

Mapa de ruta y estrategia alterna de transición energética para el Sector Eléctrico Nacional. La importancia de la generación distribuida a nivel regional.

Road Map and Alternative Energy Transition Strategy for the National Electricity Sector. The importance of distributed generation at the regional level.

Edgar Roberto Sandoval García, Rosa Laura Patricia Edith Franco González y Juan Manuel Fernández Morales.

Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli, México.

rsandovg75@gmail.com, pfranco_833@hotmail.com, j_m_fer@hotmail.com

Resumen

Con el objetivo de definir un camino alternativo de transición energética hacia un sector eléctrico nacional sostenible, este estudio propone un mapa de ruta basado en la metodología ISO 50001 de Gestión de Energía, utilizando el enfoque de sistemas complejos y la diversificación como principio de resiliencia. Se considera que la distribución de energía a nivel regional, es un factor clave para la sostenibilidad del sector eléctrico, por lo cual es importante ampliar este tipo de estudios considerando factores como los riesgos intrínsecos de las energías renovables entre otros.

Palabras clave: ruta alterna, transición, energía renovable, mapa de ruta, generación distribuida.

Abstract.

With the objective of defining an alternative path of energy transition towards a sustainable national electricity sector, this study proposes a route map based on the ISO 50001 Energy Management methodology, using the complex systems approach and diversification as a principle of resilience. Energy distribution at the regional level, is considered to be a key factor for the sustainability of the electricity sector, so it is important to expand this type of studies considering factors such as intrinsic risks of renewable energy among others.

Introducción

México como una nación en vía de desarrollo está en la búsqueda constante de nuevas rutas de crecimiento sostenible para aumentar la competitividad del país, ofrecer un mejor nivel de vida a su sociedad y a su vez promover en el presente acciones a mediano y largo plazo para la protección del medioambiente y el acceso a recursos naturales de calidad para las nuevas generaciones. Dado lo anterior, un factor clave, ante cualquier escenario de desempeño, es el poder acceder a fuentes confiables de energía y en específico a fuentes de energía eléctrica, dada la estrecha relación de esta con el futuro de las actividades antropogénicas.

Esta propuesta se enfoca en definir una ruta alterna de transición energética que permitiría lograr un sector eléctrico nacional sostenible, aportando así a la sostenibilidad del país. Lograr que lo anterior suceda, requeriría de un nuevo modelo institucional (cambios organizacionales, de política pública y de mecanismos de mercado), tal como el planteado por la Reforma Energética de 2013 (RE2013), donde se establezcan las condiciones para poder descentralizar¹ la generación de energía, pero haciendo énfasis en las Fuentes Renovables de Energía (FRE), evitando la complejidad en la regulación y la incertidumbre jurídica como posibles barreras al inhibir la inversión y frenar la transición energética.

Transición energética que podría potenciarse con acciones como: a) permitir la elección de uso de los subsidios energéticos aplicándolos, no a las tarifas, sino a tecnologías que potencialicen el uso de fuentes alternas de energía directamente por los usuarios finales², o b) considerar, en los estudios de viabilidad de proyectos, los beneficios que aportan las fuentes renovables de energía tal como la estabilidad de precios y la reducción de riesgo en el abasto.

Dado que el Sector Eléctrico Nacional (SEN) tiene una participación clave como medio para alcanzar las diferentes metas de reducción de emisiones que se ha planteado el país a nivel global, también es factible considerar al SEN como un fin al momento de proyectar diferentes rutas de desarrollo sostenible, esto debido al gran potencial de recursos renovables para la generación de energía con las que cuenta el país. Tales rutas podrían derivar en una nueva industria verde que ofrezca mejores condiciones de trabajo, prosperidad y equidad para la sociedad, promoviéndose además la protección al medio ambiente y un uso más eficiente de los recursos, logrando así un sector eléctrico sostenible.

Al promover al SEN como un medio y un fin hacia la sostenibilidad se podría prever una mayor participación e innovación del contenido tecnológico nacional en los sistemas de generación basados en fuentes alternas de energía y en la propia infraestructura que las soporte, lo cual promovería en cascada la tan esperada vinculación entre la Academia Nacional e Industria Local, impulsando nuevas empresas tecnológicas basadas en la innovación, tal como lo plantea la estrategia gubernamental actual.

Por lo anterior en este estudio se plantea un “Mapa de Ruta” para lograr la transición energética con base en un portafolio tecnológico de generación diversificado, haciendo énfasis en el potencial de las FRE a nivel regional, lo que permitiría construir un sector eléctrico sostenible a mediano plazo.

Para la elaboración de dicha propuesta se tomaron en cuenta los principios de los siguientes marcos conceptuales:

¹ La generación distribuida, también conocida como generación *in-situ*, generación embebida, generación descentralizada, generación dispersa o energía distribuida, consiste básicamente en la generación de energía eléctrica por medio de muchas pequeñas fuentes de energía en lugares lo más próximos posibles a los puntos de demanda.

² Tal como lo sugiere en diversas publicaciones el Dr. Jorge Islas Samperio, Investigador del Instituto de Energías Renovables-UNAM.

1. Metodología del Sistema de Gestión Energética ISO 50001 (European Copper Alliance, N.D.), basada en la premisa general de “Mejora Continua del Desempeño Energético”,
2. Teoría de Sistemas Complejos³ (TSC), al considerar al Sector Eléctrico como un sistema complejo en donde diversos actores independientes, con diferentes intereses, interactúan unos con otros en múltiples maneras y en donde dichos actores/agentes se adaptan constantemente entre sí e inclusive en donde los mismos sistemas complejos siempre buscan adaptarse de una manera que les beneficia, generando incertidumbre. La TSC sugiere cambiar las reglas de análisis/propuesta de solución al pasar de involucrar un solo tema por analizar a involucrar a la vez una variedad de temas. Al ser visibles los temas de interés de cada actor resulta posible el identificar los beneficios y potenciales amenazas, creándose un incentivo para: identificar plenamente a todos los actores involucrados, impulsando la cooperación y colaboración. De esta forma, cuantos más problemas involucrados se atienden a la vez más fácil es conseguir que los actores se alineen.
3. Impulso a la diversificación como principio de resiliencia⁴ (capacidad de un sistema para hacer frente a los cambios y seguir desarrollándose), acorde a los siete principios para aplicar un pensamiento resiliente (Stockholm Resilience Center, 2014)

