

► Review of the regulatory framework for distributed generation and smart grids in Mexico

REVISIÓN DEL MARCO REGULATORIO DE LA generación distribuida Y LAS REDES ELÉCTRICAS INTELIGENTES EN MÉXICO

Por:  Ian Paul Lopez Tort · Pedro Bañuelos Sánchez

Lopez Tort, I. P. y Bañuelos Sánchez, P. (2025). Revisión de marco regulatorio de la generación distribuida y las redes eléctricas inteligentes en México. *Entorno UDLAP*, 24
↪ **Recibido:** 27 de noviembre de 2024 ✓ **Aceptado:** 3 de junio de 2025

◆ RESUMEN

En los últimos años, México ha presentado diversas propuestas para alcanzar sus objetivos de generación de energía limpia; en este sentido, la generación distribuida (GD) es una forma innovadora de producir energía renovable, barata y personal. A pesar del incremento exponencial en los contratos de interconexión, persiste un desconocimiento generalizado sobre las responsabilidades y derechos de los consumidores para participar en esta estrategia. Por tal razón, en este artículo se presenta una revisión del marco regulatorio de la GD y los *smart grids* en México, con el objetivo de ofrecer un compendio de los artículos constitucionales, manuales y disposiciones generales que faciliten su consulta rápida y efectiva. Asimismo, se analizan las políticas actuales y se discuten los desafíos y oportunidades para la adopción de estas tecnologías, destacando la importancia de un marco regulatorio robusto alineado con

estándares internacionales, con el propósito de impulsar la transición hacia un sistema eléctrico más sostenible y moderno.

◆ PALABRAS CLAVE

Generación distribuida · Marco regulatorio · Redes inteligentes · Legislación energética

◆ ABSTRACT

In recent years, Mexico has introduced various proposals to achieve its clean energy generation goals. In this context, distributed generation (DG) has emerged as an innovative way to produce renewable, affordable, and personalized energy. Despite the exponential increase in interconnection contracts, there remains widespread lack of awareness regarding the responsibilities and rights of consumers to participate in this strategy. For this reason, this article presents a review of the regulatory framework for DG and smart grids in Mexico, aiming to provide a comprehen-



sive summary of constitutional articles, manuals, and general provisions to facilitate quick and effective consultation. Additionally, current policies are analyzed, and the challenges and opportunities for the adoption of these technologies are discussed, emphasizing the importance of a robust regulatory framework aligned with international standards to drive the transition towards a more sustainable and modern electrical system.

◆◆ **KEYWORDS**

**Distributed generation · Regulatory framework · Smart grid
· Energy legislation**

◆◆ **INTRODUCCIÓN**

La historia de la generación distribuida (GD) se remonta hasta la Revolución Industrial, cuando la producción de energía se centraba únicamente en proveer de electricidad a la ciudad que lo necesitaba. En este contexto, se priorizaba tener una red eléctrica propia —por lo tanto, pequeña— para evitar el sobrecosto de transmitir energía desde una ciudad aledaña, puesto que no se conocían métodos más eficientes para este cometido. Posteriormente, ante el gran crecimiento demográfico dentro de las ciudades, impulsado por la necesidad de mano de obra en las industrias, se optó por cambiar a un sistema de generación centralizada, mediante el cual la energía se distribuía a las zonas urbanas que lo requerían. Esto trajo consigo una mejora en la infraestructura de caminos y líneas eléctricas de transmisión (Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía, 2014).

Durante la década de los noventa, como resultado de la expansión del neoliberalismo, los países desarrollados comenzaron a implementar diversas reformas orientadas a descentralizar la producción estatal y abrirla al mercado global. Estas medidas buscaban fomentar la competencia, la innovación y la inversión en varios sectores clave, entre ellos, la generación de energía. Esto permitió mejorar en gran medida el desempeño del mercado energético, puesto que se redujeron los monopolios y

el costo por kilowatt generado (Gallegos y Rodríguez, 2015).

