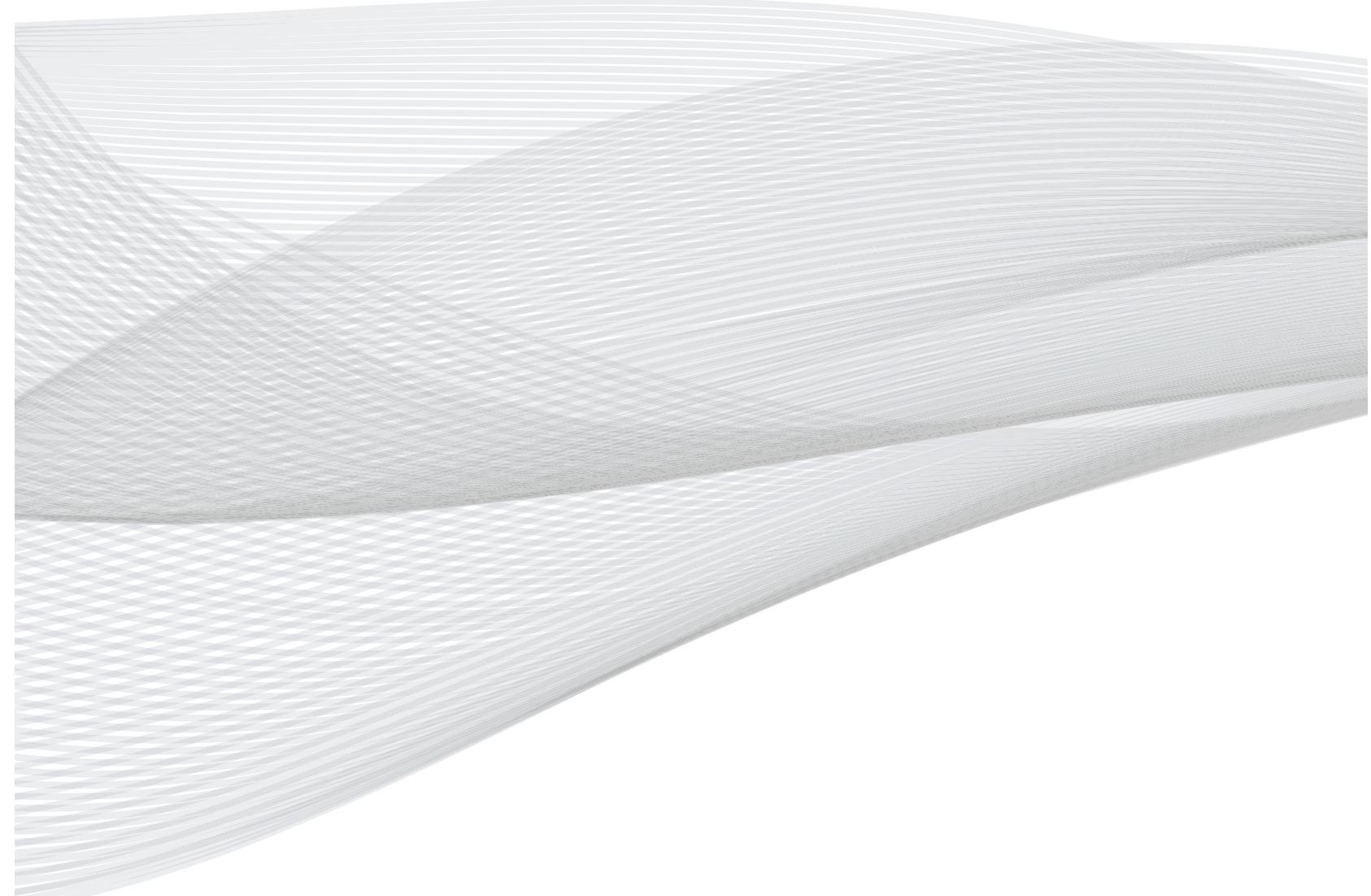


Proyecciones





Materiales provenientes de Tesis de Posgrado Angel De La Vega Navarro*

Presentación

Las tesis de postgrado representan investigaciones que abren nuevos horizontes al conocimiento. Se requiere dedicación y persistencia para avanzar: toma tiempo definir bien el tema, formular preguntas que orienten inicialmente el trabajo, elaborar hipótesis y definir métodos y procedimientos adecuados para llegar a resultados.

El proceso de elaboración de una tesis puede ser individual, pero se enriquece cuando se desarrolla en un marco que permite el intercambio, la discusión, la crítica. Ese marco puede ser un seminario de investigación como el que desarrollamos en el Doctorado de la Facultad de Economía sobre “**Energía, Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable**”, de agosto 2015 a junio 2019. De él resultaron tesis de maestría, doctorado e incluso de licenciatura (<http://www.economia.unam.mx/profesores/angelv/publicaciones/cursos/DoctSemEner2019Anteriores.pdf>); también publicaciones en revistas nacionales e internacionales arbitradas, artículos de difusión (<http://www.economia.unam.mx/profesores/angelv/>) y un libro (*Energía y Cambio Climático en el Contexto Energético y Ambiental Actual*, Tirant lo Blanch, 2022).

Un seminario de investigación no detiene sus frutos cuando se cumplen plazos de una coordinación. Participantes que se integraron en los semestres finales de ese seminario e hicieron contribuciones al mismo continuaron la dinámica de investigación iniciada ahí y han culminado sus trabajos. Es el caso de las tres presentaciones de las tesis elaboradas por Blanca Mariana Galicia Ramos, Laura Estela del Moral Palacio y Jonathan García Olicón. No es necesario resumirlas, de ello se encargan sus propias autoras y autor; sólo decir que son importantes contribuciones que desde la Facultad de Economía se pueden hacer a temas energéticos, ambientales y a los relacionados con el cambio climático. Son cruciales para nuestro país y para la economía mundial.

* Profesor e Investigador, Postgrado de Economía, UNAM. adelaveg@unam.mx.

Desarrollo de una política industrial de energía eólica en Oaxaca, México*

Blanca Mariana Galicia Ramos

Introducción

Esta investigación propone enlazar la urgente necesidad de impulsar las energías renovables para enfrentar al cambio climático con la promoción del desarrollo socioeconómico local. El caso de estudio es el de la energía eólica en Oaxaca por ser un caso referencial a nivel internacional por la riqueza de recurso eólico localizado en uno de los estados con mayor rezago y marginación de México.

En ese orden de ideas el Objetivo General de esta investigación es:

- Proponer estrategias dirigidas a una política industrial en energía eólica en Oaxaca en el contexto de cambio climático.

Para ello, se describen los siguientes Objetivos Específicos:

- Analizar los impactos socioeconómicos de los parques eólicos en Oaxaca,
- Examinar los postulados teóricos de la política industrial como instrumento de desarrollo local,
- Identificar desafíos y oportunidades de una industria eólica en Oaxaca mediante el análisis de cadena de valor.

En ese sentido, esta investigación va más allá de proponer una mejor distribución de los be-

neficios sociales generados por la presencia de las empresas eólicas en las comunidades, sino que apunta al desarrollo de una industria propia que no solo mejoraría las condiciones locales, sino que colocaría a las energías renovables como un polo de atracción para el estado de Oaxaca.

Para dichos fines, se utilizó como base la metodología de cadena de valor que ya ha sido propuesta por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). La metodología de la CEPAL se caracteriza por buscar cerrar brechas estructurales mediante herramientas participativas con los actores principales para el diagnóstico y la elaboración de estrategias.

Lo que pretende demostrar esta investigación es que el Estado de Oaxaca tiene las condiciones (capacidades técnicas y humanas) para desarrollar una política industrial eólica y que dicha política puede ser una propuesta viable para contribuir al desarrollo socioeconómico del Estado de Oaxaca.

En el Capítulo 1 se analizan los impactos socioeconómicos y ambientales de los parques eólicos presentes en el Estado de Oaxaca. Dicho análisis dio pie a proponer una política industrial que se define a partir de los postulados teóricos expuestos en el Capítulo 2. Los métodos sobre los que se basa esta investigación se establecen en el Capítulo 3 instituyendo al

* Resumen de Investigación presentada en la tesis para obtener el grado de Doctora en Ciencias de la Sostenibilidad por parte del Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad de la UNAM.

análisis de cadena de valor como herramienta de sistematización. En el Capítulo 4 se identifican oportunidades y desafíos de una industria eólica en el estado de Oaxaca y se establecen algunas recomendaciones de políticas. Por último, se recogen las Conclusiones de este ejercicio de investigación.

