



ampip

Soluciones energéticas

para los parques
industriales en México

AMPIP 2025

© Enero 2025

Asociación Mexicana de Parques Industriales Privados, A.C. (AMPIP)
www.ampip.org.mx

Jorge Avalos Carpinteyro
Presidente del Consejo Directivo

Claudia Esteves Cano
Directora General

Diana Vázquez Castañeda
Coordinadora de Energía y Sostenibilidad

Adriana Barrera Franco
Coordinadora de Inteligencia Estratégica

Luisa Regina Morales Suárez
Diseño editorial

El presente documento reúne y estructura los conocimientos adquiridos durante las *Jornadas de capacitación virtual AMPIP 2024: energía en parques industriales*. Este recurso ofrece una visión integral de las soluciones y experiencias compartidas en diferentes seminarios especializados, diseñados para impulsar la competitividad y promover la sostenibilidad energética de los parques industriales de México. Los contenidos presentados se encuentran en su versión más actualizada y vigente al momento de su publicación, sin menoscabo de las modificaciones regulatorias, operativas o de cualquier otra índole que puedan entrar en vigor en el sector eléctrico mexicano, en fechas posteriores, las cuales se procurará reflejar en ediciones subsiguientes.



Soluciones energéticas para los
parques industriales en México
AMPIP 2025



Contenido

01. Introducción

02. Perspectiva actual

03. Demanda eléctrica en parques industriales

04. Suministro eléctrico en parques industriales: componentes y alternativas de abastecimiento

05. Mercado Eléctrico Mayorista

06. Solicitudes de carga y contratos de interconexión: el rol de SENER, CFE y el CENACE

07. Descarbonizando el sistema eléctrico nacional: necesidades de energía limpia para parques industriales

08. Interconexiones al sistema eléctrico nacional: perspectiva y procedimientos para el sector inmobiliario industrial

09. Manual de interconexión: conexión agrupada para parques industriales

- 10.** Potenciando la industria: claves de la generación distribuida

- 11.** Autoabasto aislado

- 12.** Energía en reserva: sistemas de almacenamiento

- 13.** Energía doble: explorando la cogeneración en parques industriales

- 14.** Gas natural y parques industriales

- 15.** Energía eólica: futuro para la transición energética

- 16.** Financiamiento y proyectos de energía de fuentes renovables

- 17.** Conclusiones generales

- 18.** Agradecimientos

- 19.** Glosario de acrónimos y siglas





Introducción

El presente documento está diseñado como una fuente integral y de referencia, que sintetiza el conocimiento especializado compartido durante las ***Jornadas de capacitación virtual AMPIP 2024: energía en parques industriales.***

Este espacio de conocimiento se desarrolla en un contexto donde la evolución del sector energético y las crecientes necesidades de abasto energético en los parques industriales representan retos y oportunidades significativas, impulsadas por la transición hacia la sostenibilidad y la adopción de fuentes de energía renovables. Comprender este entorno permitirá a los desarrolladores industriales anticipar riesgos y tomar decisiones estratégicas alineadas con las políticas públicas emergentes y las demandas del mercado. Los contenidos aquí presentados ofrecen a los desarrolladores inmobiliarios industriales, herramientas esenciales para comprender a profundidad el panorama actual del sector eléctrico mexicano, identificar estrategias para optimizar el consumo energético, adoptar tecnologías de última generación en energía limpia idóneas para parques industriales, y aprovechar las oportunidades de suministro disponibles, considerando sus implicaciones regulatorias y financieras.

Esta estratégica guía está concebida como un recurso consolidado y dinámico, que podrá actualizarse para reflejar los avances en tecnologías energéticas, cambios regulatorios y mejores prácticas. De esta manera, se garantiza que los desarrolladores inmobiliarios cuenten con información vigente y relevante para enfrentar los desafíos energéticos con las soluciones disponibles más innovadoras y sostenibles.

Este espacio de conocimiento se desarrolla en un contexto donde la evolución del sector energético y las crecientes necesidades de abasto en los parques industriales representan retos y oportunidades significativas, impulsadas por la transición hacia la sostenibilidad energética y la adopción de energías renovables. Comprender este entorno permitirá a los desarrolladores industriales anticipar riesgos y tomar decisiones estratégicas alineadas con las políticas públicas emergentes y las demandas del mercado.



Perspectiva actual

El sector energético en México se encuentra en un proceso de transformación acelerada impulsado por las crecientes demandas de espacios inmobiliarios de uso industrial y las políticas de transición energética propuestas en los últimos años.

De acuerdo con el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) 2024 - 2030 se espera un crecimiento de la demanda de energía eléctrica de un 3.0% promedio anual, lo que significa que México necesitará expandir su capacidad de generación, transmisión y distribución para cumplir con los requerimientos de sectores estratégicos, particularmente en las zonas industriales de mayor expansión.

De cara al futuro, las perspectivas para los parques industriales en México son optimistas. Por una parte, la relocalización de empresas en México ha disparado la demanda de espacios industriales que alojen la inversión extranjera directa, aprovechando la posición estratégica de México como nodo logístico para América del Norte. Por otro lado, la política del nuevo gobierno busca consolidar su liderazgo promoviendo la expansión del sector de parques industriales, fomentando a su vez el desarrollo sostenible y la competitividad.

En esta coyuntura resulta crucial que el desarrollo inmobiliario industrial esté preparado para enfrentar los retos energéticos y comprender las implicaciones que tendrán futuros cambios que puedan ocurrir en la política energética.





Demanda eléctrica en parques industriales

México enfrenta un rezago significativo en infraestructura energética, lo que se refleja en un incremento en la frecuencia de apagones y en la insuficiente capacidad instalada para satisfacer una creciente demanda. Entre 2019 y 2023, la duración promedio de los apagones ha aumentado de 2 a 11 minutos, evidenciando fragilidades críticas en las redes de transmisión y distribución. Este contexto impacta gravemente las operaciones en los parques industriales, generando pérdidas económicas y limitando la competitividad. A su vez, la creciente demanda eléctrica en los parques, vinculada al incremento en la demanda de espacios industriales, representa un desafío actual y futuro.

Desde 2014, la demanda eléctrica en México ha experimentado un incremento sostenido del 2.5 % anual, con un crecimiento más pronunciado en las regiones industriales y urbanas. Este aumento refleja la tendencia del consumo eléctrico en sectores clave como el de manufactura, el de servicios, así como el uso residencial, incluso durante periodos de desaceleración económica. Para el periodo 2024 - 2038, se proyecta un crecimiento continuo en la demanda de energía, especialmente en la zona norte y el Bajío, donde se espera un aumento de entre 3.5 a 3.8 %, debido a la atracción de inversiones en las industrias automotriz, manufacturera y logística.

En este contexto, es fundamental considerar tanto la distribución geográfica de la demanda como su estacionalidad, ya que los picos en el consumo de electricidad, especialmente durante los meses de verano por el uso intensivo de sistemas de refrigeración, subrayan la necesidad de una planificación adecuada de la capacidad de generación y distribución para evitar desabastos.

Las reformas energéticas en México han transformado significativamente el sector eléctrico en las últimas décadas. En 1992, se permitió la participación de productores privados en modalidades como el autoabasto y la cogeneración, lo que incrementó en un 30 % la capacidad instalada en la década siguiente, con más de 15,000 MW generados por productores independientes para 2005, mejorando la eficiencia y diversificación del sistema eléctrico. En 2008, la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética impulsó proyectos de energía eólica y solar, elevando su participación en la matriz energética entre un 5 y 10 %, con inversiones superiores a 10,000 millones de dólares. La reforma energética de 2013 consolidó el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM), atrayendo un aumento del 20 % en inversiones en infraestructura eléctrica entre 2014 y 2018, reduciendo los costos eléctricos para grandes

consumidores en un 15 - 16 %, e incrementando en un 25 % la capacidad instalada de energías renovables hasta 2020. En años recientes, se ha fortalecido la capacidad de generación estatal en un 8 %, aunque se ha observado una desaceleración del 5 % en inversiones en energías renovables, lo que ha impactado el ritmo de la transición energética.

Los desafíos en la gestión de la demanda energética en los parques industriales no son menores. La infraestructura energética actual presenta limitaciones en transmisión y distribución, lo que provoca ineficiencias en el suministro y pérdidas técnicas de aproximadamente el 11 % de la energía generada, según datos del PRODESEN. Ante este panorama, la modernización de la infraestructura es crucial para mejorar la eficiencia, reducir las pérdidas y asegurar un servicio confiable, especialmente con el constante aumento de la demanda.

En cuanto a la generación, la demanda eléctrica exige una ampliación considerable de la capacidad instalada disponible, con un enfoque particular en fuentes renovables como la solar y la eólica, en las que México posee ventajas geográficas competitivas. Sin embargo, esta transición hacia un sistema energético más limpio requiere importantes inversiones en tecnologías avanzadas y la modernización de la red eléctrica.

Con la proyección de nuevos parques industriales entre 2024 y 2029, especialmente en regiones estratégicas como el Bajío y el norte, se prevé un aumento significativo de la demanda eléctrica. Estos parques, que albergarán sectores de alta demanda energética de calidad, como la manufactura y logística, generarán una presión considerable sobre la infraestructura eléctrica existente.

La transformación digital y la innovación tecnológica están impulsando un aumento adicional en la demanda energética de los parques industriales. La adopción de tecnologías de la Industria 4.0, como el Internet de las Cosas, **Big Data** y la automatización de procesos, ha incrementado la demanda eléctrica entre un 10 y un 15 %. Además, la robótica avanzada y la digitalización de los procesos manufactureros requieren una infraestructura energética más robusta y flexible.

Este crecimiento se ve respaldado por una expansión global del mercado de la Industria 4.0 que continuará en los próximos años. Paralelamente, la presión por cumplir con las normativas ambientales y las metas de descarbonización ha impulsado a los parques industriales a adoptar fuentes de energía renovable, que actualmente cubren hasta el 40% de su consumo, y se proyecta que esta cifra alcance el 60 % para 2030.

Sin embargo, la intermitencia de las fuentes renovables plantea desafíos en cuanto a la estabilidad del suministro, por lo que la integración de sistemas de almacenamiento y la generación distribuida son esenciales para garantizar un suministro constante, sostenible y económico. Las soluciones tecnológicas no solo permiten satisfacer la creciente demanda, sino también reducir costos y mejorar la competitividad, lo que subraya la importancia de seguir innovando y ampliando los límites regulatorios para maximizar el aprovechamiento de infraestructuras existentes.