En los últimos años, distintos factores energéticos, como la demanda y la sustentabilidad, plantearon nuevas alternativas para tener un suministro amigable con el medio ambiente y confiable para su escalabilidad dentro de las necesidades futuras de orden energético. En este contexto, surge la generación distribuida, la cual consiste en generar energía eléctrica lo más cerca posible del lugar de consumo, lo que reduce de manera considerable los costos y pérdidas de electricidad. A ello se suma la posibilidad de comprar o vender energía, según sea necesario.

El Environmental and Energy Study Institute (2024) define la generación distribuida—también llamada generación *in situ* o generación descentralizada— como la generación de electricidad para utilizarse en un sitio específico, en vez de transmitirla a través de una red eléctrica desde una gran central de producción. Este concepto ofrece diversos beneficios que lo convierten en una opción muy atractiva para los particulares. Dado que el desarrollo económico sobrepasa la expansión del suministro energético en distintas zonas, estas pueden abastecer de energía a aquellas de menor tamaño, lo que incrementa la eficiencia en la transmisión. Además, los costos en infraestructura y mantenimiento son bajos y resultan rentables a largo plazo.

Las razones por las cuales la generación distribuida se ha popularizado en los últimos años se agrupa en tres grandes categorías. La primera está relacionada con las ventajas económicas, siendo las más representativas el bajo costo de inversión de un sistema de GD para uso particular o comunitario, considerando el costo de instalación y el tiempo de implementación. La segunda categoría abarca diversos beneficios operacionales que hacen de los sistemas de GD una opción altamente confiable, ya que pueden funcionar como fuente principal de suministro o como respaldo en situaciones de emergencia. La tercera se vincula con el impacto ambiental de la GD, especialmente en los sistemas que operan con fuentes de energía renovable, significativamente menor en comparación de las grandes plantas generadoras de energía tra-

dicionales. A esto se suma la reducción de las pérdidas asociadas con la transmisión de energía (Lai y Chan, 2007).

La generación distribuida, como nos indican Liu *et al.* (2012), ha sido ampliamente instalada en varias redes mundiales debido al desarrollo acelerado de tecnologías en ese campo. Un ejemplo de esto es la emergente combinación de la GD con fuentes de energía renovable. La última innovación y desarrollo de la tecnología *smart grid* provee la base tecnológica para integrar una gran cantidad de GD a las redes eléctricas. Por este motivo, la generación distribuida renovable es impulsada firmemente para aplicarse en países desarrollados y con grandes emisores de carbono, mediante la implementación de nuevas políticas energéticas y de reducción de carbono.

◆◆ METODOLOGÍA

Legislación y marco regulatorio

Para abordar el tema de la generación distribuida, es fundamental conocer las leyes que regulan este tipo de producción eléctrica. Las más importantes son la Ley de la Industria Eléctrica (LIE), Ley de Transición Energética (LTE), el *Manual de interconexión para centrales de generación con Capacidad menor a 0.5 MW* (megavatio) y las disposiciones administrativas para la GD.

Al referirnos al contexto mexicano y su marco legal constitucional, el 11 de agosto de 2014 se publicaron en el *Diario Oficial de la Federación* (DOF) varias reformas a la Ley de la Industria Eléctrica (LIE), incluyendo la relativa a la generación distribuida. El artículo 3º, fracción XXIII, define a la generación distribuida como:

Generación de energía eléctrica que cumple con las siguientes características:

- a. Es producida por un generador exento en los términos de esta ley.
- b. Se genera en una central eléctrica que se encuentra interconectada a un circuito de distribución que contenga una alta concentración de centros de carga, en los términos de las reglas del mercado (Ley de la Industria Eléctrica, 2014).

En la actualidad, uno de los conceptos que suelen vincularse con la GD son las redes eléctricas inteligentes (*smart grid*). Estas redes optimizan la eficiencia de la generación energética y

LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA TIENE COMO BASE TRES CATEGORÍAS:

LA PRIMERA, RELACIONADA CON LAS VENTAJAS ECONÓMICAS (BAJO COSTO DE INVERSIÓN).

