

UNIVERSIDAD PANAMERICANA

Universidad Panamericana
Escuela de Gobierno y Economía
Posgrado

POLÍTICAS PÚBLICAS SOSTENIBLES PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA: EL CASO DE LOS CERTIFICADOS DE ENERGÍAS LIMPIAS EN MÉXICO

Autor: **Gabriela Reyes Andres**

Tesis para obtener el grado de: Doctora en Economía y Regulación
Energéticas

Director de la tesis: **Dr. Adán Díaz Hernández**

Fecha de elaboración: Ciudad de México, a 01 de agosto del 2023

DEDICATORIA

A mi esposo, **Roberto**;
sin su soporte y apoyo incondicional todos los días, no habría sido posible realizar
y concluir este proyecto.

A mi hija, **María José**;
mi motivación para superar adversidades y plantearme nuevos retos.

A mi hermana, **Alejandra**;
que siempre ha estado conmigo, en mi formación personal, responsable de mi
fortaleza y tenacidad.

A **Aida**;
su ejemplo como académica y valiosas enseñanzas, me alentaron a estudiar un
Doctorado.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mi profesor y Director de tesis, el **Dr. Adán Díaz Hernández**, porque el presente trabajo de investigación pudo llevarse a cabo gracias a su guía, dedicación y paciencia que con su destacada experiencia supo brindarme en forma profesional y oportuna.

Agradezco a la Escuela de Gobierno y Economía de la Universidad Panamericana su cobijo institucional a la par de aportarme conocimiento especializado de gran valor para mi formación académica y profesional, especialmente quiero destacar el invaluable apoyo del **Dr. Francisco Ortiz Arango**. Asimismo, agradezco a mis compañeros del Doctorado, particularmente a **Vanesa Maggiore Gómez Asencio** y **César Contreras Guzmán** de quienes aprendí y compartí gratas experiencias académicas.

Agradezco a mis compañeros del Fideicomiso para el Ahorro de la Energía (FIDE) porque gracias a la convivencia profesional diaria me permitieron fortalecer conocimientos y ampliar mi perspectiva sobre diversas temáticas que se abordan en este documento; destaco el apoyo de la **Mtra. Vania B. Castellanos Contreras**.

Deseo agradecerle especialmente al **Dr. Raúl Talán Ramírez**, Director General del FIDE quien me brindó la oportunidad de aprender de su inconmensurable experiencia y conocimiento, mismos que se ven reflejados en el presente trabajo de tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Introducción	1
Capítulo 1. La Transición Energética y las políticas públicas	4
1.1 Transición Energética: una revisión conceptual.....	4
1.1.1 El Cambio Climático y la Transición Energética.....	7
1.1.2 El Desarrollo Sostenible.....	8
1.2 El carácter sostenible de las políticas públicas.....	11
1.3 Enfoque de mercado: Las políticas de certificados.....	16
Capítulo 2. Monitoreo del Desempeño de la Transición Energética	21
2.1 Objetivos de Transición Energética a Nivel País.....	21
2.2 El Índice de Transición Energética.....	23
2.3 El Índice de Transición Energética en México.....	26
Capítulo 3 Los Certificados como Instrumento de política pública para la Transición Energética	30
3.1 El surgimiento de las políticas de certificados de generación eléctrica.....	30
3.2 Metodologías para observar el impacto de las políticas de certificados de generación eléctrica: referencias internacionales.....	35
3.3 Los Certificados de Energías Limpias en México.....	42
3.3.1 El surgimiento de la política mexicana de certificados de generación eléctrica.....	42
3.3.2 Caracterización de los Certificados de Energías Limpias.....	46
3.3.3 Mecanismo general de operación.....	48
3.3.4 Resultados y situación al 2022.....	50
3.4 La expectativa en México por la operación de los Certificados de Energías Limpias.....	54
Capítulo 4. El impacto de los certificados de energías limpias en México	59
4.1 Las políticas públicas y las fuentes renovables para generación de electricidad.....	59
4.1.1 Los impulsores de las fuentes renovables para generación de electricidad.....	60
4.1.2 Los Certificados de Energías Limpias como impulsor de la generación eléctrica con fuentes renovables: metodología y resultados.....	63
4.1.3 Conclusiones de la participación de los Impulsores en la generación renovable.....	75
4.2 Análisis del efecto de los Certificados de Energías Limpias en la Capacidad Instalada de Energías Limpias.....	76

4.3 Los Certificados de Energías Limpias y el Sistema Eléctrico Nacional: Análisis comparativo.....	100
Capítulo 5. Los certificados de como Instrumento sostenible para la Transición Energética.....	116
5.1 Transición Energética Sostenible.....	116
5.2 El carácter sostenible de los Certificados de Energías Limpias.....	118
5.2.1 El Componente de diseño.....	120
5.2.2 El Componente de Implementación.....	121
CONCLUSIONES.....	126
BIBLIOGRAFÍA.....	131
ANEXO 1: MARCO JURÍDICO DE OPERACIÓN DE LOS CERTIFICADOS DE ENERGÍAS LIMPIAS.....	154
ANEXO 2: PRODUCTOS FINANCIEROS DE APOYO A LAS ENERGÍAS LIMPIAS.....	155

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1	Referencias Internacionales de políticas de certificados.....	19
Tabla 2.1	Índice de Transición Energética en México (%).....	28
Tabla 3.1	Adquisición de CELs durante el periodo 2015-2017.....	51
Tabla 3.2	Ofertas de CELs por empresa durante el periodo 2015-2017.....	52
Tabla 3.3	Actores involucrados en la política CELs en México.....	56
Tabla 4.1	Información estadística de las variables del modelo.....	66
Tabla 4.2	Resultados de la prueba <i>Dickey-Fuller</i>	69
Tabla 4.3	Resultados de la prueba de causalidad de <i>Granger</i>	70
Tabla 4.4	Resultados del criterio AIC.....	71
Tabla 4.5	Estimaciones coeficientes Ecuación (1) por el modelo ARDL.....	72
Tabla 4.6	Resultados pruebas diagnóstico Ecuación (1).....	73
Tabla 4.7	Estimaciones coeficientes Ecuación (3) por el modelo MCE.....	75
Tabla 4.8	Prueba límites de Pesaran (2001).....	75
Tabla 4.9	Variables Auxiliares Binarias.....	80
Tabla 4.10	Estadísticas descriptivas CIEL indicadoras <i>I_polCElsi</i> , <i>I_1516it</i>	81
Tabla 4.11	Estimación de los parámetros de la Ecuación 4.4.....	88
Tabla 4.12	Estimación de los parámetros de la Ecuación 4.5.....	89
Tabla 4.13	Estimación de los parámetros de la Ecuación 4.6.....	90
Tabla 4.14	Estimaciones de los parámetros β_0 , γ_1 y δ_1 Ecuación 4.10.....	94
Tabla 4.15	Valores estadísticas LM y F Ecuaciones 4.10, 4.6 y 4.11.....	95
Tabla 4.16	Estimaciones parámetros Modelos base 1,2 y 3.....	96
Tabla 4.17	Resultados pruebas F y CD Modelos Base 1,2 y 3.....	98
Tabla 4.18	Niveles de reserva operativa.....	105
Tabla 4.19	Principales causas Alerta y Emergencia en el SEN en 2016.....	106
Tabla 4.20	Indicadores confiabilidad durante el periodo 2016-2017.....	111
Tabla 4.21	Índices de confiabilidad comúnmente utilizados.....	115
Tabla 5.1	Accesibilidad y asequibilidad servicios financieros energías limpias...	123

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Caracterización de un proceso de Transición Energética.....	6
Figura 1.2	El carácter multidimensional del Desarrollo Sostenible.....	10
Figura 1.3	Seis fases para el ciclo de la política energética.....	13
Figura 1.4	El carácter sostenible de la política pública.....	15
Figura 1.5	Clasificación de políticas de generación de electricidad.....	17
Figura 2.1	Triángulo Energético y Dimensiones Sistema Transición Energética..	24
Figura 2.2	Indicadores que conforman el Índice de Transición Energética.....	25
Figura 2.3	Posible influencia de los CELs sobre indicadores base del ETI.....	29
Figura 3.1	Métodos de referencia impacto de una política de certificados.....	36
Figura 3.2	Principales hallazgos Política de Certificados.....	41
Figura 3.3	Funcionamiento del Mercado de los CELs.....	50
Figura 3.4	Árbol de problemas en torno a los CELs.....	58
Figura 4.1	Componentes de la variable IREN.....	61
Figura 4.2	Selección de métodos para datos de series temporales.....	68
Figura 4.3	Regiones del Sistema Eléctrico Nacional.....	100
Figura 5.1	Sistema de Evaluación SETR.....	118
Figura 5.2	Marco Teórico Carácter Sostenible de los CELs.....	120
Figura 5.3	Marco Político y Normativo Funcionamiento de los CELs.....	121

Introducción

En el marco de la problemática global que gira en torno al cambio climático, existen preocupaciones relativas al escaso cumplimiento de las metas de mitigación de emisiones contaminantes comprometidas en la 21ª Conferencia de las Partes (COP 21), inclusive se percibe que no se llegará a la meta de mitigación programada. Un análisis de los compromisos actuales para reducir las emisiones entre 2020 y 2030 muestra que casi “el 75 por ciento de las promesas climáticas son parcial o totalmente insuficientes” (Watson, et. al., 2019).

Aproximadamente “el 25% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero provienen de la quema de carbón, gas natural y petróleo para generar electricidad y calor” (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2014). Es por ello que, en los últimos años, han surgido iniciativas a nivel global con la finalidad de incluir aspectos de sustentabilidad en la planeación del sector energético.

En ese contexto, el concepto de Transición Energética se relaciona con los esfuerzos por mitigar el cambio climático que, en un sentido más amplio, Vijay, et al. (2019) definen “un cambio a través de estructuras tecnológicas y de mercado, los marcos regulatorios, los patrones de consumo y las normas sociales, que garantizan el acceso universal a un entorno seguro, sostenible, asequible y suministro confiable de energía”. Con este enfoque, diversos gobiernos intentan reducir las emisiones de gases de efecto invernadero de su economía en donde “uno de los objetivos típicos consiste en propiciar el cambio de un sistema de energía no renovable a un sistema de energía renovable” (Hulshof, et al., 2019). Para ello, existen diversas políticas y medidas entre las que se encuentran los certificados de generación eléctrica.

De acuerdo con Mi, et.al., (2019) “el sistema de comercio de certificados [...] puede ayudar a responder a la política nacional de conservación de energía y reducción de emisiones”. Sin embargo, Hulshof, et al., (2019) advierten que “aunque el sistema de certificados parece ser un mecanismo comercial cada vez más importante, no está claro en qué medida funciona correctamente. Además, los países han elegido diseños muy diferentes para sus esquemas de certificación”.

Internacionalmente reconocidos como *Green Certificates*, *Renewable Energy Certificate* (REC) o *Tradable Green Certificates* (TGC), los certificados se establecen para promover la generación de fuentes limpias o renovables. Específicamente, “el *Green Certificate* se caracteriza como un sistema basado en

la obligatoriedad de una cuota de energías renovables” (Mi, et al., 2019). Cada país adapta el concepto de REC o TGC bajo sus propias reglas de funcionamiento, por lo que, en adelante al referirnos a este concepto bajo el nombre de REC u otra nomenclatura internacional, se utilizará la denominación de “certificados” y, específicamente para el caso de México; Certificados de Energías Limpias (CELs).

Los certificados como parte de una política pública pueden tener diversos efectos y expectativas, algunas referencias señalan beneficios tales como; “ayudar a los operadores durante los periodos de baja actividad en los sistemas de generación renovable intermitente como los parques eólicos (Ko, W., et. al., 2019), o bien, funciona como “una herramienta de gestión eficaz para lograr la cantidad requerida de electricidad de fuentes de energía renovable en el consumo total de electricidad del país” (Kurbatova, et al., 2019) y, a su vez, “abordar el problema de la asimetría de la información en los mercados energéticos, debido a que los consumidores no pueden distinguir de manera creíble entre energías renovables y no renovables” (Hulshof, D., et. al., 2019).

Sin embargo, los certificados en un contexto medioambiental debieran obedecer al criterio de “durabilidad” de las políticas públicas orientadas al cambio climático, entendido como el conjunto de soluciones que sean duraderas en el tiempo (Hafner, 2020). De acuerdo con ello, las expectativas de los certificados hacen alusión al interés por introducir o potencializar un uso cada vez mayor de energías limpias y/o renovables, lo que se relaciona con aspectos técnicos y de infraestructura requerida en un primer momento. Debido a que “la energía renovable no es distribuible, grandes cantidades requieren mayores márgenes de reserva para mantener la confiabilidad de cualquier sistema de red eléctrica” (ACEE, 2023), por lo que, aspectos de “flexibilidad” en la infraestructura eléctrica es otra de las propiedades clave en los sistemas eléctricos para integrar altos niveles de energías renovables (CEPAL, 2021).

De esta manera, el desempeño del sistema eléctrico que se observa a través de los niveles de confiabilidad del sistema eléctrico resulta un aspecto a considerar ante cualquier política pública que pretenda un despliegue significativo de energías limpias y/o renovables en el corto plazo. Por lo anterior, este trabajo de investigación plantea como hipótesis que los CELs constituyen un Instrumento de política pública efectivo para la Transición Energética hacia las energías limpias con el riesgo de no ser sostenible en el tiempo.

Para la comprobar la hipótesis, el presente documento tiene por objeto evaluar cuantitativamente la efectividad de los CELs para confirmar su incidencia en un proceso de Transición Energética hacia el uso de tecnologías más limpias de

generación eléctrica en México. Posteriormente, mediante un análisis temporal y cualitativo, se revisa el carácter sostenible de los CELs. Para ello, el contenido se estructura en cinco capítulos: En el Capítulo 1 se presenta el enfoque de las políticas públicas que surgen en el marco de la Transición Energética; en el Capítulo 2 se muestra el monitoreo formal que se da al avance de las transiciones energéticas de los países a nivel mundial; en el Capítulo 3 se habla del surgimiento específico de los certificados como Instrumento de política pública y se describe el caso mexicano; en el Capítulo 4 se realizan las evaluaciones del impacto de los CELs en México; y, en el Capítulo 5 se revisa el carácter sostenible de los CELs. Finalmente, en las conclusiones y recomendaciones se expresan los principales hallazgos del trabajo de investigación y la comprobación de su hipótesis.

Capítulo 1. La Transición Energética y las políticas públicas

1.1 Transición Energética: una revisión conceptual

Etimológicamente se entiende por transición a la “acción y efecto de pasar de un modo de ser o estar a otro distinto” (RAE, 2023). Este concepto se ha precisado en la teoría general de los sistemas encontrando múltiples aplicaciones en el análisis técnico-social. “La transición es un término comúnmente usado con la innovación de sistemas [...]. Una perspectiva multinivel (MLP, por sus siglas en inglés) observa los procesos sociales transformadores” (Twomey, 2014). En ese sentido, se observa una transición a partir de distintos niveles considerando los cambios culturales, económicos y políticos profundos.

Desde una perspectiva económica, “los sistemas energéticos se refieren al aspecto técnico y económico del suministro de energía, así como a los fenómenos socioeconómicos que ocurren en una sociedad” (Groscurth, et al., 1995). En un sentido más amplio, un sistema energético antropogénico considera “cualquier actividad humana que utiliza los recursos de la tierra para supervivencia y calidad de vida con base en tres componentes fundamentales: fuente, conversión y usos específicos de la energía disponible” (Smil, 2010). Las modificaciones en este tipo de sistemas pueden generar cambios disruptivos en la dinámica tecnológica y social por lo que podrían identificarse como “transiciones de sistemas radicales que implican innovaciones dirigidas a rediseñar sistemas completos de prácticas y disposiciones, en lugar de productos o procesos individuales” (Sterrenberg et al 2013 citado por Twomey, 2014).

Un cambio disruptivo se puede observar en la expectativa de mejorar la calidad de vida. Se utilizaba “el concepto de escalera energética para explicar cómo los hogares seleccionaban tecnologías energéticas [...] cada vez menos primitivas. A medida que aumentan los ingresos, los hogares ascienden metafóricamente porque prefieren equipos modernos de altos niveles de eficiencia, limpieza y conveniencia” (Eliás, 2005).

A efectos de gestionar los procesos de cambio en los sistemas energéticos, el papel de los actores involucrados es fundamental. Específicamente, el carácter co-evolutivo¹ de las tecnologías, instituciones, prácticas sociales y estrategias

¹ La co-evolución ocurre cuando diferentes subsistemas tienen interacciones mutuas que afectan el desarrollo de cada sistema. [...] el desarrollo de tecnologías, instituciones, prácticas sociales y estrategias comerciales (Geels 2005; Foxon 2008 citado por Twomey, 2014).

empresariales es el que permitirá enfocar el camino de la transición hacia su estado final y determinará su nivel de profundidad.

Considerando el efecto co-evolutivo, la Transición Energética sustenta múltiples transformaciones y presupone la iniciativa e impulso de los gobiernos para activarla. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía “se debe prestar mayor atención al impacto transformador en la sociedad, las instituciones, la financiación, las estructuras de propiedad y la economía en general para garantizar que la Transición Energética se acelere” (IEA, 2018). “Se ha vuelto relevante la amplia combinación de políticas a medida que los países analizan la dimensión socioeconómica de la Transición Energética” (IEA, 2018).

Desde la perspectiva de los sistemas energéticos, la Transición Energética implica cambios en estructuras tecnológicas y de mercado, así como en los marcos regulatorios, los patrones de consumo y las normas sociales. Asimismo, el término Transición Energética se utiliza para “describir el cambio en la composición (estructura) del suministro de energía primaria, el cambio gradual de un patrón específico de suministro de energía a un nuevo estado de energía, un sistema de energía” (Smil, 2010).

La humanidad ha atravesado por diversas transiciones energéticas. Si consideramos tan sólo las fuentes de generación se pueden observar “las transiciones de la madera al carbón vegetal en la calefacción, del carbón al petróleo en los hogares e industrias, del petróleo al gas natural en la generación de electricidad o de la combustión directa de combustibles fósiles, combustibles a su uso cada vez más indirecto como electricidad térmica” (Smil, 2010).

Los acontecimientos que caracterizan un proceso de Transición Energética en términos generales se observan en la **Figura 1.1** y se describen a continuación:

1. Instrumentos de política pública y regulación. Establecimiento de las reglas del juego o funcionamiento de las relaciones comerciales y sociales en el marco de la Transición Energética.
2. Impacto transformador en la sociedad y las instituciones. Cambios de comportamiento, patrones de consumo, gobernanza, etc., relacionados con el aprovechamiento de la energía.
3. “Cambios simultáneos en las fuentes de energía primaria (biomasa) y las tecnologías (como estufas) que transforman la energía primaria en formas utilizables” (Elias, 2005).

4. Requerimientos de infraestructura especializada. La introducción de “nuevos combustibles y tecnologías generalmente no están disponibles localmente porque requieren producción con tecnologías especializadas y en instalaciones especializadas para transformación y aprovechamiento de la energía” (Elias, 2005).
5. Fuerza impulsora de la transición. Recae en los usuarios finales que tienen “el deseo de utilizar fuentes de energía más flexibles” (Elias, 2005), limpias o asequibles.
6. Orientación o alcance. “La Transición Energética se puede observar en escalas que van desde lo local a lo global” (Smil, 2010) y en ese sentido, orientarse hacia el alcance de ciertas metas u objetivos específicos.

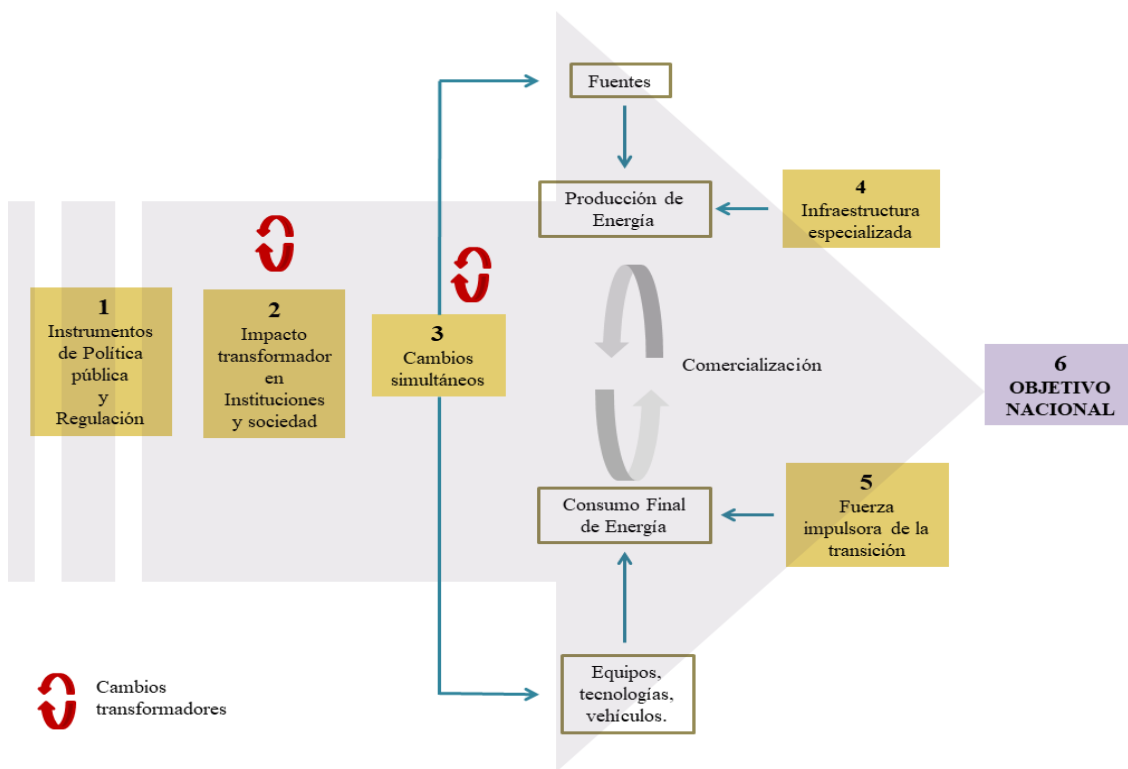


Figura 1.1 Caracterización de un proceso de Transición Energética
Fuente: Elaboración propia

1.1.1 El Cambio Climático y la Transición Energética

El Cambio Climático derivado de las actividades del ser humano, es sin duda una de las problemáticas más discutidas y mencionadas a nivel global. Los países han jugado diversos roles a través de foros, acuerdos, reuniones ministeriales, cumbres y demás eventos que se han llevado a cabo para encontrar soluciones a esta problemática. Sin embargo, “los problemas globales complejos como el Cambio Climático no se han enfrentado con una cooperación internacional profunda sino con sistemas complejos de gobernanza a múltiples escalas” (Meckling, 2018).

Los Acuerdos de París de 2016 que hacen referencia a los compromisos de la COP21 constituyen el instrumento más reciente e incluyente en materia de cooperación internacional para enfrentar el problema del Cambio Climático. Estos acuerdos “establecen el objetivo principal de mantener el aumento de la temperatura mundial por debajo de los 2°C” (Balthasar, 2019). Para cumplir con este objetivo es necesario que el sector energético, como fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero, realice cambios significativos en su estructura. Asimismo, “la rapidez con la que deberán surgir las transiciones de energía necesarias para alcanzar los objetivos de París, estarán determinadas por una mezcla de factores tecnológicos, políticos y sociales. Los planes y objetivos climáticos existentes aún son insuficientes para cumplir estos objetivos” (Clemencon, 2016; Klein Carazo, 2017, citado por Balthasar, 2019).

En este contexto, la Transición Energética vislumbra un camino de transformación del sector energético hacia el uso de tecnologías más limpias donde al final se encuentra la urgencia global por reducir las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) para contrarrestar los efectos del Cambio Climático. El proceso de transición puede percibirse extenso por considerar de inicio diversas estrategias y acuerdos de implementación. En ese sentido, predomina la preferencia por medidas internacionalmente aceptadas que tengan un mayor impacto. “Las medidas de energía renovable y eficiencia energética pueden alcanzar el 90% de las reducciones de carbono requeridas por el sector energético” (IRENA, 2020). Algunos actores de la comunidad internacional relacionados con el sector energético como la Agencia Internacional de Energía, el Banco Mundial y la Clean Energy Ministerial, han incluido dentro de sus objetivos las recientes preocupaciones del Cambio Climático aunado a la necesidad de que los países entren en un proceso de Transición Energética, considerando el uso de tecnologías bajas en carbono. En consecuencia, estos organismos han realizado menciones y/o recomendaciones favorables sobre la utilización de instrumentos de mercado como una política de certificados.

Los enfoques conceptuales de la literatura sobre la Transición Energética la han caracterizado desde una amplia gama de perspectivas, como una investigación interdisciplinaria con influencia en aspectos técnicos, regulatorios, sociales, de gobernanza y económicos. Las políticas públicas seleccionadas por los países para llevar a cabo su Transición Energética deben ser sostenibles, y en ese sentido la promoción de las energías renovables se ha considerado como la mejor alternativa de costo-beneficio favorable que ha sido adoptada y aceptada a nivel global por diversos países.

Además de la sostenibilidad, los países se enfrentan a la incertidumbre que representa la efectividad de las políticas seleccionadas para llevar a cabo su Transición Energética y con ello, aunar a los esfuerzos por mitigar las emisiones contaminantes causantes del Cambio Climático, por lo que resulta de gran interés contar con información de referencia que permita diseñar la política que mejor convenga a los intereses de cada país. De acuerdo con ello, “la transición global emergente hacia las energías renovables no es el resultado de la cooperación internacional integrada; es el resultado de varias políticas de abajo hacia arriba que se globalizaron con el tiempo” (Aklin y Urpelainen, 2018, citado por Meckling, 2018).

1.1.2 El Desarrollo Sostenible

Desde una perspectiva etimológica la palabra “Sostenible” como adjetivo hace referencia a lo que se puede sostener. Específicamente en ecología y economía se refiere a “lo que se puede mantener durante largo tiempo sin agotar los recursos o causar grave daño al medio ambiente” (RAE, 2023).

Los temas ambientales recientemente han tomado cada vez más relevancia a medida que se cuantifican y exponen situaciones climáticas extremas relacionadas con la evolución de las actividades humanas. Sin embargo, desde “1972 con la celebración de la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano [...] se empieza a hablar de Desarrollo Sostenible” (Manzanares, 2020).

El Desarrollo Sostenible se relaciona con las actividades comerciales políticas o sociales que se establecen en un país o región y, dado que incide en diversos rubros de la economía, el Desarrollo Sostenible implica “la posibilidad de mantener un equilibrio entre factores que explican un cierto nivel de desarrollo del ser humano, nivel que es siempre transitorio, en evolución y, al menos en teoría, debería ser siempre conducente a mejorar la calidad de vida” (CEPAL, 1999).

Cuando se habla de Desarrollo Sostenible todavía resaltan aquellos elementos relacionados con el cuidado de los recursos naturales. Sin embargo, este concepto se ha transformado hacia una perspectiva más integral en donde el cuidado del medio ambiente forma parte de un conjunto de elementos que también requieren atención.

En ese sentido, “el concepto de Desarrollo Sostenible plantea la necesidad de fortalecer y potenciar las conexiones e interacciones existentes entre sistemas diferentes: el económico, el social y el ambiental” (CEPAL, 1999). La utilidad de tener este concepto radica en su alcance y orientación.

“Desde la ONU el Desarrollo Sostenible ha evolucionado de un concepto de justicia intergeneracional a uno de integración multidimensional” (Manzanares, 2020). Por su parte, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) menciona que “el Desarrollo Sostenible es una oportunidad excepcional para la humanidad: económicamente, para crear mercados y empleos; socialmente, para integrar a las personas marginadas; políticamente, para reducir conflictos sobre los recursos, que podrían conducir a la violencia, ambientalmente, para proteger los ecosistemas y recursos” (PNUMA, 2002). Asimismo, en la Declaración de Johannesburgo de 2002 se afirma que “la integración de los tres componentes del Desarrollo Sostenible —el crecimiento económico, el desarrollo social y la protección del medio ambiente—, son pilares interdependientes que se refuerzan mutuamente” (Manzanares, 2020).

El carácter multidimensional del Desarrollo Sostenible se puede observar a partir de tres pilares fundamentales que en su conjunto constituyen un panorama adecuado para su evaluación (**Figura 1.2**).

- El crecimiento económico se expresa en indicadores monetarios
- La sustentabilidad ambiental se expresa en indicadores ambientales
- La equidad se expresa en base a indicadores sociales (CEPAL, 1999)



Figura 1.2 El carácter multidimensional del Desarrollo Sostenible
Fuente: Elaboración propia con base en CEPAL, 1999.

Asimismo, esta perspectiva multidimensional manifiesta la necesidad de que exista un hilo conductor como el establecimiento de una política pública que impulse y garantice la armonía entre todos los sectores y/o actores involucrados.

Una política pública se define como el “plan para alcanzar objetivos de interés colectivo que normalmente se desprende de la agenda pública que guía la gestión gubernamental” (Manzanares, 2020). De manera que, para su diseño, se deberá tener en cuenta además de todos los actores implicados, los elementos o interacciones que motiven el interés colectivo que se pretende alcanzar.

La inclusión del Desarrollo Sostenible como objeto principal de las políticas públicas ha adquirido mayor relevancia. En términos conceptuales “han surgido multitud de enfoques y disciplinas híbridas para abordar el Desarrollo Sostenible, por ejemplo, la economía ecológica, ecología política, historia ambiental, sociología ambiental, ecología humana, agroecología, psicología ambiental, entre otras” (Manzanares, 2020).

Los países miembros de las Naciones Unidas han adoptado los “Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como marco de referencia para sus agendas de políticas públicas para el desarrollo” (Manzanares, 2020). “Operacionalizar el Desarrollo Sostenible en las políticas públicas implica la complejidad de articular

múltiples dimensiones (económicas, sociales, ecológicas, culturales y políticas) a diferentes niveles (internacional, nacional, local) de forma interinstitucional y con la influencia de diversos actores (Manzanares, 2020).

Finalmente, es importante reconocer que además de las políticas públicas, “los nuevos marcos jurídicos y regulatorios deben tener en cuenta las estrategias nacionales de Desarrollo Sostenible” [...] las cuales, “trascienden los problemas ambientales” (CEPAL, 2001).

1.2 El carácter sostenible de las políticas públicas

Las políticas públicas han sido la principal herramienta del gobierno para intervenir en uno o varios objetivos. Conceptualmente, una política pública “corresponde a aquellos cursos de acción y flujos de información relacionados con un objetivo político definido en forma democrática; los que son desarrollados por el sector público y, frecuentemente, con la participación de la comunidad y el sector privado” (CEPAL, 2004).

Con independencia de la diversidad y perspectiva sectorial que caracteriza a las políticas públicas, se pueden identificar componentes generales que constituyen su estructura base. En ese sentido, se observa lo siguiente para el análisis de las políticas públicas (Knoepfel, 2008):

- Actores
- Recursos
- Contenido
- Reglas institucionales

En lo que respecta a su contenido es importante resaltar que “toda política pública apunta a la resolución de un problema público reconocido como tal en la agenda gubernamental. Representa la respuesta del sistema político-administrativo a una situación de la realidad social juzgada políticamente como inaceptable” (Knoepfel, 2008). En ese sentido, “son los síntomas de un problema social los que habitualmente constituyen el punto de partida de la necesidad de una política pública (por ejemplo, la falta de vivienda, la degradación de los bosques, etc” (Knoepfel, 2008). Por lo que, en el contenido de las políticas públicas se reflejan las interacciones entre los diferentes involucrados y la resolución del problema colectivo sobre el cual se pretende intervenir. En términos de su resultado o impacto final, la política pública tiende a observarse desde una perspectiva sistémica con un enfoque de economía circular señalando que “desde cualquier sector que se inicie,

si el objetivo es verdaderamente transformador, el enfoque debe abarcar, inevitablemente, toda la cadena de valor” (Knoepfel, 2008).

Asimismo, “el contenido de las políticas públicas puede implicar la descripción de una política en particular y la forma en que ésta se desarrolló en relación con otras políticas previas” (Parsons, 2007). En ese sentido y para efectos de este documento, se reconocerán dos componentes generales del contenido de una política pública; diseño e implementación.

En primera instancia “el diseño de políticas es una forma específica de formulación que se basa en la recopilación de conocimientos sobre los efectos del uso de las herramientas políticas en los objetivos de estas” (Howlett y Mukherjee, 2014). “La implementación es la continuación de la formulación de las políticas públicas por otros medios [...]. El estudio de la implementación es el estudio del cambio: cómo ocurre, posiblemente cómo podría inducirse (Parsons, 2007).

En el análisis del contenido de una política pública es importante reconocer el desempeño de ambas etapas: diseño e implementación. Tradicionalmente por los tiempos y las instituciones involucradas, que suelen no ser los mismos, existe una “separación entre las políticas públicas como política y la administración como implementación” (Parsons Wayne, 2007). Sin embargo, la implementación es un “proceso de interacción entre el establecimiento de metas y las acciones emprendidas para alcanzarlas” [...] se trata de una habilidad para forjar eslabones en una cadena causal y así poner las políticas públicas en práctica” (Parsons Wayne, 2007). Asimismo, “la implementación perderá efectividad a medida que los eslabones que unen a las diversas agencias implicadas en la aplicación de las políticas públicas forman un déficit de implementación” (Parsons, 2007).

En su libro titulado *Limits to Administration*, Christopher Hood (1976) plantea las cinco condiciones de la implementación perfecta (Parsons, 2007):

- La implementación ideal es producto de una organización unitaria de tipo “militar”, con líneas de autoridad claras.
- Las normas se respetan y los objetivos se expresan.
- Las personas hacen aquello que se les dice y se les pide.
- Existe una comunicación perfecta dentro y entre las unidades de la organización.
- No hay presiones de tiempo.

De manera que “la distinción entre políticas públicas como insumo y la implementación como resultado administrativo es una falacia” (Parsons, 2007).

En términos de sostenibilidad, se reconoce que la administración o gobernanza implica una “coordinación y cohesión sostenida entre múltiples actores con diferentes propósitos y objetivos” (Aguilar, 2006), en ese sentido, “la sostenibilidad política busca gobernar con reglas claras para equilibrar el medio ambiente, la economía y la sociedad” (rss, 2022) lo cual, debería promoverse tanto en diseño como en la implementación de las políticas públicas. “Cualquier pretensión de gestión estratégica y de calidad [...] es prácticamente inviable si no descansa en una gestión sostenida” (Aguilar, 2006), entre otros aspectos.

Específicamente al referirnos al sector energético, “una política sostenible ayuda a gestionar el riesgo legal y permite a la comunidad obtener beneficios relacionados con la energía creando oportunidades para el desarrollo económico sostenible” (Amir, et al., 2022). Asimismo, en la **Figura 1.3** se establecen criterios para el éxito de una política energética que considera un componente de diseño un componente de implementación y componentes de seguimiento, retroalimentación y ajustes al diseño.



Figura 1.3 Seis fases para el ciclo de la política energética
Fuente: Traducción de Amir, et al., (2022).

Es importante considerar la sostenibilidad de la política pública dados los beneficios asociados y adicionales que se pueden llegar a obtener. En el caso de las políticas

energéticas que se reconocen como sostenibles algunos de sus beneficios se enlistan a continuación (Malik et al., 2019; Mulholl, 2018; Schirone y Pellitteri, 2017 citado por Amir, et al., 2022):

- Ambiente limpio, y saludable a través de la promoción de recursos energéticos renovables.
- Mejora de la seguridad energética mediante la explotación de los recursos energéticos nacionales para la generación de energía y mediante la reducción de la importación de combustibles fósiles importados como el petróleo, el carbón y el gas natural.
- Reducción de tarifas derivado de la reducción en el costo de generación de electricidad.
- Diversificación de la inversión en recursos energéticos. Es mucho más probable que las energías renovables atraigan a nuevos inversores internacionales que la energía hidráulica y de carbón.

La Transición Energética implica una transformación tecnológica acompañada de procesos sociales transformadores con una perspectiva multinivel que considera cambios culturales, económicos y políticos profundos. De manera que, “detonar y sostener el desarrollo [...] depende de dar a luz formas de organización social de tipo asociativo entre varios agentes sociales y entre éstos, el gobierno” (Aguilar, 2006).

Desde esta perspectiva, “la sostenibilidad se refiere a la gestión del futuro de la sociedad [...]. Los objetivos de la gestión pública giran en torno a la creación de un equilibrio entre las tasas de consumo y de reposición de los recursos” (Kairouz, 2016). El sector privado tiene claro que preservar la sostenibilidad en sus actividades y proyectos contribuye a su beneficio. El sector público por su parte se enfoca en proporcionar a los ciudadanos mejores y más servicios al menor costo. En ese sentido, “la supervivencia de la gestión pública y su éxito están fuertemente relacionados con su sostenibilidad” (Kairouz, 2016).

Además del objetivo de sustentabilidad o sostenibilidad ambiental que puede perseguir una política pública en el diseño, es importante garantizar su proceso de implementación para asegurar dicho objetivo. “La adopción de prácticas de sostenibilidad en las organizaciones es una tendencia al alza [...]. Las organizaciones del sector público también están siguiendo esta tendencia, pero con

signos más lentos (Figueira, 2018). De acuerdo con Figueira (2018) se ha demostrado un bajo nivel de adopción de prácticas de sostenibilidad integradas en el sector público, a pesar de las tendencias positivas esperadas relacionadas con las prácticas sociales y económicas obligatorias.

En ese sentido y, para efectos del presente documento, la observación del carácter sostenible de una política pública contempla las fases de éxito de una política energética (**Figura 1.3**) concentradas en dos grandes componentes: diseño e implementación. En ese sentido, el componente de implementación incluye las fases de monitoreo, evaluación y retroalimentación de manera que permita establecer un ciclo operativo integral y dinámico en la medida que así se requiera para garantizar la sostenibilidad de la política pública. En la **Figura 1.4** se muestra que, el planteamiento de un objetivo ligado a la sustentabilidad del sector como las energías limpias, así como una implementación sostenible en todas sus fases determinan en su conjunto el carácter sostenible de una política pública.



Figura 1.4 El carácter sostenible de la política pública
Fuente: Elaboración Propia

Una lenta adopción de prácticas de sostenibilidad en políticas públicas no es favorable en un proceso de Transición Energética que requiere transformaciones consecutivas durante un largo periodo de tiempo y, en donde la sostenibilidad

expresada en el objetivo que se establece desde el diseño como en el proceso de implementación de la política, en su conjunto puede ser el elemento crucial que permita alcanzar con éxito las metas de largo plazo que como país se establezcan en el sector energético.

1.3 Enfoque de mercado: Las políticas de certificados

Diversos aspectos o situaciones sociales no deseables se corrigen con la dinámica natural del comercio; un comportamiento favorable de la oferta y demanda puede incidir en el confort o calidad de vida de las personas en términos de asequibilidad y accesibilidad de bienes o servicios. Sin embargo, también existen situaciones comerciales que pudieran no favorecer a la sociedad debido a que “el funcionamiento de los mercados en ocasiones falla. Un fallo del mercado tiene lugar cuando un mercado no asigna eficientemente los recursos por sí solo” (Mochón, 2006). “Las fallas de mercado están asociadas a la ausencia de los derechos de propiedad y/o de uso de los recursos correspondientes o, lo que está íntimamente relacionado, a los altos costos de transacción: información, negociación, vigilancia y control” (CEPAL, 1999).

En un entorno de Transición Energética pudieran encontrarse fallas de mercado que generen altos costos para la sociedad en términos de calidad, bienestar y/o seguridad; ambiental, económica y social. En ese sentido, “los problemas ambientales proporcionan un campo donde mercado y desarrollo institucional [...], son indisociables” (CEPAL, 1999).

El uso de tecnologías más limpias requiere del impulso y la participación pública para desarrollar y mantener un mercado competitivo que ofrezca la mayor cantidad de beneficios a todos los agentes involucrados. Diversos países han establecido políticas públicas con el objetivo de avanzar en el uso de tecnologías más limpias para la generación eléctrica. Sin embargo, “las políticas clave que permiten la traducción de objetivos en acciones concretas incluyen, enfoques del mercado y mecanismos financieros” (IEA, 2018).

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía la clasificación de políticas en materia de electricidad distingue a las de carácter regulatorio, de precios y las no regulatorias. En la **Figura 1.5** se encuentra el uso de certificados y cuotas como parte de una política regulatoria y de precio; Instrumento aplicable a todas las partes involucradas del sector.

Aunque los certificados y cuotas no se perciben como los principales instrumentos, estos han incrementado su nivel de aceptación de tal forma que “el número de los países que adoptaron una política de certificados aumentó de 16 en 2005 a más de 30 para 2017, ocupando el tercer lugar como la política más adoptada en el rubro de generación eléctrica” (IEA, 2018).

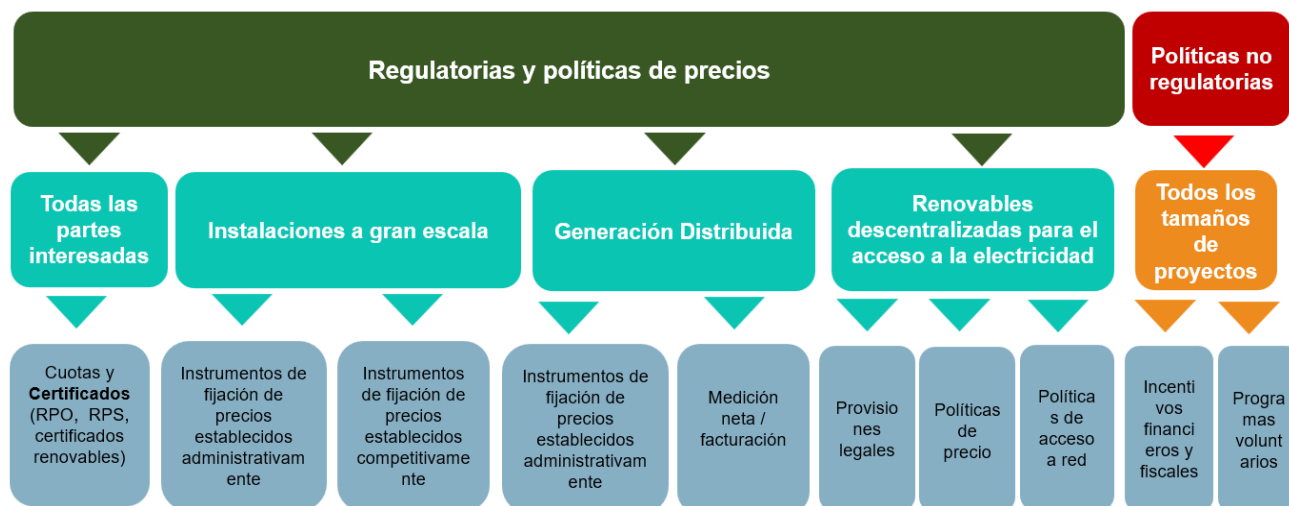


Figura 1.5 Clasificación de políticas de generación de electricidad.

Fuente: IEA, 2018. Notas: RPO Renewable Purchase Obligation, RPS Renewable Portfolio Standard

A nivel internacional, los certificados tienen diversas nomenclaturas, sin embargo, el mecanismo de operación común establece que “un certificado de energía limpia o renovable se otorga a un generador eléctrico por cada mega watt-hora (MWh) de energía renovable y/o limpia producida. Los certificados se pueden acumular para cumplir con obligaciones y proporcionar una herramienta para el comercio entre los participantes” (IEA, 2018), en la **Tabla 1.1** se presentan algunas referencias internacionales bajo distintas denominaciones.

País	Tipo de Certificado	Caracterización	Periodo de Implementación
Estados Unidos	REC en tres variantes: 1. REC voluntarios desagregados 2. REC voluntarios agregados 3. REC de las empresas de servicios públicos (<i>Public Utilities</i>)	Los REC se rigen bajo legislaciones locales vinculadas a objetivos y metas estatales en materia de energías renovables. Los REC del mercado voluntario suelen venderse de forma desagregada o desvinculada de la electricidad física suministrada a la red. Los REC agregados se pueden adquirir en paquetes vinculados a su red local. Las empresas de servicios públicos financian el desarrollo de proyectos en energías renovables y adquieren REC.	A partir de 2006 con diversos de vigencia en función de la legislación Local.
Unión Europea	TGC Guarantee of Origin (GO)	Los TGC y GO cumplen la misma función; permiten a los productores de electricidad demostrar el uso de fuentes de energía renovables o de cogeneración de alta eficiencia. La diferencia radica en que los REC son emitidos por empresas y no son adoptados por todos los países a diferencia de los GO que son emitidos por el Gobierno.	TGC en 1999-2001 y GO a partir del 2001
Reino Unido	Renewables Obligation Certificates (ROCs)	Los ROCs son expedidos por el gobierno para acreditar el uso de fuentes renovables de energía por parte de los generadores de electricidad. Los operadores pueden negociar los ROC con otras partes para cumplir con el sistema de cuotas requerido; los proveedores de electricidad están obligados a suministrar a sus clientes una determinada proporción procedente de fuentes renovables. La cuota de un proveedor se cumple con ROCs o GOs locales o de otros países.	A partir del 2002
Australia	Large-scale Generation Certificates (LGCs) Small-scale Technology Certificates (STCs)	Los LGCs y STCs son productos comercializables generados por instalaciones elegibles que se diferencian por nivel de capacidad o escala en MWh generados con fuentes renovables. En el marco de un régimen gubernamental se establece la obligación de un determinado número de LGCs y STCs al año.	A partir del 2000

India	RPO	Las Comisiones Estatales determinan las Obligaciones de Compra de RPOs, en virtud de las cuales las empresas de distribución y algunos grandes consumidores comerciales e industriales están obligados a comprar un determinado porcentaje de su energía a partir de fuentes renovables acreditadas por RPOs.	A partir del 2011
-------	-----	---	-------------------

Tabla 1.1 Referencias Internacionales de políticas de certificados

Fuente: Elaboración Propia con base en; EPA 2008, Sustainability Roundtable Inc., 2012 y Department for Business, Energy & Industrial Strategy U.K., 2022

De acuerdo con la **Tabla 1.1** se confirma que el certificado opera como un Instrumento que valida o acredita el uso de fuentes renovables y en ese sentido se asocia al cumplimiento de una cuota o compromiso de generación eléctrica más limpia. Por otro lado, es importante resaltar que, en la mayoría de los casos, no se encuentra evidencia bibliográfica que especifique una fecha de termino respecto a la política de certificados implementada en cada caso, lo que permitiría suponer que, con independencia del movimiento de los mercados de certificados de energías renovables, el marco jurídico y estructura institucional continúan vigentes en dichos países para su operación. En el caso de la Unión Europea se observa que los REC tuvieron un periodo transitorio para pasar a otro Instrumento de similares características. En Estados Unidos la operación y concepto del REC no es obligatoria en su totalidad y se deja a criterio de legislaciones estatales y locales su implementación y vigencia.

Los mercados de certificados de energías renovables han encontrado oportunidades transfronterizas. “El Certificado Internacional de Energías Renovables (I-REC (E) por sus siglas en inglés) es la norma internacional utilizada para certificar el origen renovable de la electricidad, se emplea en más de 45 países repartidos por Asia, Oceanía, África, Sudamérica y América Central” (STX Group, 2023). Estos mecanismos pueden ser de gran utilidad para países como China y Brasil que no tienen una política nacional de certificados para acreditar el uso de fuentes limpias o renovables, específicamente “algunas empresas que operan en China compran REC a través de un comercializador internacional para establecer relaciones con otros países como Australia que si cuentan con una política de certificados (Sustainability Roundtable Inc., 2012).

En este contexto, el enfoque de mercado de una política de certificados radica en crear un sistema de comercio controlado a diferentes niveles de intervención, diseñado por el gobierno. De manera que el enfoque que persigue una política de certificados va más allá de un sistema de validación o reconocimiento del uso de recursos más limpios para generar electricidad. “En Europa los TGC surgieron con base en la creencia de que los mercados construidos resuelven problemas de política pública” (Verbruggen, 2021).

Como se mencionó anteriormente, el incentivo de los países por motivar las energías renovables y/o limpias, se enmarca en un proceso de Transición Energética, el cual requiere inversiones sostenibles en el largo plazo. En ese sentido, “las inversiones en el sector eléctrico son impulsadas por políticas reguladoras tales como los certificados” (IEA, 2018).

Capítulo 2. Monitoreo del Desempeño de la Transición Energética

2.1 Objetivos de Transición Energética a Nivel País

En el marco de una Transición Energética global se están generando cambios estructurales en diversos países. En ese sentido, la efectividad que se puede alcanzar en lo particular se observa en la medida en que cada país cumple con sus propios objetivos. Con independencia de compromisos internacionales declarados en materia de cambio climático, las transiciones energéticas instrumentadas en la última década “difieren en términos de motivación y objetivos, impulsores y gobernanza, así como desafíos y oportunidades” (WEC, 2014). Algunos ejemplos relevantes se presentan a continuación:

Brasil

Las principales motivaciones de su Transición Energética son: “seguridad energética y control de precios finales” (WEC, 2014). Las políticas públicas clave para ello han sido “las subastas de energía renovable realizadas por grandes empresas e inversores internacionales y una gobernanza altamente centralizada” (WEC, 2014).

China

Las principales motivaciones de su Transición Energética son: “la seguridad energética y los aspectos ambientales” (WEC, 2014). Las políticas públicas clave para ello han sido los estándares e incentivos para la producción y el despliegue de tecnología, así como una gobernanza altamente centralizada” (WEC, 2014).

