

# Condiciones que impulsarán la capacidad fotovoltaica instalada en México

## Un análisis cualitativo comparativo

*Conditions That Will Promote the Installed Photovoltaic Capacity in Mexico:  
A Comparative Qualitative Analysis*

David Juárez-Luna y Eduardo Urdiales\*

*Resumen:* El objetivo de este artículo es identificar las condiciones necesarias o suficientes que impulsarán la capacidad fotovoltaica (FV) instalada en México. Para ello, se identifican diferentes configuraciones de condiciones, que pueden conducir al mismo caso deseado, a través del análisis cualitativo comparativo de casos complejos. El análisis sugiere que, para impulsar la capacidad FV instalada se debe realizar una planeación a largo plazo de la industria FV mexicana que tenga como punto de partida las cinco condiciones necesarias: *a)* crédito fiscal a la inversión o producción; *b)* feed in tariff (FIT) y feed in premium (FIP); *c)* desarrollo de capital intelectual, técnico y profesional; *d)* el impulso a la investigación y el desarrollo de tecnología FV, y *e)* incluir la capacidad FV instalada en redes eléctricas inteligentes.

*Palabras clave:* capacidad instalada, fotovoltaica, condiciones, QCA, redes eléctricas inteligentes.

*Abstract:* This paper aims to identify the necessary or sufficient conditions that promote the installed photovoltaic (PV) capacity in Mexico. To do this, different configurations of conditions are identified, which can lead to the same desired case, through the comparative qualitative analysis of complex cases. The analysis suggests that, to boost the installed PV capacity, a long-term planning of the Mexican PV industry should be carried out. The starting point of such a plan should consist of the following five necessary conditions: *a)* tax credit for investment or production; *b)* feed in tariff & feed in premium; *c)* development of

---

\* **David Juárez-Luna** es profesor e investigador de la Facultad de Economía y Negocios, Universidad Anáhuac México. Av. Universidad Anáhuac 46, col. Lomas Anáhuac, 52786, Huixquilucan, Estado de México, México. Tel: 55 5627 0210, ext. 8344. Correo-e: david.juarez@anahuac.mx. ORCID 0000-0002-8013-699X. **Eduardo Urdiales** es jefe de Departamento, Centro Nacional de Control de Energía. Blvd. Adolfo López Mateos 2157, piso 9, col. Los Alpes, 01010, Ciudad de México, México. Tel: 55 7588 4200, ext. 10006. Correo-e: eduardo.urdiales@cenace.gob.mx y eduardo.urdialesme@anahuac.mx. ORCID 0000-0002-4431-295X.

Artículo recibido el 14 de octubre de 2021 y aceptado para su publicación el 26 de junio de 2023.

DOI: <https://doi.org/10.60583/gypp.v33i1.8186>

intellectual, technical and professional capital; *d*) the promotion of research and development of pv technology, and *e*) to include installed pv capacity in smart grids.

*Keywords:* installed capacity, photovoltaic, conditions, QCA, smart electrical grids.

## INTRODUCCIÓN

En el año 2021, la capacidad fotovoltaica (FV) instalada de México fue de 7.03 GW, con lo que México se ubicó en la posición número 13 de los países con mayor capacidad FV instalada (IRENA, 2022a).<sup>1</sup> Este hecho es contrastante, por un lado, con los altos niveles de irradiación solar con los que cuenta México. El nivel promedio anual de irradiación solar que recibe México es de 2300 kWh/m<sup>2</sup> (IEA, 2022), el cual es mayor que el nivel de irradiación que reciben los países con mayor capacidad FV instalada. Por otro lado, México se comprometió a reducir 22 por ciento de las emisiones de gases de efecto invernadero y 51 por ciento de las emisiones de carbono negro al año 2030 respecto al escenario tendencial (Semarnat, 2020). Para cumplir dicho compromiso, se esperaría que México se apoyase en la electricidad FV contando con una mayor capacidad FV instalada. De lo anterior, surge la pregunta: ¿cuáles son las condiciones que impulsarán la capacidad fotovoltaica instalada en México?<sup>2</sup>

El objetivo de este artículo es identificar las condiciones necesarias o suficientes que conduzcan a incrementar la capacidad FV instalada en México. Para ello, se realiza un análisis comparativo cualitativo (QCA, por sus siglas en inglés) de casos complejos, transformándolos en *configuraciones*. Una configuración es una combinación de factores, llamados *condiciones*, que produce un *resultado* de interés. Con el QCA se realiza un análisis de “causalidad coyuntural” de los casos deseados con el que se identifican diferentes configuraciones de condiciones (también llamadas constelaciones) que pueden conducir al mismo caso deseado (Rihoux y Ragin, 2008). Para el presente análisis, los casos deseados corresponden a los ocho países con mayor capacidad FV instalada, la cual es mayor a 13.6 GW. Las condiciones asociadas a dicha capacidad FV instalada se obtuvieron realizando un censo en la literatura existente. Es decir, las trece condiciones analizadas en el presente artículo son todas las políticas y condiciones técnicas que encontramos en la literatura,

<sup>1</sup> En el año 2021, la electricidad generada a través de tecnología fotovoltaica correspondió a 0.41 por ciento del total de la energía eléctrica generada en México (IRENA, 2022b).

<sup>2</sup> Cabe destacar que la Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) considera a la capacidad instalada como uno de los indicadores de la productividad del sector eléctrico de cada país (IEA, 2022). Por lo que la capacidad FV de un país puede ser considerada como una medida de adopción de la electricidad FV.

asociadas a la capacidad FV instalada. Doce condiciones corresponden a políticas, mientras que la última condición es técnica: 1) subvención o subsidios de capital; 2) créditos fiscales a la inversión o producción;<sup>3</sup> 3) inversión estatal; 4) reducción de impuestos; 5) pago por energía producida; 6) subastas o licitaciones estatales; 7) feed in tariff (FIT) y feed in premium (FIP);<sup>4</sup> 8) cuotas o renewable portfolio standard; 9) net metering; 10) bonos o certificados verdes; 11) desarrollo de capital intelectual, técnico y profesional; 12) investigación y desarrollo, y 13) incluir la capacidad FV instalada en redes eléctricas inteligentes (REI).

Los datos se toman de la OCDE y la Agencia Internacional de Energía (OCDE y AIE, 2010-2020), así como de la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA, 2022a, 2022b y 2022c). Los datos para México provienen de las siguientes fuentes: Secretaría de Energía (Sener), Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), Comisión Reguladora de Energía (CRE), Centro Nacional de Control de Energía (Cenace), de las asociaciones Nacional de Energía Solar (ANES) y Mexicana de Energía Solar (Asolmex), y de la Fundación Konrad Adenauer Stiftung, capítulo México.

El análisis sugiere que para impulsar la capacidad FV instalada se debe realizar una planeación a largo plazo de la industria FV mexicana que tenga como punto de partida las cinco condiciones necesarias obtenidas en el QCA y que hoy no se consideran en México. Estas son:

2. Créditos fiscales a la inversión o producción
7. Feed in tariff (FIT) y feed in premium (FIP)
11. Desarrollo de capital intelectual, técnico y profesional
12. El impulso a la investigación y el desarrollo de tecnología FV
13. Incluir la capacidad FV instalada en redes eléctricas inteligentes (REI)

Destaca el hecho de que la capacidad FV instalada de un país no depende directamente del número de condiciones empleadas, sino de la coherencia que existe entre ellas.

<sup>3</sup> Los créditos fiscales se utilizan para financiar energías renovables en forma compensatoria. La compensación consiste en reducir a hogares y empresas el importe de la inversión de la cuantía que les toca pagar al fisco, hasta un determinado porcentaje (Kosonen y Nicodème, 2009).

<sup>4</sup> FIT es la política regulatoria que fija el precio de la electricidad que se paga a los productores de energía FV, por cada unidad de energía producida e inyectada en la red eléctrica. Por su parte, FIP es el tipo de política feed-in, en la que los productores de electricidad procedente de fuentes renovables —FV— venden electricidad a precios de mercado, y se añade una prima al precio de mercado para compensar los costos más elevados y, por lo tanto, mitigar los riesgos financieros de la producción de energías renovables (Sun y Nie, 2015).

La electricidad FV tiene varias ventajas, entre las que destacan: bajo costo de operación y mantenimiento, la fuente de energía es libre, genera energía limpia, es de alta disponibilidad, la generación se puede acercar al consumidor, no causa impactos ambientales (respetuosa con el medio ambiente), tiene potencial para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y es silenciosa (Sampaio y González, 2017).<sup>5</sup>

El presente artículo pertenece a dos ramas de la literatura existente.<sup>6</sup> La primera se refiere a las condiciones asociadas al tamaño de la capacidad FV instalada de diferentes países. A este respecto, la capacidad FV instalada está relacionada con las siguientes trece condiciones: 1) subvención o subsidios de capital (Yuan *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2011; Jeong, 2013; Karteris y Papadopoulos, 2012; Zhai y Williams, 2012; Barbose *et al.*, 2008; Díez-Mediavilla *et al.*, 2010; Hansen *et al.*, 2015); 2) créditos fiscales a la inversión o producción (Burns y Kang, 2012; Yu *et al.*, 2014); 3) inversión estatal (Streimikien, 2007; Shuai *et al.*, 2019; Wu *et al.*, 2018; Avril *et al.*, 2012); 4) reducción de impuestos (Sudhakar y Painuly, 2004; Hansen *et al.*, 2015; Nicolli y Vona, 2016; García-Álvarez *et al.*, 2018); 5) pago por energía producida (McKenna *et al.*, 2018; Pearce y Slade, 2018; Yadav, 2019; Muñoz *et al.*, 2018; Varghese y Sioshansi, 2020); 6) subastas o licitaciones estatales (Burns y Kang, 2012; Mir-Artigues *et al.*, 2018; Malagueta *et al.*, 2013; Bayer, 2018; Sirin y Sevindik, 2021); 7) feed in tariff y feed in premium (Johnstone *et al.*, 2010; Chimres y Wongwises, 2018; Zhang *et al.*, 2014; Balcombe *et al.*, 2014; Koo, 2017; Barbosa *et al.*, 2020; Yang y Ge, 2018); 8) cuotas o renewable portfolio standard (Sarzynski *et al.*, 2012; Crago y Koegler, 2018; Xin-gang *et al.*, 2020; Kwon, 2015; Abdmouleh *et al.*, 2015); 9) net metering (REN21, 2017; Watts *et al.*, 2015; Castaneda, 2018; Rubio-Aliaga *et al.*, 2019; Ramírez *et al.*, 2017; Jia *et al.*, 2020; Michaud, 2016; Abdmouleh *et al.*, 2015); 10) bonos o certificados verdes (Schallenberg-Rodriguez, 2017; Wang *et al.*, 2014; Năstase *et al.*, 2018; Olczak *et al.*, 2021); 11) desarrollo de capital intelectual, técnico y profesional (Choi y Anadón, 2014; Carstens y Cunha, 2019); 12) investigación y desarrollo (Best y Burke, 2018; Carley *et al.*, 2017; Dijkgraaf *et al.*, 2018; Polzin *et al.*, 2019, Mughal *et al.*, 2018; Marques *et al.*, 2019; Park *et al.*, 2013; Liu *et al.*, 2018), y 13) incluir la capacidad FV instalada en Redes Eléctricas Inteligentes (REI) (Lee *et al.*, 2012; Jenkins *et al.*, 2015; Steffel *et al.*, 2012; Mordor Intelligence LLP, 2020).