LA SEGUNDA, CON LOS BENEFICIOS OPERACIONALES, YA QUE FUNCIONAN COMO FUENTE PRINCIPAL DE SUMINISTRO ENERGÉTICO.

LA TERCERA, VINCULADA CON EL IMPACTO AMBIENTAL, ESPECIALMENTE EN SISTEMAS QUE OPERAN CON FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE.



LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN MÉXICO PODRÍA SER UNA ALTERNATIVA EFECTIVA PARA DISMINUIR EL CONSUMO ENERGÉTICO EN LOS SECTORES RESIDENCIALES, COMERCIALES E INDUSTRIALES, CREANDO UNA RED INTERCONECTADA MIXTA, MENOS VULNERABLE A PROBLEMAS CON LA DISTRIBUCIÓN Y TRANSMISIÓN, Y APROVECHANDO LOS BENEFICIOS QUE ESTE MODELO PRESENTA.

aportan un plus en materia de seguridad, eficacia y adaptabilidad a los sistemas conectados a estas redes. La LIE también define este concepto para México en la fracción xxxiv del artículo 3º:

Red Eléctrica que integra tecnologías avanzadas de medición, monitoreo, comunicación y operación, entre otros, a fin de mejorar la eficiencia, confiabilidad, calidad o seguridad del Sistema Eléctrico Nacional. (Ley de la Industria Eléctrica, 2014)

De igual manera, en el capítulo 7, artículo 68º de la misma ley, se describen las generalidades para la existencia de la GD. En dicho apartado también se enuncia la facultad de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) para elaborar las bases normativas que autorizan la expedición de la regulación necesaria en materia de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad y seguridad de la GD (Ley de la Industria Eléctrica, 2014).

Aunado a esto, dentro de la Ley de Transición Energética, publicada en el DOF el 24 de diciembre de 2015, se propone a la Secretaría de Hacienda y Crédito Público para proveer de mecanismos de apoyo, estímulos fiscales o financieros, con la finalidad de impulsar la inversión en medida técnica y económicamente viable hacia la integración de sistemas de generación distribuida cuando estos impliquen economías para el Estado, ahorros en el pago por electricidad de usuarios que tengan generadores exentos o reducciones de la huella de carbono en el sector de energía. Lo anterior con el objetivo de alcanzar las metas de energías limpias estipu-

ladas en esta ley, con el propósito de regular el aprovechamiento sustentable de la energía, así como las obligaciones en materia de energías limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la industria eléctrica (2015).

De igual manera, el 15 de noviembre de 2016 se emitió el acuerdo donde se presenta el *Manual de interconexión de centrales de generación con capacidad menor a 0.5 MW*. Dicho documento tiene el objetivo de establecer los lineamientos generales en materia administrativa y de infraestructura que deberán cumplir los distribuidores, generadores exentos y generadores que representen centrales eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW para realizar la interconexión de sus centrales eléctricas a las redes generales de distribución (2016).

Para instalar, vender y comprar energía a través de sistemas de GD, la RES/142/2017 emitida en el DOF presenta las disposiciones administrativas de carácter general en materia de generación distribuida. De acuerdo con este documento, los generadores exentos podrán vender los excedentes o el total de su energía eléctrica a través de un suministrador de servicios básicos, siendo indicada una metodología de contraprestación y especificaciones técnicas. Es así como se presentan dos tipos de contratos: el de interconexión y el de contraprestación (Comisión Reguladora de Energía, 2017).

