

# CENACE

CENTRO NACIONAL DE  
CONTROL DE ENERGÍA



## Planeación de la Red Nacional de Transmisión en México

Santiago de Chile, 10 de abril, 2017.



## Contenido

1. Principales funciones y responsabilidades del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE).
2. El proceso de Planeación de la Red Nacional de Transmisión (RNT), antes y después de la reforma energética.
3. Tipos de estudios para interconexión de centrales eléctricas y conexión de centros de carga.
4. Experiencias en la Planeación de la Red Nacional de Transmisión y la participación de la Secretaría de Energía (SENER) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE).
5. Proyectos de Redes Eléctricas Inteligentes derivados de la Planeación de la RNT.

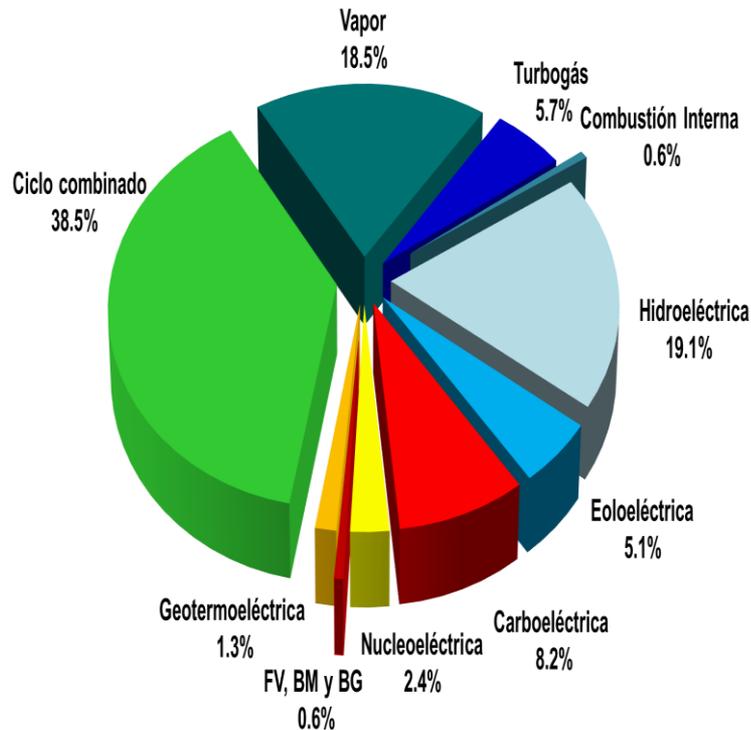
## Rol del CENACE

- ❑ **Control Operativo.** Ejercer el control operativo la red eléctrica con eficiencia y confiabilidad.
- ❑ **Mercado Eléctrico Mayorista.** Transacciones de energía, potencia y servicios conexos de generadores, importaciones, exportaciones, derechos financieros de transmisión, derechos de cobro, penalizaciones, certificados de energías limpias, etc.
- ❑ **Planeación.** Programa de ampliación y modernización de la Red Nacional de Transmisión y de las Redes Generales de Distribución del Mercado Eléctrico Mayorista a 15 años.
- ❑ **Acceso Abierto.** Estudios de requerimientos de infraestructura eléctrica por la interconexión de centrales eléctricas y conexión de centros de carga. Servicios de Transmisión.
- ❑ Cada 3 años, Programa de Redes Eléctricas Inteligentes.

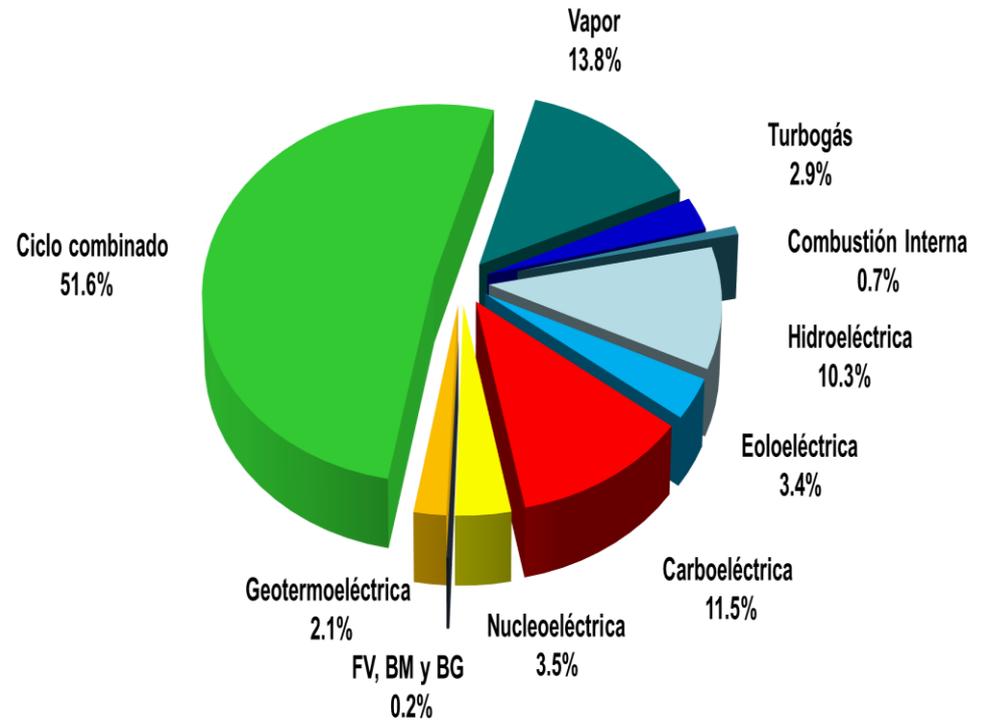


# Capacidad de generación instalada y producción de energía eléctrica en 2016

Capacidad instalada SEN 2016 (65,724 MW <sup>1/</sup>)