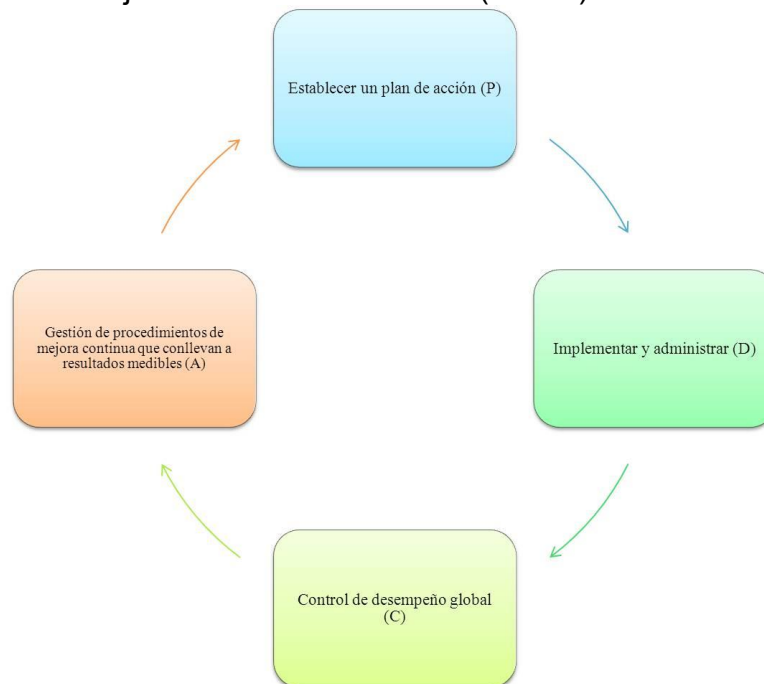
1. El Sistema de Gestión Energética ISO 50001 como base para la definición de mapa de ruta

Bajo la filosofía de la mejora continua el sistema ISO 50001 (*International Standard for Energy Management System*) está diseñado para ser aplicado a nivel organizacional, sin embargo en este estudio se tomarán las fases generales del proceso (compromiso de la alta dirección, formación de un equipo efectivo de gestión y operación, revisión energética, acciones definidas de gestión energética, evaluación y mejora continua) para instaurar un Sistema de Transición Energética (STE) en el país y sustentar el mapa de ruta que permitiría empezar a construir en el presente una transición hacia un sector eléctrico sostenible. De esta forma el planteamiento del mapa de ruta permitiría operar un sistema de gestión al incorporar en la ejecución diaria el marco de mejora continua Planear-Hacer-Controlar-Actuar (PDCA, por sus siglas en inglés).

³ Acorde a información obtenida durante el desarrollo del MOOC “The Next Generation of Infrastructure” de la Universidad TU Delft en la plataforma <www.edx.org> [Accesado durante el mes de diciembre 2015].

⁴ Capacidad de un sistema para hacer frente a los cambios y seguir desarrollándose.

Gráfico 1. Marco de mejora continua ISO 50001 (PDCA).



Fuente: Acorde a información del MOOC-Energy Management Foundation Training. En: en www.leonardo-academy.org

Además, se debe considerar que el énfasis en los sistemas de gestión energética involucra el entendimiento de aspectos técnicos y no técnicos, un uso eficiente de las diferentes fuentes de generación de energía, así como el correcto involucramiento del elemento más importante: las “Personas”.

Gráfico 2. Áreas sujetas a la mejora continua en un STE



Fuente: Acorde a información del MOOC-Energy Management Foundation Training. En: en www.leonardo-academy.org

La energía solo puede proporcionar soporte hacia vías de sostenibilidad cuando se gestiona de forma adecuada, el comportamiento energético *per cápita*. De hecho algunas de las barreras más comunes hacia una transición energética son por lo regular creadas por las personas y las organizaciones, más que por la propia tecnología. Siendo la resistencia al cambio, la falta de conocimiento de sistemas tecnológicos disponibles y efectivos, fallas al no reconocer el potencial energético de las FRE (debido a la baja prioridad del tema para la alta dirección⁵ y tomadores de decisión), pobre comprensión de la oportunidad de progreso y, falta de un enfoque sistemático⁶, algunas de las barreras más comunes a la transición energética.

También resulta importante tomar en cuenta que para una efectiva implementación de un sistema de gestión energética en una organización se requiere de la participación de todo el personal bajo un entendimiento homogéneo, transparente y en tiempo real de las metas que se está planteando alcanzar. Lo cual para lograrlo se demanda de un fuerte compromiso continuo de la alta dirección desde un inicio del proceso de implementación.

2. Mapa de ruta para la implementación del Sistema de Transición Energética (STE).

Diversos estudios realizados a nivel internacional (WWF, 2011; IRENA, 2013) han demostrado la capacidad de las FRE para proveer energía eléctrica limpia en el país, cubriendo la demanda eléctrica futura en su totalidad o de manera parcial y a un costo accesible aún sin considerar subsidios. Estudios en los cuales también se ha identificado que parte del retraso de la masificación de su uso ha sido por los temas de monopolio del sistema, complejidad en la regulación y economía del sistema (costos de transmisión, distribución, porteo), barreras que la RE2013 pretende romper al corto plazo. Por lo anterior es que requieren promover medidas eficaces de fomento al uso masivo de FRE mediante una estrategia basada en la interrelación de nueva infraestructura de transmisión y distribución, tecnologías de la información, conectividad e integración del sistema, gestión de la demanda e implementación de planes que aseguren el crecimiento equilibrado y sostenible del sector de energía renovable a nivel regional y nacional.

Así que una de las rutas sostenibles hacia una transición energética sería basarse en los principios de descentralización, diversificación y proyectos comunitarios (a través de permisionarios y/o cooperativas). A la par o de manera inicial se deberían instituir programas para maximizar la eficiencia y suficiencia energética, tanto en los hogares como en las industrias, reduciendo así la demanda eléctrica a corto plazo. Además de aumentar la productividad eléctrica, al mantener o incrementar los ingresos con un menor consumo energético, a través de sistemas integrales de gestión energética.