Alemania

Las principales motivaciones de su Transición Energética son: “la protección climática, la pérdida de aceptación pública por la energía nuclear, la estabilización del sistema y el control de costos para alcanzar sus objetivos de energías renovables” (WEC, 2014). Las políticas públicas clave para ello han sido “el establecimiento de incentivos gubernamentales para las inversiones en energías renovables y la centralización de las responsabilidades del sistema” (WEC, 2014).

Arabia Saudita

Las principales motivaciones de su Transición Energética son: “mejorar la creación de valor local e incorporar lentamente la energía renovable, nuclear y eficiencia energética” (WEC, 2014). Las políticas públicas clave para ello se sustentan en “dos programas principales: uno enfocado a la eficiencia energética (Saudi Energy Efficiency Center) y otro a la energía nuclear y renovable (King Abdullah City for Atomic and Renewable Energies), así como una gobernanza muy centralizada” (WEC, 2014).

Sudáfrica

Las principales motivaciones de su Transición Energética son: “la seguridad energética, el acceso a la energía eléctrica y la generación de empleos” (WEC, 2014). Las políticas públicas clave para ello se sustentan en “inversiones de propiedad estatal empresas de servicios públicos e industriales, así como una gobernanza muy centralizada” (WEC, 2014).

Estados Unidos

Las principales motivaciones de su Transición Energética son: “asegurar el suministro para reducir la dependencia de las importaciones, generación de empleo y aspectos ambientales” (WEC, 2014) conforman. Las políticas públicas clave para ello han sido las “inversiones empresariales en nuevas tecnologías y políticas gubernamentales con una gobernanza descentralizada” (WEC, 2014).

En términos generales, se observa un conjunto de políticas predominantes o detonadoras de la transformación de los sistemas energéticos. Resalta la preferencia sobre fuentes de generación eléctrica más sustentables como las renovables, sin embargo, en países más desarrollados, se busca que la Transición Energética incida favorablemente en términos económicos a través del fortalecimiento de la infraestructura local y la generación de empleos. En países menos desarrollados resalta el interés por desarrollar infraestructura y garantizar el acceso al suministro de energía.

Por otro lado, se observa una congruencia entre la motivación que presentan sus transiciones energéticas y sus políticas clave. De manera que, las motivaciones conducen y determinan el alcance de sus estrategias, constituyen el “cómo” del cumplimiento de sus objetivos. La preferencia por tecnologías sustentables se puede observar como un medio, un Instrumento de acompañamiento, o un vehículo

para alcanzar un objetivo de desarrollo local en términos de acceso, suficiencia y calidad de energía.

En ese contexto, la Transición Energética como fenómeno cambiante en función de las decisiones de los gobiernos, se puede observar a partir de la efectividad que los instrumentos de política pública muestran para avanzar en el cumplimiento de sus objetivos.

2.2 El Índice de Transición Energética

Los índices energéticos son una herramienta útil que proporciona a los tomadores de decisiones una perspectiva general hacia la identificación de ajustes o áreas de mejora. A nivel internacional, el Índice de Desarrollo Energético de la Agencia Internacional de Energía, el Índice de Pobreza Energética Multidimensional y el Índice de Desarrollo Energético Sostenible vinculan el acceso a la energía y el desarrollo humano de diferente forma” (Vijay, et al.,2019). Por su parte, el Foro Económico Mundial (WEF, por sus siglas en inglés) desarrolló el Índice de Transición Energética (ETI, por sus siglas en inglés) bajo el concepto de “marco analítico que mide la transición como un cambio hacia un sistema energético que reconoce la sostenibilidad, la seguridad y el acceso, así como las instituciones que permiten este desempeño” (Vijay, et al., 2019). La primera edición del ETI se publicó en 2018, y se actualiza anualmente (Vijay, et al.,2019).

El ETI se caracteriza por ser un índice global integral que rastrea el desempeño de los sistemas energéticos a nivel de país; “incorpora consideraciones macroeconómicas, institucionales, sociales y geopolíticas que brindan las condiciones propicias para una Transición Energética efectiva”. (Vijay, et al., 2019). Por lo que es el “índice de Transición Energética más completo disponible debido a su cobertura tanto del desempeño del sistema de Transición Energética como de las dimensiones de preparación para la transición” (Vijay, et al., 2019).

En términos de su alcance, “el marco analítico del ETI toma en cuenta los roles del sector energético dentro de la economía, junto con sus regulaciones, mercados y tecnologías de apoyo” (WEF, 2019). Por un lado, considera el “triángulo energético” que observa el desarrollo y crecimiento económicos, la seguridad energética, y la sustentabilidad ambiental. Y por otro, las dimensiones que determinan el desempeño del sistema energético tales como; “la disponibilidad de inversión, regulación efectiva y compromiso político e infraestructura, entre otros. (WEF, 2019). En la **Figura 2.1** se resumen los elementos del “triángulo o trilema energético” y las dimensiones determinan el desempeño del sistema.

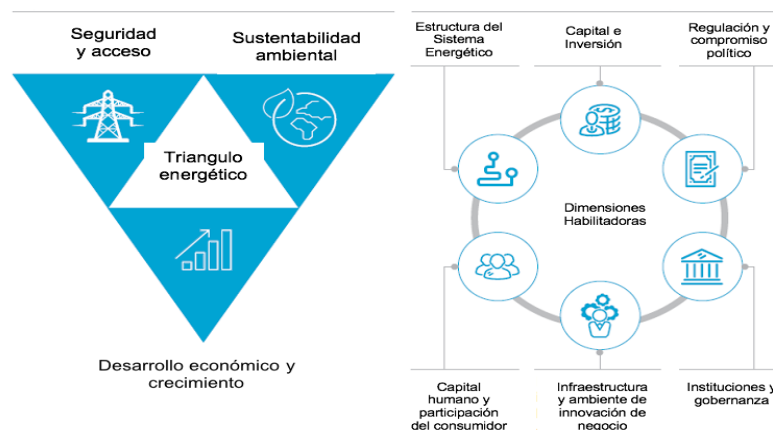


Figura 2.1 Triángulo Energético y Dimensiones del Sistema de Transición Energética
Fuente: World Economic Forum, 2019.

En cuanto a sus resultados globales, se observa que, al 2021, “más del 70% de los países de la ETI lograron avances en la dimensión de seguridad y acceso a la energía, principalmente debido a la mejora en los niveles de acceso a la electricidad en todo el mundo”. (WEF, 2021). “Los puntajes agregados de ETI aumentaron durante la última década para los países que colectivamente representan el 86% del suministro total de energía mundial y el 88% de las emisiones mundiales de CO2 derivadas de la quema de combustibles”. (WEF, 2021).

En lo que respecta a su metodología de cálculo, se toma como referencia la versión del 2019 que se observa como la más completa y detallada de los últimos años. En dicha metodología, el ETI otorga una puntuación que va del 0% al 100% sobre la base de un conjunto de indicadores nacionales aplicados a un universo de 115 países. En ese sentido, el ETI se obtiene a partir de tres niveles de indicadores interrelacionados. En el primer nivel se encuentran dos grandes indicadores que representan: a) las dimensiones del sistema de Transición Energética² y, b) los componentes del triángulo energético³. En el segundo nivel, estos dos indicadores se obtienen a partir de nueve indicadores ponderados que en suma representan el 100%. A su vez, en un tercer nivel, estos últimos indicadores se obtienen de una base ponderada de 40 indicadores que también se expresan en términos porcentuales con valores que van del 0 al 100. En la **Figura 2.2** se pueden identificar estos indicadores y sus respectivas ponderaciones en donde los indicadores marcados con el signo (-) tienen una relación inversa con el ETI, es decir que, por

² Estructura del sistema, Inversión, Regulación, Capital humano, Infraestructura y Gobernanza.

³ Seguridad energética, Sustentabilidad y Crecimiento económico.

su concepto, se desea que reduzcan sus valores para aportar favorablemente a la Transición Energética.

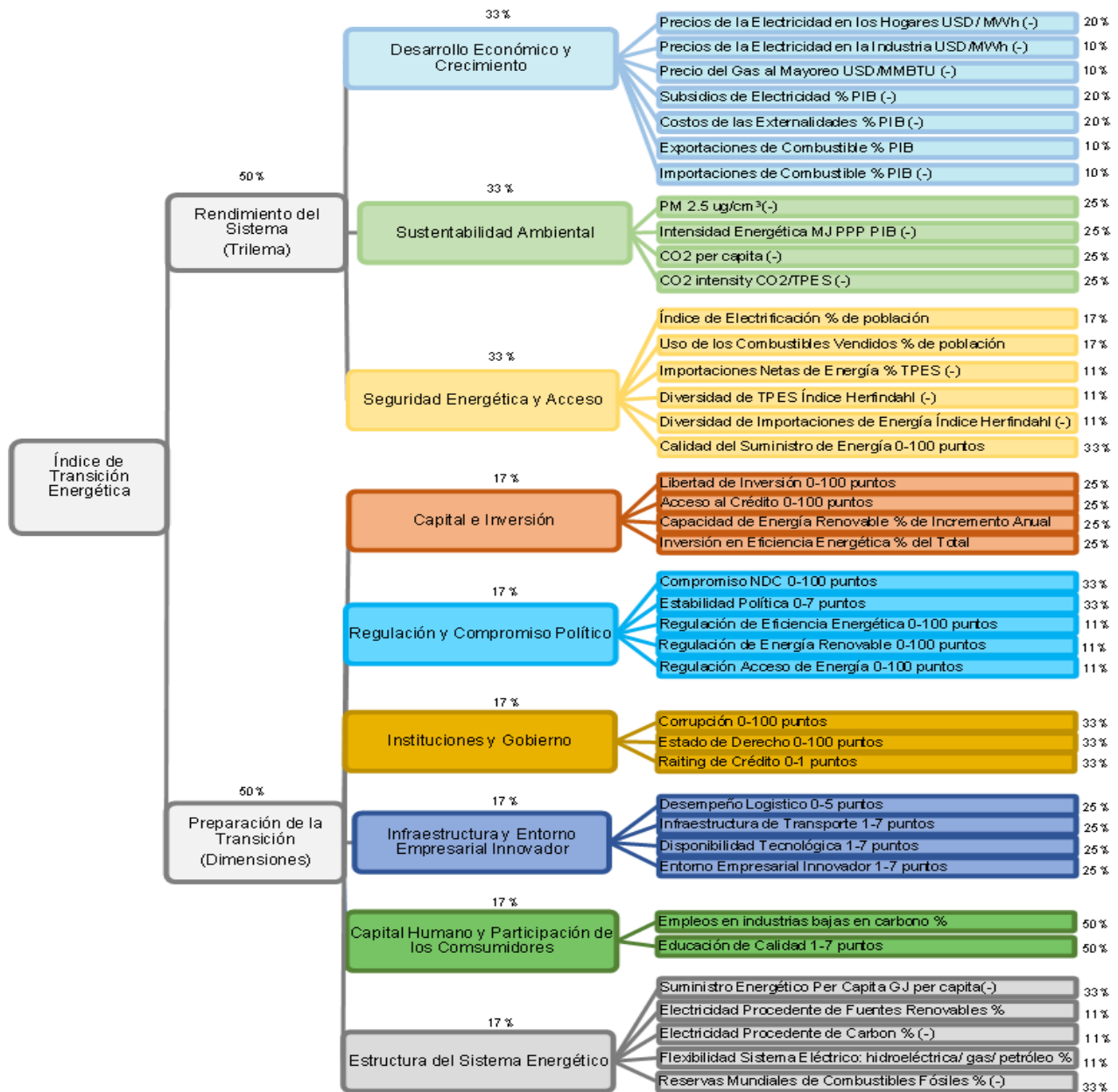


Figura 2.2 Indicadores que conforman el Índice de Transición Energética

Fuente: WEF, 2019. **Notas:** MMBTU: Millones de Unidades Térmicas Británicas; es la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura de una libra de agua en 1 ° F. PIB: Producto Interno Bruto. PM: Materia Particulada 2.5, son partículas muy pequeñas en el aire que tiene un diámetro de 2.5 micrómetros. MJ: Megajoules. PPP: Paridad de Poder Adquisitivo. TPES: Suministro Total de Energía Primaria. GJ: Gigajoules. NDC: Contribuciones Nacionalmente Determinadas del Acuerdo de París.

Los cálculos base del ETI en su versión 2019, se encuentran en los 40 indicadores del tercer nivel, los cuales, no son calculados directamente por el WEF. Cada indicador base tiene una referencia externa, la gran mayoría proviene de fuentes internacionales reconocidas en la materia. En la versión 2020 la información se compacta en un menor número de indicadores base, lo cual, expone la vulnerabilidad del ETI, el cual por alimentarse de fuentes externas pone en riesgo la continuidad de la base de cálculo a través de los años.

De acuerdo con los objetivos de Transición Energética a nivel país presentados en la sección 2.1 la estructura de indicadores del ETI no identifica motivaciones específicas en términos de Transición Energética hacia la seguridad o la sustentabilidad o la soberanía energética. El ETI considera estos elementos en forma generalizada como parte de sus indicadores base, con un enfoque más orientado a la sustentabilidad energética.

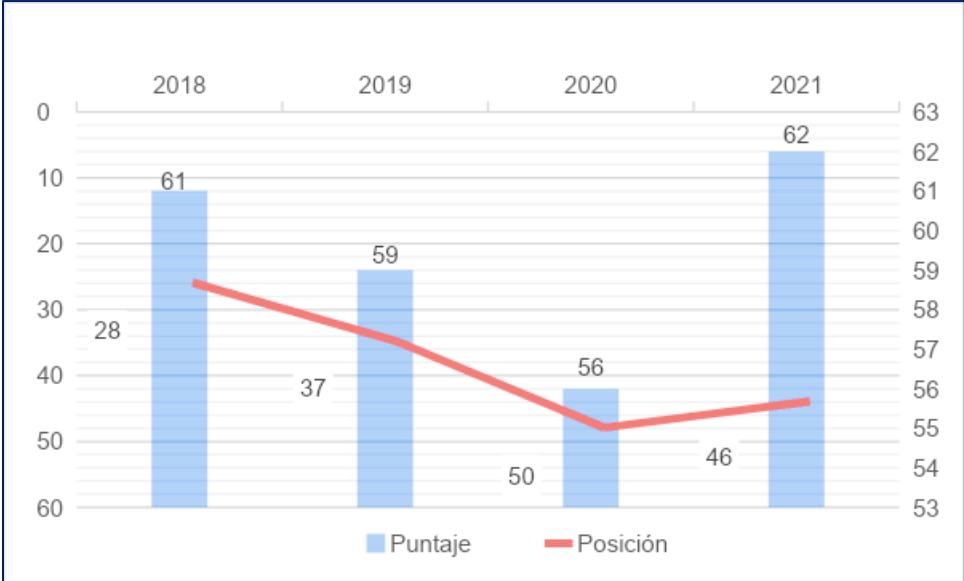
La selección de políticas, herramientas, mecanismos y/o estrategias efectivas para una Transición Energética será determinante en la medida en que se pueda tener un impacto significativo sobre los 40 indicadores base del ETI. En ese sentido, organismos internacionales como la Agencia Internacional de Energía señalan que “las políticas clave que permiten la traducción de objetivos en acciones concretas incluyen, enfoques de mercado y mecanismos financieros” (IEA, 2018) entre las que se encuentran; la política de certificados para generación limpia o renovable. Ante este señalamiento, resulta congruente el hecho de que Suecia, un país que ha implementado una política sólida de certificados para incentivar la generación de electricidad por fuentes renovables, se encuentre en la primera posición del ETI con un valor del 74% en 2020 (WEF, 2020).

En ese sentido y para el presente documento, la efectividad de la política de CELs tomará en cuenta su vinculación con los indicadores base del ETI en su versión 2019 considerándolo una herramienta de referencia integral que permite monitorear comparativamente el progreso de las políticas energéticas entre diversos países.

2.3 El Índice de Transición Energética en México

México, al igual que otros países, ha manifestado su interés por la Transición Energética orientada al uso de tecnologías bajas en carbono. Por lo cual ha establecido un marco jurídico y regulatorio en la materia.

El ETI de México ha tenido caídas importantes en cuanto a posición y puntaje. A partir del 2018, su puntaje se redujo gradualmente hasta el 2020 recuperándose significativamente para el 2021, en cuanto a la posición que ocupa en el *ranking* de países del ETI, la tendencia fue similar (**Gráfica 2.1**). Sin embargo, la recuperación de posición se explica en una parte por una significativa caída de otros países como Panamá, Ecuador y Chipre en 2021, los cuales se encontraban en posiciones cercanas y por arriba de la posición de México en 2020. Asimismo, es importante considerar que la metodología de cálculo de ETI no conserva con exactitud los indicadores base durante el periodo de análisis, por lo que el comparativo anual pudo haber permitido ciertas recuperaciones por sustitución o retiro de indicadores.



Gráfica 2.1. Puntaje y Posición de México en el Índice de Transición Energética
Fuente: Elaboración propia con base en World Economic Forum 2018, 2019, 2020 y 2021.

En cuanto a posiciones, la caída más importante del ETI de México ha ocurrido en el 2020. En 2019 se posiciona en el lugar 37 con un ETI del 59% valor que se explica por un 69% en el sistema de Transición Energética y un 50% en los componentes del triángulo energético (WEF, 2019). Para el 2020 México se posiciona en el lugar 50 con un ETI de 56%, apenas por arriba del promedio global (55.1%), lo cual se explica por un 64% en lo que respecta al sistema de Transición Energética y un 49% en los componentes del triángulo energético (WEF, 2020).

Si observamos la principal caída del ETI en 2020 encontramos que los indicadores que corresponden al sistema de Transición Energética tuvieron una caída más significativa con relación a los indicadores del triángulo energético con una diferencia de cinco puntos porcentuales. Por lo que, haciendo una revisión focalizada en los indicadores del sistema de Transición Energética, se identifican los elementos que pudieron impulsar este descenso (**Tabla 2.1**). La caída del ETI en 2020 respecto al 2019 se puede explicar por una desaceleración en: formación de capital, inversión, infraestructura y entorno favorable de negocio en las dimensiones del sistema de Transición Energética.

Dimensiones del Sistema de Transición Energética		
Indicador	2020	2019
Estructura del sistema	57	57
Regulación y compromiso político	56	57
Capital e inversión	50	53
Infraestructura y entorno de negocio	48	51
Capital humano y participación del consumidor	29	29
Instituciones y gobernanza	53	54

Tabla 2.1 Índice de Transición Energética en México (%)
Fuente: Elaboración propia con base en WEF 2020 y 2019.

Considerando que la primera edición del ETI se publicó en 2018, los efectos de la política de CELs implementada durante el periodo 2015-2017 pudieran observarse como un efecto acumulativo expresado en el ETI de este año sin la posibilidad de hacer un comparativo con los años en donde no existía esta política. Sin embargo, la efectividad de esta política pública se puede observar a partir de la vinculación específica con indicadores base del ETI en la medida en estos se incrementen y/o se tenga un mayor alcance.

En la **Figura 2.3** se visualiza la posible influencia positiva de la política de CELs sobre los indicadores base del ETI a partir de una relación conceptual si consideramos como principal efecto una mayor participación de generación eléctrica con fuentes limpias.

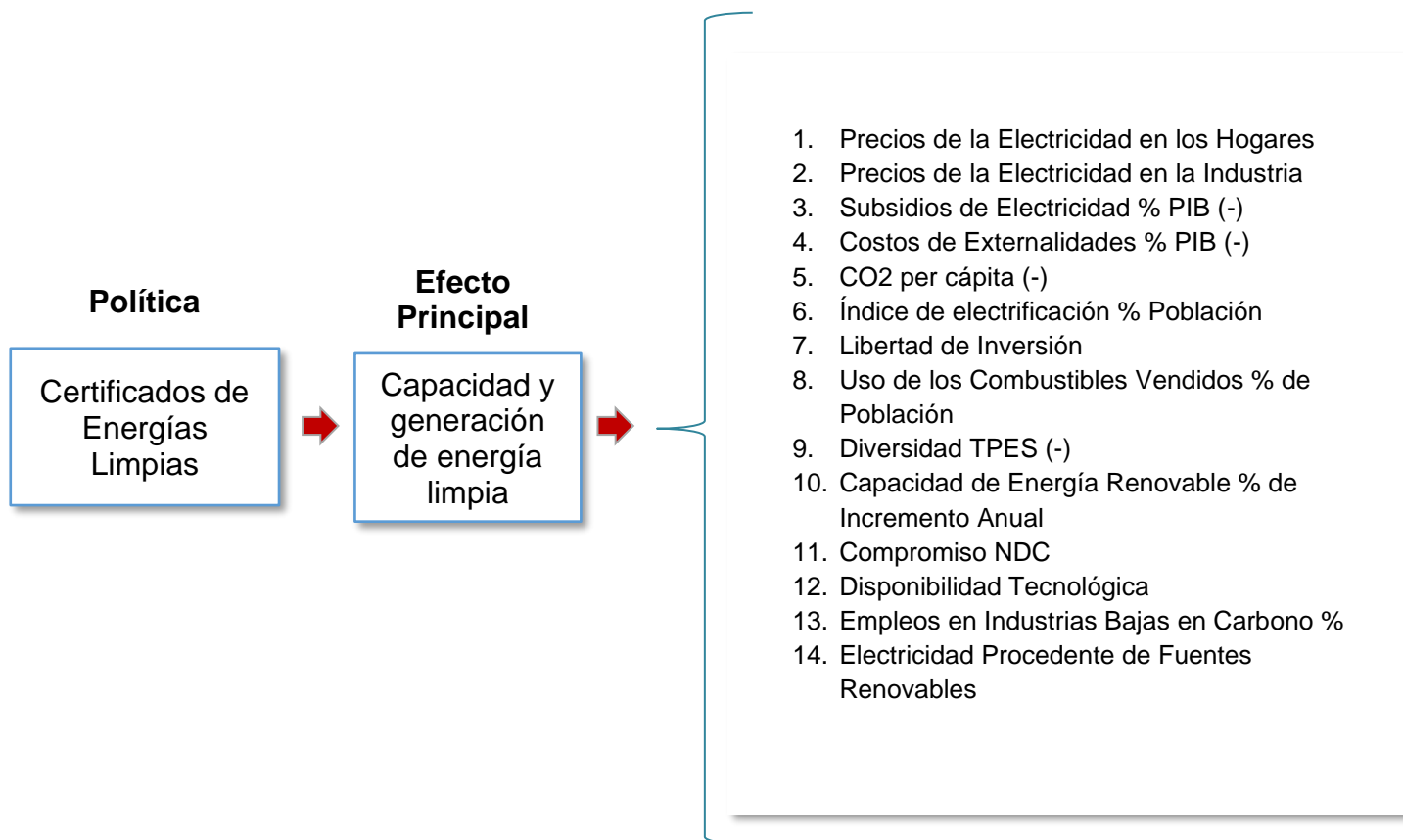


Figura 2.3 Posible influencia de los CELs sobre indicadores base del ETI

Nota: Los indicadores marcados con el signo (-) tienen una relación inversa con el ETI, es decir que, por su concepto, se desea que reduzcan sus valores para aportar favorablemente a la Transición Energética

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo 3 Los Certificados como Instrumento de política pública para la Transición Energética

3.1 El surgimiento de las políticas de certificados de generación eléctrica

Las preocupaciones ambientales relacionadas con la actividad económica y principalmente, en lo que respecta al insumo energético, son; la motivación de diversas políticas públicas en materia de sustentabilidad. Específicamente, la reducción de emisiones contaminantes en el sector energético ha sido el elemento principal en los compromisos y acuerdos internacionales.

Los esfuerzos por cuidar el medio ambiente a nivel internacional comenzaron a formalizarse con mayor impulso a partir de la “firma del Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono en 1985” (PNUMA, 2006). Con el objetivo de “alentar la cooperación intergubernamental en la investigación científica y observación sistemática de la capa de ozono, la vigilancia de la producción de Clorofluorocarbonos (CFC) y el intercambio de información; 28 países lo aprueban y México lo ratifica el 14 de septiembre de 1987” (SEMARNAT, 2015). Este Convenio no contempló el establecimiento de compromisos en cuanto a la adopción de medidas para reducir la producción o el consumo de CFC, sin embargo, sentó las bases de cooperación para futuros compromisos.

En 1992 se firma el Protocolo de Montreal con el mismo objetivo que el Convenio de Viena, sin embargo, en este Instrumento se aplican “límites a la producción y el consumo de los principales productos químicos que destruyen la capa de ozono que protege a la Tierra” (CEPAL, 2023). A su vez, comienzan a intensificarse las preocupaciones por el Cambio Climático, por lo que también en 1992 surge la Convención de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) con el objetivo de lograr la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera en un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático.

Con la creación de la CMNUCC se constituye la institución internacional de referencia que posiciona al Cambio Climático como un asunto fundamental en la agenda de cooperación internacional con especial énfasis en la participación del sector energético, lo cual motiva al establecimiento de compromisos más formales en materia de reducción de emisiones.

En el 2008 se firma el Protocolo de Kioto, como una extensión del Programa de Cambio Climático de las Naciones Unidas, ampliando sus compromisos más allá de los gases agotadores de la capa de ozono, considerando los principales Gases de Efecto Invernadero (GEI)⁴. Para ello, se establece como meta la reducción de un 5 % de las emisiones de GEI entre el año 2008 y el 2012 respecto al año base 1990 (Naciones Unidas, 1998).

El Protocolo de Kioto no se considera totalmente exitoso debido a que no se percibió un alto interés y compromiso por parte de todos los signatarios. Desde la perspectiva de países como Estados Unidos, las metas de reducción del Protocolo de Kioto representaban un mecanismo injusto e ineficaz que perjudicaría su crecimiento económico, razón suficiente para oponerse. Además, “China e India, identificados como países en desarrollo, no estaban obligados a cumplir metas de reducción siendo grandes emisores de gases contaminantes” (Sunstein, 2006). En el marco de la 18ª Conferencia de las Partes (COP 18) se manifestó la necesidad de considerar una segunda etapa del Protocolo de Kioto del 2013 hasta el 2020. Sin embargo, dicha iniciativa “se aprobó sin la participación de las grandes potencias como Estados Unidos, Canadá, Rusia y Japón” (Naciones Unidas, 2013).

Con el bajo impacto de la segunda etapa del Protocolo de Kioto se percibe la necesidad de crear un acuerdo que incluya a todos los países y los comprometa en la reducción de emisiones contaminantes. En 2016 entra en vigor el Acuerdo de París con el objetivo de “reforzar la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, en el contexto del Desarrollo Sostenible y de los esfuerzos por erradicar la pobreza, y, entre otros aspectos, mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de 2°C” (Naciones Unidas, 2015).

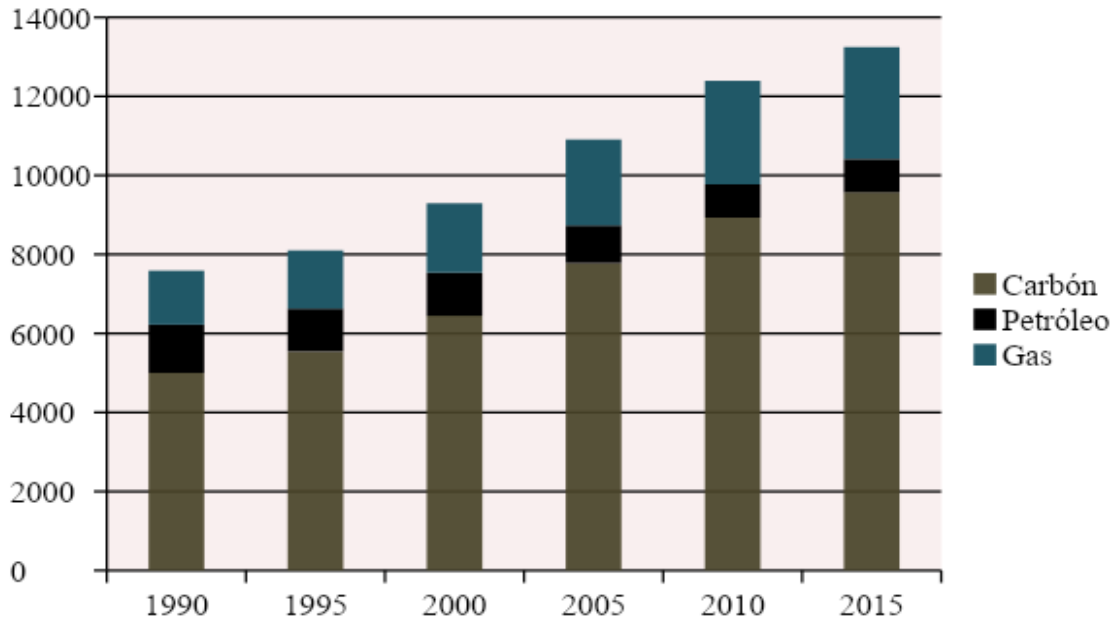
El Acuerdo de París como instrumento global vigente, ha demostrado su éxito en el alcance de su aprobación inicial contando con la participación de “195 países signatarios” (Naciones Unidas, 2023). Sin embargo, no se ha observado con el mismo éxito su fase de implementación. A cuatro años de haberse firmado, compromisos adquiridos de origen no han mostrado avances significativos y por el contrario se han generado diversas perspectivas entre los países participantes; “la vigesimoquinta Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 2019 (COP 25) terminó sin un consenso en cuanto a los compromisos nacionales de reducción de las emisiones de carbono” (Naciones Unidas, 2019). Frente a este escenario, los gobiernos de los países firmantes tienen la responsabilidad política, el interés económico y la capacidad de limitar el calentamiento global y en ese

⁴ Entre los GEI se encuentran: el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), el óxido nitroso (N₂O), los gases hidrofluorocarbonados (HFC), los perfluorocarbonos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (SF₆).

sentido, se les observa y evalúa a nivel internacional. Inclusive, “un análisis de los compromisos actuales para reducir las emisiones entre 2020 y 2030 muestra que casi el 75 por ciento de las promesas climáticas son parcial o totalmente insuficientes” (Watson et, al., 2019).

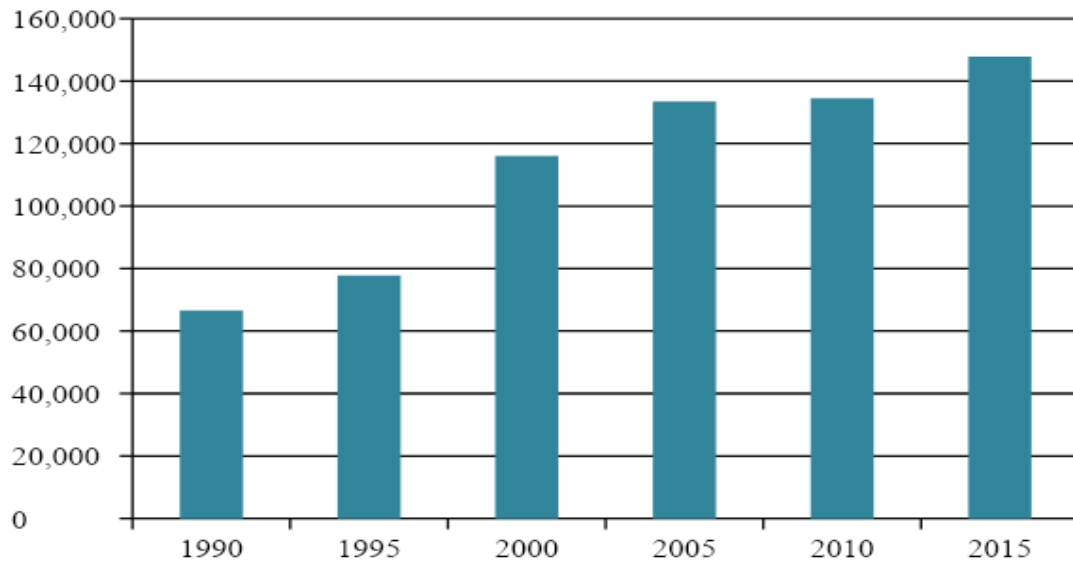
La diversidad de políticas en materia de sustentabilidad energética es comparable con la variedad de características de cada país, sin embargo, al tener una motivación internacional, su efectividad se observa a nivel global. Los países podrán manifestar y declarar sus mitigaciones a nivel doméstico, pero si el problema del Cambio Climático persiste, estos reportes de mitigación pueden pasar desapercibidos. Y entonces, si desde la década de los 90´s el asunto de la reducción de emisiones ya era objetivo de política pública, la cuestión gira en torno a la efectividad de estas políticas para mitigar el problema a nivel global y que tanto el sector energético ha contribuido a la reducción de emisiones.

“El sector energético junto con el transporte y la industria aportan cerca del 79% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero a nivel mundial” (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023), razón por la cual los gobiernos buscan incluir aspectos de sustentabilidad en la planeación del sector energético. Sin embargo, los resultados de estas políticas o esfuerzos parecen no tener todavía el impacto suficiente a nivel global, si observamos que las emisiones de CO₂ de la electricidad por fuentes fósiles se incrementaron significativamente en un 75% de 1990 al 2015 (**Gráfica 3.1**). Además, las emisiones de CO₂ de los países del G20 aumentaron 1.8% en 2018 debido al alto incremento en la oferta de energía basada en combustibles fósiles” (Transparencia Climática, 2019). Esto muestra el papel crucial de los combustibles fósiles en la actividad económica.



Gráfica 3.1 Emisiones de CO2 de la generación de electricidad a nivel mundial por fuente en MtCO2
Fuente: International Energy Agency, 2020. Data and Statistics.

En el caso específico de México la tendencia fue similar al entorno global. Para el periodo de 1990 a 2015 se observa un crecimiento general en las emisiones de CO2 de la generación de electricidad (**Gráfica 3.2**).



Gráfica 3.2 Emisiones de la Generación de Electricidad en México en MtCO2
Fuente: Instituto Nacional de Cambio Climático, 1990-2017.

En este contexto, la intervención de los gobiernos se orienta al establecimiento de políticas más sustentables, específicamente, “políticas que incentiven y posibiliten que la sociedad cambie su comportamiento hacia sistemas de consumo y producción sostenibles, enfrentando así el cambio climático” (Ivanova, 2020). En ese sentido, las energías limpias y/o renovables surgen como una herramienta del sector energético para aportar significativamente a esta problemática.

El diseño de políticas públicas de apoyo a las renovables se basa en cuatro argumentos principales, entre los cuales se encuentran “el cumplimiento de acuerdos internacionales y la necesidad de realizar grandes cantidades de inversiones, con una baja incertidumbre sobre su rentabilidad” (Cardoso, 2012). Este último argumento, conforma el elemento principal de la instrumentación de una política de certificados.

El rubro de la generación de electricidad es intensivo en infraestructura, por lo que requiere significativas cantidades de inversión y, al proveer un servicio básico para la sociedad e incidir en su crecimiento económico, la intervención del Gobierno es crucial para el desarrollo de dicha infraestructura. Sin embargo, no siempre es posible que el Gobierno realice dichas inversiones, razón por la cual diversos países han entrado en un proceso de liberalización de la industria generadora de electricidad para permitir la participación privada. Ante esta liberalización, “un modelo para generar pagos adicionales a las tecnologías limpias como las renovables consiste en desarrollar un mercado por separado, lo que permite compensar económicamente a estas tecnologías por los beneficios ambientales que generan” (Morthorst, 2000). Al respecto, es importante precisar que “casi ninguna tecnología de energía renovable por sí sola puede competir económicamente con las que producen energía convencional. La idea de un enfoque de Tradable Green Certificates (TGC) consiste en utilizar las fuerzas del mercado para determinar el pago adicional necesario a los inversores en plantas renovables” (Morthorst, 2003).

En el enfoque de TGC, “los pagos a los propietarios de instalaciones de producción de renovables constan de dos partes, en dos mercados separados: una por la venta de la electricidad producida al mercado spot de energía y otra por la venta de certificados” (Morthorst, 2003). En ese sentido, los incentivos o subsidios públicos se orientan a la producción limpia, buscando que este mecanismo resulte más barato para el gobierno que cubrir directamente con recursos públicos este tipo de inversiones.

3.2 Metodologías para observar el impacto de las políticas de certificados de generación eléctrica: referencias internacionales

La recomendación formal para el establecimiento de una política de certificados de generación eléctrica fue manifestada desde 1999 por la Comisión Europea entre Estados miembros. A través del documento “Electricity from Renewable Energy Sources and the Internal Electricity Market” esta Comisión declaró que, adicional a los incentivos, políticas y/o estrategias para incentivar la generación de energía renovable a nivel doméstico, podría ser necesario instaurar un sistema de certificados. “Dicho sistema permitiría a los compradores estar seguros de que la electricidad adquirida se genera a partir de fuentes renovables independientemente de su lugar de origen, así como evitar la “venta múltiple” en posibles importadores” (European Commission, 1999). A partir de ello, la adopción de la política de certificados de generación eléctrica ha ocurrido en torno a las expectativas de cada gobierno que la implementa, entre las cuales se encuentra: “(a) la eficacia en términos de aumentar el suministro de electricidad “verde”; (b) rentabilidad social para el consumidor final; (d) el impulso al cambio tecnológico; y, (c) la distribución equitativa de costos y beneficios” (Bergek y Jacobsson, 2009). En este contexto, se han realizado diversos estudios en países de la UE donde se cuenta con una amplia trayectoria de implementación. Algunos académicos piensan que a pesar de que existen algunos problemas económicos inevitables, propios de una política de certificados de generación eléctrica, en un comparativo de situación con y sin esta política, “el mercado de certificados en la Unión Europea (UE) ayuda a reducir el costo total que representa alcanzar sus objetivos de energía renovable en un 70%” (Yu X., et. al., 2020).

Aunque se reconocen los beneficios de una política de certificados de generación eléctrica, en general, su adopción se acompaña de otras medidas tales como: “las obligaciones de cuotas de generación limpia, el etiquetado de productos, los programas de Investigación y desarrollo”, (Cardoso, 2012) entre otros. Por ello, es importante considerar el contexto normativo y las políticas o medidas en materia de generación limpia, implementadas durante la vigencia de una política de certificados, a fin de observar su impacto.

Existen diversos métodos que se han utilizado para observar y/o evaluar el impacto de una política de certificados de generación eléctrica. Para fines ilustrativos, en la **Figura 3.1** se presentan y clasifican algunos de estos métodos de acuerdo con sus expectativas de implementación: “1) Efectividad; entendida como la habilidad para incrementar la participación de generación eléctrica con fuentes renovables en términos de las metas de participación establecidas, 2) Costo eficiencia;

considerando costo social y precio a usuarios finales y, 3) Habilidad para estimular el cambio tecnológico” (Bergek y Jacobsson, 2009).

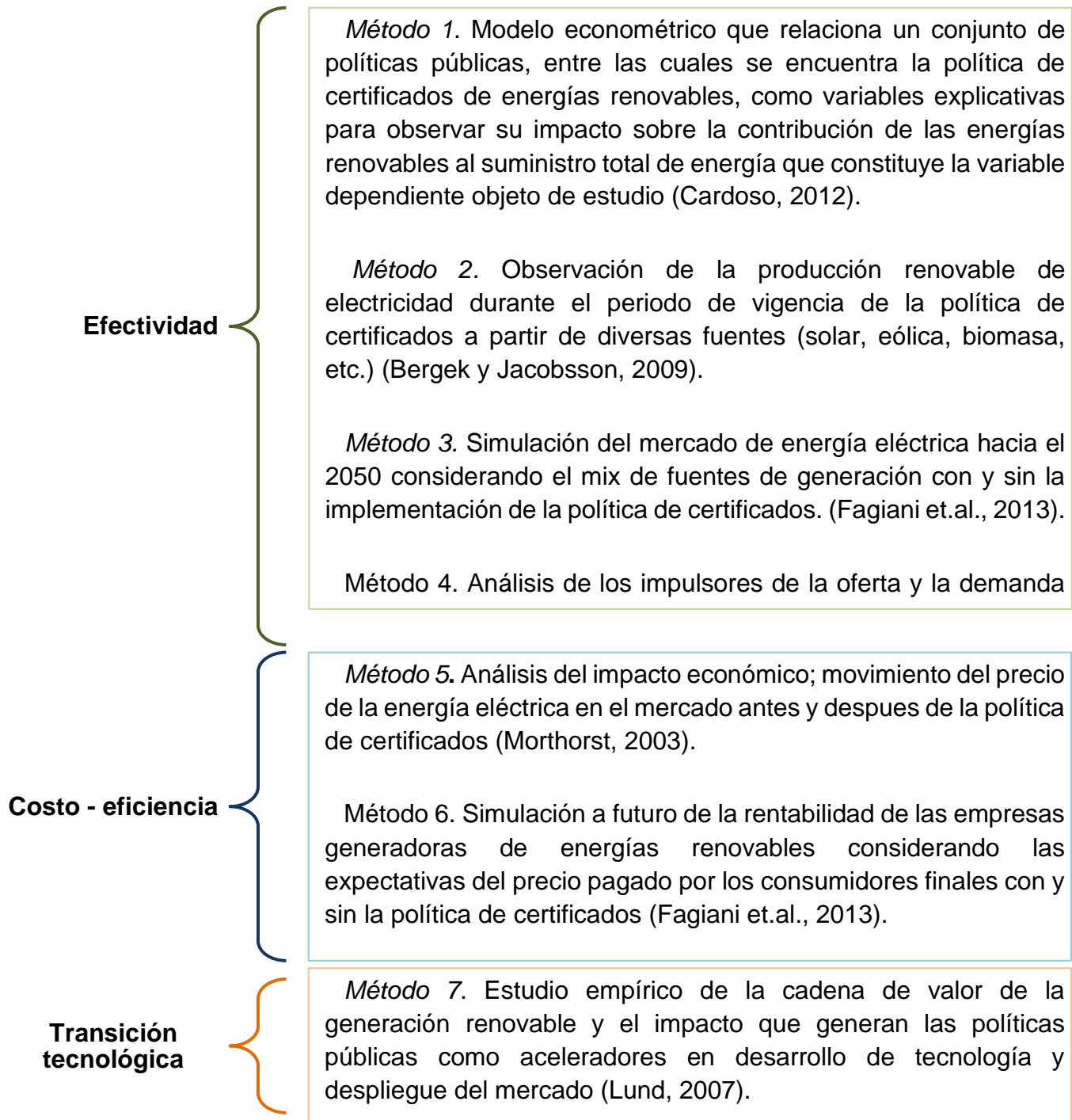


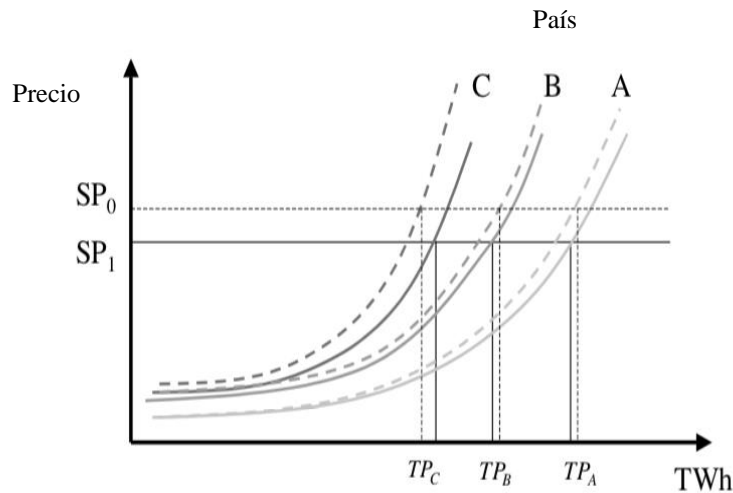
Figura 3.1 Métodos de referencia para analizar el impacto de una política de certificados.
Fuente: Elaboración propia.

Es importante señalar que el impacto de política de certificados de generación eléctrica en determinado país o región se revisa a través de dos a más métodos, en función de las expectativas que motivaron su implementación de origen. Por lo general, la expectativa más observada es la de Efectividad, relativa al impacto que se puede tener sobre la cantidad o incremento de oferta de generación renovable respecto a la matriz de generación eléctrica total.

Con base en los métodos anteriores y otros análisis de información cualitativa y cuantitativa sobre el mercado de las energías renovables, se ha observado el impacto de una política de certificados de generación eléctrica a nivel país o región. A continuación, se destacan algunos casos relevantes y sus principales resultados.

Simulación de tres casos hipotéticos 2003

Ante la expectativa de cumplir metas de reducción de emisiones a través del sector energético, se evalúa el impacto de una política de certificados de generación eléctrica en tres países tipo de la Unión Europea identificados como A, B y C los cuales comparten el mismo mercado eléctrico. Este análisis destaca que el aumento en la producción de energía renovable desplaza las curvas de oferta de los tres casos hacia la derecha; debido al bajo costo marginal de la producción renovable, en la actualidad se puede suministrar más energía al mismo precio. Considerando que la necesidad de energía en los tres casos no ha cambiado, el excedente de energía deprime el precio en el mercado spot y se encuentra un nuevo equilibrio que iguala la oferta con la demanda a un precio más bajo (**Gráfica 3.3**). Por lo anterior, se concluye que “no se puede recomendar la introducción de una política de certificados ante la existencia de un mercado de electricidad liberalizado, si se espera una contribución sobre los objetivos nacionales de reducción de CO₂” (Morthorst, 2003). La sustitución de energías convencionales por renovables depende en gran parte del movimiento de los costos marginales en mercado spot.



Gráfica 3.3 Consecuencias del mercado spot por introducir una política de certificados
Fuente: Morthorst, 2003.

Países de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) 2006

Derivado de una revisión en diversos países de la OECD se observó que la política de certificados de generación eléctrica “como Instrumento difuso para apoyar la electricidad renovable requiere de la instrumentación de contratos a largo plazo para determinar su efectividad y rentabilidad” (Agnolucci, 2006).

Países de diversas regiones del mundo 2007

Se revisaron los impactos de la política energética sobre el crecimiento de la industria de energías renovables en 20 casos que representan diferentes regiones en el mundo⁵, tomando en consideración las que motivan el desarrollo del mercado como son: los certificados de energías renovables, *feed in tariff*⁶, subsidios a la inversión, entre otros. Para ello, se analizó el proceso de comercialización, la cadena de valor y los casos empíricos. “Los resultados indican que hay mayores oportunidades en energía renovable que no solo pueden aprovechar países grandes o mediante grandes recursos públicos,

⁵ Entre los países de análisis se encuentran: Dinamarca, Alemania, Finlandia, Austria, Estados Unidos, Japón, Estonia, Suecia, Canadá.

⁶ Se entiende como política “*feed in tariff*” al establecimiento de una tarifa especial, o sobre precio, por unidad de energía limpia o renovable eléctrica inyectada a la red.

también los países más pequeños pueden tener éxito a través de políticas inteligentes y gestión óptima del proceso de comercialización” (Lund, 2007).

Gran Bretaña, Suecia y Texas 2008

Se consideró la evidencia de tres políticas de certificados de generación eléctrica desarrollados en Gran Bretaña, Suecia y Texas para analizar su eficiencia a la luz de las características especiales de los proyectos de energías renovables. El análisis demostró que, en un esquema de certificados caracterizado por tecnologías de alto costo fijo y bajo costo marginal, se observa que la dependencia del mercado spot presenta un riesgo de sobreinversión, deterioro del precio de los certificados y pérdidas de capital para los inversionistas. En este contexto, los inversores requerirían una prima significativa en compensación, cuyo costo recaería principalmente en el consumidor final. Por lo tanto, los contratos de certificados a largo plazo surgirán como equilibrios de Nash⁷ compatibles con incentivos. Dos elementos importantes de este argumento son: (i) la liquidez del mercado spot de certificados; y (ii) la competencia de reducción de costos entre tecnologías (Kildegaard, 2008).

Suecia 2009

Con la introducción de TGC en Suecia en 2002, se desbordó el interés del potencial de inversores incrementando la producción renovable de electricidad lo que se identificó como un efecto positivo y continuo hacia el futuro. En forma negativa, se observó que tanto los precios de los certificados como los pagos de los consumidores de electricidad han sido mucho más altos de lo esperado, incluidos los costos de transacción sustanciales. Sin embargo, los principales problemas del sistema sueco de TGC, en relación con las expectativas, están relacionados con la expectativa de estímulo al cambio tecnológico (Bergek y Jacobsson, 2009).

Países de la UE 2012

Se realiza un análisis sobre 23 países europeos durante el periodo de 1990 al 2007 para observar los principales impulsores del despliegue de las energías renovables. “Los resultados muestran que durante el periodo de análisis medidas como la política de certificados no ha producido el efecto deseado en cuanto al aumento en la cantidad de las renovables respecto a la matriz de

⁷ Se entiende el equilibrio de Nash como la estrategia en la cual cada uno de los participantes de un conflicto o juego adopta su mejor estrategia, teniendo en cuenta las estrategias que han elegido los demás.

generación eléctrica total. Por el contrario, se muestra que las políticas de incentivos o subsidios, “*feed in tariff*”⁸ (Cadoso, 2012) han sido eficaces para fomentar el uso de energías renovables en este conjunto de países europeos. De hecho, se destaca la importancia que han tenido las intervenciones directas de los gobiernos, que corren el riesgo de las inversiones en energía verde por parte de los actores privados, ya sea garantizando el precio de venta de la energía o mediante la orientación pública

España 2013

Se realizó un comparativo entre los efectos de una política de certificados y una de tarifas (“*feed in tariff*”) en España. Los resultados muestran que, si bien, un mecanismo de tarifas podría obtener mejores resultados que un mercado de certificados, su desempeño depende de los reguladores. “Un mercado de certificados, permite obtener el nivel deseado de participación en el mercado de las energías renovables con una buena rentabilidad siempre que la aversión al riesgo⁹ de los inversores sea moderada” (Fagiani et.al., 2013).