<sup>5</sup> La electricidad FV tiene algunas desventajas como la intermitencia. Para mayor detalle sobre las desventajas de la electricidad FV, véanse Sampaio y González (2017), y De Elejalde y Ponce (2016).

<sup>6</sup> La aplicación del QCA a casos de electricidad FV es escasa, por lo que no se considera como una rama de la literatura. A este respecto, destaca el estudio de Lu *et al.* (2022).

La segunda corresponde al estudio de la electricidad FV en México. A este respecto, Urdiales (2014) aborda las acciones relevantes para establecer políticas públicas para promover el uso de la energía solar en centrales FV. Las principales empresas inversionistas en la industria FV en México son analizadas por Vargas-Hernández y Espinosa (2016). Además, León-Trigo y colaboradores (2019) comparan el consumo real de energía eléctrica de un usuario residencial y la generación estimada por medio de paneles solares. También se determina el efecto de los subsidios gubernamentales en la rentabilidad financiera de los sistemas FV en México (Becerra-Pérez *et al.*, 2020). En un par de estudios recientes, por un lado, se describe a la energía FV como mecanismo de energía renovable en México (Martínez Prats *et al.*, 2021). Por otro lado, se profundiza en las razones para impulsar la generación de electricidad FV en México, a la par que se sugiere una agenda de investigación asociada a ella (Juárez-Luna y Urdiales, 2022).

A nuestro mejor entender, este es el primer esfuerzo por analizar detalladamente, empleando QCA, las condiciones asociadas al impulso de la capacidad FV instalada en México.

El presente trabajo se divide en seis secciones. La segunda presenta la capacidad FV instalada e irradiación solar de México y los países seleccionados. En la tercera se detalla la metodología QCA aplicada a la industria FV. El QCA de la industria FV en países seleccionados se presenta en la cuarta sección. En la quinta sección se presentan las condiciones que impulsarán la participación de la capacidad fotovoltaica instalada en México. La sección seis presenta las conclusiones. En el apéndice se detallan los programas de formación de capital humano relacionado con la industria FV en México.

## **CAPACIDAD FV INSTALADA E IRRADIACIÓN**

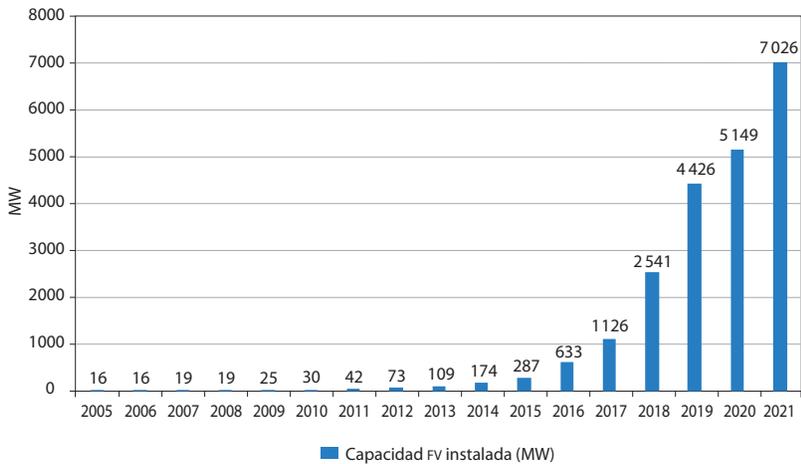
En esta sección se revisa la capacidad FV instalada y la irradiación de México y de los ocho países con mayor capacidad FV instalada en el mundo.

### *México*

La presencia de la electricidad FV en México es relativamente reciente. En el año 2005, siguiendo la tendencia mundial,<sup>7</sup> se firmó en México el primer contrato de interconexión FV en pequeña escala, con capacidad de 16MW. La primera

<sup>7</sup> En el año 2005, la capacidad FV instalada global alcanzó la barrera de los 5 GW (OCDE y AIE, 2010-2020). En ese mismo año, diversos países lograron que los sistemas fotovoltaicos se incorporaran a la red eléctrica (IEA, 2022).

GRÁFICA 1. Capacidad FV instalada en México, 2005-2021



Fuente: Elaboración propia con base en IRENA (2022c).

central FV de gran escala se instaló en 2011, con lo que en ese año se llegó a una capacidad instalada de 39 MW. Como se muestra en la gráfica 1, el crecimiento exponencial de la capacidad FV instalada comenzó a partir de la aprobación de la reforma energética de 2013, la cual liberaliza la industria eléctrica.

Para el año 2021, en México se alcanzaron los 7026 MW de capacidad instalada conectada a la red, repartida entre proyectos de gran escala y generación solar distribuida. Cabe señalar que 6137 MW provienen de 87 centrales solares FV a gran escala distribuidas en 16 estados del país (mapa 1).

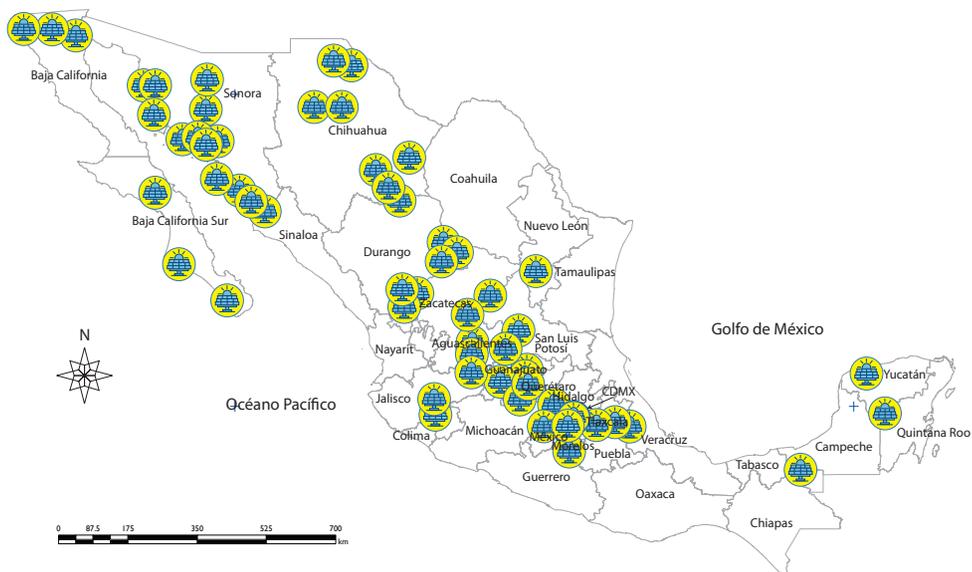
En la gráfica 2 se muestra la capacidad FV instalada en México en el año 2021 (7026 MW), que representa solo 8 por ciento de la capacidad eléctrica total instalada de ese año (IRENA, 2022a).

La electricidad FV tiene su origen en la irradiación solar. Se estima que 85 por ciento del territorio nacional es óptimo para proyectos solares (Asolmex, 2020). Los índices de irradiación van de los 4.4 kWh/m<sup>2</sup> por día en la zona centro, a los 6.3 kWh/m<sup>2</sup> por día en el norte del país. El nivel promedio anual de irradiación solar que recibe México es de 2300 kWh/m<sup>2</sup> (IEA, 2022).

#### *Países con la mayor capacidad FV instalada*

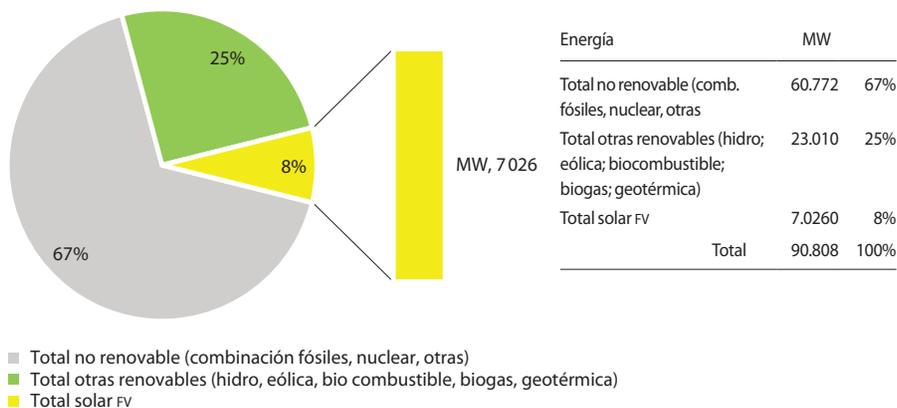
Para llevar a cabo el análisis cualitativo comparativo de la capacidad FV instalada, se seleccionó a los países que, al año 2021, poseyeran la mayor capacidad FV

MAPA 1. Centrales solares FV a gran escala en México (2022)



Fuente: Elaboración propia con datos de Asolmex (2020), CRE (2022) y Cenace (2022).

GRÁFICA 2. México: Capacidad FV instalada en el año 2021 (MW)



Fuente: Elaboración propia con base en IRENA (2022a).

CUADRO 1. Países con mayor capacidad fv instalada (2021)

<i>Países</i>	<i>Capacidad fv instalada acumulada (GW) 2021 (GW)</i>	<i>Niveles promedio anuales de irradiación solar (kWh/m<sup>2</sup>)</i>
China	306.40	1750
Estados Unidos	93.71	2044
Japón	74.19	1679
Alemania	58.46	1157
Italia	22.69	1664
Francia	14.71	1437
Reino unido	13.69	1094
España	13.65	1819
México	7.03	2300

*Fuente:* Elaboración propia con base en IEA (2022).

instalada en el mundo, la cual fue mayor a 13.6 GW: Alemania, España, Reino Unido, Francia, Italia, Estados Unidos, China y Japón. En el cuadro 1 se presenta la capacidad instalada, así como la irradiación solar de estos países y de México.