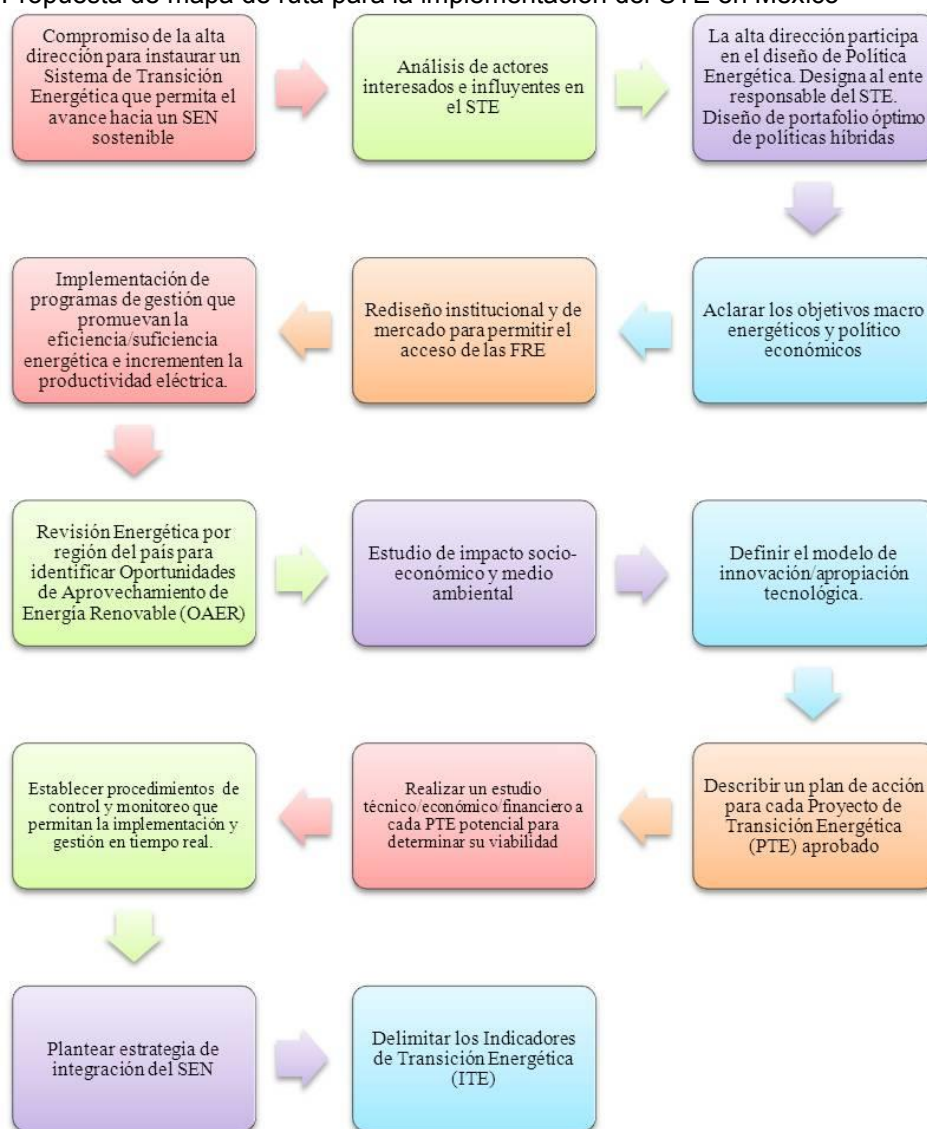
⁵ En este estudio, la alta dirección (*top management*) corresponde al presidente del país en conjunto con los encargados de las instituciones relevantes al tema de la planeación del Sistema Eléctrico Nacional (Sener, CRE, Cenace).

⁶ Relativo a un sistema, entendido como metodología de hacer las cosas.

Para esto se requiere tener un conocimiento preciso sobre el potencial renovable a nivel regional⁷ e identificar a los posibles usuarios próximos a los proyectos potenciales de generación, así como crear/regular las condicionantes que permitirían explotar la ventaja competitiva de proximidad entre la oferta y la demanda. Respecto al marco para fomentar un mercado de energía renovable, se requerirían de productos y regímenes financieros que favorezcan los proyectos de inversión en el desarrollo de fuentes sostenibles de generación ya que estos han demostrado, en la práctica internacional, ser una vía para evitar las barreras de la inversión inicial y falta de conocimiento de los posibles inversionistas.

Con base en lo anterior a continuación se presenta un mapa de ruta que permitiría construir un sistema de generación eléctrica sostenible a largo plazo. En las siguientes secciones de esta propuesta se explican, de manera sucinta, cada una de las etapas que lo componen.

Gráfico 3. Propuesta de mapa de ruta para la implementación del STE en México



⁷ Existe ya un gran avance para identificar el potencial de las FRE a nivel regional en los mapas interactivos disponibles en la página web del Inventario Nacional de Energía Renovable-Sener, disponible en <http://inere.energia.gob.mx/version4.5/>.

2.1 Inicio: Compromiso de la Alta Dirección

Una efectiva instauración de un STE requiere de un enfoque arriba-abajo de implementación. Para lograrlo, la alta dirección debe tener claridad y entender el porque es necesario un sistema de transición para el país y así asegurar el proceso de establecer-implementar-mantener el sistema de forma exitosa.

La definición de absoluta prioridad para el STE por parte de la alta dirección permitirá un alto grado de confiabilidad en efecto cascada a la sociedad en general para las acciones subsecuentes. Dado que la alta dirección no podrá tomar el control total de la instauración del STE, al tener sus propias responsabilidades y metas, deberá nombrar a un ente encargado de tal función⁸. A su vez no deberá olvidar la importancia de la gestión energética para el progreso sostenible del país, para lo cual es necesario alcanzar bajos niveles de consumo energético y de emisiones de carbono.

Un factor clave en el STE es el tema sobre capacitación continua para la alta dirección y los tomadores de decisión, esto podría ser a través de talleres donde se discuta y comparta información sobre temas como costos nivelados de generación, casos de éxito en la implementación de un STE, avance tecnológico, externalidades y capacitación adecuada para el personal operativo.

Además sería adecuado plantear mecanismos ágiles de difusión (notas de prensa, actividades comunitarias relacionadas a las FRE y medio ambiente, sitio web interactivo, redes sociales, exposiciones, entrenamiento y seminarios, etc.) de la información y avance de implementación del STE para la sociedad en general, con la intención de crear condiciones de ganar-ganar claras y en tiempo para todos los involucrados.

Asimismo, la alta dirección debe estar involucrada antes, durante y después de la implementación del STE, para determinar el desempeño del sistema instaurado y el cumplimiento de los indicadores de avance.

2.2 Análisis de actores interesados e influyentes en el STE.

Un paso crucial al proponer posibles soluciones a un problema complejo es el de entender la red de actores involucrados, ya que estos son la principal razón de cambio de una situación al permitir o bloquear la implementación de la política pública. Para esto resulta conveniente⁹:

- 1) Identificar a todos los posibles actores potenciales interesados y/o involucrados en el STE.
- 2) Mapear la red de relaciones formales que existan entre los diversos actores, identificando: la posición de las autoridades (considerando la legislación,

⁸ Para propósitos de esta investigación, se recomienda nombrar a un ente exclusivo a tratar temas de Fuentes Renovables de Energía – ej. Subsecretaría de Energía Sustentable (SES)- la cual será responsable de gestionar/coordinar cada etapa del mapa de ruta planteado vinculando los elementos de políticas públicas, desarrollo tecnológico, sustentabilidad, cambio climático, protección al medio ambiente, entre otros.