India 2013

Con un análisis del 2011 al 2012 sobre el establecimiento de un “Mecanismo de Certificado de Energía Renovable (CER) que facilita las Obligaciones de Compra de Energía Renovable establecidas por el gobierno para aumentar la generación de energía renovable, el mecanismo CER demostró ser económicamente eficiente y más rentable que un esquema de “*feed in tariff*” (Narula, 2013).

China 2020

Se analizó el caso de China que implementó un mercado de TGC sobre la base de un mercado de comercio de emisiones de carbono. “Los resultados muestran que efectivamente, la implementación de una política de certificados en este contexto ayuda a controlar las emisiones de carbono de la industria energética” (Yu X., et. al. 2020). Por otro lado, se hace una revisión más específica sobre el funcionamiento del mercado de los certificados verdes donde se observa un bajo volumen de transacciones, es decir, un indicador de funcionamiento ineficiente de los mercados de TGC en China. Por lo que se realiza un análisis sobre la eficiencia operativa de siete provincias representativas de China

⁸ Se entiende como política “*feed in tariff*” al establecimiento de una tarifa especial, o sobre precio, por unidad de energía limpia o renovable eléctrica inyectada a la red.

⁹ Se entiende por “aversión al riesgo” como la preferencia de un inversor por evitar incertidumbre en sus inversiones financieras.

correspondientes al período 2017-2018. “Los resultados muestran que el reducido progreso tecnológico obstaculiza el funcionamiento eficaz de los mercados, lo que se ilustra específicamente por los estándares de cuotas irrazonables, el precio alto y volátil de los TGC” (Song X., et. al. 2020). Asimismo, se analizan las políticas de *feed in tariff* y de RPS tomando en consideración la política de certificados TGC. Con ello, “los autores llegan a la conclusión de que una política de incentivos combinados funciona mejor cuando la energía renovable se encuentra en su etapa inicial de desarrollo, y a su vez, puede neutralizar la drástica volatilidad del *feed in tariff* o RPS” (Hao et. al., 2019).

Entre los principales hallazgos observados en los casos anteriores, los resultados muestran que los Certificados no se presentan como la alternativa preponderante en comparación con otros instrumentos de política pública además de que se analiza en acompañamiento con otro(s) instrumento(s) de política pública que fortalece(n) o sustenta(n) el efecto positivo sobre las fuentes renovables como la instrumentación de mecanismos de largo plazo vía contratos o subastas. Asimismo, se destaca la necesidad de establecer ciertos “controles o restricciones” sobre el mercado de certificados, ya que se pudieran tener efectos adversos en las transacciones *spot* tanto para los inversionistas como para los consumidores finales de energía derivados de la volatilidad de los precios. Sin embargo, pese a lo anterior, es importante resaltar que, en todos los casos revisados, los Certificados como Instrumento de política pública demostraron haber ejercido una influencia positiva sobre el incremento de la generación de energía eléctrica con fuentes limpias y/o renovables, tal como se observa en la **Figura 3.2**.

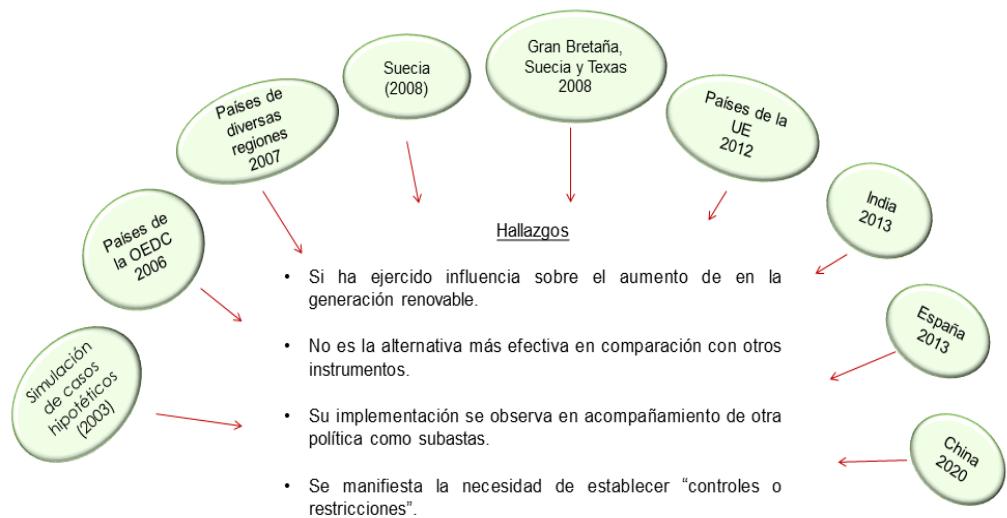


Figura 3.2 Principales hallazgos de evaluaciones de impacto de una Política de Certificados
Fuente: Elaboración Propia

3.3 Los Certificados de Energías Limpias en México

La política de certificados que promueve el uso de tecnologías más limpias para la generación de electricidad en México se estableció en un contexto en el cual el interés por diversificar las fuentes de generación eléctrica se encontraba alineado a un marco de Transición Energética y, a un panorama internacional preocupado por el efecto climático de las emisiones de gases contaminantes a nivel global.

En estricto sentido, la legislación mexicana identifica a los Certificados de Energías Limpias (CELs) como un “Instrumento para promover nuevas inversiones en energías limpias y permiten transformar en obligaciones individuales las metas nacionales de generación limpia de electricidad, de forma eficaz y al menor costo para el país” (SENER, 2014).

3.3.1 El surgimiento de la política mexicana de certificados de generación eléctrica

La política pública mexicana en materia de energías limpias se estableció formalmente a partir de la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE) en 2008. Sin embargo, desde el 2005 ya existían instrumentos fiscales y regulatorios orientados a la introducción y desarrollo de tecnologías de generación eléctrica renovable.

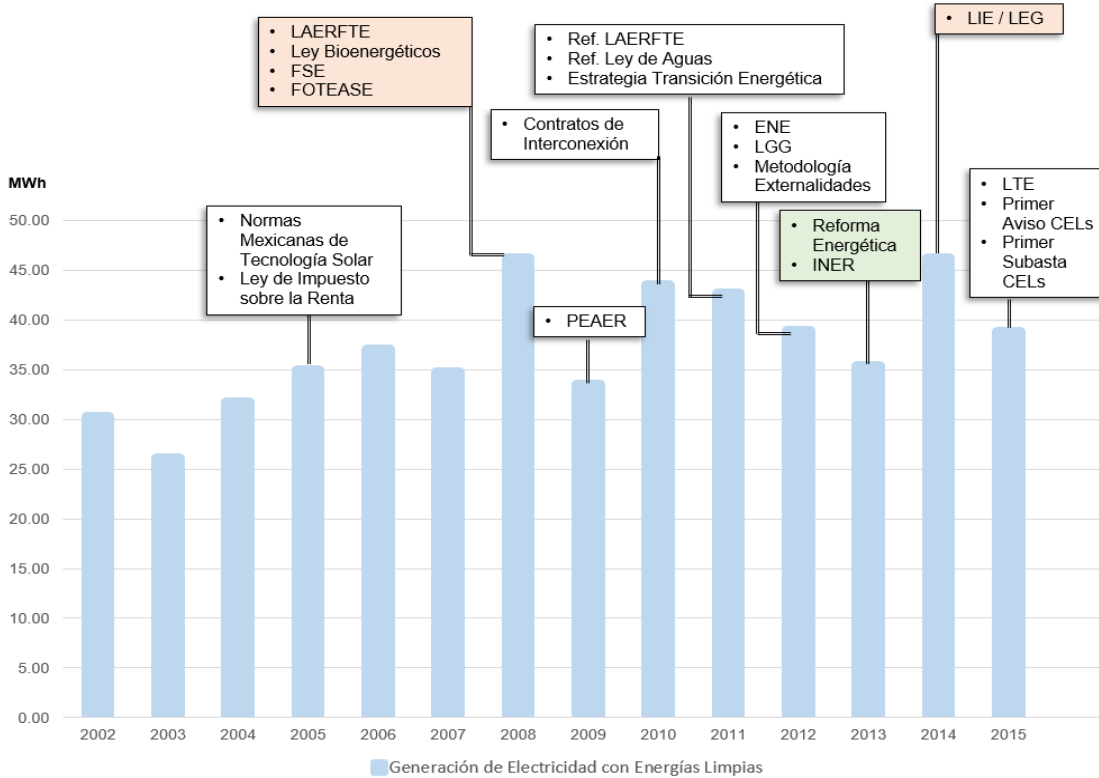
En cuanto a la evolución de los instrumentos que han venido construyendo la política de certificados en México, se toma como punto de partida el año 2005 con la introducción de Normas Mexicanas (NMX) que establecen especificaciones técnicas para garantizar seguridad, eficiencia y adecuada funcionalidad de los equipos, inicialmente focalizadas al aprovechamiento de energía solar así como el incentivo de la Ley del Impuesto sobre la Renta que establece el beneficio de la depreciación del 100% de las inversiones en maquinaria y equipo para la generación de energía proveniente de fuentes renovables. Posteriormente, surgen los siguientes instrumentos:

- 2008, Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (LAERFTE). Regula el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para la generación de electricidad.

- 2008, Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos. Promueve y desarrolla los bioenergéticos con el fin de coadyuvar a la diversificación energética y el desarrollo sustentable que permitan garantizar el apoyo al campo mexicano.
- 2008, Fondo de Sustentabilidad Energética (FSE). Otorga financiamiento a investigaciones científicas, desarrollo tecnológico e innovación requeridas por el sector energético para temas de fuentes renovables de energía, entre otros.
- 2008, Fondo de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE). Otorga financiamiento a proyectos públicos y privados que fomenten el uso de tecnologías limpias.
- 2009, Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables (PEAER). Establece metas en materia de energías renovables y acciones para alcanzarlas.
- 2010, Contratos de interconexión para fuentes de energía renovable y cogeneración eficiente. Convenios y modelos de contratos para regular la generación de energía de privados según la capacidad de generación eléctrica.
- 2011, Reforma a la LAERFTE. Se incluye meta de participación máxima de 65 por ciento de combustibles fósiles en la generación de energía eléctrica para el año 2024, del 60 por ciento en el 2035 y del 50 por ciento en el 2050.
- 2011, Reforma a la Ley de Aguas Nacionales. Se exige de tener concesión para la explotación, uso o aprovechamiento de agua, cuando sea para generación de energía hidroeléctrica en capacidad de generación que no exceda de 30 MW.
- 2011, Estrategia Nacional de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía. Impulsa políticas, programas, acciones y proyectos para aumentar la participación de las fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias.
- 2012, Estrategia Nacional de Energía 2012-2026 (ENE). Establece la meta del 35% de participación de energías limpias para el 2026.

- 2012, Ley General de Cambio Climático (LGCC). Establece una meta de participación de generación limpia de energía del 35% para el 2024.
- 2012, Metodología para calcular las externalidades asociadas a la generación de electricidad en México. Incorpora los costos de las externalidades por tipo de tecnología en la planeación, despacho de energía y evaluación de proyectos del sector.
- 2013, Inventario Nacional de Energías Renovables (INER). Instrumento de información relativa al potencial y posibilidad de proyectos dirigido a los desarrolladores interesados en el tema y al público en general.
- 2014, Ley de la Industria Eléctrica (LIE). Define las energías limpias, establece un esquema de certificados, así como nuevas reglas de interconexión y transmisión para energías limpias.
- 2014, Ley de Energía Geotérmica (LEG). Regula el reconocimiento, la exploración y la explotación de recursos geotérmicos para el aprovechamiento de la energía térmica del subsuelo nacional.
- 2015, Ley de Transición Energética (LTE). Sustituye a la LAERFTE y regula las obligaciones en materia de energías limpias y de reducción de emisiones contaminantes de la Industria Eléctrica.
- 2015, Primer Aviso por el que se da a conocer los requisitos para la adquisición de Certificados de Energías Limpias en 2018. Establece el Requisito de Certificados de Energías Limpias para 2018 del 5%.
- 2015, Primera Subasta de Certificados de Energías Limpias. Mecanismo de comercialización que permite brindar una fuente de ingreso adicional por la venta de energía limpia, mejorando con ello la rentabilidad de los proyectos.

La LAERFTE publicada constituye el punto de partida que desencadena una mayor diversidad de instrumentos como; fondos y programas especiales que incentivan el uso de la tecnología renovable. En la **Gráfica 3.4** se observa que en los años 2008 y 2014 se presentan los mayores incrementos en la generación de energías limpias junto con un conjunto de instrumentos que propician el inicio del mercado nacional de CELs en 2015.



Gráfica 3.4 Evolución de la política pública de energías limpias en México

Fuente: Propia con base en LAERFTE, 2008/ Ley de Promoción y Desarrollo de Bioenergéticos, 2008/ SENER, 2018. Libro Blanco FSE Fondos/ SENER, 2018. Libro Blanco FOTEASE/ SENER, 2009 PEAER/ CRE,2010 / SEMARNAT, 2011 / SENER, 2015. ENTEASE/ SENER, 2012. ENE/ LGCC, 2012/ SENER, 2012. Metodología Externalidades/ SENER, 2018. INEL/ LIE, 2014/ SENER, 2015. Aviso/ CENACE, 2015.

De forma análoga, un elemento que acentuó el interés político por promover las energías limpias en México durante el periodo de 2002-2015 se manifestó en los compromisos internacionales de mitigación y adaptación ante el cambio climático para el 2020-2030, en los cuales se estableció la intención del país por “reducir en 22 por ciento sus Gases de Efecto Invernadero para el año 2030” (Gobierno de la República, 2014). Lo anterior, motivó el establecimiento de una meta nacional consistente en alcanzar una “participación mínima de energías limpias en la generación de energía eléctrica del 25 por ciento para el año 2018, del 30 por ciento para 2021 y del 35 por ciento para 2024” en la Ley de Transición Energética (LTE, 2015).

En este contexto, los CELs surgen con la publicación de la Ley de la Industria Eléctrica en 2014 que formó parte del paquete legislativo de la Reforma Energética de 2013 y un año más tarde, comienzan su implementación con la primera Subasta de Largo Plazo en 2015¹⁰.

3.3.2 Caracterización de los Certificados de Energías Limpias

De acuerdo con la legislación mexicana, un Certificado de Energía Limpia (CEL) se define como un “título que acredita la producción de un monto determinado de energía eléctrica a partir de energías limpias y que sirve para cumplir los requisitos asociados al consumo de los Centros de Carga” (LIE, 2014).

En ese sentido, “los Generadores Limpios¹¹ tendrán derecho a recibir un CEL por cada Megawatt-hora (MWh) generado sin el uso de combustibles fósiles en las Centrales Eléctricas Limpias que representen (SENER, 2014).”

El alcance del CEL es amplio en la medida que considera las siguientes tecnologías como energías limpias (LIE, 2014):

- El viento;
- La radiación solar, en todas sus formas;
- La energía oceánica en sus distintas formas, maremotriz, maremotérmica, de las olas, de las corrientes marinas y del gradiente de concentración de sal;
- El calor de los yacimientos geotérmicos;
- Los bioenergéticos que determine la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos;
- La energía generada por el aprovechamiento del poder calorífico del metano y otros gases asociados en los sitios de disposición de residuos, granjas pecuarias y en las plantas de tratamiento de aguas residuales, entre otros;
- La energía generada por el aprovechamiento del hidrógeno mediante su combustión o su uso en celdas de combustible, siempre y cuando se cumpla con la eficiencia mínima que establezca la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y los criterios de emisiones establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales en su ciclo de vida;
- La energía proveniente de centrales hidroeléctricas;
- La energía nucleoelectrica;

¹⁰ Se refiere a la Primera Subasta de Largo Plazo del 2015 operada por el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) mediante la cual se invita a todos los interesados a participar en la asignación de Contratos de Cobertura Eléctrica para la Compraventa de Potencia, Energía Eléctrica Acumulable y Certificados de Energías Limpias (SUBASTA).

¹¹ Generador Limpio: Representante de una o varias Centrales Eléctricas Limpias en el Mercado Eléctrico Mayorista o, en caso del abasto aislado, el titular o propietario de las mismas (SENER,2014).

- La energía generada con los productos del procesamiento de esquilmos agrícolas o residuos sólidos urbanos (como gasificación o plasma molecular), cuando dicho procesamiento no genere dioxinas y furanos u otras emisiones que puedan afectar a la salud o al medio ambiente y cumpla con las normas oficiales mexicanas que al efecto emita la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales;
- La energía generada por centrales de cogeneración eficiente en términos de los criterios de eficiencia emitidos por la CRE y de emisiones establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales;
- La energía generada por ingenios azucareros que cumplan con los criterios de eficiencia que establezca la CRE y de emisiones establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales;
- La energía generada por centrales térmicas con procesos de captura y almacenamiento geológico o biosecuestro de bióxido de carbono que tengan una eficiencia igual o superior en términos de kWh-generado por tonelada de bióxido de carbono equivalente emitida a la atmósfera a la eficiencia mínima que establezca la CRE y los criterios de emisiones establecidos por la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Con relación a su vigencia, “tendrán derecho a recibir CEL por un período de 20 años los Generadores Limpios que representan a las Centrales Eléctricas Limpias que entren en operación con posterioridad al 11 de agosto de 2014” (SENER, 2014).

En contraste, los CELs se caracterizan en forma similar a los esquemas de certificación internacional que respaldan el uso de fuentes limpias para la generación de electricidad, los cuales propician la comercialización de este tipo de certificados a nivel global. Por ejemplo, “I-REC es un sistema global diseñado [...] para hacer una elección consciente basada en pruebas para electricidad renovable, en cualquier país del mundo [...]. Un I-REC es una declaración única que representa los atributos medioambientales asociados a un MWh de electricidad producido” (The International REC Standard, 2019). La principal diferencia con I-REC radica en la gama de fuentes de generación que los CELs toman en consideración, como las tecnologías limpias no renovables; energía nuclear.

Los propietarios de instrumentos internacionales como I-REC tienen la libertad de elegir cómo utilizarlos, de manera que los I-REC pueden coexistir con instrumentos nacionales como los CELs de México y con ello, conformar una gama de alternativas formales que reconozcan la generación de electricidad con fuentes limpias.

3.3.3 Mecanismo general de operación

En el marco de su implementación, la política de CELs opera de manera homogénea a nivel nacional en donde el CEL se comercializa como un producto en un mercado específico construido con reglas dictaminadas por el Gobierno Federal.

La operación y vigilancia del mercado de CELs se encuentra a cargo de dos principales agentes públicos, quienes se basan en las leyes y normas vigentes aplicables:

- La Comisión Reguladora de Energía (CRE) otorga, emite la regulación y verifica el cumplimiento de los requisitos relativos a los CELs.
- El Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) se encarga de operar el mercado de corto plazo “spot” de los CELs.

El mandato principal de operación es instruido por la Secretaría de Energía a través de lineamientos, avisos y/o acuerdos que establecen las reglas generales bajo las cuales debe operar el mercado de CELs a nivel nacional.

La oferta se constituye por los generadores¹² que poseen CELs, para lo cual, deberán contar con la certificación de que dicha central eléctrica genera energía a partir de fuentes limpias, otorgada por una unidad acreditada por la CRE.

Los CELs se otorgan a través de una plataforma denominada “Sistema de Gestión de Certificados y Cumplimiento de Obligaciones de Energías Limpias (S-CEL)”. Los participantes del S-CEL deben estar registrados dentro del mismo para poder ser sujetos de CELs o para liquidar o cancelar sus obligaciones. En esta plataforma, la CRE lleva a cabo la gestión y el registro de la información asociada al consumo y generación de electricidad, a la emisión, transacciones, liquidación y cancelación voluntaria de los CEL, así como el cumplimiento de las obligaciones en materia de energías limpias. El “DECLARACEL” es una herramienta dentro del Sistema que permitirá a los Participantes Obligados liquidar sus obligaciones.

Por otra parte, la demanda se constituye por las obligaciones que por Ley se les asignan a los agentes públicos y privados que operan en el sector eléctrico bajo la denominación de: Suministradores de Servicios Básicos; Suministradores de Servicios Calificados; Usuarios Calificados que participan directamente en el

¹² **Generador:** Titular de uno o varios permisos para generar electricidad en Centrales Eléctricas, o bien, titular de un contrato de Participante del Mercado que representa en el Mercado Eléctrico Mayorista a dichas centrales o, con la autorización de la CRE, a las Centrales Eléctricas ubicadas en el extranjero.

Mercado Eléctrico Mayorista; Usuarios Finales que se suministren por Abasto Aislado; y, los titulares de los contratos de Interconexión legados que incluyan Centros de Carga o Puntos de Carga cuya energía eléctrica no provenga en su totalidad de una Central Eléctrica Limpia¹³. De igual forma, “se podrán adquirir los CELs de forma voluntaria, para lo cual es necesario estar registrado como Entidad Voluntaria en el S-CEL” (CRE, 2014).

Para garantizar la demanda de CELs, la Secretaría de Energía establece, para un año determinado, un porcentaje obligatorio de consumo de electricidad proveniente de energía limpia mediante CELs de la siguiente manera:

- Obligación 2018: 5% (SENER, 2015)
- Obligación 2019: 5.8% (SENER, 2016)
- Obligación 2020: 7.4% (SENER, 2017)
- Obligación 2021: 10.9% (SENER, 2017)
- Obligación 2022: 13.9% (SENER, 2017)

El porcentaje de obligación se determina en los primeros 3 meses de cada año para un periodo de 3 años sin la posibilidad de reducirse en años posteriores. “Quienes no cumplan con la obligación de adquirir los CELs tienen que pagar una multa y seguirán contando con la obligación de comprar los CELs que no fueron liquidados en el momento debido” (CRE, 2014).

De esta manera y con estos elementos, el Gobierno Federal motiva la oferta y demanda de los CELs (**Figura 3.3**). Las centrales limpias acreditadas ofrecen los CELs a los participantes obligados quienes “requieren que un porcentaje de la energía eléctrica que consumen provenga de fuentes limpias. Para comprobar que están consumiendo este porcentaje, tienen que comprar CELs por el monto requerido por la Secretaría de Energía” (CRE, 2014).

¹³ **Suministradores de Servicios Básicos:** Permisionario que ofrece el Suministro Básico a los Usuarios de Suministro Básico y representa en el Mercado Eléctrico Mayorista a los Generadores Exentos que lo soliciten. **Suministradores de Servicios Calificados:** Permisionario que ofrece el Suministro Calificado a los Usuarios Calificados y puede representar en el Mercado Eléctrico Mayorista a los Generadores Exentos en un régimen de competencia. **Usuarios Calificados:** Usuario Final que cuenta con registro ante la CRE para adquirir el Suministro Eléctrico como Participante del Mercado o mediante un Suministrador de Servicios Calificados que participan directamente en el Mercado Eléctrico Mayorista. **Usuarios Finales:** Persona física o moral que adquiere, para su propio consumo o para el consumo dentro de sus instalaciones, el Suministro Eléctrico en sus Centros de Carga, como Participante del Mercado o a través de un Suministrador. **Abasto Aislado:** Se entiende por abasto aislado la generación o importación de energía eléctrica para la satisfacción de necesidades propias o para la exportación, sin transmitir dicha energía por la Red Nacional de Transmisión o por las Redes Generales de Distribución. Titulares de los **Contratos de Interconexión Legados:** Contrato de interconexión o contrato de compromiso de compraventa de energía eléctrica para pequeño productor celebrado o que se celebra bajo las condiciones vigentes con anterioridad a la entrada en vigor de la presente Ley (Ley de la Industria Eléctrica, 2014).

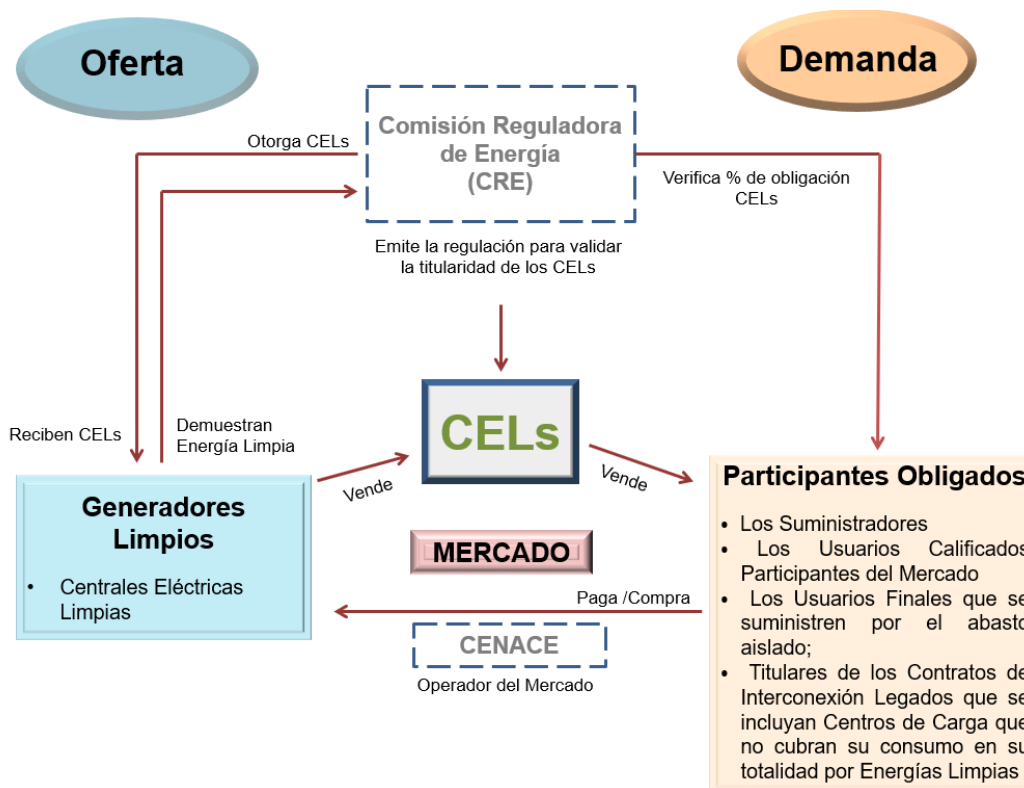


Figura 3.3 Funcionamiento del Mercado de los CELs

Fuente: Elaboración propia con base en lo establecido en la LIE 2014, SENER, 2014 y la Base del Mercado No. 12 de SENER, 2015. CRE, 2014. **NOTA:** Para recibir CEL es necesario migrar al nuevo esquema regulatorio de la Ley de la Industria Eléctrica 2014¹⁴

Finalmente, es importante destacar que no existe una intervención gubernamental en la determinación del precio del CEL, no se establece ningún tipo de control o límite por lo que no es fijo; se sujeta a la oferta y demanda y en ese sentido, los participantes de este mercado presentan diversas ofertas. “Su compraventa podrá realizarse a través de: 1) Subastas del Largo Plazo; 2) Mercado de Corto Plazo o mercado *spot*¹⁵ de CELs que organiza por lo menos una vez al año el CENACE; y, 3) Contratos bilaterales. (SENER, 2015).

3.3.4 Resultados y situación al 2022

La política de CELs operó activamente durante el periodo 2015-2017 y formó parte de las subastas de largo plazo¹⁶ que el Gobierno Federal organizó cada año con la

¹⁴ La Ley de la Industria Eléctrica entra en sustitución de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica 2012 que establecía una clasificación diferente tanto de permisos como de contratos para generación de electricidad.

¹⁵ El Mercado de CELs se especifica como “spot” o de corto plazo en las Bases del Mercado Eléctrico (SENER, 2015).

¹⁶ De acuerdo con lo que establece la Convocatoria a la Subasta de Largo Plazo SLP-1/2015 (CENACE,2015).

finalidad de asignar contratos de cobertura eléctrica para la compraventa de diversos productos y CELs. Los resultados de las subastas del periodo reportaron un total de 21.3 millones de CELs de los cuales, la Empresa Productiva del Estado; Comisión Federal de Electricidad (CFE), adquirió 20.1 millones equivalentes a 1,727 MW (CFE, 2017) lo que representó el 94.3% de la adquisición total de CELs (**Tabla 3.1**). Lo anterior coincide con el hecho de que “al cierre del 2017, CFE Suministrador de Servicios Básicos ha participado como principal comprador en tres Subastas de Largo Plazo, SLP No.1/2015, SLP No.1/2016 (comprador único) y SLP No. 1/2017, en la adquisición de Energía, Potencia y CELs (CFE, 2017).

	2015	2016	2017	Total
CELs Adquiridos por CFE	5.4	9.3	5.4	20.1
CELs Adquiridos	5.9	9.5	5.9	21.3

Tabla 3.1 Adquisición de CELs durante el periodo 2015-2017

Fuente: Elaboración propia con base en CFE, 2017 y en los Fallos de las Subastas de Largo Plazo de Certificados de Energías Limpias; SLP No.1/2015, SLP No.1/2016, SLP No.1/2017 (CENACE, 2015), (CENACE, 2016) (CENACE, 2017).

En lo que respecta a la concentración del mercado durante el periodo 2015-2017, se observa la participación de 38 empresas por el lado de la oferta y una empresa mayoritaria (CFE) por el lado de la demanda (**Tabla 2**). Para identificar el nivel de concentración se toma como referencia el Índice de Hirschman-Herfindhal (H) (Jacquemin, 1987) expresado como la suma de los cuadrados del conjunto de las partes del mercado considerando la información de las empresas que participaron en las subastas de CELs. Con ello, se obtiene el siguiente resultado:

$$H = \sum_{i=1}^n P_i^2 = 0.0507$$

Cuanto mayor sea el índice, mayor nivel de concentración y mayor poder de mercado de las empresas operantes. En ese sentido se observa que, durante el periodo, el mercado de CELs presentó un Índice H de **0.05** lo que nos indica un mercado de bajo nivel de concentración que implica un ambiente competitivo con un considerable número de empresas participantes que pueden ejercer poca influencia en lo individual (**Tabla 3.2**).

No.	Empresa	Oferta CELs en las Subastas 2015,2016 y 2017	Participación en el Mercado (Pi ²)
1	X-ELIO ENERGY, S.L	842,883	0.0017
2	NEOEN International S.A.S	770,684	0.0014
3	CANADIAN SOLAR ENERGY MÉXICO S. DE R.L. DE C.V.	764,826	0.0014
4	CONSORCIO ENERGÍA EÓLICA	391,805	0.0004
5	Consortio Engie Solar 1	827,329	0.0017
6	Consortio Engie Solar 4	434,486	0.0005
7	ENEL RINNOVABILE S.A. DE C.V.	1,753,910	0.0075
8	Mitsui & Co y Trina Solar	189,928	0.0001
9	AT Solar	478,260	0.0006
10	Energía Sierra Juárez RL de CV	117,064	0.0000
11	Enel Green Power México S de RL de CV	2,649,076	0.0171
12	Eólica de Oaxaca S.A.P.I	818,264	0.0016
13	Quetzal Energía México	393,612	0.0004
14	CFE	198,764	0.0001
15	OPDE	289,508	0.0002
16	Generadora Fenix SAPI de CV	383,631	0.0004
17	Parque Eólico Reynosa III SAPI de CV	1,613,416	0.0064
18	Kamet Energía México	353,466	0.0003
19	Consortio Guanajuato	146,957	0.0001
20	Parque Eólico el Mezquite SAPI	774,538	0.0015
21	Consortio ENGIE Trompezon	338,851	0.0003
22	Consortio SMX	285,506	0.0002
23	Tractebel Energía de Altamira	223,010	0.0001
24	Consortio Fotowatio	779,161	0.0015
25	HQ México Holdings	252,444	0.0002
26	Alten Energías Renovables México	813,077	0.0016
27	Bluemex Power S.A. de C.V.	249,982	0.0002
28	GREEN HUB S de RL	72,919	0.0000
29	Sunpower Systems	263,815	0.0002
30	Energía Renovable de la Península	275,502	0.0002
31	Recurrent Energy Mexico	140,970	0.0000
32	Consortio "Chabacal"	118,001	0.0000
33	Vega Solar 1 SAPI	740,135	0.0013
34	Jinkosolar Investment Pte	502,713	0.0006
35	Photoemeris Sustentable SA de CV	54,977	0.0000
36	Energía Renovable del Istmo II	585,731	0.0008
37	Consortio Sol de Insurgentes	60,965	0.0000
38	Consortio Energía Limpia 2010	291,900	0.0002
Total		20,242,066	0.0507

Tabla 3.2 Ofertas de CELs por empresa durante el periodo 2015-2017

Fuente: Elaboración propia con base en los Fallos de las Subastas de Largo Plazo de Certificados de Energías Limpias; SLP No.1/2015, SLP No.1/2016, SLP No.1/2017 (CENACE, 2015), (CENACE, 2016) (CENACE, 2017).

En lo referente a la vigencia de la política de CELs, la legislación establece que “en el primer trimestre de cada año calendario, la SENER establecerá los Requisitos de CEL para el tercer año posterior. [...] y podrá establecer los Requisitos de CEL para años subsecuentes, cuando lo considere necesario para fomentar la inversión” (SENER, 2014).

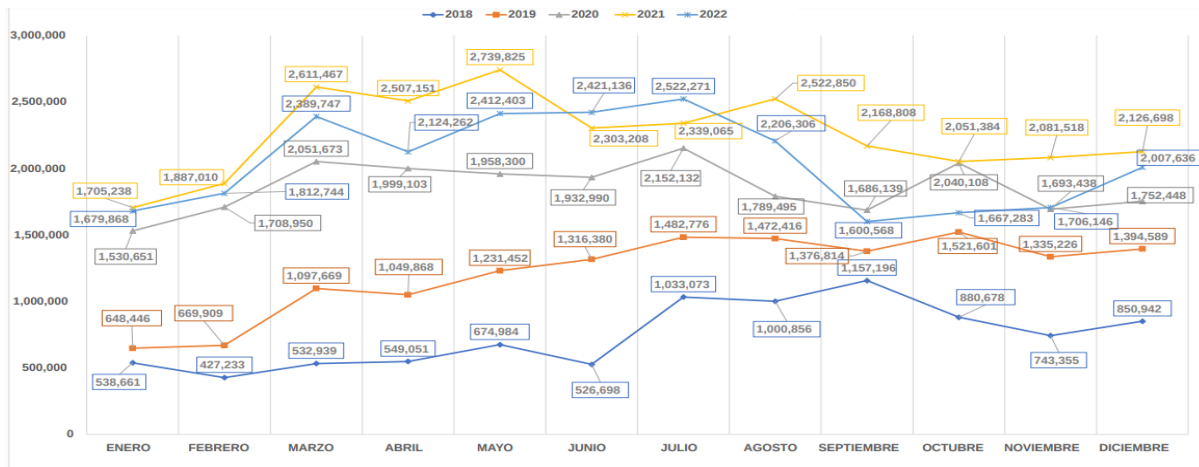
En ese sentido, la Secretaría de Energía canceló la Subasta de Largo Plazo del 2018¹⁷ en donde se tenía previsto llevar a cabo la comercialización de CELs, posteriormente, instruyó en 2019 al CENACE a no convocar Subastas de Largo Plazo hasta nuevo aviso¹⁸.

Aunado a lo anterior, el Acuerdo por el que se emite la Política de Confiabilidad, Seguridad, Continuidad y Calidad en el Sistema Eléctrico Nacional, publicado en 2020 por la Secretaría de Energía, delimita la incorporación de energías limpias intermitentes y, por ende, la posible comercialización de CELs en México, debido a que establece requerimientos restrictivos y adicionales a los mandatos de la legislación vigente en la materia. Este Acuerdo, causó cierta controversia en un sentido de que “pareciera prohibir de manera indefinida la entrada a la red nacional de distribución de electricidad de nuevas generadoras de energía eólica y solar [...]. Sienta las bases para dar prioridad a la interconexión de proyectos estratégicos consistentes con la confiabilidad del sistema sobre fuentes de energía limpia intermitente” (Castro Fernando M., 2021).

Es este contexto, al cierre del 2022, no se percibió una continuación de la política de CELs debido a que el gobierno mexicano no había emitido hasta entonces, avisos o mandatos necesarios para motivar la comercialización y específicamente establecer obligaciones de adquisición de CELs posteriores al 2022. A pesar de ello, la legislación vigente ha permitido que la CRE continúe otorgando CELs a generadores limpios, de manera que, al 2021 el nivel de otorgamiento se había venido incrementado hasta mostrar una reducción significativa en abril del 2022 (**Gráfica 3.5**).

¹⁷ Acuerdo de Cancelación de los documentos de la Subasta de Largo Plazo del 2018 (CENACE, 2018).

¹⁸ Instrucción manifestada en el Oficio No. SENER 100/2019/890 de los documentos de la Subasta de Largo Plazo 2019 (CENACE, 2019).



Gráfica 3.5 Otagamiento de CELs al cierre del 2022
Fuente: Comisión Reguladora de Energía, 2023.

3.4 La expectativa en México por la operación de los Certificados de Energías Limpias

La elección sobre ciertas políticas genera un costo de oportunidad para los gobiernos y México no es la excepción. Cualquier política que se determine en el marco de Transición Energética hacia el uso de tecnologías más limpias de generación eléctrica requiere tiempo de maduración para conocer su verdadero impacto, tiempo crucial cuando se tienen además recursos limitados. “La Transición Energética ha surgido como un desafío político crítico y un riesgo comercial, por lo que existe la necesidad de una mayor transparencia y comprensión empírica sobre su progreso” (Vijay, et al., 2019). En ese sentido, es importante ser estratégicos en la selección de políticas.

La introducción de generación limpia implica realizar inversiones significativas para detonar la construcción de un nuevo mercado de energías limpias y/o renovables. En este sentido, México ha implementado los CELs y otros instrumentos, para incentivar la participación privada. El impacto o resultados esperados de este Instrumento estarán en función de su motivación de origen, lo cual se relaciona con el problema central que se pretende mitigar.

Considerando la metodología del Marco Lógico (Ortegón, E., & Prieto, A., 2005), y con base en la legislación y regulación aplicable al sector energético mexicano, en la **Tabla 3.3** se presentan posibles actores involucrados, intereses y problemas percibidos en torno a los CELs.

GRUPOS	INTERESES	PROBLEMAS PERCIBIDOS
Secretaría de Energía	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diversificar la matriz energética para no depender de una sola fuente de recursos (fósiles). 2. Contribuir al cumplimiento de compromisos internacionales referentes a las emisiones contaminantes del sector eléctrico. 3. Obtener tarifas asequibles para los usuarios finales de energía. 4. Promover el uso de tecnologías de generación de electricidad bajas en carbono o cada vez más limpias. 5. Dar cumplimiento a la regulación vigente en materia de energías limpias. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Interés por parte del usuario final para adquirir tecnologías limpias condicionado a tarifas más bajas. 2. Inconformidad por parte de las empresas del sector en torno a la competitividad del mercado de CELs. 3. Escasa captación de inversiones públicas de mayor escala para energías limpias.
Comisión Reguladora de Energía	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contar con un marco legislativo que le permita operar con autonomía, patrimonio y recursos propios. 2. Generar impactos positivos en el sector regulado e involucrado en las energías limpias. 3. Garantizar las condiciones para que la disponibilidad de energéticos en México sea la requerida, con calidad y a precios competitivos para el usuario final. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Recursos insuficientes para regular el rubro de las energías limpias a nivel país. 2. Resolución de controversias e inconformidades en el mercado de CELs ante cambios administrativos adversos.
Inversionistas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realizar inversiones rentables. 2. Incrementar sus ganancias. 3. Realizar inversiones sostenibles. 4. No tener problemas con la comprensión y el cumplimiento de la normatividad vigente en el país que les puedan generar costos adicionales. 5. Desarrollar sus operaciones en un ecosistema que permita su propio crecimiento económico. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incertidumbre de mercado ante la generación de un nuevo nicho como el de los CELs que opera con perspectivas políticas y administrativas adversas.
Proveedores de la tecnología	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incrementar sus ventas 2. Tener certeza regulatoria 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incertidumbre en cumplimientos contractuales y

	3. Oportunidad para participar en el desarrollo de nuevas tecnologías e incursionar en nuevos mercados.	operación de transacciones comerciales por tratarse de un nuevo mercado como el de los CELs.
Usuario final de energía	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acceder a tarifas bajas de electricidad. 2. Tener opciones viables para contratar el servicio eléctrico. 3. Contar con un servicio eléctrico seguro, continuo y de calidad. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tarifas de electricidad injustas o muy altas. 2. Mala calidad del servicio eléctrico. 3. Baja aceptación y reconocimiento de los beneficios e implicaciones del uso de las energías limpias.
Empresa Productiva del Estado (CFE)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ser una empresa productiva, eficiente y transparente en el manejo de sus recursos. 2. No incurrir en pérdidas económicas para el gobierno. 3. Cumplir con su objeto de servicio al usuario. 4. Contribuir al cumplimiento de los objetivos nacionales e internacionales en materia de energías limpias. 	1. Recursos escasos para cumplir con las responsabilidades vigentes y nuevas que le son atribuidas por el gobierno.
Comunidad internacional (Banca de desarrollo, Agencias internacionales)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acompañar y documentar la experiencia de instrumentos públicos como los CELs para tener casos de referencia frente a otros países. 2. Otorgar financiamiento al gobierno mexicano para proyectos relacionados con la generación de electricidad baja en carbono. 3. Otorgar apoyo técnico para nuevos mercados en energías limpias. 	1. Falta de interés por parte del país para generar cualquier tipo de colaboración en materia de energías limpias.
Empresas de energías renovables / limpias	<ol style="list-style-type: none"> 1. Incrementar sus ganancias. 2. Identificar nuevos mercados. 3. Consolidarse en el mercado de las energías limpias / renovables 	1. Incertidumbre y escasa comprensión de su posible participación en mercado de CELs.

Tabla 3.3 Actores involucrados en la política CELs en México

Fuente: Elaboración propia

Por su parte, en la **Figura 3.4** se presenta un análisis de causas y efectos que permite identificar una problemática central: la baja participación de energías limpias en la matriz energética nacional.

En torno a esta problemática, la causa predominante obedece a la falta de inversión (raíces del árbol) y las consecuencias, se vinculan al panorama internacional en el que México se encuentra inmerso; promoción de políticas públicas que contribuyan a una Transición Energética hacia la sustentabilidad energética y, por ende, la mitigación del cambio climático (ramas del árbol).

En ese sentido, los CELs inciden directamente sobre la causa principal del problema: la inversión. Por lo que, la ausencia o fortalecimiento de un Instrumento de política pública como los CELs, podría tener efectos directos asociados a las energías limpias que considera aspectos multidimensionales; económicos, sociales, energéticos y ambientales.

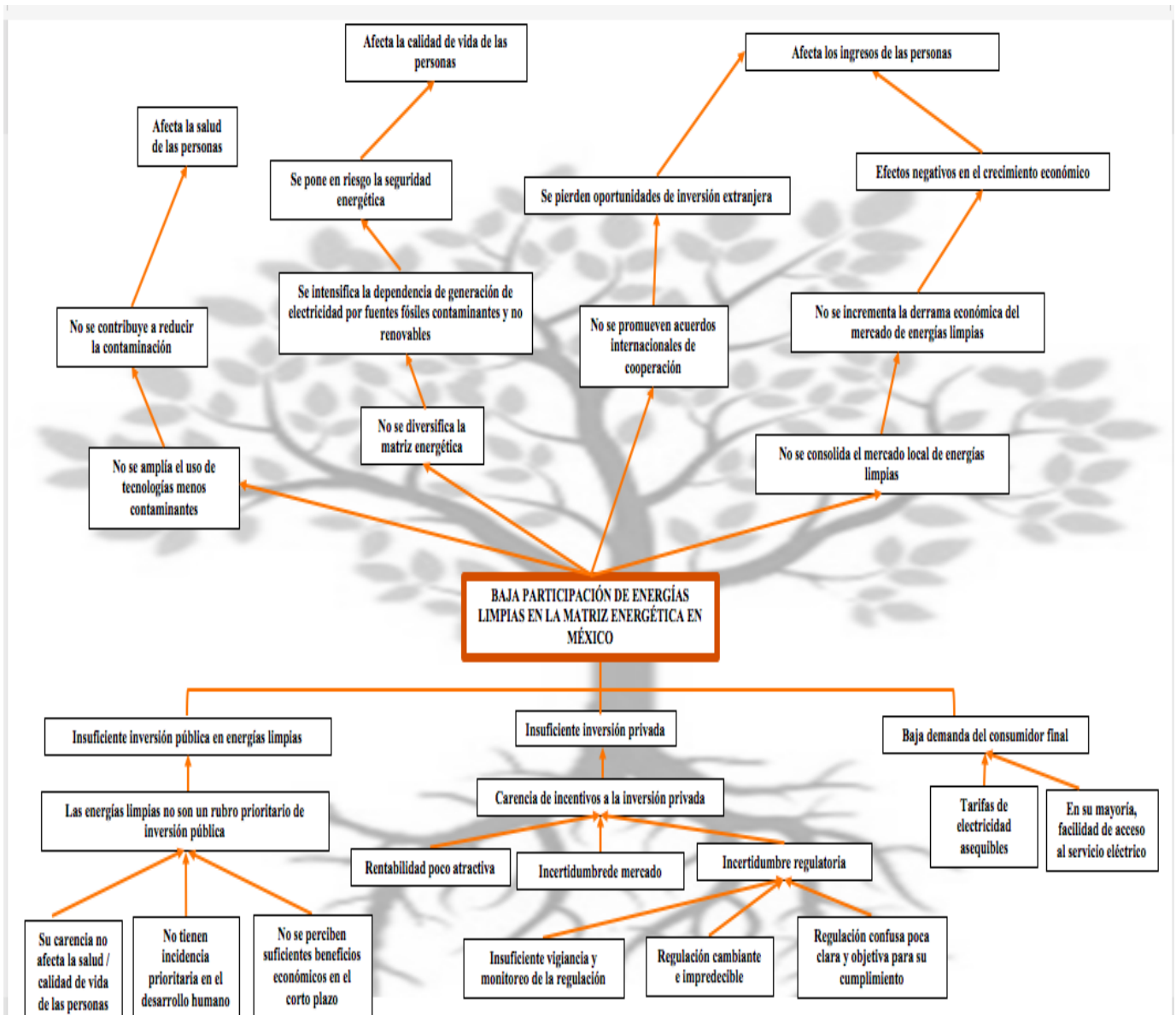


Figura 3.4 Árbol de problemas en torno a los CELs
Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 4. El impacto de los certificados de energías limpias en México

Para medir el impacto de los Certificados de Energías Limpias (CELs), se tomará en consideración la influencia positiva que este Instrumento puede ejercer sobre los indicadores base del ETI referidos en la **Figura 2.3**. Y con ello, abonar al avance de la Transición Energética de México en forma sostenible.

Para realizar citado análisis, en el presente capítulo se observará el efecto de los CELs en los siguientes aspectos:

- Generación de electricidad con fuentes renovables
- Capacidad instalada de generación con fuentes limpias
- Confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional

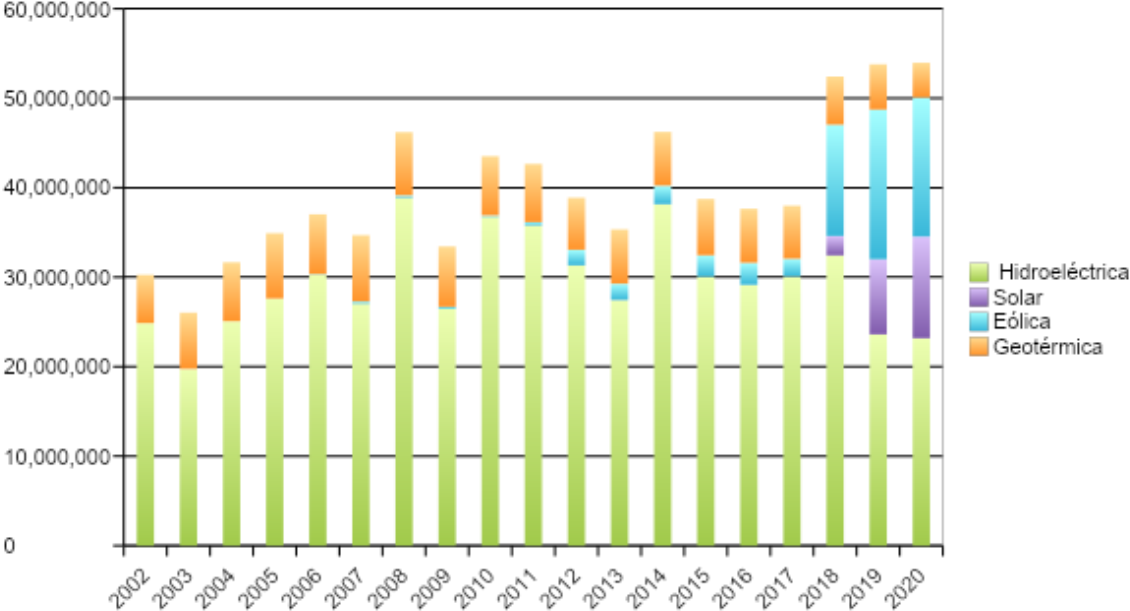
De esta manera, se construirá un panorama generalizado del impacto de los CELs en México durante su periodo de implementación en un marco de Transición Energética sostenible.