Es evidente que México posee más irradiación solar que cualquiera de los países con mayor capacidad fv instalada. Si la capacidad fv instalada de cada país dependiera únicamente de su irradiación solar, México debería ser el país con mayor capacidad fv instalada. Su capacidad fv instalada debería ser al menos igual a la de China, de 306.4 GW. La capacidad fv instala actual de México, de 7.03 GW, corresponde a 2.29 por ciento de la capacidad fv de China.

De acuerdo con lo anterior, la reducida participación de la capacidad fv instalada en México contrasta con su favorecida irradiación solar, por lo que es necesario identificar las condiciones necesarias o suficientes que impulsen la capacidad fv instalada en México.

#### **METODOLOGÍA: ANÁLISIS COMPARATIVO CUALITATIVO (QCA)<sup>8</sup>**

En la descripción de la metodología se sigue a Rihoux y Ragin (2008). El análisis comparativo cualitativo (QCA, por sus siglas en inglés), permite el análisis comparativo de casos complejos al transformarlos en *configuraciones*. Una configuración

<sup>8</sup> Con base en la literatura existente, la metodología de QCA que se emplea en este trabajo corresponde a la Crisp-Set QCA. Existen otras técnicas de QCA, las cuales son “multi-value”, “fuzzy-set” y MSDO/MDSO. Véase Rihoux y Ragin (2008) para los detalles de las diferentes técnicas de QCA.

es una combinación de factores, llamados *condiciones*, que produce un *resultado* de interés (deseado).

El QCA tiene ventajas sobre otros métodos cualitativos como el *benchmarking*,<sup>9</sup> porque permite realizar un análisis de “causalidad coyuntural” de los casos observados. Es decir, con el QCA es posible identificar diferentes configuraciones de condiciones (también llamados constelaciones) que pueden conducir al mismo caso deseado. En particular, el QCA permite identificar las condiciones (o combinaciones de condiciones) “necesarias” o “suficientes” para producir el resultado deseado. A continuación, se brindan las definiciones de condiciones necesarias y suficientes tomadas de la página xix de Rihoux y Ragin (2008):

1. Una condición es necesaria para obtener resultado si siempre está presente cuando ocurre dicho resultado. Es decir, el resultado no puede ocurrir en ausencia de la condición.
2. Una condición es suficiente para obtener un resultado si el resultado siempre ocurre cuando la condición está presente. No obstante, el resultado también podría deberse a otras condiciones.

El QCA se basa en el álgebra de Boole, la cual constituye un lenguaje binario. Las convenciones y operaciones del álgebra de Boole que a continuación se detallan se toman del cuadro 3.1, página 34, de Rihoux y Ragin (2008):

1. Las principales convenciones del álgebra de Boole son las siguientes:
  - Una letra mayúscula representa el valor [1] de una variable binaria dada.
  - Una letra minúscula representa el valor [0] para una variable binaria determinada.
2. El álgebra de Boole utiliza algunos operadores básicos, siendo los dos principales los siguientes:
  - El “Y” lógico, representado por el símbolo [\*].
  - El “O” lógico, representado por el símbolo [+].
3. La conexión entre las condiciones y el resultado: El símbolo de la flecha [→] se utiliza para expresar el vínculo (generalmente causal) entre un conjunto de condiciones y el resultado que estamos tratando de “explicar”.

<sup>9</sup> El *benchmarking* consiste en analizar las mejores prácticas o *benchmarks* (Del Giorgio, 2011). No obstante, este se limita a definir si una política existe o no en cada país. Por lo tanto, no es posible realizar un análisis de causalidad de cómo dichos benchmarks llevan a obtener un resultado determinado.

### *Pasos del QCA*

El QCA consiste en los siguientes pasos:

1. Construir una tabla de datos dicotómicos. El investigador identifica las condiciones más relevantes incluidas en el análisis. Para cada caso de estudio, se identifica con un [1] cuando la condición se cumple y con un [0] cuando la condición no se cumple. Cuando el resultado deseado se cumple, se identifica con un [1]. Cuando el resultado deseado no se cumple, se identifica con un [0].
2. Construir una “tabla de verdad”. La tabla de verdad constituye una “síntesis” de la tabla de datos dicotómicos. Es una tabla de combinaciones de condiciones asociadas con un resultado dado.
3. Resolver configuraciones contradictorias. Se dice que una configuración es contradictoria cuando: *a)* en un caso de estudio, la configuración de condiciones implica que el resultado de interés se cumpla, y *b)* en otro caso de estudio, la misma configuración de condiciones del inciso “a” implica que el resultado de interés no se cumpla.<sup>10</sup>
4. Minimización de Boole.<sup>11</sup> Se puede resumir verbalmente de la siguiente manera: “si dos expresiones de Boole difieren en una sola condición causal, pero producen el mismo resultado, entonces la condición causal que distingue a las dos expresiones puede considerarse irrelevante y se puede eliminar para crear una expresión combinada más simple” (Ragin, 1987: 93, citado en Rihoux y Ragin, 2008: 35).<sup>12</sup>
5. Interpretación. El investigador interpreta las fórmulas mínimas, lo que le permite realizar preguntas causales sobre las combinaciones e intersecciones de condiciones que producen (o no) resultados deseados.

### **ANÁLISIS COMPARATIVO CUALITATIVO DE LA CAPACIDAD FV INSTALADA EN PAÍSES SELECCIONADOS**

Para realizar el QCA, los casos observados correspondieron a los ocho países con mayor capacidad FV instalada, la cual es mayor a 13.6 GW. Dicha capacidad FV instalada está asociada a trece condiciones. Doce condiciones corresponden a

<sup>10</sup> Véase el cuadro 3.6, página 48, de Rihoux y Ragin (2008) para algunas recomendaciones sobre cómo resolver configuraciones contradictorias.

<sup>11</sup> La metodología de QCA incluye, antes de la sección de interpretación, una sección de “remanentes lógicos”. En esta sección se analizan combinaciones no observadas de condiciones que son factibles. Debido a que no contamos con el software adecuado, no se realizó el análisis de “remanentes lógicos”. No obstante, esta omisión no disminuye el alcance de los resultados obtenidos.

<sup>12</sup> En el cuadro 3.2, página 35, de Rihoux y Ragin (2008) se profundiza en la minimización de Boole.

CUADRO 2. Condiciones asociadas a la capacidad FV instalada

1. Subvención de capital, concesión o rebaja	6. Subastas o licitación pública	11. Desarrollo de capital intelectual, técnico y profesional
2. Créditos fiscales a la inversión o producción	7. Feed in tariff & feed in premium	12. Investigación y desarrollo
3. Inversión pública	8. Net metering	13. Incluir la capacidad FV instalada en REI
4. Reducción de impuestos	9. Cuotas o renewable portfolio standard	
5. Pago por producción de energía	10. Bonos o certificados verdes	

*Fuente:* Elaboración propia.

políticas, mientras que la última condición es técnica. En el cuadro 2 se presentan dichas condiciones.

La revisión de datos abarca el periodo que va del año 2005 al año 2021 en los casos que existe información actualizada. La selección del inicio del periodo se debe a que, a partir del año 2005: 1) la tasa de crecimiento anual de la capacidad FV instalada global incrementó hasta alcanzar niveles superiores a 70 por ciento anual y supera los 5 GW (OCDE/AIE, 2010); 2) la industria FV deja de ser casi exclusiva de Alemania, España, Japón y Estados Unidos, y países como Italia, Francia y China comienzan a aumentar su industria FV, integrándose al grupo de países con mayor capacidad FV instalada (EPIA, 2011); 3) gran parte de los sistemas fotovoltaicos dejan de estar fuera de la red (*off-grid*) y se incorporan a la red eléctrica de cada país, lo que permite que las estadísticas internacionales reflejen datos fidedignos (EPIA, 2011).

#### *Construir una tabla de datos dicotómicos*

Para construir la tabla de datos dicotómicos, se considera que el resultado deseado corresponde a un país cuya capacidad FV instalada es mayor que 13.6 GW. Por lo que el resultado deseado se cumple [1] para China, Estados Unidos, Japón, Alemania, Italia, Francia, Reino unido y España. El resultado deseado no se cumple [0] para México. A continuación, se describe el papel de las condiciones (descritas en el cuadro 2) en el cumplimiento (o no cumplimiento) del resultado deseado.

1. La *subvención de capital* se lleva a cabo en China, Estados Unidos, Japón, Alemania y Francia (Grau *et al.*, 2011). En México no se lleva a cabo (Torres, 2020; Treviño, 2020; Creuheras, 2020). Países como España e Italia han preferido otro tipo de prácticas que no comprometen en este sentido su economía nacional (Van *et al.*, 2003; Cansino *et al.*, 2010).
2. Respecto al uso de *créditos fiscales para la inversión*, todos los países estudiados, salvo México (Torres, 2020; García, 2020), utilizan esta práctica para facilitar la inversión en proyectos FV. Lo anterior sucede fundamentalmente cuando estos proyectos se destinan a la inversión en mayor capacidad instalada o directamente en la generación eléctrica, ya sea para autoabasto o por medio de proyectos FV rurales, sin importar que estén integrados a la red eléctrica o fuera de ella (Burns y Kang, 2012; Yu *et al.*, 2014; Abdmouleh *et al.*, 2015).
3. Países como Estados Unidos, Francia, Alemania, Reino Unido, Japón y China han optado por *invertir con recursos fiscales*, ya sea federales o locales, en proyectos que incrementen la capacidad instalada del país. España e Italia han sido la excepción, al igual que México (Hernández, 2018; Torres, 2020; Ortiz y Ramírez, 2020). En estos tres casos, los inversionistas privados han desarrollado la industria FV (Streimikien, 2007; Shuai *et al.*, 2019; Wu *et al.*, 2018; Avril *et al.*, 2012; Abdmouleh *et al.*, 2015).
4. Los países que optan por esquemas fiscales para apoyar la inversión privada en proyectos fotovoltaicos destacan, entre sus políticas fiscales, la *reducción de impuestos* cuando el inversionista apuesta por un proyecto FV. Tal es el caso de Italia, España, Francia, Japón<sup>13</sup> y Estados Unidos (Abdmouleh *et al.*, 2015; Balocchi, 2020).
5. Los países en los que se realiza *el pago a los particulares por la producción de energía* son Estados Unidos, Alemania, Italia, España y Francia (IEA y PVPS, 2019; Kimura y Suzuki, 2006).
6. En el mercado español, los esquemas de *licitaciones o subastas de energía* han sido una práctica muy utilizada por su éxito (El País, 2020), y sucede en forma semejante en Alemania, Francia y Estados Unidos (ISE, 2019). La experiencia mexicana con tres subastas (en 2015, 2016 y 2017) fue exitosa,

<sup>13</sup> Al momento de realizar la presente investigación, Japón sí empleaba la reducción de impuestos. No obstante, recientemente dejó de hacerlo (IEA PVPS-NEDO, 2020). Esta política se empleó desde 1994 (Kimura y Suzuki, 2006) por lo que, en efecto, contribuyó al impulso de la capacidad FV instalada en Japón. Por lo tanto, en el presente análisis se considera que en efecto Japón sí utiliza la reducción de impuestos.