Capítulo 1. La incursión de la energía renovable en el contexto de cambio climático

El cambio climático representa una gran amenaza para nuestras sociedades por las consecuencias hoy ya evidentes. Fenómenos como aumentos en el nivel del mar, olas de calor extremas, la desaparición del hielo ártico, incendios y desaparición de ecosistemas, etc., ponen a la humanidad frente a una encrucijada. Debido a las preocupaciones sobre las consecuencias ambientales de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en los últimos años aumentó el interés en el desarrollo de energía renovables (que comprenden las fuentes solar, eólica, bioenergía, geotérmica, hidroeléctrica y oceánica).

Consecuente con esta tendencia internacional, México también ha impulsado las energías renovables. El país tiene el potencial de desarrollar fuentes alternas de energía, en algunos casos considerablemente abundantes en comparación con otros países. Sin embargo, éstos no están distribuidos uniformemente sobre el territorio nacional; por ejemplo, el Estado de Oaxaca cuenta con un importante recurso eólico, Sonora y Chihuahua con solar, Chiapas con hidráulica y Baja California con geotermia (SENER, 2013).

En México, el principal recurso eólico se localiza en el estado de Oaxaca, en particular

en el Istmo de Tehuantepec (Elliot, Schwartz y Scott, 2004). En 1994 la Comisión Federal de Electricidad (CFE) instaló el primer parque eólico de la región, con 1.57 megavatios (MW) de capacidad de generación. Después, en 2008, la empresa española Iberdrola inauguró la primera central eólica privada, con una capacidad de 80 MW. Desde entonces se han puesto en operación múltiples proyectos eólicos en la región, sobre todo privados, que han dominado la explotación del recurso eólico en esa zona. De acuerdo con la Comisión Reguladora de Energía (CRE), el estado de Oaxaca cuenta en la actualidad con 28 parques eólicos (véase Gráfica 1) cuya capacidad instalada total es de 32 GW (CRE, 2019).

Las autoridades locales, en su momento, promovieron la energía eólica en el istmo, ya que representaba una oportunidad para combatir la pobreza, crear nuevas fuentes de empleo, incrementar la capacidad de generación de electricidad y la diversificación energética para el desarrollo sustentable (Borja, Jaramillo y Mimiaga, 2005). Así mismo desarrollar la energía eólica en la región representaba un nicho para que las empresas mexicanas pudieran incorporarse a la cadena de valor al identificar las mejores posibilidades y al crear la capacidad para aprovecharlas (Inter-American Development Bank [IDB], 2019). Sin embargo, los efectos de la industria de la energía eólica en la región no fueron los esperados. Por lo menos así lo demuestran las diversas investigaciones que se han producido en torno a este tipo de energía en el estado. En ellas se destacan los temas del rechazo social local a los proyectos eólicos (Velasco-Herrejón, Bauwens y Friant, 2022), sobre todo en comunidades indígenas, debido a la falta de la aplicación del Convenio 169 de la

Organización Internacional del Trabajo (OIT), que versa sobre derechos de pueblos y comunidades indígenas (Martínez-Mendoza, Rivas-Tovar y García-Santamaría, 2021). También sobresale la discusión sobre la renta de la tierra (Alonso-Serna, 2022) y sus patrones de control (Torres-Contreras, 2022), por falta de ordenamiento territorial (Zárate-Toledo, Patiño y Fraga, 2019). Nahamad, Nahón y Langlé (2014) y Juárez-Hernández y León (2014), tras analizar la participación de los actores, advirtieron la relevancia de las empresas eólicas desarrolladoras dentro del conflicto social.

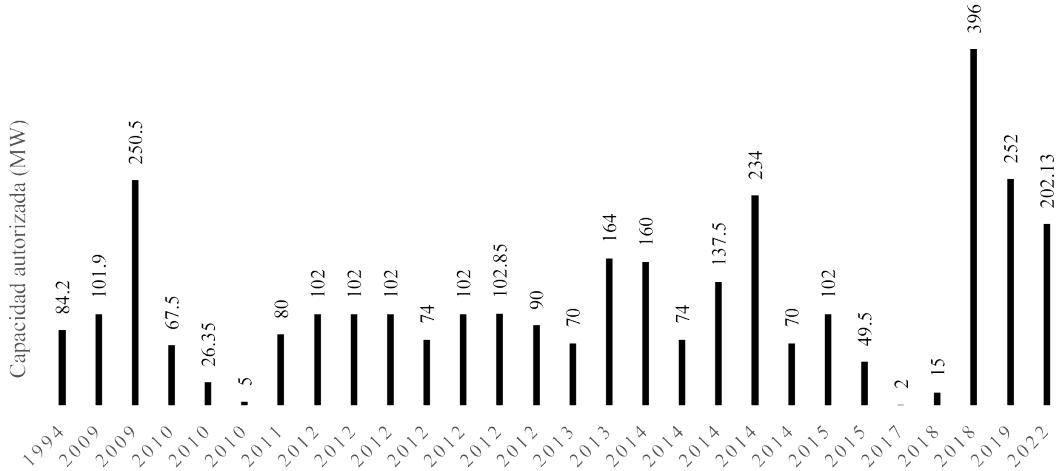
Para hacerle frente a este problema complejo, es necesario recordar que las energías renovables son la vía para combatir el cambio climático, la mayor amenaza de nuestros tiempos. No obstante, no basta con implementar proyectos de energías renovables, sino que es necesario generar una real transición social y económica hacia dichas energías. Para generar

la transición es necesario que el Estado recupere su papel de rector del proceso de desarrollo (ya que hasta el momento se ha limitado a ser intermediario) y genere las estrategias necesarias para solucionar los problemas que se han presentado en la implementación de proyectos y, al mismo tiempo, brindar oportunidades para potenciar el desarrollo económico sostenible y equitativo.

En ese sentido, el estado de Oaxaca puede aprovechar que la energía eólica ya está instalada en el territorio, para orientar los esfuerzos hacia el desarrollo de sus capacidades endógenas. Es decir, impulsar las capacidades humanas, las estructuras sociales e institucionales, que hasta el momento se encuentran de manera dispersa o limitada. De esta manera se mejoraría las condiciones socioeconómicas del Estado utilizando a la energía eólica como eje dinamizador. Para ello, una política industrial eólica podría alienar e impulsar de manera estratégica los esfuerzos

Gráfica 1

Permisos de generación eoloeléctrica otorgados en Oaxaca



Nota: los datos corresponden a los permisos otorgados en cada año y su capacidad.
Fuente: elaboración propia con datos de la Comisión Reguladora de Energía (2022).

hacia un desarrollo sostenible.

Capítulo 2. Política Industrial: Base teórica conceptual

En el abordaje teórico se ubicaron dos posturas contrapuestas. Por un lado, para la teoría ortodoxa o neoclásica, el desarrollo se asume como un proceso natural y automático gracias a la asignación eficiente de los recursos mediante los mecanismos de mercado; por tanto, niega toda posibilidad de intervención del Estado vía política industrial. Por otro lado, las teorías heterodoxas subrayan el papel fundamental de la intervención estatal en la política económica, específicamente como política industrial. El Estado puede orientar y conducir deliberadamente el desarrollo industrial de acuerdo con los objetivos y metas de una estrategia nacional de mediano y largo plazo.

Pese a que la discusión en torno a la intervención del Estado en la economía ha derivado en innumerables debates teóricos, la teoría de la política industrial ha estado encaminada a los tres enfoques heterodoxos arriba descritos. Dichos enfoques ofrecen argumentos de suma importancia para contribuir a una propuesta que se adapte a los requerimientos de esta investigación. Por ejemplo, la teoría evolucionista centra su contribución en la importancia de la construcción de capacidades tecnológicas y la innovación para fomentar círculos virtuosos que lleven al crecimiento económico. Por otro lado, las teorías neo y estructuralista reconocen las diferencias cualitativas entre los diferentes sectores y actividades productivas por lo que la acción del Estado mediante sus instituciones es necesaria para promover la industrialización. Los cambios estructurales requieren de una política gubernamental, inversiones en infraestructura para acelerar el crecimiento económico e intensificar la tasa de acumulación interna de capital. Finalmente, la teoría de las

cadenas globales de valor se adecua mejor a las condiciones actuales de apertura comercial y globalización. Mediante el análisis de eslabones es posible conocer de mejor manera hacia dónde dirigir los esfuerzos estatales para mejorar la posición frente al mercado global.