Producción de energía eléctrica por tipo de tecnología a diciembre de 2016 (298,427 GWh <sup>1/</sup>)



**ENERGÍA LIMPIA = 19.7 %<sup>2/</sup>**

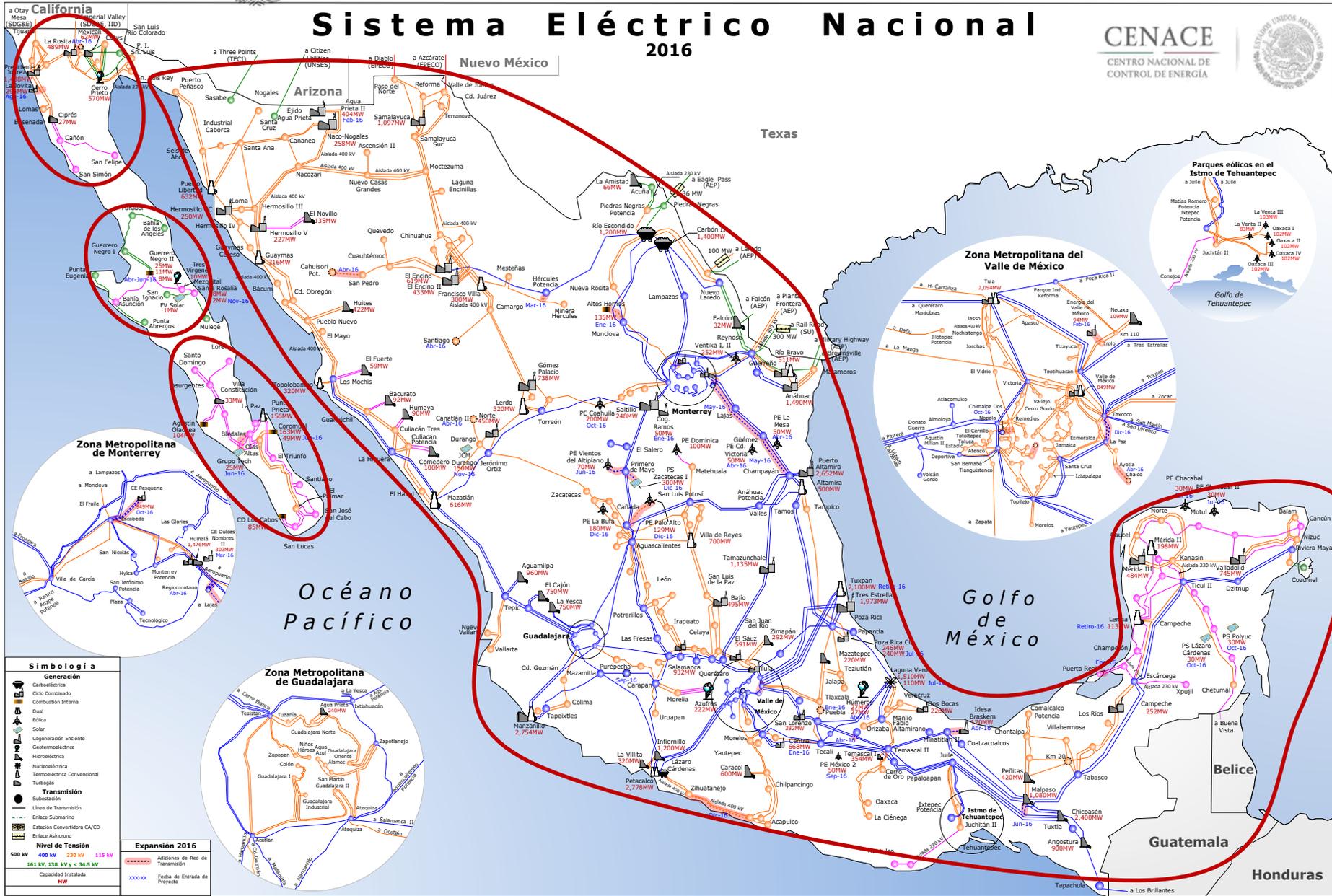
1/ Para CFE se considera la capacidad instalada bruta; para los PIE y resto de permisionarios es la establecida en los contratos de interconexión

1/ No se incluye la energía de importación de Rassiní, ni la generada por el exportador CCM Mexicali

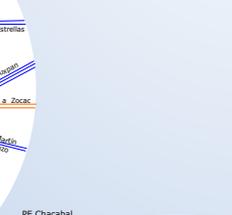
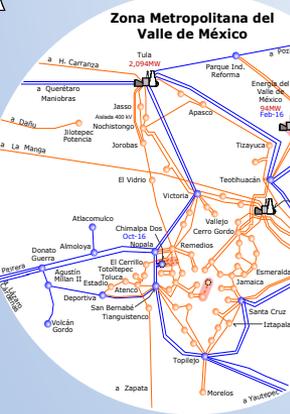
2/ En el cálculo del porcentaje de energía limpia se incluye la de cogeneración eficiente