4.1 Las políticas públicas y las fuentes renovables para generación de electricidad

América Latina y el Caribe poseen una de las matrices de generación eléctrica más limpias a nivel mundial (60% de energía renovable al 2015), la cifra agregada está fuertemente ponderada por la participación de hidroeléctricas (CEPAL, 2021).

Durante el periodo 2002 - 2020 la energía hidráulica se constituyó como la principal fuente renovable de generación eléctrica en México. En segundo lugar, se encontró la geotermia y, en último lugar, las fuentes eólicas y solares que se empezaron a desarrollar significativamente a partir del 2018. En la **Gráfica 4.1** se observan tres incrementos relevantes en la participación renovable durante este periodo que además concuerdan con la publicación e implementación de ciertos instrumentos de política pública. El incremento de 2008 coincide con la publicación de la LAERFTE que constituyó el primer mandato federal orientado al tema específico de las energías renovables, así como la creación del Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE) y el Fondo para la Sustentabilidad Energética (FSE); instrumentos de apoyo financiero orientados a promover inversiones en investigación y desarrollo de proyectos en la materia. El incremento de 2014 coincide con la implementación de la Reforma

Energética del 2013¹⁹ que estableció el mandato de la Ley de la Industria Eléctrica y la Ley de Energía Geotérmica las cuales tienen por objeto, entre otros aspectos, impulsar una mayor participación de las energías limpias (incluye renovables) en la matriz energética nacional. Finalmente, el incremento que se observa en 2018 coincide con el inicio de los compromisos de adquisición de CELs por parte de los sujetos obligados²⁰ que es el punto de partida del periodo de implementación de este Instrumento.



Gráfica 4.1 Generación Eléctrica con Fuentes Renovables en México
Fuente: Propia con base en SIE 2020, SENER 2019 y SENER 2020.

4.1.1 Los impulsores de las fuentes renovables para generación de electricidad

Para los fines del presente documento, se identifican como “impulsores” aquellas intervenciones en las que el Gobierno Federal destina recursos monetarios a políticas, proyectos y/o programas focalizados en la promoción y el desarrollo de las

¹⁹ La Reforma Energética mexicana del 2013 considera las “reformas a los artículos 25, 27 y 28 de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos que fueron aprobadas a finales de diciembre de 2013 y las leyes reglamentarias emitidas el año siguiente” (Rousseau Isabelle, 2019). Algunos de los objetivos de la Reforma Energética consisten en “propiciar mayor desarrollo industrial y económico, además de atender la seguridad energética, así como la sustentabilidad del sector” (Rousseau Isabelle, 2019).

²⁰ El Requisito de Certificados de Energías Limpias correspondiente al periodo de obligación 2018 inició en 5% del consumo de los Centros de Carga para las centrales eléctricas obligadas de acuerdo con el AVISO por el que se da a conocer el requisito para la adquisición de Certificados de Energías Limpias en 2018 publicado en el DOF 31/03/2015.

energías renovables. Para efectos del presente análisis, consideraremos particularmente como “Impulsores de las Energías Renovables” (IREN) las inversiones públicas relevantes incluidas en el Presupuesto de Egresos de la Federación destinadas a la ejecución de políticas y programas que promueven las energías renovables en México.

Específicamente, IREN se observa como una variable explicativa o independiente que concentra los presupuestos de tres instrumentos relevantes de política pública: 1) FOTEASE; 2) Proyectos e Investigaciones del Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL); y, 3) Certificados de Energías Limpias (CELs). De esta manera, IREN considera una perspectiva general y representativa debido a que estos instrumentos clasifican en diferentes categorías de política pública. De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía, “inicialmente las inversiones en energía renovable se impulsan por políticas regulatorias²¹ [...] y las políticas no regulatorias²² respaldan el despliegue de estas inversiones” (IEA, 2018). Además de la implementación, existen “políticas habilitadoras relacionadas con [...] I&D, entre otras [...] que se combinan ampliamente con políticas implementadoras a medida que los países analizan la dimensión socioeconómica de la Transición Energética”. (IEA, 2018). Dentro de esta clasificación, la operación del FOTEASE podría identificarse como una política no regulatoria²³, los CELs como política regulatoria y, los trabajos de investigación del INEEL como parte de una política habilitadora relacionada con I&D (**Figura 4.1**).

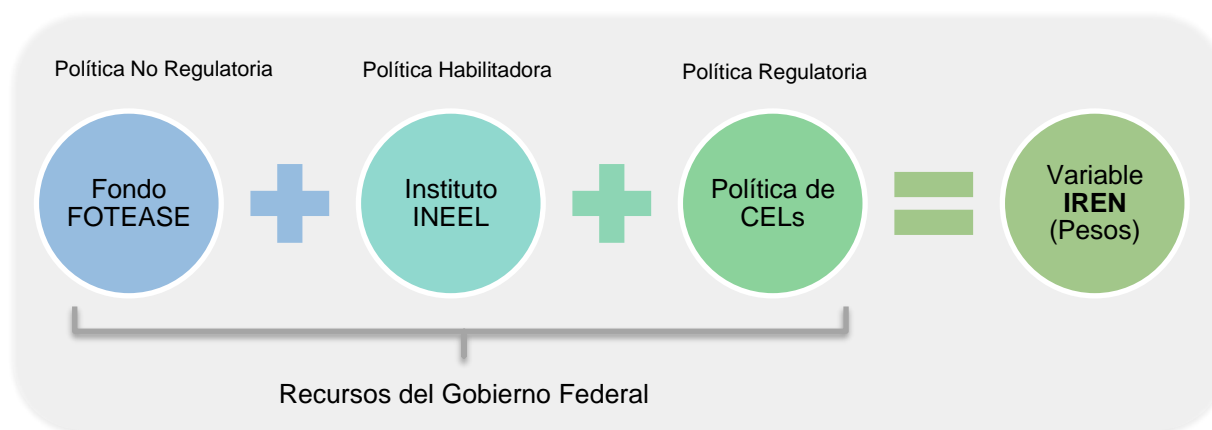


Figura 4.1 Componentes de la variable IREN
Fuente: Elaboración propia.

²¹ Políticas regulatorias: Cuotas y certificados, Instrumentos de fijación de precios establecidos administrativamente, Instrumentos de precios establecidos de forma competitiva, Instrumentos de fijación de precios establecidos administrativamente, Medición / facturación neta, Provisiones legales, Políticas de precios.

²² Políticas no regulatorias: Incentivos financieros y fiscales (Incentivos fiscales, subsidios de capital, préstamos atractivos, mitigación de riesgos), Programas Voluntarios.

²³ El FOTEASE se crea para apoyar el cumplimiento de una estrategia nacional en materia de energías renovables la cual, forma parte de una política regulatoria al considerar acciones que establecen estándares, proyectos y programas que conducen el desarrollo de estas energías.

Por su caracterización, se esperaría que la variable IREN tuviera impactos positivos en la generación eléctrica con fuentes renovables a partir del 2008, considerando la política pública relevante en la materia, así como los resultados reportados en los últimos años. “Del 2008 al 2019 el FOTEASE ha destinado cerca de 9.2 mil millones de pesos para la ejecución de más de 53 proyectos, de los cuales, cerca del 26% se han orientado al impulso de las energías renovables” (Secretaría de Energía. FOTEASE, 2019). El INEEL se constituye en el 2016 como un centro de investigación del sector eléctrico que busca, entre otros aspectos, “desarrollar nuevas tecnologías y procesos en materia de energías renovables” (Decreto, 2016). Al 2019 el INEEL ha trabajado en más de 82 proyectos de investigación y desarrollo tecnológico enfocados a diversos temas relacionados con el Sistema Eléctrico Nacional entre los que se encuentra la generación de energías limpias (Secretaría de Energía. Informe de Labores, 2020). La política de CELs establecida como un “mecanismo que permita cumplir la política en materia de diversificación de fuentes de energía, seguridad energética y la promoción de fuentes de energías limpias” se ha instrumentado a través de subastas de largo plazo específicas para su comercialización (LIE, 2014). Al 2020 se han realizado tres subastas anuales consecutivas en 2015, 2016 y 2017 lo cual implica la construcción de “65 proyectos nuevos de generación que acreditan con CELs la incorporación de 20.1 millones de MWh de generación con fuentes limpias²⁴” (CFE, 2017).

El interés por reducir las emisiones contaminantes de la actividad de generación eléctrica forma parte crucial de los compromisos internacionales adquiridos en materia de Cambio Climático. “Los sistemas eléctricos deben buscar reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Esto se logra sustituyendo las tecnologías que consumen combustibles fósiles por energías renovables; de esta forma, se contribuiría significativamente a reducir los impactos del calentamiento global” (Berrío-Monsalve, et.al., 2015). Sin embargo, el comportamiento de las emisiones no solo debería ser un impacto observado en consecuencia, “los niveles de emisiones de CO₂ deberían fomentar y conducir el uso de recursos más limpios como las energías renovables” (Cardoso, 2012). Inclusive, el comportamiento de las emisiones de CO₂ se considera desde el diseño de la política pública. Por ejemplo, recientemente se ha prestado mucha atención al uso de modelos de optimización tales como Programación Lineal de Enteros Mixtos (MILP, por sus siglas en inglés) para la planificación de la generación de energía de sistemas eléctricos considerando las emisiones de CO₂ (Rego, et.al., 2020). Monitorear el comportamiento incremental de las emisiones de CO₂ debería ser uno de los ejes de la política pública en aras de focalizar o incrementar sus “impulsores” hacia una

²⁴ 1 CEL = 1MWh de acuerdo con los Lineamientos que establecen los criterios para el otorgamiento de Certificados de Energías Limpias y los requisitos para su adquisición, 2014.

generación de electricidad más limpia. En ese sentido, se consideran las emisiones contaminantes de la generación eléctrica (CO₂) durante el periodo 2002-2020, como una variable explicativa a la generación de electricidad con fuentes renovables.

Por otro lado, “la relación entre el consumo de energía, las emisiones contaminantes y el crecimiento económico se encuentra bien definida en la literatura. Varios enfoques demuestran que el desarrollo económico inicialmente conduce al deterioro del medio ambiente” (Cucchiella, 2018) por ello, la importancia de utilizar tecnologías cada vez más limpias de generación. Asimismo, resalta la conveniencia de utilizar fuentes renovables para satisfacer la nueva demanda energética. “En países de la OCDE las tecnologías sucias están más arraigadas. Esto refleja los altos costos de retirar las centrales eléctricas de combustibles fósiles existentes” (Ivanovski, et.al., 2020). Otros países que incluyen una participación significativa de fuentes renovables consideran ineludiblemente continuar con el uso de tecnología limpia. “Las fuentes renovables en Brasil representan el 80%. Ante un crecimiento en consumo eléctrico, la expansión de fuentes renovables es crucial para reducir las emisiones de CO₂. Su plan de expansión eléctrica parece adecuado para cumplir sus compromisos de emisiones” (Rego, et.al., 2020). México por su parte, ha incrementado su consumo de electricidad, en el 2000 la electricidad representó el 14.5% del consumo final ubicándose en el tercer lugar después de las gasolinas y el diesel (SENER. Estrategia de Transición, 2020). Para el 2017 se posicionó como el segundo energético de mayor consumo con 17.4% de participación. Un año más tarde la electricidad incrementó significativamente, representando el 30.4% del consumo final (SENER. Balance, 2018). En ese sentido, se considera el consumo final de energía (CE) como una variable explicativa de la generación de energía renovable con la finalidad de observar si estas fuentes limpias, están atendiendo o no la nueva demanda eléctrica.

4.1.2 Los Certificados de Energías Limpias como impulsor de la generación eléctrica con fuentes renovables: metodología y resultados

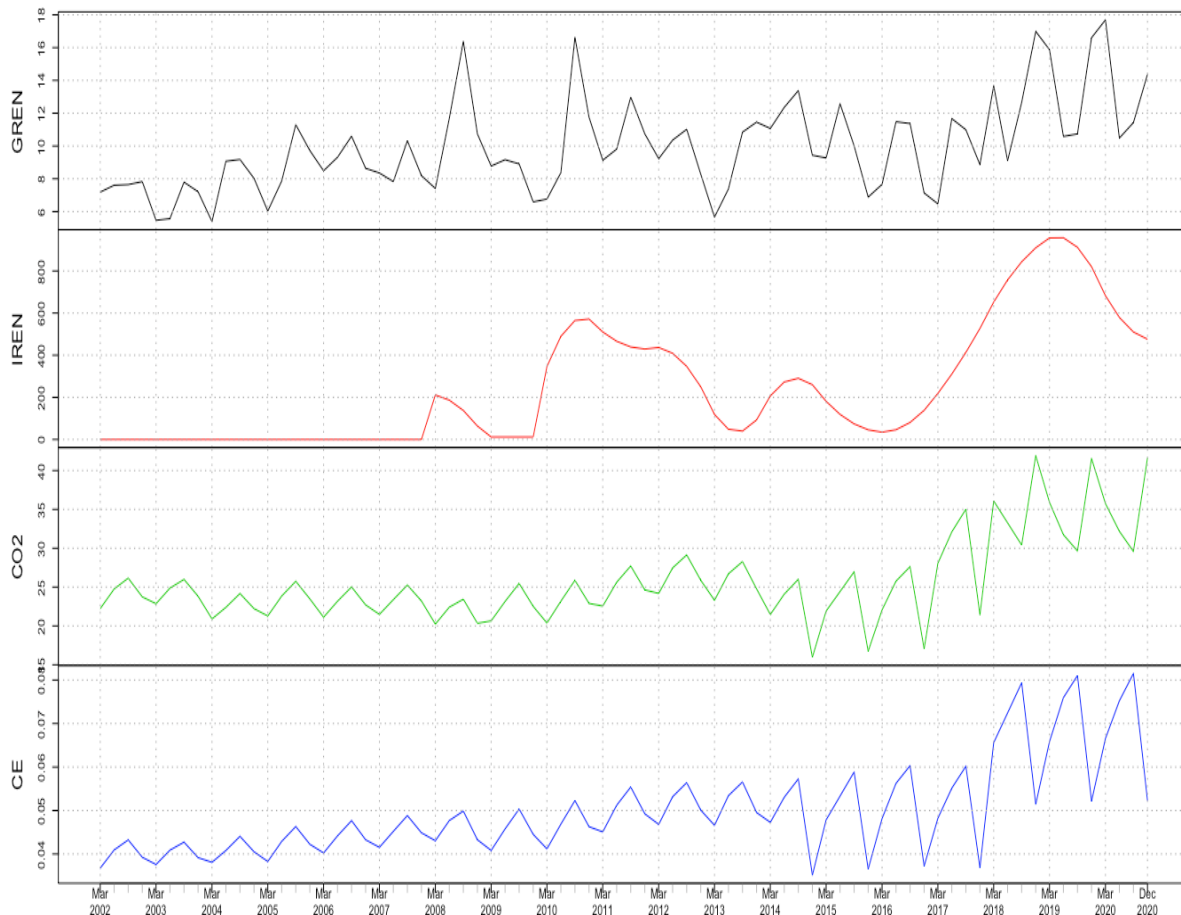
Para observar la relación que han tenido las políticas públicas durante el periodo 2002-2020 respecto a la generación eléctrica con fuentes renovables (GREN), se plantea un Modelo de Regresión en donde GREN será la variable dependiente y las siguientes variables explicativas:

- a) “Impulsores” de las energías renovables entre los cuales se consideran los CELs (IREN);
- b) Emisiones contaminantes derivadas de la generación eléctrica (CO₂); y,
- c) el consumo final de energía (CE).

Los datos de las variables GREN, CO₂ y CE se obtienen en forma trimestral de la fuente de origen para el periodo 2002 al 2017. Para los años posteriores 2018-2020 se toman los datos anuales disponibles, los cuales, se transforman en trimestrales para completar el periodo. Los datos de la variable IREN se obtienen anuales y se transforman a trimestrales para todo el periodo²⁵.

En el **Gráfica 4.2** se observa el comportamiento de cada variable durante el periodo. En las variables GREN, CO₂ y CE gráficamente se vislumbra cierta estacionariedad en los datos efecto que no se aprecia tan evidente en la variable IREN en donde gran parte del movimiento incremental se observa en los últimos años.

²⁵ Para la obtención de series trimestrales a partir de observaciones anuales, se emplea el método de desagregación temporal propuesto por Denton (1971) con la modificación de condición inicial propuesta por Cholette (1984) implementado en la librería tempdisag del software estadístico R (<https://CRAN.R-project.org/package=tempdisagg>). Los resultados obtenidos fueron comparados con los métodos alternativos Chow-Lin, Santos.Silva-Cardoso, Fernandez, Litterman y Denton, disponibles en tempdisag, sin observar diferencias significativas en el modelo calibrado.



Gráfica 4.2 Comportamiento de las variables del modelo 2018-2020
Fuente: Elaboración propia.

La **Tabla 4.1** presenta las principales estadísticas descriptivas de las series trimestrales utilizadas. Durante el periodo, se puede observar que, en promedio, la generación renovable en México ha sido de 9 millones de MWh por trimestre y se duplica cuando alcanza su nivel máximo²⁶. La variable IREN muestra un alto valor en la varianza de los datos, lo cual se explica por el desfase que existe en las etapas de ejecución de las políticas públicas consideradas, las cuales, afectan positivamente el presupuesto total a partir del 2017. La variable CO2 muestra importantes variaciones y al igual que la variable GREN, duplica su valor en el rango máximo respecto al promedio.

Con relación a la desviación estándar se puede observar que la variable CE es la que presenta un menor rango de dispersión entre los datos que representa una

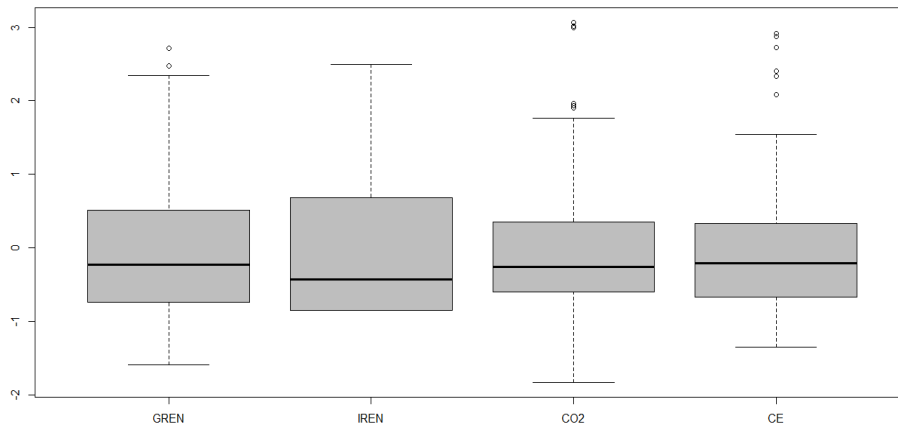
²⁶ De acuerdo con el PRODESEN 2018-2032 la generación por fuentes renovables en un año (2016) fue de 49,244 GWh equivalente a 49.2 millones de MWh al año lo que representa en promedio 12.3 millones al trimestre.

distancia promedio de 10 mil GWh, lo que es de esperarse al considerar que la demanda de electricidad mantiene incrementos constantes que obedecen a las necesidades de la población.

	GREN (MWh)	IREN (Pesos)	CO2 Toneladas	CE GWh
Mínimo	5.38	0.00	15.95	0.03
Máximo	17.68	957.53	41.91	0.08
Media	9.94	243.23	25.66	0.04
Mediana	9.29	118.94	24.29	0.04
Desviación Estándar	2.85	286.22	5.29	0.01

Tabla 4.1 Información estadística de las variables del modelo (Millones)

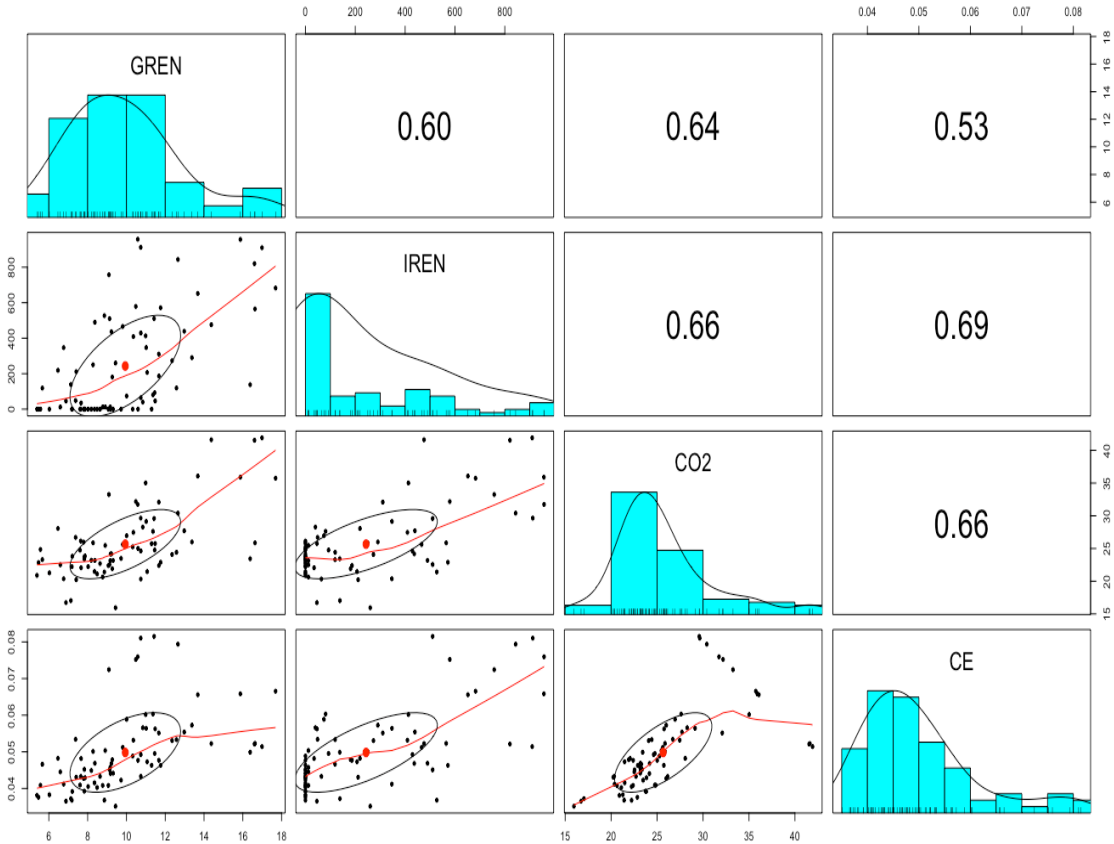
En la **Gráfica 4.3** se puede observar una mayor dispersión en los datos de la variable IREN con presencia de un dato preponderante, lo que se justifica por una discontinuidad de las inversiones públicas vinculado a periodos de implementación de política pública que se acentúa en los últimos años. Por otro lado, los datos de las variables CO2, CE y GREN se visualizan menos dispersos con relación a IREN con la presencia de diversos datos atípicos, lo cual es de esperarse por ser información vinculada a un comportamiento sostenido derivado del uso y requerimiento de la energía a nivel nacional.



Gráfica 4.3 Diagrama de caja con datos estandarizados
Fuente: Elaboración propia.

En lo referente a la correlación entre variables, en la **Gráfica 4.4** se puede observar que la relación más fuerte se presenta entre las variables IREN y CE. Por otro lado, la correlación entre las variables CO2 y CE también es significativa lo cual se

sustenta en la destacada vinculación que existe entre el consumo final de energía y las emisiones de CO2 que se derivan en consecuencia. La relación más débil se observa entre GREN y CE sin embargo por los valores que se presentan (por arriba del 0.5), todas las correlaciones observadas son significativas.



Gráfica 4.4 Dispersión y correlación entre variables.
Fuente: Elaboración propia.

Para analizar las variables mencionadas anteriormente se utilizará un proceso econométrico basado en el Modelo Auto Regresivo de Rezagos Distribuidos (ARDL por sus siglas en inglés) que permitirá observar la relación entre la Generación Eléctrica con Fuentes Renovables (GREN), las inversiones públicas realizadas por el gobierno mexicano a través de las políticas públicas IREN, las emisiones CO2; y el CE. En ese sentido, la relación funcional entre la generación de energía renovable y el resto de las variables se establece como sigue:

$$GREN = f(GREN_{t-i}, IREN, CO2, CE)$$

Selección del Modelo ARDL

La selección de la metodología utilizada para los datos de series de tiempo se basó principalmente en observar si los datos presentan estacionariedad. “Los métodos utilizados para analizar las series temporales estacionarias no pueden utilizarse para analizar las series no estacionarias [...] los modelos de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) o Autorregresivos Vectoriales (VAR) pueden proporcionar estimaciones insesgadas” (Shrestha Min B, 2018). De acuerdo con la **Figura 4.2** se observa que si todas las variables de interés son estacionarias la metodología resulta sencilla, no así cuando ocurre el caso contrario, o bien, se tienen variables de tipo mixto.

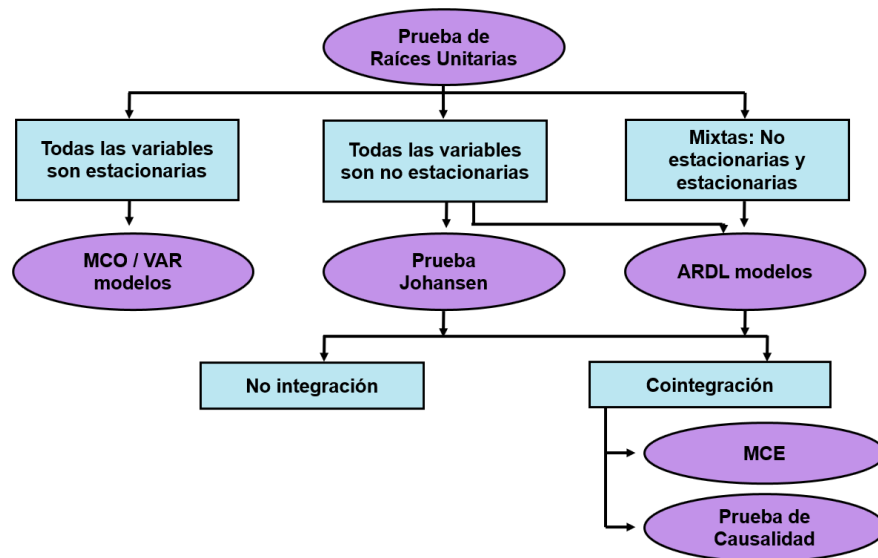


Figura 4.2 Selección de métodos para datos de series temporales

Fuente: Traducción al español de (Shrestha Min B., 2018).

Notas: MCO: Mínimos Cuadrados Ordinarios; VAR: Vector Autorregresivo; ARDL: Retrasos Autorregresivos Distribuidos; MCE: Modelos de Corrección de Errores.

En ese sentido se utiliza la prueba *Dickey-Fuller* que detecta la presencia o ausencia de raíces unitarias en las variables del Modelo y con ello, determinar la metodología apropiada. La hipótesis nula de esta prueba afirma que con la presencia de raíces unitarias se trata de una serie no estacionaria²⁷. En la **Tabla 4.2** se muestran los

²⁷ Quantitative MicroSoftware. «EViews Help: Unit Root Testing». www.eviews.com

resultados de esta prueba, en donde se confirma que todas las variables del modelo GREN, IREN, CO y CE en su versión original de orden $I(0)$ son series no estacionarias.

Variables	DF valor	Tipo	Valores Críticos	Raíz Unitaria
<i>GREN</i>	-2.624	“Drift”	-2.89	Si
Δ <i>GREN</i>	-12.820	“None”	-1.95	No
<i>IREN</i>	-2.36	“Drift”	-2.89	Si
Δ <i>IREN</i>	-3.793	“None”	-1.95	No
<i>CO</i>	-1.108	“Drift”	-2.89	Si
Δ <i>CO</i>	-11.856	“None”	-1.95	No
<i>CE</i>	-1.927	“Drift”	-2.89	Si
Δ <i>CE</i>	-10.946	“None”	-1.95	No

Tabla 4.2 Resultados de la prueba *Dickey-Fuller*
Fuente: Elaboración propia

Notas: “Drift” añade un intercepto a la serie. “None” no incluye ningún intercepto ni tendencia. Los valores críticos corresponden al 5% (5pct) de significancia. Δ se refiere al operador de primeras diferencias de la serie de orden $I(1)$.

El modelo ARDL permite estimar de manera simultánea relaciones de corto y largo plazo entre las variables, utilizando para ello, la prueba de límites o *Bound Test*. Para probar la existencia de una relación entre una variable dependiente y un conjunto este tipo de pruebas demuestran ser consistentes (Pesaran et al., 2001).

Adicionalmente se utiliza la prueba de *Granger* para determinar la presencia de causalidad que permite evaluar si una variable le antecede a otra en una serie temporal y con ello, profundizar en las relaciones entre las variables. En la **Tabla 4.3** se observa que al menos dos variables causan a GREN y que ninguna variable causa a IREN. Al respecto, se considera que los valores de IREN pudieran ser la expresión presupuestaria de una decisión de gobierno determinada anualmente que no considera el comportamiento de las emisiones de CO₂, el Consumo de Energía o la propia generación limpia en el tiempo.

Hipótesis de aceptación	F-Estadístico	Valor p (<i>p-value</i>)
HA: IREN si causa a GREN	9.329	3-172e-05 (***)
H0: CO2 no causa a GREN	1.556	0.208
HA: CE si causa a GREN	3.664	0.016 (*)
H0: GREN no causa a IREN	0.294	0.828
H0: CO2 no causa a IREN	2.420	0.073
H0: CE no causa a IREN	1.801	0.155
HA: GREN si causa a CO2	18.275	9.687e-09 (***)
HA: IREN si causa a CO2	2.94	0.039 (*)
H0: CE no causa a CO2	2.164	0.100
H0: GREN no causa a CE	1.006	0.395
HA: IREN si causa a CE	7.065	0.0003 (***)
HA: CO2 si causa a CE	2.966	0.0382 (*)

Tabla 4.3 Resultados de la prueba de causalidad de *Granger*
Fuente: Elaboración propia

Con los resultados de las pruebas destaca la ventaja de utilizar para este análisis el modelo ARDL el cual, puede ser aplicado cuando las variables mantienen distintos órdenes de integración; una mezcla entre I(0) y I(1). Adicionalmente, el modelo ARDL gestiona el problema de endogeneidad²⁸ incorporando rezagos de las variables independientes, así como de la variable dependiente.

Estimación del Modelo ARDL

Para efectos del presente análisis el modelo ARDL considera variables rezagadas hasta orden 3 y se estructura de la siguiente manera:

$$\Delta (GREN_t) = c + \sum_{i=1}^n a_i \Delta GREN_{t-i} + \sum_{i=1}^o b_i \Delta IREN_{t-i} + \sum_{i=1}^p c_i \Delta CO2_{t-i} + \sum_{i=1}^q d_i \Delta CE_{t-i} + \lambda GREN_{t-1} + \beta IREN_{t-1} + \alpha CO2_{t-1} + \varepsilon CE_{t-1} + u_{it} \quad \text{Ecuación (4.1)}$$

²⁸ Una variable es endógena cuando sus valores están determinados dentro del modelo y es predeterminada o exógena cuando sus valores se determinan fuera del modelo. Cuando una variable independiente es endógena en un modelo de regresión y esto no se corrige, los estimadores son sesgados e inconsistentes (González, 2006).

donde el término no observable de u_{1t} corresponde al proceso de error, los valores de $n, o, p, q \leq 3$ denotan el número de rezagos utilizados para cada variable. La relación de largo plazo entre las variables se expresa mediante los coeficientes a_i, b_i, c_i y d_i , mientras que los coeficientes λ, β, α y ε capturan la relación de corto plazo entre las variables independientes y la variable dependiente.

Para determinar el número adecuado de rezagos a considerar, se utilizó el criterio de Akaike (AIC, por sus siglas en inglés). Las opciones dentro del valor mínimo de AIC se consideran competitivos (Brockwell et. al, 2009), en ese sentido, la **Tabla 4.4** muestra la pertinencia de utilizar un máximo de tres rezagos.

Posición	GREN	IREN	CO2	CE	AIC
1	2	3	2	3	290.4584
2	2	3	2	2	290.6494
3	2	3	3	2	292.0574
4	1	3	2	2	292.2346
5	2	3	3	3	292.4575
6	1	3	2	3	293.3241
7	3	3	3	3	293.8683
8	1	3	3	2	294.0901
9	2	2	2	2	301.7504
10	1	2	2	2	304.4524
11	1	2	2	1	309.9152
12	1	2	1	1	322.4815
13	1	1	1	1	326.0632

Tabla 4.4 Resultados del criterio AIC
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se utiliza el Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) para obtener los estimadores de la Ecuación (4.1). En la **Tabla 4.5** se presentan los resultados que muestran que las variables GREN con 1 rezago; IREN con 2 y 3 rezagos; CO2 con 2 rezagos; y, CE con 2 rezagos, son significativas de acuerdo con sus *valores p*. En términos generales, los valores de R^2 y R^2 ajustada se obtienen por arriba del 0.5 lo cual nos indica que el modelo se explica en un 60% por las variables IREN, CO2 y CE.

Variable Dependiente: GREN				
Variables independientes	Estimación	Error estándar	Estadística t	Valor p (p -value)
GREN (-1)	0.303	0.102	2.965	0.004 (**)
GREN (-2)	-0.273	0.135	-2.017	0.048 (*)
IREN	-0.003	0.003	-0.914	0.364
IREN (-1)	0.002	0.006	0.389	0.699
IREN (-2)	0.013	0.006	2.213	0.030(*)
IREN (-3)	-0.012	0.003	-3.283	0.001(**)
CO2	0.130	0.075	1.739	0.087(.)
CO2 (-1)	-0.141	0.686	-2.055	0.044(*)
CO2 (-2)	-0.224	0.067	-3.350	0.001(**)
CE	78.210	29.959	2.611	0.011(*)
CE (-1)	43.452	28.812	1.508	0.136
CE (-2)	117.674	32.237	3.650	0.0005(***)
CE (-3)	39.507	29.466	1.341	0.185
R2	0.744			
R2 ajustada	0.68			

Tabla 4.5 Estimaciones de los coeficientes asociados a la Ecuación (1) por el modelo ARDL
Fuente: Elaboración propia

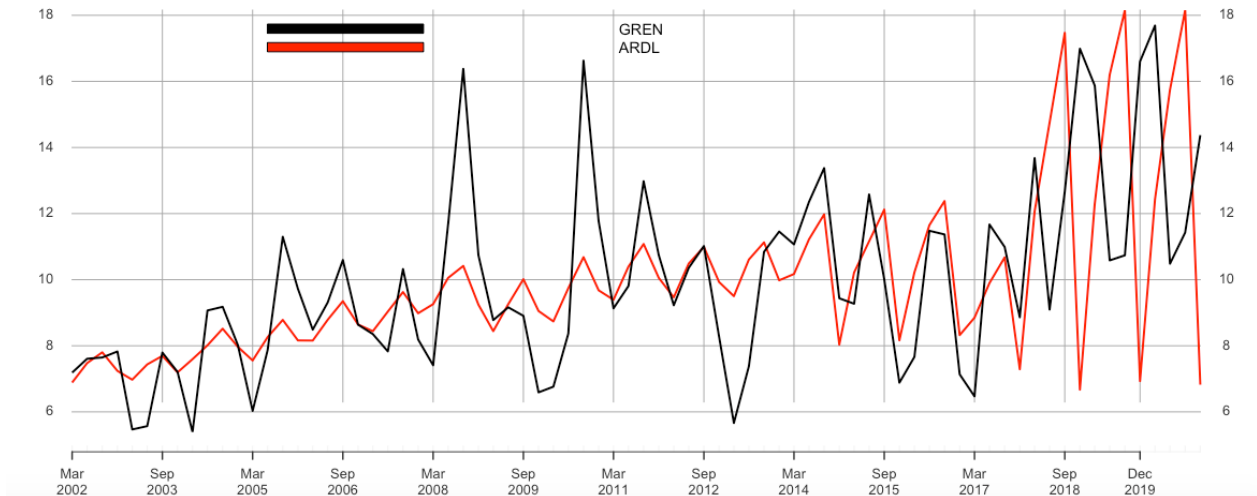
Para validar los resultados, se aplican pruebas formales que demuestran la eficiencia de los estimadores obtenidos a través de la verificación de los supuestos del modelo en términos de; no autocorrelación, homocedasticidad (varianza constante) y normalidad del proceso de error (u_{it}), así como cointegración de las variables.

En la **Tabla 4.6** se incluyen los valores de la estadística de la prueba calculada y el valor p asociado a las pruebas de los principales aspectos de diagnóstico del modelo calibrado, en donde se observa que, en todos los casos, el valor p es menor al valor estadístico y con ello, se acepta la Hipótesis que otorga validez al supuesto evaluado para cada caso.

Prueba	Valor de la estadística	Valor p	Supuesto evaluado
Ljung-Box	0.515	0.472	Autocorrelación cero
Durbin-Watson	1.830	0.333	Autocorrelación cero
Breusch-Godfrey	1.395	0.497	Autocorrelación cero
Breusch-Pagan	8.177	0.831	Homocedasticidad
Goldfeld-Quandt	2.181	0.071	Homocedasticidad
Harrison-McCabe	0.380	0.088	Homocedasticidad
Jarque-Bera	12.862	0.014	Normalidad
Anderson-Darling	0.556	0.145	Normalidad
Shapiro-Wilk	0.950	0.012	Normalidad
Pasaran-etal	9.244	0.000001	Cointegración

Tabla 4.6 Resultados de las pruebas diagnóstico del modelo definido por la Ecuación (1)
Fuente: Elaboración propia

Con los resultados de la Tabla 4.6 se comprueba la existencia de una relación a largo plazo entre las variables GREN, IREN, CO2, y CE. En ese sentido, la **Gráfica 4.5** muestra la trayectoria de la variable GREN con la estimación del modelo por el método ARDL que muestra la relación de cointegración. En consecuencia, se establecerá un Modelo de Corrección de Errores que nos permita observar la relación de estas variables en el corto plazo.



Gráfica 4.5 GREN vs Relación de Cointegración ARDL.
Fuente: Elaboración propia.

Modelo de Corrección de Errores: Relación de Corto Plazo

Para observar la relación de corto plazo entre las variables, se considera la expresión de la relación funcional $GREN = f(GREN_{t-i}, IREN, CO2, CE)$ en su forma lineal simple:

$$GREN_t = c + X_1 GREN_{t-1} + \theta_1 IREN_t + \kappa_1 CO2_t + z_1 CE_t + u_{2t} \quad \text{Ecuación (4.2)}$$

Se estructura el Modelo de Corrección de Errores (MCE) con base en la Ecuación (4.1) sustituyendo las variables que representan el largo plazo por el término retardado de un año MCE (-1).

$$\Delta(GREN_t) = c + \sum_{i=1}^n a_i \Delta GREN_{t-i} + \sum_{i=1}^o b_i \Delta IREN_{t-i} + \sum_{i=1}^p c_i \Delta CO2_{t-i} + \sum_{i=1}^q d_i \Delta CE_{t-i} + v_1 MCE_1(-1) + u_{3t} \quad \text{Ecuación (4.3)}$$

Se utiliza el Método de MCO para obtener los estimadores de la **Ecuación (4.3)**. En la **Tabla 4.7** se presentan los resultados que muestran valores p significativos de todas las variables en diferentes niveles de rezagos. En términos generales, los valores de R^2 y R^2 ajustada se obtienen por arriba del 0.5 lo cual nos indica que el modelo se explica en un 60% por las variables $GREN_{t-i}$, IREN, CO2 y CE.

Variable Dependiente: GREN				
Variables independientes	Estimación	Error estándar	Estadística t	Valor p
L(GREN (-1))	-9.702e-01	1.495e-01	-6.490	1.96e-08 (***)
L(IREN (-1))	3.627e-04	1.874e-03	0.194	0.847
L(CO2 (-1))	-2.348e-01	1.088e-01	-2.157	0.035 (*)
L(CE (-1))	2.788e+2	6.988e+01	3.990	0.0001 (***)
d(L(GREN (-1)))	2.739e-01	1.358e-01	2.017	0.048 (*)
d(IREN)	-3.304e-03	3.613e-03	-0.0914	0.364
d(L(IREN (-1)))	-1.254e-03	4.047e-03	-0.310	0.757
d(L(IREN (-2)))	1.273e-02	3.876e-03	3.283	0.001 (**)
d(CO2)	1.309e-01	7.528e-02	1.739	0.087(.)
d(L(CO2 (-1)))	2.245e-01	6.702e-02	3.350	0.001 (**)
d(CE)	7.821e+01	2.996e+01	2.611	0.011 (*)
d(L(CE (-1)))	-1.572e+02	4.379e+01	-3.590	0.0006 (***)
d(L(CE (-2)))	-3.951e+01	2.947e+01	-1.341	0.185
R2	0.753			
R2 ajustada	0.699			

Tabla 4.7 Estimaciones de los coeficientes asociados a la Ecuación (3) por el modelo MCE
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, para confirmar la relación de las variables de la Ecuación 3 en el largo plazo, se aplica la prueba de límites de Pesaran et al. (2001). Los resultados de la **Tabla 4.8** muestran la existencia de cointegración en el largo plazo.

Variable Dependiente	Estadístico F	Valor p
d(GREN)	11.483	1e-06

Tabla 4.8 Prueba límites de Pesaran (2001)
Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Conclusiones de la participación de los Impulsores en la generación renovable.

Desde una perspectiva general, durante el periodo de análisis se observaron significativos incrementos en la generación renovable cercanos a la promulgación de reformas energéticas mexicanas del 2008 y 2013. Con lo cual, se podría tener una expectativa favorable para generar escenarios propicios de inversión y preferencia por estas tecnologías. En ese sentido, el modelo ARDL nos permitió partir de un enfoque general utilizando un conjunto de variables que pueden incidir en la generación renovable para observar las más relevantes en forma particular; las políticas públicas consideradas en la variable IREN. Asimismo, el modelo

observó las relaciones de corto y largo plazo del conjunto de variables en su forma original y con rezagos trimestrales.

Los periodos de rezago de las variables explicativas se esperan en un sector como el energético que es intensivo en infraestructura e inversión. Sin embargo, el efecto sobre la generación renovable se observa en periodos menores a un año si consideramos que el modelo es significativo en un máximo de 3 rezagos trimestrales. La globalización en términos de tecnología y equipos para el aprovechamiento de energías renovables, así como la regulación local, pueden ser elementos favorecedores para no requerir tanto tiempo de ejecución en proyectos de mediana escala como los que contempla la variable IREN, lo cual puede tener un efecto demostrativo y catalizador de inversiones en energías renovables.

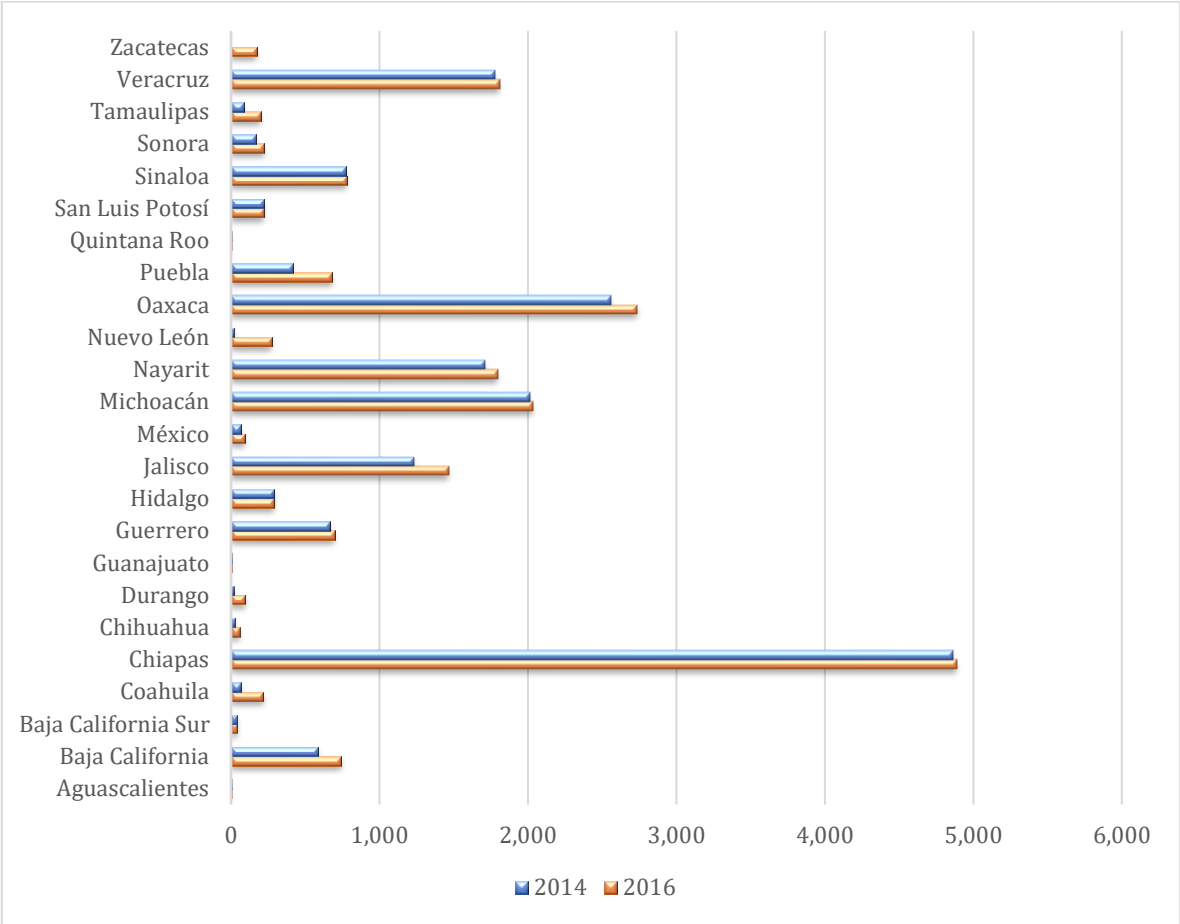
En lo relativo a las emisiones de CO₂, el modelo ARDL muestra que estas no constituyen un incentivo para la generación renovable. Por otro lado, se observa que, durante el periodo de análisis, la participación de las energías renovables se orienta principalmente a los incrementos del consumo final energético o nueva demanda, por lo que se podría descartar un enfoque hacia la sustitución de otras fuentes de generación como las fósiles.

Finalmente, para el objetivo de este análisis, se concluye que las políticas públicas identificadas como impulsores en IREN han manifestado una relación directa positiva sobre la generación renovable en México. La constitución de un Fondo para apoyar proyectos de inversión en materia de energías renovables como el FOTEASE, el establecimiento de un Instituto para la investigación y desarrollo tecnológico de las energías renovables como el INEEL y la instrumentación de un mecanismo de certificados como los CELs en su conjunto y combinación han construido un marco habilitador de la participación renovable en la matriz energética mexicana.

4.2 Análisis del efecto de los Certificados de Energías Limpias en la Capacidad Instalada de Energías Limpias

A nivel mundial la Capacidad Instalada de las Energías Limpias se ha mantenido al alza en los últimos años. Al 2022, “la energía eléctrica proveniente de fuentes fotovoltaicas ha sido la opción menos costosa para agregar nueva capacidad instalada de generación” (SENER, 2022). En el caso de México, la Capacidad Instalada de Energías Limpias ha manifestado esta tendencia en diversos momentos, específicamente durante el periodo de implementación de los CELs

2014-2016. En la **Grafica 4.6**, se observa un incremento en la mayoría de las Entidades Federativas del País resaltando el caso de Puebla, Oaxaca, Nuevo León, Jalisco, Coahuila y Baja California.



Gráfica 4.6 Capacidad Instalada de Energías Limpias.

Fuente: Elaboración propia con base en información obtenida de la base de datos de los permisos de generación de energía eléctrica de la CRE para los años 2014 y 2016 de la Solicitud de Acceso a la Información Número 1811100049121 “Capacidad instalada de energías renovables por entidad federativa anual del periodo 2013 al 2017”

En términos generales, al cierre del 2014, “la capacidad total instalada para generación eléctrica en el país fue de 65,452 MW de los cuales el 25.9% correspondía a Energías Limpias (16,921 MW)”. (SENER, PRODESEN 2015). Para el cierre del 2016, las Energías Limpias representaban el 28.8% del total de capacidad instalada en el país (21,179 MW).

Coincidente con el periodo de implementación de los CELs, específicamente en 2015 y 2016, la tecnología solar y generación distribuida fueron las que presentaron los mayores incrementos con tasas del 157.4% y 110.6% respectivamente (SENER,

PRODESEN 2017). En ese sentido, resulta relevante observar el efecto particular de los CELs en los incrementos de la Capacidad Instalada de Energías Limpias durante este periodo.

Como se ha mencionado, los CELs buscan motivar una mayor participación de energías limpias, lo cual puede manifestarse a través de las inversiones realizadas materializadas en nueva capacidad de generación. Sin embargo, como se ha indicado en secciones anteriores, los CELs se implementaron durante un periodo muy corto de tiempo y en ese sentido para conocer si han logrado alcanzar su principal motivación, se utiliza una metodología de análisis acotada a dicho periodo.