⁹ Con base en la teoría “Actor and network analysis” presentada por el Dr. Bert Enserink de la universidad Tü Delft, Holanda, durante el MOOC “The Next Generation onf Infrastructure”. En: www.edx.org [Accesado entre octubre y noviembre 2015]

regulación y aspecto jurídico que enmarca la situación) y los actores críticos en la solución del problema, con la finalidad de generar una matriz “Interés vs. Poder (en términos de capacidad de influir en la toma de decisión)”.

- 3) Determinar los intereses (objetivos fundamentales, la razón del porque el actor quiere lograr una meta específica), objetivos (metas a lograr por un actor ante una situación específica) y la percepción del problema (basada en información selectiva y entorno social) de cada uno de los actores.
- 4) Delinear las interdependencias entre actores haciendo inventarios de recursos (información, capital, autoridad, organización, legitimidad, entre otros) y la implicación subjetiva de los actores con el problema.
- 5) Determinar las consecuencias de los hallazgos con respecto a la formulación del problema que trata de resolver la política pública, tomando en cuenta las inquietudes, temas prioritarios y los medios de los actores críticos, e inclusive retomar la información generada para formular, si es necesario, un nuevo diagrama del sistema.

Se debe tomar en cuenta que este tipo de análisis no refleja el comportamiento dinámico entre los actores, ya que solo captura opiniones, perspectivas y motivos de forma instantánea en el tiempo.

2.3 Política energética, regulaciones y estándares

La política energética es un componente esencial al instaurar un Sistema de Transición Energética a nivel nacional, ya que ésta define qué es lo que el STE pretende lograr, como lo pretende lograr y con qué recursos, por lo tanto, es responsabilidad de la alta dirección participar en la definición de la política energética y destinar los recursos necesarios para alcanzar las metas y objetivos planteados como prerrequisito del éxito del STE. Es importante que la definición de la política energética se realice tomando en consideración a los actores relevantes, en el aspecto económico, ambiental, financiero, industrial, social y académico, así acorde a Merino (2013) se tendría la certeza de que esta:

- Sea apropiada para la naturaleza y la escala de uso y consumo energético del país,
- Incluya el compromiso de mejora continua,
- Incluya el compromiso para asegurar la disponibilidad de información y recursos necesarios para lograr los objetivos y metas,
- Incluya el compromiso para cumplir con los requerimientos legales aplicables y otros requerimientos que el país haya adoptado relacionados con el uso, el consumo y la eficiencia energética,
- Provea el marco que permita fijar y revisar los objetivos y metas energéticas,
- Soporte la transferencia tecnológica y/o un incremento en la participación de tecnología local,
- Responda a una definición precisa de los problemas por resolver y de los resultados efectivamente realizables,

En donde la sociedad en general deberá ajustarse a las políticas, procedimientos y requerimientos, así como tener claridad en los roles, beneficios y responsabilidades que a cada uno corresponde. Un factor fundamental que deberá incluir la política energética, acorde con la experiencia internacional con energías renovables, es el uso

de diversos esquemas de fomento basado en la reasignación de recursos financieros destinados a estimular el mercado de las FRE.

Dado el potencial de generación eléctrica mediante FRE con el que cuenta el país se tendría que designar como estratégico al STE, en donde la política energética deberá tener un planteamiento a largo plazo, sujeta a control y modificación acorde a los indicadores de desempeño.

Asimismo, bajo el objetivo de desarrollar una ruta de crecimiento sostenible basada en las FRE México debe seguir regulaciones y estándares dentro de un marco de Responsabilidad Social y medioambiental. Por lo que la implementación del STE deberá como mínimo ser conforme a los requerimientos legales del país, estar acorde a la legislación internacional cuando las leyes locales sean insuficientes para una efectividad del sistema, donde las leyes, regulaciones y estándares deberán ser facilitadores de la mejora continua. Ante esto el STE requerirá de procedimientos que aseguren que las reglas del sistema sean comprendidas correctamente e interpretadas propiamente por todos los actores involucrados, de acuerdo a las leyes, regulaciones y leyes marco del sector.

Cabe destacar la experiencia internacional en el diseño y aplicación de políticas públicas, donde es posible identificar diferentes experiencias exitosas de impulso a las FRE (REN21, 2014), entre ellas podemos encontrar el caso de Alemania (Solar FV, Eólica, Biomasa), China (Solar FV, Calentamiento solar, Eólica), Dinamarca (Eólica), España (Solar térmica y FV, Eólica) y Japón (Solar FV). Dichos ejemplos han contemplado diversos factores promotores del éxito (en diferentes órdenes de importancia, participación y aplicación), pero que en general se puede mencionar cierto nivel de coincidencia:

- Programa nacional de eficiencia energética y suficiencia o conservación energética. Este paso es vital, ya que se ha demostrado que a menor consumo de energía la participación de las FRE representa un mayor grado de factibilidad.
- Inversión en Ciencia y Tecnología. La creación de tecnología propia que en un inicio satisfaga las necesidades de un mercado local, con costos competitivos, y posteriormente satisfaga requerimientos de carácter global.
- Políticas públicas que incentiven un mercado interno para el uso de tecnologías basadas en FRE.
- Políticas públicas que incentiven el uso de tecnologías basadas en FRE.
- Compromiso a la mitigación del cambio climático.

Otros estudios han evaluado, de manera cuantitativa, el desempeño relativo de diferentes políticas acorde a los incentivos provistos para la reducción de emisiones y la promoción de FRE (Fisher y Newell, 2007), evidenciando que aunque el costo relativo de las distintas políticas individuales dependen de las metas de reducción de emisiones y otros parámetros, la clasificación resultante de incentivos en orden de efectividad es poner precio a las emisiones¹⁰, estándar de emisiones, impuesto a la energía fósil, requerimiento de participación de FRE, subsidios a energías renovables y subvención a la investigación y desarrollo. No obstante, según el autor antes citado

¹⁰ El comercio de emisiones involucra la reducción indirecta de gases de efecto invernadero u otros contaminantes, a través de la venta de créditos o permisos para emitir una determinada cantidad de tales contaminantes.

una cartera diversificada de políticas resulta más efectiva para lograr reducir las emisiones a un costo significativamente menor que cualquier política de manera individual.