Suministro eléctrico en parques industriales: componentes y alternativas de abastecimiento

El suministro eléctrico en los parques industriales enfrenta varios desafíos críticos, principalmente derivados de la insuficiencia de la infraestructura de transmisión y distribución para satisfacer la creciente demanda energética. Este déficit limita la capacidad de los desarrolladores industriales para garantizar un suministro estable y confiable, fundamental para la operación continua de sus inquilinos. La volatilidad en las tarifas eléctricas es otro factor de preocupación, ya que las fluctuaciones en los costos, comparables a los de índices bursátiles como el Nasdaq, complican la planificación presupuestaria de los desarrolladores y aumentan el riesgo operativo. Estos factores son especialmente relevantes en regiones industriales clave como Monterrey y Aguascalientes, donde la infraestructura no ha experimentado el crecimiento necesario para cubrir la demanda creciente.

De acuerdo con datos de la Secretaría de Energía (SENER), la demanda de energía en los parques industriales no cubierta alcanzó los 14,700 MWh en 2022, un incremento significativo respecto a los 3,800 MWh de 2018. Esta brecha refleja la falta de capacidad de la infraestructura eléctrica actual para responder a las necesidades del sector industrial, mientras que las líneas de transmisión y distribución han experimentado un crecimiento limitado de solo un 0.17 % entre 2020 y 2022, lo cual ha contribuido a un aumento del 38 % en los apagones por usuario en 2023. Con proyecciones que indican un aumento del 23 % en la demanda energética nacional de 2023 a 2030, y un crecimiento en regiones como la península de Baja California de hasta el 100 %, el sector industrial se enfrenta a un desafío monumental en términos de asegurar un suministro energético adecuado que apoye el desarrollo de nuevos parques industriales y atraiga inversiones.

Mejorar la rentabilidad y el control sobre el suministro eléctrico es esencial para los desarrolladores de parques industriales. Aunque algunos parques industriales ya cuentan con un suministro de energía asegurado, la falta de integración de soluciones energéticas avanzadas, como almacenamiento o generación distribuida dentro de sus instalaciones, limita su capacidad para gestionar de manera eficiente el consumo y los costos energéticos. Esto restringe su control sobre tarifas y su capacidad para responder a la creciente demanda de sostenibilidad y eficiencia en el sector.

Las estrategias energéticas propuestas para los parques industriales se centran en un enfoque personalizado, dada la singularidad de cada uno, dependiendo de su tipo de industria, demanda de energía y las infraestructuras disponibles. Soluciones como la integración de paneles solares en techos de naves industriales en el esquema de generación distribuida, centrales de generación en abasto aislado en esquemas *semi-off grid*, junto con almacenamiento en baterías, son opciones que mejorarían la calidad del suministro eléctrico, contribuyendo además a descarbonizarlo.

La implementación de sistemas de almacenamiento de energía en baterías (BESS) surge como una estrategia clave para reducir la demanda durante las horas pico, ofreciendo no solo una optimización del consumo energético, sino también un respaldo ante fallas en la red. Este enfoque permite gestionar las cargas de las baterías en horarios de tarifa base, descargándolas en periodos de tarifa punta, maximizando así la eficiencia económica.

Para los centros de carga con necesidades mayores a 1 MW, que cuentan con una red de distribución privada y donde son propietarios de la infraestructura eléctrica, se destaca la oportunidad de maximizar los beneficios de acceso a un suministro suficiente y costos competitivos a través de la participación como usuarios calificados en el MEM. Las soluciones energéticas renovables también ofrecen beneficios adicionales, como el cumplimiento de certificaciones ambientales (LEED, EDGE, BOMA), acceso a financiamiento verde, y la posibilidad de obtener los *International Renewable Energy Certificates* (I-REC) para compensar el alcance¹ de las emisiones de carbono. En conjunto, estas estrategias no solo permiten cubrir la creciente demanda energética, sino que generan un valor económico y ambiental tangible para los desarrolladores e inquilinos, alineándose con los compromisos internacionales de sostenibilidad.

¹En cuestión de emisiones (dióxido de carbono y gases de efecto invernadero), para una empresa, las emisiones de alcance 1 son emisiones directas que ocurren de fuentes que son propiedad de o están controladas por la empresa. Las emisiones de alcance 2, son emisiones indirectas que ocurren por la generación de electricidad adquirida y consumida por la empresa. Las emisiones de alcance 3 son emisiones indirectas, consecuencia de las actividades de la empresa, pero que ocurren en fuentes que no son propiedad ni están controladas por la empresa.





SOLUCIONES ENERGÉTICAS PARA LOS PARQUES INDUSTRIALES EN MÉXICO

Mercado Eléctrico Mayorista

El MEM en México surge como una respuesta a la reforma energética de 2013 y a la Ley de la Industria Eléctrica de 2014, las cuales buscaban liberalizar el mercado eléctrico. La operación de este mercado está a cargo del Centro Nacional de Control de Energía (CENACE), entidad que asegura el balance entre la oferta y la demanda de electricidad en el sistema nacional. Por su parte, la SENER supervisa las políticas y regulaciones que rigen su funcionamiento.

El MEM opera con base en un sistema interconectado de generación, transmisión y distribución de electricidad, donde la energía generada se inyecta a una red común que es gestionada por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) para que llegue a los usuarios finales, incluidos los parques industriales. En él participan diversos actores, entre los cuales se encuentran los generadores, los suministradores y los usuarios calificados:

- **Los generadores** son los responsables de producir electricidad, inyectándola a la red de transmisión operada por CFE, que posteriormente distribuye la energía a los usuarios finales.
- **Los suministradores** actúan como intermediarios entre los generadores y los usuarios calificados, gestionando la compraventa de energía y buscando coberturas contractuales para satisfacer las demandas específicas de sus clientes. Estos suministradores pueden firmar contratos bilaterales con generadores para ofrecer precios competitivos.
- **Los usuarios calificados** tienen una demanda mínima de 1 MW y un consumo anual superior a 20 GWh, lo que les permite negociar directamente con los suministradores y participar en el MEM para obtener condiciones de suministro más favorables.

Esta última figura puede resultar atractiva para la participación de los parques industriales dentro del MEM, en el mercado de corto plazo, el cual se divide en el *mercado de día en adelante*, donde los suministradores adquieren energía para el día siguiente de manera anticipada; y el *mercado en tiempo real*, el cual ajusta el suministro según el consumo real. Si bien estas opciones brindan flexibilidad, también implican riesgos debido a la volatilidad de los precios.

Para su funcionamiento, el MEM se rige por un conjunto de reglas y manuales que establecen los lineamientos plasmados en documentos normativos como el *Manual de mercado de energía a corto plazo*, el *Manual de registro y acreditación de participantes*, y el *Manual de liquidaciones*. En ellos no solo se establece cómo se comercializa la energía y cómo se calculan los costos de transmisión y distribución, sino que también la forma en que se regulan los procesos de liquidación del mercado², y en que se determinan tarifas y otros costos adicionales, como el transporte de la electricidad, la congestión en la red de transmisión, y los servicios conexos.

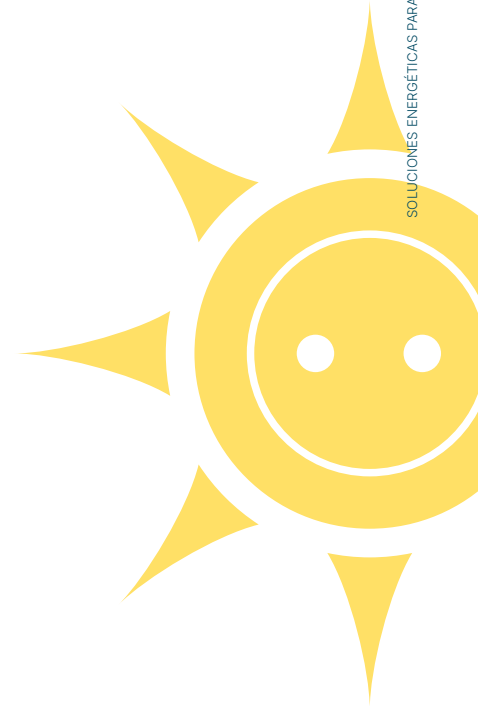
Los productos comercializados en el MEM incluyen la energía, la potencia y los Certificados de Energía Limpia (CEL):

- **La energía** se comercializa con precios variables que dependen de la oferta y la demanda en cada nodo del sistema eléctrico.
- **La potencia** se refiere a la capacidad de generar energía durante las horas críticas del año, las cuales suelen concentrarse en los meses de mayor demanda. Los usuarios deben pagar por la potencia que demandan en estos periodos.
- **Los CEL** son un mecanismo para incentivar el uso de fuentes de energía renovables. Los usuarios calificados deben adquirir estos certificados para cumplir con los requisitos regulatorios y contribuir a la sostenibilidad del sistema eléctrico y la transición energética.

Otros elementos vinculantes en el MEM son los *Power Purchase Agreements* (PPA), contratos a largo plazo entre generadores y consumidores de electricidad, diseñados para garantizar el suministro de energía a un precio pactado, proporcionando estabilidad y previsibilidad en los costos energéticos a largo plazo. Estos suelen tener plazos mínimos de tres años, lo que otorga a los usuarios un horizonte temporal claro para la planificación, con la particularidad de que para su ejecución óptima resulta crucial que comprendan su perfil de consumo energético. Cuentan con medidas de compensación establecidas en cada contrato, lo que asegura una mayor flexibilidad para adaptarse a posibles cambios en la demanda. La posibilidad de negociar contratos personalizados, ajustados a necesidades específicas, es otra de las ventajas clave de los PPA.

Participar en el MEM ofrece una serie de oportunidades estratégicas. Los usuarios calificados, pueden negociar precios más bajos y contratos de suministro más flexibles, lo que resulta esencial para optimizar sus costos operativos y disminuir la dependencia del suministro básico de la CFE. Esta participación, también otorga la posibilidad de avanzar en metas de sostenibilidad, comprando energía limpia mediante los CEL u otros mecanismos similares.