4.2.1 Metodología: El uso de datos panel

Existen diferentes dimensiones sobre las cuales se pueden obtener conclusiones a partir de la estimación de la información que se utiliza para la estimación de los modelos. Además del aspecto temporal, existe otra dimensión que representa el análisis de la información para unidades individuales de estudio pertenecientes a un conjunto o subconjunto de datos (corte transversal o dimensión estructural). Un modelo econométrico de datos de panel incluye una muestra de agentes de interés (individuos, empresas, bancos, ciudades, países, etc) para un período determinado de tiempo y combina ambos tipos de datos: dimensión temporal y estructural (Mayorga, 2000).

En los datos panel, la misma unidad de análisis (familia, empresa, país, individuo) es estudiada a lo largo del tiempo, generalmente antes de la intervención del programa y luego de la intervención, por lo que se tienen dos dimensiones: espacial o estructural y temporal (Ramoni, 2014). Por ejemplo, una muestra aleatoria de 274 hogares observada en 1975 y 1979 para analizar el impacto sobre la salud infantil de un programa gubernamental de asistencia médica, sus resultados indican un crecimiento significativo en la estatura de los niños de familias sometidas al programa (Ramoni, 2014).

Un análisis de los CELs a partir de datos panel puede proporcionar información de la heterogeneidad no perceptible en estudios de series temporales que además no sería posible llevar a cabo por el periodo tan corto de implementación que tuvo este Instrumento. Por lo que, utilizando como unidad de análisis a las entidades federativas del país, “la aplicación de esta metodología permite analizar dos aspectos de suma importancia cuando se trabaja con este tipo de información y que forman parte de la heterogeneidad no observable: i) los efectos individuales específicos y ii) los efectos temporales” (Mayorga, 2000).

Entre las ventajas de utilizar datos panel se encuentra, además de considerar la heterogeneidad de las unidades de análisis, el disponer de un mayor número de observaciones incrementando los grados de libertad y reduciendo la colinealidad entre las variables explicativas y, en última instancia, mejorando la eficiencia de las estimaciones econométricas (Mayorga, 2000). Por otro lado, es importante mencionar que las desventajas asociadas al uso de datos panel se relacionan con los procesos para la obtención y el procesamiento de la información estadística sobre las unidades individuales de estudio, cuando esta se obtiene por medio de encuestas, entrevistas (Mayorga, 2000). Lo anterior, pudiera no tener un gran efecto en el caso de los CELs dado que la información se obtiene a partir de registros oficiales.

4.2.2 Conjunto de Datos y Variables

Para el presente análisis, se consideró un total de 26 entidades federativas de la República Mexicana en las que se observó una participación relevante de energías limpias, sobre las cuales, se obtuvo información de cierre anual relativa a las siguientes variables de interés:

1. Capacidad Instalada de Energías Limpias (*CIEL*)
2. Número de CELs emitidos (*nCELS*)
3. Potencial de energía (*PE*)
4. Producto interno bruto (*PIBE*).

Específicamente, se dispone de un conjunto de datos de panel balanceado conformado por $N = 26$ unidades de observación (entidades federativas) y $T = 4$ periodos anuales (2013 a 2016), de manera que $CIEL_{it}$, $nCELS_{it}$, PE_{it} , y $PIBE_{it}$ denotan los registros de las correspondientes variables de interés, asociadas al individuo $i \in Entidades$ en el tiempo $t \in \{2013, 2014, 2015, 2016\}$.²⁹

Los aspectos cualitativos se observan a través de variables binarias. Una variable binaria es un tipo especial de variable cualitativa. Los factores cualitativos surgen casi siempre en forma de información bivariada, por ejemplo: una persona es mujer u hombre. Al definir una variable binaria hay que decidir a qué evento se le asigna el valor uno y a cuál el valor cero (Wooldridge, 2009). La variable binaria puede ser dependiente o independiente; el caso en el que sólo hay una variable binaria explicativa ésta simplemente se agrega como una variable independiente a una

²⁹ El conjunto *Entidades* está conformado por las entidades federativas: Aguascalientes [AGS], Baja California [BC], Baja California Sur [BCS], Coahuila [COAH], Chiapas [CHIS], Chihuahua [CHIH], Durango [DGO], Guanajuato [GTO], Guerrero [GRO], Hidalgo [HGO], Jalisco [JAL], México [MEX], Michoacán [MICH], Nayarit [NAY], Nuevo León [NL], Oaxaca [OAX], Puebla [PUE], Querétaro [QR], Quintana Roo [QROO], San Luis Potosí [SLP], Sinaloa [SIN], Sonora [SON], Tamaulipas [TAMS], Veracruz [VER], Yucatán [YUC], Zacatecas [ZAC].

ecuación $p = B_0 + B_1 \textit{female} + u$, donde *female* es 1 si la persona es mujer y *female* es 0 si la persona es hombre. Para el presente análisis, en la **Tabla 4.9** se definen las variables indicadoras auxiliares binarias que permitirán evaluar el efecto de los CELs en México.

Definición	Descripción
$I_{1516it} = \begin{cases} 1, & \text{si } t \in \{2015, 2016\} \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$	Indicadora del periodo de implementación de CELs (años 2015, 2016)
$I_{CELSit} = \begin{cases} 1, & \text{si } nCELS_{it} > 0 \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$	Indicadora de que para la entidad <i>i</i> se hayan asignado CELs en el año <i>t</i>
$I_{polCELSi} = \begin{cases} 1, & \text{si } I_{CELSi2015} + I_{CELSi2016} > 0 \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$	Indicadora de que para la entidad <i>i</i> se hayan asignado CELs durante su periodo de implementación (asignación de CELs en la entidad)

Tabla 4.9 Variables Auxiliares Binarias

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Análisis exploratorio de los datos

Los conjuntos de datos de panel son muy útiles para el análisis de políticas. Algunas de las unidades de análisis toman parte luego en un determinado programa en un periodo posterior; aquellas que no lo hacen pertenecen al grupo de control (Wooldridge, 2009). En la muestra de entidades federativas se identificaron 15 unidades en las que hubo asignaciones de CELs, es decir, individuos *i* para los cuales $I_{polCELSi} = 1$ (CON asignación de CELs). Las entidades *i* para las cuales $I_{polCELSi} = 0$ (SIN asignación de CELs) conforman el grupo de control, cuyo tamaño resultante es 11.

El conjunto de información se segmenta en cuatro grupos. Dos grupos corresponden a $I_{polCELSi}$; 1) CON asignación de CELs y 2) SIN asignación de CELs. Los siguientes dos grupos corresponden a I_{1516it} ; 3) Periodo 2013-2014 de ausencia del Instrumento CELs y, 4) Periodo 2015-2016 de implementación del Instrumento CELs. En la **Tabla 4.10** se presenta el cálculo de los indicadores descriptivos básicos aplicados a las 26 unidades de observación durante los cuatro años de información (2013-2016) que implica un total de 104 observaciones. En ese sentido, se observa que para la variable $I_{polCELSi}$, la media y el máximo de CIEL representan valores más altos en donde hubo asignación de CELs, sin embargo, esto puede relacionarse con el número de ocurrencias que también fue mayor y, por tanto, representan un mayor número de observaciones (60) en comparación de aquellos casos en donde no hubo asignación de CELs. En el caso de la variable

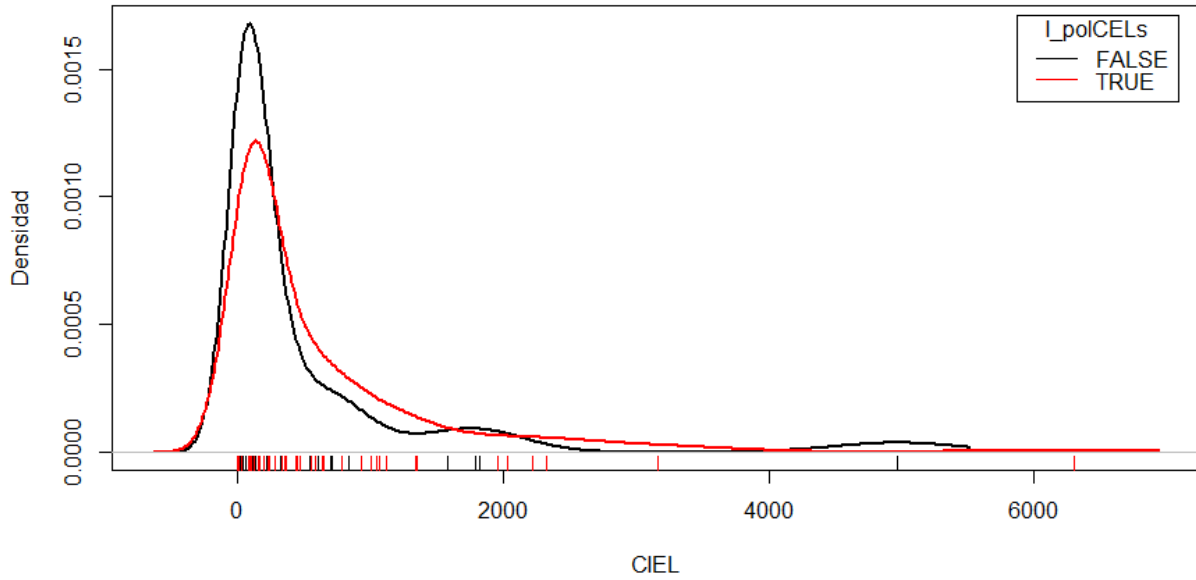
$I_{1516_{it}}$ el número de observaciones es el mismo en ambos grupos (0)(1) lo que permite destacar los incrementos significativos del valor medio y máximo de CIEL para el periodo 2015-2016. En resumen, del 2015-2016 se incrementó la dispersión y el valor medio de CIEL, lo cual, es coincidente con el hecho de que la presencia de CELs que, con un mayor nivel de ocurrencia, tuvo un efecto incremental en CIEL respecto de los casos en donde no hubo asignaciones de CELs. Respecto al indicador Jarque Bera, los valores son suficientemente pequeños por lo que se puede rechazar la hipótesis de que los datos de CIEL están normalmente distribuidos para todos los grupos tanto de $I_{polCEL_s_i}$ como de $I_{1516_{it}}$. Este hecho resulta coincidente tanto con el reducido número de observaciones como con el hecho de que la aplicación del Instrumento de CELs y los movimientos de CIEL no corresponden a eventos meramente aleatorios que, por el contrario, guardan relación con una intervención premeditada de política pública.

Indicador	L_polCELs		L_1516	
	SIN asignación CELs (0)	CON asignación CELs (1)	Periodo 2013- 2014 (0)	Periodo 2015- 2016 (1)
No. Observaciones	44	60	52	52
Media	575.87	690.23	219.25	1,064.44
Mediana	133.85	274.00	91.28	674.57
Desviación Estándar	1,092.20	1,052.63	442.66	1,316.82
Sesgo	3.01	3.06	3.83	2.27
Curtosis	12.05	14.80	17.93	8.14
Mínimo	0.00	0.00	0.00	1.50
Máximo	4,968.95	6,302.09	2,328.69	6,302.09
MaxMovDesv	4.55	5.99	5.26	4.79
Jarque-Bera	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 4.10 Estadísticas descriptivas básicas de CIEL por grupos de observaciones que resultan de particionar la muestra bajo las indicadoras $I_{polCEL_s_i}$ e $I_{1516_{it}}$.

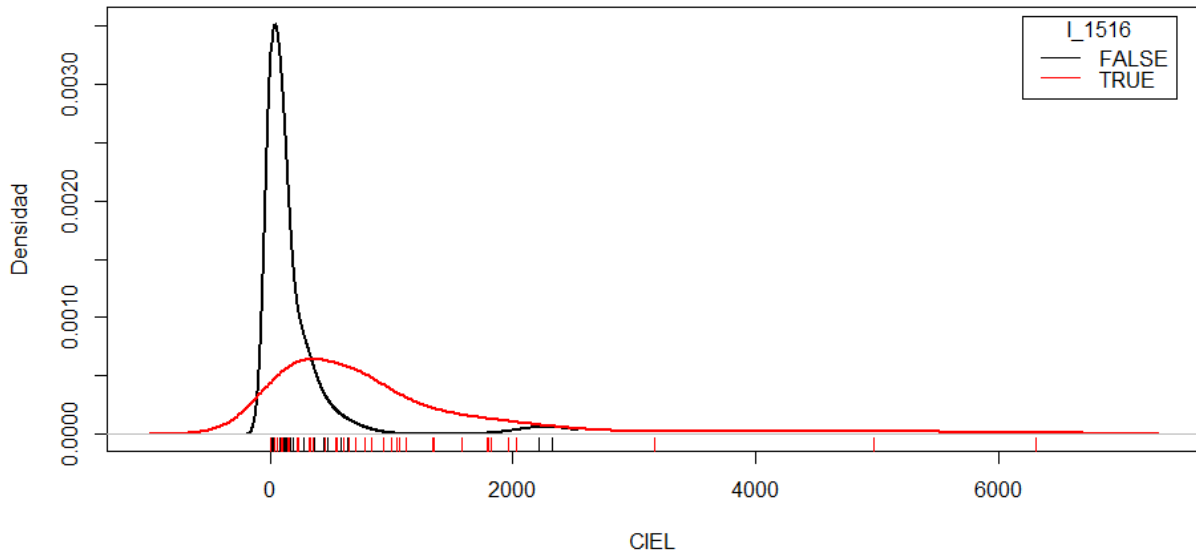
Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en la **Gráfica 4.7** se presenta el ajuste de densidad kernel de suavizamiento sobre la variable CIEL segmentada bajo la variable indicadora $I_{polCEL_s_i}$, la cual toma el valor 1 (TRUE) para aquellas entidades en las cuales se emitieron CELs (CON emisión CELs) y el valor 0 (FALSE) para las entidades que pertenecen al grupo de control (SIN emisión CELs). Al respecto, se observan diferencias en localización y forma entre la distribución subyacente del grupo de control y la asociada al grupo de entidades en las cuales se implementó la política de emisión de CELs.



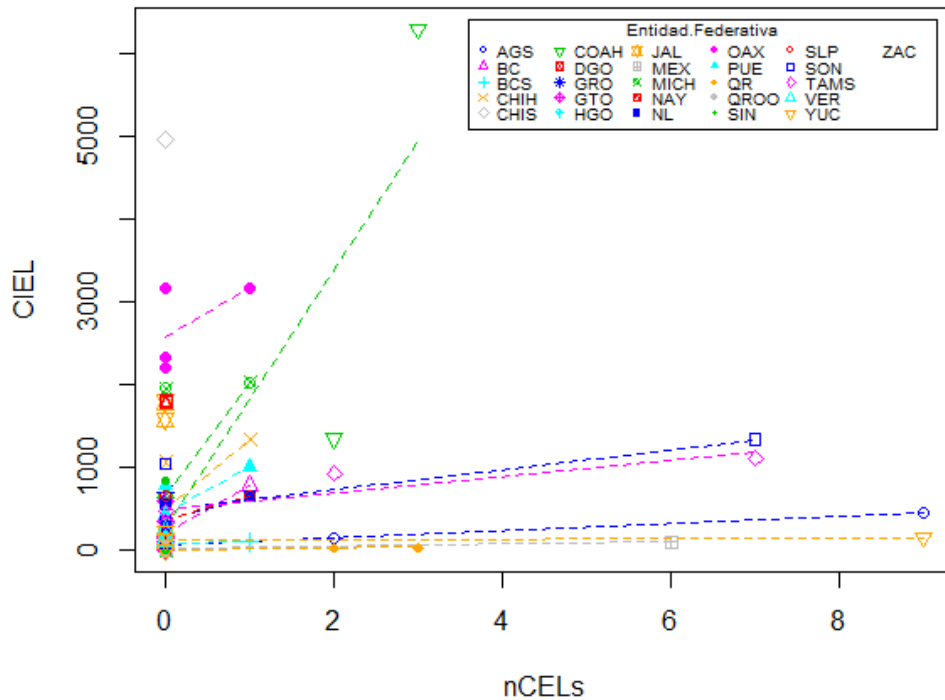
Gráfica 4.7 Ajuste de Densidad de CIEL respecto a I_{pol} CELs
Fuente: Elaboración propia

Asimismo, en la **Gráfica 4.8** se presenta el ajuste de densidad kernel de suavizamiento sobre la variable CIEL segmentada bajo la variable indicadora $I_{1516_{it}}$, que hace referencia al periodo de implementación de CELs, las diferencias son mayores.



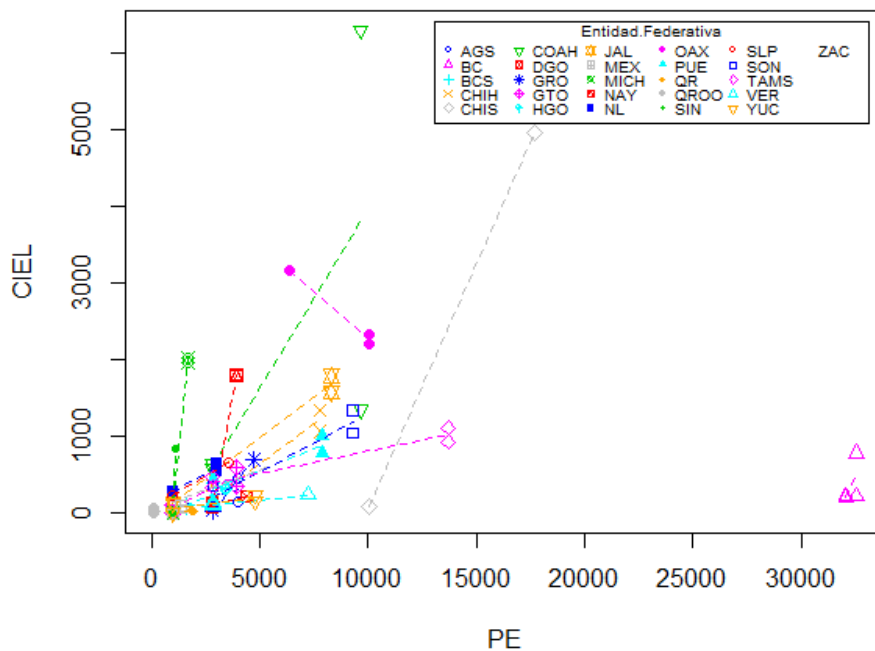
Gráfica 4.8 Ajuste de Densidad de CIEL respecto a I₁₅₁₆
Fuente: Elaboración propia

En lo que se refiere a la dispersión de los datos de CIEL con cada uno de los regresores; *nCELS*, *PE* y *PIBE*, las **Gráficas 4.9, 4.10 y 4.11** presentan relaciones directas entre las variables para la mayoría de las entidades federativas.



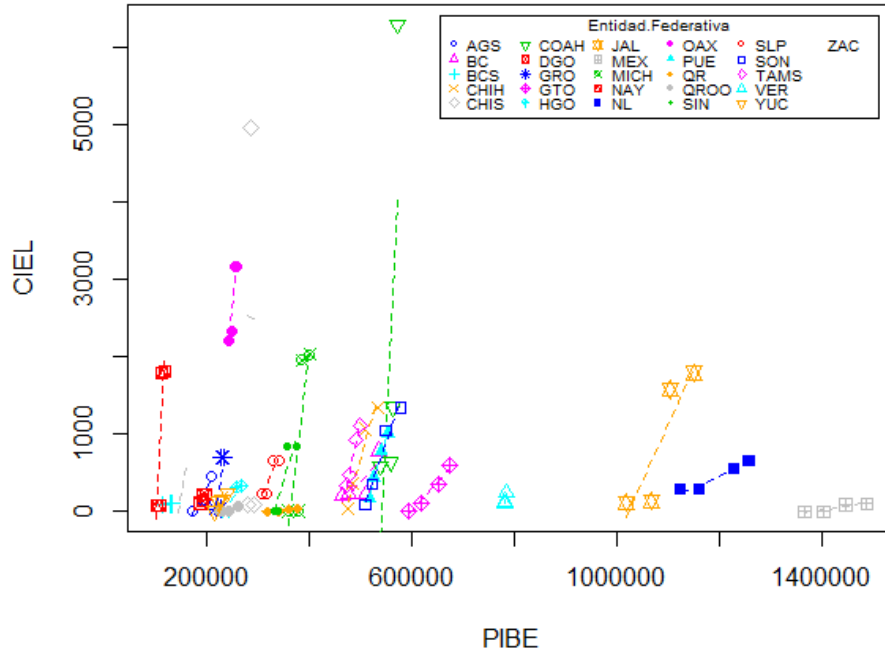
Gráfica 4.9 Relación de CIEL y nCELS

Fuente: Elaboración propia



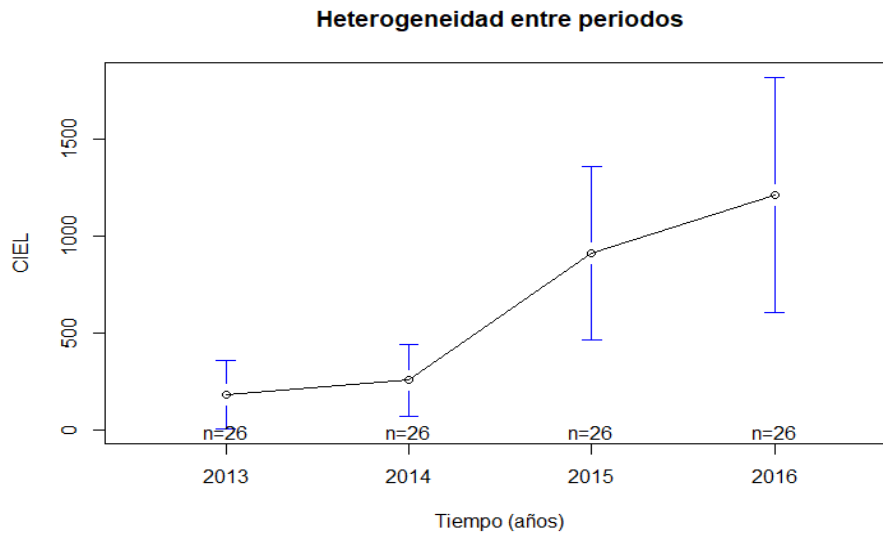
Gráfica 4.10 Relación de CIEL y PE

Fuente: Elaboración propia



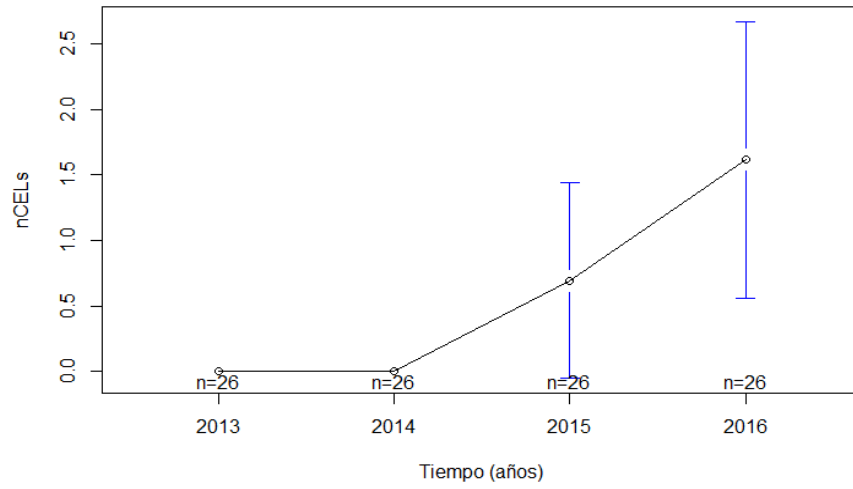
Gráfica 4.11 Relación de CIEL y PIBE
Fuente: Elaboración propia

Las relaciones anteriores también se pueden observar en las **Gráficas 4.12, 4.13, 4.14 y 4.15** que presentan los valores medios anuales (con bandas de confianza del 95%) de cada variable como función del tiempo. Al respecto, se identifican patrones de heterogeneidad entre periodos.



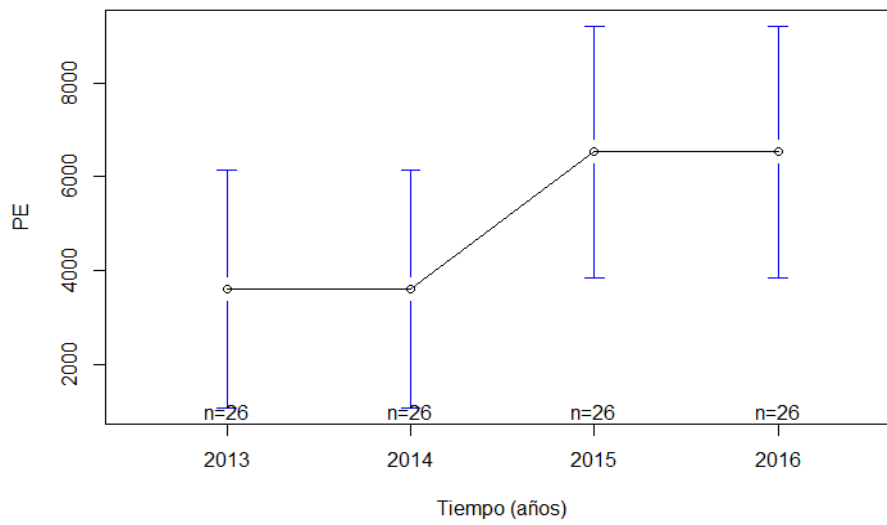
Gráfica 4.12 Valores medios de CIEL respecto al tiempo
Fuente: Elaboración propia

Heterogeneidad entre periodos

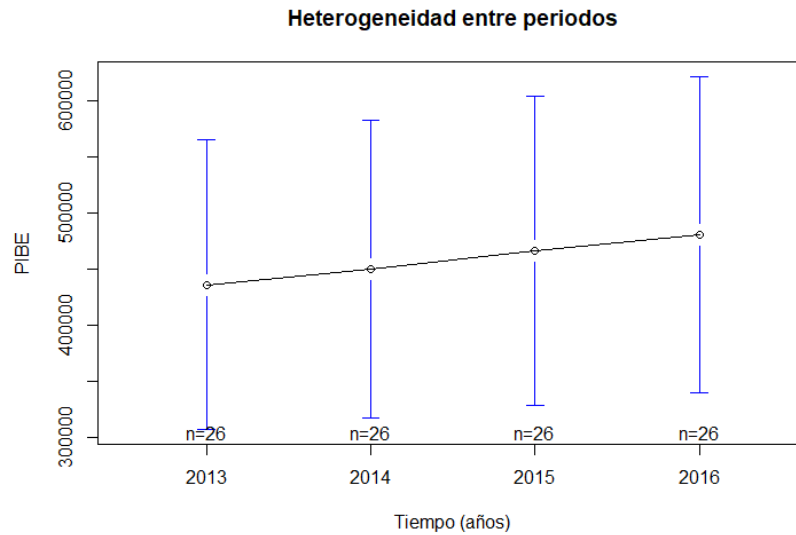


Gráfica 4.12 Valores medios de nCEls respecto al tiempo
Fuente: Elaboración propia

Heterogeneidad entre periodos



Gráfica 4.12 Valores medios de PE respecto al tiempo
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 4.12 Valores medios de PIBE respecto al tiempo
Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la **Figura 4.3** se presentan gráficas de dispersión diferenciando por los grupos de observaciones que resultan de filtrar bajo las indicadores $I_{1516_{it}}$ e $I_{polCELS_i}$. Las figuras incluyen ajuste de tendencia lineal entre las variables correspondientes. Las mayores diferencias (heterogeneidad) para los términos constante (ordenada al origen) y tendencia (efecto) se observan cuando se comparan las observaciones anteriores a la implementación de la política de CELs, que es cuando la indicadora $I_{1516_{it}}$ toma el valor 0 (FALSE), con las observaciones durante el periodo de implementación de los CELs que es cuando la indicadora $I_{1516_{it}}$ toma el valor 1 (TRUE).

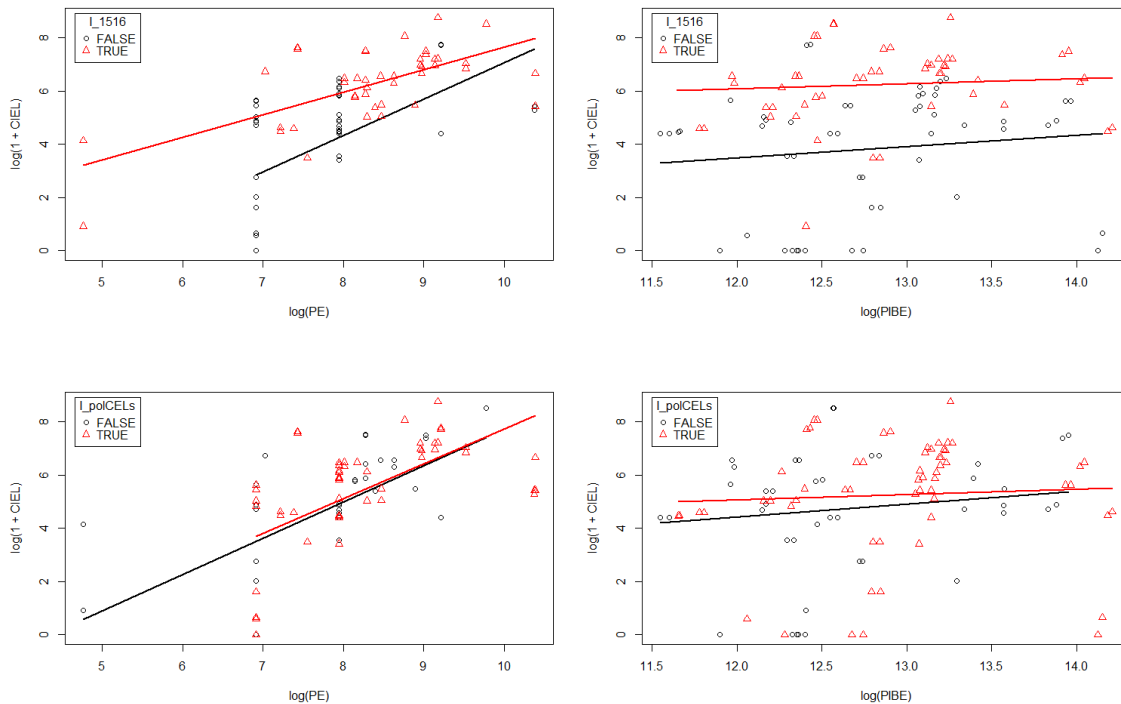


Figura 4.3 Dispersión de las Variables Indicadoras $I_{1516_{it}}$ y $I_{polCELS_i}$ con transformaciones logarítmicas

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Estimación: Modelos Calibrados

En esta sección se calibran algunas especificaciones de modelos de regresión para evaluar el efecto de la implementación de los CELs sobre la Capacidad Instalada de las energías limpias. Como primera aproximación, se considera la muestra de información disponible como datos de corte transversal. Enseguida, se realiza un análisis de modelos de datos de panel para capturar posibles efectos específicos a nivel entidad federativa.

A) Análisis inicial de efectos parciales: Cortes transversales

Para realizar una evaluación preliminar sobre el posible efecto que tuvieron los CELs sobre CIEL, en primera instancia, se ajusta por mínimos cuadrados ordinarios (MCO) el siguiente modelo de regresión lineal:

$$\log(1 + CIEL) = \beta_0 + \delta_0 I_{1516} + \beta_1 \log(PE) + \delta_1 I_{1516} \cdot \log(PE) + \beta_2 \log(PIBE) + \delta_2 I_{1516} \cdot \log(PIBE) + u \quad \text{Ecuación (4.4)}$$

La **Ecuación 4.4** considera el uso de transformaciones logarítmicas y la incorporación de la variable indicadora I_{1516} , en virtud de los cambios en ordenada al origen y pendiente que se presentan en las gráficas de la **Figura 4.3**. En ese sentido, la **Tabla 4.11** muestra los resultados de la estimación utilizando errores estándar habituales (bajo el supuesto de homocedasticidad), así como las estimaciones robustas a autocorrelación y heterocedasticidad (HAC) de Newey and West (1987). Considerando las estimaciones estándar, se observa, a través del parámetro δ_0 y su Valor p (menor a 0.1), que la implementación de CELs ha generado un incremento significativo en la media de *CIEL* (se rechaza la hipótesis nula $H_0: \delta_0 = 0$ contra la alternativa $H_1: \delta_0 > 0$) y, a través del parámetro δ_1 , un incremento en el efecto parcial (pendiente) de PE sobre *CIEL* (se rechaza la hipótesis nula $H_0: \delta_1 = 0$ contra la alternativa $H_1: \delta_1 > 0$). Sin embargo, cuando se consideran los errores estándar robustos (HAC), el Valor p (mayor a 0.1) muestra que los parámetros δ_1 , β_2 y δ_2 ya no resultan significativos.

Parámetros	Estimación Estándar				Estimación Robusta (HAC)		
	Estimación	Error estándar	Estadística t	Valor p	Error estándar	Estadística t	Valor p
β_0	-14.12	4.83	-2.92	0.0043	7.80	-1.81	0.073
δ_0	13.76	6.58	2.09	0.0392	7.93	1.73	0.086
β_1	1.40	0.25	5.58	2.15E-07	0.46	3.03	0.003
δ_1	0.57	0.34	1.70	0.0928	0.48	1.18	0.241
β_2	-0.55	0.33	-1.67	0.0984	0.40	-1.35	0.179
δ_2	-0.61	0.48	-1.27	0.2071	0.52	-1.17	0.246

Tabla 4.11 Estimación de los parámetros de la Ecuación 4.4.

Notas: En verde se resaltan los valores p que son marginalmente significativos y en rojo los valores p que no son significativos

Fuente: Elaboración propia

Derivado de lo anterior, dado que el Valor p no resulta tan significativo en la estimación HAC (al 5% de significancia) para los parámetros de interés, se considera como alternativa el siguiente Modelo de Regresión:

$$\log(1 + CIEL) = \beta_0 + \delta_0 I_{1516} + \gamma_1 (1 - I_{1516}) \cdot \log(PE) + \delta_1 I_{1516} \cdot \log(PE) + u. \quad \text{Ecuación (4.5)}$$

En la **Ecuación 4.5** se muestra de manera explícita el efecto parcial (γ_1) que tiene PE sobre CIEL durante el periodo anterior a la implementación de los CELs³⁰ ($I_{1516} = 0$), así como el efecto parcial (δ_1) que tiene PE sobre CIEL durante el

³⁰ Cualquier observación que no caiga dentro de los años 2015 y 2016 la variable I_{1516} se clasifica con un 0. Por lo que, la indicadora $1 - I_{1516}$ permitirá identificar este tipo de observaciones (con un valor de 1), y asignará el valor de 0 aquellas observaciones que si caen dentro de los años 2015 y 2016.

periodo de implementación de la política ($I_{1516} = 1$) y, considera el efecto que tiene el periodo de implementación de la política sobre la media de *CIEL* (δ_0). Los resultados de estimación con pruebas de significancia individuales utilizando errores robustos (HAC) se presentan en la **Tabla 4.12**

Parámetros	Estimación	Error estándar	Estimación Robusta (HAC)	
			Estadística t	Valor p
β_0	-6.59	3.38	-1.95	0.0539
δ_0	5.76	3.19	1.81	0.0739
γ_1	1.37	0.44	3.13	0.0023
δ_1	0.85	0.22	3.82	0.0002

Tabla 4.12 Estimación de los parámetros de la Ecuación 4.5.

Nota: En verde se resaltan los valores p más significativos.

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de la **Tabla 4.12** presentan coeficientes significativos (al 5% de significancia) para γ_1 y δ_1 ; y marginalmente significativos para β_0 y δ_0). Asimismo, de manera individual, los efectos en ordenada al origen y pendientes (δ_0 , γ_1 y δ_1) son positivos (al 5% de significancia, se rechaza la hipótesis nula de que el parámetro sea cero en favor de la alternativa de que el parámetro es mayor a cero). Finalmente, si se contrasta la hipótesis nula $H_0: \delta_1 = \gamma_1$ contra la alternativa $H_1: \delta_1 < \gamma_1$, la estadística de prueba calculada $t = \frac{\hat{\delta}_1 - \hat{\gamma}_1}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\delta}_1 - \hat{\gamma}_1)}} = -1.79$ indica que para la

prueba de una cola se rechaza H_0 en favor de H_1 . En ese sentido, los resultados del modelo expresado en la **Ecuación 4.5** nos muestran que, de acuerdo con la estimación del parámetro δ_1 , el efecto parcial de *PE* sobre *CIE*Es positivo durante el periodo de implementación de CELs y presenta un mayor nivel de significancia en relación con el parámetro γ_1 que expresa el efecto de *PE* sobre *CIEL* fuera del periodo de implementación de los CELs.

Finalmente, con la finalidad de complementar el análisis de corte transversal, se considera el siguiente Modelo de Regresión:

$$\log(1 + CIEL) = \beta_0 + \delta_0 I_{1516} + \beta_1 I_{polCELs} + \delta_1 I_{1516} \cdot I_{polCELs} + \beta_2 \log(PE) + u. \quad \text{Ecuación (4.6)}$$

En la **Ecuación 4.6** *PIBE* se utiliza como variable normalizadora de *CIEL* y *PE*, al tiempo que captura el efecto conjunto (interacción) del periodo de implementación de los CELs (I_{1516}) y el conjunto de entidades sobre las cuales efectivamente hubo asignaciones de CELs ($I_{polCELs}$), denominado este último como el grupo de

tratamiento. La inclusión del término $\log(PE)$ busca capturar efectos de factores relevantes. El parámetro δ_1 mide el efecto de los CELs sobre el resultado promedio de *CIEL* y se le denomina efecto promedio del tratamiento (Wooldridge,2009).

En la **Tabla 4.13** se muestran los resultados de la estimación de la **Ecuación 4.6** en donde se observa que, la estimación del parámetro δ_1 , resulta marginalmente significativa y ajusta (a la baja) en casi 70% a la ordenada al origen $\beta_0 + \delta_0 + \beta_1$ (con estimación ≈ -1.58) que representa la combinación lineal de las indicadores I_{1516} y $I_{polCELs}$ en el modelo cuando $I_{1516} = 1$ y $I_{polCELs} = 1$. La media del rendimiento (logarítmico) de la variable *CIEL* antes de la implementación de la política se ubica en β_0 (con estimación ≈ -4.66).

Estimación Robusta (HAC)				
Parámetros	Estimación	Error estándar	Estadística t	Valor p
β_0	-4.66	1.26	-3.69	0.0004
δ_0	2.30	0.49	4.66	0.0000
β_1	0.78	0.45	1.73	0.0875
β_2	1.05	0.16	6.49	3.50E-09
δ_1	-1.11	0.63	-1.74	0.0848

Tabla 4.13 Estimación de los parámetros de la Ecuación 4.6.

Nota: En verde se resaltan los valores p más significativos.

Fuente: Elaboración propia

Por lo anterior, los resultados de la **Tabla 4.13** confirman el efecto positivo que tiene el periodo de implementación de los CELs en *CIEL* a través de la variable I_{1516} que, en este caso, se observa en el parámetro δ_0 con un valor p altamente significativo y que, para el caso de la **Ecuación 4.5**, se observó en el parámetro δ_1 también con un efecto positivo y un valor p altamente significativo. Por otro lado, no se observa el mismo nivel de significancia al observar los efectos parciales asociados a la variable $I_{polCELs}$ que representa al grupo de tratamiento. Sin embargo, de los resultados de la estimación del parámetro β_1 de la **Ecuación 4.6**, se puede rescatar el efecto positivo que presenta la asignación de CELs aun cuando sea marginalmente significativo.

B) Análisis complementario de efectos parciales: Cortes longitudinales

De acuerdo con Baltagi (2013) los modelos de datos panel permiten controlar la heterogeneidad individual, identificar efectos que no son detectables en el análisis de datos de corte transversal, así como mejorar la precisión de las mediciones. En esta sección se busca evaluar si existen efectos de heterogeneidad individual, tomando como referencia los modelos considerados en el análisis preliminar de la

sección anterior. Como referencia teórica y punto de partida, se considera el siguiente modelo dinámico general:

$$y_{it} = \alpha_{it} + \beta'_{it}X_{it} + u_{it}, \quad \text{Ecuación (4.6)}$$

donde $i = 1, \dots, N$ es el índice de las unidades observadas (individuos), $t = 1, \dots, T$ es el índice del tiempo y u_{it} denota al término de error aleatorio. Cada α_{it} representa al término constante individual, en tanto que el vector β_{it} ($k \times 1$) contiene los parámetros de pendiente (relación) individual entre la variable endógena y_{it} y los regresores exógenos contenidos en el vector X_{it} ($k \times 1$). La **Ecuación 4.6** puede corresponder a un modelo de panel de datos estático general en el caso en que los parámetros sean constantes en el tiempo, es decir, si $\alpha_{it} = \alpha_i$ y $\beta_{it} = \beta_i$ para toda t . Bajo este contexto, las fuentes de heterogeneidad entre las unidades individuales i (sección cruzada) están dadas por las constantes α_i y los efectos β_i .

El caso particular más simple del modelo de panel de datos estático se tiene cuando se supone homogeneidad en los parámetros (*pooling*), es decir, cuando $\alpha_{it} = \alpha$ y $\beta_{it} = \beta$ para toda t . En este caso, la especificación resultante es la siguiente:

$$y_{it} = \alpha + \beta'X_{it} + u_{it} \quad \text{Ecuación (4.7)}$$

La **Ecuación 4.7** es un modelo lineal estándar que agrupa todos los datos sobre i y t . En contraste, la heterogeneidad entre individuos generalmente se establece suponiendo que el término de error se descompone en dos componentes:

$$u_{it} = \mu_i + \varepsilon_{it}, \quad \text{Ecuación (4.8)}$$

donde el componente μ_i es específico a cada individuo y no cambia en el tiempo. Por su parte, el término ε_{it} es un proceso de ruido blanco³¹. Adicionalmente, también es posible incluir efectos de heterogeneidad en el tiempo si se incluye un componente temporal λ_t que sea común a todos los individuos. Entonces, para capturar efectos individuales y del tiempo, se consideran tres componentes para el término de error: $u_{it} = \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it}$. En ambos casos de heterogeneidad, para efectos de no sobre parametrizar el modelo y éste sea analíticamente tratable, así como computacionalmente fácil de estimar, se supone que cada elemento de corte transversal responde de la misma manera (respuesta común) a las variables exógenas, es decir, se considera que $\beta_{it} = \beta$ para toda t .

³¹ Específicamente, se debe satisfacer: 1) La media de los errores por corte transversal y serie de tiempo sea igual a cero, es decir, $E[\varepsilon_{it}] = 0$; 2) La varianza del modelo, condicional a las variables exógenas, sea constante para cada corte transversal, es decir, $E[\varepsilon_{it}^2 | x_{it}] = \sigma_i^2$; y 3) No existe correlación ni serial ni contemporánea, es decir, $E[\varepsilon_{it}\varepsilon_{js}] = 0$, para $t \neq s$, $i \neq j$.

Para evaluar el impacto que tuvo la implementación del Instrumento de CELs sobre CIEL en México, incorporando la posible heterogeneidad entre entidades federativas y el tiempo, se consideran las siguientes especificaciones del modelo de datos panel estático general:

$$CIEL_{it} = \mu_i + \lambda_t + \beta' X_{it} + \varepsilon_{it}, \quad \text{Ecuación (4.9)}$$

donde se incluye el componente temporal λ_t común para todas las entidades federativas, el vector de variables explicativas X_{it} puede estar conformado por algún subconjunto de variables significativas de interés $C = \{PE_{it}, PIBE_{it}, I_{1516_{it}}, I_{polCEL_s_i}\}$ y se aplican transformaciones sobre $CIEL_{it}$ y los regresores del conjunto C , al tiempo que se pueden considerar interacciones vía las variables indicadores, con la finalidad de revelar relaciones no lineales entre $CIEL_{it}$ y las variables explicativas consideradas. Las variables explicativas del conjunto C fueron utilizadas en el análisis de cortes transversales de la sección anterior.

En ese sentido, mediante la **Ecuación 4.9** se validará si existen efectos de heterogeneidad entre las entidades con respecto a los efectos individuales sobre μ_i sobre la variable CIEL, así como en el tiempo de implementación de los CELs. Específicamente, mediante procesos de estimación y validación de supuestos de modelos como la **Ecuación 4.9**, se busca responder el siguiente planteamiento:

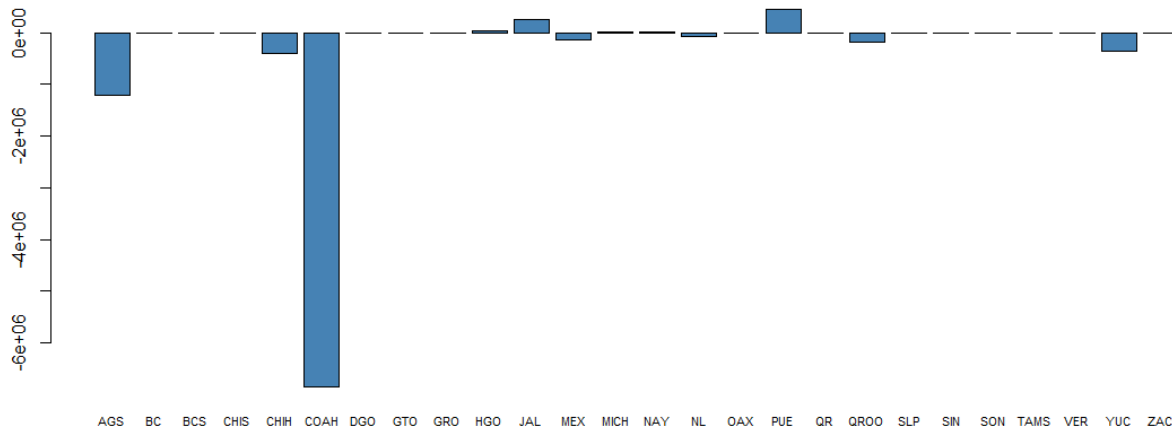
- P1. “Después de controlar ciertos factores clave ¿Qué ha ocurrido con la capacidad instalada de energías limpias por la implementación del Instrumento de CELs como parte de la política de Transición Energética en México?”

Para seleccionar una especificación adecuada de modelos de datos de panel, se contrasta la hipótesis nula de efectos comunes homogéneos (Ecuación 4.7) contra la alternativa de un modelo general con coeficientes heterogéneos (Ecuación 4.6). Los estimadores heterogéneos relajan la restricción de homogeneidad (*pooling*) implícita en la **Ecuación 4.7**. Bajo la restricción de homogeneidad se puede permitir que existan términos constantes específicos a cada individuo como en la **Ecuación 4.8**. Por su parte, el modelo sin restricciones (coeficientes heterogéneos) requiere que se realicen estimaciones separadas de modelos por individuo. Por lo anterior y, dado el tamaño de muestra disponible ($N \times T = 104$ observaciones), se opta por considerar una especificación con un número de parámetros que sea posible estimar, al tiempo que incorpore los regresores relevantes identificados en la sección anterior. Para ello, se plantea una versión simplificada de la **Ecuación 4.5** que se denominará Modelo Base 1:

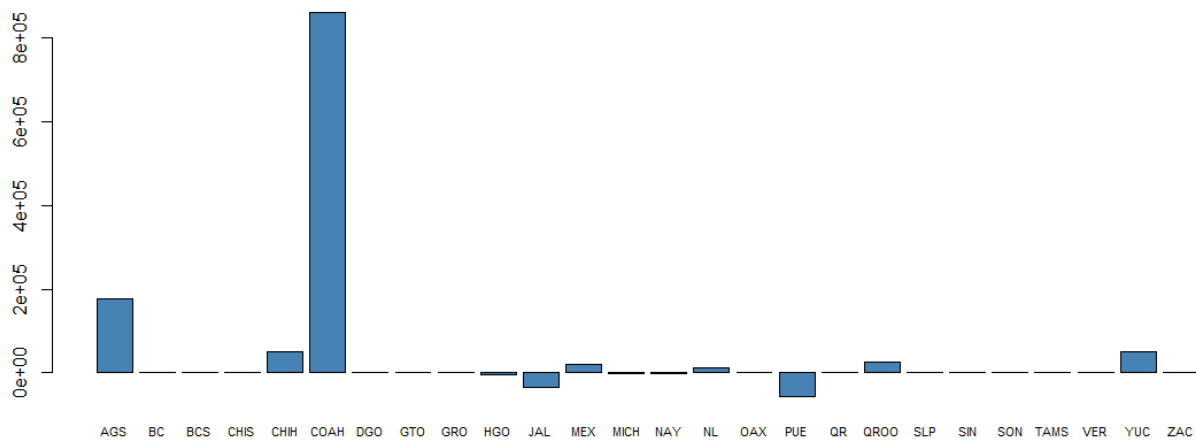
$$\log(1 + CIEL) = \beta_0 + \gamma_1(1 - I_{1516}) \cdot \log(PE) + \delta_1 I_{1516} \cdot \log(PE) + u. \quad \text{Ec. (4.10)}$$

Explícitamente, la **Ecuación 4.10** no incluye el término $\delta_0 I_{1516}$ que captura el efecto del periodo de implementación de los CELs. Sin embargo, I_{1516} se observa a partir del control que tiene PE sobre $CIEL$ (vía los parámetros γ_1 y δ_1 que capturan los efectos parciales antes y durante el periodo de implementación de la política, respectivamente).

