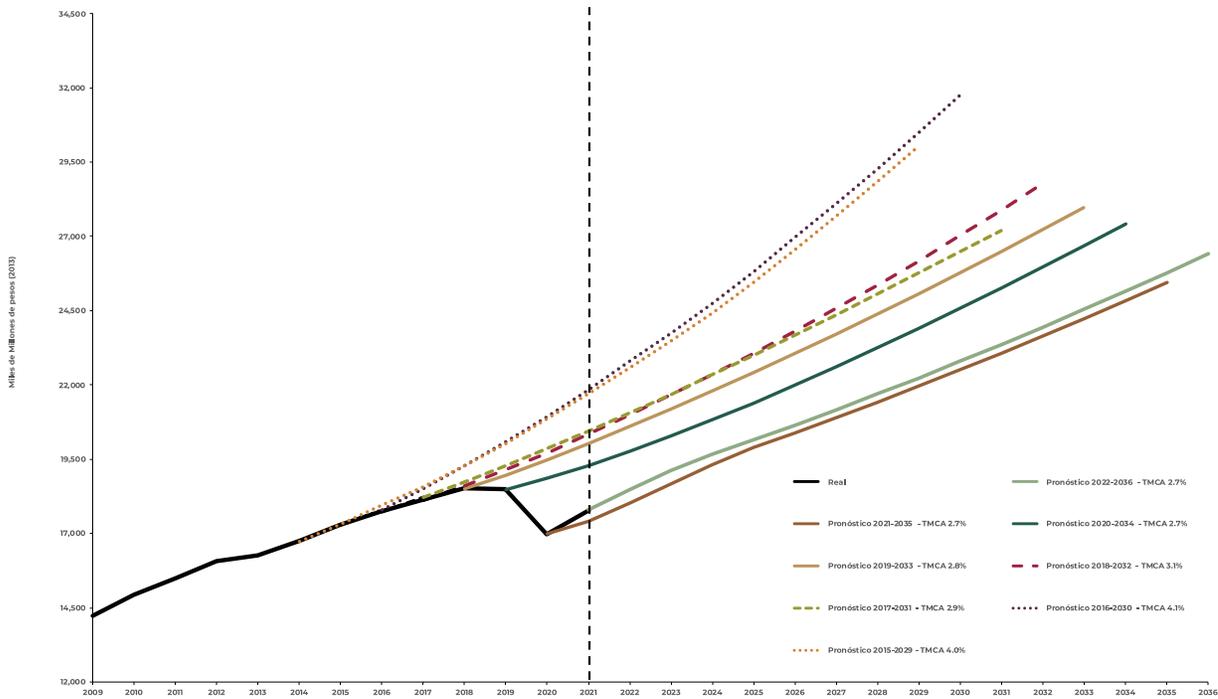
FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

En la Figura 6.15 se realiza la comparación entre las diversas trayectorias pronosticadas para el escenario de planeación del PIB de 2015 a 2022 con la evolución real que ha mostrado este indicador económico. Se observa que la evolución proyectada del PIB en los años 2015 y 2016 tenía una tendencia alta. Sin embargo, a medida que se fue presentando una disminución en la tasa de crecimiento real del PIB en los años 2017 y 2018, las trayectorias previstas se fueron ajustando a las nuevas perspectivas

económicas. En el año 2019 ya se observa una pequeña caída en el crecimiento del PIB que se acentúa en 2020 a causa de la pandemia por SARS-CoV-2 y el cierre de actividades no esenciales. Los escenarios pronosticados se adaptaron a la baja en consecuencia. A raíz de la recuperación económica observada en 2021 y adicional se espera continúe en 2022, el escenario de planeación previsto se ajusta para tratar de reflejar estas expectativas.



FIGURA 6.15 COMPARATIVO DE ESCENARIOS DEL PIB 2015 A 2022, ESCENARIO DE PLANEACIÓN



FUENTE: Elaborado por SENER

Además de las proyecciones del crecimiento del PIB, resulta relevante considerar el pronóstico del crecimiento poblacional y la cantidad de Usuarios Finales de la industria eléctrica; estas variables son consideradas en la elaboración del presente pronóstico de demanda y consumo de energía.

El pronóstico de la población para 2022 – 2036 considera una tmca de 0.7%, lo que significa que el incremento de habitantes sea alrededor de 13 millones. En el mismo sentido, los Usuarios Finales potenciales para el suministro eléctrico tendrán una tmca de 1.2%

### 6.13 CONSUMO NETO 2022 – 2036

En esta sección se mencionan algunas de las características del consumo y las proyecciones de los tres escenarios de crecimiento para los próximos 15 años. Para este ejercicio, las estimaciones de consumo consideran los escenarios Macroeconómicos 2022 – 2036, las metas relativas a disminuir las pérdidas de energía eléctrica por efecto joule en el SEN, el ahorro y uso eficiente de la electricidad, electromovilidad y la GD.

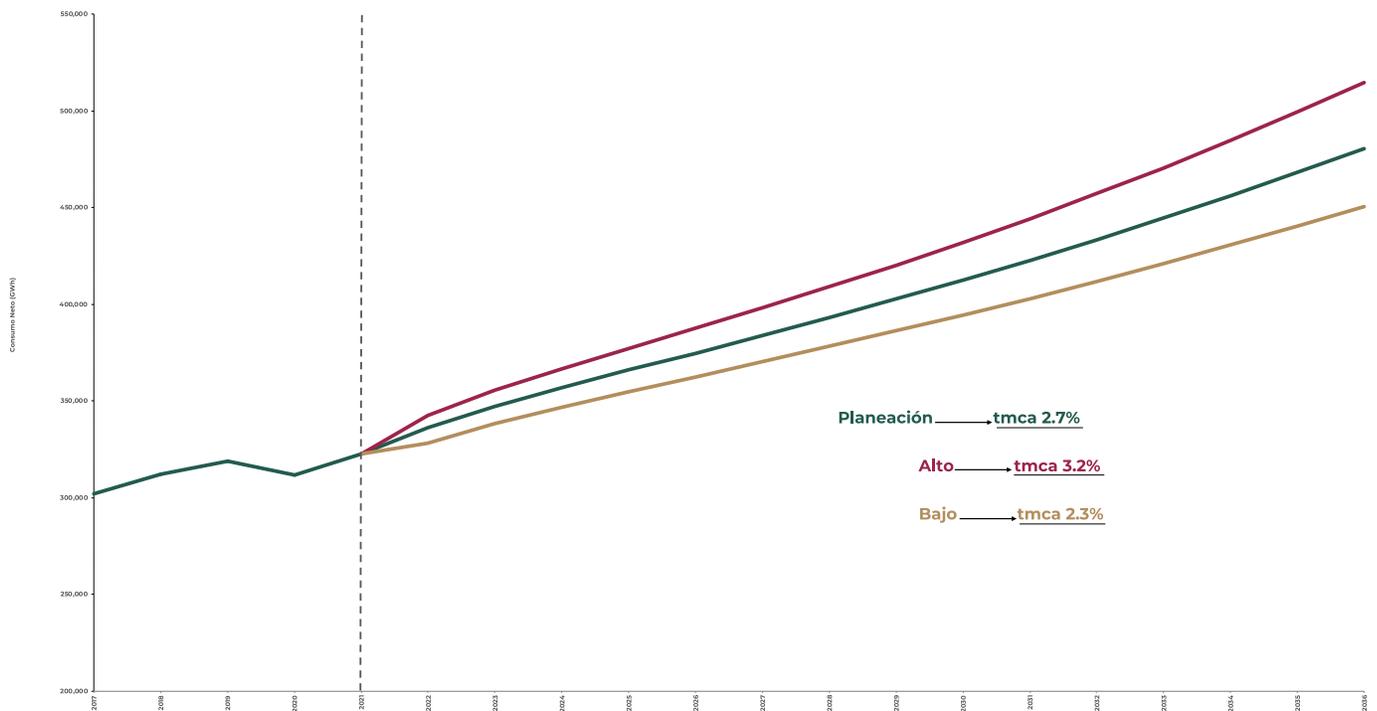
El consumo neto se integra por las ventas de energía eléctrica a través del Suministro Básico, Suministro Calificado, Suministro de Último Recurso, el autoabastecimiento remoto, la importación, las



pérdidas de energía eléctrica por efecto joule, los usos propios de los transportistas y distribuidores. El consumo neto del SEN presenta un comportamiento diferenciado a lo largo del año, mostrando una estacionalidad entre verano – en seis meses del año se presenta el 54.2% del consumo anual– , y los meses fuera de verano – se tiene el 45.8% restante– .

En la Figura 6.16 se muestra la evolución para los próximos 15 años del consumo neto del SEN de los escenarios de Planeación, Alto y Bajo. Se estima que el escenario de Planeación tenga una tmca del 2.7%, para el escenario Alto de 3.2% y el escenario Bajo 2.3% en el mismo sentido, en el Cuadro 6.5 se presenta las tasas medias de crecimiento anual de los tres escenarios para cada una de las GCR y SIN en el periodo de estudio.