Para aprovechar los beneficios del MEM, los usuarios calificados deben cumplir con ciertos requerimientos técnicos, como contar con medidores adecuados y estar conectados a la red de CFE Distribución o, en algunos casos, a la red de transmisión. Estos requisitos son parte del proceso de migración al MEM, el cual generalmente es acompañado por un suministrador calificado. A pesar de los avances alcanzados, el futuro del MEM dependerá en gran medida de las políticas energéticas que adopte la administración actual, ya que la regulación del sector eléctrico podría experimentar cambios significativos. A pesar de esta incertidumbre, el consenso es que la liberalización del mercado ha generado beneficios tangibles para las empresas, especialmente para los usuarios calificados que negocian PPA, contribuyendo a una gestión más eficiente y sostenible de la energía.



²Conjunto de actividades administrativas y financieras que aseguran que los participantes del mercado (generadores, suministradores, usuarios calificados, y otros actores) reciban o paguen las cantidades correspondientes por las transacciones realizadas en el mercado.

Solicitudes de carga y contratos de interconexión: el rol de SENER, CFE y el CENACE

En México, los procesos de solicitud de carga eléctrica y los contratos de interconexión están regidos por un marco regulatorio y operativo que involucra a instituciones clave: la SENER, quien como autoridad reguladora del sector eléctrico desempeña un papel crucial al expedir permisos, registrar a los usuarios calificados en el MEM y establecer las tarifas y condiciones para la transmisión y distribución; el CENACE, responsable de la planeación y operación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN), gestionando el acceso y despacho de las centrales eléctricas, así como la realización de estudios técnicos necesarios para nuevas interconexiones; y la CFE, que controla la transmisión y distribución, se encarga de firmar los contratos de conexión e interconexión, realizar los estudios correspondientes y supervisar las obras requeridas, garantizando que la infraestructura cumpla con los estándares necesarios para un suministro energético confiable.

En el proceso de solicitud de carga, los desarrolladores de parques industriales deben elegir entre dos modalidades de conexión: la **modalidad individual**, utilizada cuando la carga contratada supera 1 MW y se conecta a niveles de tensión superiores a 69 kV, involucrando principalmente a usuarios finales; y la **modalidad agrupada**, común en parques industriales, donde varios inquilinos comparten los costos de infraestructura y refuerzos, coinvirtiéndose en la construcción de subestaciones y la infraestructura necesaria.

El procedimiento inicia con el registro en el Sistema de Administración de Servicios de Información Comercial (SIACIC)³ del CENACE, seguido de una revisión detallada de la información técnica proporcionada por los solicitantes. Esta revisión está acompañada de la elaboración de estudios de impacto y estudios de instalaciones, cruciales para garantizar que la nueva carga no afecte negativamente la estabilidad de la red eléctrica, y cuyo objetivo es determinar la viabilidad técnica y las adecuaciones necesarias en la red. El costo de estos estudios depende de la magnitud de la carga solicitada, e incluye tanto el análisis de los efectos de la nueva carga en la red, como las obras de infraestructura requeridas. Tienen un plazo de realización de 20 días hábiles cada uno. El CENACE coordina estos estudios en conjunto con la CFE, que es la responsable de ejecutar las obras necesarias para garantizar que la infraestructura eléctrica sea adecuada para la nueva carga.

La relación entre los usuarios y la red eléctrica se formaliza mediante los contratos de conexión e interconexión:

- **Los contratos de conexión** establecen las condiciones técnicas, económicas y legales bajo las cuales las cargas pueden conectarse a la red. Estos se firman entre la CFE y el usuario final, previa validación técnica de CENACE. Este proceso asegura que las obras de infraestructura necesarias se hayan completado y que se cumpla con todos los requisitos técnicos.
- **Los contratos de interconexión** son requeridos cuando se conecta una central de generación eléctrica, como ocurre en proyectos de generación distribuida o abasto aislado. Para proyectos de pequeña escala, como plantas solares en techos de edificios, el Centro Integral de Regulación para el Servicio de Interconexión (CIRESI) de la CFE facilita la gestión de estas solicitudes.

Los proyectos en abasto aislado, como esquemas de consumo propio, presentan un proceso más complejo. Además de los estudios de impacto e instalaciones, se deben realizar estudios adicionales como la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA) y la Evaluación del Impacto Social (EVIS), especialmente si la instalación afecta áreas sensibles.

El proceso completo, que incluye la obtención de permisos, la evaluación de impacto ambiental y la validación técnica, puede tomar hasta 60 días hábiles. El CENACE juega un rol esencial en la coordinación y seguimiento de estos procesos, facilitando la firma de los contratos y asegurando la correcta integración de las nuevas instalaciones a la red eléctrica.



³Plataforma desarrollada por el CENACE para administrar, procesar y facilitar las interacciones comerciales dentro del MEM en México.



SOLUCIONES ENERGÉTICAS PARA LOS PARQUES INDUSTRIALES EN MÉXICO



Descarbonizando el sistema eléctrico nacional: necesidades de energía limpia para parques industriales

La descarbonización del SEN constituye un esfuerzo integral para mitigar los efectos del cambio climático, mediante la reducción de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) y gases de efecto invernadero. Este proceso responde a una emergencia climática global caracterizada por el aumento sin precedentes en las temperaturas promedio, consecuencia directa de la industrialización, la quema de combustibles fósiles y otros factores asociados a las actividades humanas. Los efectos acumulativos de estos fenómenos no son lineales, lo que introduce incertidumbre y desafíos significativos en la gestión del sistema eléctrico y la planificación energética.

El calentamiento global ha provocado fenómenos extremos con impactos directos en la operación de los sistemas eléctricos, tales como olas de calor y heladas severas. Ejemplos recientes incluyen el aumento de la demanda energética en México durante olas de calor de los últimos 3 años, que registraron crecimientos de dos dígitos en semanas consecutivas, y el incremento en los precios del gas natural debido a fenómenos climáticos como las heladas en Texas en febrero de 2021. Estas condiciones exacerbaron las dificultades para mantener la estabilidad y la confiabilidad del sistema eléctrico, poniendo en evidencia la necesidad de un cambio estructural hacia un modelo energético más resiliente y sostenible.

En el contexto internacional, organismos como la *International Renewable Energy Agency* (IRENA) han identificado estrategias fundamentales para contener el aumento de la temperatura global en 1.5°C, en línea con los compromisos del Acuerdo de París. Entre las acciones prioritarias se encuentran la incorporación masiva de energías proveniente de fuentes renovables, especialmente la solar y la eólica; la electrificación de sectores clave como el transporte y la industria; la mejora en la eficiencia energética mediante la gestión de la demanda; la integración del hidrógeno como vector energético; y el desarrollo de tecnologías de captura de carbono. Estas estrategias buscan transformar los sistemas eléctricos en plataformas robustas para la descarbonización, mientras se fortalecen las economías locales y se garantiza el acceso a energía limpia y asequible. En México, los compromisos asumidos en la COP21

incluyen una reducción del 22 % en las emisiones de gases de efecto invernadero para 2030, cifra que fue aumentada posteriormente al 35 %. Estos compromisos se materializaron en la Ley de Transición Energética, que establece metas intermedias y específicas de participación de energías limpias, como el que éstas representen un 35 % de la matriz eléctrica para 2024.

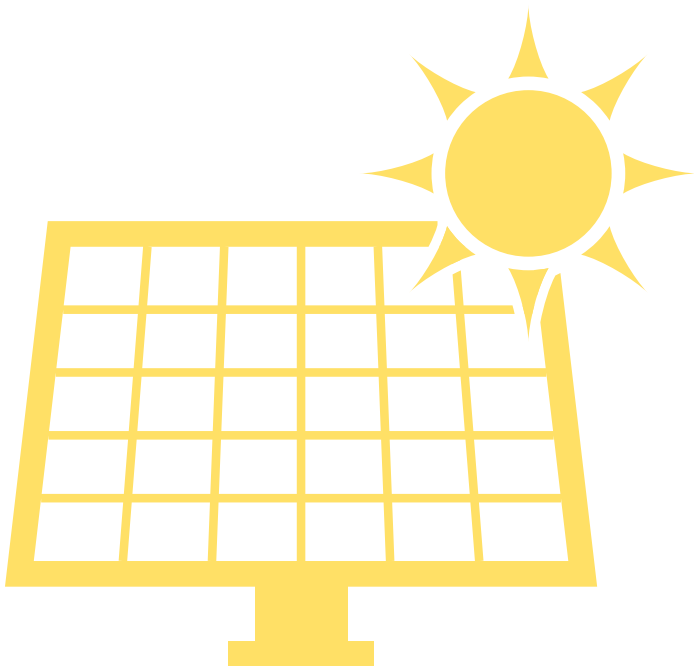
Sin embargo, alcanzar estas metas enfrenta múltiples obstáculos, como la falta de inversión en infraestructura de transmisión, la paralización en la emisión de permisos para nuevos proyectos y la dependencia persistente de combustibles fósiles en más del 80 % de la generación eléctrica. Aunque las energías renovables han mostrado un crecimiento notable, especialmente a través de proyectos solares y eólicos impulsados por subastas de largo plazo, el ritmo ha sido insuficiente para satisfacer el incremento en la demanda. Estas subastas permitieron adicionar a la matriz de generación grandes inversiones en proyectos renovables, pero su suspensión y la falta de continuidad en políticas de promoción han limitado el desarrollo de nuevas capacidades.

La generación distribuida ha emergido como una solución eficiente y accesible para complementar la generación a gran escala. Este modelo, que anteriormente permitía la instalación de sistemas menores a 500 kW en sitios estratégicos⁴, ha experimentado un crecimiento acelerado gracias a su simplicidad operativa y la ausencia de requerimientos de permisos. Ese esquema, además de reducir costos para los usuarios, contribuye significativamente a la descentralización del sistema eléctrico, mitigando los riesgos asociados a la congestión de la red y diversificando las fuentes de generación.

El modelo de abasto aislado es otra alternativa que ha cobrado relevancia para grandes consumidores, especialmente en sectores industriales. Este esquema permite la generación de energía exclusivamente para el consumo propio, sin intercambio con la red nacional. Aunque presenta ventajas evidentes en términos de independencia energética y reducción de emisiones, su implementación es compleja, dado que requiere permisos específicos, cumplimiento riguroso de estudios técnicos y coordinación con el CENACE.