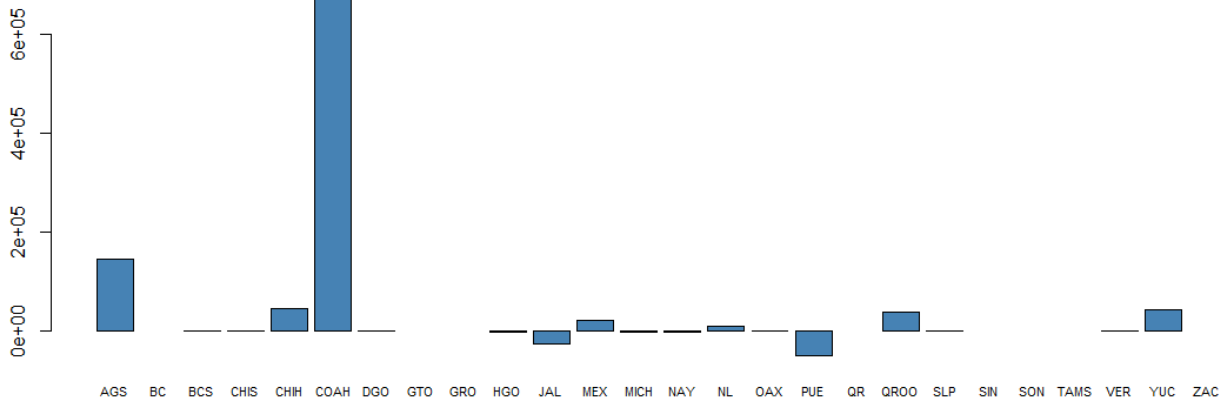
Para el caso de los coeficientes heterogéneos, en las **Gráficas 4.13, 4.14 y 4.15** se presentan las estimaciones separadas de los parámetros β_0 , γ_1 y δ_1 , por Entidad Federativa del Modelo de la **Ecuación 4.10**.



Gráfica 4.13 Modelo de Coeficientes Heterogéneos: Estimaciones de β_0 por Entidad Federativa
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 4.14 Modelo de Coeficientes Heterogéneos: Estimaciones de γ_1 por Entidad Federativa
Fuente: Elaboración propia



Gráfica 4.15 Modelo de Coeficientes Heterogéneos: Estimaciones de δ_1 por Entidad Federativa
Fuente: Elaboración propia

Por su parte, en la **Tabla 4.14** se presentan las estimaciones de los parámetros β_0 , γ_1 y δ_1 para la **Ecuación 4.10** bajo los casos de homogeneidad de parámetros: 1) Efectos comunes (EC), 2) Efectos fijos (EF) y 3) Efectos aleatorios (EA). Asimismo, se reporta el valor de la estadística de prueba F y su Valor p asociado que permite contrastar la hipótesis nula de homogeneidad bajo el modelo base contra la alternativa del modelo de coeficientes heterogéneos calibrado. Los resultados de la prueba de estabilidad implementada indican que se rechaza (marginamente) la hipótesis de homogeneidad bajo el modelo de EC, pero no así para las especificaciones base de EF y EA.

Estimación Modelo de la Ecuación 4.10			
Parámetros	EC	EF	EA
β_0	-3.45		-1.56
γ_1	0.96	0.09	0.71
δ_1	1.16	0.36	0.93
Estadística F	1.63	0.89	0.98
Valor p	0.0816	0.6427	0.5495

Tabla 4.14 Estimaciones de los parámetros β_0 , γ_1 y δ_1 de la Ecuación 4.10.

Nota: En amarillo se resalta el valor p marginalmente significativo

Fuente: Elaboración propia

El caso de EC corresponde a la **Ecuación 4.7** que agrupa (*pooling*) a todos los datos de la muestra (sobre individuos y el tiempo) y se estima por MCO. Por su parte, en el caso de EF los componentes μ_i de la **Ecuación 4.8** son específicos a cada individuo (e independientes del tiempo) y se consideran como un conjunto de

parámetros a estimar, para lo cual se puede aplicar MCO sobre datos transformados aplicando variables indicadoras para diferenciar a los individuos (*within*). Finalmente, el caso de EA supone que los componentes μ_i no están correlacionados con los regresores, a saber, se supone que los efectos específicos μ_i provienen de una muestra aleatoria (*random*) tomada en cada punto de tiempo t y los parámetros subyacentes se estiman por métodos basados en Mínimos Cuadrados Generalizados (MCG). En ese sentido, Wooldridge (2002) es una referencia útil para revisar los métodos de estimación de MCG para modelos de datos de panel.

Con el objetivo de validar el uso de especificaciones que capturen efectos individuales y/o del tiempo del tipo EF y EA como alternativa a los modelos de EC (especificaciones de corte transversal analizadas en la sección anterior), se aplican dos tipos de pruebas para contrastar la hipótesis nula de que los parámetros asociados a efectos individuales (μ_i) y/o del tiempo (λ_t) son todos idénticamente cero contra la hipótesis alternativa de que los efectos sí son significativos. Para ampliar las alternativas de modelos factibles que permitan evaluar el efecto de los CELs durante su periodo de implementación, los análisis y pruebas de validación subsecuentes considerarán el Modelo base 1 definido por la **Ecuación 4.10**, así como dos alternativas adicionales: la **Ecuación 4.6** que incluye el término $\delta_0 I_{1516}$ la cual, se denominará Modelo base 2, y una extensión que controle el efecto de *PIBE* la cual, se denominará Modelo base 3 y está dada por la **Ecuación 4.11**:

$$\log(1 + CIEL) = \beta_0 + \delta_0 I_{1516} + \gamma_1(1 - I_{1516}) \cdot \log(PE) + \delta_1 I_{1516} \cdot \log(PE) + \gamma_2(1 - I_{1516}) \cdot \log(PIBE) + \delta_2 I_{1516} \cdot \log(PIBE) + u \quad \text{Ec. (4.11)}$$

En la **Tabla 4.15** siguiente se presentan los valores de la estadística de prueba de multiplicador de Lagrange (LM) de Honda (1985) y sus correspondientes valores p. De manera complementaria, se incluyen los respectivos resultados de una prueba F basada en la comparación de los modelos de EC y EF. Las pruebas se implementan considerando tres casos: efectos del tiempo (λ_t), efectos individuales (μ_i) y efectos conjuntos ($\lambda_t + \mu_i$).

	Modelo base 1 (Ec. 4.10)			Modelo base 2 (Ec. 4.6)			Modelo base 3 (Ec. 4.11)		
	Tiempo λ_t	Individual μ_i	Conjunto $\lambda_t + \mu_i$	Tiempo λ_t	Individual μ_i	Conjunto $\lambda_t + \mu_i$	Tiempo λ_t	Individual μ_i	Conjunto $\lambda_t + \mu_i$
Estadística LM	0.46	3.74	2.97	3.49	3.34	4.95	0.51	4.75	3.72
Valor p	0.3235	9.10E-05	0.0015	0.0187	2.81E-05	2.09E-08	0.3049	1.01E-06	9.93E-05
Estadística F	0.52	4.70	3.69	2.71	4.24	4.76	2.64	4.64	4.56
Valor p	0.3001	1.33E-06	1.12E-04	0.0714	6.35E-07	5.50E-08	0.07662	1.52E-07	1.51E-07

Tabla 4.15 Valores de las estadísticas de prueba LM y F para las Ecuaciones 4.10, 4.6 y 4.11

Nota: En amarillo se resalta el valor p más significativo

Fuente: Elaboración propia

Para los tres modelos base considerados se concluye que, las especificaciones con efectos individuales (μ_i) y conjuntos ($\lambda_t + \mu_i$), son significativas bajo ambas pruebas LM y F. Asimismo, se tiene que los efectos del tiempo no resultan significativos (al menos marginalmente), excepto por la prueba LM para el Modelo base 2. En consecuencia, se toma en consideración las especificaciones con efectos individuales, ya que su significancia en los tres modelos base se verifica bajo las dos estadísticas de prueba implementadas.

Para elegir si los efectos individuales se deben estimar bajo el modelo de EF o EA, se implementa la prueba de Hausman (1978)³² la cual, contrasta la hipótesis nula de que EA es mejor que EF. En la **Tabla 4.16** se presentan los valores de la estadística de prueba tipo ji-cuadrada y su valor p asociado, para los modelos base 1, 2 y 3. Asimismo, se muestran las estimaciones de los parámetros y sus valores p bajo estimaciones robustas a heterocedasticidad.

Parámetros	Modelo base 1 (Ec. 4.10)				Modelo base 2 (Ec. 4.6)				Modelo base 3 (Ec. 4.11)			
	EF		EA		EF		EA		EF		EA	
	Estimación	Valor p	Estimación	Valor p	Estimación	Valor p	Estimación	Valor p	Estimación	Valor p	Estimación	Valor p
β_0			-1.56	0.3031			-5.66	0.0421			-13.56	0.0598
δ_0					8.49	0.0014	7.82	0.0034	8.81	0.1180	14.04	0.0132
γ_1	0.09	0.8128	0.71	0.0003	0.77	0.0298	1.24	0.0004	0.78	0.0282	1.27	0.0004
δ_1	0.36	0.2745	0.93	0.0000	-0.02	0.9155	0.49	0.0044	0.14	0.5715	0.51	0.0051
γ_2									11.94	0.0334	0.60	0.2585
δ_2									11.75	0.0360	0.12	0.6894
Hausman												
			7.11				9.50				9.55	
Valor p			0.0287				0.0233				0.0889	
R2 Ajustada	0.36		0.48		0.47		0.54		0.50		0.55	

Tabla 4.16 Estimaciones de los parámetros de los Modelos base 1,2 y 3 con efectos individuales (μ_i)

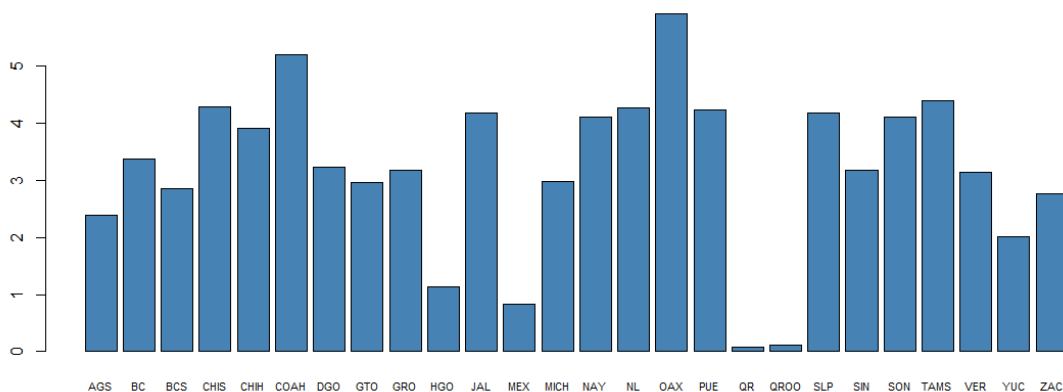
Nota: En amarillo se resaltan los valores p significativos y marginalmente significativos

Fuente: Elaboración propia

Derivado de los resultados de la prueba de Hausman en la **Tabla 4.16**, para los Modelos base 1 y 2, se observan valores p menores a 0.05 y, ligeramente mayor a 0.05 para el Modelo base 3. De manera que, en términos generales, para los tres modelos base considerados, se rechaza (marginalmente) la hipótesis nula de efectos aleatorios. Entonces, se concluye que, estadísticamente, se prefiere la especificación de EF.

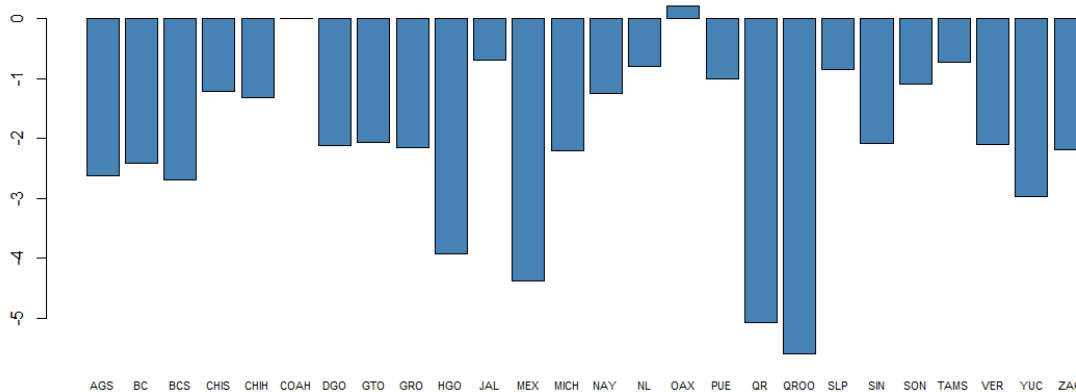
³² Si p valor < 0.05 se rechaza la hipótesis nula de igualdad al 95% de confianza y se deben asumir las estimaciones de efectos fijos. Por el contrario, si p-valor > 0.05 se debe admitir la hipótesis nula y entonces el estimador más eficiente, el de los efectos variables, debe ser seleccionado (Montero, 2005).

Dada la preferencia por EF, en las **Gráficas 4.16, 4.17 y 4.18** se presentan las estimaciones de los efectos individuales (μ_i) por entidad federativa, de los modelos base 1, 2 y 3 calibrados.



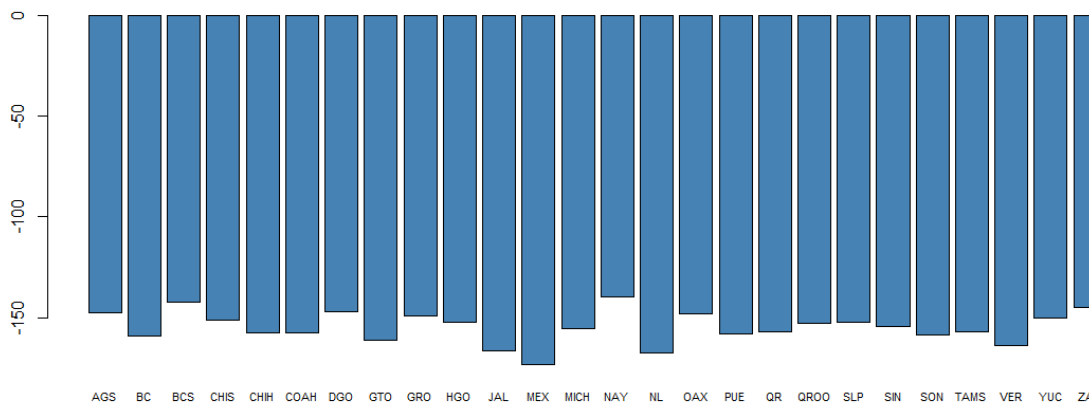
Gráfica 4.16 Estimaciones de efectos individuales (μ_i) por especificación EF: Modelo base 1

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 4.17 Estimaciones de efectos individuales (μ_i) por especificación EF: Modelo base 2

Fuente: Elaboración propia



Gráfica 4.18 Estimaciones de efectos individuales (μ_i) por especificación EF: Modelo base 3

Fuente: Elaboración propia

Consecuentemente, se contrasta la hipótesis nula de no correlación serial en el proceso de error ε_{it} . Para el caso de panel de datos corto ($T \ll N$), Wooldridge (2002) observa que bajo la hipótesis nula, los residuales $\hat{\varepsilon}_{it}$ de un modelo de efectos fijos induce una correlación serial negativa ($corr(\hat{\varepsilon}_{it}, \hat{\varepsilon}_{is}) = -1/(T - 1)$), de manera que sugiere realizar un filtrado de tipo autorregresivo de orden 1 sobre la serie de tiempo agrupada: $\hat{\varepsilon}_{it} = \alpha + \delta \hat{\varepsilon}_{it-1} + \eta_{it}$. En ese sentido, se rechaza la restricción $\delta = -1/(T - 1)$ y se concluye contra la hipótesis nula de no correlación serial en el modelo de efectos fijos. La **Tabla 4.17** contiene la estadística de prueba F asociada y su correspondiente valor p considerando estimaciones robustas HAC. Asimismo, se incluye el cálculo de la estadística CD³³ (y su valor p) para una prueba de dependencia en sección cruzada de Pesaran (2015) que contrasta la hipótesis nula de correlación cero contra la alternativa de existencia de dependencia en sección cruzada (bajo la cual la hipótesis nula indica que los individuos responden a shocks comunes o se relacionan con base en cierta medida de distancia).

	Wooldridge (2002)		Pesaran (2015)	
	F	Valor p	CD	Valor p
Modelo Base 1	4.81	0.0314	-0.98	0.3283
Modelo Base 2	1.37	0.2448	-0.98	0.3283
Modelo Base 3	3.75	0.0564	-0.76	0.4449

Tabla 4.17 Resultados de las pruebas F y CD a las estimaciones de los Modelos Base 1,2 y 3
Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con los resultados obtenidos de la **Tabla 4.17**³⁴ en la prueba estadística F de Wooldridge (2002), se concluye que, no existe suficiente evidencia estadística (al 5% de significancia estándar) para rechazar la hipótesis nula de no autocorrelación serial en el término de ruido blanco para los modelos de efectos fijos base 2 y 3. El modelo base 1 presenta problemas de correlación serial. Por su parte, en la prueba estadística CD de Pesaran (2015), se concluye que, no existe evidencia de dependencia en sección cruzada en el término de error de los modelos base 1,2 y 3.

Con base en los resultados de esta sección, se concluye que, la incorporación del término $\delta_0 I_{1516}$ para extender el modelo base 1 en los modelos base 2 y 3 resultó benéfica para incrementar el nivel de significancia de los efectos parciales que tienen los factores clave *PE* y *PIBE*, así como mejorar el nivel de bondad de ajuste del modelo (R^2 ajustada). En particular, el modelo de efectos fijos bajo la **Ecuación**

³³ Prueba para observar la dependencia transversal en datos panel originalmente denominada: *Cross-Sectional Dependence test* (CD test)

³⁴ Aceptar la hipótesis nula implica que el valor p sea mayor que el criterio α de significancia de 0.05, en el caso contrario se rechaza. En las pruebas F y CD la hipótesis nula establece que no existe correlación serial y no hay dependencia cruzada respectivamente por lo que es conveniente su aceptación.

4.5 indica que la estimación de δ_0 es significativa, después de aislar los efectos específicos a cada entidad federativa y el efecto parcial de *PE* sobre *CIEL*. Por su parte, la especificación de la **Ecuación 4.11** bajo efectos fijos también muestra una estimación del parámetro δ_0 marginalmente significativa. Finalmente, para responder al planteamiento P1 establecido al inicio de esta sección, después de controlar ciertos factores clave, los CELs han tenido un efecto positivo en el incremento de la Capacidad instalada de energías limpias de las entidades federativas.

4.2.5 Conclusiones del efecto de los Certificados de Energías Limpias en la capacidad instalada de energías limpias

Considerando que un cambio en las políticas gubernamentales modifica el ambiente en que se desenvuelven las personas, las familias, las empresas o las ciudades (Wooldridge, 2009), el análisis del efecto de los CELs se realizó más allá del mandato de alcance nacional que le dio origen.

Desde una comparativa a nivel país, durante el periodo de implementación de los CELs como Instrumento de política pública en México, la capacidad instalada de energías limpias manifestó una tendencia positiva pasando de representar el 25.9% en 2014 al 28.8% en 2016 de la capacidad total instalada. Lo anterior, brinda apertura hacia un análisis más profundo en ese sentido.

Debido al periodo tan corto de implementación, observado a través de las Subastas de Largo Plazo de CELs celebradas en 2015, 2016 y 2017, el uso de datos panel aplicados en un momento previo y durante dicha implementación, permitió observar el efecto de los CELs sobre la capacidad instalada de energías limpias a un nivel individual (24 entidades federativas) y temporal (2013-2016).

Para el análisis econométrico, se identificaron como variables principales *CIEL* y *CELs* asimismo, se incluyeron las variables *PIBE* y *PE* por la injerencia esperada de estas últimas en el comportamiento de *CIEL* a nivel de Entidad Federativa. De manera que, a partir del análisis exploratorio de estas las variables, se observó un comportamiento heterogéneo y positivo en la capacidad instalada al inicio del periodo de implementación de los CELs. En consecuencia, el planteamiento de los modelos de regresión calibrados en la sección 4.2.4 mostró, en primera instancia, que los CELs impactan positivamente en *CIEL* bajo parámetros poco significativos, posteriormente, se muestra que al considerar las variables *PE* y *PIBE* se observa un efecto positivo y más significativo de los CELs sobre *CIEL*.

Finalmente, con los resultados de los análisis complementarios expresados en los modelos base 1, 2 y 3 se concluye que, estadísticamente, la implementación de los CELs como un Instrumento de política pública en México muestra incrementos significativos en la tasa de crecimiento de la capacidad instalada de energías limpias después de controlar adecuadamente los factores relevantes del potencial de energía y el PIB en cada Entidad Federativa.

4.3 Los Certificados de Energías Limpias y el Sistema Eléctrico Nacional: Análisis comparativo

De acuerdo con el Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN) 2021-2035 publicado por la Secretaría de Energía, el Sistema Eléctrico Nacional (SEN) está conformado por nueve regiones de control, y un sistema eléctrico aislado denominado Sistema Mulegé como se muestra en la **Figura 4.3**

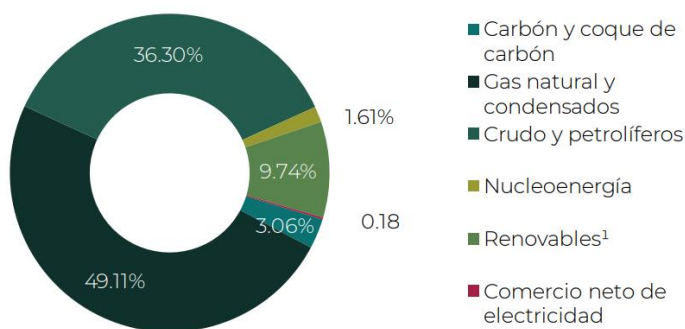


Figura 4.3 Regiones del Sistema Eléctrico Nacional
Fuente: SENER 2021. PRODESEN 2021-2035

En lo que respecta a la capacidad de transmisión y transformación de la energía eléctrica, el SEN está constituido por las siguientes redes eléctricas en diferentes niveles de tensión:

- Red Nacional de Transmisión (RNT): Sistema integrado por las redes eléctricas que se utilizan para transportar energía a las Redes Generales de Distribución. Incluye las tensiones iguales o mayores a 69 kV.
- Redes Generales de Distribución (RGD): Redes eléctricas que se utilizan para distribuir energía eléctrica al público en general. Incluye las redes en media tensión a niveles mayores a 1 kV y menores a 69 kV, así como las redes en baja tensión igual o menor a 1 kV (SENER, 2021).

En su operación el SEN recibe diversos tipos de energéticos para la generación de electricidad. Al 2020 más del 70% de los energéticos fueron combustibles fósiles y un 9.74% de fuentes renovables (SENER, 2020. PRODESEN) (**Gráfica 4.12**).



Gráfica 4.12 Oferta interna bruta de energía por tipo de energético 2020 (Petajoules)
Fuente: SENER, 2020. Balance Nacional de Energía

La creación de incentivos de inversión tales como los mercados eléctricos mayoristas, han estimulado el rendimiento de los generadores existentes y han ayudado a movilizar importantes inversiones en nueva capacidad de generación en varios países (Joskow, 2003). Los resultados del modelo de regresión ARDL mostraron que la política de CELs instrumentada en el mercado eléctrico mayorista mexicano tuvo un efecto positivo en el incremento de la generación eléctrica con fuentes renovables durante el periodo 2015-2017.

El incremento de las energías renovables es sin duda un aspecto positivo en términos ambientales lo que contribuye al objetivo de alcanzar un Desarrollo Sostenible. Sin embargo, la actual preocupación consiste en analizar si los mecanismos de mercado necesitan algún tipo de complemento regulatorio que permita guiar la inversión para que se facilite la penetración masiva de estas nuevas energías limpias sin poner en riesgo la seguridad y fiabilidad del suministro (Batlle, 2014).

Las centrales generadoras de fuentes renovables todavía presentan dificultades de operación a nivel sistema. Suponen un reto para la red eléctrica, ya que su producción es poco regulable [...], tienden a inyectar la máxima potencia a la red, inciden sobre la capacidad de ajuste que el operador tiene para casar oferta y demanda, que debe hacerse de manera instantánea (ABENGOA, 2008). En particular, tanto la energía eólica como la solar son no controlables, son impredecibles e intermitentes lo que hace que se les califique como “variables” (Batlle, 2014).

La introducción de esta energía “variable” o intermitente incide en todas las operaciones del sistema eléctrico considerando el tiempo y ubicación geográfica de la conexión. Una tecnología de generación cuya producción es parcialmente predecible con costos variables de operación iguales a cero, se incorporará a un sistema en el que la generación y la demanda que varía en el tiempo tienen que estar en continuo equilibrio (Batlle, 2014). De manera que las fuentes renovables pueden provocar alteraciones significativas a la red que a su vez pudieran generar problemas para suministrar la electricidad, lo cual incide en su confiabilidad y seguridad.

La confiabilidad de un sistema o equipo se relaciona con la probabilidad de que dicho equipo o sistema permanezca en funcionamiento por un número de horas (años) sin fallas (Universidad de Chile, 1999). Para ello, es importante considerar los espacios temporales que en segundos y minutos se controlan de manera automatizada, sin embargo, en términos de días o semanas se vuelve más complejo garantizar la confiabilidad y seguridad del suministro.

A continuación, se mencionan algunos de los principales problemas de la red eléctrica (Universidad de Chile, 1999):

- *Interrupciones del suministro de energía eléctrica.* Causadas por fallas en las plantas generadoras, en cortes en las líneas de distribución o desconexión de la carga debido a sobrecarga del sistema, se caracterizan por la pérdida total del suministro por más de un minuto.
- *Transitorios.* Se caracteriza por un voltaje impulsivo de alto valor, pero de corta duración, ocasionado en general por la conexión de condensadores o la desconexión de cargas inductivas, tales como motores de inducción, soldadoras de arco, etc.

- *Mala regulación de voltaje.* Se caracteriza por bajas o subidas de voltaje de duración superior a un minuto. Se debe, en general, a un mal ajuste de los transformadores de alimentación del sistema. Una demanda alta de los usuarios ocasiona una baja del voltaje y, por el contrario, una demanda baja hace subir el voltaje por sobre lo permitido.
- *Desbalance de voltaje.* Se caracteriza por la existencia de asimetría en una de las tres fases de un sistema trifásico. Se debe, en general, a que el consumo está conectado fundamentalmente a una sola de las fases del sistema.
- *Flicker o parpadeo de la iluminación.* Se caracteriza por una fluctuación del voltaje que ocasiona el centelleo de la iluminación, visible por el ojo humano. Se debe, fundamentalmente, a la conexión y desconexión de consumos relevantes, tales como el refrigerador o la calefacción intradomiciliaria, conexión de hornos y soldadoras de arco, etc.
- *Distorsión armónica.* Se caracteriza por una distorsión del voltaje de alimentación de los equipos, el que deja de ser perfectamente sinusoidal. Se debe, fundamentalmente a la conexión de cargas no lineales en el sistema, tales como equipos electrónicos industriales o domiciliarios: variadores de velocidad de motores, televisores, computadores, etc.
- *Elevación de los voltajes de neutro y tierra.* Se caracteriza por una diferencia de voltaje entre el neutro y la tierra del sistema. Se debe, fundamentalmente a que circulan corrientes elevadas por el conductor de neutro y/o por el conductor a tierra, o bien porque su dimensionamiento es inadecuado.

Dado el reconocimiento de aspectos que vulneran la confiabilidad del sistema eléctrico, se torna necesario desarrollar la capacidad de integrar cada vez más recursos intermitentes y gestionarlos de manera adecuada, lo que propicia la necesidad de inversiones y recursos adicionales que garanticen el buen funcionamiento del Sistema Eléctrico. De acuerdo con el Banco Interamericano de Desarrollo se puede reducir la necesidad de recursos adicionales con una gran penetración de generación intermitente a través de la acertada combinación de: (i) una adecuada capacidad de transmisión;(ii) mayores zonas de regulación; y (iii) el establecimiento más frecuente de la programación de la generación (Batlle, 2014).

4.3.1 Confiabilidad de la Red Eléctrica en México durante la política de CELs

En México la Ley de la Industria Eléctrica define la confiabilidad como la habilidad del Sistema Eléctrico Nacional para satisfacer la demanda eléctrica de los usuarios finales bajo condiciones de suficiencia y seguridad de despacho, conforme a los criterios respectivos que emita la CRE (LIE, 2014).

A nivel operativo, el marco regulatorio de la confiabilidad se compone de diversos ordenamientos emitidos por la CRE entre los cuales se destacan los siguientes (CRE, 2017):

- 1) Disposiciones Administrativas de Carácter General en materia de acceso abierto y prestación de los servicios de la Red Nacional de Transmisión y las Redes Generales de Distribución (Disposiciones de la RNT y las RGD).
- 2) Disposiciones Administrativas de Carácter General que establecen los criterios de eficiencia, Calidad, Confiabilidad, Continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional: Código de Red (CRE, 2016. Código de Red)
- 3) Protocolos correctivos y preventivos para que el Centro Nacional de Control de Energía gestione la contratación de potencia en caso de emergencia.
- 4) Requisito mínimo de potencia para asegurar la confiabilidad.

Para llevar a cabo el monitoreo del cumplimiento de esta regulación, la CRE elabora el Reporte de Confiabilidad del SEN (el Reporte), cuyo objetivo es informar sobre el estado que guarda el SEN en materia de confiabilidad.

El Reporte en su primera versión considera el periodo 2016-2017 lo que coincide con los últimos años de implementación de la política de CELs. En ese sentido y con la finalidad de observar el impacto que pudo tener esta política en la confiabilidad del SEN, se destaca información relevante del Reporte en términos de seguridad, continuidad y calidad.

Seguridad: Congestión

La legislación mexicana define los siguientes cuatro estados operativos del SEN (CRE, 2016.Código de Red):

1. Normal: todas las variables de SEN (tensión, ángulos, frecuencia, entre otros) se encuentran dentro de los límites operativos), se tiene suficiente capacidad de transmisión y transformación para mantener la seguridad del SEN así como de atender una contingencia.
2. Alerta: En caso de presentarse una contingencia, el SEN puede mantenerse todavía estable sin la acción de esquemas suplementarios.
3. Emergencia: La ocurrencia de una contingencia conduciría al SEN a una condición de inestabilidad.
4. Restaurativo: Se opera dentro de los límites de diseño y todos los esfuerzos de control están enfocados a integrar nuevamente el SEN.

Bajo estos conceptos la expectativa se orienta a que el SEN se encuentre en un estado operativo normal la mayor parte del tiempo. Para ello, se establecen los siguientes umbrales de Reserva Operativa (RO) correspondientes a cada estado de operación (**Tabla 4.18**).

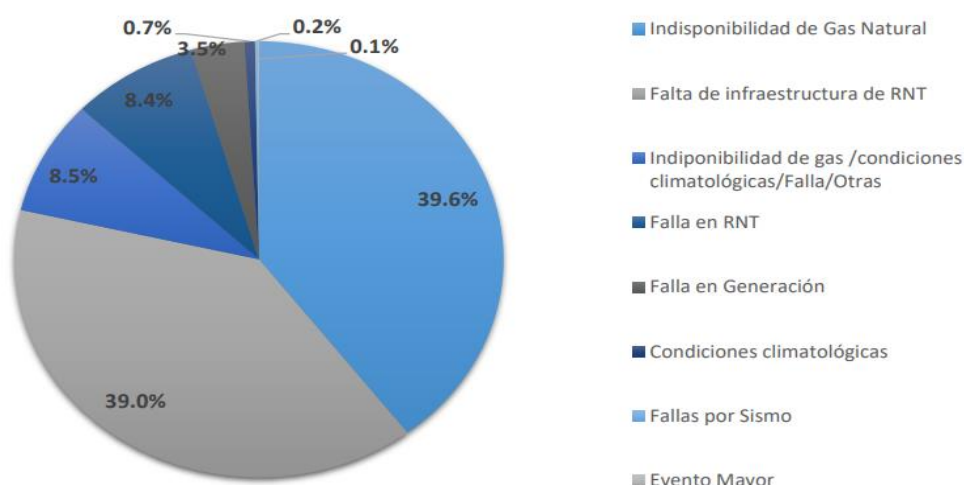
Estado Operativo	Umbral RO
Normal	$\geq 6\%$
Alerta	$3\% \leq RO < 6\%$
Emergencia	$RO < 3\%$
Restaurativo	

Tabla 4.18 Niveles de reserva operativa para los estados operativos del SEN
Fuente: CRE 2016. Código de Red

Durante el periodo de análisis la mayor parte de las notificaciones fueron de Alerta las cuales se incrementaron en 5 veces pasando de 228 en 2016 a 1156 notificaciones en 2017. De estas notificaciones, para el 2016 cerca del 95% estuvieron asociadas a la congestión en la infraestructura de transmisión (CRE, 2017) y para el 2017 la indisponibilidad de Gas Natural y la Falla en Generación fueron la principal causa que detonó los estados de alerta (**Tabla 4.19 y Gráfica 4.13**).

Causa	Porcentaje de notificaciones (%)
Congestión de transmisión	94.74%
Pérdida de generación	2.19%
Falla línea de 230 kV	0.88%
Ciclón Tropical	1.32%
Falla autotransformador	0.44%
Indisponibilidad de gas	0.44%

Tabla 4.19 Principales causas de los estados de Alerta y Emergencia en el SEN en 2016
Fuente: CRE 2017. Reporte de Confiabilidad 2016-2017



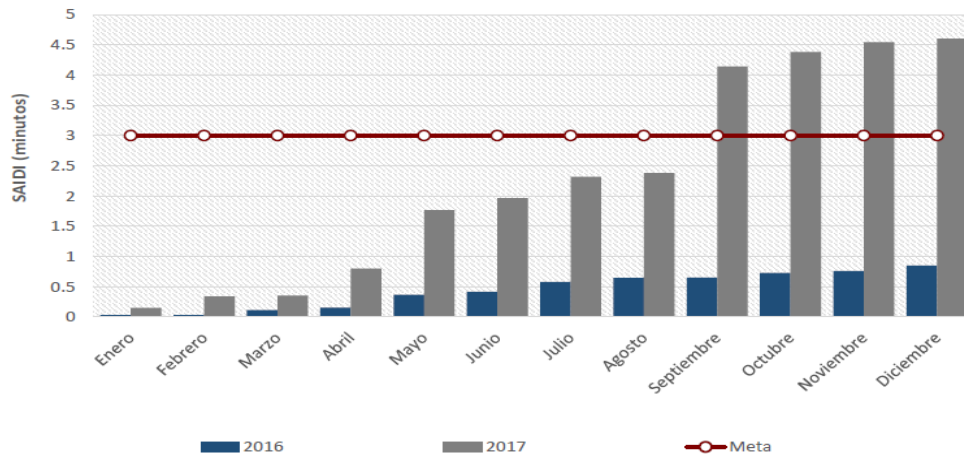
Gráfica 4.13 Principales causas de los estados de Alerta en el SEN en 2017
Fuente: CRE 2017. Reporte de Confiabilidad 2016-2017

Es importante resaltar que la congestión en la infraestructura de transmisión fue identificada por el CENACE como una de las principales causas de que el SEN operara en estados de alerta o de emergencia (CRE, 2017). Para lo cual, también se menciona necesario evaluar los programas de ampliación y modernización, principalmente porque las obras nuevas o propuestas deberían ser incorporadas en el sentido de que no poner en riesgo el funcionamiento de la Red.

- Continuidad del servicio: Interrupciones

Para observar la continuidad del servicio se observan dos Índices (SAIDI y ENS) que hacen referencia a la duración de las interrupciones. El System Average Interruption Duration Index (Índice SAIDI) se refiere al tiempo promedio que un usuario final permanece sin servicio de energía eléctrica durante un período evaluado (CRE, 2017). Con ello se observa el tiempo que experimenta un usuario final sin servicio por diversas causas operativas. El valor máximo de SAIDI a nivel nacional deberá ser de máximo 3 minutos promedio al año (CRE, 2017).

En la **Gráfica 4.14** se muestra un incremento significativo en el tiempo de las interrupciones del 2017 con respecto al 2016 las cuales, en el tercer cuatrimestre del año, ocurrieron por arriba del valor máximo promedio anual de 3 minutos.



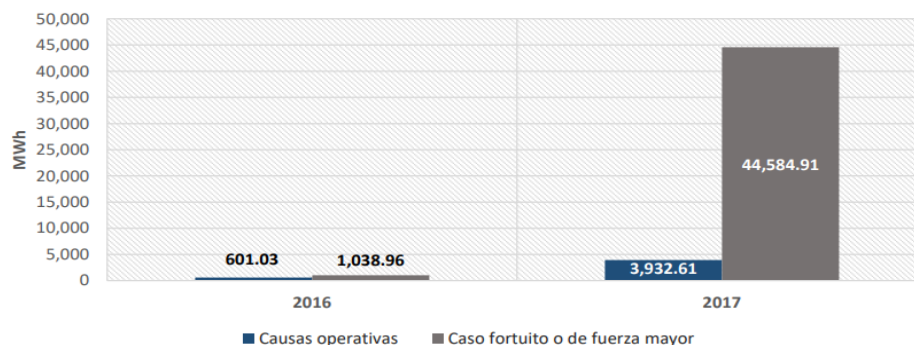
Gráfica 4.14 Acumulado mensual de SAIDI atribuible a causas operativas en 2016 y 2017
Fuente: CRE 2017. Reporte de Confiabilidad 2016-2017

Asimismo, se utiliza el índice de Energía no Suministrada (ENS) que mide la energía que se deja de suministrar a los usuarios finales debido a interrupciones mayores a cinco minutos en la red de transmisión. Para el año 2016, la energía no suministrada total representó menos del 1% del total de la energía consumida en el SEN (CRE, 2017).

En la **Gráfica 4.15** se muestra un destacado incremento del ENS en el 2017 respecto al 2016 debido a causas de fuerza mayor. La justificación específica de este incremento por parte de la CRE es que durante estos meses ocurrió un incendio forestal no controlado y un sismo de 7.1 grados en la escala de Richter (CRE, 2017). Sin embargo, en el Reporte de Confiabilidad de la CRE también se

señala la necesidad de identificar de manera más exhaustiva las razones del incremento de SAIDI y ENS.

Figura 36 ENS atribuible a causas operativas y de caso fortuito o de fuerza mayor, en la RNT en los años 2016 y 2017.



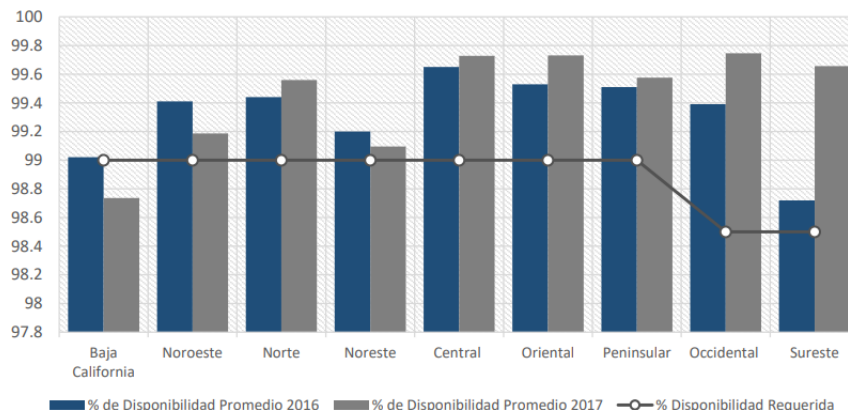
Gráfica 4.15 ENS atribuible a causas operativas y de caso fortuito o de fuerza mayor, en la RNT en los años 2016 y 2017

Fuente: CRE 2017. Reporte de Confiabilidad 2016-2017

Por otro lado, en lo que respecta a las causas de las interrupciones de la RNT, en 2016 el 25% ocurrieron por falla en interruptor el 23% por falla en el bus y el 17% por falla en transformador. Para el 2017 la falla en línea represento el 67% de las causas de interrupción (CRE, 2017).

Otro aspecto que es importante considerar es la disponibilidad de las Centrales Eléctricas en las horas críticas del año. En términos generales el índice de disponibilidad³⁵ mejora en todas las Gerencias Regionales de Transmisión, excepto en la zona de Baja California en donde el índice se redujo significativamente por debajo de la disponibilidad requerida (**Gráfica 4.16**).

³⁵ Donde el 100% es totalmente disponible y el 0% es no disponible.



Gráfica 4.16. Porcentaje de disponibilidad de los elementos de la RNT por Gerencia Regional de Transmisión en 2016 y 2017

Fuente: CRE 2017. Reporte de Confiabilidad 2016-2017

En términos de la tecnología utilizada para la generación el índice de disponibilidad del 2016 muestra que las tecnologías con menor disponibilidad fueron en primer lugar la eólica (14%) seguido por la hidráulica y termoeléctrica convencional (60%) y turbogás (66%) (CRE, 2017).

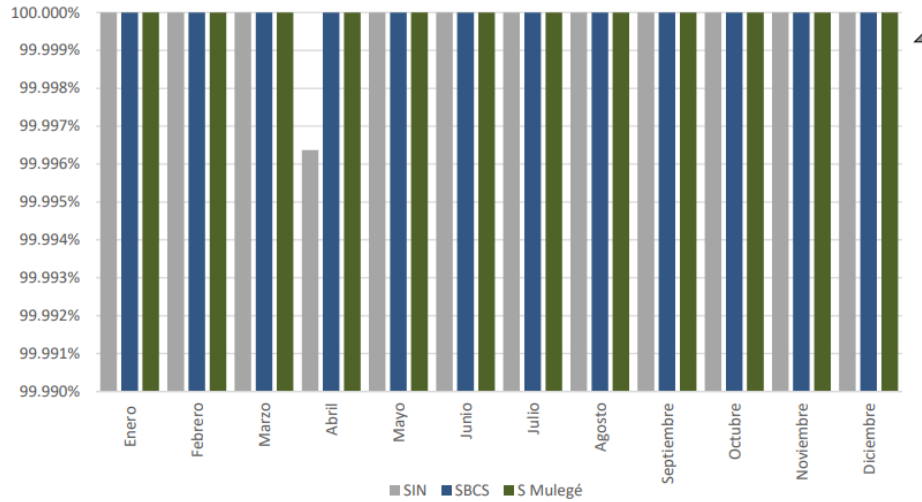
- Calidad de la Energía Eléctrica: Tensión y Frecuencia

En términos de calidad de la energía eléctrica se observa el comportamiento de dos aspectos en el SEN: tensión y frecuencia. Para observar la tensión, se establecen límites o niveles predeterminados que permiten operar en un ámbito adecuado. En México, se establecen niveles de tensión de 69 kV a 400 kV en corriente alterna, redes de corriente directa y enlaces internacionales asíncronos conectados a los niveles de tensión mencionados (CRE, 2017). Tanto en 2016 como en 2017 el índice utilizado para evaluar la calidad de la tensión³⁶ se observó en cumplimiento dentro de los niveles establecidos en la legislación mexicana.

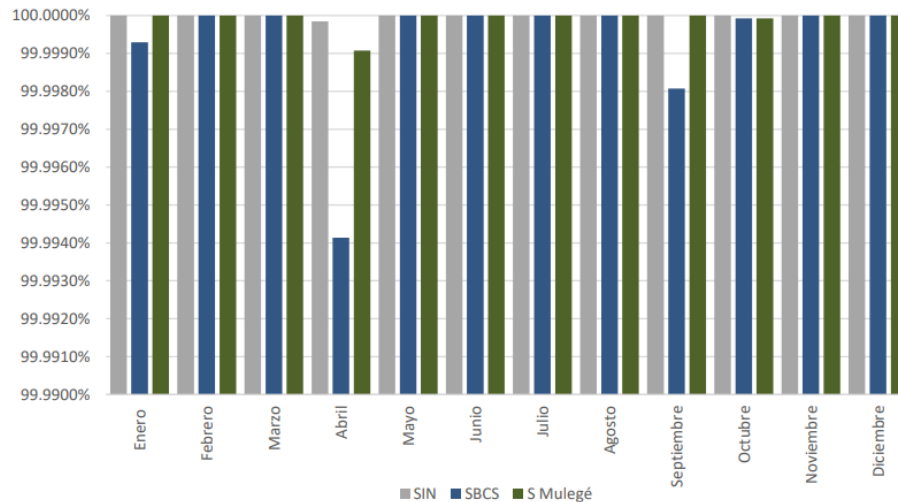
Para la frecuencia se establece en una banda de calidad en estado operativo normal definida por el rango de 59.8 y 60.2 Hz, mientras que para Baja California y Baja California Sur se define el rango de 59.7 a 60.3 (CRE, 2017). El índice utilizado para medir su cumplimiento se basa en determinar el tiempo en segundos en que la frecuencia estuvo dentro de la banda de calidad establecida con la expectativa deseada de permanecer el mayor tiempo posible en términos de porcentaje.

³⁶ Este índice se calcula a partir de la suma de la duración en horas que la tensión de los nodos controlados. Nodo controlado: Se refiere a un nodo que es supervisado a través del equipo de control desde un centro de control (CRE, 2017).

En los dos años evaluados, la banda de frecuencia se mantuvo por encima del 99% del tiempo dentro de la banda de calidad prevista en el Código de Red (CRE, 2017). Sin embargo, es importante observar que el índice de calidad de frecuencia se redujo considerablemente en el mes de abril del 2017 específicamente, en el Sistema de Baja California Sur (SBCS) (**Gráficas 4.17 y 4.18**).



Gráfica 4.17 Índice de calidad de la frecuencia por sistema interconectado, en el año 2016.
Fuente: CRE 2017. Reporte de Confiabilidad 2016-2017



Gráfica 4.18 Índice de calidad de la frecuencia por sistema interconectado, en el año 2017.
Fuente: CRE 2017. Reporte de Confiabilidad 2016-2017

En retrospectiva, se observa que durante el periodo 2016 -2017 en términos de seguridad del suministro se observó que la congestión fue una de las principales causas que hizo operar al SEN en estados de alerta, los cuales además se incrementaron en 5 veces.

En lo que respecta a la continuidad del servicio eléctrico el tiempo de las interrupciones se incrementó significativamente por arriba del minuto de duración alcanzando un promedio de hasta 4.5 minutos durante algunos meses del año. La energía que se dejó de suministrar debido a interrupciones mayores a 5 minutos se incrementó exponencialmente tanto por causas operativas como por causas de fuerza mayor que, aunque estas últimas fueron justificadas con hechos aislados se reconoció la necesidad de identificar de manera más exhaustiva dicho incremento.

Se observa una vulnerabilidad focalizada en la zona norte del país específicamente en Baja California y Baja California Sur ya que se presenta tanto una reducción significativa del índice de disponibilidad incluso por debajo de lo requerido por el SEN en horas críticas, así como una reducción en la calidad de frecuencia.

La **Tabla 4.20** muestra los indicadores de confiabilidad que presentaron cambios relevantes durante el periodo 2016-2017.

Indicador de Confiabilidad y Seguridad	2016	2017
Estados de alerta (congestión)	228	1156
Tiempo de interrupciones hasta 4.5 minutos	Todo el año por debajo de 3 minutos	4 meses por arriba de 3 minutos.
Energía no suministrada por más de 5 minutos	1,639.99 (MWh)	48,517.52 (MWh)
Índice de disponibilidad de la zona de Baja California	99%	98.7% (Por debajo del 99% requerido)

Tabla 4.20 Indicadores relevantes de confiabilidad durante el periodo 2016-2017
Fuente: Elaboración Propia.

Además, desde la perspectiva tecnológica, la energía eólica fue la menos aprovechable durante las horas de demanda crítica con un 14% de Índice de disponibilidad. La CRE señala que con el incremento de la generación renovable será necesario mantener el monitoreo constante sobre las variaciones dentro de la banda de calidad (Frecuencia y Tensión)³⁷ establecidas en la legislación correspondiente (CRE, 2017).

En contraste, durante 2016 el 79.7% de la generación eléctrica provino de tecnologías convencionales, mientras que el 20.3% restante provino de tecnologías limpias. (CRE, 2017). En la **Gráfica 4.19** se muestran los CELs asignados por Gerencia Regional de Transmisión en donde se observa que el mayor número de asignaciones ocurrió durante el año 2016 en la zona occidente, noroeste y noreste. Dicho periodo coincide con el momento en que ocurrieron alteraciones relevantes en algunos indicadores de confiabilidad expresados en la **Tabla 4.14** en términos de congestión interrupciones y ENS al 2017. Por el contrario, no se observa un elevado número de asignaciones de CELs en la Zona de Baja California que manifestó una deficiencia significativa en el Índice de disponibilidad durante el 2016.