FIGURA 6.16 PRONÓSTICO DEL CONSUMO NETO DEL SEN 2022-2036, ESCENARIOS DE PLANEACIÓN, ALTO Y BAJO



FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE



CUADRO 6.5 PRONÓSTICO DEL CONSUMO NETO POR GCR 2022-2046, ESCENARIOS PLANEACIÓN ALTO Y BAJO

SISTEMA / GCR	TMCA (%)		
	ALTO	PLANEACIÓN	BAJO
SEN	3.2	2.7	2.3
SIN	3.1	2.7	2.2
Central	2.4	2.0	1.6
Oriental	2.8	2.5	2.0
Occidental	3.4	2.9	2.4
Noroeste	3.1	2.5	2.1
Norte	3.0	2.5	2.0
Noreste	3.6	3.1	2.6
Peninsular	4.2	3.8	3.5
Baja California	3.7	3.1	2.6
Baja California Sur	3.8	3.5	3.2
Mulegé	2.3	2.1	2.0

**FUENTE:** Elaborado por SENER con información de CENACE

Tomando como base el escenario de Planeación, en el Cuadro 6.6 se presentan los pronósticos de

consumo neto por Sistema Interconectado y GCR para el horizonte de estudio.



CUADRO 6.6 PRONÓSTICO REGIONAL DEL CONSUMO NETO 2022-2036, ESCENARIO DE PLANEACIÓN (GWH)

AÑO / GWH	CENTRAL	ORIENTAL	OCCIDENTAL	NOROESTE	NORTE	NORESTE	PENINSULAR	BAJA CALIFORNIA	BAJA CALIFORNIA SUR	MULEGÉ	SIN	SEN
2022	59,164	53,605	72,486	26,655	30,723	60,100	14,039	16,316	2,951	159	316,772	336,199
2023	60,552	55,499	74,531	27,279	31,880	62,340	14,616	16,952	3,086	163	326,697	346,898
2024	61,712	57,117	76,512	27,990	32,693	64,159	15,491	17,559	3,222	167	335,673	356,622
2025	62,850	58,513	78,392	28,787	33,537	66,088	16,113	18,101	3,334	170	344,281	365,886
2026	64,006	59,878	80,447	29,451	34,186	67,855	16,624	18,648	3,434	174	352,447	374,703
2027	65,212	61,220	82,554	30,109	34,886	69,715	17,174	19,194	3,540	177	360,869	383,780
2028	66,385	62,609	84,798	30,784	35,590	71,653	17,751	19,712	3,651	180	369,570	393,113
2029	67,592	63,999	87,128	31,488	36,288	73,554	18,362	20,250	3,767	183	378,412	402,612
2030	68,799	65,366	89,586	32,195	37,020	75,583	19,023	20,783	3,888	186	387,573	412,430
2031	70,020	66,766	92,015	32,950	37,788	77,749	19,721	21,363	4,012	190	397,007	422,571
2032	71,283	68,260	94,664	33,864	38,573	79,953	20,422	21,936	4,143	193	407,019	433,291
2033	72,535	69,871	97,370	34,655	39,375	82,337	21,180	22,555	4,277	196	417,324	444,353
2034	73,871	71,448	100,418	35,479	40,249	84,772	21,979	23,205	4,415	200	428,216	456,035
2035	75,230	73,160	103,474	36,353	41,089	87,335	22,801	23,891	4,563	203	439,443	468,100
2036	76,521	74,873	106,746	37,258	41,997	89,957	23,667	24,597	4,715	206	451,019	480,537

FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

Dentro del proceso de planeación se realiza la estimación del consumo a mediano (n+5) y largo plazo (n+14) donde n es el año en curso. Tomando como base el escenario de planeación, se prevé que para largo plazo se presente un mayor dinamismo en el crecimiento del consumo bruto en la GCR PEN y el SIBCS con 3.8% y 3.5% respectivamente, mientras

que, la GCR con menor incremento será la CEL y el SIM con una tmca cada una de 2.0% y 2.1%. De igual forma, para el mediano plazo (periodo 2022 – 2027) se pronostica que la GCR PEN crecerá 4.0% y la GCR CEL con 2.3% serán las regiones con la tmca de mayor y de menor crecimiento, como se muestra en la Figura 6.17.



FIGURA 6.17 PRONÓSTICO REGIONAL DEL CONSUMO NETO 2022-2027 Y 2022-2036, ESCENARIO DE PLANEACIÓN



<sup>1/</sup> tmca, año de referencia 2021.

FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

A continuación, en la Figura 6.18 se presentan los escenarios de pronóstico del consumo neto para el SEN de los últimos ocho ejercicios de planeación del PRODESEN. Cada uno es representativo de acuerdo con las variables y condiciones que se tuvieron en cada año de estimación.

Se puede identificar que en los primeros dos PRODESEN 2015-2029 (trayectoria punteada color naranja) y 2016-2030 (trayectoria punteada color morado) las tmca resultantes fueron 3.6% y 3.4% derivado de las altas expectativas por las Reformas Constitucionales, sin embargo con el paso de los

años el pronóstico de consumo neto fue disminuyendo para representar de mejor forma la situación real, en consecuencia el consumo neto estimado del 2017-2031, 2018-2032 y 2019-2033 se redujo a tmca del orden de 3.0%

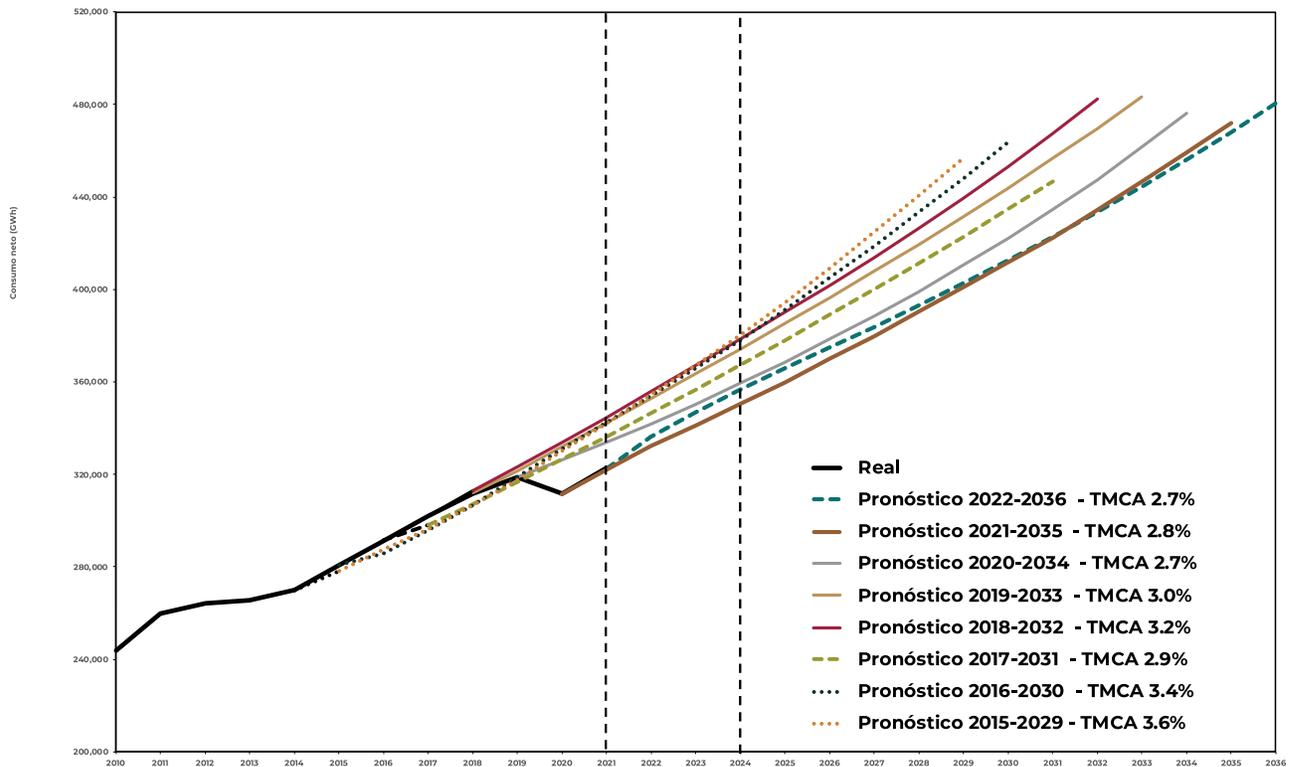
De los pronósticos del PRODESEN 2015-2029 y 2018-2032 al pronóstico de este ejercicio, para 2024 se observa una disminución en el consumo estimado de 23.5 y 22.1 TWh respectivamente con respecto al pronóstico 2022-2036.



Finalmente se aprecia también que el inicio de la Contingencia Sanitaria y su evolución en los últimos tres años tuvo un impacto atenuador en las previsiones del consumo neto de 2020-2034, 2021-2035 y 2022-2036 ubicándose en tasas de

crecimiento entre 2.7 y 2.8% el último de ellos con tendencia marcada a una recuperación acelerada en el mediano plazo y después hacia el largo plazo se observan crecimientos anuales moderados.