- en particular para los proyectos FV; sin embargo, en 2019 esta práctica se detuvo en su cuarta edición, debido al cambio de administración del gobierno federal sin exponer justificación alguna (Ramírez, 2019).
7. En el conjunto de las prácticas tarifarias, feed in tariff (FIT) ha sido la más aceptada a lo largo del desarrollo de la capacidad FV instalada en todos los países estudiados (Grau *et al.*, 2011). Asimismo, destaca que el esquema FIT ha ido evolucionando con el tiempo en estos mercados, donde ha ido adoptando variantes, como feed in premium, que contribuyen al mejoramiento operativo de los mercados energéticos. De esta forma, el análisis realizado muestra que únicamente en México el FIT no ha sido implementado, aunque la regulación mexicana ha establecido una metodología propia para fijar el precio de la electricidad que se paga a los productores de energía renovable, en nuestro caso FV, por cada unidad de energía producida e inyectada en la red eléctrica (Hernández, 2018; García, 2020; Creuheras, 2020).
  8. El otro esquema de regulación tarifario preferido en los mercados eléctricos que buscan promover la FV es *net metering*. Estados Unidos, junto con Alemania, Italia, Reino Unido y Francia acreditan a los propietarios de proyectos fotovoltaicos, básicamente hogares con techos solares, la energía sobrante que devuelven a la red eléctrica (ISE, 2019). En el caso mexicano, el esquema de *net metering* se contempla en la normativa federal, pero el despliegue de la energía FV ha sido lento (García, 2020; Creuheras, 2020), a diferencia de los otros países estudiados, incluyendo China, donde *net metering* asociado a la generación distribuida<sup>14</sup> se ha convertido en política central del gobierno (Xie *et al.*, 2012; Jia *et al.*, 2020).<sup>15</sup>
  9. Las *metas de energía renovables (cuotas)* se han empleado en Estados Unidos, Alemania, Italia y el Reino Unido (Abdmouleh *et al.*, 2015). En México no existen “cuotas” específicas correspondientes a la generación de electricidad FV. La generación proveniente de los proyectos FV, se acumula a las “cuotas” de energía limpia comprometidas por el Estado mexicano (García, 2020; Castelán, 2020). China, por su parte, aun cuando ha ratificado el Acuerdo

<sup>14</sup> Para lograr la evolución de la red tradicional a una REI se requiere el aumento de la generación distribuida (Wissner, 2008).

<sup>15</sup> Al momento de realizar esta investigación, China empleaba la medición neta. No obstante, recientemente dejó de hacerlo (IEA PVPS, 2020). Esta política se empleó desde 2010 (Xie *et al.*, 2012) por lo que, en efecto, contribuyó al impulso de la capacidad FV instalada en China. Dado lo anterior, para el presente análisis se considera que en efecto China sí la emplea.

- de París y sus metas, no ha necesitado utilizar una práctica como las cuotas o portafolios de energía renovable al sujetarse su mercado eléctrico a la planeación energética estatal (Xie *et al.*, 2012).
10. Entre los países que han patrocinado la implementación de *bonos o certificados verdes* están Estados Unidos, Alemania, Francia, Italia y el Reino Unido (Abdmouleh *et al.*, 2015; Cuny, 2019). En tanto que en México la aparición y el comercio de los certificados de energía limpia (CEL) han sido la práctica que se caracteriza como bono verde. No obstante, para que en México esta práctica pueda categorizarse al mismo nivel que en los otros países, requiere el fortalecimiento de los mercados financieros asociados al diseño del mercado eléctrico nacional (Hernández, 2018). La excepción más destacada sigue siendo China, cuyo diseño de mercado verticalmente integrado y estatizado no requiere el uso de este tipo de prácticas (Xie *et al.*, 2012).
  11. Es una constante entre los países estudiados que se promueva, mediante diferentes mecanismos, el *desarrollo de capital intelectual, técnico y profesional*. En este sentido, el gobierno de Estados Unidos estableció El Plan Estratégico de Capital Humano 2016-2020 (US Department of Energy, 2016). En Europa, por su parte, destacan iniciativas como la italiana y sus institutos para la transición energética, o la española, que establece un certificado de competencia nacional para la rama profesional en energía en el área de energías renovables (García-Álvarez *et al.*, 2018). Por su parte, China encabeza el desarrollo de su capital intelectual con la Universidad de Energía Eléctrica del Norte de China. Mientras tanto, en Japón, la Agencia Japonesa de Ciencia y Tecnología está promoviendo la capacitación fundamental para las energías renovables, incluida la FV (Kimura y Suzuki, 2006).

En México, los esfuerzos para formar y elevar la calidad de profesionistas y técnicos del sector FV los encabeza la Secretaría de Energía. Específicamente, en materia FV, solo se ha desarrollado la certificación del estándar de competencia ECO586: Instalación de sistemas fotovoltaicos en residencia, comercio e industria (Sener, 2020).

Para 2019, las alternativas que México brindaba para la formación de capital humano especializado requerido por la industria FV, se integraban por siete ingenierías, nueve maestrías y seis doctorados. No obstante, dichos programas académicos no son parte de un plan orientado hacia el desarrollo de la capacidad FV instalada. Además, algunos programas solo tocan a la electricidad FV de manera tangencial. El detalle por programa se puede consultar en el apéndice.

12. En lo que a la *investigación y desarrollo (I&D)* se refiere, cada país ha invertido en diferentes áreas de la industria FV. En Estados Unidos, la Oficina de Tecnologías de Energía Solar es un programa del gobierno que realiza I&D en sistemas y tecnologías de energía solar (Ruegg y Thomas, 2011). En Alemania, en cambio, el Centro de Evaluación de Tecnología Fotovoltaica se constituyó como parte del Instituto Fraunhofer, de participación público-privada, para sistemas de energía solar (Lauber y Mez, 2004). En España, alrededor de treinta centros (universidades, centros privados y centros públicos) se dedican a la actividad de I+D en el campo de la energía fotovoltaica (IEA, 2016). Por su parte, Francia creó, en 2005, la Agencia Nacional de Investigación y la empresa estatal OSEO para promover las alianzas público-privadas, lo que ayudaría a conectar la I&D de FV con la industria (IEA, 2016).

La Gran Bretaña en cambio, anticipa áreas para la reducción de costos del sistema y nuevas tecnologías como es el grupo de trabajo sobre innovación (presidido por la Universidad de Loughborough), que trabaja con el Consejo de Investigación en Ingeniería y Ciencias Físicas (DECC, 2013).

Japón, en el campo de la I&D, promovió un enfoque equilibrado entre la industria y la difusión de la instalación FV (Kimura y Suzuki, 2006).

Por su parte China, adoptó una estrategia diferente de la industria en otras regiones. Las políticas industriales de China se orientaron a la exportación. Primero se centraron en tecnologías fáciles de seguir, el establecimiento de líneas de producción de fabricación con mano de obra intensiva (módulos y células) debido a lo accesible de la tecnología y los precios bajos de la energía. Estas políticas finalmente motivaron que China sea el mayor productor de módulos fotovoltaicos en el mundo desde el año 2007 (IEA, 2016).

13. En los países estudiados, se ha dado un *crecimiento de la capacidad FV instalada al incluirla en las redes eléctricas inteligentes (REI)* (Lee *et al.*, 2012). En Reino Unido, la capacidad FV instalada se duplicó del año 2010 al 2015 con la implementación de la REI (Jenkins *et al.*, 2015). En Estados Unidos, debido a las bondades técnicas que ofrece la tecnología FV, su capacidad instalada se incrementó al incluirse en las REI (Steffel *et al.*, 2012). De 2007 a 2020, Italia, España, Francia, Alemania, China y Japón también experimentaron el incremento de su capacidad FV instalada al introducir la FV en sus respectivas REI (Lee *et al.*, 2012; Mordor Intelligence LLP, 2020).

A partir de lo anterior, el cuadro 3 presenta los datos dicotómicos de las condiciones asociadas a la capacidad FV instalada de los países analizados.

CUADRO 3. Condiciones asociadas a la capacidad FV instalada por países y México

	1. Subvención de capital, concesión o rebaja	2. Créditos fiscales a la inversión o producción	3. Inversión pública	4. Reducción de impuestos	5. Pago por producción de energía	6. Subastas o licitación pública	7. Feed in tariff (FIT) & Feed in premium (FIP)	8. Net metering	9. Cuotas o renewable portfolio standar (RPS)	10. Bonos o certificados verdes	11. Desarrollo de capital intelectual, técnico y profesional	12. I & D	13. FV en REI	Capacidad FV instalada mayor a 13.6 GW
México	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0
China	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1
Estados Unidos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Japón	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1
Alemania	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Italia	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
Reino Unido	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
España	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
Francia	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

### Construir una “tabla de verdad”

La tabla de verdad únicamente agrupa a Estados Unidos y Alemania. Ambos países cumplen todas las condiciones y, por lo tanto, obtienen el resultado deseado. Los países restantes no se agrupan. El cuadro 4 corresponde a la tabla de verdad.

### Resolver configuraciones contradictorias

El presente análisis no reporta configuraciones contradictorias, por lo que se procede al siguiente paso.

### Minimización de Boole

La minimización de Boole se realiza tanto cuando se cumple el caso deseado como cuando no se cumple.

CUADRO 4. Tabla de verdad

	1. Subvención de capital, concesión o rebaja	2. Créditos fiscales a la inversión o producción	3. Inversión pública	4. Reducción de impuestos	5. Pago por producción de energía	6. Subastas o licitación pública	7. Feed in tariff (FIT) & Feed in premium (FIP)	8. Net metering	9. Cuotas o renovable portfolio standar (RPS)	10. Bonos o certificados verdes	11. Desarrollo de capital intelectual, técnico y profesional	12. I & D	13. FV en REI	Capacidad FV instalada mayor a 13.6 GW
México	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0
Estados Unidos, Alemania	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Francia	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Italia	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Reino Unido	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Japón	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1
España	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
China	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia.