Hacia el futuro, México enfrenta el desafío de cerrar la brecha entre sus compromisos internacionales y la realidad de su matriz energética. Alcanzar los objetivos de descarbonización requerirá una combinación de políticas públicas sólidas, inversiones sostenidas en infraestructura y la promoción de modelos innovadores de generación y almacenamiento. Además, será fundamental establecer un marco regulatorio flexible y eficiente que permita a los actores del mercado adaptarse rápidamente a las demandas de un entorno energético en constante evolución.

La transición hacia un sistema eléctrico descarbonizado no solo es una obligación ética frente al cambio climático, sino también una oportunidad estratégica para fortalecer la competitividad económica del país. La adopción de tecnologías limpias y la modernización del sistema eléctrico pueden posicionar a México como un líder regional en sostenibilidad energética, atrayendo inversiones y promoviendo un desarrollo económico inclusivo y resiliente. Este esfuerzo debe enmarcarse en una visión de largo plazo, que integre las necesidades de los diferentes sectores productivos, fomente la innovación tecnológica y garantice el acceso universal a energía limpia y asequible.



⁴El 6 de noviembre de 2024 se presentó la Estrategia Nacional del Sector Eléctrico, anunciando el aumento en los umbrales para la generación distribuida bajo distintos esquemas de participación. Concretamente el umbral de 500 kW aumentó a 700 kW.

Interconexiones al sistema eléctrico nacional: perspectiva y procedimientos para el sector inmobiliario industrial

La interconexión al SEN es un proceso fundamental para garantizar el suministro eficiente de energía a los centros de carga, particularmente en sectores como el de los parques industriales. Este procedimiento implica un conjunto de etapas técnicas, regulatorias y administrativas que aseguran la integración armónica de nuevas instalaciones eléctricas en la infraestructura existente, minimizando impactos y optimizando la operación del sistema eléctrico en su conjunto.

El marco regulatorio que rige estas interconexiones está detallado en el *Manual de Interconexión de Centrales Eléctricas y Conexión de Centros de Carga*. Este documento, emitido por la SENER, establece los requisitos técnicos, administrativos y legales para conectar nuevas instalaciones al SEN, abarcando desde centros de carga individuales, hasta proyectos más complejos, como clústeres energéticos. Las disposiciones del manual tienen como objetivo garantizar la estabilidad del sistema y la integración eficiente de la nueva infraestructura.

De acuerdo con el manual, los centros de carga pueden clasificarse en tres categorías principales: nuevos centros de carga, incrementos de carga contratada, y cambios de punto de conexión. Cada categoría presenta requisitos específicos que deben cumplirse antes de proceder con la conexión al SEN. Para nuevos centros de carga, es necesario un consumo eléctrico mínimo de un 1 MW, mientras que los incrementos de carga requieren justificar la ampliación en capacidad existente. Los cambios de punto de conexión implican una reubicación de las instalaciones, lo que puede conllevar modificaciones sustanciales en los estudios técnicos.

Un elemento clave del proceso es la realización de estudios técnicos detallados que evalúan el impacto de las nuevas instalaciones en el sistema eléctrico. Entre estos estudios destacan el *estudio de impacto*, que analiza cómo las nuevas cargas afectarán parámetros críticos del sistema (como flujos de potencia, niveles de cortocircuito y estabilidad transitoria), y el *estudio de instalaciones*, que detalla las obras de conexión necesarias para integrar las nuevas instalaciones, así como las medidas de refuerzo requeridas para mitigar cualquier perturbación en la red.

La planeación juega un papel crucial en la selección de sitios para nuevos proyectos. Incorporar estudios preliminares de factibilidad eléctrica durante la etapa de diseño puede optimizar significativamente el proceso. Estos estudios permiten prever necesidades de infraestructura, identificar restricciones de la red y anticipar costos asociados con obras de refuerzo. Empresas con licencias de usuario externo de confianza, avaladas por el CENACE, pueden realizar simulaciones que modelen el comportamiento del sistema bajo diferentes escenarios de conexión.

En los casos donde los tiempos de desarrollo del proyecto no coinciden con las proyecciones del PRODESEN, los solicitantes deben asumir la ejecución de las obras de refuerzo. Estas obras, esenciales para garantizar la estabilidad del sistema, pueden incluir la construcción de subestaciones, repotenciación de líneas de transmisión y la implementación de tecnologías de compensación de energía reactiva, como bancos de capacitores y filtros armónicos.

Un aspecto crítico es el cumplimiento del Código de Red, que establece parámetros técnicos para la calidad de la energía y la operación de los sistemas interconectados. La corrección del factor de potencia y la gestión de distorsiones armónicas son indispensables para evitar penalizaciones y garantizar la compatibilidad con la red. El diseño eléctrico debe considerar desde etapas tempranas los elementos necesarios para cumplir con estos requisitos, lo que incluye dimensionar correctamente los sistemas de compensación y prever espacio y presupuesto para su instalación.

La entrada en operación comercial marca la culminación del proceso. Para alcanzarla es indispensable cumplir con todos los requisitos establecidos en el estudio de instalaciones y obtener el certificado de unidad de inspección, que avala la conformidad técnica de las obras. Adicionalmente, es necesario integrar modelos matemáticos precisos que representen el comportamiento eléctrico de las instalaciones, y garantizar la compatibilidad de las tecnologías de comunicación y monitoreo con los sistemas del CENACE. Este monitoreo es crucial para mantener la visibilidad en tiempo real de las condiciones operativas del sistema.

El proceso de interconexión al SEN es complejo pero imprescindible para atender las crecientes demandas energéticas de los parques industriales en expansión. Mediante la planificación adecuada, el cumplimiento de las normativas y la colaboración efectiva entre los participantes es posible garantizar una integración eficiente y sostenible de nuevos centros de carga en la red eléctrica nacional.



Manual de interconexión: conexión agrupada para parques industriales

El Manual de interconexión del SEN es un documento técnico y regulatorio que establece los lineamientos, procedimientos y requisitos para la interconexión de centrales eléctricas y la conexión de centros de carga. El manual fue desarrollado bajo la Ley de la Industria Eléctrica (LIE) para garantizar la transparencia, objetividad y eficiencia en los procesos asociados a la incorporación de nuevas cargas al SEN. Este instrumento define los derechos y obligaciones de los solicitantes y actores involucrados, asegurando el acceso abierto y no discriminatorio a la Red Nacional de Transmisión y las Redes Generales de Distribución.

El propósito fundamental del manual es establecer los procedimientos técnicos y administrativos para atender solicitudes de interconexión y conexión. Este proceso incluye la evaluación de estudios técnicos, la determinación de infraestructura requerida, la formalización de contratos y la realización física de las obras necesarias para conectar las instalaciones al SEN. Adicionalmente, el manual especifica las acciones necesarias para la puesta en operación de centrales eléctricas y centros de carga, con el fin de garantizar la compatibilidad técnica y operativa con la red eléctrica.

El manual aplica a diferentes tipos de centros de carga y centrales eléctricas. En el caso de los centros de carga, la normativa incluye tanto instalaciones nuevas como existentes que busquen incrementar su capacidad contratada o cambiar su punto de conexión. Para las nuevas instalaciones, el manual establece que las cargas deben ser mayores a 1 MW y estar conectadas en tensiones superiores a 69 kV. Las instalaciones existentes, que actualmente operan en niveles de media tensión, deben migrar a alta tensión cuando sus necesidades de carga excedan las capacidades de las infraestructuras actuales.

Los procesos de conexión se dividen en dos modalidades principales: individual y de planeación. La modalidad individual permite a los solicitantes determinar la fecha específica de entrada en operación de sus instalaciones, pero implica asumir la totalidad de los costos asociados con los refuerzos y obras necesarias para garantizar la conexión. En contraste, la modalidad de planeación está diseñada para proyectos de largo plazo que no requieren una conexión inmediata, permitiendo que los costos de los refuerzos sean asumidos por los transportistas o distribuidores de energía. Sin embargo, esta última modalidad puede implicar tiempos de espera prolongados, dependiendo de la disponibilidad de la infraestructura requerida.



Una variante importante del proceso de conexión es la modalidad agrupada, especialmente relevante para la operación al interior de los parques industriales. Bajo este esquema, múltiples solicitantes con cargas individuales se agrupan para presentar una solicitud conjunta. Esto permite optimizar costos, ya que los refuerzos necesarios, como la construcción de subestaciones o líneas de transmisión, se dividen entre los participantes. La carga total agrupada debe ser mayor a 10 MW y estar conectada a tensiones superiores a 69 kV. Este modelo es particularmente ventajoso en proyectos donde las cargas individuales no justifican por sí solas los costos de los refuerzos.

El manual también clasifica las cargas en convencionales y especiales, dependiendo de sus características técnicas. Las cargas convencionales son aquellas que no generan disturbios en el sistema, mientras que las especiales requieren estudios adicionales debido a la posibilidad de introducir armónicos, flickers⁵ u otras perturbaciones. En estos casos, se requieren elementos de compensación para garantizar la calidad de la energía y el cumplimiento del Código de Red.

La prelación de capacidad⁶ es un aspecto crítico del proceso, asegurando que los solicitantes que han cumplido con los requisitos técnicos y financieros tengan garantizada la capacidad de la red para sus proyectos. Este derecho se formaliza mediante el aporte de garantías financieras, las cuales también protegen los intereses de los transportistas y distribuidores frente a incumplimientos. Sin embargo, la prelación no exime a los solicitantes de cumplir con los plazos y requisitos establecidos en el manual, ya que cualquier retraso puede derivar en la reasignación de la capacidad.

Los estudios técnicos tienen plazos y costos definidos en el manual, los cuales varían según la capacidad de la carga y la modalidad de conexión. Por ejemplo, los estudios de impacto para cargas individuales de hasta 10 MW tienen un plazo de 20 días hábiles, mientras que para cargas agrupadas mayores a 750 MW el plazo puede extenderse a 45 días. Los costos asociados a estos estudios también dependen de la capacidad y tipo de carga, pudiendo representar un porcentaje significativo de la inversión total del proyecto.


La correcta planificación de los proyectos es esencial para optimizar tiempos y costos. Esto incluye coordinar los requerimientos técnicos con los plazos de entrega de los estudios, considerar el impacto de las vacaciones operativas del CENACE y anticipar las necesidades futuras de carga para evitar costos adicionales por ampliaciones no previstas. Adicionalmente, la integración de acuerdos previos entre los participantes en solicitudes agrupadas puede agilizar significativamente el proceso.