FIGURA 6.18 COMPARATIVO DEL PRONÓSTICO DE CONSUMO NETO DE 2015 A 2022, ESCENARIO DE PLANEACIÓN



FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

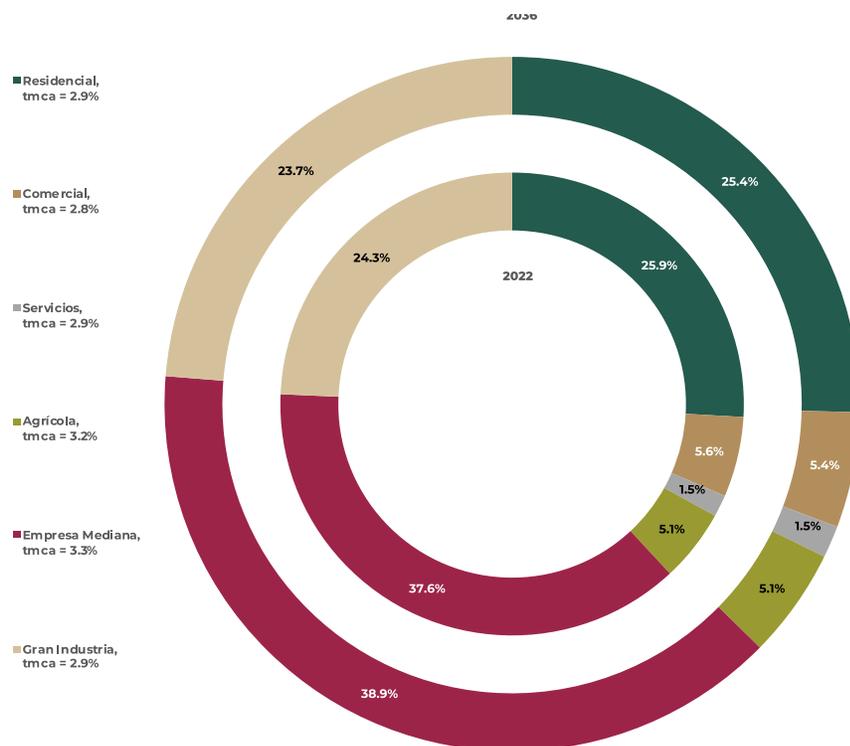
## 6.14 CONSUMO FINAL (GWH) 2022 - 2036

Se estima para este periodo de estudio un crecimiento de 3.1% en el consumo final, este valor es superior al 2.7% que se estimó para el PIB y el consumo neto. Los sectores que suponen un mayor incremento son la Empresa Mediana y Agrícola con

3.3% y 3.2%, seguido de Residencial, Gran Industria y Servicios con 2.9% y por último el sector Comercial con 2.8%. Para 2036, el sector predominante será la Empresa Mediana con 38.9% del total de consumo final del SEN, en segundo lugar, el Residencial con 25.4%, seguido de la Gran Industria con 23.7% y el resto 12.0%— Comercial, Agrícola y Servicios—, como se observa en la Figura 6.19.



FIGURA 6.19 CONSUMO FINAL DEL SEN 2022 Y 2036, ESCENARIO DE PLANEACIÓN (%)



FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

## 6.15 PÉRDIDAS DE ENERGÍA ELÉCTRICA 2022 – 2036

Las pérdidas de energía eléctrica en las redes de transmisión y distribución es uno de los mayores desafíos al que se enfrentan los suministradores, distribuidores, transportistas y operadores de un Sistema Eléctrico de Potencia. Actualmente continúa la implementación del programa de reducción de pérdidas técnicas y no técnicas. Fundamentalmente las pérdidas técnicas se conocen como la energía térmica (efecto Joule) que se desprende del paso de la electricidad a través de las líneas de transmisión y distribución, así como en los transformadores, mientras que las pérdidas no técnicas son aquellas cuando la energía se toma del sistema sin que el medidor de energía registre el

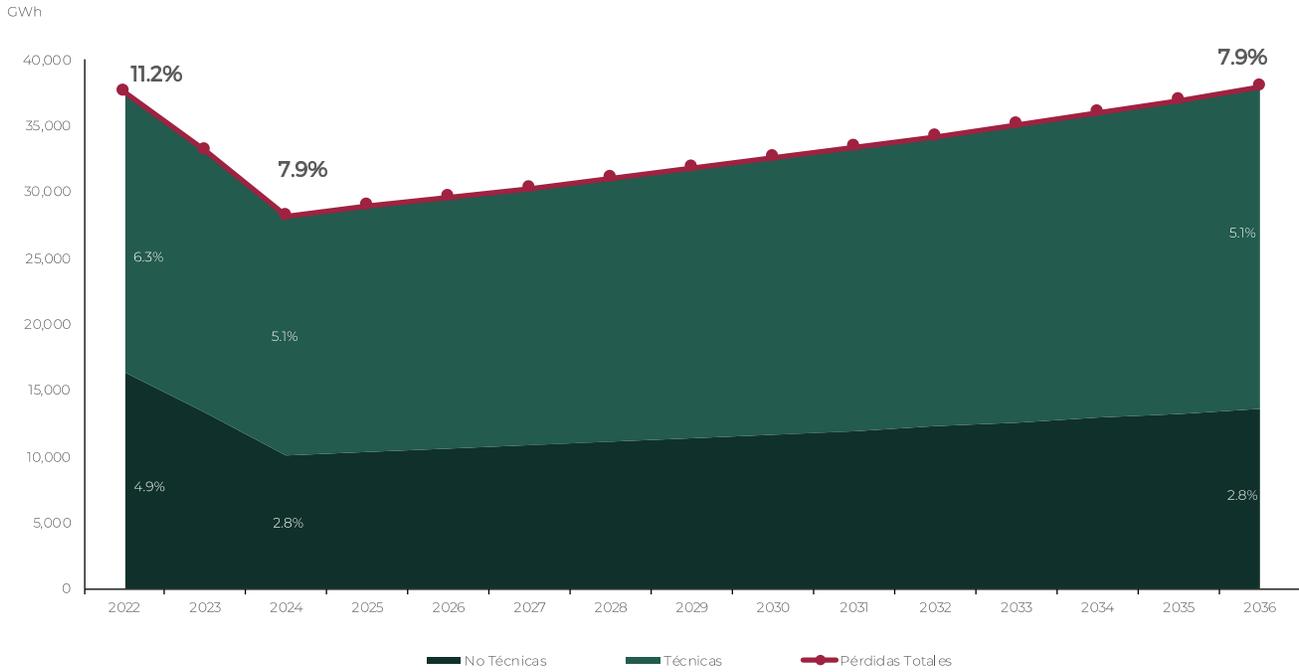
consumo, ya sea por un uso ilícito o por manipulación de los equipos de medición.

El programa de reducción de pérdidas pone un mayor énfasis en las zonas que presentan una fuerte problemática en este aspecto, a través de una mayor inversión en la infraestructura, la detección y eliminación de usos ilícitos y la modernización de sistemas de medición.

Se espera alcanzar estándares internacionales al final del periodo de las pérdidas de energía eléctrica con un 8%. En la Figura 6.20 y el Cuadro 6.7. se muestra el pronóstico de pérdidas en donde se espera que en el SEN las pérdidas de transmisión y distribución representen el 11.2% de la energía neta del sistema en el 2022, para el final del horizonte de estudio, se prevé que las pérdidas sean el 7.9% de la energía neta del sistema.



FIGURA 6.20 PRONÓSTICO REGIONAL DE PÉRDIDAS DEL SEN (GWH) 2022-2036, ESCENARIO DE PLANEACIÓN



FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

CUADRO 6.7 PRONÓSTICO REGIONAL DE PÉRDIDAS (GWH) 2022-2036, ESCENARIO DE PLANEACIÓN

AÑO / GWH	CENTRAL	ORIENTAL	OCCIDENTAL	NOROESTE	NORTE	NORESTE	PENINSULAR	BAJA CALIFORNIA	BAJA CALIFORNIA SUR	MULEGÉ	SIN	SENI/
2022	7,793	6,993	7,030	2,773	3,698	6,614	1,536	876	229	12	36,437	37,555
2023	6,448	5,866	6,603	2,514	3,204	5,936	1,388	910	240	12	31,958	33,120
2024	4,992	4,589	6,127	2,241	2,624	5,147	1,240	943	250	13	26,960	28,166
2025	5,084	4,701	6,277	2,305	2,692	5,302	1,290	972	259	13	27,651	28,895
2026	5,178	4,811	6,442	2,358	2,744	5,444	1,331	1,001	267	13	28,307	29,588
2027	5,275	4,919	6,611	2,411	2,800	5,593	1,375	1,030	275	14	28,983	30,302
2028	5,370	5,030	6,790	2,465	2,856	5,748	1,421	1,058	284	14	29,682	31,037
2029	5,468	5,142	6,977	2,521	2,912	5,901	1,470	1,087	293	14	30,391	31,785
2030	5,565	5,252	7,174	2,578	2,971	6,064	1,523	1,116	302	14	31,127	32,559
2031	5,664	5,364	7,368	2,638	3,033	6,237	1,579	1,147	312	14	31,884	33,357
2032	5,766	5,484	7,580	2,712	3,096	6,414	1,635	1,178	322	15	32,688	34,202
2033	5,868	5,614	7,797	2,775	3,160	6,606	1,696	1,211	332	15	33,515	35,073
2034	5,976	5,740	8,041	2,841	3,230	6,801	1,760	1,246	343	15	34,389	35,993
2035	6,086	5,878	8,286	2,911	3,298	7,007	1,826	1,282	354	15	35,290	36,943
2036	6,190	6,015	8,548	2,983	3,371	7,217	1,895	1,320	366	16	36,219	37,922

FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE



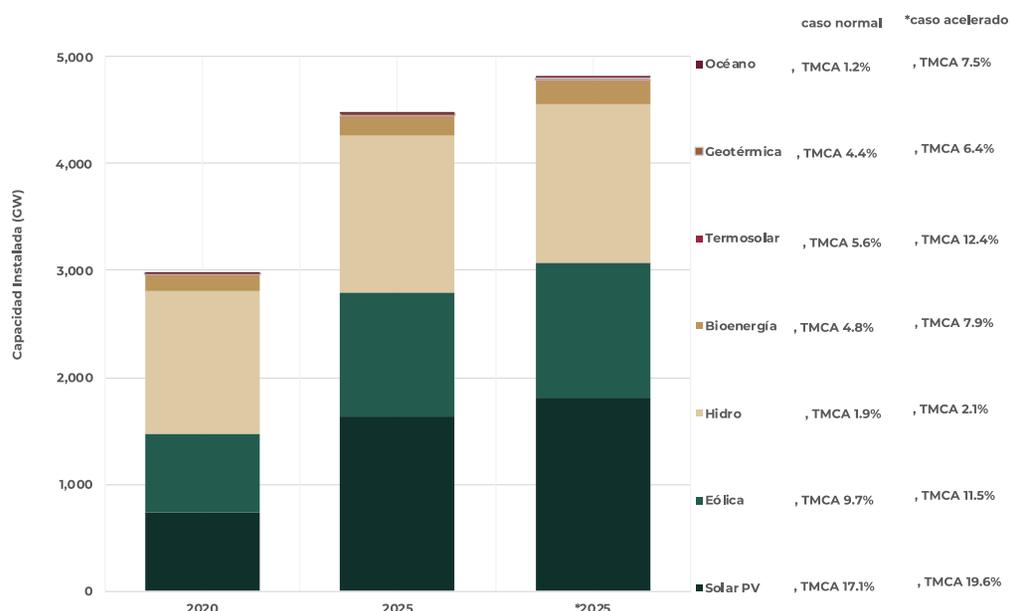
## 6.16 PROSPECTIVA DE ENERGÍAS RENOVABLES

El crecimiento de la capacidad renovable se prevé que se acelere en los siguientes 5 años, se espera que las adiciones anuales a la capacidad mundial de electricidad renovable promedien alrededor de 300 GW por año entre 2021 y 2025 en el pronóstico del caso principal<sup>27</sup> de la IEA. A nivel mundial, se pronóstica que aumente la capacidad eléctrica

renovable una tmca de 8.5% entre 2020 y 2025 y en un escenario acelerado<sup>28</sup> se ubicaría con una tmca de 10.1%.

La capacidad instalada para producir electricidad de la energía renovable FV y EO en el mundo seguirá creciendo más que las otras tecnologías renovables la tmca será de 17.1% y 9.7% respectivamente para el escenario normal y de 19.6% y 11.5% para el caso acelerado en 2025, ver Figura 6.21.

FIGURA 6.21 DISTRIBUCIÓN DE LA CAPACIDAD TOTAL (GW) MUNDIAL POR TECNOLOGÍAS RENOVABLES Y TMCA (%) 2020-2025



FUENTE: Elaborado por SENER con información de IEA

Se observa que para el 2025 los países que seguirán a la vanguardia en la utilización de energías renovables para producir electricidad son China y EE. UU.

De los siete países presentados de la Figura 6.22, cinco presentan la mayor contribución con tecnología FV con respecto a las demás tecnologías en 2025 y son: China (38.1%), EE. UU. (44.1%), India (47.3%), Alemania (45.8%) y Japón (60.2%).

<sup>27</sup><https://www-iea-org.translate.google/articles/renewables-2021-data-explorer?mode=market&region=World&publication=2021&pro>

duct=Total&x\_tr\_sl=en&x\_tr\_tl=es&x\_tr\_hl=es-419&x\_tr\_pto=sc  
<sup>28</sup> Ibidem



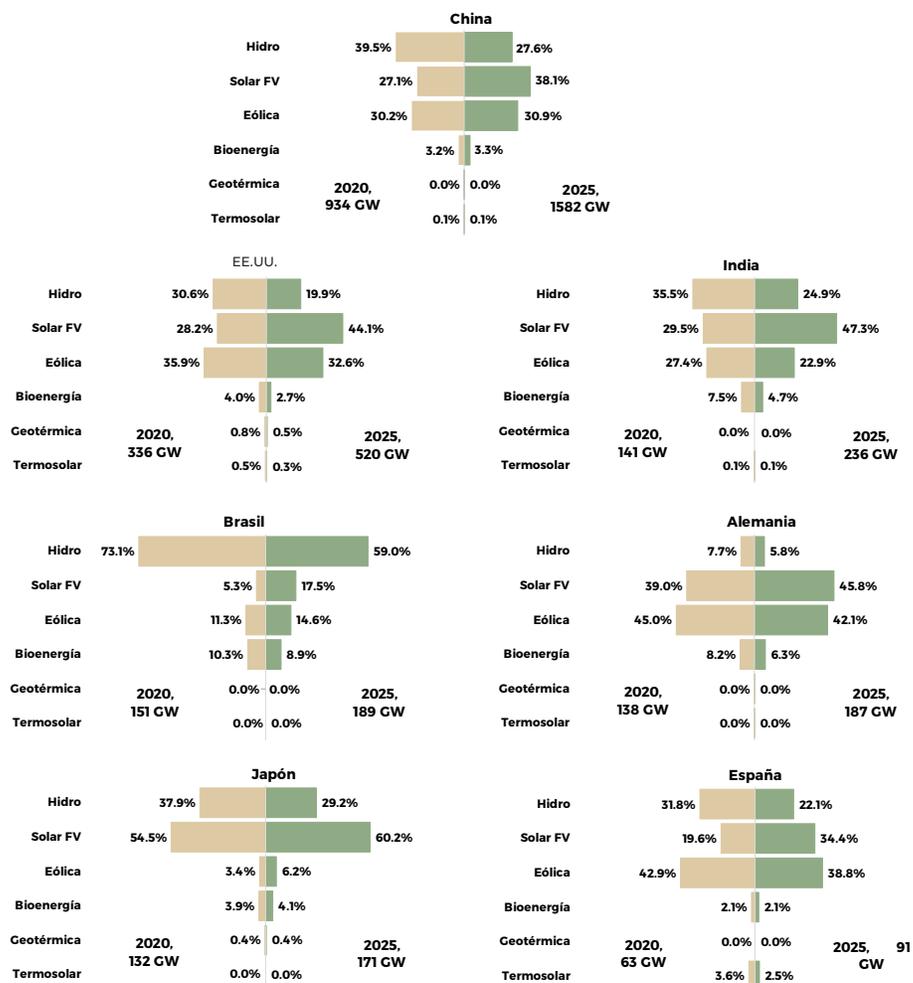
Brasil y Japón son los países que se espera tengan el incremento más alto en su participación con tecnología eólica del 2020 al 2025, al pasar el primero de 11.3 % a 14.6 % y el segundo de 3.4 % a 6.2 %. Asimismo, de los siete países presentados, Brasil contará en 2025 con la mayor proporción de capacidad instalada con tecnología de Bioenergía.

Es inminente el desarrollo en el mundo de las tecnologías renovables, el despliegue y sus

beneficios para la descarbonización hacia el 2030, se debe considerar los siguientes retos<sup>29</sup> :

- La participación de las energías renovables en la generación de electricidad debe aumentar al 65% para 2030.
- La participación de la electricidad directa en el consumo total de energía final debe aumentar del 21% al 30%
- Las energías renovables directas en los sectores de uso final deben crecer del 12% en 2019 al 19% en 2030.

FIGURA 6.22 CAPACIDAD INSTALADA POR TECNOLOGÍAS RENOVABLES, PAÍSES SELECCIONADOS 202 Y 2025



FUENTE: Elaborado por SENER con información de IEA

<sup>29</sup> World Energy Transitions Outlook, 2022



## 6.17 MOVILIDAD ELÉCTRICA 2022 - 2036

Con el propósito de contribuir con el cumplimiento de las metas de reducción de emisiones contaminantes, el Programa Especial de Cambio Climático 2021-2024, describe las siguientes acciones<sup>30</sup>:

- Elaborar y publicar la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica para impulsar y posicionar a nivel nacional la movilidad eléctrica como una alternativa viable y sostenible, con el fin de promover la mitigación de GEI y carbono negro en el sector transporte.
- Promover la inclusión de normas, lineamientos, criterios y/o guías con acciones dirigidas a la reducción de GEI en los programas de ordenamiento territorial, urbano y metropolitano, para el fortalecimiento de la resiliencia en los asentamientos humanos y el territorio.
- Fomentar, en coordinación con los estados y municipios, la construcción de sistemas de transporte colectivo.
- Impulsar e implementar proyectos de infraestructura ferroviaria para el transporte de pasajeros.
- Modificar la norma sobre emisiones de CO<sub>2</sub> aplicable a vehículos automotores nuevos de

peso bruto vehicular de hasta 3,857 kilogramos (NOM-163).

- Promover proyectos de transporte público y de carga local de bajo carbono (incluyendo la movilidad eléctrica).
- Reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y de contaminantes criterio mediante la operación del programa Transporte Limpio.
- Participar en grupos de trabajo para la instrumentación en zonas metropolitanas de proyectos de movilidad sostenible (incluyendo la eléctrica de conformidad con la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica y planes para disminuir huella de carbono de viajes al trabajo).