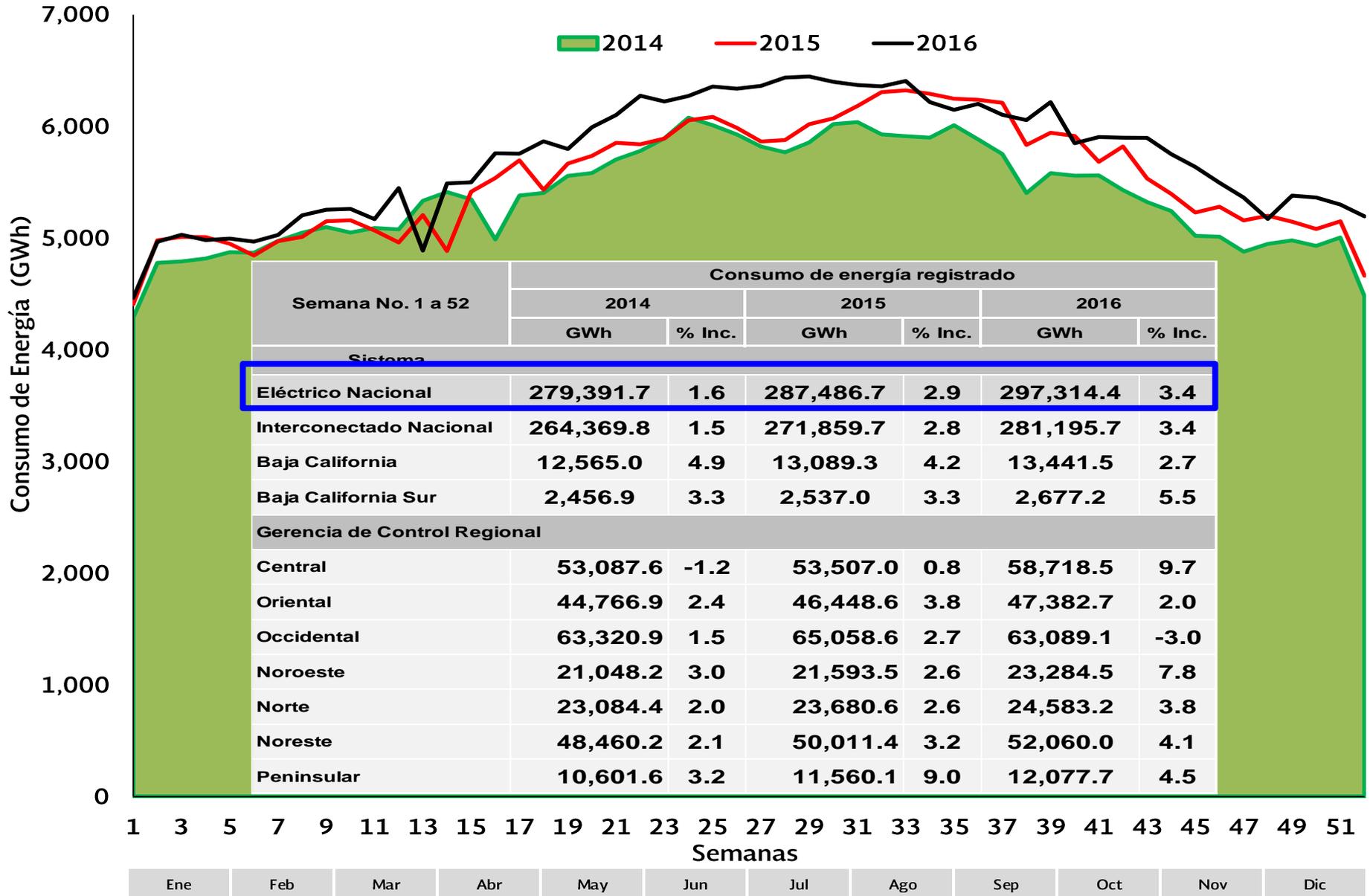
# Sistema Eléctrico Nacional 2016



Simbología	
<b>Generación</b>	
	Carbocéntrica
	Ciclo Combinado
	Combustión Interna
	Dual
	Eólica
	Solar
	Cogeneración Eficiente
	Geotermoelectrica
	Hidroeléctrica
	Nucleoeléctrica
	Termoeléctrica Convencional
	Turbinas
<b>Transmisión</b>	
	Subestación
	Línea de Transmisión
	Enlace Submarino
	Estación Convertidora CA/CD
	Enlace Aéreo
<b>Nivel de Tensión</b>	
	500 kV
	400 kV
	230 kV
	115 kV
	161 kV, 138 kV y < 34.5 kV
	Capacidad Instalada MW
<b>Expansión 2016</b>	
	Adiciones de Red de Transmisión
	Fecha de Entrada de Proyecto



