

La generación de electricidad también se trata de optar entre inconvenientes

1. Fuentes primarias para la generación de electricidad en México

Para satisfacer la mayoría de sus necesidades, mejorar sus condiciones de vida, preservar la salud y bienestar de la mayor parte de los seres humanos, es esencial el uso de la energía eléctrica; este vínculo alcanza en ciertos aspectos el nivel de absoluta dependencia. Si bien la electricidad se conoció paulatinamente a lo largo de todo el proceso de civilización humana, inicialmente mediante la observación de los campos magnéticos, fue hasta finales del siglo XVIII y principalmente durante el XIX, que empezó a emplearse en aplicaciones prácticas.

Si pensamos en la higiene y confort de los espacios habitables; iluminación y funcionalidad de las grandes ciudades o de pequeños asentamientos; la prestación de los servicios de salud; incremento en la esperanza de vida; funcionamiento de espacios educativos y culturales; realización de actividades industriales; producción, procesamiento y conservación de alimentos; las comunicaciones y telecomunicaciones; es decir, en todos los rubros de la vida humana, debemos tener la conciencia que es indispensable contar con suministro eléctrico.

Como fenómeno físico, la electricidad se manifiesta como una **"corriente"** que fluye a través de un medio físico denominado **"conductor"**, entre dos puntos que presentan diferente potencial eléctrico. Para entender la complejidad de la generación de la energía eléctrica, es conveniente tener presente que **es una forma de energía "derivada" o "secundaria"**, lo que es de la mayor importancia para un análisis adecuado del tema, pues significa que **para generar electricidad se requiere necesariamente utilizar fuentes "primarias"**.

Tabla-1. Tecnologías, tipos de generadores y energías derivadas más comunes

Fuente primigenia	Fuentes primarias	Tipo de generador	Energías derivadas
Reacciones de fusión nuclear en el Sol: <i>"producen energía que abarca todo el espectro electromagnético, desde la radiación menos energética, compuesta por las ondas de radio, el infrarrojo y la luz visible, hasta la más energética, compuesta por la radiación UV, los rayos X y los rayos gamma" ⁽¹⁾</i>	Combustibles fósiles ^(a) • Carbón • Diesel • Combustóleo • Gas natural	Turbina-rotor-estator (a) Utiliza grandes cantidades de agua para producir vapor y/o alimentar sistemas de enfriamiento.	Eléctrica continua Mecánica en usos industriales
	Hidráulica ^(b)	(b) Utiliza agua como aprovechamiento de paso, no como uso consuntivo.	Eléctrica continua
	Geotérmica ^(c)		Eléctrica continua
	Nuclear ^(a)		Eléctrica continua
	Eólica	(c) Utiliza agua y vapor que proviene de yacimientos termales.	Eléctrica intermitente
	Calor solar ^(a)		Eléctrica intermitente
	Biocombustibles		Eléctrica intermitente
	Fotovoltaica	Celda solar	Eléctrica intermitente
	Química	Batería	Eléctrica intermitente

La generación de electricidad también se trata de optar entre inconvenientes

Respecto a los recursos energéticos, la totalidad de los que existen en el planeta provienen del Sol, que es la fuente primigenia de todos los recursos (naturales y/o artificiales) utilizables; la **Tabla-1** contiene un resumen de las particularidades de las fuentes primarias, lo que deviene en el desarrollo de **"tecnologías"** diferenciadas. Por ejemplo, una de las características de los generadores rotor-estator es que las turbinas se mueven por medio de un **"fluido de trabajo"**, que puede ser aire, agua o vapor de agua, lo que implica el uso de recursos hídricos.

Otras propiedades de las fuentes primarias son: a) es factible convertirlas en formas derivadas, como lo es la energía mecánica o eléctrica, que pueden ser producidas de manera continua o intermitente; b) cualquier recurso puede transformarse en otros tipos de energía, sin embargo, existen factores que limitan su conversión como pueden ser el requerimiento de otros medios, los costos asociados y su impacto ambiental; c) el uso de la mayoría de los recursos primarios ocasiona perjuicios, lo que a menudo se soslaya; como se apunta en la **Tabla-2**:

Tabla-2. Resumen de las particularidades y desventajas de las diferentes tecnologías:

Tecnología (energía primaria)	Fluido de trabajo	Consumo de agua	Clasificación	Desventajas
Combustibles fósiles	Vapor de agua/ aire caliente	Elevado	Sucia No renovable	Elevadas emisiones de CO ₂ y otros gases
Hidráulica	Agua	Solo de paso	Limpia Renovable	Impacto ambiental por grandes embalses
Nuclear	Vapor de agua	Elevado	Limpia No renovable	Riesgo de contaminación por material radioactivo
Geotérmica	Vapor de agua	Solo de paso	Limpia Renovable	Riesgo de contaminación de acuíferos
Biocombustibles	Vapor de agua/ aire caliente	Elevado	Limpia Renovable	Deforestación, emisión de CO ₂ y otros gases
Eólica	Viento	-	Limpia Renovable	Incrementa industria extractiva, origina residuos
Fotovoltaica	-	-	Limpia Renovable	Incrementa industria extractiva, origina residuos
Química	-	-	Limpia No renovable	Incrementa industria extractiva, origina residuos

Las clasificaciones **"Limpia/Sucia"** y **"Renovable/No renovable"**, provienen del informe: **"Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2023-2037" (PRODESEN)**, publicado por la Secretaría de Energía en 2023⁽²⁾; sin embargo, esta clasificación no es del todo cierta, ya que la totalidad de las tecnologías disponibles impactan el medio ambiente; en realidad el problema es mucho más extenso que la emisión de gases a la atmósfera.

2. El propósito (poco probable) de 100% de energías limpias y cero emisiones netas

En septiembre de 2021 la **Organización de las Naciones Unidas (ONU)**, en el marco de la Asamblea General, celebró el "Diálogo de Alto Nivel sobre Energía", con la asistencia de representantes de más de 100 países, organizaciones y empresas internacionales.

Derivado del diálogo referido, se estableció una "Hoja de Ruta", de la que se desprenden algunas acciones que se pondrían en marcha a partir del último trimestre de 2021:

- a. Aumentar la financiación e inversión en energías limpias por estados y empresas.
- b. Duplicar la inversión anual en energías renovables y eficiencia energética.
- c. Redirigir subsidios de los estados al consumo de energías fósiles hacia la promoción de energías renovables.
- d. A partir de 2021 reducir la instalación de nuevas centrales que utilicen carbón y en 2040 su eliminación mundial.
- e. Para 2025, crear 30 millones de puestos de trabajo en energías renovables.
- f. Que en 2025, a nivel mundial 500 millones de personas más tengan acceso a la electricidad.
- g. Cero emisiones netas a 2050, conforme al "Acuerdo de París"

La "Hoja de Ruta" derivada referida, tiene dos antecedentes de la mayor relevancia, pues fueron resultado de los esfuerzos diplomáticos de la mayoría de los gobiernos del mundo, con el propósito de corregir tendencias y prácticas nocivas que fueron acumulándose prácticamente desde el inicio de la revolución industrial, hace más de 200 años:

- La "**Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático**", aprobada en Nueva York el 9 de mayo de 1992.
- El "**Acuerdo de París**", celebrado el 12 de diciembre de 2015, con el objeto de *"...reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del desarrollo sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza"*.

Lamentablemente en 2025 no hay buenas noticias, pues a 33 años de la Convención y a 10 años del Acuerdo de París, la situación mundial continúa agravándose en cuanto a emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero; si bien en años recientes se han retirado algunas plantas de energía que consumen carbón, también se han instalado otras centrales de este tipo, principalmente en Asia; pero existen más datos para documentar esta opinión:

Según la **ONU**⁽³⁾, en 2021 las emisiones provenientes de la energía representaron alrededor del 75% del total de gases de efecto invernadero; aproximadamente el 76% de la energía sigue produciéndose a partir de combustibles fósiles: carbón (34%), gas natural (22%) y petrolíferos diesel, queroseno, combustóleo, gasolina, etc. (20%). Si bien en 2021 las energías limpias renovables se utilizaron para producir casi el 24% de la energía mundial, representan un grave

La generación de electricidad también se trata de optar entre inconvenientes

problema por su intermitencia, lo que hace imprescindible conservar plantas de energías contaminantes, como "respaldo" de las centrales de energía limpia.

Para hacer aún más complejo el momento actual, el pasado 20 de enero de 2025, **Donald J. Trump**, 47° presidente de los Estados Unidos de América, firmó una orden ejecutiva para retirar a su país de los foros internacionales en los que se discuten los efectos del cambio climático, señaladamente del Acuerdo de París⁽⁴⁾. Aparentemente el propósito es impulsar el consumo de más combustibles fósiles, debido a una "emergencia energética" en EE. UU; esto fue acompañado de otra orden ejecutiva para promover el "carbón limpio".