Para el 2036, se plantea un escenario de vehículos eléctricos ligeros, de carga y autobuses, alcanza la integración de alrededor de 4.9 millones de vehículos eléctricos<sup>31</sup>, lo que significaría el 32.3% de los vehículos automotores que se estima se comercializarán en 2036.

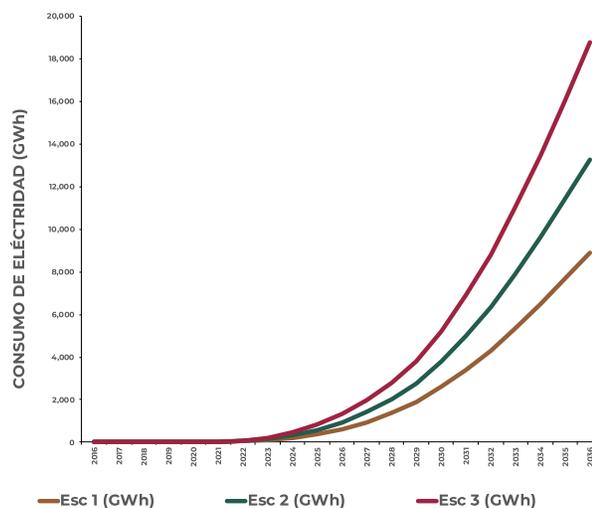
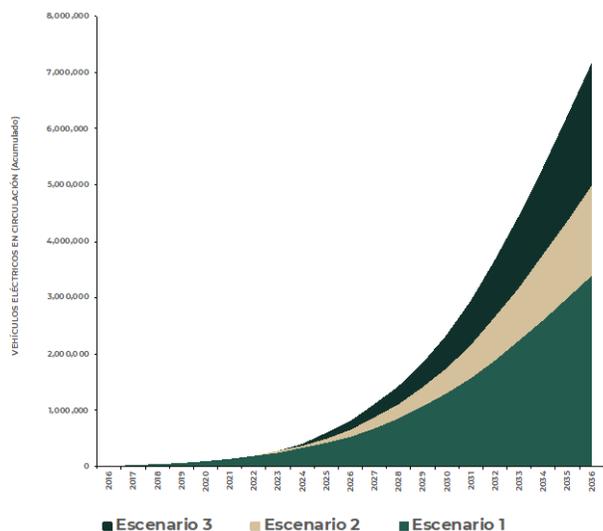
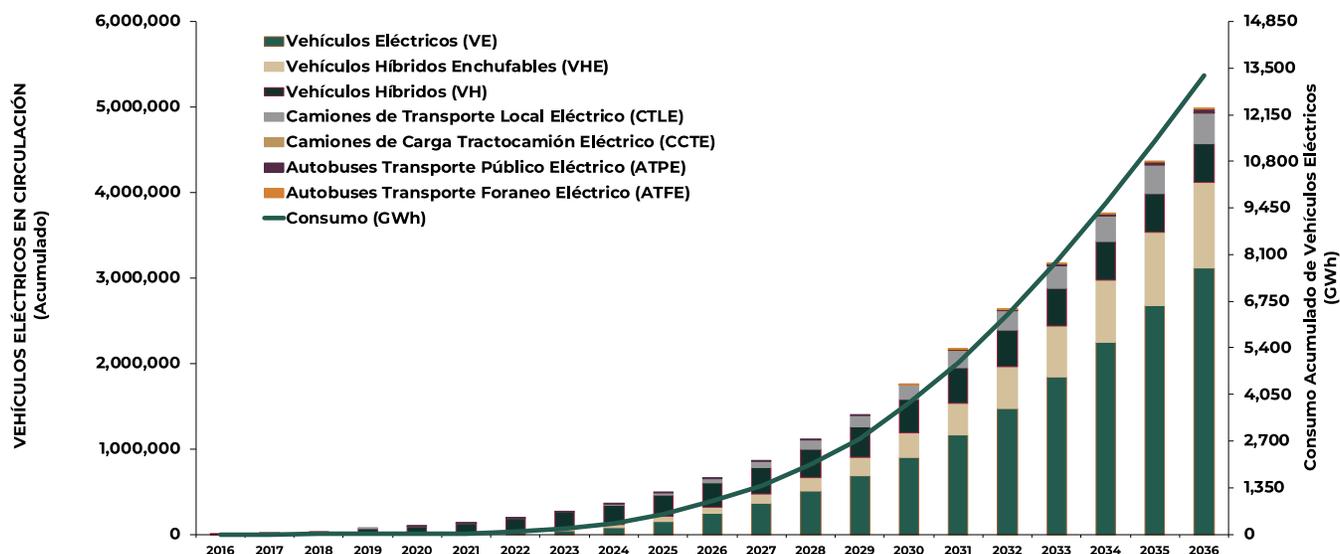
La distribución acumulada de los vehículos eléctricos en circulación para el 2036 estaría desagregada de la siguiente manera: 62.7% eléctricos, 20% híbridos enchufables, 9.2% híbridos, 7.3% eléctricos de carga ligeros, 0.8% autobuses eléctricos, 0.04% autobuses eléctricos foráneos y 0.01% de camiones de carga pesada como se muestra en la Figura 6.23.

<sup>30</sup> Ibidem

<sup>31</sup> Estimaciones con información de INEGI, SENER, CONUEE y Bloomberg.



FIGURA 6.23 EVOLUCIÓN DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS 2016-2036



FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

En lo que se refiere al consumo de energía eléctrica de este tipo de transporte VE, VH y VHE, requieren 37.4% de la energía que ocupa un vehículo a combustión interna para recorrer la misma distancia.

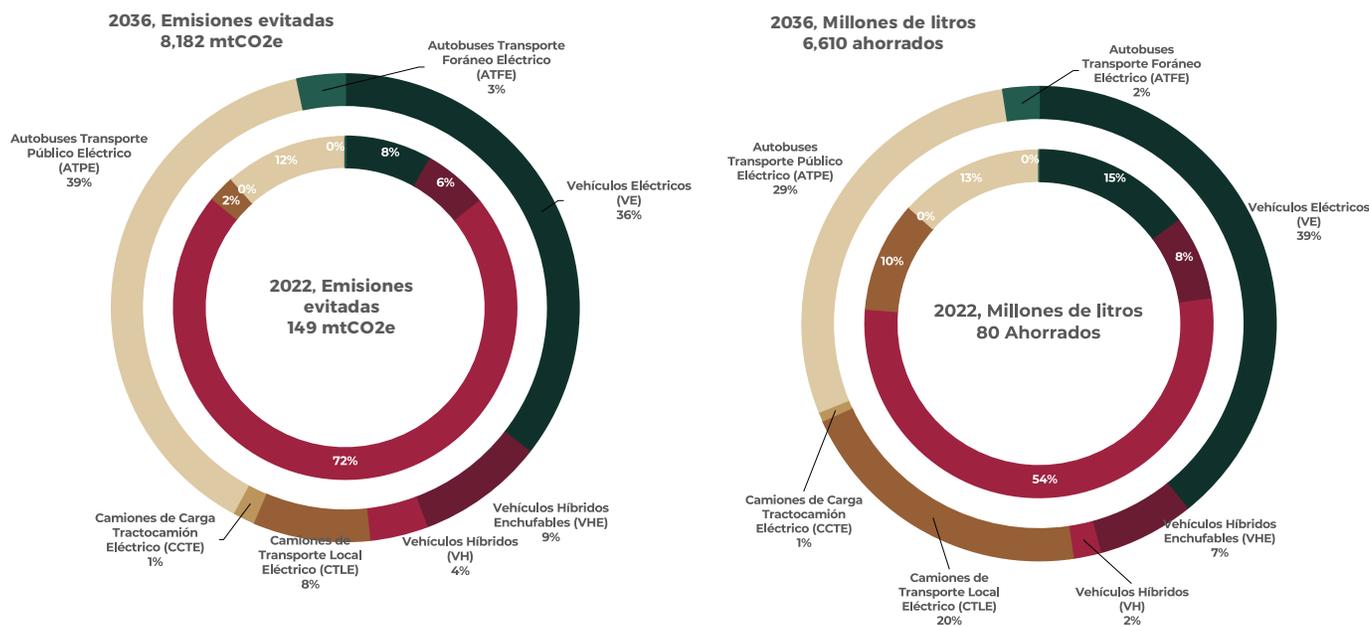
Se estima que en 2022 el consumo de energía eléctrica sea de 73 GWh, la energía requerida por este sector se irá incrementando y al final del horizonte de estudio puede alcanzar 13,283 GWh lo que representaría en 2.8% del consumo neto del SEN.



El impacto previsto por la movilidad eléctrica para el periodo 2022-2036 con relación a las emisiones evitadas, es que pasen de 149 mtCO<sub>2</sub>e (miles de toneladas de bióxido de carbono equivalente) a 8,182

mtCO<sub>2</sub>e<sup>32</sup>, mientras que, para el rubro de combustibles, se valora que de 80 millones de litros ahorrados pasen a 6,610 millones como se muestra en la Figura 6.24.