# Comportamiento del consumo de energía eléctrica en el Sistema Eléctrico de México 2014, 2015 y 2016.





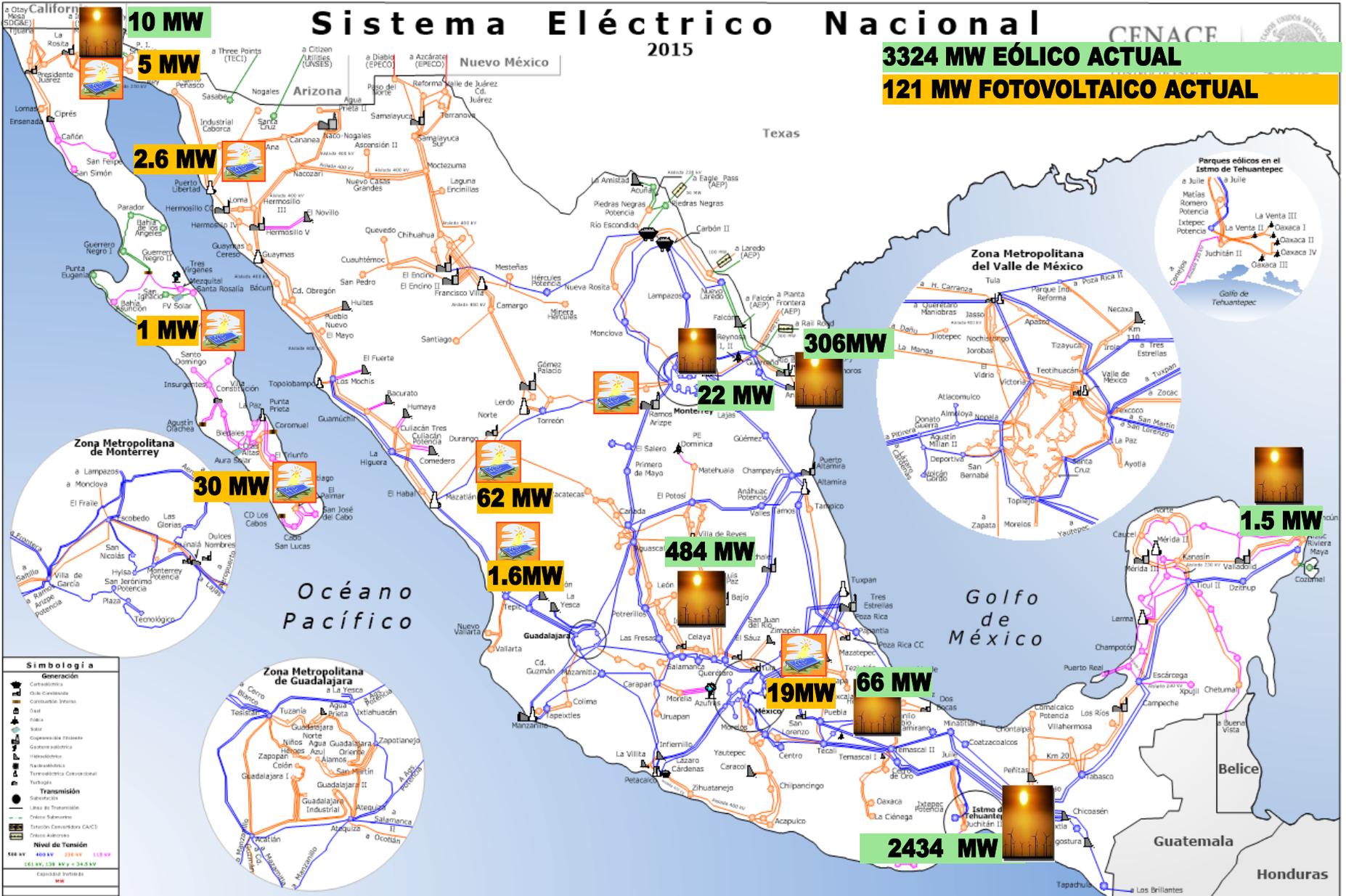
# Capacidad de Generación eólica y solar a marzo de 2017