Impulsar las cadenas de valor locales lleva acciones para incrementar el valor agregado nacional; el fomento de la innovación, la investigación y el desarrollo, y el establecimiento de alianzas estratégicas de los sectores público y privado, la academia y la sociedad civil. Gracias a esta flexibilidad, el fortalecimiento de las cadenas de valor puede derivar en un conjunto de beneficios económicos, entre los que destacan: mejoras en la productividad debido a la mayor innovación en materia de procesos y productos; aumento del empleo y de los puestos de trabajo de mayor calidad; fortalecimiento de los eslabonamientos productivos; inclusión de las micro y pequeñas empresas de bienes y servicios en las cadenas de valor, y fortalecimiento de las capacidades de las empresas locales y su consiguiente inserción en cadenas globales (Padilla, 2014). Sin embargo, no basta la inserción a una cadena de valor sino la calidad con la que se participa. Mediante el fortalecimiento de todos los actores productivos, en particular los pequeños productores se puede mejorar su condición dentro de la cadena y apropiarse de más valor.

De las definiciones de política industrial de autores como Bianchi & Labory, 2011; Peres & Primi, 2009; Chang, 1994; Reich, 1982; Pinder, 1982; Johnson, 1984; Landesmann, 1992 se destacan elementos claves para generar una definición que se ajuste a las necesidades de esta investigación. En ese sentido, la política industrial es el conjunto heterogéneo de estrategias e instrumentos de mediano y largo plazo, impulsadas por los actores directos, destinados a favorecer caminos de desarrollo estratégicos dis-

minuyendo su impacto ambiental.

Capítulo 3. Métodos para la elaboración de la cadena de valor de la industria eólica

Esta investigación realizó un primer diagnóstico situacional, donde se incluyeron tanto datos cuantitativos y cualitativos derivados de una primera estancia de investigación en la región de estudio. Dicha estancia de investigación se realizó en el municipio de Santo Domingo Tehuantepec de febrero a agosto del año 2017. Bajo la metodología de observación participante (Fernández, 2009), se pudo conocer, de primera mano, el contexto territorial y el estilo de vida en que se desarrollan los actores mediante entrevistas informales, observación directa, participación en actividades locales. La información recogida en campo de este primer diagnóstico situacional fue sistematizada y presentada en el Capítulo 1 de esta investigación.

Como resultado de este primer diagnóstico situacional se identificaron necesidades especí-

ficas en torno a la energía eólica en Oaxaca. A partir de esa identificación es que se propone a la política industrial como eje rector para alinear esfuerzos en torno a dichas necesidades y a la metodológica de cadena de valor como herramienta de sistematización.

3.1. Metodología de cadena de valor

La metodología de cadena de valor (CV) de la CEPAL se caracteriza por incluir herramientas participativas para el diagnóstico y la elaboración de estrategias mediante el diálogo con los actores principales. Por tanto, enriquece el diálogo público-privado cuya importancia es clave para el desarrollo de una política industrial. Esta metodología busca generar una transformación basada en la conformación de una red de actores que integren un sistema productivo de relaciones dinámicas.

Por tanto, la metodología propuesta por la CEPAL (Padilla y Odono, 2016), fue la base de esta investigación. En ese sentido, la meto-

Figura 1. Metodología



Fuente: Adaptación de Padilla y Odono (2016).

dología se muestra en la siguiente figura:

3.2. Etapas de la metodología de cadena de valor

- Definición de meta-objetivos. Son el fin que se persigue en materia de desarrollo están alineados con las metas nacionales,

regionales o locales.

- Selección de la cadena. Se seleccionó la cadena del sector que tiene el potencial de impacto para lograr los meta-objetivos previamente establecidos. En arreglo a la metodología, una vez seleccionada la cadena se realizó un análisis de la literatura

en torno a las cadenas de valor y específicamente de la energía eólica en artículos y publicaciones científicas y de organismos internacionales para determinar su estructura. Teniendo identificados los eslabones de la cadena, se procedió a identificar los actores que los integran. Esto es los actores principales y las organizaciones de apoyo, tanto públicas como privadas.

- Para la ubicación de los actores se realizó tanto trabajo de gabinete como de campo. Para la investigación en campo de los actores se utilizó la técnica de bola de nieve (Goodman, 1961) en la que, mediante la asistencia a coloquios y conferencias locales de temas relacionados, se identificaron a las primeras personas que fueron entrevistadas.
- Diagnóstico de la situación de la cadena. Para el diagnóstico de la cadena se realizaron diversos niveles de análisis, tanto el contexto nacional e internacional; el marco jurídico; la gobernanza de la cadena; las capacidades institucionales locales, el contexto económico (Barreiro, 2000), etc., todo esto para conocer las restricciones o áreas de oportunidad sistémicas (que afectan a toda la cadena) o por eslabón.
- Elaboración de estratégicas para superar las restricciones. Con los insumos adquiridos en los pasos previos se elaboraron líneas estratégicas específicas a nivel estatal para atender las restricciones identificadas. Las estrategias constituyeron las propuestas para resolver las restricciones observadas en la cadena de valor y poder alcanzar los metaobjetivos planteados al inicio del proceso.

Capítulo 4. Propuesta de Política industrial en energía eólica para el Estado de Oaxaca, México

Para esta investigación se tomaron como referencia los documentos rectores de la política pública a nivel estatal y a nivel federal, a saber, el Plan Estatal de Desarrollo (2016-2022) del Estado de Oaxaca y el Plan Nacional de Desarrollo (2018-2024). Con ello se estableció como objetivos los siguientes:

1. Impulsar un desarrollo económico del estado de Oaxaca (2022, pág.123)
2. Fortalecer la incorporación de las Mi-PyMEs y emprendedores oaxaqueños en cadenas productivas generadoras de valor a través de la inversión y la innovación (2017, pág. 143)
3. Impulsar la asociatividad entre los actores que intervienen en las diferentes fases de la cadena de valor (2017, pág. 125) para mejorar los niveles de generación y captura del valor agredido en los eslabones de la cadena.
4. Mejorar las condiciones de inversión y crecimiento en el estado de Oaxaca (2022, pág.125).

La energía eólica, para efectos de esta investigación, se considerará sólo a la energía de gran potencia, es decir mayor a 600 kw¹. Siendo así, la cadena de valor de energía eólica está conformada por cinco eslabones como se muestra a continuación:

¹ La pequeña potencia se refiere a instalaciones mejores de 100kW, mediana potencia hasta 600kW y gran potencia de 600 kW en adelante.

Figura 2. Cadena de valor de energía eólica

Planeación	Manufactura	Instalación	O & M	Disposición final
<ul style="list-style-type: none"> Evaluación del recurso Viabilidad técnica, social y ambiental Planeación del proyecto Permisos Preparación del sitio Financiamiento 	<ul style="list-style-type: none"> Maquinaria Equipo Componentes Torres Aspas Tren de potencia Generador Transformador 	<ul style="list-style-type: none"> Obra civil: Cimentación Ensamblaje Transporte Conexión a la red Cableado 	<ul style="list-style-type: none"> Operación Monitoreo Mantenimiento Reparaciones y repuestos 	<ul style="list-style-type: none"> Manejo de materiales utilizados (reutilizados, reciclados o eliminados)

Fuente: Figura adaptada de SENER, 2016; Semarnat e INECC, 2016; IRENA, 2014.

35

Una vez definida la cadena de valor eólica, se describieron las restricciones u obstáculos sistémicos y por eslabón detectados en las diferentes fases de diagnóstico. Las primeras se refieren a las restricciones que afectan a la cadena en su conjunto y las segundas a un eslabón particular de la cadena.

4.1. Restricciones sistémicas

Las restricciones sistémicas encontradas en la cadena de valor de energía eólica en Oaxaca son las siguientes:

Tabla 1. Restricciones sistémicas encontradas

Contexto internacional, nacional y regional	<ul style="list-style-type: none"> Las fuentes renovables no están reemplazando a los combustibles fósiles, sino que están expandiendo la cantidad total de energía A nivel nacional, no se cuenta con procesos integrados de fabricación de componentes y ensamblaje de aerogeneradores
Marco jurídico y regulatorio	<ul style="list-style-type: none"> Diferencia conceptual entre energías limpias y energías renovables No se encontraron instrumentos de coordinación entre las entidades gubernamentales estatales para implementar acciones en materia de energías renovables.
Económico y de mercado	<ul style="list-style-type: none"> Falta de esquemas gubernamentales para apoyar a las MiPyMEs Falta una política pública integral orientada a impulsar el componente local en la industria eólica Falta de financiamientos y apoyos a la Industria local Ausencia de Políticas de certificación de competencias
Ciencia, tecnológica e innovación	<ul style="list-style-type: none"> Falta vinculación entre la industria y la academia para orientar la investigación y el desarrollo tecnológico Los alumnos del posgrado o institutos tecnológicos tienen poca vinculación con las empresas y, por tanto, con experiencias y prácticas profesionales No se tiene una identificación clara de los requerimientos tecnológicos de la industria de las centrales eólicas Falta de inversión e infraestructura No se cuenta con apoyo gubernamental
Gobernanza	<ul style="list-style-type: none"> El sector eólico de Oaxaca está inserto en una cadena global de valor, dominado por grandes empresas en su mayoría extranjeras Las empresas locales encuentran en el mercado eólico oaxaqueño dificultades para posicionarse de mejor manera en la cadena debido a que tienen pocas capacidades, su nivel de competencia es bajo
Medio Ambiente	<ul style="list-style-type: none"> No se tiene legislación a nivel nacional sobre impactos acumulativos de proyectos de infraestructura como parques eólicos

Fuente: elaboración propia.