FIGURA 6.24 EMISIONES EVITADAS Y AHORRO DE COMBUSTIBLE 2022 Y 2036. ALTO Y BAJO



FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

## 6.18 GENERACIÓN DISTRIBUIDA 2022 - 2036

A continuación, se describirán dos proyecciones para los próximos 15 años, respecto al crecimiento de capacidad instalada de GD-FV, la generación aportada a las RGD y por consiguiente al SEN. El primer escenario es de planeación y el segundo escenario es asumiendo que habrá mayor dinamismo e impulso a la GD.

### 6.18.1 CAPACIDAD INSTALADA (MW) 2022 - 2036

En la Figura 6.25 se presenta la evolución de la capacidad instalada acumulada de GD-FV para los dos escenarios de crecimiento mencionados, se observa que una capacidad instalada de 2,015 MW registrada en 2021, para el 2036 se ubicará en 10,996 MW para el escenario de planeación y 16,371 MW para el escenario alternativo del SEN.

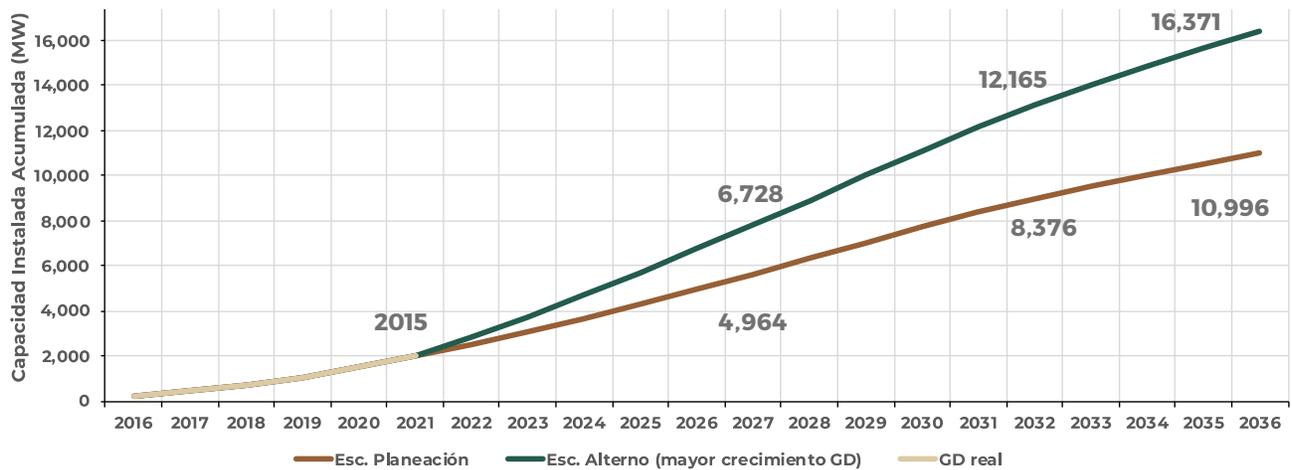
<sup>32</sup> Se realizó un análisis detallado para cada uno de los segmentos de VE, recorridos típicos, también de acuerdo con una capacidad de sustitución estimada.



La distribución de la capacidad instalada acumulada por GCR en 2036 para el escenario de planeación, se indica en la Figura 6.26. Se observa que las GCR con mayor participación son: Occidental, Noreste y Norte

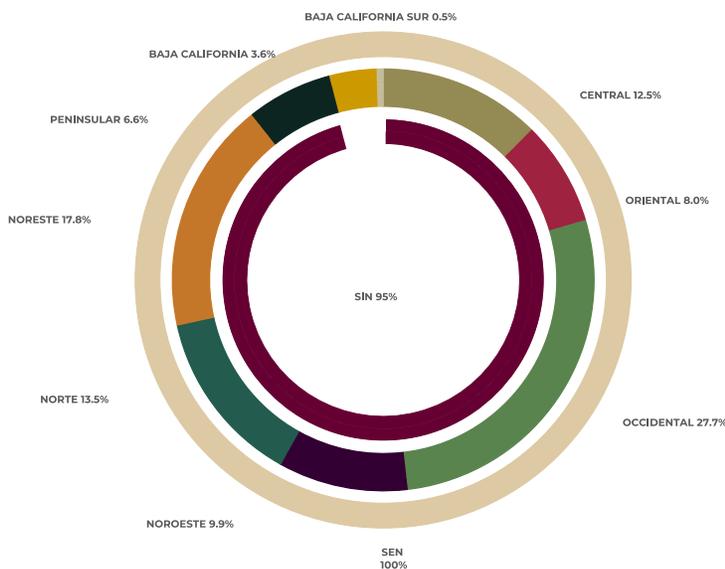
con 27.7%, 17.8% y 13.5% respectivamente, caso opuesto, las GCR con menor participación son: Baja California con 3.6% y Baja California Sur con 0.5%.

FIGURA 6.25 EVOLUCIÓN ESTIMADA DE LA CAPACIDAD INSTALADA ACUMULADA DE GENERACIÓN DISTRIBUIDA FOTOVOLTAICA 2016-2036 (MW)



FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

FIGURA 6.26 DISTRIBUCIÓN CAPACIDAD FOTOVOLTAICA INSTALADA ACUMULADA POR GCR 2036 (%), ESCENARIO DE PLANEACIÓN



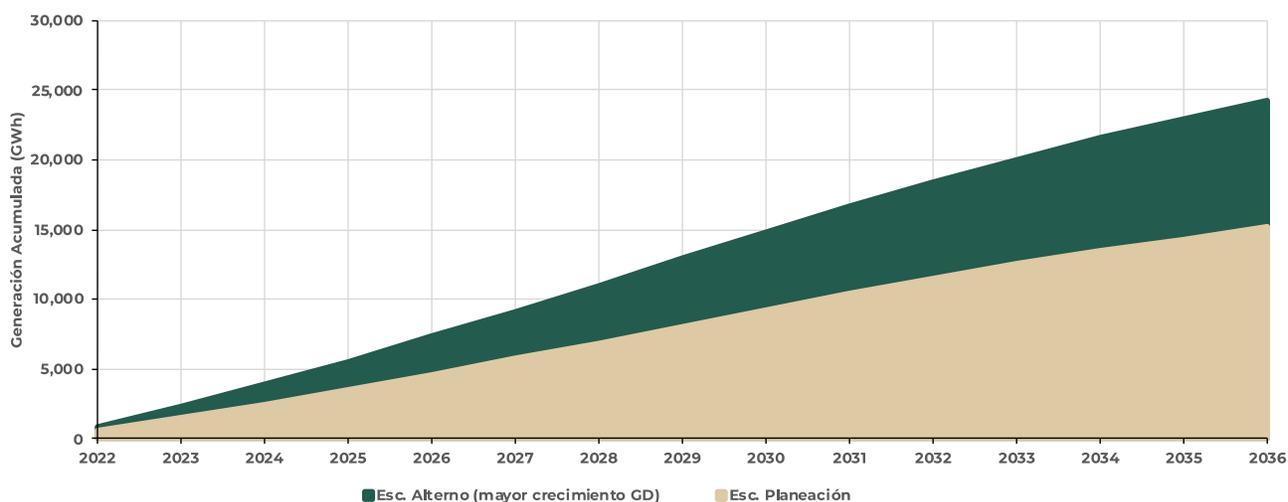
FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE



En la Figura 6.27 se presenta el comportamiento esperado de la generación de la GD-FV (GWh) en el SEN del 2022-2036 en los dos escenarios antes descritos. Se observa que para el escenario de planeación se alcanzará un valor de 15,156 GWh en

2036 y que, para el escenario con mayor crecimiento de GD-FV para ese mismo año, se ubicará con una generación de energía eléctrica de 59.8% mayor al escenario de planeación.

FIGURA 6.27 EVOLUCIÓN DE LA GENERACIÓN ANUAL ACUMULADO DE GD-FV EN EL SEN 2022-2036



FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

### 6.19 DEMANDA MÁXIMA 2022 - 2036

Históricamente la demanda máxima coincidente del SIN se registra entre los meses de junio a agosto, con mayor ocurrencia en el mes de junio. En los últimos años la hora de ocurrencia ha sido en la tarde entre las 16:00 y 17:00 horas. En el Cuadro 6.8 se enuncian los crecimientos estimados para los Sistemas Interconectados y las GCR en los tres escenarios probables.

En la Figura 6.28, se muestra el comportamiento estacional de la demanda máxima mensual por unidad del SIN del 2022, 2026, 2031 y 2036. Se observa que la máxima anual se presentará en junio, sin embargo, al final del horizonte se advierte un

cambio de comportamiento en donde las horas de la noche alcanzan valores cercanos a la demanda máxima, esto es debido al efecto conjunto de la GD-FV, movilidad eléctrica y el aprovechamiento del consumo de energía eléctrica a través del uso de tecnologías más eficientes.

Para el 2022 se espera que el impacto acumulado de la GD-FV sea del orden de 2,542 MW, mientras que en 2026 se prevé que la capacidad instalada acumulada en el SEN sea de 4,964 MW y al final del horizonte de planeación se ubique en una capacidad de 10,996 MW instalados.

La aportación máxima de GD-FV en el día que se estima se presentará la demanda máxima integrada neta del SIN en los años de estudio, se tiene valorada de la siguiente forma: para el 2022 se esperan 157



MWh/h (13:00 h), mientras que para el 2026 y 2031 se tiene estimada una participación de 1,432 MWh/h (13:00 h) y 3,305 MWh/h (13:00 h) respectivamente y para el final del horizonte se pronostica una aportación de demanda máxima integrada de GD-FV del orden de 4,835 MWh/h<sup>33</sup> (13:00h).