*Minimización de las configuraciones que llevan al cumplimiento del resultado deseado*  
 Al minimizar las configuraciones que llevan al cumplimiento del resultado deseado, se obtiene la siguiente fórmula mínima:

$$\begin{aligned}
 & 1. \text{Subvención} * 2. \text{Créditos} * \\
 & 3. \text{Inversión} * 7. \text{FIT\&FIP} * \\
 & 11. \text{Desarrollo} * 12. \text{I\&D} * \\
 & 13. \text{FV en REI}
 \end{aligned}
 +
 \begin{aligned}
 & 1. \text{Subvención} * \\
 & 2. \text{Créditos} * 7. \text{FIT\&FIP} * \\
 & 11. \text{Desarrollo} * 12. \text{I\&D} * \\
 & 13. \text{FV en REI}
 \end{aligned}
 \rightarrow
 \begin{aligned}
 & \text{Capacidad FV instalada} > \\
 & 13.6 \text{ GW}
 \end{aligned}$$

Estados Unidos, Alemania, + Italia, Reino Unido, España  
 Francia, Japón, China

El primer término de la fórmula más extendida corresponde a cinco países. Por un lado, Estados Unidos y Alemania comparten las trece condiciones; por otro

lado, están Francia, Japón y China. El segundo término corresponde a tres países: Italia, Reino Unido y España.

Esta mínima fórmula descriptiva es aún compleja porque incluye hasta siete de las trece condiciones. No obstante, la fórmula permite algunas interpretaciones. Por ejemplo, la condición 1, “subvención de capital, concesión o rebaja”, es aplicada en los primeros cinco países, pero no se aplica en los restantes tres países. Asimismo, la condición 3, “inversión pública”, solo aparece en los primeros cinco países. Por lo tanto, la combinación de condiciones que siempre está presente cuando ocurre el resultado deseado es:

2. Créditos \* 3. Inversión \* 7. FIT&FIP \* 11. Desarrollo \* 12. I&D \* 13. FV en REI → Capacidad FV instalada > 13.6 GW

*Minimización de las configuraciones que llevan a que el resultado deseado no se cumpla*  
En el presente artículo, el único país analizado donde no se cumple el resultado deseado es México, por lo que, para este país, se tiene la siguiente fórmula (mínima):

1. Subvención \* 2. Créditos \* 3. Inversión pública \* 4. Reducción de impuestos \* 5. Pago \* 6. Subastas \* 7. FIT&FIP \* 8. Net metering \* 9. renewable portfolio standard \* 10. bonos verdes \* 11. Desarrollo \* 12. I&D \* 13. FV en REI → Capacidad FV instalada < 13.6 GW

## INTERPRETACIÓN: CONDICIONES QUE IMPULSARÁN LA CAPACIDAD FV INSTALADA EN MÉXICO

### Interpretación del QCA en países donde se cumple el resultado deseado

Del QCA se obtienen las siguientes condiciones que siempre están presentes cuando ocurre el resultado deseado:

2. Créditos fiscales a la inversión o producción
7. Feed in tariff (FIT) y feed in premium (FIP)
9. Desarrollo de capital intelectual, técnico y profesional
12. El impulso a la investigación y el desarrollo de tecnología FV
13. Incluir la capacidad FV instalada en REI

De acuerdo con lo anterior, dichas condiciones constituyen las *condiciones necesarias* para tener el resultado deseado de una capacidad FV instalada mayor a 13.6 GW.

Además, del QCA sorprende la relación que existe entre la capacidad FV instalada, tanto de Estados Unidos y Alemania, como de China, con las condiciones que emplean. En principio, podría sugerirse que los países que atendieran las trece condiciones poseerían las mayores capacidades FV instaladas, hecho que no se cumple. Por un lado, China es, por mucho, el país que cuenta con la mayor capacidad FV instalada, pese a que solo emplea siete de las trece condiciones. Por otro lado, Estados Unidos y Alemania emplean las trece condiciones. Sin embargo, no son los países con mayor capacidad FV instalada.

Lo anterior revela la *coherencia* que existe entre las condiciones que emplean los diferentes países. A este respecto, la definición de coherencia entre condiciones se adapta de la definición de coherencia entre políticas brindada por Cejudo y Michel (2016: 11): “Dos políticas [condiciones] son coherentes entre sí, en primer lugar, por su capacidad para alcanzar, en combinación, un objetivo más amplio”. A partir de lo anterior, el QCA sugiere que la coherencia entre las condiciones que emplea China es mayor a la de Estados Unidos y Alemania.

En China, por ejemplo, destacan tanto el impulso de los programas de incentivos en montajes en azotea conectados a la red, como la introducción de mecanismos competitivos para la adquisición de grandes proyectos FV, basados en créditos fiscales a las empresas. Por otra parte, las políticas industriales de China, que han sido orientadas a la exportación de tecnología FV, impulsan el desarrollo de capital intelectual, técnico y profesional, así como la investigación y el desarrollo. Estos hechos contribuyeron a que China se convirtiera en el mayor productor de módulos fotovoltaicos en el mundo desde 2007. Así, en 2016, China se mantuvo como el país líder en producción de FV en el mundo, cubriendo toda la cadena productiva FV (IEA, 2016). Por otro lado, la Administración Nacional de Energía de China puso en marcha proyectos de investigación en diferentes escalas. Como resultado, el nivel de investigación de laboratorio de China de celdas solares de silicio cristalino está al mismo tiempo en posiciones de “líder” y “seguidor” a nivel global. Finalmente, China también ha impulsado el uso de los presupuestos públicos para la estimulación del mercado, así como el desarrollo de programas de demostración/pruebas de campo.

Por otro lado, Japón también constituye un ejemplo de coherencia entre condiciones, ya que solo emplea ocho de las trece condiciones. No obstante, la capacidad FV instalada de Japón (74.19 GW) es mayor a la capacidad FV instalada de Alemania (58.46 GW).

### **Interpretación del QCA en países donde no se cumple el resultado deseado**

Debido a que México es el único país analizado donde no se cumple el resultado deseado, es difícil identificar la causalidad coyuntural de este caso. No obstante, es evidente que México solo aplica una de las cinco condiciones necesarias empleadas por los países que cumplen el resultado deseado: 11. “Desarrollo de capital intelectual, técnico y profesional”.

Además, México emplea otras cuatro condiciones de manera incipiente. Lo que sugiere que no existe coherencia entre las condiciones que emplea, tanto por la ausencia de las condiciones necesarias, como por la poca articulación que existe entre las condiciones existentes, lo que daría una explicación a la reducida capacidad FV instalada de México.

De acuerdo con lo anterior, es evidente que la capacidad FV instalada de un país está directamente relacionada con la coherencia entre las condiciones que emplea. Es decir, en la medida en que las condiciones se empleen de manera coherente se propiciará un incremento de la capacidad FV instalada. En consecuencia, el análisis sugiere que el impulso a la capacidad FV instalada en México se dará a partir de una planeación a largo plazo de la industria FV mexicana que: *a)* tenga como punto de partida las cinco condiciones necesarias obtenidas en el QCA y *b)* fortalezca las condiciones que hoy se emplean de manera incipiente.

### **CONCLUSIONES**

¿Qué condiciones se deben satisfacer para impulsar la participación de la capacidad FV instalada en México? El presente análisis sugiere que las condiciones necesarias son:

2. Créditos fiscales a la inversión o producción
7. Feed in tariff (FIT) y feed in premium (FIP)
11. Desarrollo de capital intelectual, técnico y profesional
12. El impulso a la investigación y el desarrollo de tecnología FV
13. Incluir la capacidad FV instalada en REI

Sin embargo, dichas políticas deben ser el punto de partida de una planeación a largo plazo de la industria FV mexicana que, además, fortalezca las mejores prácticas que hoy se emplean de manera incipiente.

Destaca el hecho de que la capacidad FV instalada de un país no depende directamente del número de condiciones empleadas, sino también de la cohe-

rencia que existe entre ellas. El análisis sugiere que la coherencia de las condiciones que emplea China (306.4 GW; siete condiciones) es mayor que la de Estados Unidos (93.71 GW; trece condiciones) y Alemania (58.46 GW; trece condiciones). Otro ejemplo de mayor coherencia entre las condiciones empleadas es Japón (74.19 GW; ocho condiciones), respecto a Alemania (58.46 GW; trece condiciones). ☒

## REFERENCIAS

- Abdmouleh, Z., R. Alammari y A. Gastli (2015), “Review of Policies Encouraging Renewable Energy Integration & Best Practices”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, pp. 249-262.
- Asolmex (Asociación Mexicana de Energía Solar) (2020), *Monitor de información comercial e índice de precios de generación solar distribuida en México*, Ciudad de México, Asolmex.
- Avril, S., C. Mansilla, M. Busson y T. Lemaire (2012), “Photovoltaic Energy Policy: Financial Estimation and Performance Comparison of the Public Support in Five Representative Countries”, *Energy Policy*, 51, pp. 244-258.
- Balcombe, P., D. Rigby y A. Azapagic (2014), “Investigating the Importance of Motivations and Barriers Related to Microgeneration Uptake in the UK”, *Applied Energy*, 130(6), pp. 403-418.
- Balocchi, A. (2020), *Fotovoltaico in Italia: storage, comunità energetiche e superbonus 110%*, 4 de septiembre, en: <https://www.lumi4innovation.it/fotovoltaico-in-italia-storage-comunita-energetiche-superbonus-110/> [fecha de consulta: 14 de septiembre de 2021].
- Barbosa, L., C. Nunes, A. Rodrigues y A. Sadinha (2020), “Feed-in Tariff Contract Schemes and Regulatory Uncertainty”, *European Journal of Operational Research*, 287(1), pp. 331-347.
- Barbose, G., R. Wiser y M. Bolinger (2008), “Designing pv Incentive Programs to Promote Performance: A Review of Current Practice in the US”, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 12(4), pp. 960-998.
- Bayer, B. (2018), “Experience with Auctions for Wind Power in Brazil”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 81(P2), pp. 2644-2658.
- Becerra-Pérez, L., R. González-Díaz y A. Villegas-Gutiérrez (2020), “La energía solar fotovoltaica, análisis costo beneficio de los proyectos en México”, *RINDERESU*, 5(2), en: <http://rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/104/107> [fecha de consulta: 18 de agosto de 2021].
- Best, R. y P. Burke (2018), “Adoption of Solar and Wind Energy: The Roles of Carbon Pricing and Aggregate Policy Support”, CCEP Working Paper 1803, en: <https://ccep.org/>