La conexión al SEN representa un desafío técnico y administrativo para los desarrolladores de proyectos industriales y eléctricos. Sin embargo, su correcta implementación permite optimizar el uso de la infraestructura eléctrica, reducir costos y garantizar la sostenibilidad del sistema a largo plazo. El marco regulatorio provisto en el **Manual de interconexión** es un pilar esencial para el desarrollo energético de México, proporcionando un camino claro hacia la integración eficiente y equitativa de nuevas cargas en la Red Eléctrica Nacional.

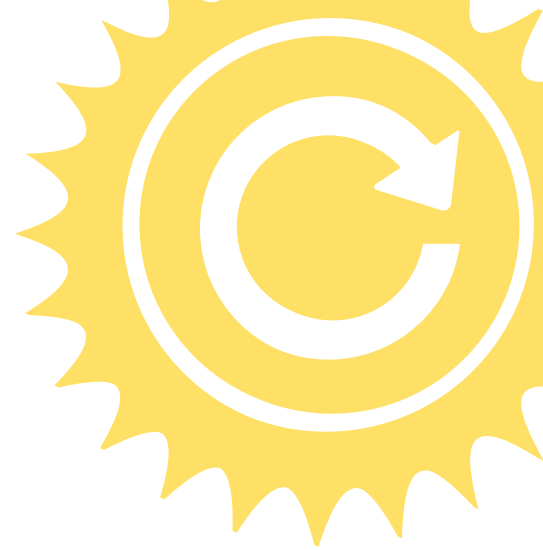


⁵Variaciones rápidas y perceptibles en la intensidad de la luz, generalmente causadas por fluctuaciones en el voltaje del sistema eléctrico. Estas variaciones pueden ser molestas para los usuarios finales y, en algunos casos, afectar el desempeño de los equipos electrónicos sensibles.

⁶Concepto utilizado en el sector eléctrico para determinar el orden de prioridad con el que se asigna o utiliza la capacidad disponible en la red de transmisión o de distribución. Este término es especialmente relevante en sistemas donde los recursos son limitados y es necesario establecer criterios claros para su utilización.



Potenciando la industria: claves de la generación distribuida



La generación distribuida se ha consolidado como un modelo energético clave en la transición hacia sistemas eléctricos más sostenibles y resilientes. Este esquema permite a los usuarios generar electricidad en el mismo sitio donde se consume, mediante fuentes renovables, principalmente energía solar. Su importancia radica en la capacidad de descentralizar la generación eléctrica, reducir las pérdidas por transmisión y distribución, y optimizar el uso de recursos renovables en sectores industriales, comerciales y residenciales.

La implementación de sistemas de generación distribuida en parques industriales enfrenta diversos retos técnicos, regulatorios y operativos. Entre las principales limitantes se encuentra el espacio físico requerido para la instalación de paneles solares, el cual puede ser muy extenso para satisfacer las necesidades energéticas de estos complejos; así como el marco regulatorio vigente en México, que anteriormente establecía un límite de capacidad instalada de 500 kW por instalación, restringiendo la adopción de este esquema para proyectos de mayor envergadura⁷. Adicionalmente, es necesario considerar la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos actuales, que ronda entre 21 y 25 %, presentando limitaciones inherentes, particularmente en condiciones de baja irradiación solar, o cuando existen sombras parciales en las instalaciones.

Una solución complementaria para superar estas limitaciones es la integración de BESS. Estas tecnologías permiten acumular excedentes de generación durante las horas de mayor producción solar y liberarlos durante los picos de demanda, optimizando el consumo y reduciendo costos asociados a tarifas punta. Los BESS proporcionan respaldo en caso de interrupciones en el suministro eléctrico, garantizando la continuidad operativa de los procesos industriales y mitigando pérdidas económicas derivadas de paros no programados.

El almacenamiento energético desempeña un papel crucial en la gestión del *peak shaving*⁸, estrategia que permite reducir el consumo eléctrico durante los periodos de mayor demanda y, consecuentemente, minimizar los costos por tarifas elevadas. Este enfoque no solo optimiza el uso de la energía generada localmente, sino que también alivia la carga sobre la red eléctrica, mejorando la estabilidad del sistema. En el contexto de parques industriales, el retorno de inversión de los BESS puede variar entre dos y tres años, dependiendo del tamaño de la instalación y el perfil de consumo del usuario.

La calidad de la energía es otro aspecto fundamental en la implementación del modelo de generación distribuida. Las variaciones en el suministro, como caídas de tensión o picos de frecuencia, pueden afectar la operación de los equipos conectados y comprometer la estabilidad del sistema. Cumplir con los requisitos establecidos en el Código de Red, como el factor de potencia y la limitación de distorsiones armónicas, es indispensable para garantizar la compatibilidad entre las instalaciones de generación distribuida y la Red Eléctrica Nacional. Este cumplimiento requiere de adecuaciones técnicas, como la instalación de inversores avanzados y sistemas de monitoreo que permitan detectar y corregir anomalías en tiempo real.

El marco legal actual también impone desafíos para la adopción masiva de generación distribuida. La regulación limita la capacidad instalada por usuario, además de establecer restricciones geográficas y contractuales que dificultan la expansión de este esquema en sectores industriales de alta demanda. Sin embargo, existen oportunidades para optimizar este marco normativo, como la posibilidad de incrementar el límite de capacidad instalada y promover incentivos fiscales para proyectos que integren almacenamiento energético y generación renovable⁹.

La integración de sistemas de generación distribuida con almacenamiento representa un avance significativo hacia la suficiencia energética de los parques industriales. Esta combinación permite no solo reducir costos operativos y mejorar la sostenibilidad, sino también aumentar la resiliencia frente a interrupciones en el suministro eléctrico.

⁷A partir de la presentación de la Estrategia Nacional del Sector Eléctrico, el 6 de noviembre de 2024 el umbral de 500 kW aumentó a 700 kW.

⁸Concepto que se basa en gestionar el consumo eléctrico para evitar que la demanda alcance niveles máximos (picos) durante los periodos de mayor consumo.

⁹La Estrategia Nacional del Sector Eléctrico, presentada el 6 de noviembre de 2024, se inserta en el aprovechamiento de las oportunidades de mejora mencionadas, a la espera de la publicación de las reglas y especificaciones bajo las cuales operará dicha estrategia.



Autoabasto aislado

El modelo de abasto aislado representa una solución innovadora y estratégica para abordar los desafíos energéticos actuales en México, particularmente en el contexto de los parques industriales. Este esquema permite a los usuarios generar y consumir su propia energía de forma independiente, fuera de las redes de distribución y transmisión convencionales, ofreciendo una alternativa viable frente a las limitaciones de capacidad y la falta de certeza regulatoria en el mercado eléctrico nacional.

El abasto aislado opera bajo diferentes configuraciones, diseñadas para satisfacer necesidades específicas de los usuarios y alinearse con el marco regulatorio vigente. Estas configuraciones incluyen plantas de generación completamente aisladas de la red, instalaciones conectadas a la red sin venta de excedentes, y sistemas con posibilidad de inyección de excedentes al MEM. Cada modalidad presenta ventajas y desafíos técnicos y económicos, siendo las primeras dos opciones las más recomendadas en el entorno regulatorio actual, debido a su mayor viabilidad y menor complejidad.

En su modalidad completamente aislada, los proyectos de abasto aislado no requieren interconexión con las redes de la CFE, lo que otorga flexibilidad en términos de ubicación y diseño. Esta independencia resulta especialmente útil en regiones con infraestructura eléctrica limitada o donde los costos de conexión a la red son elevados.

Por otro lado, los sistemas conectados sin venta de excedentes permiten complementar el suministro energético con la red de CFE, ofreciendo una solución híbrida que mejora la seguridad y continuidad del suministro.

El éxito de un proyecto de abasto aislado depende de una planificación técnica rigurosa y una estructuración adecuada. En términos técnicos, es fundamental realizar estudios detallados que incluyan análisis de carga, dimensionamiento de equipos de generación y almacenamiento, y modelado del comportamiento del sistema en diferentes escenarios de operación. Estos estudios deben considerar tanto las necesidades actuales como futuras del usuario, permitiendo una implementación por etapas que se adapte a sus planes de crecimiento.

En cuanto a la estructuración, el modelo de abasto aislado debe abordar aspectos legales, financieros y contractuales. La regulación vigente en México permite combinar diferentes esquemas, como generación exenta y abasto aislado, para maximizar la flexibilidad y eficiencia del proyecto. La estructuración financiera, por su parte, puede incluir esquemas de inversión directa o la participación de fondos externos, mediante acuerdos de participación en beneficios (*profit-sharing*¹⁰) que reduzcan la necesidad de capital inicial por parte del usuario.

Una de las tecnologías clave para el éxito de los proyectos de abasto aislado es el almacenamiento energético. Los BESS, como las baterías de ion litio, permiten gestionar la intermitencia de las fuentes renovables, como la solar y la eólica, y optimizar el consumo mediante estrategias de *peak shaving*. Estas tecnologías también actúan como respaldo en sistemas aislados, garantizando la continuidad operativa incluso en casos de fallas en la generación primaria.

El contexto regulatorio en México presenta tanto desafíos como oportunidades para la implementación de este modelo. Aunque se ha limitado la expansión de proyectos de generación a gran escala, las regulaciones del abasto aislado y del almacenamiento energético han avanzado significativamente, proporcionando mayor certeza. Adicionalmente, el enfoque en la promoción de las energías renovables y la adopción de sistemas de generación distribuida refuerza el potencial del abasto aislado como una solución estratégica para los sectores industrial y comercial.

La flexibilidad del abasto aislado permite su personalización acorde a las necesidades. Por ejemplo, los proyectos pueden desarrollarse en etapas, facilitando la alineación con los planes de expansión y reduciendo riesgos asociados a la sobreinversión. Esta característica también permite integrar tecnologías complementarias, como gas natural y almacenamiento, para maximizar la eficiencia y la sostenibilidad del sistema.

En conclusión, el abasto aislado se posiciona como una herramienta esencial para enfrentar los retos energéticos en México. Su implementación requiere un enfoque integral que combine planificación técnica, estructuración financiera y cumplimiento regulatorio. Con estas bases, los parques industriales pueden garantizar un suministro energético confiable, y alineado con las metas de sostenibilidad y competitividad en un mercado global en constante evolución.