3. El Plan de Fortalecimiento y Expansión del Sistema Eléctrico Nacional 2025-2030

Durante la "Conferencia del Pueblo" del pasado 5 de febrero de 2025, la Presidenta **Claudia Sheinbaum Pardo**, acompañada de la titular de la Secretaría de Energía, **Luz Elena González Escobar** y de **Emilia Esther Calleja Alor**, Directora General de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), dieron a conocer conjuntamente el "**Plan de Fortalecimiento y Expansión del Sistema Eléctrico Nacional 2025-2030**"⁽⁵⁾ (en lo sucesivo **Plan**).

Explicaron que consiste en 51 proyectos: 26 en proceso y 25 nuevos, para adicionar al Sistema Eléctrico Nacional una capacidad de generación de **22,674 Mw (veintidós mil seiscientos setenta y cuatro megawatts)**, con una inversión de **22,377 Mmd (veintidós mil trescientos setenta y siete millones de dólares)**, provenientes de recursos federales. En números redondos, 1 millón de dólares por cada cada megawatt adicional de capacidad instalada.

Se anunció que el **Plan** se complementa con la ejecución de 145 proyectos (80 en proceso y 65 nuevos) para ampliar y modernizar la **Red Nacional de Transmisión (RNT)**, con importe de **5,600 Mmd (cinco mil seiscientos millones de dólares)**; respecto a las **Redes Generales de Distribución (RGD)**, se incluyen 86 ampliaciones, modernizaciones y construcción de nuevas subestaciones eléctricas; 63 modernizaciones de transformadores de potencia y alimentadores; así como 36,966 electrificaciones en diferentes localidades de los 32 estados del país. Con la instalación de redes convencionales de distribución y módulos solares individuales, la inversión estimada es de **3,600 Mmd (tres mil seiscientos millones de dólares)**.

Durante la conferencia se mencionó la contribución de inversiones privadas para adicionar **6,400 Mw (seis mil cuatrocientos megawatts)** mediante tecnologías limpias, sin que se especifique el número de proyectos y la fecha probable de puesta en operación comercial.

Se informó que al cierre de 2024, la capacidad efectiva del Sistema Eléctrico Nacional era **92,014 Mw (noventa y dos mil catorce megawatts)** incluyendo permisionarios privados y productores independientes de energía (PIE) por **38,358 Mw (treinta y ocho mil trescientos cincuenta y ocho megawatts)**, que representa el 41.68%; la Ley del Sector Eléctrico permite hasta un 46% de inyección de energía a la red por parte de privados.

La generación de electricidad también se trata de optar entre inconvenientes

Al proyectar una aportación de **6,400 Mw** por medio de inversiones privadas, se alcanzarían **44,758 Mw (cuarenta y cuatro mil setecientos cincuenta y ocho megawatts)**, que corresponde a un 36.96% del total del **Plan**, que a 2030 sumaría una capacidad de **121,087 Mw (ciento veintiún mil ochenta y siete megawatts)**. Lo anterior significa que mediante inversiones privadas podría instalarse una capacidad de **10,000 Mw (diez mil megawatts)** sin dejar de cumplir lo establecido en la Constitución y en la Ley del sector. En su intervención, la secretaria de Energía expresó (cito versión estenográfica de la conferencia):

"... explicó el objetivo del Plan para garantizar el abasto de energía eléctrica suficiente, sustentable, confiable y asequible para el desarrollo del país y bienestar del pueblo de México.

Señaló que entre las metas de este plan está la de llevar durante los próximos cuatro años, energía eléctrica a más de 500 mil hogares que aún no cuentan con ella y tener una cobertura del 99 por ciento a través de una inversión de 14 mil mdp."

La reflexión que propone el presente documento reconoce la trascendencia del **Plan** y plantea su vinculación con temas de excepcional relevancia asociados con la producción de electricidad, como son la evolución de la matriz energética nacional, las fuentes de energía primarias, los impactos ambientales y la seguridad energética de nuestra nación.