- crawford.anu.edu.au/publication/ccep-working-paper/12182/adoption-solar-and-wind-energy-roles-carbon-pricing-and [fecha de consulta: 15 de noviembre de 2021].
- Best, R. y P. Burke (2018), “Adoption of Solar and Wind Energy: The Roles of Carbon Pricing and Aggregate Policy Support”, *Energy Policy*, 118, pp. 404-417.
- Brandstatt, C., G. Brunekreeft y K. Jahnke (2011), “How to Deal with Negative Power Prices Pikes?—Flexible Voluntary Curtailment Agreements for Large-scale Integration of Wind”, *Energy Policy*, 39(6), pp. 3732-3740.
- Burns, J. y J.S. Kang (2012), “Comparative Economic Analysis of Supporting Policies for Residential Solar pv in the United States: Solar Renewable Energy Credit (SREC) Potential”, *Energy Policy*, 44, pp. 217-225.
- Cansino, J., M. Pablo-Romero, R. Román y R. Yñiguez (2010), “Tax Incentives to Promote Green Electricity: An Overview of EU-27 Countries”, *Energy Policy*, 38(10), pp. 6000-6008.
- Carley, S., E. Baldwin, L. MacLean y J. Brass (2017), “Global Expansion of Renewable Energy Generation: An Analysis of Policy Instruments”, *Environmental and Resource Economics*, 68(2), pp. 397-440.
- Carstens, D. y S. Cunha (2019), “Challenges and Opportunities for the Growth of Solar Photovoltaic Energy in Brazil”, *Energy Policy*, 125, pp. 396-404.
- Castaneda, M., S. Zapata y A. Aristizabal (2018), “Assessing the Effect of Incentive Policies on Residential pv Investments in Colombia”, en: <http://hdl.handle.net/20.500.12010/8926> [fecha de consulta: 15 de enero de 2021].
- Castelán, Jaime Tadeo (2020), “Actualización de la legislación del sector energético, en materia de fuentes renovables: Certificados de energías limpias y generación distribuida”, en P. Necoechea Porras (comp.), *México hacia una transición energética*, Ciudad de México, Fundación Konrad Adenauer.
- Cenace (Centro Nacional de Control de Energía) (2015-2022), en: <https://www.gob.mx/cenace>
- Cejudo, G. y C. Michel (2016), “Coherencia y políticas públicas: Metas, instrumentos y poblaciones objetivo”, *Gestión y Política Pública*, 25(1), pp. 3-31, en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-10792016000100001&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792016000100001&lng=es&tlng=es) [fecha de consulta: 5 de agosto de 2022].
- Chimres, N. y S. Wongwiset (2016), “Critical Review of the Current Status of Solar Energy in Thailand”, *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 58, pp. 198-207.
- Choi, H. y L. Díaz Anadón (2014), “The Role of the Complementary Sector and its Relationship with Network Formation and Government Policies in Emerging Sectors: The Case of Solar Photovoltaics between 2001 and 2009”, *Technological Forecasting and Social Change*, 82, pp. 80-94.

- Cinco Días* (2020), “El gobierno subastará 20000 megavatios en renovables hasta 2025”, 7 de noviembre, en: [https://cincodias.elpais.com/cincodias/2020/11/06/companias/1604668957\\_251861.html](https://cincodias.elpais.com/cincodias/2020/11/06/companias/1604668957_251861.html) [fecha de consulta: 8 de agosto de 2021].
- Crago, C.L. y E. Koenigler (2018), “Drivers of Growth in Commercial-scale Solar PV Capacity”, *Energy Policy*, 120, pp. 481-491.
- CRE (Comisión Reguladora de Energía) (2014-2022), en: <https://www.gob.mx/cre> [fecha de consulta: 25 de octubre de 2021].
- Creuheras, S. (2020), “Desarrollo de las redes inteligentes en el sector energético mexicano”, en P. Necoechea Porras (comp.), *México hacia una transición energética*, Ciudad de México, Fundación Konrad Adenauer.
- Cuny, D. (2019), “La France à nouveau leader mondial des green bonds”, *La Tribune*, 26 de junio, en: <https://www.latribune.fr/entreprises-finance/banques-finance/la-france-a-nouveau-leader-mondial-des-green-bonds-821623.html> [fecha de consulta: 17 de agosto de 2021].
- De Elejalde, R. y C. Ponce (2016), “Los desafíos de la intermitencia de las energías renovables no convencionales”, *Observatorio Económico*, 111, 2-3, DOI: <https://doi.org/10.11565/oe.vi111.124>.
- De Vos, K. (2015), “Negative Wholesale Electricity Prices in the German, French and Belgian Day-Ahead, Intra-Day and Real-Time Markets”, *The Electricity Journal*, 28(4), pp. 36-50.
- DECC (Department of Energy and Climate Change) (2013), *UK Solar PV Strategy Roadmap to a Brighter Future*, Londres, DECC, en: [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/249277/UK\\_Solar\\_PV\\_Strategy\\_Part\\_1\\_Roadmap\\_to\\_a\\_Brighter\\_Future\\_08.10.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/249277/UK_Solar_PV_Strategy_Part_1_Roadmap_to_a_Brighter_Future_08.10.pdf) [fecha de consulta: 16 de julio de 2021].
- Del Giorgio, F. (2011), “El benchmarking en el sector público: Aportes y propuestas de implementación para la provincia de Buenos Aires”, tesis de especialización, Universidad Nacional Tres de Febrero.
- Díez-Mediavilla, M., C. Alonso-Tristán, M. Rodríguez-Amigo y T. García-Calderón (2010), “Implementation of PV Plants in Spain: A Case Study”, *Renewable & Sustainable Energy Review*, 14(4), 1342-1346.
- Dijkgraaf, E., T. Van Dorp y E. Maasland (2018), “On the Effectiveness of Feed-in tariffs in the Development of Solar Photovoltaics”, *The Energy Journal*, 39(1), pp. 81-99.
- EPIA (European Photovoltaic Industry Association) (2011), *Solar Photovoltaic Electricity Empowering the World*, Bruselas, EPIA.
- García-Álvarez, M., L. Cabeza-García e I. Soares (2018), “Assessment of Energy Policies to Promote Photovoltaic Generation in the European Union”, *Energy*, 151, pp. 864-874.
- García, Guillermo Ignacio (2020), “Tomar el control de nuestra energía: Impacto de la

- generación distribuida en México”, en P. Necochea Porras (comp.), *México hacia una transición energética*, Ciudad de México, Fundación Konrad Adenauer.
- Grau, T., M. Huo y K. Neuhoff (2011), “Survey of Photovoltaic Industry and Policy in Germany and China”, *Energy Policy*, 51, pp. 20-37, doi: 10.2139/ssrn.1869813.
- Hansen, U., M. Pedersen e I. Nygaard (2015), “Review of Solar PV Policies, Interventions and Diffusion in East Africa”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 46, pp. 236-248, doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.02.046>.
- Hernández, C. (2018), *Reforma energética-electricidad*, Ciudad de México, Fondo de Cultura Económica.
- IEA (International Energy Agency) (2016), *The Photovoltaic Power Systems Programme of the International Energy Agency, 2016 Annual Report*, París, International Energy Agency.
- IEA (International Energy Agency) (2022), *World Energy Outlook 2022-Analysis*, París, IEA.
- IEA PVPS (International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme) (2019), *The IEA Photovoltaic Power Systems Programme: Annual Report 2019*, París, IEA.
- IEA PVPS (International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme) (2020), *National Survey Report of PV Power Applications in China*, París, IEA.
- IEA PVPS (International Energy Agency Photovoltaic Power Systems Programme) y NEDO (New Energy and Industrial Technology Development Organization) (2020), *National Survey Report of PV Power Applications in Japan*, París, IEA PVPS.
- IRENA (International Renewable Energy Agency) (2022a), *Renewable Capacity Statistics 2022*, en: <https://www.irena.org/publications/2022/Apr/Renewable-Capacity-Statistics-2022> [fecha de consulta: 10 de octubre de 2021].
- IRENA (International Renewable Energy Agency) (2022b), *Renewable Energy Statistics 2022*, en: <https://www.irena.org/Publications/2022/Jul/Renewable-Energy-Statistics-2022> [fecha de consulta: 10 de octubre de 2021].
- IRENA (International Renewable Energy Agency) (2022c), *IRENASTAT*, en: [https://pxweb.irena.org/pxweb/en/IRENASTAT/IRENASTAT\\_\\_Power%20Capacity%20and%20Generation/ELECCAP\\_2022\\_cycle2.px/table/tableViewLayout1/](https://pxweb.irena.org/pxweb/en/IRENASTAT/IRENASTAT__Power%20Capacity%20and%20Generation/ELECCAP_2022_cycle2.px/table/tableViewLayout1/) [fecha de consulta: 9 de julio de 2021].
- ISE (Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems) (2019), *Recent Facts about Photovoltaics in Germany*, Freiburg, ISE, en: <https://www.ise.fraunhofer.de/en/publications/studies/recent-facts-about-pv-in-germany.html> [fecha de consulta: 6 de febrero de 2021].
- Jenkins, N., C. Long y J. Wu (2015), “An Overview of the Smart Grid in Great Britain”, *Engineering*, 1(4), pp. 413-421.
- Jeong, D. (2013), “Understanding of Climate Change”, *Training Manual on Low-carbon Green Management Responding to Climate Change*, Asia Climate Change Education Center, pp. 11-34.

- Jia, X., H. Du, H. Zou y G. He (2020), “Assessing the Effectiveness of China’s Net-metering Subsidies for Household Distributed Photovoltaic Systems”, *Journal of Cleaner Production*, 262, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121161>.
- Johnstone, N., I. Haščić y D. Popp (2010), “Renewable Energy Policies and Technological Innovation: Evidence Based on Patent Counts”, *Environmental and Resource Economics*, 45(1), pp. 133-155.
- Juárez-Luna, D. y E. Urdiales (2022), “Generación de electricidad fotovoltaica: Ignorada en la práctica como en la teoría, en México”, A. Ruiz-Porras e I. Salas Durazo (coords.), *Temas contemporáneos de investigación en economía y políticas públicas II*, Universidad de Guadalajara, en: [https://www.cucea.udg.mx/include/publicaciones/coorinv/pdf/Temas\\_Contemporaneos\\_C\\_Portadas.pdf](https://www.cucea.udg.mx/include/publicaciones/coorinv/pdf/Temas_Contemporaneos_C_Portadas.pdf) [fecha de consulta: 18 de septiembre de 2022].
- Karteris, M. y A. Papadopoulos (2012), “Residential Photovoltaic Systems in Greece and in Other European Countries: A Comparison and an Overview”, *Advances in Building Energy Research*, 6(1), pp. 141-158.
- Kimura, O. y T. Suzuki (2006), “30 Years of Solar Energy Development in Japan: Co-evolution Process of Technology, Policies, and the Market”, presentado en la 2006 Berlin Conference on the Human Dimensions of Global Environmental Change, 17 y 18 de noviembre, Berlín.
- Koo, B. (2017), “Examining the Impacts of Feed-in-Tariff and the Clean Development Mechanism on Korea’s Renewable Energy Projects through Comparative Investment Analysis”, *Energy Policy*, 104, pp. 144-154.
- Kosonen, K. y G. Nicodème (2009), “The Role of Fiscal Instruments in Environmental Policy”, Working Papers Series 2719, CESifo Group Munich.
- Kwon, T.-h. (2015), “Rent and Rent-seeking in Renewable Energy Support Policies: Feed-in Tariff vs. Renewable Portfolio Standard”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, pp. 676-681.
- Lauber, V. L. Mez (2004), “Three Decades of Renewable Electricity Policies in Germany”, *Energy & Environment*, 15(4), pp. 599-623, doi: 10.1260/0958305042259792.
- Lee, Y., J. Paredes y S. Lee (2012), “Smart Grid and Its Application in Sustainable Cities”, nota técnica IDB-TN-446, en: <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Smart-Grid-and-Its-Application-in-Sustainable-Cities.pdf> [fecha de consulta: 14 de agosto de 2021].
- León-Trigo, L., E. Reyes-Archundia, J. Gutiérrez-Gnecchi, A. Méndez-Patiño y G. Chávez-Campos (2019), “Smart Grids en México: Situación actual, retos y propuesta de implementación”, *Ingeniería, investigación y tecnología*, 20(2), doi: 10.22201/ii.25940732e.2019.20n2.015.
- Liu, J.-L., K. Wang, Q.-R. Xiahou, F.-M. Liu, J. Zou y Y. Kong (2019), “China’s Long-term