## Sistema Eléctrico Nacional

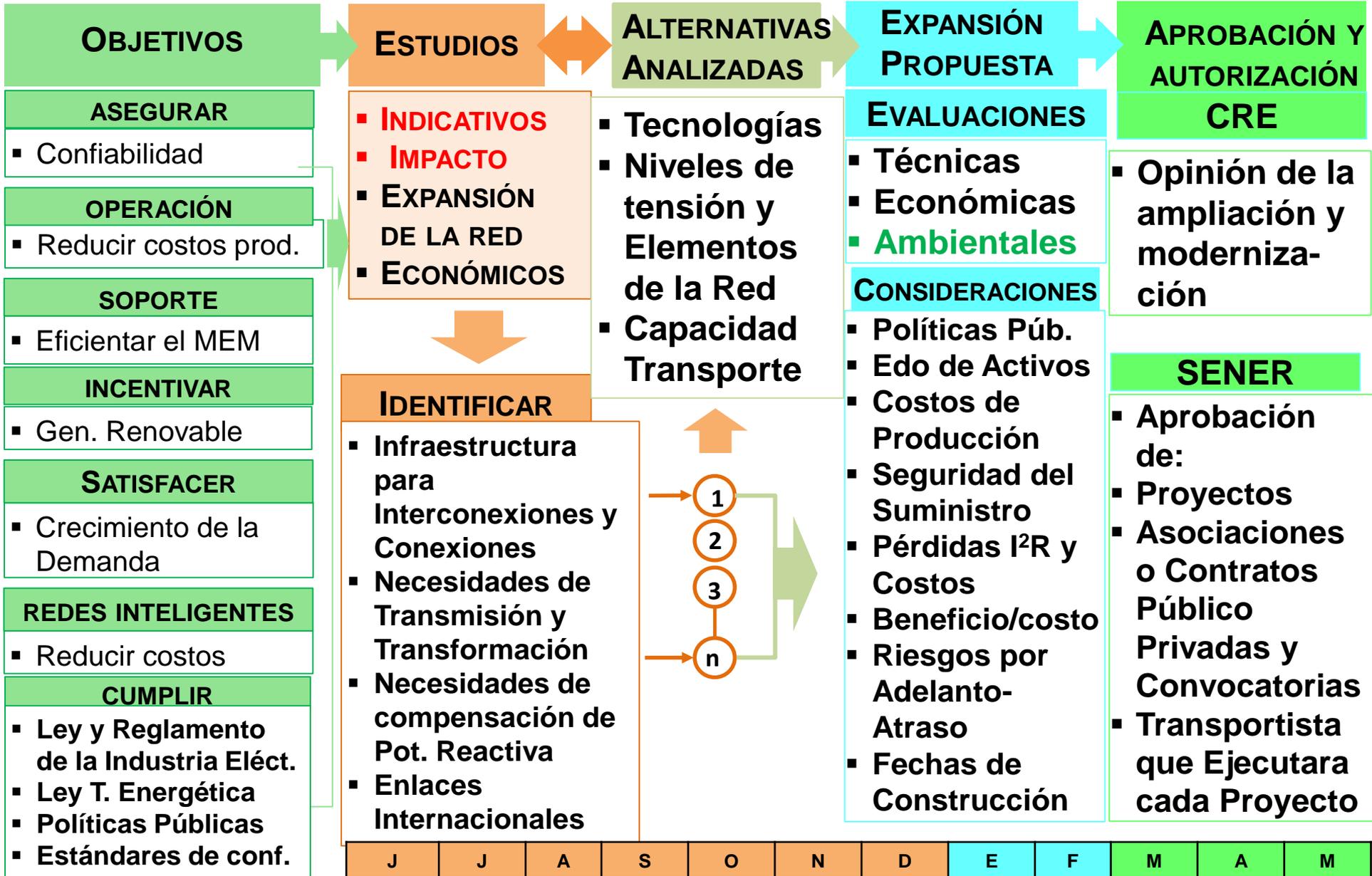
2015

**3324 MW EÓLICO ACTUAL**

**121 MW FOTOVOLTAICO ACTUAL**



# Proceso del Programa de Ampliación y Modernización (Planeación).



# Modalidades de solicitudes de interconexiones de centrales eléctricas

El generador paga los costos de inversión de la infraestructura

**Solicitud de interconexión**

El PRODESEN paga los costos de inversión de la infraestructura

**Individual**

**Planeación**

**independiente**

**agrupadas  
> 30 MW, > 69 kV**

**centrales  
0.5 to 10 MW**

**centrales  
> 10 MW**

Los proyectos > 10 MW bajo la LIE tienen la opción del PRODESEN

Estudios eléctricos

**Simplificado**

**Indicativo**

**Indicativo**

**Impacto**

**Impacto**

**Proyectos del proceso anual de planeación**

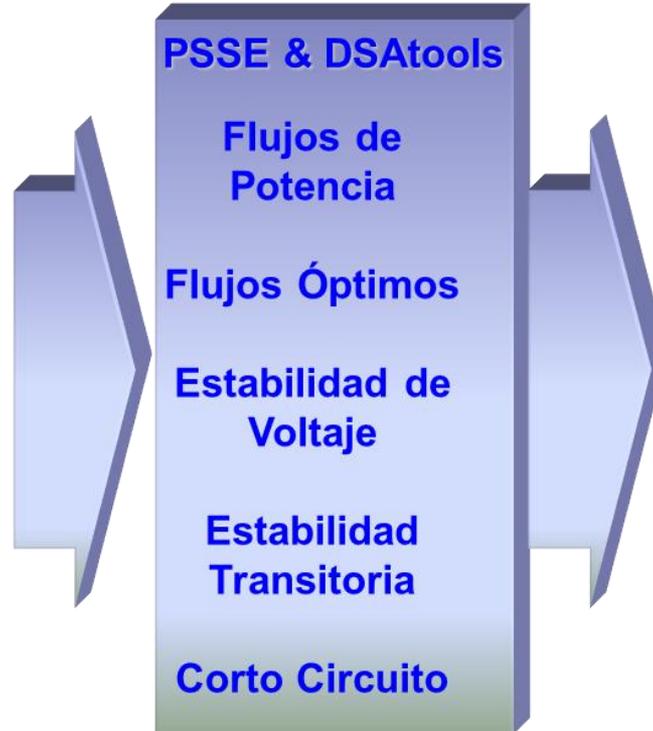
**Infraestructura**

**Infraestructura**

**Infraestructura**

# Proceso de Evaluaciones de la Expansión de la Red Nacional de Transmisión y Redes Generales de Distribución

- **Pronóstico Demanda por Área/Zona/Subestación a 15 años.**
- **Red Eléctrica Actual 13.8 a 400 kV.**
- **Centrales Eléctricas en Servicio.**
- **Modelos matemáticos de Controles.**
- **Despacho de Escenarios de Generación.**
- **Proyectos de Transmisión.**
- **Proyectos de Centrales Eléctricas y Plan Indicativo de Generación**
- **Disponibilidad de EAR y EPS.**
- **Límites físicos de Elementos del SEP**
- **Disponibilidad de Red y Generación.**