El primero (interconexión) tiene como objetivo establecer los derechos y obligaciones que tendrán el solicitante y el distribuidor al llevar

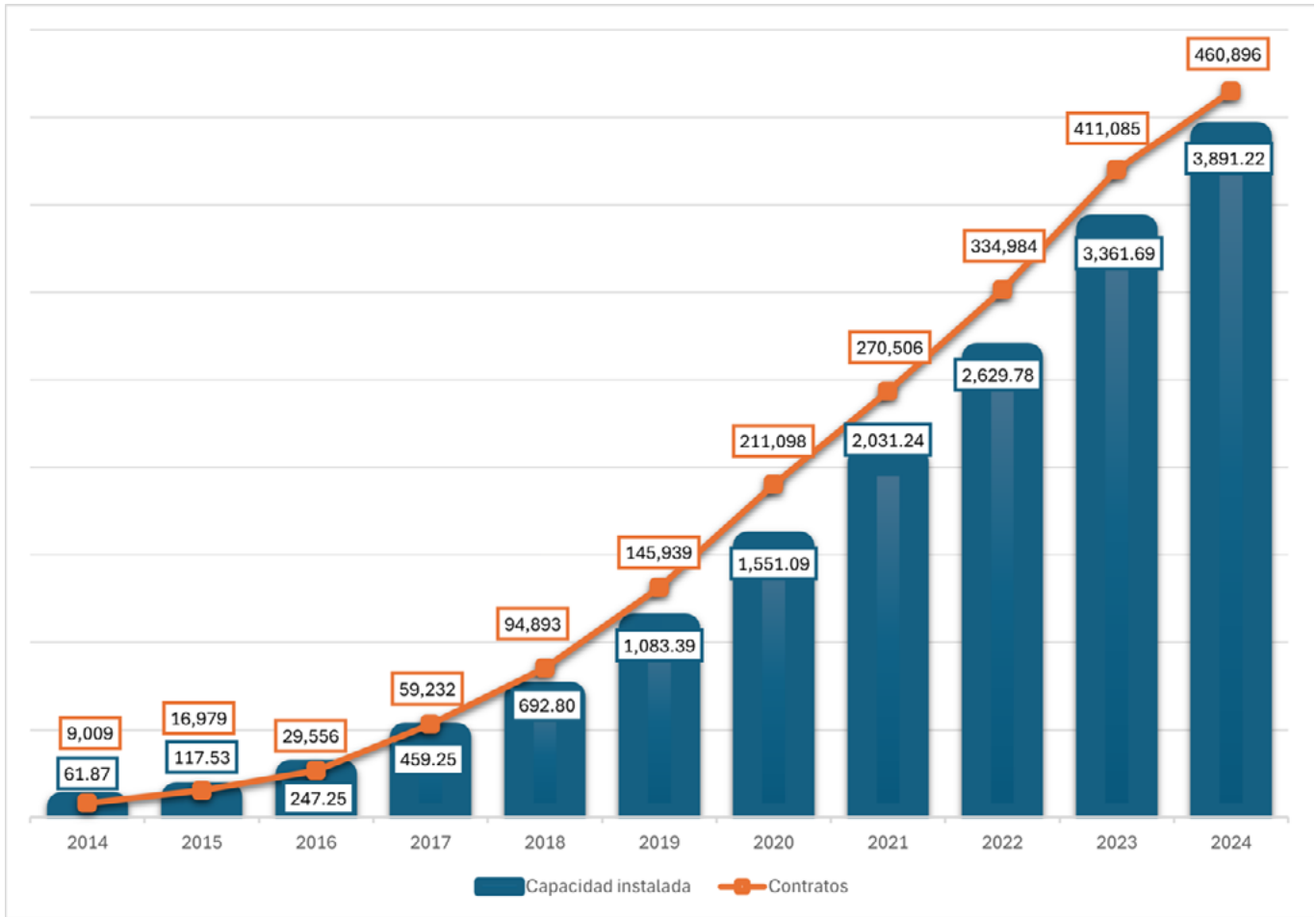


Figura 1. Solicitudes de interconexión de centrales eléctricas con capacidad menor a 0.5 MW, evolución acumulada.