Con relación al día y a la hora que se estima se presentará la demanda máxima anual del SIN en la Figura 6.28, se puede apreciar la aportación de la GD-FV nueva, que no incluye el beneficio de la

capacidad instalada histórica al 2021 que sería alrededor de 900 MWh/h.

La hora de ocurrencia de la máxima integrada del SIN de 2021-2026 se presentará a las 17:00 horas y conforme avanza los años para 2031-2036 la máxima se desplaza a las 18:00 horas, lo anterior por la influencia de la GD-FV, así también las demandas máximas nocturnas al final del horizonte de planeación son muy similares en magnitud a la máxima de las 18:00 horas.

**CUADRO 6.8 PRONÓSTICO DE LA DEMANDA INTEGRADA POR GCR 2022-2036, ESCENARIOS PLANEACIÓN, ALTO Y BAJO**

SISTEMA / GCR	TMCA (%)		
	ALTO	PLANEACIÓN	BAJO
SEN <sup>1/</sup>	3.2	2.8	2.3
SIN	3.2	2.7	2.3
Central	2.4	2.0	1.6
Oriental	3.0	2.6	2.2
Occidental	3.6	3.0	2.6
Noroeste	3.3	2.8	2.4
Norte	2.9	2.4	1.9
Noreste	3.7	3.2	2.8
Peninsular	4.5	4.1	3.8
Baja California	3.5	2.9	2.4
Baja California Sur	3.9	3.6	3.3
Mulegé	2.3	2.2	2.1

<sup>1/</sup> Suponiendo la interconexión eléctrica de todas las GCR.

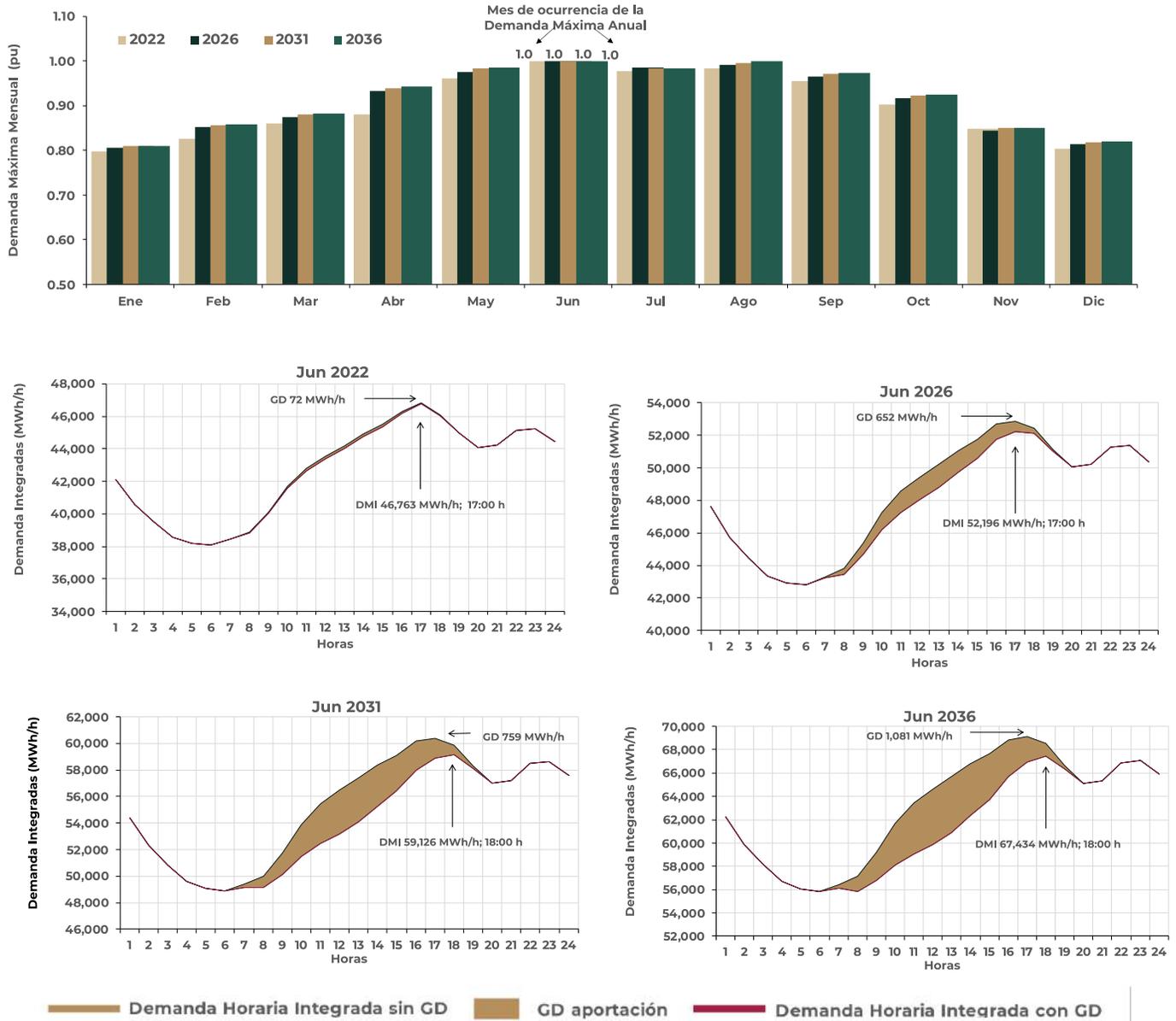
**FUENTE:** Elaborado por SENER con información de CENACE

<sup>33</sup> Para la elaboración del perfil horario por unidad de la GD para cada una de las 150 zonas que integran el SEN fue usado un software especializado denominado Renewables.ninja que

permite obtener una mejor aproximación al perfil de GD FV por zona.



FIGURA 6.28 COMPORTAMIENTO ESTACIONAL DE LA DEMANDA MÁXIMA MENSUAL (PU) Y DEMANDA HORARIO INTEGRADA EN LA OCURENCIA DE LA MÁXIMA ANUAL DEL SIN 2022, 2026, 2031 Y 2036, ESCENARIO DE PLANEACIÓN



Nota: El área café es el impacto de la GD-FV a partir de 2022, la capacidad instalada actual ya tuvo su impacto en el pronóstico y series de tiempo.

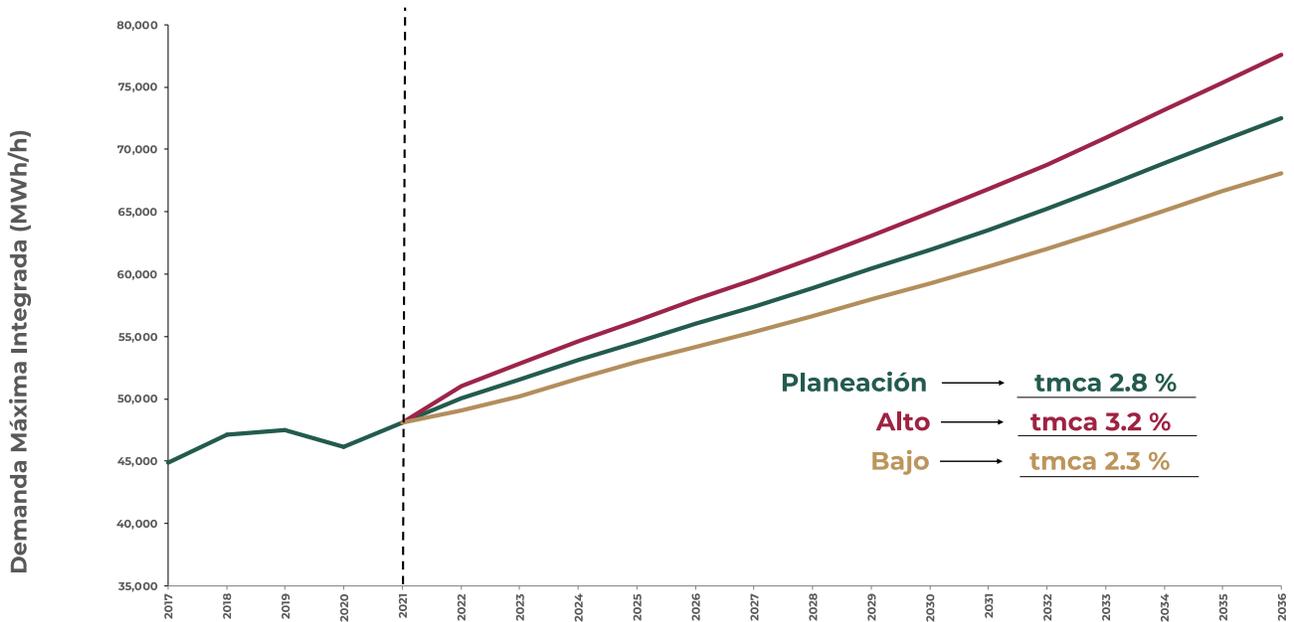
FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE

De acuerdo con las estimaciones de la demanda máxima integrada para el SEN se proyectó una tmca del 2.8% para el horizonte de Planeación, 3.2% para

el escenario Alto y 2.3% para el escenario Bajo. En la Figura 6.29 se presentan los crecimientos del SEN para el escenario Alto, Planeación y Bajo.