- Low Carbon Transition Pathway under the Urbanization Process”, *Advances in Climate Change Research*, 10(4), pp. 240-249.
- Liu, Q., F. Cao, Y. Liu, T. Zhu y D. Liu (2018), “Design and Simulation of a Solar Chimney PV/T Power Plant in Northwest China”, *International Journal of Photoenergy*, DOI: <https://doi.org/10.1155/2018/1478695>.
- Lu, Y., F. Yi, S. Yu, Y. Feng y Y. Wang (2022), “Pathways to Sustainable Deployment of Solar Photovoltaic Policies in 20 Leading Countries Using a Qualitative Comparative Analysis”, *Sustainability*, 14(10), DOI: <https://doi.org/10.3390/su14105858>.
- Malagueta, D., A. Szklo, B. Soares, R. Soria, R. Aragão, R. Schaeffer y R. Dutra (2013), “Assessing Incentive Policies for Integrating Centralized Solar Power Generation in the Brazilian Electric Power System”, *Energy Policy*, 59, pp. 198-212.
- Marques, A., J. Fuinhas y D. Pereira (2019), “The Dynamics of the Short and Long-run Effects of Public Policies Supporting Renewable Energy: A Comparative Study of Installed Capacity and Electricity Generation”, *Economic Analysis and Policy*, 63, pp. 188-206.
- Martínez Prats, G., F. Silva Hernández, M. Altamirano Santiago y J. Hernández Salinas (2021), “Apuntes de la energía fotovoltaica en México”, *3C Tecnología: Glosas de Innovación Aplicadas a la Pyme*, 10(1), pp. 17-31, en: <http://ojs.3ciencias.com/index.php/3c-tecnologia/article/view/1164> [fecha de consulta: 7 de febrero de 2021].
- McKenna, E., J. Pless y S. Darby (2018), Solar Photovoltaic Self-consumption in the UK Residential Sector: New Estimates from a Smart Grid Demonstration Project”, *Energy Policy*, 118, pp. 482-491.
- Michaud, G. (2016), “Net Energy Metering and Community Shared Solar Deployment in the U.S.: Policy Perspectives, Barriers, and Opportunities”, tesis doctoral, Virginia Commonwealth University.
- Mir-Artigues, P., E. Cerdá y P. del Río (2018), “Analysing the Economic Impact of the New Renewable Electricity Support Scheme on Solar pv Plants in Spain”, *Energy Policy*, 114, pp. 323-331.
- Mordor Intelligence LLP (2020), *China Smart Grid Network Market - Growth, Trends, and Forecasts (2020-2025)*, en: [https://www.reportlinker.com/p05989483/China-Smart-Grid-Network-Market-Growth-Trends-and-Forecasts.html?utm\\_source=GNW](https://www.reportlinker.com/p05989483/China-Smart-Grid-Network-Market-Growth-Trends-and-Forecasts.html?utm_source=GNW) [fecha de consulta: 15 de mayo de 2021].
- Mughal, S., Y. Sood y R. Jarial (2018), “A Review on Solar Photovoltaic Technology and Future Trends”, *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 4(1), pp. 227-235.
- Muñoz, J., M. Rojas y C. Barreto-Calle (2018), “Incentivo a la generación distribuida en el Ecuador”, *Ingenius: Revista de Ciencia y Tecnología*, 19, pp. 60-68.

- Năstase, G., A. Șerban, A. Năstase y G. Dragomir (2017), “Hydropower Development in Romania: A Review from its Beginnings to the Present”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80, pp. 297-312.
- Năstase, G., A. Șerban, G. Dragomir, A.I. Brezeanu e I. Bucur (2018), “Photovoltaic Development in Romania: Reviewing what Has Been Done”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, pp. 523-535.
- Nicolli, F. y F. Vona (2016), “Heterogeneous Policies, Heterogeneous Technologies: The Case of Renewable Energy”, *Energy Economics*, 56, pp. 190-204.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) y AIE (Agencia Internacional de Energía) (2010-2020), *Monthly OECD Electricity Statistics*, en: <https://www.iea.org/reports/monthly-oecd-electricity-statistics> [fecha de consulta: 18 de julio de 2021].
- Olczak, P., D. Kryzia, D. Matuszewska y M. Kuta (2021), “‘My Electricity’ Program Effectiveness Supporting the Development of pv Installation in Poland”, *Energies (Basel)*, 14(1), doi: <https://doi.org/10.3390/en14010231>.
- Ortiz, María I. y V.F. Ramírez (2020), “Retos del gobierno ante la transición energética: 2018-2024”, en P. Necochea Porras (comp.), *México hacia una transición energética*, Ciudad de México, Fundación Konrad Adenauer.
- Park, N., K.J. Lee, K.J. Lee, Y. Lee, K. Lee, K. y S.H. Lee (2013), “In-depth Analysis on R&D Investment and Strategy on pv in South Korea”, *Energy Policy*, 54, pp. 391-396.
- Pearce, P. y R. Slade (2018), “Feed-in Tariffs for Solar Microgeneration: Policy Evaluation and Capacity Projections Using a Realistic Agent-based Model”, *Energy Policy*, 116, pp. 95-111.
- Polzin, F., F. Egli, B. Steffen y T. Schmidt (2019), “How Do Policies Mobilize Private Finance for Renewable Energy?-A Systematic Review with an Investor Perspective”, *Applied Energy*, 236, pp. 1249-1268.
- Ramírez, F. J., A. Honrubia-Escribano, E. Gómez-Lázaro y D.T. Pham (2017), “Combining Feed-in Tariffs and Net-metering Schemes to Balance Development in Adoption of Photovoltaic Energy: Comparative Economic Assessment and Policy Implications for European Countries”, *Energy Policy*, 102, pp. 440-452.
- Ramírez, V.F. (2019), “Subastas eléctricas en México, evaluación y qué hacer sin ellas”, *Nexos*, 6 de junio, en: <https://www.nexos.com.mx/?p=42822> [fecha de consulta: 7 de noviembre de 2021].
- REN21 (2017), *Renewables: Global Status Report 2017 Update*, París, REN21.
- Rihoux, B. y C.C. Ragin (2008), *Configurational Comparative Methods: Qualitative Comparative Analysis (QCA) and Related Techniques*, Thousand Oaks, Sage.
- Rubio-Aliaga, A., A. Molina-García, M. García-Cascales y J. Sánchez-Lozano (2019), “Net-

- Metering and Self-Consumption Analysis for Direct pv Groundwater Pumping in Agriculture: A Spanish Case Study”, *Applied Sciences*, 9(8), doi: <https://doi.org/10.3390/app9081646>.
- Ruegg, R. y P. Thomas. (2011), *Linkages of DOE’s Solar Photovoltaic R&D to Commercial Renewable Power from Solar Energy*, Washington, D.C., US Department of Energy-Office of Energy Efficiency and Renewable Energy.
- Sampaio, P.G. y M.O. González (2017), “Photovoltaic Solar Energy: Conceptual Framework”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, pp. 590-601, doi: 10.1016/j.rser.2017.02.081.
- Sarzynski, A., J. Larrieu y G. Shrimali (2012), “The Impact of State Financial Incentives on Market Deployment of Solar Technology”, *Energy Policy*, 46, pp. 550-557.
- Schallenberg-Rodriguez, J. (2017), “Renewable Electricity Support Systems: Are Feed-in Systems Taking the Lead? *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 76, pp. 1422-1439.
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2020), *Contribución Determinada a nivel Nacional: México. Versión actualizada 2020*, Ciudad de México, Semarnat.
- Sener (Secretaría de Energía) (2020), Programa Sectorial de Energía 2020-2024, *Diario Oficial de la Federación*, 8 de julio.
- Shuai, J., X. Cheng, L. Ding y J. Yang (2019), “How Should Government and Users Share the Investment Costs and Benefits of a Solar pv Power Generation Project in China?” *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 104, pp. 86-94.
- Sirin, S. e I. Sevindik (2021), “An Analysis of Turkey’s Solar pv Auction Scheme: What Can Turkey Learn from Brazil and South Africa?” *Energy Policy*, 148, doi: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111933>.
- Steffel, S., P. Caroselli, A. Dinkel, J. Liu y R. Sackey (2012), “Integrating Solar Generation on the Electric Distribution Grid”, *IEEE Transactions on Smart Grid*, 3(2), pp. 878-886.
- Streimikien, D. (2007), “Sustainability Assessment of Policies and Technologies”, presentado en el seminario “Integration of SD Principles and Green Growth Policy Tools in the SPECA Countries”, Astana.
- Sudhakar, R. y J. Painuly (2004), “Diffusion of Renewable Energy Technologies: Barriers and Stakeholders’ Perspectives”, *Renewable Energy*, 29(9), pp. 1431-1447.
- Sun, P. y P. Nie (2015), “A Comparative Study of Feed-in Tariff and Renewable Portfolio Standard Policy in Renewable Energy Industry”, *Renewable Energy*, 74, pp. 255-262.
- The World Bank (2017), *Global Solar Atlas*, en: <https://globalsolaratlas.info/map> [fecha de consulta: 12 de junio de 2021].
- Torres, A. (2020), “Barreras de la transición energética”, en P. Necochea Porras (comp.), *México hacia una transición energética*, Ciudad de México, Fundación Konrad Adenauer.