- **Límites de Transmisión.**
- **Márgenes de Reserva Activa/Reactiva.**
- **Nuevas Obras en la Red de Transmisión**
- **Nuevas Obras de Transformación.**
- **Nuevas Obras de compensación de potencia reactiva capacitiva e inductiva.**
- **Integración Generación Renovable**
- **Repotenciación de Líneas de Transmisión.**
- **Modernización de interruptores, barras, equipos serie, etc..**

# Proceso de evaluaciones económicas y de energía. Modelo PEGyT

- **Curvas cuatrimestrales de duración de carga para 53 regiones**
- **Parámetros de generación: capacidad térmica, hidráulica, retiros y adiciones.**
- **Límites de transmisión.**
- **Proyectos de generación factibles en cada región.**
- **Evolución precios combustibles**
- **Proyectos de transmisión candidatos.**
- **Costos de inversión de proyectos candidatos**
- **Costos de operación y mantenimiento actuales y evolución prevista**
- **Parámetros de evaluación (tasa de descuento, costo de la energía no suministrada)**



**Programación lineal entera mixta (Técnica de partición de Benders)**

- **Proyectos de generación optimizados.**
- **Refuerzos de red**
- **Fechas de entrada en operación**
- **Reserva del sistema de generación.**
- **Costos totales de producción de energía.**
- **Costos de energía no suministrada.**
- **Tabla de mérito de la generación .**
- **Factores de planta.**
- **Inversiones evitadas o adicionales**

# Proceso de estudios probabilísticos para la expansión de la RNT

- Estadística de fallas en elementos de Generación, Transmisión y Transformación.
- Topología y parámetros de la RNT .
- Límites de transmisión.
- Equivalencia de red para la simulación de 2,000 elementos de transmisión y transformación en el sistema.
- Demanda por subestaciones y curva de duración de carga discretizada en 7 escalones de demanda.
- Estadística de la Generación hidroeléctrica.
- Costos variables de generación por unidad.
- Proyectos de generación factibles en cada nodo.

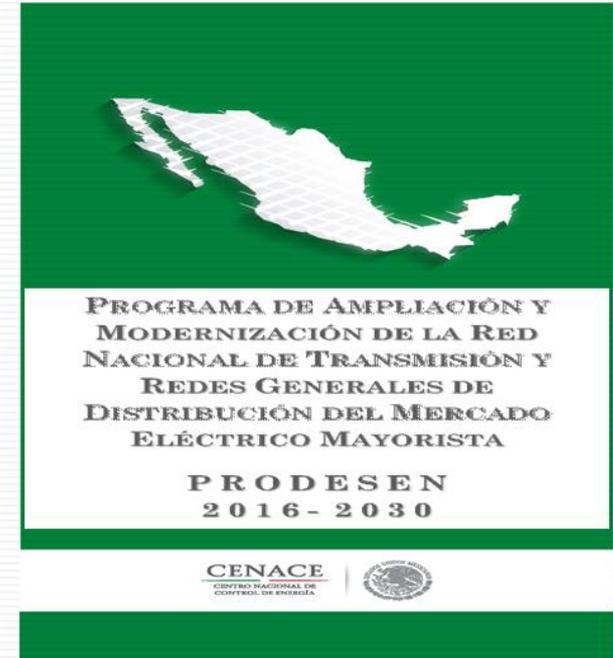


**Método de Aproximación en CD, simulación Montecarlo no secuencial y Programación lineal**

- Potencia no suministrada y probabilidad de ocurrencia.
- Valor esperado de la Energía No Suministrada.
- Costo de producción.
- Congestión en elementos de transmisión y transformación.
- Ganancias marginales nodales, en líneas de transmisión y bancos de transformación.
- Propuesta de nuevos elementos de transmisión y transformación.
- Frecuencia de ocurrencia de las ganancias marginales.
- Flujos promedio de potencia en líneas de transmisión.
- Despacho económico de unidades de generación.

# Proceso de Planeación, licitación y construcción de los proyectos

1. SENER. desarrolla el plan indicativo de generación
2. CENACE, desarrolla el programa de expansión de la RNT y lo propone a la SENER and CRE.
3. CRE, emite su opinión al CENACE y a la SENER.
4. SENER, emite opinión al CENACE Y autoriza el programa de expansión de la RNT.
5. SENER, publica el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN).
6. SENER, determina la modalidad de inversión, construcción, operación y mantenimiento de los proyectos; por CFE o asociación público privada.