4.2. Por eslabón

Las restricciones por eslabón encontradas en la cadena de valor de energía eólica en Oaxaca son las siguientes:

Tabla 2. Restricciones en el eslabón de Planeación

	Debido al cambio de administración, el avance de las energías limpias a nivel nacional actualmente ha sido pausado
Planeación	Necesidad de contar con algún instrumento legal estatal que mejore la relación entre comunidades locales (e indígenas) con las empresas eólicas
	La energía eólica ha perdido fuerza en Oaxaca por los conflictos sociales suscitados

Tabla 3. Restricciones en el eslabón de Manufactura

	A nivel internacional, la industria eólica está muy concentrada en pocas empresas
Manufactura	México no cuenta con fabricantes de componentes y ensamblaje de aerogeneradores.
	Limitaciones en el conocimiento de las capacidades de proveedores nacionales para integrar a las cadenas de proveeduría
	Falta de incentivos para la investigación aplicada en energía eólica

Tabla 4. Restricciones en el eslabón de Instalación

	Falta un instrumento legal estatal que mejore la relación entre comunidades locales (e indígenas) con las empresas eólicas
Instalación	No se cuenta con un sistema de información que permita compartir las experiencias en torno a la mitigación y gestión social, fundamentadas en las Evaluaciones de Impacto Social (EVIS) realizadas

Tabla 5. Restricciones en el eslabón de O & M

	Muchas PyMEs deciden no especializarse o certificarse porque representa costos adicionales y no tienen la garantía de aumentar su participación en la cadena eólica.
O & M	Empresas que han intentado participar en actividades de O&M no han tenido éxito ya que las grandes empresas contratistas son muy herméticas
	Falta de programas de capacitación y certificación al personal activo de la industria de energía eólica

Tabla 6. Restricciones en el eslabón de Disposición final

Disposición final	No se tiene legislación a nivel nacional sobre la disposición de componentes después de su vida útil
-------------------	--

4.3. Estrategias

En el diagnóstico realizado, tanto de gabinete como de campo, se demostró que Oaxaca tiene las condiciones (capacidades técnicas y humanas) para desarrollar una política industrial eólica. Particularmente, en la cadena de valor, en el eslabón de Operación y Mantenimiento (O&M) hay posibilidades de que las empresas locales mejoren sus capacidades. Así mismo, las estrategias presentadas a continuación, para el fomento de una política in-

dustrial, se han diseñado para atender las restricciones y las oportunidades identificadas.

Para ello se desarrollaron cinco Programas fundamentales para la cadena de energía eólica en Oaxaca. Cada uno de estos Programas contienen Estrategias para determinar el área de intervención y líneas de acción que especifican las actividades que deben llevarse a cabo para el cumplimiento de las estrategias.

Tabla 7. Programas y estrategias

Programa	Estrategias
1: Reconocimiento e integración de los actores de la cadena	Estrategia 1.1: Reconocimiento de actores y capacidades locales Estrategia 1.2: Mecanismos de integración
2: Desarrollo empresarial para las pequeñas y medianas empresas	Estrategia 2.1: Programa transversal de desarrollo empresarial Estrategia 2.2: Programa de soporte empresarial
3: Educación y capacitación estratégica para la innovación	Estrategia 3.1: Programa de Impulso a la educación Estrategia 3.2: Vinculación para la innovación
4: Normas estatales de evaluaciones ambientales y sociales	Estrategia 4.1. Evaluación ambiental estratégica Estrategia 4.2. Impactos y beneficios sociales
5: Sistemas de expansión	Estrategia 5.1. Plan de acción a largo plazo

Fuente: elaboración propia

Conclusiones

En los últimos años, se ha producido un importante avance en el desarrollo de las energías renovables a nivel mundial para reducir la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y reemplazar el uso de combustibles fósiles como respuesta al cambio climático. Además, debido a la pandemia de COVID-19, muchos organismos a nivel internacional están apuntando a las renovables como agente de recuperación económica. En ese sentido, México tiene un alto potencial renovable, tanto en energía eólica, hidro, solar, biomasa, geotérmica.

Particularmente, el Estado de Oaxaca cuenta con un gran potencial de generación en energía renovable, fundamentalmente eólica, concentrado en el Istmo de Tehuantepec. Sin embargo, el aprovechamiento del potencial eólico en el Estado con 28 parques eólicos instalados en la región del Istmo no ha mejorado las condiciones socioeconómico del Estado, tal como se detalla en el Capítulo 1. En ese sentido, una política industrial, presentada en el Capítulo 2 fomenta el desarrollo de capacidades locales más allá de sólo promover el reparto de beneficios por parte de las empresas eólicas.

Para aplicar la teoría de la política industrial desde su definición, se utilizó la metodología de cadena de valor. Tal como se describió en el Capítulo 3, la metodología utilizada fue la aplicada por la CEPAL que se caracteriza por su enfoque participativo. La puesta en marcha de dicha metodología fue desarrollada en el Capítulo 4 por lo que se pudo demostrar que efectivamente el estado de Oaxaca tiene las condiciones necesarias (capacidades técnicas y humanas) para desarrollar una política industrial eólica y que dicha política puede ser una propuesta viable para contribuir al desarrollo socioeconómico del Estado de Oaxaca. Para ello, se encontró que en el eslabón de Operación y Mantenimiento hay mayores posibilidades de insertarse de mejor manera en la cadena de valor. Mediante trabajo de gabinete y de campo, se realizó un diagnóstico sobre las restricciones que enfrentan los actores de los diversos eslabones de las cadenas de valor, así como la cadena en su conjunto y se generaron estrategias divididas en cinco Programas para dichas restricciones.

Dentro de las aportaciones de esta investigación, está el trabajo de campo donde se reconoció la gama de perspectivas, con respecto al problema de estudio y se promovió la inclusión de las propuestas generadas. En ese sentido, el diseño de Programas de acción atendió las características específicas de la cadena de valor de energía eólica en Oaxaca. Siendo así, la propuesta presentada en esta investigación puede ser de utilidad para generar estrategias industriales en aquellas regiones del país que pretende impulsar o mejorar la presencia de energía renovable, no sólo eólica. La metodología de cadena de valor tiene la flexibilidad de ajustarse a las necesidades de cada situación y a las estrategias que se quiere promover.

Con esta investigación se prueba que la política industrial vuelve a representar una posibilidad de recuperación y crecimiento económico. Sin embargo y bajo el contexto de crisis climática y socioambiental, esta política debe ser diferente del pasado. La nueva política industrial debe reconocer las problemáticas sociales y medioambientales actuales y futuras. La nueva política industrial debe apuntar hacia la sostenibilidad. ☰

Referencias

- Alonso-Serna, L. (2022). Land grabbing or value grabbing? Land rent and wind energy in the Isthmus of Tehuantepec, Oaxaca. *Competition & Change*, 26(3-4), 487-503. doi: 10.1177/10245294211018966
- Berreiro, F. (2000). Desarrollo desde el territorio. A propósito del desarrollo local.
- Bianchi, P., & Labory, S. (2011). Industrial Policy after the Crisis: the Case of the Emilia-Romagna Region in Italy. *Policy Studies*, 32(4), 429-445.
- Borja, M. A., Jaramillo, O., & Mimiaga, F. (2005). *Primer Documento del Proyecto Eoloeléctrico del Corredor Eólico del Istmo de Tehuantepec*.
- Chang, H.-J. (1994). *The Political Economy of Industrial Policy*. Macmillan Press.
- Comisión Reguladora de Energía. (2019). *Permisos otorgados por la Comisión*. Obtenido de <https://datos.gob.mx/busca/dataset/permisos-otorgados-por-la-comision>
- Elliot, D., Schwartz, M., & Scott, S. (2004). *Atlas de Recursos Eólicos en Oaxaca*. Recuperado el 2015, de <https://www.nrel.gov/docs/fy04osti/35575.pdf>
- Fernández, F. (2009). Discusiones de metodología. La observación en la investigación social: la observación participante como construcción analítica. *Temas Sociológicos*, 49-66.
- Gobierno del Estado de Oaxaca. (2017). *Plan Estatal de Desarrollo 2016-2022*.
- Gobierno Federal. (30 de abril de 2019). *Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024*. Obtenido de <http://gaceta.diputados.gob.mx/PDF/64/2019/abr/20190430-XVIII-1.pdf>