¹⁰Distribución de beneficios económicos generados por proyectos energéticos entre los participantes o partes interesadas. Este modelo puede aplicarse en proyectos de energía renovable, generación distribuida, cogeneración, y comunidades energéticas, entre otros.



Energía en reserva: sistemas de almacenamiento

Los sistemas de almacenamiento de energía (SAE) representan una de las tecnologías más relevantes para la transformación y modernización de los sistemas eléctricos a nivel global. En el contexto de la transición energética, los SAE desempeñan un papel central en la integración masiva de energías renovables, al mitigar su intermitencia, estabilizar las redes eléctricas y garantizar un suministro confiable. Estas capacidades son esenciales para la sostenibilidad de un sistema eléctrico y para cumplir con los compromisos internacionales de reducción de emisiones de carbono.

El almacenamiento energético permite gestionar eficientemente los flujos de energía, al acumular excedentes generados durante periodos de baja demanda y liberarlos cuando la red enfrenta picos de consumo o interrupciones. Esta funcionalidad no solo optimiza el uso de los recursos renovables, sino que también contribuye a la estabilidad operativa mediante servicios auxiliares, como la regulación de frecuencia y voltaje. Estas capacidades son críticas en un sistema eléctrico que enfrenta crecientes desafíos debido a la descentralización y digitalización de la generación.

Entre las tecnologías disponibles, las baterías de ion-litio destacan por su alta densidad energética, ciclos de vida prolongados y costos competitivos. Dentro de esta categoría, las baterías de litio-ferrofosfato se han consolidado como una opción preferida debido a su mayor estabilidad térmica, menor impacto ambiental y durabilidad superior, con una vida útil que puede superar los 10,000 ciclos de carga y descarga. Estas características las hacen ideales para aplicaciones tanto detrás del medidor como en instalaciones centralizadas.

Los SAE se clasifican en dos categorías principales según su ubicación y funcionalidad.

- **Los sistemas detrás del medidor** se sitúan en las instalaciones del usuario final, permitiendo almacenar energía generada localmente o adquirida en horarios de menor tarifa. Este modelo es particularmente ventajoso para sectores industriales y comerciales, ya que permite reducir costos asociados a la demanda en horarios pico, incrementar la autonomía energética y proteger los procesos productivos frente a interrupciones del suministro.
- **Los sistemas centralizados** se implementan en plantas generadoras de gran escala, como parques solares y eólicos, y están diseñados para garantizar una entrega continua de energía, incluso en condiciones de baja generación.

El marco regulatorio en México, establecido en las Disposiciones Administrativas de Carácter General (DACG), ha definido cinco modalidades para la integración de SAE al SEN. Estas modalidades incluyen la asociación con centrales eléctricas, esquemas de abasto aislado, centros de carga, generadores exentos y sistemas no asociados. Cada modalidad presenta requisitos específicos, como estudios de impacto y viabilidad técnica, permisos de operación, y alineación con el Código de Red. Esta regulación proporciona un marco claro y promueve la adopción de estas tecnologías en diversos sectores.

En el contexto de los parques industriales, los SAE son una herramienta clave para garantizar la continuidad operativa y mejorar la competitividad. Los centros productivos, que a menudo enfrentan altas demandas energéticas y requieren un suministro confiable, pueden beneficiarse significativamente del almacenamiento energético. Además de proporcionar respaldo durante interrupciones, los SAE permiten implementar estrategias de *peak shaving*, reduciendo costos en horarios de alta demanda y minimizando la dependencia de la red. Esta flexibilidad operativa es crucial para optimizar el desempeño energético y financiero de los parques industriales.

El almacenamiento energético también ofrece una solución para estabilizar redes eléctricas saturadas, especialmente en regiones con alta penetración de energías renovables. Los SAE actúan como un amortiguador, suavizando las fluctuaciones en la generación y el consumo y asegurando que la red mantenga condiciones operativas estables. Esto es particularmente importante en sistemas interconectados donde los desequilibrios pueden propagarse rápidamente, afectando la calidad del suministro.





Sin embargo, la implementación de los SAE enfrenta desafíos técnicos y financieros. La inversión inicial requerida para instalar sistemas de almacenamiento sigue siendo significativa, aunque los costos han disminuido sustancialmente en la última década. Respecto al diseño técnico, se deben considerar factores como la capacidad de almacenamiento necesaria, el perfil de consumo del usuario y las condiciones climáticas locales. También es esencial garantizar el cumplimiento con los estándares de seguridad y calidad, que incluyen sistemas de protección contra sobrecargas, control térmico y monitoreo en tiempo real.

En términos de planificación estratégica, el PRODESEN 2024 - 2038 proyecta que los SAE representarán una proporción creciente de la nueva capacidad instalada, con un enfoque en mejorar la integración de energías renovables. Esta proyección subraya la importancia de los SAE no solo como una herramienta técnica, sino también como un componente estratégico para cumplir con las metas de sostenibilidad y descarbonización del país.

La integración de SAE en el SEN también abre oportunidades para la innovación y el desarrollo de nuevos modelos de negocio. Por ejemplo, los sistemas de almacenamiento pueden facilitar la participación de usuarios finales en mercados de servicios auxiliares, permitiendo la monetización de capacidades ociosas. Este enfoque promueve una mayor participación de los consumidores en la operación del sistema eléctrico, transformándolos en “prosumidores” activos y mejorando la eficiencia general del mercado.

El almacenamiento energético es, en esencia, un habilitador de la transición energética. Su capacidad para integrar más energías renovables, garantizar la estabilidad del sistema y optimizar el consumo lo posiciona como una tecnología indispensable para el futuro del sistema eléctrico. En el contexto mexicano, los SAE no solo son una respuesta a las necesidades actuales, sino también una inversión estratégica que puede transformar la manera en que se genera, almacena y consume la energía.





Energía doble: explorando la cogeneración en parques industriales

La cogeneración se configura como un modelo energético avanzado y eficiente que permite la generación simultánea de energía eléctrica y térmica en una misma instalación. Este sistema aprovecha al máximo la energía contenida en los combustibles, alcanzando eficiencias superiores al 75 %, comparado con los ciclos combinados tradicionales que rondan un 48 %. Su aplicación representa una solución integral para optimizar recursos, reducir costos operativos y minimizar emisiones de carbono.

El diseño de una planta de cogeneración se basa en la integración de turbinas de gas y sistemas de recuperación de calor que producen vapor o frío, dependiendo de los requerimientos del cliente industrial. Este enfoque reduce la dependencia de fuentes externas para el suministro energético y asegura una operación autónoma. La proximidad de las instalaciones al cliente final es fundamental, ya que el transporte del calor generado presenta mayores pérdidas que la transmisión de electricidad. Por ello, las plantas de cogeneración suelen estar situadas adyacentes a las fábricas o instalaciones industriales a las que sirven.

Uno de los mayores beneficios de la cogeneración radica en su flexibilidad para adaptarse a las necesidades específicas de cada cliente. Este sistema se diseña como un “traje a la medida”, teniendo en cuenta la demanda de electricidad y vapor o frío. En industrias con demandas constantes y predecibles, como las químicas, la configuración es más sencilla y eficiente. Sin embargo, en sectores con alta variabilidad, como las papeleras, se requieren medidas de mitigación para ajustar la capacidad de las plantas a los periodos de menor consumo, lo que incrementa el costo y reduce la eficiencia.

El impacto ambiental es un aspecto crítico en los proyectos de cogeneración. Al integrar procesos en una sola instalación, se reduce significativamente la emisión de gases de efecto invernadero, optimizando el uso del gas natural y disminuyendo las emisiones de CO₂ por unidad de energía producida. Sin embargo, la legislación actual implica que los clientes que adopten cogeneraciones deben asumir las emisiones como alcance 1, lo que puede contradecir las estrategias de descarbonización de empresas transnacionales que buscan limitar su impacto ambiental al nivel de alcance 2.

La legislación en México ha limitado la capacidad de la cogeneración a la demanda máxima del cliente, lo que elimina la posibilidad de vender excedentes a la red. Esta regulación ha restringido el desarrollo de proyectos más grandes y eficientes, que podrían aprovechar economías de escala para reducir costos y maximizar beneficios. En este contexto, la normativa establece que las instalaciones deben estar completamente controladas y financiadas por el cliente industrial, lo que dificulta la participación de terceros especialistas en el diseño, construcción y operación de las plantas. En los últimos años, estos factores han llevado a una disminución en la inversión y el desarrollo de cogeneraciones a gran escala.

El esquema contractual en proyectos de cogeneración incluye acuerdos detallados que abarcan la entrega de electricidad y vapor. Estos contratos suelen establecer compromisos a largo plazo, de entre 15 y 20 años, para garantizar la rentabilidad de las inversiones. Uno de los puntos más complejos es el acuerdo de *take or pay*, donde el cliente se compromete a consumir un volumen mínimo de energía térmica, independientemente de las fluctuaciones en su demanda real. Este compromiso es esencial para mantener la viabilidad económica del proyecto, pero representa un desafío significativo para las empresas al planificar su capacidad de producción futura.

En el caso de parques industriales, la cogeneración ofrece una ventaja estratégica al ser compatible con la agrupación de demandas. Este modelo permite alcanzar un tamaño óptimo de instalación, maximizando la eficiencia y reduciendo los costos unitarios de generación. No obstante, la complejidad regulatoria y las negociaciones con múltiples usuarios han limitado el desarrollo de estos proyectos. Alternativas como redes internas o agrupaciones de carga presentan soluciones viables, aunque enfrentan restricciones legales y técnicas que dificultan su implementación. La reactivación de la figura de generación local podría ser un paso crucial para revitalizar esta modalidad energética y promover su adopción en parques industriales.



Gas natural y parques industriales

El gas natural es un componente clave en la matriz energética de México y representa una solución eficiente, económica y sostenible para satisfacer la creciente demanda energética en el sector industrial. Con una participación predominante en la generación eléctrica, la industria y procesos de autoconsumo, este combustible ha desplazado a otras fuentes fósiles gracias a sus ventajas en términos de costo, seguridad y menor impacto ambiental. Su uso no solo garantiza el suministro energético, sino que también contribuye al cumplimiento de los compromisos ambientales y a la competitividad de las industrias nacionales e internacionales.