En el caso de México si bien con la RE2013 se ha rediseñado el marco institucional y regulatorio para impulsar un mercado eléctrico competitivo, promoviéndose la herramienta de Certificados de Energía Limpia (CEL) como principal fomento de las tecnologías limpias de generación, en diversos países, derivado de un pobre desempeño del mercado y un alza en los precios de los CEL, ha persistido una tendencia a reinstalar una de las políticas más utilizadas a nivel mundial para la promoción de las FRE, la *Feed-in-Tariffs*¹¹ (Shaffer y Bernauer, 2014).

2.4 Definir los objetivos macro (energéticos y político económicos).

La política diseñada para el impulso de las FRE deberá estar en contexto con los objetivos macro del país. Tal interrelación permitirá un mayor soporte institucional, consistencia a largo plazo y un interés con visión más amplio de los inversionistas. Por ejemplo, a nivel internacional los objetivos energéticos macro más utilizados son: Seguridad Energética, Acceso Energético, Costo Energético, Competitividad Internacional, Modernización y Reducción de Gases de Efecto Invernadero (Irena, 2015).

2.5 Rediseño institucional

El incremento en la capacidad de las FRE intermitentes para un sistema energético dado, se puede adecuar al integrar la planificación de la generación, transmisión y el desempeño del sistema, para lo cual se requerirá un nuevo diseño institucional y de mercado que defina metas claras de participación de FRE y garantice el acceso de la capacidad instalada (NREL, 2012). Asimismo, será necesario implementar un sistema de planificación local y regional para integrar y coordinar la información entre las distintas competencias. Siendo algunas acciones para mejorar la planificación el: compartir mejores prácticas y directrices sobre la adaptación a técnicas de planificación avanzadas, soportar la jerarquía institucional para facilitar la integración y la coordinación de la planificación y definir/compartir estrategias para transitar del análisis y las recomendaciones a las acciones.

Otra vía de mejora institucional comprende la integración de técnicas de predicción avanzadas durante las operaciones del mercado, así como otras prácticas de operación estándar que pueden ayudar a predecir la cantidad de energía renovable disponible para el sistema. Además, para asegurar que las FRE intermitentes sean compatibles con la red eléctrica, contribuyendo así a su estabilidad, es necesario el diseño de reglas simples y claras que gobiernen la forma en que las plantas de

¹¹ Tarifas Feed-in (FIT): Desde la década de 1990 y hasta finales del año 2011 más de cincuenta países han implementado este tipo de política energética, siendo Alemania y España los casos más emblemáticos de aplicación y adaptación a los requerimientos del mercado. Si bien existen ciertas variaciones en su aplicación local, todas siguen 3 puntos básicos; compra garantizada de energía generada acorde a la tarifa del sistema o con un sobreprecio; contratos de compra a largo plazo por la producción de electricidad (mayor a 20 años) y/o calor; e incentivos basados en el desempeño. Además este tipo de tarifas requieren de regulaciones que permitan la interconexión de los productores de energía limpia a la red de energía y alta prioridad en su transmisión y distribución. La dificultad de este tipo de subsidios ha sido el ajustar las tarifas de compra garantizadas a la tendencia de reducción de precios de la tecnología.

generación se conectan y soportan a la red. Un primer paso necesario sería evaluar las normas y parámetros existentes para determinar si se necesitan nuevos enfoques para la planificación, diseño y operación ante una alta participación de las FRE.

2.6 Eficiencia y Suficiencia o Conservación Energética

Lograr un mayor incremento de participación de tecnologías de generación basadas en FRE y por lo tanto una diversificación en el portafolio tecnológico, requerirá de un fuerte compromiso de la sociedad en todos los niveles para ejecutar programas y procesos de gestión que promuevan la eficiencia y suficiencia energética. Diversos estudios han concluido que lograr un adecuado nivel de eficiencia energética a nivel país es ideal para lograr la inserción de las FRE al sector eléctrico tradicional, ya que al reducir la demanda eléctrica es permisible una mayor diversificación tecnológica para la generación de energía. Inclusive datos de la Agencia Internacional de Energía (IEA)¹² soportan el hecho de que en México tanto la eficiencia energética como el uso de FRE presentan una contribución individual por encima del 30 % a la mitigación de emisiones de carbono. Por lo tanto, el desempeño de la alta dirección será vital en lograr la confianza de la población en general al mostrar con el ejemplo constante un uso altamente productivo de la energía.

2.7 Revisión Energética (Levantamiento regional del potencial FRE)

La integración energética ha demostrado consistentemente que la apertura de la red eléctrica a la amplia gama de recursos renovables facilita la combinación de una alta participación de FRE intermitentes en la generación eléctrica (NREL, 2012). Tal nivel de integración de FRE al sistema es posible lograrlo de dos maneras: mediante la ampliación de zonas eficaces de balance¹³ y la diversificación de la ubicación y del tipo de tecnología basadas en FRE. Al ampliar las zonas de balance, se reduciría la variabilidad relativa y la incertidumbre tanto en la carga y la generación basada en FRE. Así una mayor distribución geográfica de los recursos renovables reduciría la variabilidad de las FRE porque los patrones climáticos estarían menos correlacionados, lo que reduciría la magnitud de fluctuación de la energía generada.

Además podrían aplicarse medidas para fomentar la integración tecnológica tales como: fijación de precios en el mercado regional, definir zonas de FRE y soluciones híbridas (fuentes convencionales + FRE + almacenamiento) que permitan el intercambio de reserva.

Con lo anterior como premisa y con el objetivo de identificar el Potencial de las FRE (PFREs) y los Usuarios Potenciales por Sector Económico (UPSEs) a nivel regional, se tendría que realizar un levantamiento energético para recopilar información que permita definir: objetivos y metas claras de participación de FRE, así como establecer *Indicadores de Transición Energética*. Además, la información así generada, se convertiría en las primeras recomendaciones para la propuesta de operaciones a ser incorporadas al Plan de Acción.

¹² Información proporcionada durante el curso “Actualización en Sistemas Energéticos con base en Informes del Consejo Mundial de Energía (WEC)” accesado durante Junio-Noviembre 2015.

¹³ En una zona de balance, el total de generación debe ser igual a la suma de todas las cargas.

Después de medir el potencial energético, recolectar la información y realizar un análisis para entender el uso actual de la energía es recomendable identificar los aspectos operacionales de los posibles Proyectos de Transición Energética (PTE), además de aplicar una auditoría energética para identificar los aspectos técnicos de los mismos y plantear sistemas de monitoreo de avance y desempeño.