- Goodman, L. (1961). Snowball Sampling. *The Annals of Mathematical Statistics*, 148-170.
- Inter-American Development Bank (IDB). (2019). How to join the wind sector value chain in Mexico. Recuperado de <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Infrastructure-for-Development---Vol.-4-No.-1-How-to-Join-the-Wind-Sector-Value-Chain-in-Mexico.pdf>
- Johnson. (1984). *The Industrial Policy Debate*. San Francisco: San Francisco Institute for Contemporary Studies.
- International Renewable Energy Agency (IRENA) y Clean Energy Ministerial. (2014). The socio-economic benefits of solar and wind energy. Recuperado de <https://www.irena.org/publications/2014/May/The-Socio-economic-Benefits-of-Solar-and-Wind-Energy>
- Juárez-Hernández, S., & León, G. (julio-septiembre de 2014). Energía eólica en el Istmo de Tehuantepec: desarrollo, actores y oposición social. *Revista Problemas del Desarrollo*, 139-162. Recuperado el 2016
- Landesmann, M. (1992). Industrial policies and social corporatism. En J. Pekkarinen, *Social Corporatism*. Oxford Clarendon Press.
- Martínez-Mendoza, E., Rivas-Tovar, L. A., y García-Santamaría, L. (2021). Wind energy in the Isthmus of Tehuantepec: conflicts and social implications. *Environment Development and Sustainability*, 23(8), 11706-11731. doi:10.1007/s10668-020-01136-8
- Nahamad, S., Nahón, A., & Langlé, R. (2014). *La visión de los actores sociales frente a los proyectos eólicos en el Istmo de Tehuantepec*. Oaxaca: CIESAS
- Padilla, R. (2014). *Fortalecimiento de las cadenas de valor como instrumento de la política industrial*. Santiago de Chile: CEPAL. Recuperado el 23 de enero de 2018
- Padilla, R. y Odono N. (2016). *Manual para el fortalecimiento de la cadena de valor*. México: Cepal. Recuperado el 14 de septiembre de 2017
- Peres, W., & Primi, A. (febrero de 2009). Theory and Practice of Industrial Policy. Evidence from the Latin American Experience. (187). Recuperado el 16 de enero de 2018
- Pinder, J. (1982). Causes and kinds of insdustrial policy. En J. Pinder, *National Industrial Strategies and the World Economy*. London: Croom Helm.
- Reich, R. (1982). Making industrial policy. *Foreign Affairs*, 60(4).
- SENER. (2013). *Prospectiva de energías renovables, 2013-2027*. Recuperado el octubre de 2017, de <http://www.smartgridmexico.org/en/resources-1/documents-rectores-sener/1-prospectiva-energias-renovables-13-2027/file>
- Secretaría de Energía (SENER). (2016). Prospectiva de talento del sector energía. Volumen 1. Análisis de la cadena de valor del sector hidrocarburos. Ciudad de México: Secretaría de Energía-Subsecretaría de Planeación y Transición Energética. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/54340/Prospectiva_de_Talento_Volumen_1_27_01_16.compressed.pdf
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) e Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). (2016). Estudios de cadenas de valor de tecnologías seleccionadas para apoyar la toma de decisiones en materia de mitigación en el sector de generación eléctrica y contribuir al desarrollo de tecnologías. Ciudad de México: SEMARNAT e INECC. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/279633/CGMCC_2016_Cadenas_de_valor_generacion_energia_electrica.pdf
- Torres-Contreras, G. (2022). Twenty-five years under the wind turbines in La Venta, Mexico: social difference, land control and agrarian change. *The Journal of Peasant Studies*, 49(4), 865-883. doi: 10.1080/03066150.2021.1873293
- Velasco-Herrejón, P., Bauwens, T., y Friant, M. (2022). Challenging dominant sustainability worldviews on the energy transition: Lessons from indigenous communities in Mexico and a plea for pluriversal technologies. *World Development*, 150(febrero), 105725. doi: 10.1016/j.worlddev.2021.105725
- Zárate-Toledo, E., Patiño, R., & Fraga, J. (2019). Justice, social exclusion and indigenous opposition: A case study of wind energy development on the Isthmus of Tehuantepec, Mexico. *Energy Research & Social Science*, 1-11.

¿Cuál es el costo ambiental de un litro de agua embotellada, considerando todo su ciclo de vida?

Laura Estela del Moral Palacio

40

Resumen

En este trabajo se resumen los resultados del trabajo de investigación de del Moral (2023) para obtener el grado de Maestría en Economía realizada en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía de la UNAM, en el cual se presenta una estimación en términos monetarios del costo ambiental de un litro de agua envasada en PET, específicamente para Ciudad de México, y considerando todas las etapas de su ciclo de vida.²

Para ello se utiliza información de impactos ambientales presentados en ocho publicaciones de Análisis de Ciclo de Vida de agua embotellada, junto con información de costos ambientales obtenidos de diversos estudios de valoración económica y de contabilidad ambiental. Los resultados de costos ambientales se presentan en términos unitarios y desglosados por categoría de impacto y también desglosados por la contribución del PET y del agua envasada al costo ambiental total. Se presenta también una estimación del costo anual total de dicha industria en Ciudad de México.

Los resultados obtenidos son útiles para dimensionar la problemática ambiental de la industria del agua embotellada, particularmente en la Ciudad de México, y para determinar la contribución de los diferentes impactos al costo ambiental total. También se propone como una herramienta que puede ayudar a definir las responsabilidades de productores, considerando los diferentes impactos ambientales producidos a lo largo del ciclo de vida, y no solo los residuos sólidos. Adicionalmente, puede considerarse como una base para formular propuestas de políticas públicas encaminadas a una solución adecuada e integral del problema ambiental relacionado con el agua embotellada en Ciudad de México.

² El Ciclo de Vida ha sido definido por la European Commission (2010) como las etapas consecutivas e interconectadas de un proceso.

Abstract

This paper summarizes the results of del Moral's (2023) research work for her Master's Degree in Economics carried out at the Division of Graduate Studies of the Faculty of Economics (UNAM), in which an estimate of the environmental cost of a liter of water bottled in PET is presented; it is calculated specifically for Mexico City and considering all life cycle stages.

For this purpose, information from eight Life Cycle Analysis publications on bottled water is used to obtain estimates on environmental impacts. Additionally, information on environmental costs were obtained from several economic valuation and environmental accounting studies. The results of the environmental costs are presented in unitary terms and disaggregated by impact category and also by the contribution of PET and drinkable water. An estimate of the total annual cost of this industry in Mexico City is also presented.

The results obtained are useful to measure the environmental burdens of the bottled water industry, particularly in Mexico City, and to determine the contribution of the different impacts to the total environmental cost. It is also proposed as a tool that can help define the responsibilities of producers, considering the different environmental impacts produced throughout the life cycle, and not only solid waste. Additionally, it can be considered as a basis for formulating public policy proposals aimed at an adequate and comprehensive solution to the environmental problem related to bottled water in Mexico City.

Introducción

El agua embotellada se ha convertido en un producto ubicuo desde hace algunas décadas, cuyo consumo ha ido en constante aumento. La industria del agua embotellada es reconocida por ser una de las que genera mayor retorno por dólar invertido (Greene, 2021). En 2021 el mercado global fue de casi 270 mil millones de dólares por la venta de 350 mil millones de litros de agua embotellada (Bouhlel et al, 2023); de ese volumen China consumió más del 25%, EUA consumió más del 13% y México consumió más del 9% del total (Rodwan, 2021). En cuanto a consumo per cápita, en 2020 México fue el mayor consumidor llegando a 282 L/persona, seguido de Italia (222 L/persona) y Tailandia (215 L/persona (Rodwan, 2021)). En 2014, el consumo de ese producto en Ciudad de México ya alcanzaba los 391 L/persona en promedio (Montero-Contreras, 2015), aunque en algunas zonas con mal suministro de agua potable, como la alcaldía Iztapalapa, el consumo llegó hasta los 575 L/persona al año en 2015 (Montero-Contreras, 2016).

La consecuencia ambiental más visible de esto es la generación de residuos sólidos provenientes de los envases, que se acumulan en suelos y cuerpos de agua. La UNEP (2017) estima que la cantidad de residuos plásticos que llega al océano puede estar entre 4.8 y 12.7 millones de toneladas anualmente, conformadas mayoritariamente por empaques (World Economic Forum et al, 2016). Sin embargo, si se considera también a los microplásticos, se estima que dicha cifra puede ser entre 5 y 7 órdenes de magnitud mayor (Brandon et al, 2019).