En términos de infraestructura, México cuenta con más de 19,000 kilómetros de redes de transporte y 40,000 kilómetros de redes de distribución de gas natural, lo que refleja un sistema robusto, aunque con áreas de oportunidad en regiones como el sureste y la península de Baja California. Estas zonas, identificadas como polos de crecimiento estratégico, requieren inversiones significativas en infraestructura para atender la creciente demanda derivada de la relocalización de empresas; articuladas con iniciativas gubernamentales para expandir el acceso al gas natural y fortalecer sus capacidades logísticas y energéticas.

El gas natural destaca por su versatilidad y adaptabilidad a diversos sectores, desde la generación eléctrica hasta su uso directo en procesos industriales. Su bajo costo, comparado con combustibles como el carbón o el petróleo, lo convierte en una opción preferida para reducir costos operativos. Sus propiedades físicas lo hacen más seguro de manejar, con menores riesgos de explosión y emisiones contaminantes. En términos de sostenibilidad, el gas natural emite significativamente menos CO₂ y otros contaminantes en comparación con sus alternativas fósiles, posicionándolo como un puente hacia la transición energética.

La cadena de valor del gas natural incluye cuatro elementos clave: producción, transporte, distribución y comercialización. En México, el gas es mayoritariamente importado de Estados Unidos, lo que garantiza precios competitivos gracias a la cercanía con uno de los mayores productores a nivel global. Este vínculo con el mercado estadounidense, donde los precios fluctúan entre 2 y 3 dólares por millón de Btu (*British thermal unit*)¹¹, otorga a México una ventaja estratégica en comparación con regiones como Asia o Europa, donde los costos pueden alcanzar hasta 14 dólares por millón de Btu.

El proceso de suministro de gas natural en parques industriales puede estructurarse bajo dos esquemas principales: con cliente definido y sin cliente definido. En el primer caso, el contrato se firma directamente con un usuario final que requiere el servicio, lo que facilita la planificación y construcción de la infraestructura necesaria. En el segundo esquema, utilizado en desarrollos industriales sin un cliente ancla, el desarrollador asume el costo inicial de construir la infraestructura. Este modelo llave en mano¹² permite a los futuros inquilinos acceder al suministro de gas natural sin complicaciones adicionales, mejorando la competitividad del desarrollo.

La estructura de costos del gas natural incluye varios componentes, como el precio del commodity, el transporte, la distribución y los costos de servicio. Estos elementos son regulados y controlados, garantizando transparencia y acceso no discriminatorio para los usuarios finales. Los comercializadores ofrecen esquemas flexibles, que incluyen coberturas financieras y contratos personalizados, para adaptarse a las necesidades específicas de cada industria. Este enfoque permite a los usuarios gestionar mejor los riesgos asociados a la volatilidad de los precios y planificar sus costos operativos a largo plazo.

El gas natural ofrece ventajas significativas, como la capacidad de integrarse con sistemas de generación distribuida, cogeneración y abasto aislado. Estas soluciones energéticas permiten a los desarrolladores de parques industriales e inquilinos optimizar sus costos, reducir su huella de carbono y garantizar un suministro confiable incluso en regiones con limitaciones de infraestructura eléctrica. La flexibilidad del gas natural facilita su integración con tecnologías emergentes y modelos energéticos innovadores, como el uso de biometano y la electrificación parcial de procesos.

Sin duda el gas natural como combustible para procesos térmicos y eléctricos se perfila como una gran solución para los parques industriales. Sin embargo, es necesario garantizar una infraestructura de transporte y distribución eficiente y accesible, para aprovechar al máximo esta ventaja. La creciente demanda energética requiere inversiones significativas en infraestructura de transporte y distribución: es fundamental coordinar esfuerzos entre el gobierno, las empresas y las asociaciones para identificar y priorizar los polos de crecimiento estratégico, asegurando que las necesidades energéticas sean atendidas de manera integral y sostenible.

¹¹Cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de una libra de agua en 1 °F, a presión atmosférica estándar.

¹²Modelo contractual en el que una empresa asume la responsabilidad integral de todas las fases de un proyecto, abarcando desde el diseño y la planificación inicial, hasta su ejecución, instalación, pruebas y entrega final. Este esquema asegura que el cliente reciba un producto o infraestructura completamente terminado, operativo y listo para su uso inmediato, eliminando la necesidad de supervisar o gestionar etapas intermedias.



Energía eólica: futuro para la transición energética

La energía eólica se posiciona como uno de los pilares fundamentales en la transición hacia un sistema energético descarbonizado, ofreciendo una alternativa sostenible y eficiente frente a los combustibles fósiles. Este recurso renovable aprovecha el potencial de los vientos para generar electricidad sin emisiones de carbono, contribuyendo significativamente a los compromisos globales y nacionales de reducción de gases de efecto invernadero.

El sector eólico ha experimentado una notable transformación gracias a la disminución de los costos asociados a la instalación y operación de aerogeneradores. Entre 2010 y 2023, el costo nivelado de la electricidad generada por proyectos eólicos se redujo en un 69 %, lo que ha permitido que esta tecnología compita en igualdad de condiciones con las fuentes de energía convencionales. Este avance ha sido posible gracias a inversiones sostenidas en investigación y desarrollo, lo que ha impulsado la eficiencia y la escala de producción de los aerogeneradores.

México cuenta con un vasto potencial eólico, tanto en tierra como en zonas *offshore*¹³. En regiones como Oaxaca, Tamaulipas y Nuevo León, la capacidad instalada ha alcanzado niveles destacados, respaldada por condiciones óptimas de viento y el desarrollo de infraestructura para parques eólicos. Sin embargo, este potencial aún está subutilizado, ya que el país ha instalado solo 7.5 GW de capacidad eólica, lo que representa una fracción de su capacidad estimada, que supera los 50 GW en tierra y 400 GW en zonas marinas. La expansión de esta tecnología requiere no solo un incremento en la capacidad instalada, sino también el fortalecimiento de la red de transmisión para integrar de manera eficiente la energía generada en regiones remotas a los centros de consumo. Este desafío requiere una colaboración estrecha entre el sector público y privado, así como la implementación de esquemas de financiamiento innovadores que permitan el despliegue acelerado de líneas de transmisión.

La energía eólica presenta múltiples beneficios más allá de la generación eléctrica. Su carácter renovable elimina la dependencia de combustibles importados, promoviendo la independencia energética y reduciendo la exposición a las fluctuaciones del mercado internacional. Además, contribuye a la sostenibilidad empresarial, al permitir que las compañías reduzcan su huella de carbono, mejoren su imagen corporativa y cumplan con estándares ambientales exigidos por clientes y mercados internacionales.

La implementación de parques eólicos también implica desafíos técnicos y regulatorios. Uno de los principales retos es garantizar la estabilidad del sistema eléctrico frente a la variabilidad inherente de la generación eólica. A medida que el viento cambia, los niveles de producción pueden fluctuar, lo que requiere sistemas de almacenamiento y tecnologías avanzadas de gestión de la red para mitigar estas variaciones. La integración de aerogeneradores más grandes y eficientes, especialmente en proyectos *offshore*, plantea necesidades adicionales en términos de diseño, mantenimiento y costos iniciales.

La contribución de la energía eólica a la matriz eléctrica nacional es significativa, pero aún insuficiente para alcanzar las metas establecidas en la Ley de Transición Energética. Actualmente, el 21.5 % de la generación eléctrica en México proviene de fuentes limpias, lejos del 35 % proyectado para 2024. Este rezago refleja la necesidad de políticas públicas más ambiciosas y mecanismos de mercado que incentiven la inversión en proyectos renovables de gran escala.

A nivel internacional, la energía eólica *offshore* está ganando terreno como una solución eficiente para regiones con limitaciones de terreno o alta densidad poblacional. Aunque su costo de instalación y mantenimiento es significativamente mayor que el de los proyectos en tierra, las ventajas incluyen flujos de viento más estables y la posibilidad de instalar aerogeneradores de mayor capacidad. En México, el desarrollo de esta tecnología está en la etapa inicial, pero se vislumbra como una oportunidad estratégica para aprovechar los vastos recursos marinos del país.

Los usuarios pueden integrarse a la cadena de valor de los proyectos de generación eólicos mediante la adopción de mecanismos de trazabilidad energética, como los CEL e I-REC, cruciales para garantizar la transparencia y credibilidad de los compromisos de sostenibilidad. Estos instrumentos permiten a las empresas demostrar que su consumo de energía proviene de fuentes limpias, fortaleciendo su posición en mercados globales y cumpliendo con estándares ambientales y sociales.

¹³ Áreas ubicadas en alta mar o fuera de la línea costera, que tienen una importancia estratégica y económica en diversos sectores, especialmente en la industria energética y de recursos naturales.



Financiamiento y proyectos de energía de fuentes renovables

La transición energética hacia un sistema más sostenible y descarbonizado representa uno de los mayores desafíos económicos y técnicos a nivel global. En México, este proceso requiere una movilización significativa de recursos financieros para implementar proyectos de energías renovables, expandir la infraestructura de transmisión y modernizar la red eléctrica. El financiamiento juega un papel fundamental en este esfuerzo, no solo para garantizar la viabilidad económica de los proyectos, sino también para fomentar la confianza de los inversionistas en un marco regulatorio que respalde el desarrollo sostenible.


El financiamiento de proyectos de energía renovable se estructura generalmente en dos esquemas principales: financiamiento corporativo y financiamiento de proyectos. En el primer caso, las empresas utilizan su balance general para respaldar los préstamos y asumir los riesgos asociados al desarrollo de proyectos. En el segundo esquema, se crea una entidad específica para el proyecto, separando los riesgos financieros y legales del patrocinador. Este modelo, conocido como *project finance*¹⁴, es ampliamente utilizado en proyectos de gran escala como parques solares, eólicos y plantas de cogeneración.

Un componente esencial del financiamiento es el análisis de riesgos. Los desarrolladores deben considerar factores como la variabilidad en los flujos de ingresos, los costos de operación, las fluctuaciones en el precio de los CEL y los riesgos regulatorios. La estabilidad en las políticas públicas y la existencia de contratos de largo plazo, como los PPA, son clave para mitigar estos riesgos y garantizar la rentabilidad de los proyectos.

