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 nucleoeléctrica,** Alto Lucero, Veracruz.
Comisión Federal de Electricidad.

ÍNDICE

1. Presentación **7**

2. Marco Legal / Marco Constitucional Y Legal **15**
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

3. La Transición Energética de México **25**
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

4. Criterios de Planeación para la Incorporación de Centrales Eléctricas del Sistema Eléctrico Nacional **35**
4.1 Introducción 37
4.2 Marco Legal 38
4.3 Criterios de Planeación 42

5. Infraestructura del Sistema Eléctrico Nacional **45**
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

6. Demanda Y Consumo 2022 -2036 **61**
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

7. Programa Indicativo Para la Instalación y Retiro de Centrales Eléctricas (PIIRCE) **113**
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_2 135
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

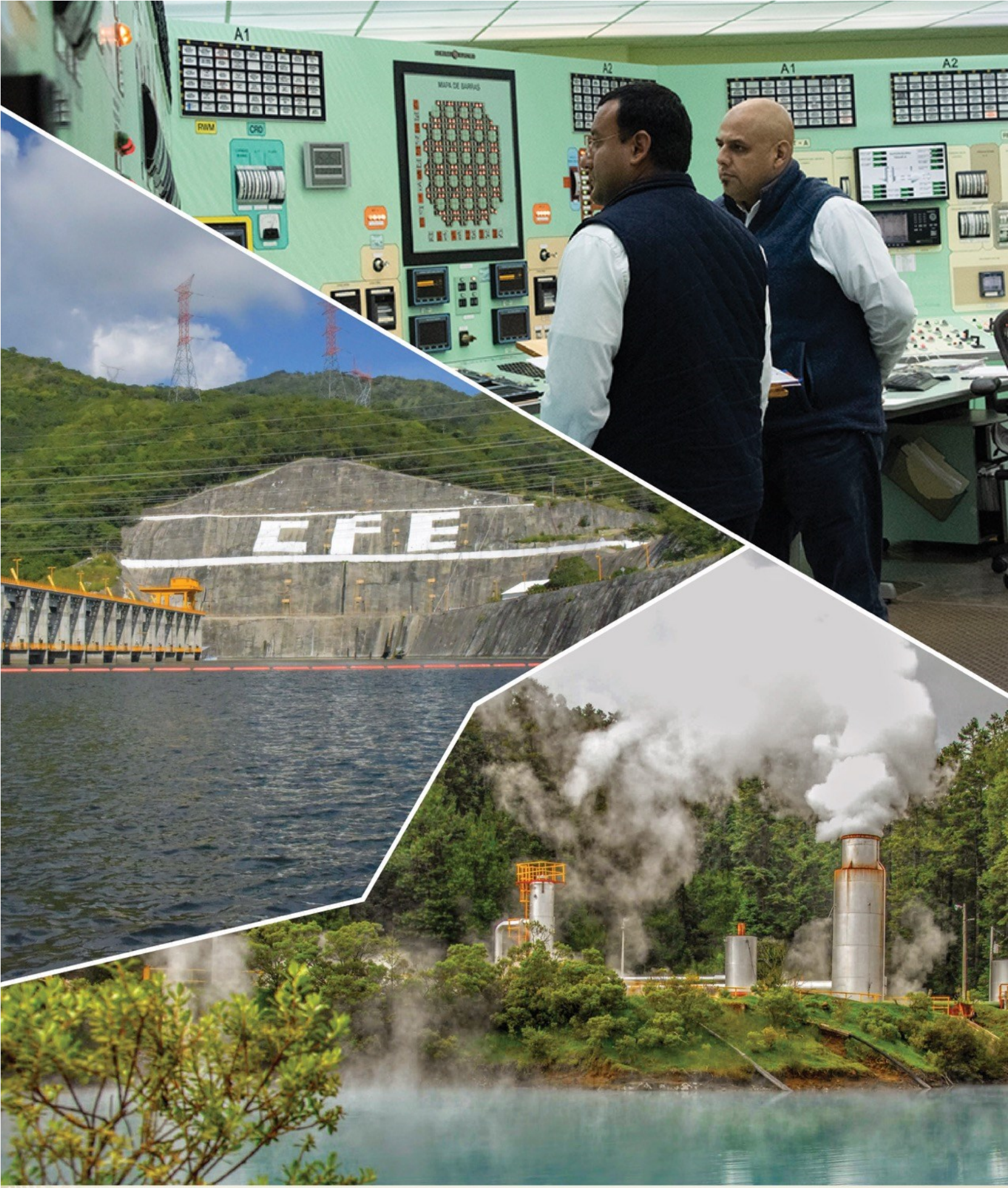
8. Programas de Ampliación y Modernización de la RNT y de los Elementos de las RGD que Correspondan al MEM **149**
8.1 Objetivos de los Proyectos de Ampliación y Modernización 151
8.2 Proceso de Ampliación de la RNT y las RGD del MEM 152
8.3 Proceso de Modernización de la RNT y las RGD del MEM 154
8.4 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

9. Programa de Ampliación y Modernización de las Redes Generales de Distribución No Correspondientes al Mercado Eléctrico Mayorista **221**
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

Anexo 1 Infraestructura del Sistema Eléctrico Nacional **243**

Anexo 2 Reporte de Avance de Energías Limpias **305**
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 nucleoeléctrica, 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_{ef} - 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 (10^9) Watt-hora, Unidad de medida de energía eléctrica

HI - Hidroeléctrica

H_2 – 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 termal 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 (10^6) 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^{12}) 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 Coucil

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