Sin embargo, la problemática ambiental relacionada con el consumo del agua es mucho más amplia e incluye: el origen no renovable de las materias primas requeridas para producir el envase de PET y los combustibles necesarios para el transporte; el agotamiento de los acuíferos y las consecuencias ambientales de la importación de agua superficial de

cuenca lejanas - tema de especial importancia en Ciudad de México-; la contaminación de aire, tierra y agua provocada por los procesos industriales en todas las etapas de producción y de transporte del agua embotellada; la acumulación y ubicuidad de los macro y micro plásticos además de los efectos toxicológicos de los plásticos y sus residuos en los ecosistemas y en los seres vivos. Toda esta problemática tiene efectos no solo a nivel local, sino que, por la naturaleza misma de los contaminantes, se extiende a nivel regional y global.

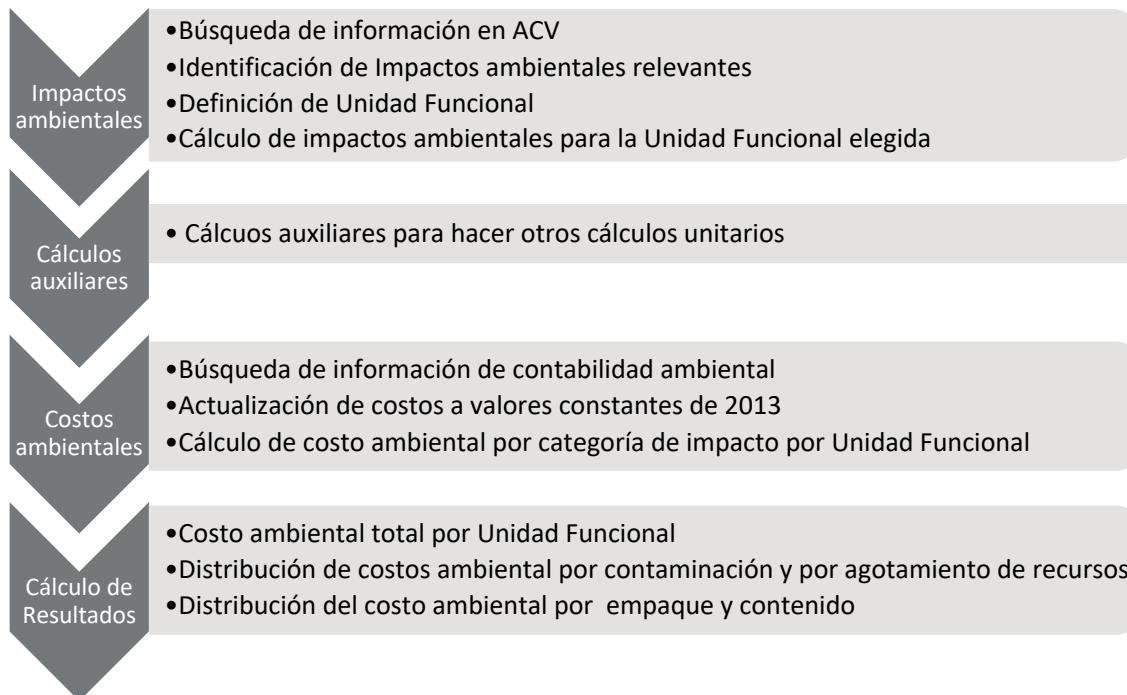
Aun cuando se reconoce públicamente las dimensiones de la problemática ambiental causada por dicho sector industrial, no existe algún cálculo concreto, en términos monetarios, del costo ambiental real de dicha industria. Dada la importancia y actualidad del tema, en este trabajo se intenta contestar a la pregunta de investigación: ¿Cuál es el costo ambiental del agua embotellada en Ciudad de México, considerando todo su ciclo de vida?

Metodología

En este trabajo se usan herramientas de dos diferentes disciplinas: por un lado la identificación y cuantificación de impactos ambientales se logra gracias Análisis de Ciclo de Vida³ que es una herramienta del área de la ingeniería, y por otro lado, los costos ambientales se determinan gracias a herramientas de la economía ambiental como son la contabilidad ambiental y la valoración económica de recursos naturales. En ambos casos se utiliza información ya publicada y disponible para el público. Esto es, se utiliza una Transferencia de Beneficio, haciendo las adecuaciones pertinentes en cuanto a temporalidad y espacialidad. En la Ilustración 1 se muestra gráficamente los pasos seguidos.

³ En un Análisis de Ciclo de Vida se pueden considerar todas las etapas del ciclo productivo como la extracción y transformación de materias primas, procesamiento y manufactura, distribución, uso del producto, y disposición final de los residuos.

Ilustración 1. Metodología



Selección de Información y manejo de datos:

Para identificar y cuantificar los daños ambientales totales de la industria del agua embotellada se utiliza información reportada en ocho estudios de Análisis de Ciclo de Vida⁴. De ellos se escogieron las siguientes categorías de impacto ambiental: consumo de energía (indicador del agotamiento de petróleo), consumo de agua de proceso (indicador de contaminación de agua), volumen de agua embotellada (indicador de agotamiento de agua subterránea), potencial de calentamiento global (indicador de contaminación atmosférica), ocupación de

tierra arable (indicador de contaminación de suelo) y generación de residuos sólidos (indicador de contaminación por residuos sólidos).

La Unidad Funcional (UF) se define como 1 litro de agua embotellada en PET, o 1 botella.

En la Tabla 7 se muestran los valores obtenidos para cada categoría de impacto ambiental a partir de los ACV de cada autor.

4 Se eligieron los estudios que cumplieran con las siguientes condiciones: que se reportaran resultados sobre el agua embotellada en PET virgen, que se contabilizara el transporte independientemente de la distancia considerada, que los residuos sólidos se llevaran a un sitio de disposición final regulado, y que los resultados numéricos se presentaran de manera numérica explícita.

Tabla 7. Resultados de Categorías de Impacto de ACV, por botella

Autor*	Categorías de impacto ambiental para 1 botella				
	Consumo de Energía (MJ)	Residuos sólidos totales (kg)	Potencial de calentamiento global (kg CO ₂ eq)	Ocupación de tierra arable (m ²)	Uso de agua de proceso (L)
1	4.914	0.052	0.2445		0.954
2	11.567		0.645	0.009420	
3	3.081	0.032	0.163		
4	6.419	0.04251	0.1828		
5			0.075		
6	4.38		0.198		
7	3.066		0.2135	0.01372	0.26
8	4.189	0.0461	0.1926		0.25
MÁXIMO	11.567	0.052	0.645	0.01372	0.954
PROMEDIO1	5.3737	0.04315	0.2393	0.011568	0.488
MÍNIMO	3.066	0.032	0.075	0.00942	0.25

* (1) Dettore (2009); (2) Horowitz *et al* (2018); (3) Nessi *et al* (2012); (4) Zollinger *et al* (2017); (5) Garfi *et al* (2016); (6) Stypka *et al* (2014); (7) García-Suarez *et al* (2019); (8) Franklin (2009)

Los cálculos auxiliares son indispensables para calcular los requerimientos de petróleo, agua superficial y agua subterránea, residuos sólidos totales y de PET que han sido recolectados o que quedan dispersos en el ambiente; y también para estimar la contribución a las categorías de impacto del envase y del conte-

nido, y la contribución al potencial de calentamiento global de las fuentes fijas y fuentes móviles. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 8. La información y las premisas utilizadas para realizar dichos cálculos se encuentra de forma explícita en del Moral (2023).

Tabla 8. Resultados de cálculos auxiliares*

Petróleo	Requerimientos por Unidad Funcional 0.0010122 Barriles petróleo /1 botella; 0.161 L petróleo /botella
Agua de proceso	Agua superficial= 0.488L/botella
Agua berible	Agua superficial = 0.1585 L/botella; agua subterránea= 0.8415 L/botella
Residuos sólidos de PET	Recolectados= 22.752 g/botella; no colectados= 0.948 g/botella
Residuos sólidos totales	Recolectados = 38.118 g/botella; no colectados= 5.033 g/botella
Contribución del PET a los impactos ambientales	Agotamiento de petróleo: 83.5%; consumo agua superficial: 75.5%; consumo de agua subterránea: 100%; generación de residuos sólidos: 3.8%; contaminación atmosférica por fuentes fijas: 94.6%; contaminación atmosférica por fuentes móviles: 14.9%; contaminación del agua: 100%
Contribución del agua berible a los impactos ambientales	Agotamiento de petróleo: 16.5%; consumo agua superficial: 24.5%; consumo de agua subterránea: 0%; generación de residuos sólidos: 96.2%; contaminación atmosférica por fuentes fijas: 5.4%; contaminación atmosférica por fuentes móviles: 85.1%; contaminación del agua: 0%