4. Evolución estimada de la capacidad instalada de 2018 a 2030 desglosada por tecnología

La fuente de información principal para la siguiente etapa del presente estudio, son los datos del **PRODESEN, Anexo 1, Infraestructura del Sistema Eléctrico Nacional** (CUADRO A1.8. EVOLUCIÓN DE LA CAPACIDAD INTERCONECTADA A LA RED (MW) DE LA CFE Y DEL RESTO DE LOS PERMISIONARIOS 2018-2022, EXCLUYE CENTRALES EN PRUEBAS), que detalla la capacidad de generación de energía eléctrica nacional, desagregada por tecnología (limpias, renovables, combustibles fósiles) y desglose por participantes (CFE y privados), al cierre de 2022. Las cifras de 2024 se proponen a partir de los datos de la presentación del **Plan**, diapositiva 7 "**Plan de expansión de la CFE 2025-2030**" y por último, el cálculo de 2030 resulta al acumular las adiciones propuestas en el **Plan** a la estimación de 2024.

TECNOLOGÍA	2018	2019	2020	2021	2022	2024	2030
Hidroeléctrica	12,612	12,612	12,612	12,614	12,613	12,644	13,179
Geotermoeléctrica	899	899	951	976	976	976	976
Eoloeléctrica	4,866	6,050	6,504	6,977	6,921	7,499	13,169
Fotovoltaica	1,878	3,646	5,149	5,955	6,515	10,523	20,912
Bioenergía	375	375	378	378	408	408	408
Híbrido FV-Batería	0	0	0	0	20	20	20
Suma limpia renovable	20,629	23,582	25,594	26,899	27,453	32,070	48,664

La generación de electricidad también se trata de optar entre inconvenientes

TECNOLOGÍA	2018	2019	2020	2021	2022	2024	2030
Nucleoeléctrica	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608	1,608
Cogeneración Eficiente	1,709	1,710	2,305	2,305	2,308	2,307	4,729
Suma limpia no renovable	3,317	3,318	3,913	3,913	3,916	3,915	6,337
Total energía limpia	23,946	26,900	29,506	30,812	31,369	35,985	55,001
Porcentaje	32.82%	34.29%	35.50%	35.76%	36.00%	39.11%	45.42%
Ciclo Combinado	27,393	30,402	31,948	33,640	34,413	34,681	44,498
Térmica Convencional	12,315	11,831	11,809	11,793	11,343	11,343	11,343
Turbogás	2,960	2,960	3,545	3,744	3,815	3,814	3,814
Combustión Interna	880	891	850	701	728	728	968
Carboeléctrica	5,463	5,463	5,463	5,463	5,463	5,463	5,463
Suma combustibles fósiles	49,011	51,547	53,615	55,341	55,762	56,029	66,086
Porcentaje	67.18%	65.71%	64.50%	64.24%	64.00%	60.89%	54.58%
TOTAL	72,958	78,447	83,121	86,153	87,130	92,014	121,087
Suma de porcentaje	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

Al final de este documento se muestran en la **Gráfica-1**, las tendencias de crecimiento o reducción de cada tecnología; a continuación se proponen algunos indicadores que resultan del contenido de la **Tabla-1**, para el período 2018-2030:

Indicador 1. La proporción de energía limpia crecerá en 12.6%, misma tasa en la que bajará el consumo de combustibles fósiles.

Indicador 2. Disminuirá más acentuadamente el aporte porcentual de las tecnologías hidroeléctrica (-6.40%), térmica convencional (-7.51%) y carboeléctrica (-2.98%).

Indicador 3. Aumentará la proporción de su participación relativa de las tecnologías fotovoltaica (14.70%), eololéctrica (4.21%) y cogeneración eficiente (1.56%).

Indicador 4. La tecnología con mayor aporte al Sistema Eléctrico Nacional son las centrales de ciclo combinado (36.75%), con una adición de su propia capacidad instalada de 60% durante el periodo en análisis; su contribución relativa varía entre 37.5% y 39.50%.

Indicador 5. La capacidad instalada para producir energía mediante tecnologías intermitentes tendrá un crecimiento de 18.32%, misma tasa en la que disminuye el porcentaje de capacidad instalada para energía eléctrica continua.

Indicador 6. La única tecnología que produce energía continua y que aumenta su aportación es la cogeneración eficiente, con 1.56% de crecimiento para 3.91% de participación.

5. Parafraseando a Andrés Manuel López Obrador sobre seleccionar el menor daño

La sabia frase del expresidente Andrés Manuel López Obrador: "En política, a menudo es necesario optar entre inconvenientes", la interpreto como una capitulación que conduce a seleccionar la alternativa que cause el menor daño posible, ante la ineludible obligación de seleccionar una opción dentro de un conjunto de elementos nocivos. Se justifica solo cuando no existe la posibilidad de desechar el 100% de las opciones que se tengan a la mano.