Realizado el levantamiento energético a nivel regional, e identificados los PTE (los cuales requerirán de estimaciones iniciales de inversión y ahorros a generar), se procedería a generar una base de datos que enliste el resultado de las mediciones respecto al tiempo y los posibles proyectos de generación renovable. Una vez que se justifiquen y se analicen los PTE más adecuados y viables pasarían a un estatus de "Proyecto de Generación Renovable (PGR)". Cada PTE aprobado y considerado como proyecto viable, deberá ser procesado de manera paralela mediante una Auditoría de Inversión Energética (AIE) para obtener valores precisos sobre el nivel de inversión, aspectos tecnológicos y ahorros a generar a largo plazo. En esta etapa se recomendaría realizar estudios sobre el consumo energético de cada región durante lapsos establecidos de tiempo, simular la operación de la tecnología para proyectar el desempeño esperado, además de realizar un análisis financiero para determinar la economía del ciclo de vida del proyecto, asistiendo así a la estimación de viabilidad de inversión.

Al final de la AIE, el plan de inversión e implementación se evaluaría para tomar la decisión final de proyecto aprobado o no aprobado. Así la propuesta a ser aprobada se convertiría en un "Proyecto Renovable Intensivo de Capital (PRIC)". Respecto al control de generación/consumo de la energía, dada la dificultad de realizar la gestión a un nivel macro, sería recomendable crear Centros de Control Regionales (CCR), para gestionar y monitorear el desempeño de los PRICs y el cumplimiento de los objetivos y metas. En esta etapa resulta trascendental identificar, a nivel regional, los recursos económicos, financieros, de capital humano e infraestructura, que soportarían los proyectos de inversión.

2.8 Estudios de impacto socio-económico

Por lo general el uso de suelo en donde existe la factibilidad de generar energía mediante FRE son terrenos con uso de suelo ajeno a la industria, siendo terrenos ejidales o reservas ecológicas, sitios geográficos en donde se asientan comunidades que por lo general han estado ausentes de los beneficios de las grandes ciudades y donde el hambre y la pobreza han imperado por generaciones. Por lo que resulta imperativo involucrar a las comunidades originarias en la definición de la política que impulse el desarrollo de los PTE, además de plantear a los involucrados condiciones justas y de desarrollo socio-económico, para lo cual sería necesario revisar contratos de arrendamiento, políticas de uso de suelo, tenencia al uso de suelo, así como evitar al máximo el impacto medio-ambiental, lo que implicaría realizar estudios de impacto detallados que permitan la mejor toma de decisión entre todos los involucrados (donde todo la documentación deberá ser traducida al lenguaje local, cuando así se requiera).

2.9 Modelo de innovación/apropiación tecnológica

Con el objetivo de tener claridad en la forma de interacción y congruencia entre los proyectos de inversión y la capacidad de innovación regional, resulta clave definir el

estatus de innovación y/o apropiación de tecnología (Irena, 2015), la cual por lo general puede darse mediante alguna de las siguientes estrategias-país:

- i. Adopción: Introducción de tecnologías comerciales hacia nuevos mercados.
- ii. Escalamiento comercial: Lograr participación comercial a lo largo de la cadena productiva de tecnologías probadas y desarrolladas a nivel internacional.
- iii. Emprendimiento tecnológico: Involucra cruzar la “Frontera Tecnológica” al pasar de la etapa de Investigación y Desarrollo a la etapa de Demostración, lo cual requiere de creación de empresas de base tecnológica a través de capital de riesgo y/o licenciamiento de nuevas tecnologías.

Lo que resulta evidente es que ante las condiciones de progreso que requiere el país, se deberán instaurar políticas públicas paralelas que refuercen el carácter de industria estratégica al sector renovable de energía. Algunas de las cuales ya se han instaurado, en diferente medida, en el país, tales como:

- a. Capacitación y formación de capital humano especializado, ya que una sociedad mejor educada facilitará la adopción de nuevas tecnologías.
- b. Difusión del conocimiento y Redes de colaboración entre las instituciones de investigación y formación.
- c. Asociación público-privada para el desarrollo de infraestructura.
- d. Proveer de financiamiento y/o reducir el riesgo de proyectos de inversión en FRE.

Y adoptar otras que potenciarían la sostenibilidad del sector:

- e. Políticas de incentivos a capitales de inversión y a nuevas empresas de base tecnológica.
- f. Atracción de Centros de Investigación y Desarrollo internacionales de excelencia y competitividad para favorecer la transferencia tecnológica y la comercialización de tecnología de punta.
- g. Establecer un nuevo ambiente regulatorio y de gobernanza, al descentralizar la gestión de proyectos de energía renovable trabajando de manera conjunta con los gobiernos regionales.
- h. Crear un mercado de FRE, al definir metas claras de participación a corto, mediano y largo plazo.
- i. Definir el contenido tecnológico nacional a nivel constitucional y no a expensas de límites de participación impuestos por tratados comerciales.

2.10 Plan de acción

El plan¹⁴ de acción seguiría un acercamiento sistemático de mejora continua al proponer objetivos y metas específicas. La mayoría de las acciones en el plan se desprenderían de la identificación de los PFRE y UPSE durante el levantamiento energético. Para el establecimiento e implementación del plan se crearía la documentación que asegure que todas las actividades sean controladas y registradas de acuerdo al Plan de Acción. Además se deberían fijar periodos de tiempos para

¹⁴ De acuerdo a la definición del sitio www.businessdictionary.com, un plan es un relato escrito del curso de acción pretendido (esquema), destinado a lograr el objetivo (s) y meta (s) específica en un plazo determinado. En él se explica en detalle lo que hay que hacer, cuándo, cómo y por quién, y con frecuencia incluye los escenarios del mejor de los casos, el caso tendencial y el peor de los casos.

alcanzar las metas y objetivos propuestos, objetivos que deberán ser consistentes a la política energética.

Al proponer metas y objetivos se deberá tomar en cuenta: el uso significativo de energía de cada UPSE, calidad de la información durante el levantamiento energético, recursos disponibles, restricciones financieras y operacionales (incluyendo presupuesto), restricciones legales y regulatorias, pronóstico de incremento de la demanda, y el posible cambio tecnológico durante el período objetivo.

Es recomendable que en el Plan de Acción se identifique quién es el responsable de cada actividad, los medios y el calendario para llevar a cabo los objetivos y las formas de verificación del desempeño energético.

2.11 Viabilidad de los PTE

Determinar la viabilidad de un PTE requerirá de combinar una serie de datos, información y variables para tomar una decisión orientada. Para esto es necesario evaluar el ciclo de vida del proyecto, analizando una serie de variables (inversión inicial, costo de financiamiento, costos de mantenimiento, costos de operación, costos de capacitación, costos de combustible, costos de disposición) que permitan comparar la evaluación de costos de cada PTE durante un período dado de tiempo.