Nota. Datos extraídos de *Estadísticas de generación distribuida, primer semestre 2024*, Comisión Reguladora de Energía (2024).

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/934907/Estadisticas_GD_2024_Primer_Semestre.pdf

a cabo la interconexión de cualquier central eléctrica con capacidad menor a 0.5 MW. Este contrato debe ser acompañado por las especificaciones técnicas requeridas. El segundo (contraprestación) se lleva a cabo entre el suministrador de servicios básicos y el generador exento, en relación con la contraprestación asociada a la interconexión de la central eléctrica con capacidad menor a 0.5 MW, por la energía eléctrica generada y entregada a las redes generales de distribución (Secretaría Reguladora de Energía, 2017).

El 6 de noviembre de 2024, la presidenta de México, Claudia Sheinbaum Pardo, presentó su Plan Nacional de Energía, donde subraya que para la generación privada se contempla un aumento de 3,150 MW para 2030, aunado a inversiones de entre seis y nueve millones de dólares. Para cumplir con esta meta, se plantea elevar la capacidad de la generación distribui-

da de 0.5 a 0.7 MW, teniendo como autoconsumo sin venta de excedentes hasta 20 MW, lo que supera por mucho los 0.7 MW que estipulaba la ley desde 2017 (Instituto Mexicano para la Competitividad, 2024). En este sentido, hay un gran mercado emergente para la generación distribuida, esperando un crecimiento exponencial debido a la publicación de este plan.

El reciente acuerdo A/108/2024, publicado en el DOF el 10 de septiembre de 2024, tiene puntos muy importantes en materia de vehículos eléctricos, así como en GD. En las principales disposiciones establecidas se encuentra un marco regulatorio para electromovilidad, aunado a uno para las electrolineras y estaciones de carga. En dicho marco, se establece la integración de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos e híbridos conectables al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), donde se podrán instalar centrales eléctricas de generación limpia

distribuida como fuente de energía. Es así como México se compromete a tener una red eléctrica inteligente haciendo uso de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos y vehículos eléctricos híbridos conectables al SEN (Comisión Reguladora de Energía, 2024).

◆◆ RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Estadísticas de la GD

Con el propósito de destacar la importancia del desarrollo de la GD en México, en la figura 1 se presentan distintas estadísticas que nos dan una idea de cómo se encuentra el estado de la generación distribuida en el país. Aquí se pueden observar las solicitudes de interconexión, el crecimiento de los contratos y la capacidad total instalada en MW de 2014 a 2024.

Con base en lo anterior, se observa que la capacidad instalada de GD para el primer semestre de 2024 fue de 3,361.69 MW. Si bien este valor es inferior al de otros mercados, se percibe una tendencia creciente en el uso de este tipo de energía. Según el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2024-2038, elaborado por la Secretaría de Energía (2024), se estima que en un escenario de planeación base, la capacidad instalada podría alcanzar los 13,071 MW para 2038. No obstante, también se contempla un escenario ampliado, en el cual la capacidad ascendería a 18,913 MW en ese mismo año.

Con lo expuesto, se puede inferir que la generación distribuida en México podría ser una alternativa efectiva para disminuir el consumo energético en los sectores residenciales, comerciales e industriales, a través de una

red interconectada mixta, menos vulnerable a problemas con la distribución y transmisión, que aproveche los beneficios que este modelo presenta. Asimismo, la inclusión de un *smart grid* en estos nuevos sistemas interconectados permitiría mejorar su fiabilidad y brindar un mayor control en el flujo energético, optimizando la toma de decisiones en el ámbito energético-administrativo.

En comparación con otros países, como Alemania o Estados Unidos, donde la GD ha alcanzado niveles significativos de adopción, México aún tiene un largo camino por recorrer. No obstante, las proyecciones anticipan un crecimiento exponencial en los próximos años, lo que podría posicionar al país como un líder en la región en términos de generación distribuida y redes inteligentes, gracias a su elevado potencial fotovoltaico.