- Treviño, M.J. (2020), “Revolucionando la forma en que las empresas en México compran energía”, en P. Necoechea Porras (comp.), *México hacia una transición energética*, Ciudad de México, Fundación Konrad Adenauer.
- Tveten, Å., T. Bolkesjø, T. Martinsen y H. Hvarnes (2013), “Solar Feed-in Tariffs and the Merit Order Effect: A Study of the German Electricity Market”, *Energy Policy*, 61, pp. 761-770.
- U.S. Department of Energy (2008), *About the Solar America Initiative*, Washington, D.C., Department of Energy.
- U.S. Department of Energy (2016), 2016-2020 Strategic Human Capital Plan.
- Urdiales, E. (2014), “Energía solar: Su aprovechamiento mediante sistemas fotovoltaicos”, en A. Román Zozaya, R. Montes Mendoza y A Morfin Maciel, *Políticas públicas y gestión estratégica en México: Retos y oportunidades*, Huixquilucan, Estado de México, Universidad Anáhuac México Norte, Facultad de Economía y Negocios, en: <http://pegaso.anahuac.mx/accesoabierto/publicaciones.php?Accion=Informacion&Tab=Escuela&Area=&Tema=&Subtema=&Year=&Autor=&Tipo=&Universidad=1&Escuela=2&Centro=2&Pub=5> [fecha de consulta: 10 de octubre de 2021].
- Van Dijk, A.L., L.W.M. Beurskens, M.G. Boots, M.B.T. Kaal, T.J. de Lange, E.J.W. Van Sambeek y M.A. Uytterlinde (2003), *Renewable Energy Policies and Market Developments*, ECN-C-03-029.
- Vargas-Hernández, J.G. y E.R. Ascencio Espinosa (2016), “Solar Panel and Renewable Energy in Mexico Development and Outlook for Photovoltaic”, *International Journal of Environment and Sustainability*, 5(2), pp. 89-98, DOI: 10.24102/ijes.v5i2.677.
- Varghese, S. y R. Sioshansi (2020), “The Price is Right? How Pricing and Incentive Mechanisms in California Incentivize Building Distributed Hybrid Solar and Energy-storage Systems”, *Energy Policy*, 138, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111242>.
- Wang, T., Y. Gong y C. Jiang (2014), “A Review on Promoting Share of Renewable Energy by Green-trading Mechanisms in Power System”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, pp. 923-929.
- Watts, D., M. Valdés, D. Jara y A. Watson (2015), “Potential Residential pv Development in Chile: The Effect of Net Metering and Net Billing Schemes for Grid-connected pv Systems”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 41, pp. 1037-1051.
- Wissner, M. (2008), “The Smart Grid - A Saucerful of Secrets? *Applied Energy*, 88(7), pp. 2509-2518.
- Wu, Y., J. Zhou, Y. Hu y L. Li (2018), “A TODIM-based Investment Decision Framework for Commercial Distributed pv Projects under the Energy Performance Contracting (EPC) Business Model: A Case in East-Central China”, *Energies*, 11(5), DOI: <https://doi.org/10.3390/en11051210>.

- Xie, H., C. Zhang, B. Hao, S. Liu y K. Zou (2012), “Review of Solar Obligations in China: Renewable and Sustainable Energy Reviews”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(1), DOI: 10.1016/j.rser.2011.07.140.
- Xin-gang, Z., L. Pei-ling y Z. Ying (2020), “Which Policy Can Promote Renewable Energy Toachieve Grid Parity? Feed-in Tariff vs. Renewable Portfolio Standards”, *Renewable Energy*, 162, pp. 322-333.
- Yadav, S. (2019), “Energy, Economic and Environmental Performance of a Solar Rooftop Photovoltaic System in India”, *International Journal of Sustainable Energy*, 39(1), pp. 51-66, DOI: 10.1080/14786451.2019.1641499.
- Yang, C. y Z. Ge (2018), “Dynamic Feed-in Tariff Pricing Model of Distributed Photovoltaic Generation in China”, *Energy Procedia*, 152, pp. 27-32.
- Yu , H., N. Popiolek y P. Geoffron (2014), “Solar Photovoltaic Energy Policy and Globalization: A Multiperspective Approach with Case Studies of Germany, Japan, and China. Progress in Photovoltaics: Research and Applications”, *Research and Applications*, 24(4), pp. 458-476.
- Yuan, J., S. Sun, W. Zhang y M. Xiong (2014), “The Economy of Distributed pv in China”, *Energy, Elsevier*, vol. 78(C), pp. 939-949.
- Zhai, P. y E. Williams (2012), “Analyzing Consumer Acceptance of Photovoltaics (pv) Using Fuzzy Logic Model”, *Renewable Energy*, 41(C), pp. 350-357.
- Zhang, H., T. Van Gerven, J. Baeyens y J. Degrève (2014), “Photovoltaics: Reviewing the European Feed-in-Tariffs and Changing pv Efficiencies and Costs”, *The Scientific World Journal*, DOI: 10.1155/2014/404913.
- Zhang, Y., J. Song y S. Hamori (2011), “Impact of Subsidy Policies on Diffusion of Photovoltaic Power Generation”, *Energy Policy*, 39(4), pp. 1958-1964.

## APÉNDICE. PROGRAMAS DE FORMACIÓN DE CAPITAL HUMANO RELACIONADO CON LA INDUSTRIA FV EN MÉXICO

<i>Licenciaturas</i>	<i>Posgrados</i>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ingeniería en Energías Renovables                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• UNAM (Temixco)</li> <li>• Universidad de Sonora</li> <li>• Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas</li> </ul> </li> <li>2. Ingeniería en Sistemas de Energía                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad de Quintana Roo</li> <li>• Universidad Politécnica de Chiapas</li> <li>• Universidad de la Ciénega, Michoacán</li> </ul> </li> <li>3. Ingeniería Ambiental                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad Autónoma Metropolitana</li> <li>• Universidad Veracruzana</li> <li>• Universidad Autónoma de Tamaulipas</li> <li>• Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Occidente</li> <li>• Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas</li> <li>• Universidad Autónoma de San Luis Potosí</li> <li>• Universidad Autónoma de Zacatecas</li> </ul> </li> <li>4. Ingeniería en Energía                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad Autónoma Metropolitana</li> <li>• Universidad Politécnica de Chiapas</li> <li>• Universidad de la Ciénega, Michoacán</li> <li>• Universidad Autónoma de Yucatán</li> <li>• Universidad Politécnica de Aguascalientes</li> </ul> </li> <li>5. Licenciatura en Procesos Sustentables y Desarrollo Regional                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad Iberoamericana, Puebla</li> </ul> </li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Maestría en Ciencias de la Energía                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad de Querétaro</li> </ul> </li> <li>2. Maestría en Sustentabilidad Energética                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad Autónoma del estado de Morelos</li> </ul> </li> <li>3. Maestría en Materiales y Sistemas Energéticos Renovables                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas</li> </ul> </li> <li>4. Maestría en Ciencia en Ingeniería Eléctrica                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad de Guadalajara</li> <li>• Instituto Politécnico Nacional</li> <li>• Universidad Metropolitana de San Nicolás de Hidalgo</li> </ul> </li> <li>5. Maestría en Ingeniería en Energía                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad Nacional Autónoma de México</li> </ul> </li> <li>6. Maestría en Energía Renovable                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad Politécnica de Chiapas</li> <li>• Universidad Autónoma de Guadalajara</li> </ul> </li> <li>7. Maestría en Ingeniería Ambiental y Desarrollo Sustentable                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla</li> </ul> </li> <li>8. Maestría en Eficiencia Energética y Energías Renovables                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec</li> <li>• Instituto Tecnológico de Veracruz</li> </ul> </li> <li>9. Maestría en Tecnologías para el Desarrollo Sustentable                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Universidad Anáhuac</li> </ul> </li> </ol>

**APÉNDICE. PROGRAMAS DE FORMACIÓN DE CAPITAL HUMANO RELACIONADO A LA INDUSTRIA FV EN MÉXICO** (continuación)

---

<i>Licenciaturas</i>	<i>Posgrados</i>
6. Licenciatura en Sustentabilidad <ul style="list-style-type: none"><li>• Universidad de Sonora</li></ul>	1. Doctorado en Ciencias de la Energía <ul style="list-style-type: none"><li>• Universidad de Querétaro</li></ul>
7. Ingeniero en Desarrollo Sustentable <ul style="list-style-type: none"><li>• Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey</li></ul>	2. Doctorado en Energía y Medio Ambiente <ul style="list-style-type: none"><li>• Universidad Autónoma Metropolitana</li></ul>
	3. Doctorado en Materiales y Sistemas Energéticos Renovables <ul style="list-style-type: none"><li>• Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas</li></ul>
	4. Doctorado en Ingeniería en Energía <ul style="list-style-type: none"><li>• Universidad Nacional Autónoma de México</li></ul>
	5. Doctorado en Energía <ul style="list-style-type: none"><li>• Instituto Politécnico Nacional</li></ul>
	6. Doctorado en Ciencias: Energía Renovable <ul style="list-style-type: none"><li>• Centro de Investigación Científica de Yucatán</li></ul>

---

*Fuente:* Elaboración propia.

**David Juárez-Luna** es doctor en Economía por la Universidad de Essex (Inglaterra). Maestro en Economía por el Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE). Ingeniero matemático por la Escuela Superior de Física y Matemáticas del Instituto Politécnico Nacional. Investigador nacional nivel I del Sistema Nacional de Investigadores. Sus líneas de investigación son: altruismo y redistribución, política de generación eléctrica, brecha de género y pobreza energética. Entre otras revistas, ha publicado en *The Economic Journal*. Ha sido docente en distintas universidades nacionales y del extranjero, como el Instituto Politécnico Nacional, Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (Campus Ciudad de México) y la Universidad de Essex. En el CIDE, fue profesor investigador de la División de Economía, donde también fue el coordinador de las maestrías en Economía y en Economía Ambiental. Desde agosto de 2017, es profesor e investigador de la Facultad de Economía y Negocios de la Universidad Anáhuac México.

**Eduardo Urdiales** es doctor en Gestión Estratégica y Políticas de Desarrollo (Universidad Anáhuac México). MSc. en Negocios Internacionales (ICN, Francia), maestro en Humanidades (Universidad Anáhuac) y licenciado en Administración y Finanzas (Universidad Panamericana). Profesional por más de treinta años en puestos de alta dirección, destaca su paso como director de administración de la Oficina de la Presidencia de la República y como director general de administración de la Comisión Reguladora de Energía (CRE). Ha colaborado en empresas como el Fondo de Cultura Económica, American Express y el Infonavit. Es socio de la consultora Grownomics y actualmente labora en el Centro Nacional de Control de Energía (Cenace). Académico por más de diez años en universidades como la Universidad Anáhuac México, la Universidad Panamericana y el Tec de Monterrey. Sus áreas de investigación y publicaciones abordan los temas de desigualdad laboral, salario justo, sustentabilidad energética y energía renovable en México. Es vicepresidente de la Fundación Tomás Moro.