Lo anterior conlleva al análisis de viabilidad financiera mediante las siguientes acciones: definir el alcance del análisis (objetivos, horizonte de tiempo, supuestos), identificar los costos de componentes relevantes, estimación de costos, cálculo de indicadores financieros clave (valor presente neto, tasa interna de recuperación, retorno de inversión), realizar un análisis de riesgo e incertidumbre y tomar la mejor decisión.

2.12 Control y monitoreo

Una vez aprobados los PTE para implementación, el control de proyectos se vuelve crítico al involucrar decisiones de inversión, obligaciones contractuales y la habilidad de seguir un calendario. De manera sistemática los puntos a tomar en cuenta durante la implementación del proyecto serían: tener certeza del presupuesto para llevar a cabo el proyecto, calendarizar el programa de costos, proyectar los costos para cada fase de la implementación, calcular los costos en unidades de tiempo (costo/hora, costo/día), y aplicar la gestión y evaluación de proyectos.

2.13 Integración de las FRE intermitentes al Sistema Eléctrico Nacional

Dada la naturaleza variable de algunas FRE como la eólica y solar, sus características de generación deben ser tomadas en cuenta al momento de planear y operar el sistema de generación eléctrica. Por lo que el futuro de la infraestructura del sector eléctrico requerirá de evaluar modelos alternos de integración del sistema considerando diferentes escenarios y múltiples vías para el diseño de una infraestructura moderna que sea eficiente, flexible, escalable y resiliente (Ruth y Kroposki, 2014), así como capaz de incorporar nuevas tecnologías limpias de generación y atrayente de inversiones tanto públicas como privadas. Lo anterior requerirá de incrementar las interconexiones entre la oferta y la demanda (áreas de

balance o equilibrio), aumentar las líneas de transmisión y distribución, implementar tecnologías y aplicaciones de redes inteligentes (smart grids), así como infraestructura avanzada de medición y control.

Respecto a la intermitencia de algunas FRE como solar y eólica, se podría considerar a las diferentes tecnologías de almacenamiento como una solución factible e inclusive considerar a los vehículos eléctricos y su sistema de funcionamiento con base en baterías, como una de las principales propuestas de almacenamiento móvil, lo cual interconectaría dos de los principales sectores que más emiten carbono a la atmósfera en el país, el sector transporte y el energético.

A nivel mundial existen ya experiencias exitosas de una alta integración al sistema de FRE intermitentes como la energía eólica y solar, de las cuales México puede aprovechar para acortar el tiempo de aprendizaje, por ejemplo, en los casos de Dinamarca, Alemania y España, con 41 %, 26 % y 16 %, respectivamente.

2.14 Delimitación de Indicadores de Transición Energética

Un Indicador de Transición Energética (ITE) identificaría y verificaría el incremento de la capacidad instalada de generación renovable respecto a la capacidad de generación total y sus efectos asociados de sostenibilidad. En este planteamiento de mapa de ruta se proponen los siguientes indicadores:

- Participación del 85.7 %¹⁵ de FRE en la capacidad instalada del Sector Eléctrico al 2030.
- Tasa compuesta anual de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI)=-2.52 %, para cumplir con los compromisos que el país tiene por ley.
- El 25 % de contenido nacional en proyectos de generación distribuida.
- Intensidad eléctrica por debajo del valor de 2008: 199.2 kWh/dólares corrientes.

A continuación, se exponen los fundamentos de cada uno de ellos:

Con base en los resultados estimados por la Agencia Internacional de Energía Renovable (Irena, 2015) en México para el 2030 las fuentes renovables de electricidad¹⁶ podrían tener una participación de 94.5 GW (85.7 % del total), generando hasta el 46 % de la electricidad demandada por año. En este sentido la tasa de crecimiento anual, en capacidad instalada de FRE, necesaria para lograr un portafolio tecnológico diversificado sería del 12 % entre el 2014 y 2030.

¹⁵ Considerando una capacidad instalada posible de FRE a 2030 de 94.5 GW, acorde a estudio de Irena (2015) “Renewable Energy Prospects: México”, y el valor estimado oficial de capacidad a instalar al 2029 de 110.2 GW.

¹⁶ El estudio de Irena antes mencionado incluyó a las tecnologías eólica, solar fotovoltaica, grandes y pequeñas hidroeléctricas, geotermia y biomasa.

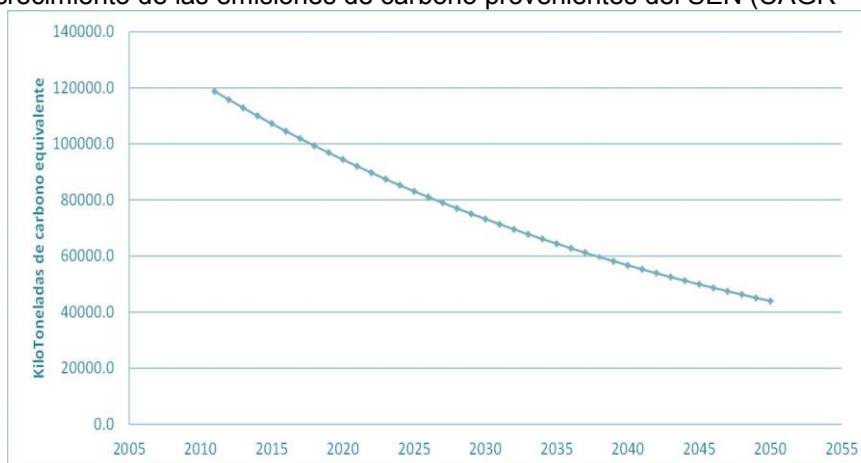
Tabla 1. Participación en capacidad instalada por tipo de tecnología al 2030.

Tecnología	Cap. instalada en 2014	Cap. estimada a 2030	CAGR* (%)
	(GW)	(GW)	
Eólica, tierra adentro	2.03	30	18.34
Solar PV	0.07	30	46.67
Geotérmica	0.79	4.5	11.53
Grandes y Pequeñas	12.44	26	4.71
Hidroeléctricas			
Biomasa	0.20	4	20.7
Total	15.51	94.5	12

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029 (Sener, 2015) e Irena (2015). *Tasa de crecimiento anual compuesto, resultante.

En el caso del indicador relacionado con metas de reducción de gases de efecto invernadero (GEI), según los compromisos adquiridos a nivel internacional, México debe reducir sus emisiones de carbono en un 50 % para el 2050 respecto a valores del 2000. Aplicando el mismo criterio para el SEN, al año 2050 las emisiones tendrían que estar limitadas a sólo 43,944.4 kTon de carbono.

Gráfico 4. Decrecimiento de las emisiones de carbono provenientes del SEN (CAGR= -2.52 %).