En apartados anteriores de este documento he sostenido que la totalidad de las tecnologías disponibles para la generación de electricidad causan efectos nocivos al medio ambiente y a las poblaciones humanas. Es así que de manera irónica, las llamadas "energías limpias renovables", si bien no emiten gases nocivos a la atmósfera, también propician severos daños, lo que debe decirse con claridad en la justificación de los planes y programas oficiales.

En el caso de la energía fotovoltaica y eólica, que son las de mayor crecimiento relativo en nuestro país durante el período 2018-2030, ocasionan diversos perjuicios:

1. Altos porcentajes de energía intermitente propician oscilaciones en los sistemas de transmisión y distribución de energía y les restan confiabilidad, lo que obliga a respaldar la producción intermitente mediante fuentes de energía continua. En México los respaldos sólo pueden ser mediante el consumo de combustibles fósiles, hidroelectricidad y mínimos aportes de energía nuclear y geotérmica.
2. El uso cada vez más frecuente de sistemas de respaldo mediante baterías recargables (BESS), aumenta en gran medida la minería para extracción de materias primas como el litio, fosfatos, tierras raras y otros minerales, así como la necesidad de adecuar sitios para la disposición de residuos altamente dañinos, cuando las baterías cumplen su vida útil.
3. La fabricación de celdas fotovoltaicas requiere la extracción de volúmenes de silicio cada vez mayores, cuya minería afecta suelo, agua y atmósfera; en general la minería consume grandes cantidades de energía y produce gran volumen de gases de efecto invernadero.

En cuanto a las centrales de ciclo combinado que consumen gas natural; un severo inconveniente es que México no es autosuficiente en dicho combustible, importa más del 70% del consumo nacional y lo que es más delicado, de un solo origen, que es el mercado de los EE. UU., esta circunstancia convierte a nuestro país y su sistema eléctrico nacional, en altamente dependiente del exterior y condiciona gravemente nuestra seguridad energética.

6. Conclusiones sobre los inconvenientes en la generación de electricidad

Primera. Si bien México participa en los foros y compromisos internacionales para frenar el cambio climático y sus efectos, también debe ser prioridad nacional garantizar la seguridad y soberanía energética. Conforme a esta primacía, la matriz energética debe configurarse con base en los recursos primarios disponibles, tal como hacen las grandes economías del mundo.

La generación de electricidad también se trata de optar entre inconvenientes

Segunda. Una parte importante de los programas del sector eléctrico, debe orientarse a incentivar la eficiencia energética y el consumo responsable, ya que la estructura tarifaria por sí misma no controla los excesos que ocurren en el sector público, privado y población en general, con un injustificado desequilibrio entre diversas regiones del país. La política pública encaminada a la recuperación de la industria ferroviaria para transporte de carga y pasajeros va en sentido correcto y debe ampliarse a la mayor parte del territorio nacional.

Tercera. Conjuntamente con los programas y planes de crecimiento, desarrollo, ampliación o expansión del Sistema Eléctrico Nacional, deben plantearse e informarse con claridad los efectos nocivos al medio ambiente y a los asentamientos humanos, a corto, mediano y largo plazo, así como las medidas para mitigar y reducir los impactos negativos.

Cuarta. Es urgente aumentar la producción nacional de gas natural lo más pronto posible, ya que la dependencia del mercado exterior pone en grave riesgo la seguridad energética del país; en el caso que sea imposible aumentar esta producción, debe plantearse la disminución de centrales de generación que utilizan este combustible fósil.

Citas y Referencias

(1) Artículo **"El Poder del Sol"**, autor **Alberto Flandes**, Investigador del Grupo de Ciencias Espaciales del Instituto de Geofísica de la UNAM, publicado por la Dirección General de Divulgación de la Ciencia.