FIGURA 6.29 PRONÓSTICO DE LA DEMANDA MÁXIMA INTEGRADA NETA DEL SEN <sup>1/</sup>2022-2036, ESCENARIO DE PLANEACIÓN, ALTO Y BAJO (MWH/H)



<sup>1/</sup> Suponiendo la interconexión eléctrica de todas las GCR.  
**FUENTE:** Elaborado por SENER con información de CENACE

Tomando como base el escenario de Planeación, en el Cuadro 6.9, se presentan los pronósticos de demanda máxima integrada por Sistema Interconectado y GCR.



CUADRO 6.9 PRONÓSTICO REGIONAL DE LA DEMANDA MÁXIMA INTEGRADA NETA 2022-2036, ESCENARIO DE PLANEACIÓN (MWH/H)

AÑO / MWH/H	CENTRAL	ORIENTAL	OCCIDENTAL	NOROESTE	NORTE	NORESTE	PENINSULAR	BAJA CALIFORNIA	BAJA CALIFORNIA SUR	MULEGÉ	SIN	SEN
2021	8,439	7,943	10,370	5,418	5,141	10,069	2,311	3,316	576	32	46,763	50,036
2022	8,667	8,211	10,667	5,624	5,365	10,507	2,416	3,450	601	33	48,151	51,567
2023	8,908	8,471	10,998	5,823	5,512	10,857	2,600	3,583	630	33	49,495	53,100
2024	9,148	8,702	11,345	6,002	5,655	11,100	2,712	3,653	658	34	50,846	54,570
2025	9,381	8,935	11,796	6,186	5,782	11,400	2,834	3,751	674	35	52,196	56,030
2026	9,551	9,172	12,031	6,369	5,883	11,680	2,948	3,835	693	36	53,437	57,378
2027	9,705	9,407	12,394	6,572	6,031	12,009	3,054	3,963	714	36	54,813	58,848
2028	9,878	9,649	12,770	6,707	6,194	12,453	3,166	4,087	735	37	56,302	60,450
2029	10,040	9,882	13,138	6,872	6,290	12,780	3,284	4,206	757	38	57,693	61,978
2030	10,208	10,110	13,553	6,995	6,426	13,152	3,394	4,311	780	38	59,126	63,531
2031	10,382	10,359	13,985	7,252	6,555	13,518	3,514	4,430	804	38	60,670	65,215
2032	10,562	10,618	14,447	7,438	6,648	14,021	3,627	4,550	831	39	62,333	67,016
2033	10,759	10,875	14,860	7,578	6,836	14,533	3,751	4,652	857	40	64,034	68,886
2034	10,961	11,142	15,364	7,728	7,042	14,926	3,887	4,750	886	40	65,758	70,728
2035	11,148	11,405	15,910	7,879	7,147	15,355	4,042	4,852	916	41	67,434	72,518

<sup>v</sup> Suponiendo la interconexión eléctrica de todas las GCR.

**FUENTE:** Elaborado por SENER con información de CENACE

En la Figura 6.30, se muestra de forma geográfica y porcentual, el pronóstico para dos horizontes, 2022 – 2027 y 2022 – 2036 para cada GCR y SIN. Para el largo plazo, se prevé un dinamismo mayor para la GCR PEN con una tmca de 4.1%, seguido del SIBCS

con 3.6%, y con menor crecimiento la GCR CEL con 2.0%. Para el mediano plazo 2022 – 2027 las GCR PEN, el SIBCS y la GCR NES, crecerán por arriba de 3.4%, mientras la GCR CEL crecerá al 2.4%.



FIGURA 6.30 PRONÓSTICO REGIONAL DE LA DEMANDA MÁXIMA 2022-2027 Y 2022-2036, ESCENARIO DE PLANEACIÓN



<sup>1/</sup> tmca, año de referencia 2021

<sup>2/</sup> Suponiendo la interconexión eléctrica de todas las GCR.

FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE.

A continuación, en la Figura 6.31 se presentan los escenarios de pronóstico de la demanda máxima integrada neta para el SEN de los últimos ocho ejercicios de planeación del PRODESEN. Cada uno es representativo de acuerdo con las variables y condiciones que se tuvieron en cada año de estimación.

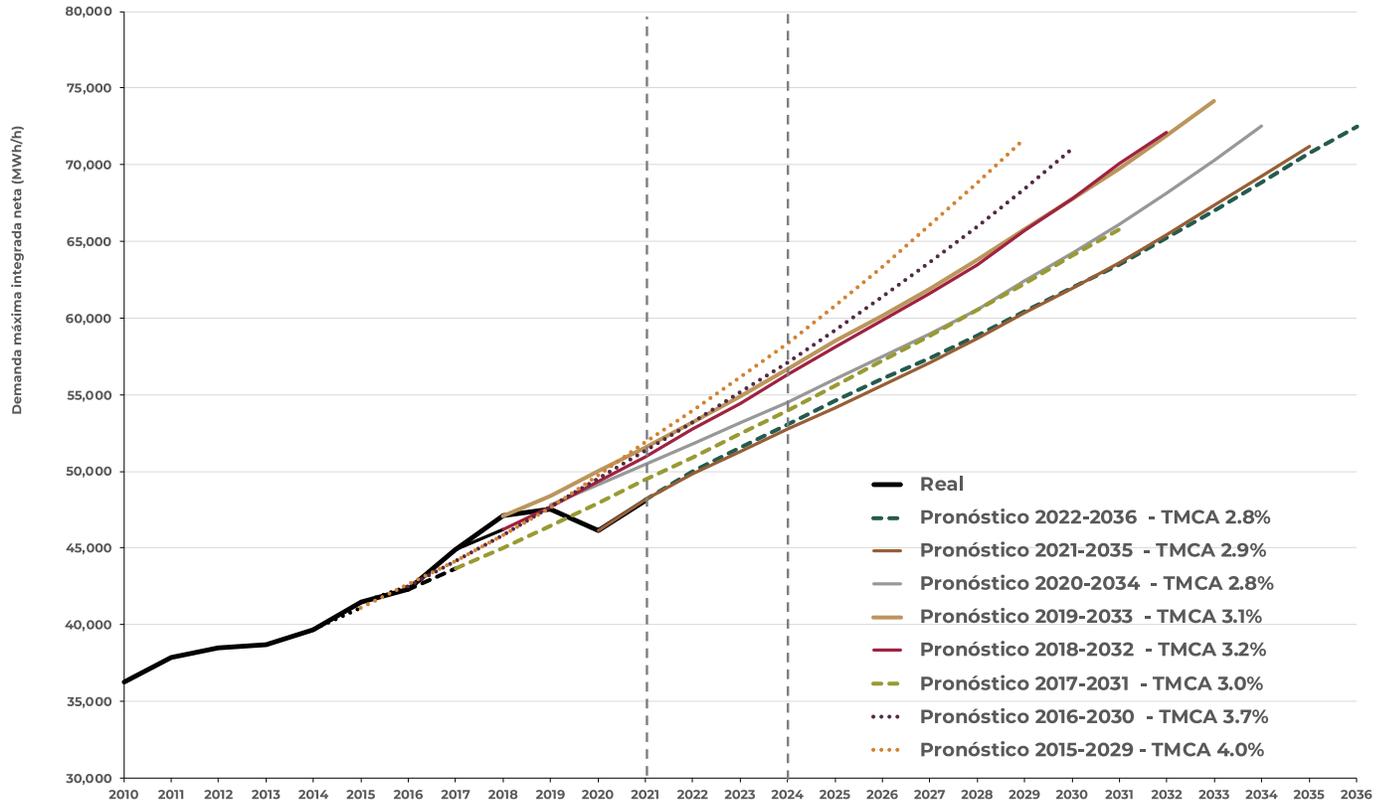
Se puede identificar que en los primeros dos PRODESEN 2015-2029 (trayectoria punteada color naranja) y 2016-2030 (trayectoria punteada color morado) las tmca resultantes fueron 4.0% y 3.7% derivado de las altas expectativas de crecimiento de las Reformas constitucionales, sin embargo con el paso de los años el pronóstico de consumo neto fue

disminuyendo para representar de mejor forma la situación real, en consecuencia el consumo neto estimado del 2017-2031, 2018-2032 y 2019-2033 se redujo a tmca del orden de 3.1%.

Finalmente se aprecia también que el inicio de la Contingencia Sanitaria y su evolución en los últimos tres años tuvo un impacto atenuador en las previsiones del consumo neto de 2020-2024, 2021-2035 y 2022-2036 ubicándose en tasas de crecimiento entre 2.8 y 2.9% el último de ellos con tendencia marcada a una recuperación acelerada en el mediano plazo y después hacia el largo plazo se observan crecimientos anuales moderados.



FIGURA 6.31 COMPARATIVO DEL PRONÓSTICO DE LA DEMANDA MÁXIMA INTEGRADA NETA DEL SEN<sup>1/</sup> 2015 A 2022, ESCENARIOS DE PLANEACIÓN



<sup>1/</sup> Suponiendo la interconexión eléctrica de todas las GCR.  
FUENTE: Elaborado por SENER con información de CENACE





**Central hidroeléctrica, Peñitas, Chiapas.**  
Comisión Federal de Electricidad.