Fuente: Elaboración propia en base a datos del Inecc.

En 2011 las emisiones de carbono fueron del orden de 118,741.2 kTon, por lo que habría que disminuir tales emisiones a una tasa acumulada de -2.52 % de forma anual (CAGR). Así al año 2030 el valor esperado de emisiones tendría que tener un máximo de 73,113.3 kTon.

Respecto al incremento en el contenido nacional, este permitiría reducir los costos de inversión inicial, además de que crearía una cultura nacional al conseguir un objetivo común. Para lograr la transición energética utilizando tecnología y mano de obra

nacional sería adecuado que al menos para proyectos de generación distribuida se alcance un 25 % de participación de tecnológica local, tal como está indicado en los lineamientos de participación máxima (para proyectos llave en mano o proyectos integrados mayores intensivos en capital) del acuerdo comercial que en México se promueve como prioridad, el Tratado de Libre Comercio de América del Norte¹⁷.

Para el caso del indicador relacionado a la intensidad eléctrica, en 2008 México alcanzó un valor mínimo de dicha variable desde 1991, o un valor máximo si lo leemos como productividad eléctrica, es decir, cuántos dólares se producen por cada kWh que se utiliza (5.02 miles de dólares corrientes/kWh), para después empezar a incrementarse nuevamente. Este nivel de intensidad eléctrica es clave para permitir una mejor integración de las FRE al SEN, por lo que el nivel de intensidad eléctrica debe continuar reduciéndose, si no a la tasa de -6.12 % alcanzada entre 1995 y 2008, sí en un rango que nos permita alcanzar mejores niveles de productividad eléctrica.

Conclusiones

Lograr una transición energética a un sistema descentralizado de generación sostenible resulta altamente viable a nivel país, pero requiere de procesos de ejecución sistematizados (mapa o ruta de transición), planeados a largo plazo y avalados por los diferentes actores involucrados. Aprovechando la ventaja competitiva de cercanía entre la generación y la demanda a nivel regional, considerando que las decisiones de inversión en infraestructura tecnológica que se tomen en el presente, tendrán un impacto en el mediano y largo plazo, ya que no son acciones que ofrezcan resultados inmediatos.

Temas clave para alcanzar metas-país que la sociedad demanda tales como: seguridad energética, progreso, desarrollo sostenible y mejores condiciones de vida, dependerán de la correcta implementación de programas previos de eficiencia y suficiencia energética, además de aprovechar ampliamente la energía procedente de fuentes renovables de energía a nivel regional. Así al tener identificado el potencial renovable, se podrían fomentar la simbiosis industrial y parques industriales de bajas emisiones o el comercio de bonos de carbono interregional.

La transición energética abre un abanico de oportunidades para incentivar al desarrollo y transferencia tecnológica, tales como nuevas tecnologías de almacenamiento y transporte, nuevos materiales de construcción y conducción, sistemas de control y gestión energética, entre otros, lo cual promovería el pilar de competitividad hacia la sostenibilidad. Además de que la promoción de la diversificación tecnológica apoyaría los retos nacionales de reducción de emisiones de GEI.

Es recomendable ampliar este tipo de propuestas considerando los riesgos intrínsecos de las FRE, la creación de proveedores integrales de tecnología, horizontes temporales, costos nivelados de generación respecto a rangos horarios, parámetros de subastas del parque de generación, entre otros.

¹⁷ Acuerdo por el que se establecen las reglas para la aplicación del requisito del contenido nacional en los procedimientos de contratación de obras públicas que celebren las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal. Diario Oficial de la Federación (2003). En: <<http://www.funcionpublica.gob.mx/unaopspf/dgaop/ac150703.htm>>.

Referencias

- European Copper Alliance (N.D.) “MOOC-Energy Management Foundation Training”. En: <www.leonardo-academy.org> [Accesado entre diciembre 2014 y febrero 2015].
- Fisher, C. y Newell, R. (2007) “Environmental and Technology Policies for Climate Mitigation”. En: <<https://fds.duke.edu/db/attachment/477>> [Accesado el 13 de julio de 2015].
- IRENA (2015) “Renewable Energy Prospects: México. REmap Analysis” en IRENA, Abu Dhabi. En: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_REmap_Mexico_report_2015.pdf> [Accesado el 05 de Enero de 2016].
- Irena (2015) “Renewable Energy Technology Innovation Policy. A process development guide” en IRENA Abu Dhabi. En: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RETIP_2015.pdf> [Accesado el 12 de Julio de 2015].
- Irena (2015) “Renewable Energy Technology Innovation Policy. A process development guide” en IRENA, Abu Dhabi. En: <http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RETIP_2015.pdf> [Accesado el 12 de Julio de 2015].
- Merino, M. (2013) Políticas Públicas. Ensayo sobre la intervención del Estado en la solución de problemas públicos. Cd. de México, CIDE.
- NREL (2012) “Integrating Variable Renewable Energy in Electric Power Markets” en NREL, EUA. En: <<http://www.nrel.gov/docs/fy12osti/53732.pdf>> [Accesado el 7 de Enero de 2015].
- REN21 (2014) “Renewables Academy 2014: 100% Renewables” en REN21, París. En: <<http://www.ren21.net/Portals/0/documents/academy/keynotes/AcademySummary.pdf>> [Accesado el 16 de enero de 2015].
- Ruth, M. y Kroposki, B. (2014) “Energy Systems Integration: An evolving Energy Paradigm” en The Electricity Journal. Volúmen 27, número 6, Julio 2014, pp. 36-47.
- Schaffer, L. y Bernauer, T. (2014) “Explaining government choices for promoting renewable energy” en Energy Policy. Volumen 68, mayo 2014, pp. 15–27.
- Sener (2015) “Prospectiva del Sector Eléctrico 2015-2029” en Secretaría de Energía, México. En: <[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44328/Prospectiva del Sector Electrico.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/44328/Prospectiva_del_Sector_Electrico.pdf)> [Accesado el 05 d Enero de 2016].
- Stockholm Resilience Center (2014) “Applying resilience thinking: Seven principles for building resilience in social-ecological systems” en SRC, Suecia. En: <<http://www.stockholmresilience.org/download/18.10119fc11455d3c557d6928/1459560241272/SRC+Applying+Resilience+final.pdf>> [Accesado el 14 de Diciembre de 2015].
- WWF (2011). “El informe la energía renovable. 100% de energía renovable para el año 2050” en WWF International, Suiza. En: <http://awsassets.panda.org/downloads/informe_energia_renovable_2010_es_p_final_opt_1.pdf> [Accesado el 03 de enero de 2016].