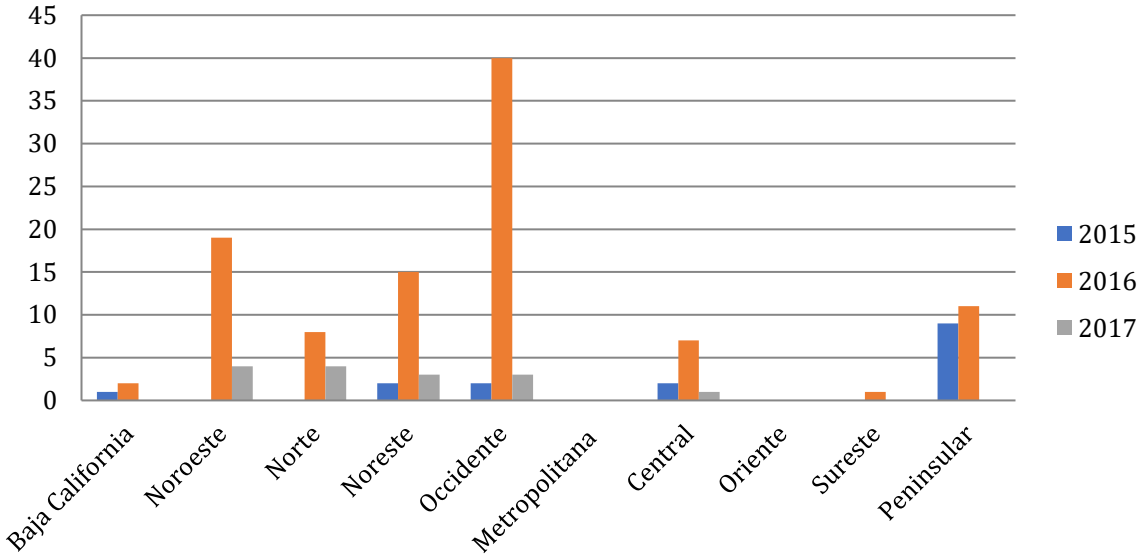


Gráfico 4.19. Número de Asignaciones de CELs por Gerencia Regional de Transmisión
Fuente: Elaboración propia con base en CENACE, 2015, 2016 y 2017.

³⁷ Las desviaciones de la frecuencia fuera de la banda de calidad pueden tener como consecuencia que las máquinas y equipo eléctrico conectado a la red operen de manera anormal, lo que puede ocasionar desconexión de elementos, que, en caso de no controlarse adecuadamente, puede llevar a un colapso del sistema (CRE, 2017).

4.3.2 Los índices de confiabilidad y las energías limpias

El Sistema Eléctrico es una pieza fundamental en la infraestructura de un país. La confiabilidad en el sistema de la red de distribución es una medida de la disponibilidad o el nivel de servicio suministro de electricidad del sistema al usuario en un periodo determinado (Sucita, et.al., 2018). El Sistema que tenga una alta confiabilidad será capaz de suministrar la energía eléctrica necesaria en cualquier momento (Sucita, et.al., 2018).

Garantizar el funcionamiento de un Sistema Eléctrico es un aspecto crucial y con ello, radica la importancia de garantizar su desarrollo en forma eficiente, de manera que pueda satisfacer la demanda actual y futura de la sociedad. Es necesario garantizar un equilibrio razonable en la confiabilidad de los distintos componentes de un sistema eléctrico, es decir, la generación, la transmisión y la distribución (Okorie, et. al., 2015).

La producción de energía renovable está determinada por la disponibilidad de los recursos naturales. La fluctuación y las características imprevisibles de estos factores naturales hacen que la producción de las energías renovables sea estocástica e intermitente. Esto plantea la preocupación de la adecuación de la generación en el sistema eléctrico con una alta penetración de energía renovable (Hou, et.al., 2021).

Pese a que cualquier Sistema Eléctrico funcione adecuadamente con las herramientas y controles necesarios para garantizar su confiabilidad en la operación diaria, es importante tomar en consideración el ritmo de incorporación de las fuentes renovables que en el mediano y largo plazo puedan ser un elemento de riesgo para el Sistema. Con la creciente penetración de recursos renovables, se introducen más complejidades e incertidumbres en la evaluación de la confiabilidad del sistema eléctrico (Hou, et.al., 2021). Específicamente, las limitaciones en la energía disponible del sistema fotovoltaico y su comportamiento intermitente degradan la confiabilidad del sistema. El análisis costo-beneficio asociado a la aplicación de la energía fotovoltaica es incompleto sin la correspondiente evaluación de la confiabilidad (Haidar, et.al, 2018).

En este contexto, “muchas empresas utilizan índices de confiabilidad para hacer un seguimiento del rendimiento de la empresa, de una región o de un circuito. Los reguladores exigen a la mayoría de las empresas que informen de sus índices de confiabilidad” (Okorie, et. al., 2015). Sin embargo, es importante vincular el monitoreo de estos índices con la implementación de políticas detonadoras de

incentivos a la generación renovable en un sentido de orden, gradualidad y Transición Energética.

El riesgo que puede llegar a representar un incremento de energías renovables en la confiabilidad del sistema eléctrico existe en la medida en que las investigaciones y estudios se están orientando en ese sentido. “El sistema eléctrico se convierte en una red compleja debido a la incorporación de nuevas fuentes de energía; por lo tanto, es necesario analizar el equilibrio entre confiabilidad y planeación (Kumar, 2020). Específicamente, diversos estudios se han enfocado en observar esta relación, tales como; un enfoque de evaluación de la confiabilidad basado en el precio sombra y el impacto para mejorar la eficiencia de la evaluación de la confiabilidad de los sistemas con un alta de renovables” (Hou Kai, et.al., 2021). “Las investigaciones recientes muestran que las incertidumbres de los recursos energéticos renovables conducen a los análisis probabilísticos y de confiabilidad de los Sistemas Eléctricos” (Kumar, 2020).

El marco para evaluar la confiabilidad de los sistemas eléctricos con alta penetración de energías renovables consta de tres procesos principales 1) selección del estado del sistema 2) análisis del estado del sistema y, 3) cálculo de los índices de confiabilidad (Hou, et.al., 2021). Este último proceso ofrece el panorama cuantitativo del estado en el que se encuentra el sistema eléctrico.

Los índices de confiabilidad son reconocidos a nivel mundial y aunque en determinado país o región pudiera haber diferencias en cuanto a los protocolos de análisis y monitoreo por lo general se observan; fallas, tiempos de espera o reparación, frecuencia de interrupción y energía no suministrada. La evaluación cuantitativa de la confiabilidad de un sistema de distribución puede dividirse en dos segmentos básicos: la medición del rendimiento pasado y la predicción del rendimiento futuro.

Las estadísticas de rendimiento pasadas proporcionan un valioso perfil de fiabilidad del sistema existente” (Okorie, et. al., 2015). La **Tabla 4.15** proporciona una definición de los índices básicos que se han utilizado para evaluar el rendimiento pasado de un Sistema Eléctrico (Okorie, et. al., 2015).

Índice de frecuencia de interrupción media del sistema (SAIFI)	Indica la frecuencia con la que un cliente tiene una interrupción sostenida durante un intervalo de tiempo predefinido.
Índice de duración media de las interrupciones del sistema (SAIDI)	Indica la duración total de la interrupción a la que está sometido un cliente durante un intervalo de tiempo predefinido.
Índice de duración media de las interrupciones del cliente (CAIDI)	Indica el tiempo medio necesario para restablecer el servicio.
El Índice de Disponibilidad Media del Servicio (ASAI)	Especifica la fracción de tiempo que un cliente ha recibido la energía durante el intervalo de tiempo predefinido.
Energía no suministrada (ENS)	Especifica la energía media que el cliente no ha recibido en el tiempo predefinido

Tabla 4.21 Índices de confiabilidad comúnmente utilizados
Fuente: Elaboración Propia con base en Okorie, et. al., 2015

En el marco regulatorio mexicano los índices de la **Tabla 4.21** son tomados en cuenta en el Reporte que emite la CRE en su carácter de regulador del sector. La planeación y el diseño de la política pública como es el caso de los CELs fue emitida por la autoridad nacional en la materia la Secretaría de Energía. Sin embargo, por las atribuciones de cada institución pudiera ser de gran relevancia coincidir desde una perspectiva de Transición Energética en un punto de análisis sobre el rendimiento de estos Indicadores para la inclusión o modificación de nuevas políticas o iniciativas que tengan por objeto incrementar la participación de las energías limpias.

Capítulo 5. Los certificados de como Instrumento sostenible para la Transición Energética

Los Certificados de Energías Limpias (CELs) operaron en México en el marco de un conjunto de intervenciones públicas que impulsaron una mayor participación de energías renovables, lo que favorece a la Transición Energética. Sin embargo, el uso de energías limpias, particularmente renovables, incide en la operación del Sistema Eléctrico Nacional, lo que podría convertirse en un efecto adverso para la propia Transición Energética si consideramos su carácter intermitente. Por esa razón, se observa el carácter sostenible de los CELs a partir de una perspectiva teórica e integral en el uso de este Instrumento de Política Pública.

Partiendo de los componentes de cualquier política pública; diseño e implementación se observa el carácter sostenible. En México, el diseño de las políticas públicas por lo general emana de un mandato de Ley que emite el Poder Legislativo. En lo referente a la implementación, ocurre a través de sus instrumentos, los cuales se puntualizan en disposiciones administrativas³⁸ que son emitidas por la instancia gubernamental sobre la cual se sectoriza dicho Instrumento; energía, salud, educación etc.

En ese sentido, los CELs se identifican como un Instrumento de la política de Transición Energética en México. Por lo que se esperaría que los CELs impulsaran transformaciones sostenibles en el tiempo en correspondencia con la Política de Transición Energética (Ver Figura 1.4 del Capítulo 1).

5.1 Transición Energética Sostenible

La Transición Energética se vincula con la promoción de las energías limpias en la medida en que estas se utilizan como estrategia de mitigación al Cambio Climático.

De acuerdo con la Agencia Internacional de las Energías Renovables “la Transición Energética es un camino hacia la transformación del sector energético global de combustibles fósiles a carbono cero. En su esencia, se encuentra la necesidad de reducir las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía” (IRENA, 2020). La Transición Energética se vislumbra cada vez menos dependiente de los combustibles fósiles y ante ello “la necesidad de una transición hacia un modelo de Desarrollo Sostenible compatible con los límites ambientales del planeta, ha

³⁸ Se entiende por Disposiciones Administrativas a todos aquellos mandatos que son emitidos por el Poder Ejecutivo Federal y/o a través de sus organismos o secretarías de estado que no forman parte del Poder Legislativo.

demostrado ser la única solución para prevenir nuevos cataclismos (pandemias, consecuencias por el calentamiento global)” (ENEL, 2020).

La preocupación global por evitar el incremento exponencial de las emisiones contaminantes hace que “la Transición Energética sea el objetivo central de toda política destinada a la descarbonización que puede lograrse en gran medida mediante el despliegue acelerado de las tecnologías de energías renovables (Neofytou, 2020).

Por su parte la Agencia Internacional de Energía clasifica las políticas de Transición Energética bajo tres enfoques: 1) Instalación de tecnología renovable en un contexto general; 2) Instalación de tecnología renovable en un contexto de acceso; y, 3) Maximización del desarrollo socioeconómico a partir del despliegue de energía renovable (IEA, 2018). En cualquiera de los enfoques anteriores, el vínculo entre la Transición Energética y la promoción de las energías limpias se manifiesta en la intensidad de las emisiones contaminantes y con ello, en el Desarrollo Sostenible de la sociedad.

El Desarrollo Sostenible implica “asegurar que se satisfagan las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las propias” (Naciones Unidas, 1987). En ese sentido, la Organización de las Naciones Unidas reconoce la importancia de la energía como un recurso que incide en el desarrollo humano y económico de manera que en 2015 los países miembros adoptaron 17 objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad, entre los cuales se encuentra la energía asequible y no contaminante para todos (Naciones Unidas, 2015. ODS).

En este contexto, las transiciones energéticas se han estudiado con diversas denominaciones en la literatura como "sostenible", "verde" o "con bajas emisiones de carbono" (ENEL, 2020). De esta forma la Transición Energética incluye elementos de sostenibilidad por lo que, pudiera sonar reiterativo hablar de Transición Energética Sostenible. Sin embargo, en la bibliografía se encuentran elementos teóricos que hacen referencia a este concepto.

De acuerdo con la Agencia Internacional de Energía, “una Transición Energética Sostenible debe abordar los desafíos interrelacionados del cambio climático, la contaminación del aire, la competitividad económica y la seguridad energética; [...] implica cambios masivos tanto en los combustibles como en las tecnologías que a su vez requerirán diferentes infraestructuras” (IEA, 2017).

Por considerar un mayor número de desafíos, la Transición Energética Sostenible se puede observar a través de evaluaciones multicriterio (**Figura 5.1**). Por ejemplo, “el Sistema de Preparación para la Transición Energética Sostenible (SETR por sus siglas en inglés) utiliza cuatro pilares de evaluación: social, político-normativo, económico y tecnológico [...]. El SETR permite informar a los formuladores de políticas para planificar las futuras vías de transición nacionales bajas en carbono (Neofytou, 2020).

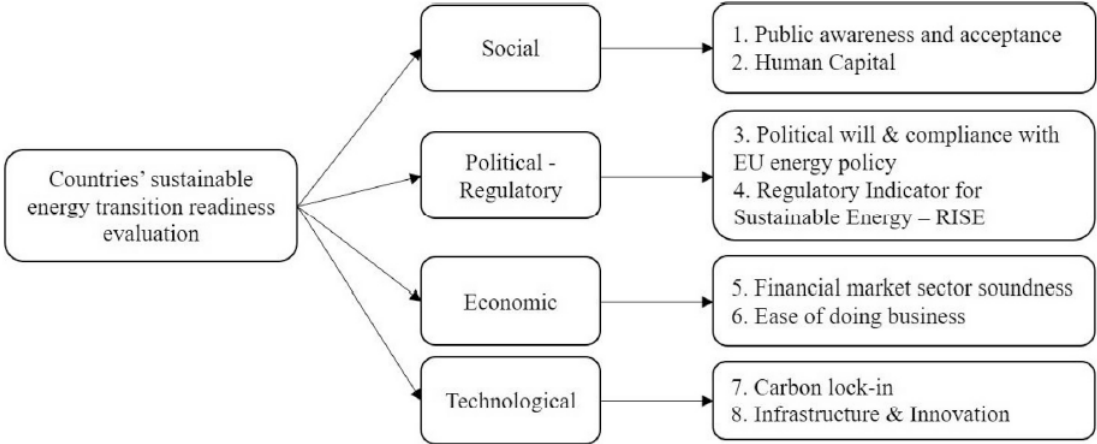


Figura 5.1 Sistema de Evaluación SETR
Fuente: Neofytou, 2020

En ese sentido y para efectos del presente análisis, se utilizan los elementos del Sistema de Evaluación SETR para trasladarlos al nivel de un Instrumento de Política en este caso de Transición Energética y con ello, tener directrices para observar el carácter sostenible de los CELs. Cabe señalar que, se excluye el criterio social, debido a que no se encontró información oficial focalizada que permitiera hacer una revisión en estos términos y que, por el contrario, podría ser un aspecto para analizar de manera exhaustiva, quedando fuera del alcance de la presente Tesis.

5.2 El carácter sostenible de los Certificados de Energías Limpias

Para tener una perspectiva general sobre el carácter sostenible de los CELs se revisa la información disponible cercana al periodo de diseño e implementación de los CELs y se toman en consideración los siguientes criterios del SETR:

Criterios de evaluación **política**:

1. Voluntad política. Actitudes y actos de los políticos contra el cambio climático, así como la estrategia política vigente.
2. Regulación para energía sostenible. Existencia de un marco político y normativo para impulsar la energía sostenible en materia de energías renovables.

Criterios de evaluación **económica**:

3. Sostenibilidad financiera. Desarrollo financiero, que incluye entre otros, la asequibilidad de los servicios financieros, la facilidad de acceso a los préstamos, la sostenibilidad de los bancos, etc.
4. Facilidad para hacer negocios. Mide la burocracia y constituye un criterio cualitativo en función de lo fácil que resulta para las personas iniciar, operar y ampliar un negocio en el país.

Criterios de evaluación **tecnológica**:

5. Bloqueo de carbono (*Carbon lock-in*). Evalúa la dependencia de los sistemas energéticos basados en los combustibles fósiles, que dificultan esencialmente la adopción de tecnologías energéticas alternativas.
6. Infraestructura e innovación. Este criterio muestra el rendimiento en cuanto a la extensión y la eficacia de la infraestructura, como los medios de transporte y el suministro eléctrico, así como la capacidad de promover actividades innovadoras, mediante inversiones en I+D y adaptación a las nuevas tecnologías.

Los criterios de SETR previamente señalados, utilizaron indicadores específicos para observar el desempeño de Transición Energética Sostenible a nivel País. Sin embargo, para efectos del presente documento, se toma en cuenta únicamente el concepto teórico de cada criterio que permita adaptar esta metodología al nivel de un Instrumento de Política Pública. De esta manera vincula el concepto de cada

criterio de sostenibilidad con la información pública acontecida durante el periodo de diseño e implementación de los CELs para hacer una revisión general en ese sentido. La **Figura 5.2** muestra el marco teórico de referencia utilizado para la revisión del carácter sostenible de los CELs.

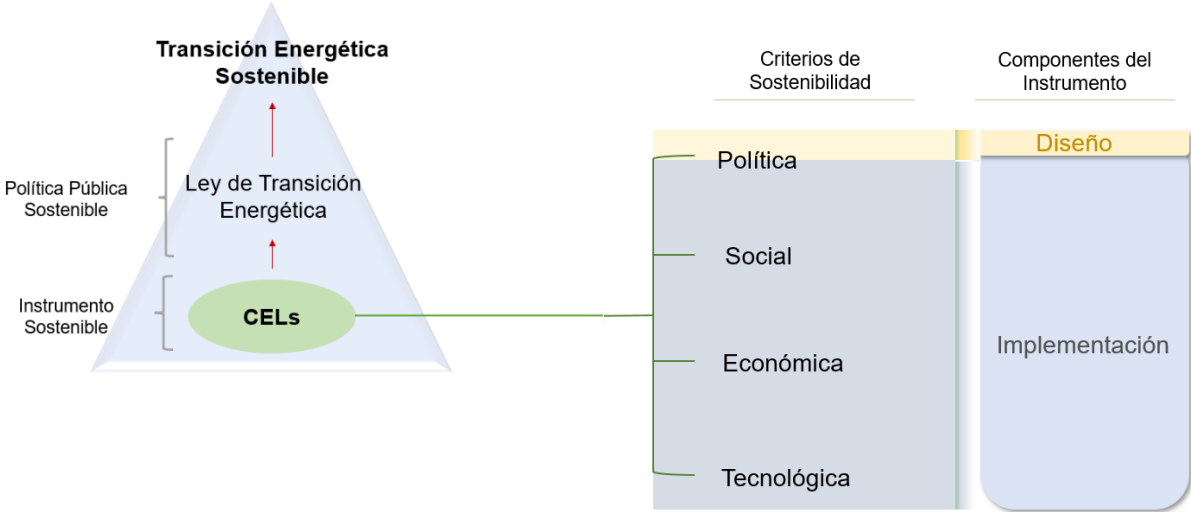


Figura 5.2 Marco Teórico para la Revisión del Carácter Sostenible de los CELs
Fuente: Neofytou, 2020

5.2.1 El Componente de diseño

En lo que respecta al Componente de diseño de los CELs se observa que los Lineamientos que establecen los “Criterios para el Otorgamiento de Certificados de Energías Limpias y la Ley de Transición Energética”, en donde se establece que los CELs contribuyen a lograr las metas nacionales en términos de la participación de las Energías Limpias en la generación total de energía eléctrica. En ese sentido, el conjunto de ordenamientos y mandatos que se establecen para su diseño en 2014 manifiestan la voluntad política de incidir en los compromisos de mitigación del cambio climático que consideran la generación limpia como una de las estrategias para la reducción de emisiones contaminantes. Lo anterior, determina un aspecto favorable en términos del criterio político.

En la **Figura 5.3** se observa que la mayoría de los mandatos u ordenamientos que permiten la operación de los CELs se emiten a nivel de disposiciones

administrativas, las cuales son en su mayoría, publicadas por el Titular de la Secretaría de Energía y encuentran su fundamento principal en la LIE y la LTE. Dentro de las disposiciones administrativas los lineamientos y sus respectivos acuerdos de modificación establecen los criterios generales para el otorgamiento de los CELs y finalmente, los avisos establecen las obligaciones anuales de CELs. Este marco jurídico y normativo manifiesta la existencia de una estructura de regulación orientada a la energía sostenible tal y como se menciona en el criterio de evaluación política del SETR.

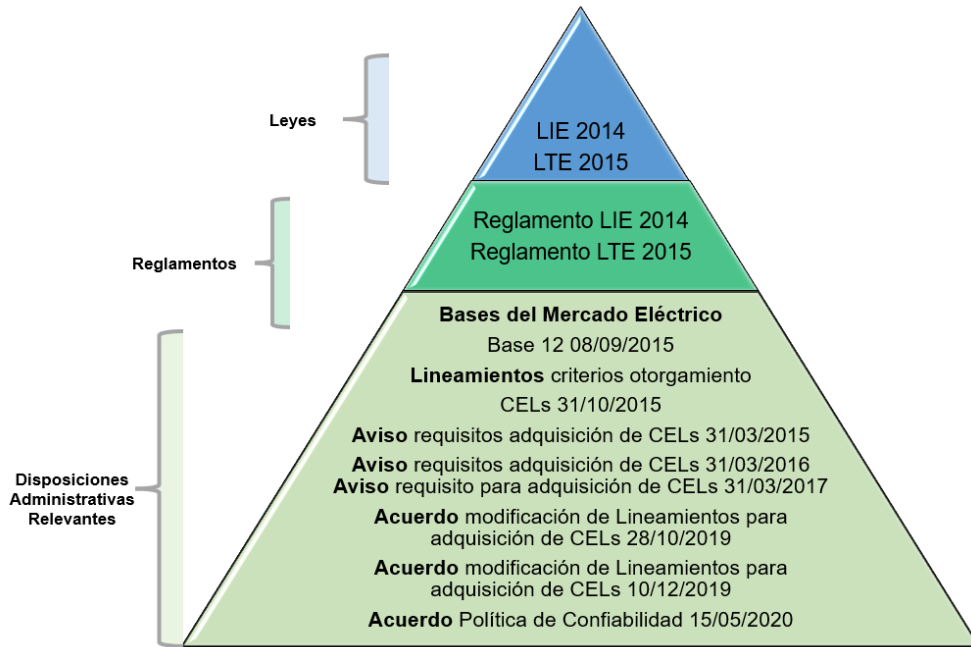


Figura 5.3 Marco Político y Normativo para el Funcionamiento de los CELs en México
Fuente: Propia con base en las leyes, reglamentos, lineamientos, avisos y acuerdos mencionados (Anexo 1).

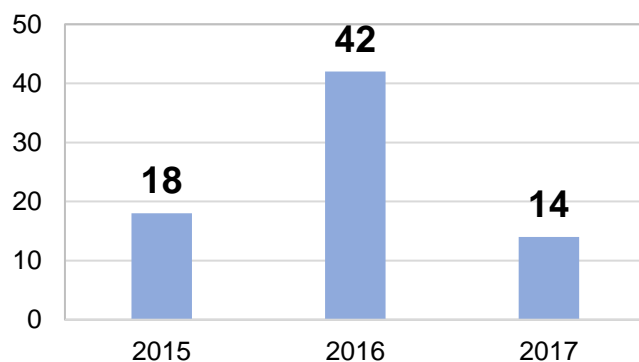
De esta manera se observa favorable el criterio de evaluación política ya que, desde su diseño, se manifiesta tanto la voluntad política como la existencia de un marco regulatorio para impulsar la energía sostenible y, por ende, la emisión de CELs.

5.2.2 El Componente de Implementación

En lo que respecta al Componente de Implementación, la voluntad política del durante el periodo de implementación de los CELs no se manifestó con el mismo éxito como sucedió en su fase de diseño. La vigencia del Instrumento se vio afectada a partir del 2018 cuando el Gobierno Federal canceló formalmente y “hasta nuevo aviso” las Subastas de Largo Plazo en donde ocurrían la mayoría de las

actividades de comercialización de CELs, pese a que se continua el marco normativo que mantiene la obligación de CELs para el 2022. Lo anterior, no es favorable al criterio de evaluación política.

Por su parte, los resultados de los Modelos de Regresión ARDL y Datos Panel del capítulo anterior, demostraron el efecto impulsor de los CELs como parte de un conjunto de políticas públicas utilizadas para incrementar la participación de las energías limpias. En ese sentido, el criterio de evaluación económica que identifica la facilidad para hacer negocio se manifiesta a partir de la existencia y participación de un significativo número de empresas que se encontraron en condiciones de presentar ofertas de CELs durante las Subastas de Largo Plazo en el periodo de implementación 2015-2017 (**Gráfica 5.1**). Asimismo, no se encontraron pruebas para documentar que una posible burocratización del trámite para obtener CELs haya incidido en la reducción del número de empresas que participaron del 2016 al 2017.



Gráfica 5.1 Número de Empresas (Centrales Eléctricas) a las que se les Asignaron CELs
Fuente: Elaboración propia con base en CENACE 2015, 2016 y 2017.

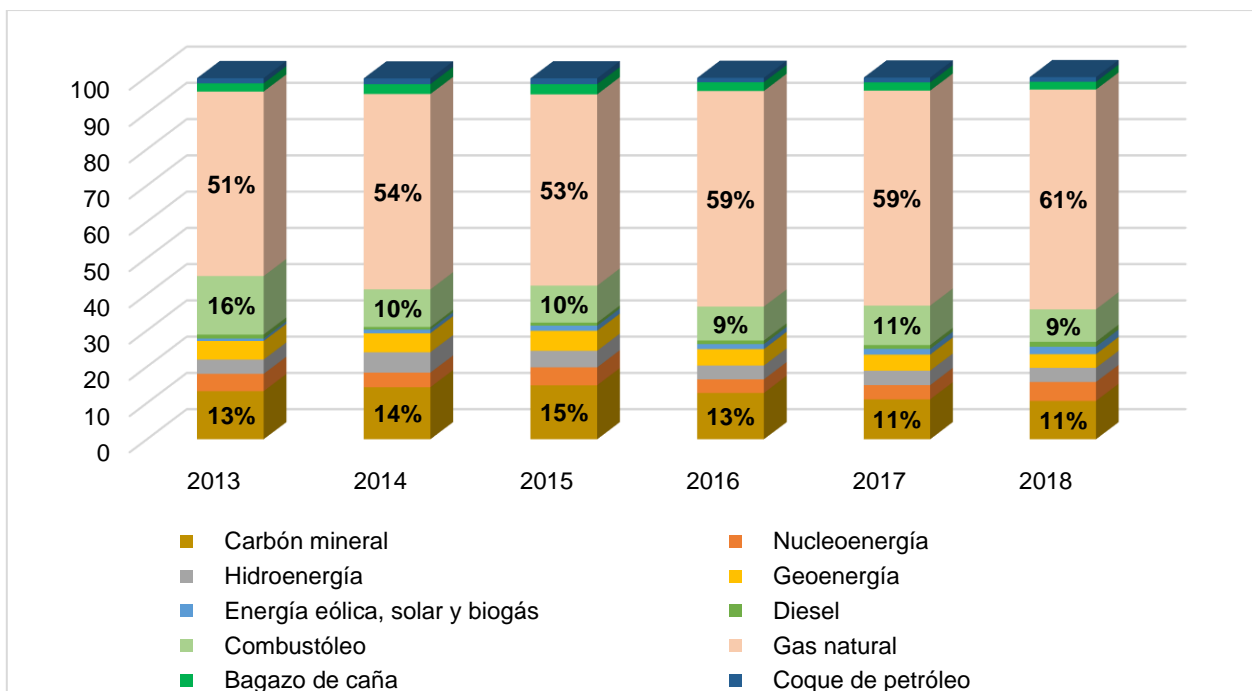
En cuanto a la sostenibilidad financiera; la accesibilidad y asequibilidad de los servicios financieros que surgieron y/o estuvieron disponibles para los generadores limpios que estuvieran en posibilidad de obtener CELs cercanos a su periodo de implementación 2015-2017 se muestra en el **Tabla 5.1**. De esta manera, la presencia de aspectos en favor de la sostenibilidad financiera y la facilidad para hacer negocios se concluye favorable el criterio de evaluación económica.

Producto Financieros	Tipos	Fuente de Recursos	Tipo de Producto	Asequibilidad (Costos de Transacción para el Solicitante)	Accesibilidad	Permanencia
Al menos 21 productos	<ul style="list-style-type: none"> • Proyectos y Programas Especiales • Fondos y Fideicomisos • Líneas de Crédito 	<ul style="list-style-type: none"> • Públicos 62% • Privados 33% • Pub-Priv 5% 	<ul style="list-style-type: none"> • Subvención 43% • Crédito 52% • Renta 5% 	<ul style="list-style-type: none"> • Baja 14 % • Media 57% • Alta 29 % 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitada 52% • Abierta 48% 	<ul style="list-style-type: none"> • Temporal 19% • Indefinida 81%

Tabla 5.1 Accesibilidad y asequibilidad de los servicios financieros para energías limpias durante el periodo de Administración Federal 2013-2018

Fuente: Elaboración propia con base en SEMATNAT, 2015. SENER. Estrategia de Transición, 2020. BBVA, 2023. NAFIN, 2021. Vanrenta, 2023. CI Banco, 2023.

Para el criterio de evaluación tecnológica se observa en primera instancia, el bloqueo de carbono (carbon lock-in) que se determina a partir de la dependencia de combustibles fósiles para generar electricidad como el gas natural y el combustóleo. En la **Gráfica 5.2**, el porcentaje de participación de estos dos combustibles presenta un incremento de 3 y 1 puntos porcentuales respectivamente del 2015 al 2017 y, aunque no es el caso del carbón, este combustible fósil también mantiene un significativo porcentaje de utilización durante el periodo.



Gráfica 5.2 Porcentaje de participación de consumo de combustibles para generación eléctrica
Fuente: Elaboración propia con base en Sistema de Información Energética con información del Balance Nacional de Energía, SENER.

Por su parte, en lo que respecta a la eficacia de la infraestructura y la adaptación a las nuevas tecnologías del criterio de evaluación tecnología, se hace una revisión a partir del incremento de las energías limpias ocasionado por el efecto impulsor de los CELs.

Un incremento significativo de energía limpia supone desafíos técnicos, económicos y regulatorios que se han debido considerar a fin de incorporar a sus modelos de previsión de demanda, el aporte que las energías renovables variables pueden hacer a la oferta de energía eléctrica (CEPAL, 2021). En ese sentido, la adaptación de la tecnología se relaciona con la capacidad que se tenga para entregar un recurso energético confiable al consumidor final lo que depende no solo de la tecnología limpia si no de la infraestructura eléctrica. La ineficiencia y obsolescencia de la infraestructura eléctrica representa una situación desfavorable a la Transición Energética limpia considerando el crecimiento esperado de la demanda (CEPAL (2021)). Por lo que, cualquier región o país, encara el desafío de renovar su infraestructura eléctrica y modernizar su operación para posibilitar estas transformaciones, manteniendo o incluso mejorando la calidad y confiabilidad del suministro eléctrico (CEPAL (2021)). Por lo anterior, se retoma el efecto de que

podieron tener los CELs en el Sistema Eléctrico Nacional durante su periodo de implementación.

De acuerdo con la **Gráfica 5.1** en el 2016 se presentó la mayor participación y asignación de CELs coincidente con los movimientos significativos de los indicadores de confiabilidad que muestran afectaciones negativas al SEN en el periodo inmediato posterior 2016-2017 (**Tabla 4.20**). En ese sentido, se encuentran elementos para considerar que, en el caso de México, la confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional es un aspecto determinante para la sostenibilidad de instrumentos de política pública detonantes de energías limpias como de los CELs.

CONCLUSIONES

A partir del contenido de la presente tesis, se ha mostrado la preferencia de los gobiernos a nivel global por el uso de fuentes de generación eléctrica cada vez más sustentables, particularmente las fuentes renovables y/o limpias. Esta preferencia, aunada a una Transición Energética, también denota preocupaciones en términos económicos, sociales y de infraestructura. En ese sentido y dependiendo del potencial económico de cada país, en desarrollo o desarrollado, la preferencia por las fuentes renovables y/o limpias se puede observar como un medio, un vehículo para alcanzar objetivos nacionales en términos de su política energética en particular.

Organismos que son referentes en la materia, como la Agencia Internacional de Energía, han señalado intervenciones clave por parte de los gobiernos de los países a través de instrumentos de política pública con enfoque de mercado, que motivan una mayor participación de energías renovables, entre las que se encuentran los Certificados. En ese sentido México, al igual que otros países, estableció su propio esquema bajo la nomenclatura de Certificados de Energías Limpias (CELs) como un Instrumento detonador de nuevas inversiones en energías limpias que forma parte de su política de Transición Energética.

El mercado de los CELs, como se observó en la sección 3.3 de la presente tesis, tuvo un periodo corto de implementación de mayor escala a través de las Subastas de Largo Plazo SLP1/2015, SLP 1/2016 y SLP 2/207, las cuales, fueron la fuente de información más adecuada para obtener información estadística concentrada y oficial para el presente análisis. Lo anterior, con la salvedad de que, a posteriori, la comercialización de CELs haya continuado mediante contratos bilaterales en menor escala. Considerando lo anterior, y que en países como Estados Unidos su esquema estatal diversificado de Certificados *RECs* se ha implementado por un periodo mayor a 3 años (Tabla 1.1), el mercado de CELs en México se podría considerar un mercado de poca experiencia todavía en fase de introducción.

No obstante, el corto periodo de implementación de los CELs pudiera desalentar el uso de herramientas econométricas, la trayectoria de los CELs resulta novedosa en el país, por lo que no se descartó la posibilidad de utilizar este tipo de metodologías para observar y demostrar el efecto de este Instrumento en un marco de Transición Energética.

La efectividad de los CELs se demuestra a partir de los resultados del Modelo de Regresión ARDL (Ecuación 4.1) en donde los CELs, como parte de un conjunto de políticas públicas orientadas a la Transición Energética, muestran un efecto impulsor positivo sobre la generación de energía eléctrica con fuentes renovables. Asimismo, y de manera más específica, los resultados de los modelos de regresión calibrados de datos panel (ecuaciones 4.6, 4.10 y 4.11) concluyen que los CELs motivan el crecimiento de la capacidad instalada de energías limpias en México. Estas relaciones positivas permiten demostrar que los CELs pueden ser un Instrumento efectivo de política pública para la Transición Energética en términos de los indicadores base del Índice de Transición Energética (ITE por sus siglas en inglés) que se relacionan con el efecto de aumentar la generación eléctrica a partir de fuentes limpias y/o renovables (Figura 2.3).

La sostenibilidad de los CELs como Instrumento de política pública se observa, en primera instancia, a través del análisis comparativo entre su comportamiento y la operación del Sistema Eléctrico Nacional (SEN) durante el periodo 2015-2017, en donde se muestra que, durante 2016, año con mayor comercialización de CELs, ocurren coincidentemente movimientos significativos en términos de confiabilidad que tienen efectos negativos en el SEN en un periodo inmediato posterior (2017)³⁹. Sin duda este periodo de arranque es revelador pese a que los contratos de CELs sean por periodos de largo plazo, ya que permite observar un posible efecto inicial a considerar ante políticas detonadoras de energías limpias como los CELs. Posteriormente, en el Capítulo 5, el análisis de sostenibilidad de los CELs se extiende cualitativamente a partir de sus procesos de diseño e implementación para concluir que, en términos del criterio de evaluación política, se observó un ambiente favorable dado el marco jurídico y regulatorio instaurado que denotó la voluntad política a partir del diseño del Instrumento por el contrario, en lo que respecta a su implementación, la suspensión del mecanismo de comercialización de los CELs de Largo Plazo (Subastas) frena la voluntad política inicial y envía mensajes de no conformidad sobre el Instrumento. Finalmente, el criterio de evaluación tecnológica en términos de infraestructura y específicamente de adaptación de nuevas tecnologías, retoma el efecto que pueden tener los CELs en el SEN considerando

³⁹ Congruente con la periodicidad de los efectos del Modelo ARDL -trimestral- y Modelos de Datos Panel – anual- que demuestran la efectividad de los CELs para incrementar la participación de energías limpias.

que cualquier incremento de las fuentes renovables (principalmente solar y eólica) que se incluyen en el concepto mexicano de energías limpias, supone desafíos técnicos para entregar un recurso energético confiable al consumidor final. Por lo anterior se observa que, en términos de sostenibilidad, la confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional es un aspecto determinante para los CELs como Instrumento de política pública para la Transición Energética.

Aunado a lo anterior, se concluye que, los CELs en México constituyen un Instrumento de política pública efectivo para una Transición Energética hacia las energías limpias, pero carente de sostenibilidad en el tiempo, principalmente, en términos de confiabilidad de la red eléctrica.

En ese sentido, si el caso de los CELs pudiera escalarse como referencia para cualquier otro Instrumento de política pública que impulse el incremento de energías renovables de carácter intermitente en el corto plazo, garantizar la confiabilidad de cualquier sistema eléctrico se convierte en un aspecto determinante para la sostenibilidad del propio Instrumento y, por ende, de la política de Transición Energética que le da fundamento.

Como se mostró en los primeros capítulos de esta tesis a partir de una revisión conceptual, una Transición Energética debiera poder ser sostenible para sortear los cambios estructurales involucrados y, por tanto, que sus instrumentos de política pública contribuyan a ello.

En el marco de una Transición Energética orientada a la sustentabilidad de los recursos energéticos, el Índice de Transición Energética (ITE) brinda una perspectiva general a los tomadores de decisión sobre el efecto de sus políticas públicas e instrumentos, por lo que, la inclusión de indicadores de confiabilidad como los que se muestran en la Tabla 4.21 en la metodología del ITE permite vislumbrar que tan sostenible puede ser dicha Transición Energética. Aunado a lo anterior, conocer el avance en energías limpias y la confiabilidad del sistema eléctrico en un mismo periodo, otorga elementos para revisar estrategias de política pública de manera que, en el futuro, no se obstaculice el uso de instrumentos cada vez más ambiciosos en materia de energías limpias.

Las metodologías de cálculo del ITE en años previos al 2022 no consideraban indicadores sobre la confiabilidad del sistema eléctrico, es hasta la metodología del ITE del 2023 que se incluyen los indicadores SAIDI y SAIFI (WEF, 2023). No obstante, sin demeritar la acertada determinación de incluir estos indicadores, la proporción que SAIDI y SAIFI en su conjunto representa para la puntuación final del ITE es menor al 10%⁴⁰. Con esta ponderación, se pueden encontrar casos de países que expresan altos niveles de confiabilidad⁴¹ y baja puntuación de ITE que pudieran indicar un potencial para instrumentos públicos detonadores de ER como los CELs, o bien, por el contrario, niveles bajos de confiabilidad⁴² en posiciones altas de ITE podrían indicar un riesgo en la sostenibilidad en este tipo de instrumentos y, por ende, de su Transición Energética. Sin embargo, la ponderación tan baja que actualmente tienen los indicadores de confiabilidad SAIDI y SAIFI es limitada para considerar los casos previamente mencionados en la puntuación final del ITE del 2023. En ese sentido y, dada la vinculación entre instrumentos públicos detonadores de ER y niveles de confiabilidad del SEN, los indicadores SAIDI y SAIFI deberían tener una mayor ponderación y, de ser posible, formar parte de un indicador base que observe la sostenibilidad de la propia Transición Energética.

Para el caso de los CELs, el análisis comparativo que se realizó durante el periodo de implementación del Instrumento, observó movimientos negativos en los índices de confiabilidad del SEN, sin embargo, futuras investigaciones podrían profundizar más sobre la vinculación entre el éxito del instrumento y los disturbios en la red asociados de manera que permitan confirmar esta relación, a un nivel de política pública y más allá del análisis y/o monitoreo que, en términos de seguridad y continuidad, se realiza frente a la incorporación de energía intermitente como la de carácter renovable. Asimismo, podrían analizarse con mayor profundidad los aspectos políticos, sociales y económicos que pudieran vulnerar el carácter sostenible de instrumentos impulsores de energías limpias como los CELs.

⁴⁰ El Indicador de “*Reliability*” que incluye los indicadores SAIDI y SAIFI representa el 7.14% de los indicadores de la Figura 14 del apéndice A1 de WEF, 2023. La proporción de cada indicador resulta de la división del 100% entre los 14 indicadores base que aparecen en la metodología del ITE 2023.

⁴¹ Implica bajos niveles de SAIDI y SAIFI.

⁴² Implica altos niveles de SAIDI y SAIFI

De cualquier manera, un sistema eléctrico confiable contribuye a la construcción de un escenario propicio para el aumento de energías renovables y/o limpias y tal como lo considera el Índice de Preparación para la Transición Energética⁴³ (ETRI por sus siglas en inglés) a través del criterio de *flexibilidad* que se define como “la capacidad que tiene la infraestructura de generación eléctrica para aumentar o disminuir su producción [...] y estabilizar el sistema eléctrico dentro de los límites operativos” (2021, REA).

Finalmente, la atención global se interesará en observar aquellos elementos que pudieran potenciar u obstaculizar un Desarrollo Sostenible que contribuya a mitigar el cambio climático, lo cual, en el sector eléctrico, se puede observar a partir del establecimiento de políticas públicas sostenibles para la Transición Energética.

⁴³ En noviembre de 2019, la Asociación para la Energía Renovable y la Tecnología Limpia (REA por sus siglas en inglés) publicó el primer Índice de Preparación para la Transición Energética (ETRI) (2021, REA).

BIBLIOGRAFÍA

1. ABENGOA (2008, abril). ¿Afectan las energías renovables a la estabilidad de la red eléctrica? La Energía del Cambio. Recuperado el 18 de septiembre de 2022, de <http://www.laenergidelcambio.com/%C2%BFafectan-las-energ%C3%ADas-renovables-a-la-estabilidad-de-la-red-el%C3%A9ctrica/>
2. Agnolucci, Paolo (2007). The effect of financial constraints, technological progress and long-term contracts on tradable green certificates. *Energy Policy*, 35, 3347–3359. Recuperado el 08 de septiembre de 2022 de la base de datos de Scopus.
3. Aguilar, Luis F. (2006). Gobernanza y Gestión Pública. Recuperado el 20 de noviembre del 2022, de https://consultorestema.com/wp-content/uploads/2020/02/Aguilar_villanueva_gobernanza_y_gestionTC.pdf
4. American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE) (2023, Junio). Energy Efficiency in a High Renewable Energy Future. Recuperado el 13 de julio del 2023, de <https://www.aceee.org/research-report/u2303>
5. Amir Raza, M., Lal Khatri, K., Ibrar Ul Haque, M., Shahid, M., Rafique, K., Ahmed Waseer, T. (2022). Holistic and scientific approach to the development of sustainable energy policy framework for energy security in Pakistan. *Energy Reports*, 8, 4282-4302. Recuperado el 15 de enero de 2023, de la base de datos de ScienceDirect.
6. Batlle, Carlos (2014, enero). Análisis del impacto del incremento de la generación de energía renovable no convencional en los sistemas eléctricos latinoamericanos. Recuperado el 23 de enero 2023, de <https://publications.iadb.org/es/publicacion/16834/analisis-del-impacto-del-incremento-de-la-generacion-de-energia-renovable-no>
7. Baltagi, B.H. (2014). *Econometric Analysis of Panel Data*. John Wiley and Sons Ltd, 5th edition.
8. Balthasar, A., Schreurs, A., Varone, F. (2019). Energy Transition in Europe and the United States: Policy Entrepreneurs and Veto Players in Federalist Systems. *Journal of Environment & Development*, 29(1), 1-2.

Recuperado el 05 de mayo de 2023 de la base de datos Scopus.
<https://doi.org/10.1177/1070496519887489>

9. Beltrán, A., Castro, Juan F. (2020). Modelos de datos de panel y variables dependientes limitadas: teoría y práctica. Recuperado el 05 de febrero de 2023, de <https://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/2858>
10. Bergek, A., Jacobsson, S. (2009). Are tradable green certificates a cost-efficient policy driving technical change or a rent-generating machine? Lessons from Sweden 2003-2008. *Energy Policy*, 38, 1255–1271. Recuperado el 08 de septiembre del 2022 de la base de datos de Scopus. doi:10.1016/j.enpol.2009.11.001
11. BBVA (2023). Crédito Simple Paneles Solares. Recuperado el 23 de mayo del 2023, de <https://www.bbva.mx/empresas/productos/financiamiento/credito-simple-paneles-solares.html#selecciona-un-proveedor>
12. Berrío-Monsalve, M.A., Arango-Arango. M., Botero-Botero, S. (2015). “Análisis de los Indicadores de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero para Valorar Proyectos de Energía Renovable en Sistemas Eléctricos, caso de Colombia”. *Lámpsakos*, 13, 24-38. Recuperado el 15 de mayo del 2023, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=613965317003>
13. Brockwell, Peter J., Davis, Richard A. (2009). *Time Series: Theory and Methods*. Springer.
14. Cardoso, A., Fuinhas, J.A. (2012). Are public policies towards renewable successful? Evidence from European. *Renewable Energy*, 44, 109-118. Recuperado el 25 de agosto del 2022 de la base de datos ScienceDirect.
15. Castro Fernando M. (2021, mayo). Análisis jurídico sobre la política de confiabilidad, seguridad, continuidad y calidad en el sistema eléctrico nacional. Recuperado el 02 de marzo del 2023, de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/13/6466/8.pdf>
16. Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) (2015, marzo). Extracto del Fallo de la Primera Subasta de Largo Plazo SLP - 1 - 2015 v2016 04 01. Recuperado el 04 de marzo del 2023, de <https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/SubastasLP12015.aspx>

17. Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) (2016, junio). Fallo de la Segunda Subasta de Largo Plazo SLP No.1-2016 v2016 09 28. Recuperado el 04 de marzo del 2023, de <https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/SubastasLP12016.aspx>
18. Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) (2017, abril). Extracto del Fallo de la Subasta de Largo Plazo No. 1 SLP2017 v 23 11 2017. Recuperado el 04 de marzo del 2023, de <https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/SubastasLP12017.aspx>
19. Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) (2018, junio). Acuerdo de Cancelación de la SLP No.1 2018 v31 01 2019. Recuperado el 04 de marzo del 2023, de <https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/SubastasLP12018.aspx>
20. Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) (2019, abril). Oficio SENER no convocar SLP No.1 2019 20_12_19 (1). Recuperado el 04 de marzo del 2023, de <https://www.cenace.gob.mx/Paginas/SIM/SubastasLP12019.aspx>
21. Chuang, J., Lien, H., Den, W., Iskandar, L., Liao, P. (2018). The relationship between electricity emission factor and renewable energy certificate: The free rider and outsider effect. *Sustainable Environment Research*, 28, 1-4. Recuperado el 20 de abril de 2022 de la base de datos Scopus.
22. CI Banco (2023). Crédito CI Panel Solar. Recuperado el 23 de mayo del 2023, de <https://www.cibanco.com/es/cibanco/credito-panel-solar>
23. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2023). El Protocolo de Montreal Relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono. Recuperado el 15 de marzo de 2023, de <https://observatoriop10.cepal.org/es/tratados/protocolo-montreal-relativo-sustancias-que-agotan-la-capa-ozono>.
24. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2001, octubre). Desarrollo Sostenible: Perspectivas de América Latina y el Caribe. Recuperado el 15 de marzo de 2023, de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6461/S0110857_es.pdf

25. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2021). Hacia una planificación sostenible para una Transición Energética justa en América Latina y el Caribe. Recuperado el 15 de mayo del 2023, de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47386-planificacion-sostenible-transicion-energetica-justa-america-latina-caribe>
26. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (1999, julio). La Dinámica del desarrollo sustentable y sostenible. Recuperado el 10 de marzo de 2023, de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/19862/S9970510_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
27. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (1999, septiembre). Políticas e instituciones para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe. Recuperado el 12 de marzo de 2023, de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5704/1/S9990627_es.pdf
28. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Lahera, Eugenio (2004, agosto). Política y Políticas Públicas. Recuperado el 12 de marzo de 2023, de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/6085/S047600_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y
29. Comisión Federal de Electricidad (CFE) (2017). Informe Anual 2017. Recuperado el 17 de marzo de 2023, de <https://www.cfe.mx/finanzas/reportes-financieros/pages/informes-anuales.aspx>
30. Comisión Reguladora de Energía (CRE) (2014). Preguntas frecuentes sobre la nueva regulación en temas eléctricos. Recuperado el 17 de marzo de 2023, de <http://www.cre.gob.mx/documento/faq-regulacion-electricos.pdf>
31. Comisión Reguladora de Energía (CRE) (2010, abril). Resolución por la que la Comisión Reguladora de Energía expide el Modelo de Contrato de Interconexión para Centrales de Generación de Energía Eléctrica con Energía Renovable o Cogeneración Eficiente y sus anexos (F-RC, IB-RC, TB-RC), así como el Modelo de Convenio para el Servicio de Transmisión de Energía Eléctrica para Fuente de Energía. Recuperado el 12 de marzo del

- 2023, de
https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5140991&fecha=28/04/2010#gsc.tab=0
32. Comisión Reguladora de Energía (CRE) (2016, abril). RESOLUCIÓN por la que la Comisión Reguladora de Energía expide las Disposiciones Administrativas de carácter general que contienen los criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad, seguridad y sustentabilidad del Sistema Eléctrico Nacional: Código de Red, conforme dispone el artículo 12, fracción XXXVII de la Ley de la Industria Eléctrica. Recuperado el 12 de marzo del 2023, de
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5432507&fecha=08/04/2016#gsc.tab=0
33. Comisión Reguladora de Energía (CRE) (2023, marzo). Información Pública - "Otorgamiento de CEL. Periodo" 2023-01. Recuperado el 12 de marzo del 2023, de
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/812525/CRE-Reporte P blico de CEL Otorgados.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/812525/CRE-Reporte_P_blico_de_CEL_Otorgados.pdf)
34. Comisión Reguladora de Energía (CRE) (2017). Reporte de Confiabilidad 2016-2017. Recuperado el 12 de marzo del 2023, de
<https://www.gob.mx/cre/documentos/reportes-de-confiabilidad-del-sistema-electrico-nacional>
35. Cucchiella, F., D'Adamo, I., Gastaldi, M. (2018). Future Trajectories of Renewable Energy Consumption in the European Union. *Resources* 7(10). Recuperado el 25 de mayo del 2023 de la base de datos Scopus. doi:10.3390/resources7010010
36. DECRETO por el que el Instituto de Investigaciones Eléctricas se convierte en el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, [Decreto], Diario Oficial de la Federación, 24 de junio de 2016 (México).
37. Department for Business, Energy & Industrial Strategy U.K. (2022, abril). Addressing supplier payment default under the Renewables Obligation (RO). Summary of consultation responses. Recuperado el 11 de marzo del 2023, de
https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/1070241/ro-addressing-supplier-payment-default-consultation-responses.pdf

38. Elias Rebecca J., Victor David G. (2005, junio). Energy Transitions in Developing Countries: a Review of Concepts and Literature. Recuperado el 24 de abril de 2023, de https://pesd.fsi.stanford.edu/publications/energy_transitions_in_developing_countries_a_review_of_concepts_and_literature
39. Ente nazionale per l'energia elettrica (ENEL) (2020, octubre) Ciudades circulares. Las ciudades del futuro. Recuperado el 18 de mayo del 2023, de <https://www.enel.com/content/dam/enel-com/documenti/media/paper-ciudades-circulares-2020.pdf>
40. European Commission (1999, abril). Electricity from renewable energy sources and the internal electricity market. Commission Working Document, Recuperado el 10 de noviembre de 2022, de <http://aei.pitt.edu/4923/1/4923.pdf>
41. Fagiani, R., Barquín, J., Hakvoort, R. (2013). Risk-based assessment of the cost-efficiency and the effectivity of renewable energy support schemes: Certificate markets versus feed-in tariffs. *Energy Policy*, 55, 648-661. Recuperado el 15 de septiembre del 2022 de la base de datos de ScienceDirect.
42. Figueira, I., Domingues, A., Caeiro, S., et. al., (2018). Sustainability policies and practices in public sector organizations: The case of the Portuguese Central Public Administration. *Journal of Cleaner Production*, 202, 616-630. Recuperado el 05 de marzo del 2022 de la base de datos de ScienceDirect.
43. Gobierno de la República (2014, septiembre). Compromisos de Mitigación y Adaptación ante el Cambio Climático para el Periodo 2020-2030. Recuperado el 11 de marzo del 2023, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/162974/2015_indc_esp.pdf
44. González, María Isabel (2006). Cómo diagnosticar y corregir el problema de la endogeneidad: el número de hijos tenidos en la predicción de las preferencias de fecundidad en Costa Rica. *Población y Salud en Mesoamérica*, 4, núm. 1. Recuperado el 01 de marzo de 2023, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2480164.pdf>

45. Gutierrez, Juan M. (2020, noviembre). El Modelo de Datos De Panel. Recuperado el 11 de marzo del 2023, de <https://todoeconometria.com/paneldata1/#:~:text=Un%20modelo%20de%20efectos%20fijos%20es%20mejor%20si%20tenemos%20datos,los%20par%20C3%A1metros%20son%20variables%20aleatorias>
46. Hafner Manfred & Tagliapietra Simone (2020). The Geopolitics of the Global Energy Transition. Springer Open.
47. Haidar, Z.A. & Al-Shaalan, A.M. (2018) Reliability Evaluation of Renewable Energy Share in Power Systems. *Journal of Power and Energy Engineering*, 6, 40-47. Recuperado el 10 de marzo del 2023, de <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=87441>
doi: [10.4236/jpee.2018.69006](https://doi.org/10.4236/jpee.2018.69006)
48. Hao, P., Guo, J., Chen, Y., Xie, B. (2019). Does a combined strategy outperform independent policies? Impact of incentive policies on renewable power generation, *Omega*. 97, 102100. Recuperado 15 de septiembre del 2022 de la base de datos de ScienceDirect. doi: <https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.08.007>
49. Hausman, J. A. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46: 1251-71. Recuperado el 28 de junio del 2023, de <https://scirp.org/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2059101>
50. Honda, Y. (1985). Testing the Error Components Model with Non-Normal Disturbances. *Review of Economic Studies*, 52: 681-90. Recuperado el 28 de junio del 2023 de la base de datos de EconPapers
51. Hou, K., Tang, P., Liu, Z., Jia, H., Zhu, L., (2021). Reliability Assessment of Power Systems with High Renewable Energy Penetration Using Shadow Price and Impact Increment Methods. *Front. Energy Res.*, 9, 635071. Recuperado el 20 de enero del 2023, de <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenrg.2021.635071/full> doi: 10.3389/fenrg.2021.635071
52. Howlett, M., Mukherjee, I., (2014). Policy Design and Non-Design: Towards a Spectrum of Policy Formulation Types. *Politics and Governance*, 2, 57-71. Recuperado el 15 de enero de 2023 de la base de datos de ResearchGate.