◆◆ CONCLUSIÓN

La generación distribuida está consolidándose como una solución clave en la transición hacia un sistema energético más sostenible y eficiente. A lo largo de la historia, hemos observado cómo la evolución de los modelos de generación eléctrica ha respondido a las necesidades cambiantes de la sociedad, específicamente en el debate de la centralización de la generación energética impulsada por factores económicos, tecnológicos y ambientales.

En el contexto actual, la GD no solo ofrece beneficios económicos significativos (como la reducción de costos de instalación y operación), sino que también mejora la resiliencia del siste-

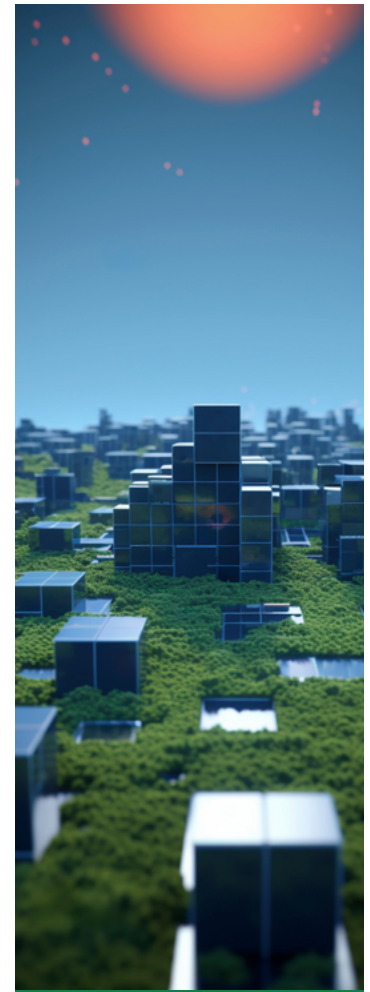


EN LOS ÚLTIMOS AÑOS, DISTINTOS FACTORES ENERGÉTICOS, COMO LA DEMANDA Y LA SUSTENTABILIDAD, PLANTEARON NUEVAS ALTERNATIVAS PARA TENER UN SUMINISTRO AMIGABLE CON EL MEDIO AMBIENTE Y CONFIABLE PARA SU ESCALABILIDAD DENTRO DE LAS NECESIDADES FUTURAS DE ORDEN ENERGÉTICO.

ma eléctrico al proporcionar fuentes de energía locales y confiables. Además, su integración con tecnologías de energía renovable contribuye a mitigar el cambio climático al disminuir las emisiones de carbono asociadas con la generación energética tradicional.

La legislación y el marco regulatorio en México han progresado para facilitar la adopción de la GD. Estas políticas no solo promueven la participación de los consumidores en el mercado energético, sino que también establecen estándares técnicos que garantizan la seguridad y confiabilidad del sistema eléctrico. Sin embargo, para maximizar su potencial es necesario fortalecer el marco regulatorio actual, simplificar los trámites de interconexión y promover incentivos fiscales que atraigan a más consumidores.

A medida que avanzamos hacia un futuro energético más sostenible, es crucial impulsar políticas que fomenten la inversión en generación distribuida y energías renovables. Esto no solo beneficiará a los consumidores individuales, sino que también contribuirá a un sistema eléctrico más sólido y menos dependiente de fuentes fósiles. La GD representa una oportunidad para construir comunidades energéticamente autosuficientes y resilientes, alineadas con los objetivos globales de sostenibilidad y reducción de emisiones. Con políticas públicas adecuadas y una mayor inversión en infraestructura, México podría posicionarse como un líder regional en la transición hacia un sistema energético más limpio y eficiente.



LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA HA SIDO AMPLIAMENTE INSTALADA EN VARIAS REDES MUNDIALES DEBIDO AL DESARROLLO ACELERADO DE TECNOLOGÍAS EN ESE CAMPO. UN EJEMPLO DE ESTO ES LA EMERGENTE COMBINACIÓN DE LA GD CON FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLE.