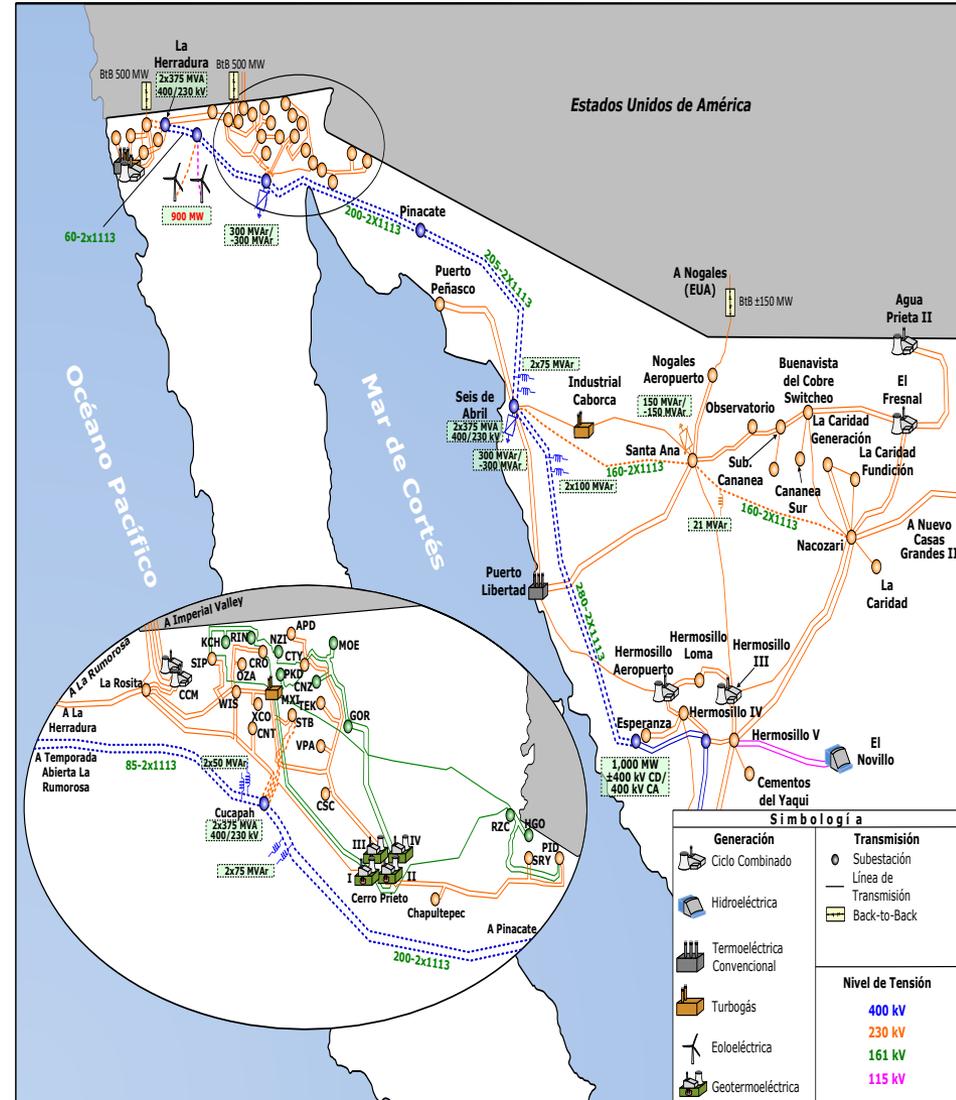
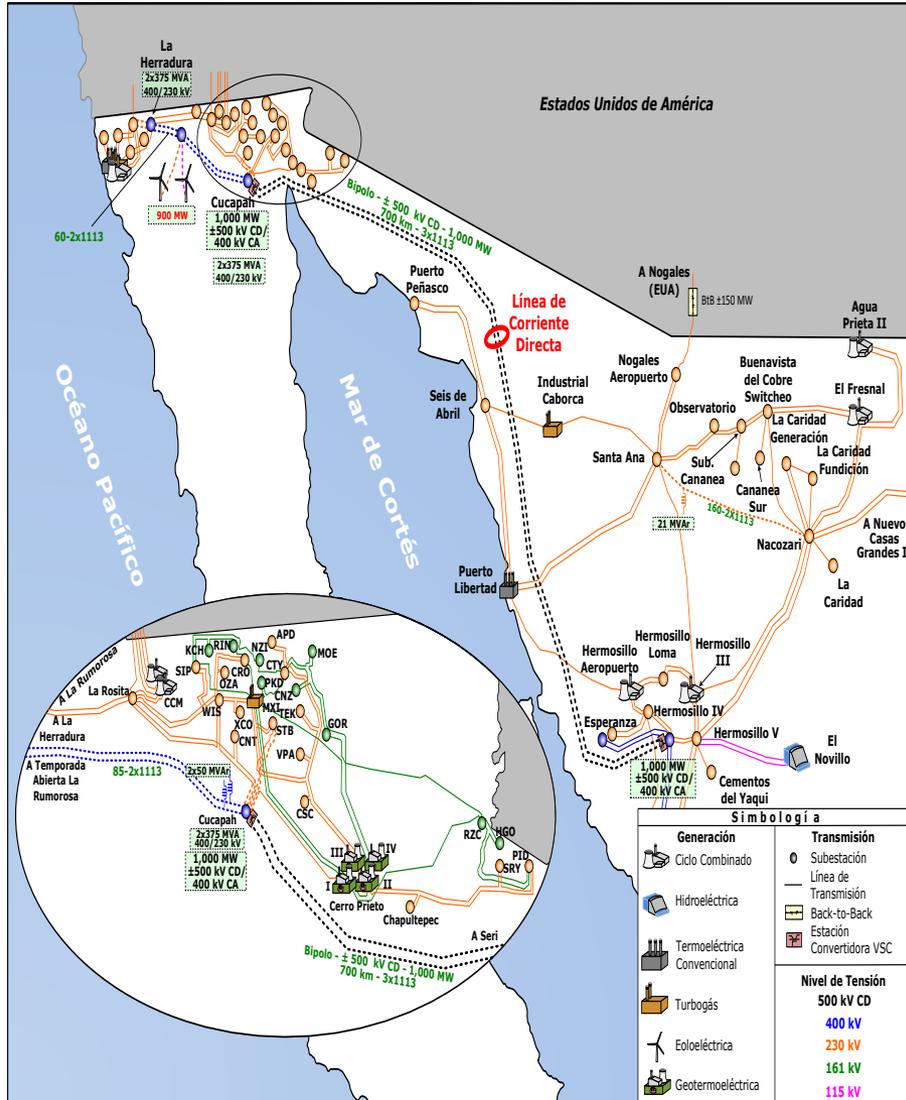