53. Hulshof, D., Jepma, C., Mulder, M. (2019). Performance of markets for european renewable energy certificates. *Energy Policy*, 128, 1-4. Recuperado el 01 de mayo de 2022 de la base de datos Scopus.
54. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) (2019). Sistema de Cuentas Nacionales de México. Producto Interno Bruto por Entidad Federativa. Serie de 2003 a 2019. Recuperado el 07 de abril de 2022, de <https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2013/#Tabulados>
55. Intergovernmental Panel on Climate Change (2023). Synthesis Report of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6). Summary for Policymakers. Recuperado el 13 de mayo de 2023, de https://report.ipcc.ch/ar6syr/pdf/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
56. International Energy Agency (IEA) (2017). Real-world policy packages for sustainable energy transitions- Shaping energy transition policies to fit national objectives and constraints. Recuperado el 20 de mayo del 2023, de <https://www.iea.org/reports/real-world-policy-packages-for-sustainable-energy-transitions>
57. International Energy Agency (IEA) (2018, abril). Renewable Energy Policies in a Time of Transition. Recuperado el 20 de marzo de 2023, de <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-policies-in-a-time-of-transition>
58. International Energy Agency (IEA) (2020). Data and Statistics. Recuperado el 26 de octubre de 2022, de <https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=CO2%20emissions&indicator=CO2EleBySource>
59. International Energy Agency (IEA) (2017). Real-world policy packages for sustainable energy transitions- Shaping energy transition policies to fit national objectives and constraints. Recuperado el 20 de mayo del 2023, de <https://www.iea.org/reports/real-world-policy-packages-for-sustainable-energy-transitions>
60. International Renewable Energy Agency (IRENA) (2020, diciembre). Renewable Energy and Climate Pledges. Five years after the Paris agreement. Recuperado el 10 de abril de 2023, de https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Dec/IRENA_NDC_update_2020.pdf

61. Instituto Nacional de Cambio Climático (2017). Inventario Nacional de Emisiones 1990-2017. Recuperado el 20 de octubre de 2022, de <https://cambioclimatico.gob.mx/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero/>
62. Ivanova, A., Zia, A., Ahmad, P., Bastos-Lima, M. (2020). Climate mitigation policies and actions: access and allocation issues. *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, 20, 287–301. Recuperado el 01 de noviembre de 2022 de la base de datos Springer.
63. Ivanovski, K., Hailemariam, A., Smyth, R. (2020). The effect of renewable and non-renewable energy consumption on economic growth: Non-parametric evidence. *Journal of Cleaner Production* 286. Recuperado el 25 de enero del 2023 de la base de datos Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124956>
64. Jacquemin, Alexis (1987, marzo). The New Industrial Organization: Market Forces and Strategic Behavior. Recuperado el 10 de marzo del 2023, de <https://mitpress.mit.edu/9780262600149/the-new-industrial-organization/>
65. Jo, B., Jang, G. (2019). An Evaluation of the Effect on the Expansion of Photovoltaic Power Generation According to Renewable Energy Certificates on Energy Storage Systems: A Case Study of the Korean Renewable Energy Market. *Sustainability*, 11, 2-13. Recuperado el 10 de noviembre de 2022 de la base de datos Scopus.
66. Joskow Paul J., (2003). Electricity Sector Restructuring and Competition: Lessons Learned. *Cuadernos de Economía*, 121, 548-558. Recuperado el 10 de diciembre de 2022, de https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-68212003012100023
67. Kairouz, A., ElHokayem, J., ElHage U. (2016). Sustainability of Public Management in the Developing Countries: The Case of Lebanon. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 221, 378-387. Recuperado el 01 de marzo del 2023 de la base de ScienceDirect.
68. Kapil, Narula (2013). Renewables Energy Certificates (RECs) in India – A performance analysis and future outlook. *Renewable and Sustainable*

Energy Reviews, 27, 654-663. Recuperado el 15 de octubre del 2022 de la base de datos de ScienceDirect.

69. Kildegaard, Arne (2008). Green certificate markets, the risk of over-investment, and the role of long-term contracts. *Energy Policy*, 36, 3413-3421. Recuperado el 27 de noviembre del 2022 de la base de datos de ScienceDirect.
70. Gastélum, C., Knoepfel, P., Larrue, C., Subirats, J., Varone F. (2008). Análisis y gestión de políticas públicas. *Gestión y Política Pública*, 18(2), 1405-1079. Recuperado el 20 de noviembre del 2022, de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792009000200007
71. Groscurth, H., et al. (1995). Modeling of Energy-Services Supply Systems. *Energy*, 20 (9). Recuperado el 06 de abril del 2022 de la base de datos ScienceDirect. [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(95\)00067-Q](https://doi.org/10.1016/0360-5442(95)00067-Q)
72. Ko, W., Lee, J., Kim, J. (2019). The Effect of a Renewable Energy Certificate Incentive on Mitigating Wind Power Fluctuations: A Case Study of Jeju Island. *Applied sciences*, 9, 1-3. Recuperado el 02 de mayo de 2022 de la base de datos Scopus.
73. Kumar, S., Saket, R.K., Kumar, D., Holm-Nielsen, J., Bo, P. (2020). Reliability enhancement of electrical power system including impacts of renewable energy sources: a comprehensive review. The Institution of Engineering and Technology 2020. *IET Gener. Transm. Distrib.*, 14(10), 1799-1815. Recuperado el 02 de junio de 2022, de <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1049/iet-gtd.2019.1402>
74. Kurbatova, T., Sidortsov, R., Sotnyk, I., Telizhenko, O., Skibina, T., Hynek, R. (2019). Gain without pain: an international case for a tradable green certificates system to foster renewable energy development in Ukraine. *Problems and Perspectives in Management*, 17, 1-2. Recuperado el 02 de octubre de 2022 de la base de datos Scopus.
75. Ley de Energía Geotérmica, [LEG], Diario Oficial de la Federación, 11 de agosto de 2014 (México). https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LEG_110814.pdf

76. Ley de la Industria Eléctrica, [LIE], Reformada, Diario Oficial de la Federación, 11 de agosto de 2014 (México).
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LIElec.pdf>
77. Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos, Diario Oficial de la Federación, 1 de febrero de 2008 (México).
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LPDB.pdf>.
78. Ley de Transición Energética, [LTE], Diario Oficial de la Federación, 24 de diciembre de 2015 (México).
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf>
79. Ley General de Cambio Climático, [LGCC], Reformada, Diario Oficial de la Federación, 6 de junio de 2012 (México).
<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGCC.pdf>
80. Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, [LAERFTE], Derogada, Diario Oficial de la Federación, 28 de noviembre de 2008 (México).
<https://www.cre.gob.mx/documento/3870.pdf>
81. Lund P.D. (2007). Effects of energy policies on Industry expansion in renewable energy. *Renewable Energy*, 34(1), 53-64. Recuperado el 22 de septiembre del 2022 de la base de datos de ScienceDirect.
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2008.03.018>
82. Manzanares, G. (2020). Desarrollo Sostenible y políticas públicas: enfoque de la ONU y la ecología política. *Revista Ciencia Jurídica y Política*, 6(12), 73-87. Recuperado el 15 de enero del 2023, de
<https://www.camjol.info/index.php/rcijupo/article/view/11174>
<https://doi.org/10.5377/rcijupo.v6i12.11174>
83. Mayorga, M., Muñoz, E. (2000). La técnica de datos de panel. Una guía para su uso e interpretación. Recuperado el 02 de marzo del 2023, de
https://repositorioinvestigaciones.bccr.fi.cr/bitstream/handle/20.500.12506/208/200_Tecnica_datos_panel_una_guia_para_su_uso_e_interpretacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y
84. Meckling, J., (2018). Governing renewables: Policy feedback in a global energy transition. *Environment and Planning C: Politics and Space*,

37(2), 317–338. Recuperado el 20 de mayo de 2022 de la base de datos Scopus. <https://doi.org/10.1177/2399654418777765>

85. Mi, L., Jinshan, H., Dunnan, L. (2019). Research on Green Certificate Trading Mechanism of Renewable Energy. IOP Conference Series: *Earth Environmental Science*, 242, 1-5. Recuperado el 28 de abril de 2022 de la base de datos Scopus.
86. Mochón, Francisco (2006). Principios de Economía. Recuperado el 28 de marzo de 2022 de <http://www.elmayorportaldegerencia.com/Libros/Economia/%5BPD%5D%20Libros%20-%20Principios%20de%20Economia.pdf>
87. Montero, R. (2005). Test de Hausman. Documentos de Trabajo en Economía Aplicada. Recuperado el 15 de junio del 2023 de <https://www.ugr.es/~montero/matematicas/hausman.pdf>
88. Morthorst, P.E. (2000). The development of a green certificate market. *Energy Policy*, 28(15), 1085-1094. Recuperado el 25 de septiembre del 2022 de la base de datos ScienceDirect. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00094-X](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00094-X)
89. Morthorst, P.E. (2003). A green certificate market combined with a liberalized power market. *Energy Policy*, 28(15), 1085-1094. Recuperado el 01 de septiembre del 2022 de la base de datos ScienceDirect. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00094-X](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00094-X)
90. Nacional Financiera (NAFIN) (2021). Financiamiento Sustentable CSOLAR. Recuperado el 23 de mayo del 2023, de https://www.nafin.com/portalInf/files/secciones/portafolio_productos/ventanilla-a-camaras/CSOLAR-Portal-2021.pdf
91. Naciones Unidas (1998). Protocolo de Kyoto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Recuperado el 01 de marzo del 2023, de <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf>
92. Naciones Unidas (1987, agosto). Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo Nota del secretario general. Recuperado el 19 de mayo del 2023, de https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE

93. Naciones Unidas (2013, febrero). Informe de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Protocolo de Kyoto sobre su octavo período de sesiones, celebrado en Doha del 26 de noviembre al 8 de diciembre de 2012. Recuperado el 01 de marzo del 2023 de <https://unfccc.int/resource/docs/2012/cmp8/spa/13a01s.pdf> .
94. Naciones Unidas (2015). Acuerdo de París. Recuperado el 08 de octubre de 2022, de https://unfccc.int/files/essential_background/convention/application/pdf/spanish_paris_agreement.pdf.
95. Naciones Unidas (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Recuperado el 19 de mayo del 2023, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
96. Naciones Unidas Noticias (2020). Paris Agreement: Status of ratification. Recuperado el 08 de octubre de 2022, de <https://cop23.unfccc.int/process/the-paris-agreement/status-of-ratification>.
97. Naciones Unidas (2023). Treated Collection. STATUS AS AT: 03-05-2023 Paris Agreement. Recuperado el 08 de mayo de 2023, de https://treaties.un.org/Pages/ViewDetails.aspx?src=TREATY&mtdsg_no=XXVII-7-d&chapter=27&clang=en.
98. Naciones Unidas Noticias (2019, diciembre). Termina la COP 25 con pocos avances en cuanto a la reducción de emisiones de carbono. Recuperado el 08 de octubre de 2022, de <https://news.un.org/es/story/2019/12/1466671#:~:text=La%20vigésimoquinta%20Conferencia%20de%20las,cuanto%20a%20los%20compromisos%20nacionales>
99. National Laboratory of the U.S. Department of Energy (2019, abril). International best practices. Recuperado el 18 de marzo de 2022, de <https://www.nrel.gov/docs/fy19osti/72798.pdf>
100. Neofytou, H., Nikas, A., Doukas, H., (2020). Sustainable energy transition readiness: A multicriteria assessment index. *Renewable and*

Sustainable Energy Reviews, 131. Recuperado el 12 de mayo del 2023 de la base de datos ScienceDirect. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.109988>

101. Newey, W. y West, K. (1987). A simple positive semidefinite, heteroscedasticity and autocorrelation consistent covariance matrix. *Econometrica*, 55: 863-898. Recuperado el 28 de junio del 2023, de la base de datos de EconPapers
102. Okorie P.U., Aliyu U.O., Jimoh B., Sani S.M. (2015). Reliability Indices of Electric Distribution Network System Assessment. *Journal of Electronics and Communication Engineering Research*, 3(1), 01-06. Recuperado el 10 de marzo de 2022, de <https://www.questjournals.org/jecer/papers/vol3-issue1/A310106.pdf>
103. Ortegón, E., & Prieto, A. (2005, julio). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. Recuperado el 11 de marzo de 2022, de <https://hdl.handle.net/11362/5607>
104. Parsons, Wayne (2007). Políticas públicas: una introducción a lo teoría y la práctica del análisis de políticas públicas. Recuperado el 03 de marzo de 2023, de <https://www.flacso.edu.mx/libro/politicas-publicas-una-introduccion-a-la-teoria-y-la-practica-del-analisis-de-politicas-publicas/>
105. Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. J. (2001). Bounds testing approaches to the analysis of level relationships. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), 289-32. Recuperado el 20 de febrero de 2023, de <https://onlinelibrary.wiley.com/toc/10991255/2001/16/3>.
<https://doi.org/10.1002/jae.616>
106. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2002). Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO-3. Recuperado el 20 de marzo de 2023, de https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8609/GEO-3%20REPORT_Spanish.pdf?sequence=10&isAllowed=y
107. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2000). Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Recuperado el 20 de marzo de 2023, de <https://www.efeverde.com/wp-content/uploads/2019/09/Protocolo-de-Montreal-sobre-capa-de-ozno.pdf>

108. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (2006). Manual del Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono. Recuperado el 08 de mayo de 2023 de https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-09/VC_Handbook_2006_Spanish.pdf
109. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2014). Protección de la Capa de Ozono y Reducción del Calentamiento del Planeta. Recuperado el 08 de octubre 2022, de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/librarypage/environment-energy/protecting-the-ozone-layer-and-reducing-global-warming.html>.
110. Ramoni Perazzi, J., & Orlandoni Merli, G. (2014). Modelos de regresión de datos panel y su aplicación en la evaluación de impactos de programas sociales. *Telos*, 16(1), 157-164. Recuperado el 20 de marzo de 2023, de <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=99330402007>
111. Real Academia Española (RAE) (2023). Diccionario de la Lengua Española. Recuperado el 10 de abril del 2023, de <https://dle.rae.es/transici%C3%B3n>
112. Rego, E., Costa, O., Ribeiro, C., Lima Filho R.I.R., Takada, H., Stern, J. (2020). The trade-off between demand growth and renewables: A multiperiod electricity planning model under CO2 emission constraints. *Energy*, 213. Recuperado el 16 de mayo del 2023 de la base de datos de ScienceDirect. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.118832>
113. Responsabilidad Social Empresarial y Sustentabilidad (rss) (2022, enero). Sostenibilidad: qué es, definición, concepto, tipos y ejemplos. Recuperado el 20 de marzo de 2023, de <https://www.responsabilidadesocial.net/sostenibilidad-que-es-definicion-concepto-tipos-y-ejemplos/?amp>
114. Rousseau, Isabelle (2019). La Reforma Energética (2013-2014) a la Luz de la Nueva Legislación sobre los Impactos Sociales de los Proyectos. *Foro Internacional* 60 (2). Recuperado el 15 de mayo de 2023 de la base de datos Scielo. <https://doi.org/10.24201/fi.v60i2.2740>
115. Secretaría de Energía (SENER) (2015, marzo). Aviso por el que se da a conocer los requisitos para la adquisición de Certificados de Energías

Limpias en 2018. Recuperado el 19 de mayo de 2022 de la base de datos del Diario Oficial de la Federación.

116. Secretaría de Energía (SENER) (2016, marzo). Aviso por el que se da a conocer el requisito para la adquisición de Certificados de Energías Limpias en 2019 establecido por la Secretaría de Energía. Recuperado el 19 de marzo de 2023 de la base de datos del Diario Oficial de la Federación.
117. Secretaría de Energía (SENER) (2017, marzo). Aviso por el que se da a conocer los requisitos para la adquisición de Certificados de Energías Limpias en 2020, 2021 y 2022 establecidos por la Secretaría de Energía. Recuperado el 19 de marzo de 2023 de la base de datos del Diario Oficial de la Federación.
118. Secretaría de Energía (SENER) (2018). Balance Nacional de Energía 2018. Recuperado el 19 de mayo de 2023, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/528054/Balance_Nacional_de_Energ_a_2018.pdf
119. Secretaría de Energía (SENER) (2020). Balance Nacional de Energía 2020. Recuperado el 19 de marzo de 2023, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/707654/BALANCE_NACIONAL_ENERGIA_0403.pdf
120. Secretaría de Energía (SENER) (2015, septiembre). Acuerdo por el que la Secretaría de Energía emite las Bases del Mercado Eléctrico. Recuperado el 06 de julio del 2022 de la base de datos del Diario Oficial de la Federación.
121. Secretaría de Energía (SENER) (2015). Estrategia Nacional de Transición Energética y Aprovechamiento Sustentable de la Energía (ENTEASE). Recuperado el 19 de marzo de 2023, de <https://www.gob.mx/sener/documentos/estrategia-nacional-de-transicion-energetica-y-aprovechamiento-sustentable-de-la-energia>
122. Secretaría de Energía (SENER) (2020). Estrategia de Transición para Promover el Uso de Tecnologías y Combustibles más Limpios. Recuperado el 19 de marzo de 2023, de https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5585823&fecha=07/02/2020#gsc.tab=0

123. Secretaría de Energía (SENER) (2020, septiembre). Informe de Labores 2 2019-2020. Recuperado el 15 de mayo de 2023, de <https://www.gob.mx/sener/articulos/ii-informe-de-labores?idiom=es>
124. Secretaría de Energía (SENER) (2019). Informe Tres Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE). Recuperado el 19 de mayo de 2023, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/576926/Informe_Tres_del_FOTEASE_2019.pdf
125. Secretaría de Energía (SENER) (2018). Inventario Nacional de Energías Limpias. Recuperado el 19 de enero de 2023, de <https://www.gob.mx/sener/articulos/inventario-nacional-de-energias-limpias?idiom=es#:~:text=Es%20un%20sistema%20de%20servicios%20estad%C3%ADsticos%20y%20geogr%C3%A1ficos%20que%20recopila,mediante%20mapas%20a%20nivel%20nacional.>
126. Secretaría de Energía (SENER) (2018). Libro Blanco Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía (FOTEASE). Recuperado el 19 de marzo de 2023, de https://base.energia.gob.mx/ER1218/LB_FOTEASE.PDF
127. Secretaría de Energía (SENER) (2018). Libro Blanco Fondos Sectoriales de Energía (FSE). Recuperado el 19 de marzo de 2023, de https://base.energia.gob.mx/ER1218/LB_FondosSectoriales.PDF
128. Secretaría de Energía (SENER) (2014, octubre). Lineamientos que establecen los criterios para el otorgamiento de Certificados de Energías Limpias y los requisitos para su adquisición. Recuperado el 19 de marzo de 2023 de la base de datos del Diario Oficial de la Federación.
129. Secretaría de Energía (SENER) (2012, diciembre). Metodología para valorar externalidades asociadas con la generación de electricidad en México. Recuperado el 19 de marzo de 2023 de la base de datos del Diario Oficial de la Federación.
130. Secretaría de Energía (SENER) (2009, agosto). Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables (PEAER). Recuperado el 19 de mayo de 2023 de la base de datos del Diario Oficial de la Federación.
131. Secretaría de Energía (SENER) (2015). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2020-2035 (PRODESEN 2015-2029)

Recuperado el 02 de febrero de 2023, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/37775/PRODESEN_2015_2029.pdf

132. Secretaría de Energía (SENER) (2017). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2017-2031 (PRODESEN 2017-2031) Recuperado el 02 de febrero de 2023, de <https://base.energia.gob.mx/prodesen/PRODESEN2017/PRODESEN-2017-2031.pdf>

133. Secretaría de Energía (SENER) (2019). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2019-2033 (PRODESEN 2019-2033) Recuperado el 02 de febrero de 2023, de <https://www.gob.mx/sener/articulos/prodesen-2019-2033-221654>

134. Secretaría de Energía (SENER) (2020). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2020-2034 (PRODESEN 2020-2034) Recuperado el 02 de febrero de 2023, de <https://www.gob.mx/sener/articulos/prodesen-2020-2034>

135. Secretaría de Energía (SENER) (2021). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2020-2035 (PRODESEN 2021-2035) Recuperado el 20 de enero del 2023, de <https://www.gob.mx/sener/articulos/programa-para-el-desarrollo-del-sistema-electrico-nacional>.

136. Secretaría de Energía (SENER) (2022). Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2022-2036 (PRODESEN 2022-2036) Recuperado el 02 de febrero del 2023, de <https://www.gob.mx/sener/articulos/programa-para-el-desarrollo-del-sistema-electrico-nacional-304042>.

137. Secretaría de Energía (SENER) (2020). Programa Sectorial de Energía 2020-2024 (PROSENER) Recuperado el 19 de noviembre de 2022 de la base de datos del Diario Oficial de la Federación.

138. Secretaría de Energía (SENER) (2012). Prospectiva de Energías Renovables 2012-2026. Recuperado el 02 de febrero del 2023, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/62954/Prospectiva_de_Energias_Renovables_2012-2026.pdf

139. Secretaría de Energía (SENER) (2015). Prospectiva de Energías Renovables 2015-2029. Recuperado el 02 de febrero del 2023, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44324/Prospectiva_Energ_as_Renovables_2015_-_2029_VF_22.12.15.pdf
140. Secretaría de Energía (SENER) (2017). Prospectiva de Energías Renovables 2017-2031. Recuperado el 02 de marzo del 2023, de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/325642/Prospectica_de_Energ_as_Renovables_2017-2031.pdf
141. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2015). Convención de Viena para la Protección a la Capa de Ozono. Recuperado el 08 de octubre de 2022, de <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/convencion-de-viena-para-la-proteccion-a-la-capa-de-ozono>.
142. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2011, junio). Criterio de interpretación de los artículos 80 de la Ley de Aguas Nacionales y 120 de su Reglamento en materia de generación de energía hidroeléctrica en pequeña producción o escala. Recuperado el 11 de abril del 2023 de la base de datos del Diario Oficial de la Federación.
143. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2015). Guía de Programas de Fomento a la Generación de Energía con Recursos Renovables. Recuperado el 23 de mayo del 2023, de <https://www.gob.mx/semarnat/documentos/guia-de-programas-de-fomento-a-la-generacion-de-energia-con-recursos-renovables>
144. Shrestha, Min B. (2018). Selecting appropriate methodological framework for time series data analysis. *The Journal of Finance and Data Science*, 4(2), 71-89. Recuperado el 01 de febrero de 2023 de la base de datos ScienceDirect. <https://doi.org/10.1016/j.jfds.2017.11.001>
145. Smil V. (2010). Energy Transitions: History, Requirements, Prospects. ABC-CLIO, LLC.
146. Song, X., Han, J., Shan, Y., Zhao, C., Liu, J., Yingfang, K., (2020). Efficiency of tradable green certificate markets in China. *Journal of Cleaner Production*, 264, 121518. Recuperado el 01 de enero del 2023 de la base de datos ScienceDirect. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121518>

147. STX Group (2023). International Renewable Energy Certificate (I-REC). Recuperado el 01 de abril del 2023, de <https://stxgroup.com/climate-solutions/energy-attribute-certificates/i-rec/>).
148. Sunstein, Cass R. (2006). Montreal versus Kyoto. University of Chicago Law School (John M. Olin Program in Law and Economics Working Paper No. 302, 2006). Recuperado el 01 de abril del 2023, de https://chicagounbound.uchicago.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1323&context=law_and_economics.
149. Sustainability Roundtable Inc. (2012). Sustainable Real Estate Roundtable: Member Briefing International Markets for Renewable Energy Certificates (RECs). Recuperado el 01 de abril del 2023, de http://sustainround.com/library/sites/default/files/SRER_Member%20Briefing_International%20Markets%20for%20Renewable%20Energy%20Certificates_2012-07-16.pdf
150. The Association for Renewable Energy & Clean Technology (REA) (2021). Energy Transition Readiness Index. Recuperado el 01 de julio del 2023 de <https://www.eaton.com/content/dam/eaton/company/news-insights/energy-transition/documents/Energy-Transition-Readiness-Index-2021-Full-report.pdf>
151. The International REC Standard (2019). The I-REC Code Version 1.8. Recuperado el 01 de abril del 2023, de https://gcc.re/documents/The_I-REC_Code_v1.8.pdf
152. Transparencia Climática (2019). Brown to Green Report 2019. Recuperado el 09 de noviembre de 2022, de <https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2019/11/Brown-to-Green-Report-2019.pdf>.
153. Twomey, P., Gaziulusoy, A. (2014). Review of System Innovation and Transitions Theories Concepts and frameworks for understanding and enabling transitions to a low carbon built environment. Recuperado el 06 de abril del 2023 de https://www.researchgate.net/publication/306119135_Review_of_System_Innovation_and_Transitions_Theories_Concepts_and_frameworks_for_understanding_and_enabling_transitions_to_a_low_carbon_built_environment?enrichId=rgreq-1a211634c1e81499e66b2d623692bba7-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMwNjExOTEzNTtBUzozOTU2NDM

[3NjQ5MjAzMjJAMTQ3MTM0MDIzMjg2Nw%3D%3D&el=1_x_2&esc=publicationCoverPdf](https://www.researchgate.net/publication/351111111)

154. Sistema de Información Energética (SIE) (2020). Generación Bruta de Energía por Tecnología. Recuperado el 15 de noviembre del 2022, de <https://sie.energia.gob.mx/bdiController.do?action=cuadro&cvecua=IIIA1C05>
155. Sucita, T., Mulyadi, Y., Timotius, C., (2018). Reliability Evaluation of Power Distribution System with Reliability Index Assessment (RIA). IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng., 384, 012072. Recuperado el 25 de febrero del 2023 de la base de datos de ResarchGate.
156. Universidad de Chile (1999). Confiabilidad de Sistemas Eléctricos. Primera Edición. Recuperado el 25 de febrero del 2023 de https://kipdf.com/confiabilidad-de-sistemas-electricos_5ab269b31723dd439c96525b.html
157. U.S. Environmental Protection Agency (EPA) (2008, Octubre). EPA Clean Energy-Environment Technical Forum. Renewable Energy Certificates: Background & Resources. Recuperado el 25 de febrero del 2023, de https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-03/documents/background_paper_3.pdf
158. Vanrenta (2023). Arrendamiento de Paneles Solares. Recuperado el 23 de mayo del 2023, de <https://vanrenta.com.mx/maquinaria-equipos-tecnologia/>
159. Verbruggen, A., Erik, L., (2021). Early European experience with tradable green certificates neglected by EU ETS architects. *Environmental Science & Policy*, 119, 66-71. Recuperado el 25 de febrero del 2023, de la base de datos de ScienceDirect. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.02.013>
160. Vijay, H., Bocca, R., Gomez, P., Dahlke, S., Brazilian, M. (2019). The energy transitions index: An analytic framework for understanding the evolving global energy system. *Energy Strategy Reviews*, 26, 1-3. Recuperado el 10 de abril de 2023 de la base de datos Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.100382>
161. Watson, R., McCarthy, J., Canziani, P., Nakicenovic, N., Hisas, L. (2019). The Truth Behind the Climate Pledges. Recuperado el 01 de abril del 2023, de <https://feu-us.org/behind-the-climate-pledges/>

162. Wooldridge, J.M. (2002). *Econometric Analysis of Cross-Section and Panel Data*. MIT Press.
163. Wooldridge, Jeffrey M. (2009). *Introducción a la econometría Un enfoque moderno*. Michigan State University: Cengage Learning Editores, S.A. de C.V.
164. World Economic Forum (WEF) (2019). *Fostering energy transition index*. Recuperado el 08 de noviembre de 2022, de <https://reports.weforum.org/fostering-effective-energy-transition-2019/energy-transition-index/country-scorecards/#economy=MEX>
165. World Economic Forum (WEF) (2020). *Fostering energy transition index*. Recuperado el 08 de diciembre de 2022, de https://www3.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2020_Edition.pdf?_gl=1*184eoqs*_up*MQ..&gclid=CjwKCAjwuqiiBhBtEiwATgvixLqkM-q2RMjZ4Gihk7VeXrell0iz7P3oaecp369Ye43xh_jELmzthoCLuoQAvD_BwE
166. Yu, X., Dong, Z., Zhou, D., Sang, X., Chang, Ch., Huang X. (2020). *Integration of tradable green certificates*. *Journal of Cleaner Production*, 279(6). Recuperado el 10 de febrero de 2023 de la base de datos ResearcGate.
167. World Economic Forum (WEF) (2018, Marzo). *WEF Fostering Effective Energy Transition Report 2018*. Recuperado el 15 de octubre de 2023, de <https://www.weforum.org/publications/fostering-effective-energy-transition>
168. World Economic Forum (WEF) (2021, Abril). *Fostering Effective Energy Transition Report 2021*. Recuperado el 15 de marzo de 2023, de https://www3.weforum.org/docs/WEF_Fostering_Effective_Energy_Transition_2021.pdf
169. World Economic Forum (WEF) (2023, Junio). *Fostering Effective Energy Transition Report 2023*. Recuperado el 15 de octubre de 2023, de https://www.weforum.org/reports/fostering-effective-energy-transition-2023?gclid=Cj0KCQjwgNanBhDUARIsAAelcAvLNmYOs4oiZ6ONIKZsDEeRWpo4v2ea-WIZBUaab3eSU6yPKRVdPX8aAkcZEALw_wcB

170. World Energy Council (WEC) (2014). Global Energy Transitions: A comparative analysis of key countries and implications for the international energy debate in cooperation. Recuperado el 15 de abril de 2023, de <https://silo.tips/download/global-energy-transitions>

ANEXO 1: MARCO JURÍDICO DE OPERACIÓN DE LOS CERTIFICADOS DE ENERGÍAS LIMPIAS

Leyes principales	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>Ley de la Industria Eléctrica</u> (2014). Art. 11, 12, 96, 97, 121 al 129, 138, 165 y Transitorios Décimo Sexto y Décimo Octavo. ● <u>Ley de Transición Energética</u> (2015). Art. 7, 15, 67, 68, 69 y Transitorio Vigésimo Segundo.
Lineamientos Avisos y/o Acuerdos	<ul style="list-style-type: none"> ● Acuerdo por el que se emite la Política de Confiabilidad, Seguridad, Continuidad y Calidad en el Sistema Eléctrico Nacional (15/05/2020). ● Acuerdo por el que se reforma el Segundo Transitorio del Acuerdo por el que se modifican los Lineamientos que establecen los criterios para el otorgamiento de Certificados de Energías Limpias y los requisitos para su adquisición, publicados el 31 de octubre de 2014, publicado el 28 de octubre de 2019 (10/12/2019). ● Acuerdo por el que se modifican los Lineamientos que establecen los criterios para el otorgamiento de Certificados de Energías Limpias y los requisitos para su adquisición, publicados el 31 de octubre de 2014 (28/10/2019). ● Acuerdo por el que se da a conocer los requisitos para la adquisición de Certificados de Energías Limpias en 2021 (29/03/2019). ● Aviso por el que se da a conocer los requisitos para la adquisición de Certificados de Energías Limpias en 2020, 2021 y 2022 establecidos por la Secretaría de Energía. (31/03/2017). ● Aviso por el que se da a conocer los requisitos para la adquisición de Certificados de Energías Limpias en 2019 establecidos por la Secretaría de Energía (31/03/2016) ● Aviso por el que se da a conocer los requisitos para la adquisición de Certificados de Energías limpias en 2018 (31/03/2015). ● Lineamiento que establece los Criterios para el Otorgamiento de Certificados de Energías Limpias y los requisitos de Adquisición y su Modificación (31/10/2014).

ANEXO 2: PRODUCTOS FINANCIEROS DE APOYO A LAS ENERGÍAS LIMPIAS

Producto Financiero	Tipo	Fuente de Recursos	Institución Implementadora	Tipo de Producto	Asequibilidad (Costos de Transacción para el Solicitante)	Accesibilidad	Permanencia
Programa para el Desarrollo de Zonas Prioritarias	Programa Específico para el Ejercicio Fiscal 2013	<u>Pública:</u> Gobierno Federal	Secretaría de Desarrollo Social	<u>Subvención:</u> Apoyo a municipios de hasta \$3,000,000.00 para Infraestructura en redes o sistemas de energía eléctrica.	<u>Baja.</u> Altos costos para el beneficiario. Se contempla que el beneficiario (municipio) cubra los costos de mantenimiento y conservación de la obra.	<u>Limitada.</u> El programa está dirigido a municipios de alta y muy alta marginación que forman parte de las Zonas de Atención Prioritarias (ZAP) establecidas por el Gobierno Federal.	<u>Temporal</u> aplicable al año 2013.
Programa 3x1 para Migrantes	Programa Específico para el Ejercicio Fiscal 2014	<u>Pública:</u> Gobierno Federal	Secretaría de Desarrollo Social	<u>Subvención:</u> Apoyo a comunidades de hasta \$1,000,000.00 para Infraestructura en redes o sistemas de energía eléctrica.	<u>Alta.</u> Sin costos para el beneficiario. No se registran requisitos que generen costos para que el beneficiario pueda acceder al apoyo	<u>Limitada.</u> El programa está dirigido a iniciativas de migrantes radicados en el extranjero, integrados en clubes u organizaciones.	<u>Temporal</u> aplicable al año 2013.
Programa de Infraestructura Básica para la Atención de los Pueblos Indígenas (PBAI)	Programa Especial	<u>Pública:</u> Gobierno Federal	Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI)	<u>Subvención:</u> Apoyo a Pueblos indígenas para la construcción de líneas y redes de distribución de energía eléctrica y electrificación no convencional	<u>Alta.</u> Sin costos para el beneficiario. No se registran requisitos que generen costos para que el beneficiario pueda acceder al apoyo. Se promueve que sean las autoridades locales quienes complementen el monto de apoyo.	<u>Limitada.</u> El programa está dirigido a habitantes de localidades que cuenten con al menos 40 por ciento de población indígena, sean de alta y muy alta marginación y tengan entre 50 y 15 mil habitantes.	<u>Indefinida</u>

Proyecto de Electrificación Rural con Energías Renovables Servicios Integrales de Energía	Proyecto Especial	<u>Pública:</u> Donación del Fondo Global de Medioambiente (GEF por sus siglas en inglés), un préstamo del Banco Mundial, y la Secretaría de Energía a través del FOTEASE	Secretaría de Energía	<u>Subvención:</u> Apoyo para dotar de electricidad a un aproximado de 36 comunidades rurales remotas que no cuenten con servicio de energía eléctrica y que por su alto grado de dispersión difícilmente serán integradas a la red eléctrica nacional.	<u>Alta.</u> Sin costos para el beneficiario. No se registran requisitos que generen costos para que el beneficiario pueda acceder al apoyo.	<u>Limitada.</u> El programa está dirigido a Comunidades con población entre 100 y 2,500 habitantes ubicadas en los estados de Chiapas, Guerrero, Oaxaca y Veracruz	<u>Temporal</u>
Programa de Apoyo a la Generación Distribuida	Linea de financiamiento	<u>Privada:</u> Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) con incentivos del Gobierno Federal.	FIDE	<u>Crédito.</u> Financiamiento para la instalación de sistemas de generación de energía con fuentes renovables a una tasa preferencial más baja de la que ofrecen las instituciones financieras en el mercado.	<u>Media.</u> Bajos costos para el beneficiario. Dentro de los requisitos se solicita una propuesta técnica – económica del proyecto que demuestre la rentabilidad del proyecto la cual, podría generar costos para el beneficiario en caso de que este recurra a servicios de asesoría externa.	<u>Abierta:</u> Dirigido a cualquier persona del sector doméstico y/o MIPyMES.	<u>Indefinida</u>
Programa SAGARPA-Banco Mundial-FIRCO	Programa Especial	<u>Pública:</u> Donación del Fondo Global de Medioambiente (GEF por sus siglas en inglés), un préstamo del Banco Mundial, y la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SAGARPA)	SAGARPA / Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)	<u>Subvención:</u> Apoyo para la instalación de tecnologías de energías renovables y de eficiencia energética en agronegocios en el ámbito rural	<u>Baja.</u> Altos costos para el beneficiario. Se contempla que el beneficiario cubra el 50% del costo del proyecto.	<u>Abierta:</u> Dirigido a cualquier productor de mediana escala que cumplan con los lineamientos establecidos por la SAGARPA y por el FIRCO.	<u>Temporal</u>
Proyecto de Apoyo al Valor Agregado de Agronegocios (PROVAR)	Proyecto Especial	<u>Pública:</u> Gobierno Federal	SAGARPA / Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO)	<u>Subvención:</u> Apoyos para construcción de Biodigestores para la utilización de biogás a partir de excretas ganaderas	<u>Baja.</u> Altos costos para el beneficiario. Se contempla que el beneficiario cubra al menos el 50% del costo del proyecto.	<u>Abierta:</u> Dirigido a cualquier productor interesado a nivel nacional.	<u>Indefinida</u>
Proyecto de Energía Renovable y Eficiencia Energética	Proyecto Especial	<u>Pública:</u> Gobierno Federal / FOTEASE	FIRCO / SAGARPA / SENER	<u>Subvención:</u> Apoyos para usar y aplicar de las fuentes de energías	<u>Alta.</u> Sin costos para el beneficiario. No se registran	<u>Abierta:</u> Dirigido a cualquier productor del	<u>Indefinida</u>

				renovables en el sector agropecuario	requisitos que generen costos para que el beneficiario pueda acceder al apoyo.	sector rural interesado.	
Fondo para la Transición Energética y el Aprovechamiento Sustentable de la Energía	Fideicomiso Público	<u>Pública:</u> Gobierno Federal	SENER	<u>Subvención:</u> Garantías de crédito y apoyos financieros para proyectos en materia de Transición Energética y aprovechamiento sustentable de la energía	<u>Alta.</u> Sin costos para el beneficiario. No se registran requisitos que generen costos para que el beneficiario pueda acceder al apoyo.	<u>Abierta:</u> Dirigido a cualquier persona física o moral del sector público o privado, así como cualquier organización no gubernamental interesada en ejecutar un proyecto en la materia.	Indefinida
Créditos para Inversión Pública Productiva a Municipios	Fondo Público	<u>Pública:</u> Gobierno Federal	Nacional Financiera	<u>Crédito:</u> Financiamiento a Municipios para proyectos de energía renovable de hasta 125 MDP ó 62.5 MDP de riesgo.	<u>Media.</u> Bajos costos para el beneficiario. Dentro de los requisitos se solicita un estudio de viabilidad o prefactibilidad que demuestre la rentabilidad del proyecto la cual, podría generar costos para el beneficiario en caso de que este recurra a servicios de asesoría externa.	<u>Limitada.</u> El programa está dirigido a autoridades municipales.	<u>Indefinida</u>
Programa de Apoyo a Proyectos Sustentables	Programa Especial	<u>Pública:</u> Gobierno Federal	Nacional Financiera	<u>Crédito:</u> Financiamiento a empresas que promuevan proyectos orientados al uso y conservación sustentable de los recursos naturales,	<u>Media.</u> Costos variables para el beneficiario. El apoyo se otorga como un crédito a tasas de mercado diversas por lo que el beneficiario debe considerar este costo financiero.	<u>Abierta:</u> Dirigido a cualquier empresa con proyectos que promuevan el desarrollo de energías renovables	<u>Indefinida</u>

Fondo para el Financiamiento de Estudios para Proyectos de Infraestructura	Fondo Público-Privado	<u>Pública-Privada:</u> Gobierno Federal y Sector Privado	Nacional de Infraestructura y Sector Privado	<u>Subvención:</u> Apoyo para desarrollar estudios que permitan agilizar la realización de proyectos de infraestructura en las áreas de comunicación, transportes, hidráulica, medio ambiente, turística, de energía, entre otros	<u>Alta.</u> Sin costos para el beneficiario. No se registran requisitos que generen costos para que el beneficiario pueda acceder al apoyo.	<u>Limitada.</u> El programa está dirigido a autoridades federales, estatales y municipales.	<u>Indefinida</u>
Créditos a Proyectos Sustentables	Línea de financiamiento	<u>Privada:</u> Banca Comercial	FINTEGRA Financiamiento S.A de C.V.	<u>Crédito:</u> Productos y servicios financieros, así como consultoría y asistencia técnica; específicamente diseñados para Entidades de Gobierno, para proyectos de alta rentabilidad social, de infraestructura, de educación, mejorar los servicios municipales, incrementar la seguridad, proyectos productivos.	<u>Media:</u> Costos variables para el beneficiario. El crédito se otorga a tasas de mercado diversas por lo que el beneficiario debe considerar este costo financiero.	<u>Limitada.</u> El programa está dirigido a autoridades federales, estatales y municipales.	<u>Indefinida</u>
Fondo Nacional de Infraestructura (FONADIN)	Fideicomiso Público	<u>Pública:</u> Gobierno Federal	BANOBRAS FONANDIN con participación de gobiernos estatales y/o privados	<u>Crédito:</u> Financiamiento o apoyos no recuperables para el desarrollo de infraestructura en los sectores de energía, comunicaciones, transporte, agua, medio ambiente, así como financiamiento para estudios y asesorías.	<u>Media:</u> Costos variables para el beneficiario. El apoyo constituye solo un parte del costo total del proyecto.	<u>Limitada.</u> Entidades del Sector Público y las Entidades del Sector Privado, cuyos Proyectos de Infraestructura se identifiquen con los objetivos y sectores elegibles para el Fideicomiso	<u>Indefinida</u>
Programa para el financiamiento de proyectos de energía renovable del Banco Nacional de Comercio Exterior (BANCOMEXT)	Programa Especial	<u>Pública:</u> Gobierno Federal	BANCOMEXT	<u>Crédito:</u> Financiamiento a partir de 3 millones de dólares (USD) para proyectos que sean técnica y financieramente viables basados en la capacidad de pago	<u>Media:</u> Costos variables para el beneficiario. El apoyo se otorga como un crédito a tasas de mercado diversas por lo que el beneficiario debe considerar	<u>Abierta:</u> Dirigido a cualquier empresa con proyectos que promuevan el desarrollo de energías renovables	<u>Indefinida</u>

					este costo financiero.		
Crédito Simple Paneles Solares	Línea de financiamiento	<u>Privada:</u> Banca Comercial	BBVA	<u>Crédito:</u> Financiamiento para adquirir e instalar paneles solares	<u>Media:</u> Costos variables para el beneficiario. El crédito se otorga a tasas de mercado diversas por lo que el beneficiario debe considerar este costo financiero.	<u>Limitada:</u> El producto está dirigido a Pymes con ventas anuales superiores a 5 millones de pesos mexicanos	<u>Indefinida</u>
VanRenta	Arrendamiento	<u>Privada:</u> Proveedor de Tecnología	VanRenta	<u>Renta:</u> Pagos por uso de la tecnología con opción a compra al final del plazo	<u>Media:</u> Costos variables para el beneficiario.	<u>Abierta:</u> Dirigido a cualquier empresa	<u>Indefinida</u>
Financiamiento CSOLAR	Línea de financiamiento	<u>Pública:</u> Gobierno Federal	Nacional Financiera	<u>Crédito:</u> Financiamiento para generar energía eléctrica a través de la adquisición e instalación de Sistemas Solares Fotovoltáicos Interconectados (SSFVI) con capacidad de hasta 500 kW, bajo el esquema de generación limpia distribuida (GLD)	<u>Media:</u> Costos financieros fijos para el beneficiario (Tasa Anual 13%).	<u>Abierta:</u> Dirigido a Micro, pequeñas y medianas empresas mexicanas que sean personas físicas con actividad empresarial, incluyendo Régimen de Incorporación Fiscal (RIF), o personas morales.	<u>Indefinida</u>
Crédito CIPanel Solar	Línea de financiamiento	<u>Privada:</u> Banca Comercial	CI Banco	<u>Crédito:</u> Financiamiento para adquirir e instalar paneles solares	<u>Media:</u> Costos variables para el beneficiario (Diversas tasas de interés).	<u>Limitada:</u> El producto está dirigido a negocios (no consorcios) o casa habitación propia con Tarifa Doméstica de Alto Consumo (DAC) o 02	<u>Indefinida</u>
Sefirmex Solar	Línea de financiamiento	<u>Privada:</u> Institución Financiera	Sefirmex Capital	<u>Crédito:</u> Financiamiento para adquirir e instalar paneles solares	<u>Media:</u> Costos variables para el beneficiario (Diversas tasas de interés).	<u>Limitada:</u> El producto está dirigido a financiamiento va dirigido al sector comercial, industrial, hotelero y hospitalario	<u>Indefinida</u>
Financiamiento Sunergy	Línea de financiamiento	<u>Privada:</u> Institución Financiera	Sunergy	<u>Crédito:</u> Financiamiento para adquirir e instalar paneles solares	<u>Media:</u> Costos variables para el beneficiario (Diversas tasas de interés).	<u>Abierta:</u> Dirigido al sector residencial	<u>Indefinida</u>