REFERENCIAS

- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía. (2014, 6 de junio). ¿Qué es la generación distribuida? <https://www.gob.mx/conuee/acciones-y-programas/que-es-la-generacion-distribuida-estados-y-municipios>
- Comisión Reguladora de Energía. (2017, 7 de marzo). Disposiciones administrativas de carácter general, los modelos de contrato, la metodología de cálculo de contraprestación y las especificaciones técnicas generales, aplicables a las centrales eléctricas de generación distribuida y generación limpia distribuida. *Diario Oficial de la Federación*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5474790&fecha=07/03/2017#gsc.tab=0
- Comisión Reguladora de Energía. (2024, 10 de septiembre). Disposiciones administrativas de carácter general en materia de electromovilidad para la integración de infraestructura de carga de vehículos eléctricos y vehículos eléctricos híbridos conectables al Sistema Eléctrico Nacional como parte de una Red Eléctrica Inteligente. *Diario Oficial de la Federación*. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5474790&fecha=07/03/2017#gsc.tab=0
- Environmental and Energy Study Institute. (2024). Distributed Generation. <https://www.eesi.org/topics/distributed-generation/description>
- Gallegos, R. y Rodríguez, S. (2015, 6 de abril). *Hacia la transformación del mercado eléctrico mexicano: Generación distribuida*. https://imco.org.mx/wp-content/uploads/2019/11/2015_Generacion%0C3%B3nDistribuida_DocumentoCompleto.pdf
- Instituto Mexicano para la Competitividad. (2024, 6 de noviembre). Plan Nacional de Energía: implicaciones para la competitividad. <https://imco.org.mx/plan-nacional-de-energia-implicaciones-para-la-competitividad/>
- Lai, L. L. y Chan, T. F. (2007). *Distributed generation: Induction and Permanent Magnet Generators*. Wiley-IEEE Press.
- Ley de la Industria Eléctrica. (2014, 1 de agosto). *Diario Oficial de la Federación* (8). https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014#gsc.tab=0
- Ley de Transición Energética. (2015, 24 de diciembre). *Diario Oficial de la Federación* (20). https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5421295&fecha=24/12/2015#gsc.tab=0
- Liu, J., Zhang, W., Zhou, R. y Zhong, J. (2012). Impacts of distributed renewable energy generations on smart grid operation and dispatch. *2012 IEEE Power and Energy Society General Meeting*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/PESGM.2012.6344997>
- Secretaría de Energía. (2016, 15 de diciembre). *Manual de Interconexión de Centrales de Generación con Capacidad menor a 0.5 MW*. *Diario Oficial de la Federación* (11). https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5465576&fecha=15/12/2016#gsc.tab=0
- Secretaría de Energía. (2024). *Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2024-2038*. <https://base.energia.gob.mx/PRO-DESEN2024/prodesen24-38cap3.PDF>



Ian Paul Lopez Tort

Estudiante de Ingeniería en Energía en la UDLAP. Ha desarrollado proyectos de impacto social, como un tablero de ajedrez para personas con discapacidad visual y un desalinizador portátil, recibiendo

reconocimientos nacionales por su liderazgo. Su investigación en energías limpias incluye un análisis costo-beneficio del reactor API1000 para México, publicado en el Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Combina innovación técnica con soluciones energéticas sostenibles y viables para el país. ian.lopezt@udlap.mx



Pedro Bañuelos Sánchez

Doctor en Ingeniería Eléctrica por la Université Pierre et Marie Curie en Francia, y profesor de tiempo completo desde 2002 en la Universidad de las Américas

Puebla. Su investigación se centra en la corrección del factor de potencia, calidad de energía eléctrica y energías renovables. Ha publicado más de 65 artículos y ha obtenido dos patentes. Es miembro del Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). Además, ha escrito dos libros sobre convertidores de potencia y energías renovables. pedro.banuelos@udlap.mx