*Los cálculos se encuentran de forma explícita en del Moral (2023)

Los valores de costos ambientales usados en este trabajo se obtuvieron de las Cuentas Económicas y Ecológicas del INEGI, y se complementaron –o sustituyeron- con otros valores puntuales como el costo ambiental del agua proveniente del Cutzamala, el cos-

to ambiental del agua subterránea, el costo del agotamiento del petróleo y el costo de la gestión de los residuos sólidos urbanos. Los valores se actualizan a precios constantes de 2013. En la Tabla 9 se resumen los valores utilizados:

Tabla 9. Costos de Categorías de impacto ambiental, valores 2013

Categoría de impacto ambiental	Pesos/unidad	Pesos/botella	Fuente
Agotamiento de petróleo	1063.58 pesos/barril	1.0764	Vogtlander <i>et al</i> (2010)
Agotamiento de agua subterránea	11.9 pesos/m ³	0.01001	Gómez Reyes (2013)
Externalidades ambientales por uso de agua del Cutzamala	0.9359 pesos/m ³	0.000605	Banco Mundial
Contaminación por residuos sólidos dispersos	1.168 pesos/kg	0.00588	INEGI (s.f.)
Gestión de Residuos sólidos urbanos	0.444 pesos/Kg	0.0169	GDF (2012)
Contaminación atmosférica por fuentes móviles	31.757 pesos/kgCO ₂ eq	0.10285	INEGI (s.f.)
Contaminación atmosférica por fuentes fijas	0.5326 pesos/kgCO ₂ eq	1.4667	INEGI (s.f.)
Contaminación de agua	1.4003 pesos/m ³	0.00068	INEGI (s.f.)
Contaminación de suelo	1060.161 pesos/km ²	0.000012	INEGI (s.f.)

Análisis y discusión de resultados

Los resultados obtenidos se condensan en la Tabla 10, donde los costos ambientales por unidad funcional se agrupan en dos categorías: la primera es el agotamiento y uso de recursos, tanto renovables como no renovables; la segunda categoría es por contaminación ambiental (agua, aire, suelo); por ser

particularmente importante para este tema, se presenta de forma individual a los residuos sólidos. Además, se desglosa la contaminación de aire de acuerdo a su fuente de origen, esto es, fuentes fijas o móviles. Los resultados son valores promedio por botella de 1 litro de agua.

Tabla 10. Resumen de costos ambientales promedio, por botella

Categoría de Impacto			Costo por impacto ambiental (pesos/botella)	%	%
Uso y agotamiento de recursos	No renovables	Petróleo	1.0764	40.2	40.6
		Agua subterránea	0.01001	0.37	
	Renovables	Agua superficial	0.000605	0.02	
	Residuos sólidos		0.0228	0.85	59.4
		Fuentes fijas	0.10284	3.84	
	Aire	Fuentes móviles	1.4667	54.7	
		Suelo	0.0000123	0	
	Agua		0.00068	0.025	
	TOTAL		2.680045		

El resultado más relevante es el costo económico del impacto ambiental total de una botella de agua de 1L, que es \$2.68 pesos/botella. Si se compara este valor con el precio promedio de venta del agua embotellada en 2013, que es \$7.63 pesos por litro (del Moral, 2023) el costo ambiental calculado corresponde a un 35% del precio de venta. Este valor puede entenderse como la compensación económica mínima que la industria de agua embotellada de Ciudad de México le debe a la sociedad por los daños causados por la contaminación ambiental y por el uso y agotamiento de recursos. Además, si se considera que anualmente se generan residuos de PET equivalentes a un consumo per cápita de 1.075 litros de agua embotellada (del Moral, 2023), la industria embotelladora es responsable de un costo ambiental que asciende a más de \$9349 millones de pesos (valores de 2013).

Es importante enfatizar que, en temas de valoración económica, los resultados se deben interpretarse con cuidado y sin olvidar que el valor monetario de los daños ambientales calculados es apenas una pequeña parte del valor económico total y siempre hay posibilidad de mejorarlos.

Este costo ambiental promedio por botella se compone en un 59.4% por la contribución de la contaminación ambiental y en un 40.6% por la contribución del uso y agotamiento de recursos naturales renovables y no renovables. La mayor contribución al costo de impactos ambientales se debe a la contaminación atmosférica proveniente de fuentes móviles (54.7%) y le sigue el costo por agotamiento de petróleo (40.2%). Puesto que la contaminación atmosférica por fuentes móviles es directamente proporcional a las distancias recorridas por transporte de carga, distribución y doméstico, no es ilógico considerar que, por el tamaño mismo de Ciudad de México, la contaminación atmosférica proveniente de fuentes móviles sea aún mayor que lo reportado⁵, esto es, el costo por contaminación atmosférica es, probablemente, aún mayor que lo calculado.

⁵ Por no ser el objetivo del trabajo, no se hizo ningún cálculo estimativo sobre las distancias de transporte recorridas en ningún tramo. Se utilizaron directamente los resultados presentados en los ACV. Las diferencias que existan son la principal fuente de incertidumbre en los resultados de este trabajo y por lo tanto, estos deben considerarse sólo como un estimado.

Llama la atención la baja contribución a los costos por la contaminación por residuos sólidos (menos del 1%), y esto se debe a que únicamente se consideran costos por gestión de residuos y no los costos reales de los daños en el suelo, aire, ríos, lagos y mares, daños a la salud de animales y personas y daños por la alteración del ecosistema. Este difícil tema apenas está siendo abordado por los científicos y economistas⁶ y no existe aún un valor que pueda representar adecuadamente los efectos totales en el ambiente de la industria en cuestión.

Los valores resultantes mostrados en la *Tabla 10* también se pueden desglosar de acuerdo a cada uno de los integrantes del producto: empaque (PET) y contenido (agua berible). Con ello se obtiene una distribución de Impactos ambientales para ambos componentes del producto. Los resultados se muestran en la Tabla 11.

Los daños ambientales derivados del consumo de agua embotellada van más allá de los residuos sólidos visibles: también es necesario contabilizar las consecuencias ambientales de la contaminación de aire, agua y suelo, y por el agotamiento y uso de recurso naturales -renovables y no renovables- considerando todas las etapas del proceso productivo.

El costo ambiental promedio de una botella de agua es de \$2.64 pesos (valores de 2013), y esto corresponde a un 35% del precio promedio de venta de dicho año. Sin embargo, este costo no le corresponde exclusivamente al PET: si se considera todo el ciclo de vida, el transporte del agua berible es responsable del 46.2 % del total de los costos ambientales. Por lo tanto las medidas para solucionar el problema ambiental deben involucrar todas las fuentes de impactos ambientales, y se debe considerar su importancia relativa.

Aunque en este trabajo se propone una estimación del costo ambiental que se puede traducir a un impuesto pigouviano, la solución de la problemática ambiental causada por la industria del agua embotellada no es fácil ni directa y menos aún en situaciones tan particulares como las que enfrenta Ciudad de México, donde este producto prácticamente suple la función del estado en cuanto a provisión de agua potable.

Es necesario atacar las causas del problema, de manera simultánea, continua y progresiva, con medidas preventivas -como la mejora de la infraestructura hidráulica de la ciudad, la mejora del abasto doméstico y la implementación de bebederos públicos- y con medidas correctivas – que deben incluir la revisión y actualización de leyes, reglamentos, impuestos, así como el cobro de tarifas adecuadas e impuestos a los productores.

⁶ Se sugiere revisar Merkel & Charles (2022). The price of plastic pollution. Social costs and corporate liabilities

Tabla 11. Costos ambientales promedio del PET y del AGUA BEBIBLE por categoría de impacto, por botella

Categoría de Impacto	Fuente	Costo por unidad de masa (pesos/botella)	Costo ambiental del PET (pesos/botella)	% COSTO TOTAL	Costo ambiental del AGUA BEBIBLE (pesos/botella)	% Costo TOTAL	
Uso y agotamiento de recursos	No renovables	Petróleo	1.0764	0.8991	72.6	0.177	12.3
		Agua subterránea	0.01001	0	0	0.01001	0.69
	Renovables	Agua superficial	0.000605	0.00046	0.04	0.000148	0.01
Remediación de la Contaminación	Aire	Residuos sólidos	0.02281	0.0219	1.77	0.000856	0.06
		Fuentes fijas	0.10284	0.09724	7.85	0.0056	0.39
		Fuentes móviles	1.4667	0.2189	17.68	1.2477	86.6
Suelo	Proceso	0	0	0	0	0	
Agua	Proceso	0.00068	0.00068	0.055	0	0	
TOTAL		2.680045	1.238389		1.441645		

En dicha tabla se muestra que la contribución del PET es de \$1.2384 pesos por botella, que equivale al 46.2% del costo ambiental total del agua embotellada. Este valor está formado en un 72.6% por la contribución del agotamiento del petróleo y en un 27% por la contribución de la contaminación ambiental; los residuos sólidos tienen una contribución poco significativa. La importancia de este valor es que se comprueba que, contrario a la percepción popular, el PET no es responsable por la totalidad de los costos ambientales.