Transmisión	28,071	Km-c
Transformación	62,855	MVA
Compensación	10,619	MVAr

# Alternativas de interconexión del sistema BC al SIN para operación comercial en 2021

## Línea de transmisión en CD

## Línea de transmisión en CA

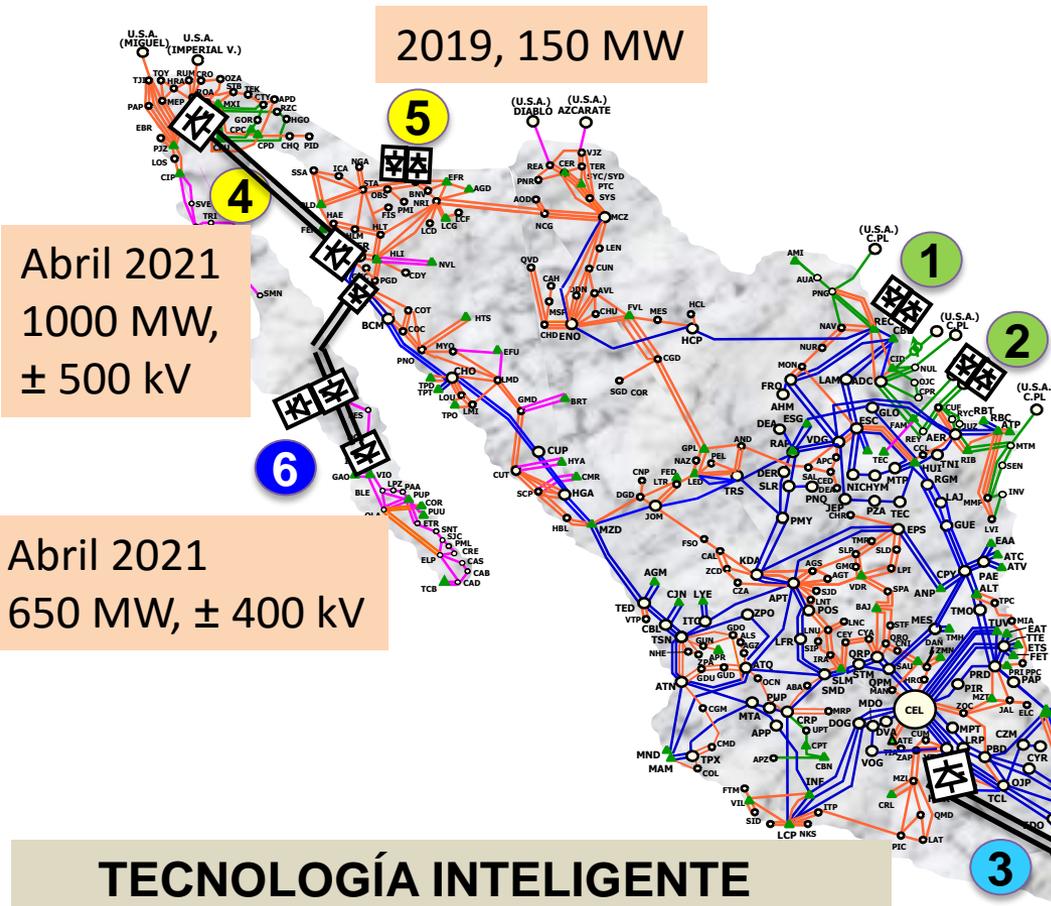


## Síntesis de características técnicas y económicas de las 2 alternativas para la interconexión del sistema BC al SIN.

Característica Operativa	Opción 1 Interconexión en CD	Opción 2 Interconexión en CA
Capacidad de integración de generación renovable	Igual	Igual
Flexibilidad operativa	<b>Mayor</b>	Menor
Estabilidad del sistema	<b>Mayor</b>	Menor
Control de la calidad del voltaje	<b>Mayor</b>	Menor
Control de la calidad de la frecuencia	Igual	Igual
Decremento de pérdidas I <sup>2</sup> R	<b>Mayor</b>	Menor
Factor de uso de la red en 2030	41.40%	43.00%
Costo de Inversión, Millones dls. USA VP 2018	867 + 23 = 890	1,040 + 23 = 1,063
Beneficios totales, Millones dls. USA VP 2018	1,951	1,946
Relación Beneficio/Costo	<b>2.19</b>	1.83

# HVDC: Proyectos en operación (●), en proceso de licitación (●), programados (●), en estudio por SENER (●)

- 1 BtB Piedras Negras, 36 MW
- 2 BtB Reynosa, 2X150 MW
- 3 HVDC línea de transmisión
- 4 HVDC línea de transmisión
- 5 HVDC BtB
- 6 HVDC línea aérea y cable submarino



2020  
3000 MW, ± 500 kv

## TECNOLOGÍA INTELIGENTE

- Control de flujos de potencia
- Control de voltaje lado CA
- Control de frecuencia
- Amortiguamiento de oscilaciones

CENACE

CENTRO NACIONAL DE CONTROL DE ENERGÍA



Gracias por su atención

[gustavo.villa@cenace.gob.mx](mailto:gustavo.villa@cenace.gob.mx)