El acceso a fuentes de financiamiento diversificadas es otro aspecto crítico. Instituciones financieras internacionales, como el Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo, han jugado un papel destacado al proporcionar créditos a tasas competitivas y asistencia técnica para el desarrollo de proyectos de energías limpias. En el ámbito nacional, bancos de desarrollo como Banobras y Nafin han establecido líneas de crédito específicas para proyectos renovables, apoyando tanto a desarrolladores como a empresas industriales interesadas en integrar energías limpias en sus operaciones.

¹⁴Modelo de financiamiento utilizado para proyectos de gran envergadura, como infraestructura, energía y transporte. Se basa en la capacidad del proyecto para generar flujos de efectivo futuros, en lugar de depender de los balances generales de los patrocinadores.





El desarrollo de la infraestructura de transmisión es una prioridad en el financiamiento energético. La red eléctrica actual enfrenta desafíos significativos debido a su capacidad limitada para integrar nuevos proyectos renovables y transmitir la energía generada desde zonas remotas hasta los centros de consumo. La inversión en líneas de transmisión modernas y sistemas de almacenamiento energético es esencial para desbloquear el potencial de las energías renovables en México. Estos proyectos requieren esquemas de financiamiento público-privado que permitan compartir los riesgos y asegurar la ejecución oportuna.

Los instrumentos financieros innovadores, como los bonos verdes, han ganado relevancia como una herramienta eficaz para atraer recursos hacia proyectos de sostenibilidad. Estos bonos, diseñados específicamente para financiar proyectos con beneficios ambientales, ofrecen a los inversionistas la oportunidad de diversificar sus portafolios mientras contribuyen a la transición energética. En México, varias emisiones de bonos verdes han sido exitosas, respaldando proyectos de energía solar, eólica y mejoras en la eficiencia energética.

El papel del almacenamiento energético en el contexto financiero es cada vez más relevante. La implementación de sistemas de almacenamiento permite gestionar la intermitencia de las energías renovables, mejorar la estabilidad de la red y reducir los costos operativos. Sin embargo, su adopción requiere un financiamiento específico debido a los altos costos iniciales y la complejidad técnica de estos sistemas. La reciente aprobación de las DACG para el almacenamiento energético en México ofrece un marco regulatorio que puede incentivar las inversiones en esta tecnología.

El cumplimiento de los compromisos internacionales de México, como el Acuerdo de París y las metas de energías limpias establecidas en la Ley de Transición Energética, demanda una inversión acumulada de más de 40 mil millones de dólares en las próximas décadas. Estos recursos son necesarios no solo para duplicar la capacidad instalada de generación renovable, sino también para garantizar que la red eléctrica pueda soportar la integración de nuevas tecnologías y satisfacer la creciente demanda energética.

Con la implementación de estrategias financieras adecuadas, México tiene la oportunidad de consolidarse como un líder regional en energías limpias, impulsando el crecimiento económico y reduciendo su huella de carbono en el contexto global.

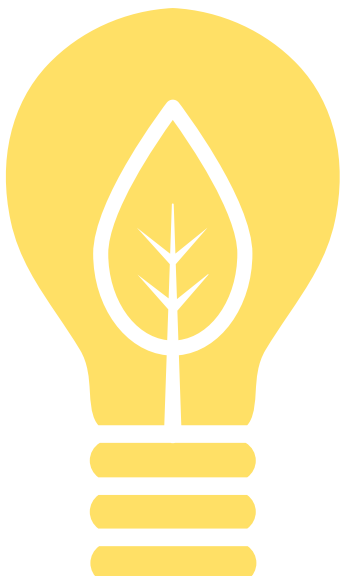




Conclusiones generales

Las **Jornadas de capacitación virtual AMPIP 2024: energía en parques industriales** constituye un hito en el fortalecimiento de la visión estratégica para la gestión energética de los parques industriales en México. En un contexto donde la transición energética, la creciente demanda eléctrica y las metas de descarbonización global marcan la pauta, los conocimientos recopilados y las discusiones presentadas en los 14 seminarios especializados, son una guía fundamental para los actores involucrados en el sector inmobiliario industrial.

El análisis detallado del panorama energético actual evidencia la urgente necesidad de transformar el modelo energético de los parques industriales para garantizar su competitividad, sostenibilidad y resiliencia. Los datos presentados subrayan el impacto crítico de la insuficiencia de infraestructura, reflejado en apagones crecientes y una capacidad instalada limitada, tanto de generación como de transmisión y distribución, para responder a la demanda en aumento. Este reto, agravado por fluctuaciones estacionales, la expansión industrial y el crecimiento del consumo eléctrico per cápita, plantea desafíos complejos que requieren soluciones innovadoras y bien estructuradas. En este marco, se identificaron cinco opciones para los parques industriales, en términos de su gestión energética:



- 1. Adopción de tecnologías avanzadas.** La generación distribuida, el almacenamiento energético y la cogeneración se perfilan como destacadas soluciones tecnológicas prioritarias. Estas herramientas permiten optimizar costos, mejorar la estabilidad operativa y avanzar en el cumplimiento de los compromisos de sostenibilidad.
- 2. Reestructuración regulatoria y financiera.** La posibilidad de que los parques industriales participen en el MEM, el acceso a esquemas de financiamiento verde y la incorporación de modelos como el abasto aislado representan oportunidades cruciales para mejorar la suficiencia energética, mientras se aprovechan incentivos regulatorios y financieros para implementar tecnologías limpias.
- 3. Sostenibilidad como pilar estratégico.** La integración de energías renovables, respaldada por tecnologías de almacenamiento y el empleo de mecanismos de trazabilidad y seguimiento del origen de estas energías renovables, refuerzan el compromiso de los parques industriales con la reducción de emisiones de carbono. Esto mejora su perfil ambiental y los posiciona como motores de desarrollo económico responsable.
- 4. Modernización de la infraestructura energética.** El fortalecimiento de las redes de transmisión y distribución, así como la implementación de sistemas más eficientes, es indispensable para garantizar un suministro confiable. Se abre la oportunidad para la incorporación de tecnologías como microrredes y sistemas de respaldo energético para mitigar riesgos y mejorar la flexibilidad operativa.
- 5. Planeación integral y colaborativa.** La coordinación entre organismos regulatorios, desarrolladores, usuarios finales y expertos en energía es esencial para garantizar que las soluciones propuestas sean viables, adaptables y alineadas con las metas de desarrollo sostenible.

En conclusión, el éxito de los parques industriales en el ámbito energético dependerá de su capacidad para adaptarse a un entorno dinámico, anticiparse a los cambios regulatorios y adoptar soluciones tecnológicas innovadoras.

La colaboración efectiva entre los actores clave del sector, respaldada por políticas públicas claras y flexibles, será crucial para consolidar un modelo energético resiliente.

Este compendio no solo recopila los conocimientos técnicos y regulatorios más relevantes, sino que establece una hoja de ruta clara para que los desarrolladores industriales transformen sus desafíos en oportunidades, contribuyendo al fortalecimiento del sector y al desarrollo de una economía más limpia y equitativa para México.

La visión compartida de las necesidades y retos identificados marca el inicio del camino hacia un futuro energético más sostenible, confiable y competitivo.

Agradecimientos

La Asociación Mexicana de Parques Industriales Privados (AMPIP) expresa su más profundo agradecimiento a todos los actores clave que hicieron posible el éxito de las **Jornadas de capacitación virtual AMPIP 2024: energía en parques industriales**. Este evento no solo reforzó el compromiso de nuestra comunidad con las buenas prácticas y la sostenibilidad energética, sino que también demostró el valor de la colaboración multisectorial como motor de innovación y desarrollo.

En primer lugar, extendemos nuestra gratitud a las empresas afiliadas sectoriales de energía, cuyo apoyo incondicional fue fundamental para el diseño y la ejecución de este programa. Su experiencia técnica, casos prácticos y análisis de tendencias del mercado eléctrico enriquecieron significativamente el contenido, ofreciendo a los participantes herramientas esenciales para abordar los retos y oportunidades del sector energético en los parques industriales.

Asimismo, reconocemos de manera especial la contribución de nuestras asociaciones hermanas, quienes no solo compartieron su vasta experiencia y conocimiento en regulaciones, tecnologías emergentes y mejores prácticas, sino que también se involucraron activamente en el desarrollo de materiales didácticos, la facilitación de sesiones interactivas y la promoción de debates estratégicos que ampliaron la perspectiva de los asistentes. Gracias a su aportación, las jornadas lograron consolidarse como un espacio único para el intercambio de ideas y la generación de soluciones innovadoras.

Finalmente, agradecemos a todos los participantes, desarrolladores, expertos y aliados estratégicos que, con su presencia y entusiasmo, hicieron de las jornadas un evento memorable. Su compromiso con el aprendizaje continuo y su voluntad de implementar prácticas innovadoras reflejan el espíritu colaborativo que impulsa a AMPIP hacia un futuro más competitivo y sostenible.

Juntos, seguimos construyendo un camino sólido hacia la suficiencia energética, la sostenibilidad y el liderazgo en el sector inmobiliario industrial.

¡Gracias por ser parte de este esfuerzo colectivo y colaborativo!





Glosario de acrónimos y siglas

AMPIP Asociación Mexicana de Parques Industriales Privados, A. C.

BESS *Battery energy storage system* (sistema de almacenamiento de energía en baterías, en español).

Btu *Brithish thermal unit* (unidad térmica británica, en español).

DAGC Disposiciones Administrativas de Carácter General.

CEL Certificado de Energía Limpia.

CENACE Centro Nacional de Control de Energía.

CFE Comisión Federal de Electricidad.

CIRECI Centro Integral de Regulación para el Servicio de Interconexión.

CO₂ Dióxido de carbono.

EVIS Evaluación del Impacto Social.

I-REC *International Renewable Energy Certificate* (certificado internacional de energía renovable, en español).

IRENA *International Renewable Energy Agency* (Agencia Internacional de Energías Renovables, en español).

LIE Ley de la Industria Eléctrica.

MEM Mercado Eléctrico Mayorista.

MIA Manifestación de Impacto Ambiental.

PPA *Power Purchase Agreement* (contrato de compraventa de energía, en español).

PRODESEN Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional.

SAE Sistema de almacenamiento de energía.

SEN Sistema Eléctrico Nacional.

SENER Secretaría de Energía.

SIACIC Sistema de Administración de Servicios de Información Comercial.



Soluciones energéticas para los
parques industriales en México
AMPIP 2025