<https://www.comoves.unam.mx/numeros/articulo/176/el-poder-del-sol>

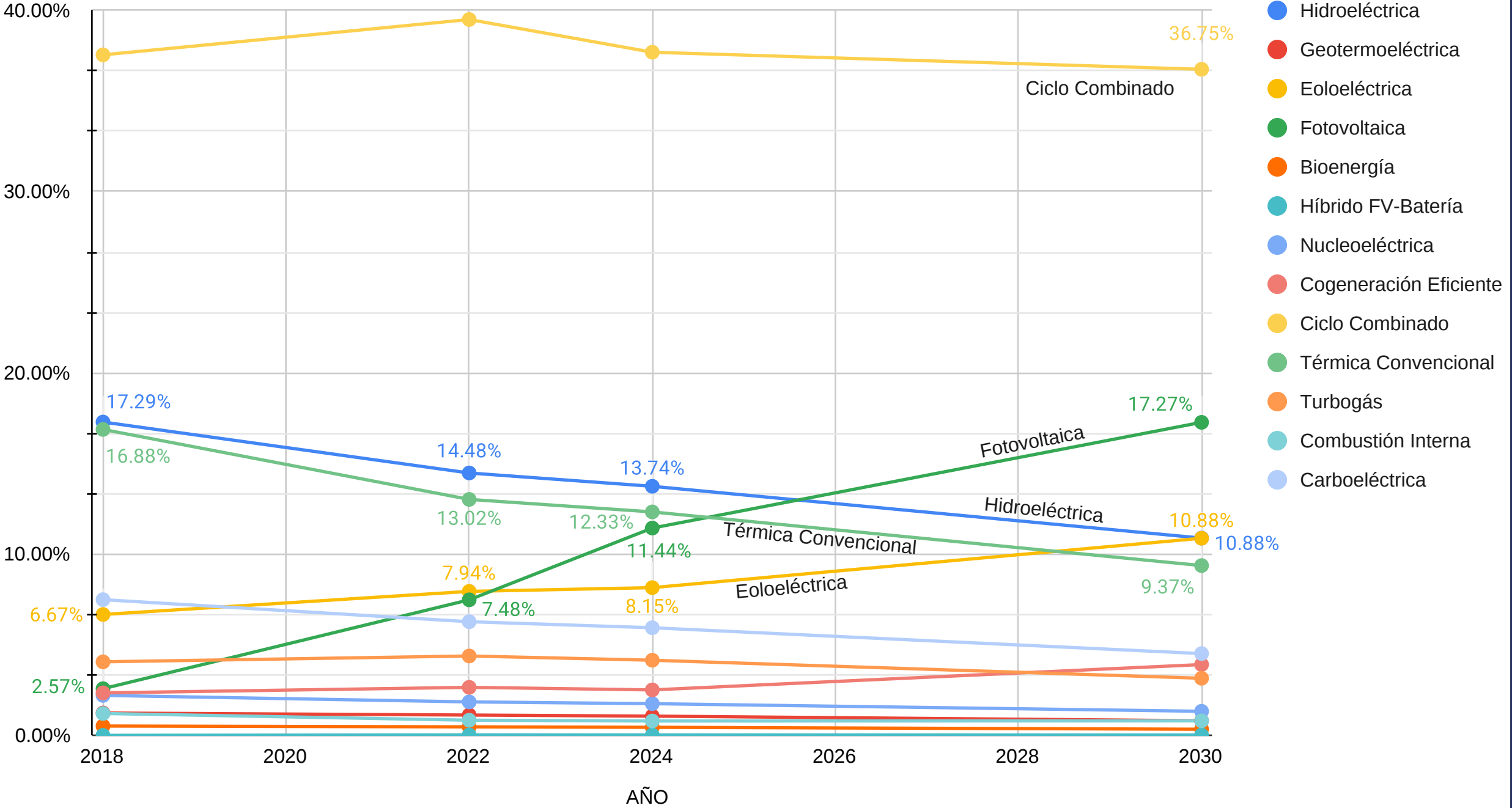
(2) **"Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2023-2037" (PRODESEN), Anexo 1 Infraestructura del Sistema Eléctrico Nacional**, publicado por la Secretaría de Energía en 2023.

(3) Artículo **"La era de la energía limpia debe empezar hoy, coinciden líderes mundiales"**, Noticias ONU Mirada global Historias humanas, 24 de septiembre de 2021, <https://news.un.org/es/story/2021/09/1497412>

(4) Artículo **"La ONU lamenta la salida de EE.UU. de la cooperación mundial en salud y cambio climático"**, Noticias ONU Mirada global Historias humanas, 21 de enero de 2025, <https://news.un.org/es/story/2025/01/1535856>

(5) **"Plan de Fortalecimiento y Expansión del Sistema Eléctrico Nacional 2025 - 2030"**, Gobierno de México, CFE, 05 de febrero de 2025.

Gráfica-1, Proyección de la tendencia de participación en el SEN por tecnología, periodo 2018-2030



Fuente: elaboración propia