En cuanto a la contribución del costo ambiental del agua bebible, que es \$1.4417 pesos por botella, y corresponde al 53.8% del costo total de cada botella. Esto es, el agua bebible por sí misma genera más costos ambientales que el PET, si se considera todo el ciclo de vida, y estos costos se deben principalmente al transporte.

Además, puesto que los costos ambientales son el equivalente a un impuesto ambiental, los resultados de la *¡Error! No se encuentra el origen de la referencia*. pueden utilizarse para definir impuestos diferenciados a los diferentes involucrados en la producción de agua embotellada: \$0.899 pesos/botella por agotamiento de petróleo para producir PET; \$0.0222 pesos por botella por generación de residuos de PET, \$0.316 pesos/botella por contaminación atmosférica de los procesos de producción de PET. Además, \$1.2477 pesos/botella por contaminación atmosférica proveniente de fuentes móviles para transportar el agua -que incluye el transporte del agua embotellada a los puntos de venta y el transporte particular hacia el domicilio-, por agotamiento de petróleo usado como combustible \$0.177 pesos/botella y un costo ambiental por extracción de agua subterránea muy bajo, menor del 1% del total.

En estos resultados se ve una clara influencia de la política climática actual, reflejada en el alto costo ambiental de la contaminación atmosférica provocada por los gases de combustión. Sería importante y necesario seguir estudiando con el mismo ímpetu el costo ambiental de las demás categorías de impacto, incluyendo la de toxicidad por plásticos, con todas las posibles consecuencias como los efectos en salud y mortalidad humana y animal, destrucción de ecosistemas y pérdida de biodiversidad, y todos los efectos no considerados, a corto, mediano y largo plazo.

Los resultados que se obtienen con este desglose posibilitan la distribución de responsabilidades de los productores de los envases (PET) y contenido (agua), no sólo por el manejo de fin de vida de los residuos, como se propone actualmente, sino por las consecuencias de todo el ciclo de vida incluyendo los efectos del agotamiento de recursos y los efectos de la contaminación de aire, suelo y agua. Además, se evidencia que, puesto que los costos ambientales no provienen exclusivamente del PET, la solución de la problemática ambiental del agua embotellada no debe provenir únicamente por cambios en la producción del envase (cambio de materia prima, cambio en el espesor del envase, cambio en la materia prima) o por el manejo del envase (reciclaje), como actualmente se propone. Estas son soluciones necesarias pero parciales. Una solución integral debe también contemplar la disminución de la contaminación atmosférica consecuencia del transporte del agua berible, disminuyendo la cantidad de agua embotellada que se comercializa.

Sin embargo, es evidente que, de no existir un mecanismo regulador externo, la propia industria no va a auto-limitar su producción y su crecimiento. De ahí la utilidad de proponer la aplicación de un impuesto, equivalente

al costo ambiental calculado (\$2.6801 pesos/botella). Desafortunadamente, las condiciones coyunturales de Ciudad de México no son adecuadas para imponer un impuesto al agua embotellada como medida correctiva de la contaminación ambiental: esto únicamente afectaría a la sociedad, que por falta de opciones viables de abastecimiento real de agua potable de calidad y en cantidad suficiente, tendría que continuar consumiendo agua embotellada pero a un mayor precio.

Por lo tanto, a la par de solucionar las consecuencias ambientales generadas por la industria en cuestión, es indispensable abordar las múltiples causas que han promovido y perpetuado el consumo de agua embotellada en Ciudad de México, y que tienen como factor común la falla del gobierno en temas de gestión del agua. Únicamente cuando el gobierno pueda garantizar que el agua potable suministrada es salubre, suficiente, de calidad aceptable, constante, accesible y asequible a toda la población, será posible tener las condiciones propicias para que la población no dependa del agua embotellada como fuente principal de agua potable.

Conclusiones

Los daños ambientales derivados del consumo de agua embotellada van más allá de los residuos sólidos visibles: también es necesario contabilizar las consecuencias ambientales de la contaminación de aire, agua y suelo, y por el agotamiento y uso de recurso naturales -renovables y no renovables- considerando todas las etapas del proceso productivo.

El costo ambiental promedio de una botella de agua es de \$2.64 pesos (valores de 2013), y esto corresponde a un 35% del precio promedio de venta de dicho año. Sin embargo, este costo no le corresponde exclusivamente

al PET: si se considera todo el ciclo de vida, el transporte del agua berible es responsable del 46.2 % del total de los costos ambientales. Por lo tanto las medidas para solucionar el problema ambiental deben involucrar todas las fuentes de impactos ambientales, y se debe considerar su importancia relativa.

Aunque en este trabajo se propone una estimación del costo ambiental que se puede traducir a un impuesto pigouviano, la solución de la problemática ambiental causada por la industria del agua embotellada no es fácil ni directa y menos aún en situaciones tan particulares como las que enfrenta Ciudad de México, donde este producto prácticamente suple la función del estado en cuanto a provisión de agua potable.

Es necesario atacar las causas del problema, de manera simultánea, continua y progresiva, con medidas preventivas -como la mejora de la infraestructura hidráulica de la ciudad, la mejora del abasto doméstico y la implementación de bebederos públicos- y con medidas correctivas – que deben incluir la revisión y actualización de leyes, reglamentos, impuestos, así como el cobro de tarifas adecuadas e impuestos a los productores. 

Referencias bibliográficas

- Banco Mundial (2015) *Cutzamala. Diagnóstico Integral.* World Bank Group y CONAGUA.
- Brandon, J; Freibott, A; Sala, L (2019) *Patterns of suspended and salp-ingested microplastic debris in the North Pacific investigated with epifluorescence microscopy.* Limnology and Oceanography Letters.
- Del Moral, L (2023) *Estimación de los costos ambientales del ciclo de vida del agua embotellada en Ciudad de México.* Tesis para obtener el grado de Maestra en Economía. Facultad de Economía, UNAM. Disponible en <https://www.dgb.unam.mx/index.php/catalogos/tesiunam>
- Bouhlel, Z., Köpke, J., Mina, M., and Smakhtin, V. (2023) *Global Bottled Water Industry: A Review of Impacts and Trends.* United Nations, University Institute for Water, Environment and Health.
- Dettore, C (2009) *Comparative life-cycle assessment of bottled vs. tap water systems.* Center for Sustainable systems. University of Michigan.
- European Commission (2010) Making sustainable consumption and production a reality. *A guide for business and policy makers to Life Cycle Thinking and Assessment.*
- Franklin Associates (2009) *Life cycle assessment of drinking water system: bottle water, tap water, and home/office delivery water.* Revised Final peer-reviewed LCA report.
- Fuhr, L; Simon, N. (2017) *Hacia un tratado mundial sobre los residuos plásticos.* Heinrich Böll Stiftung. 15 de junio de 2017. Disponible en: <https://mx.boell.org/es/2017/06/15/hacia-un-tratado-mundial-sobre-los-residuos-plasticos>
- García-Suarez, T; Kulak, M; King, H; Chatterton, J; Gupta, A; Saksena, S. (2019) *Life Cycle Assessment of three safe drinking-water options in India: boiled water, bottled water, and water purified with a domestic reverse-osmosis device.* Sustainability, 11, 6233.

- Garfí, M; Cadena, E; Sánchez-Ramos, D; Ferrer, I. (2016) *Life cycle assessment of drinking water: comparing conventional water treatment, reverse osmosis and mineral water in glass and plastic bottles*. Journal of Cleaner Production. 137, 997-1003.
- Gómez Reyes, E. (2013) *Sistemas de Recarga-recuperación*. Presentación de la mesa redonda “Gestión de la Recarga de acuíferos”, presentada en la Torre de Ingeniería, CU, el 16/05/2013. Disponible en: www.agua.unam.mx/assets/pdfs/eventos/acuiferos13/EugenioGomez_UAM.pdf
- Greene, J (2021) *What happens when water is commodified? Case study Mexico: dominant movements and alternative discourses in the access to water landscape*. Tesis de doctorado en Socioeconomía. Universidad de Geneve.
- Horowitz, N; Frago, J; Mu, D. (2018) *Life cycle assessment of bottled water: a case study of Green20 products*. Waste management (en prensa).
- INEGI (s.f.) *Económicas y Ecológicas*. Base 2013. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/ee/2013/default.html#Tabulados>
- Lemus, J. (2020) *Nestlé y su agua embotellada consumen la reserva hídrica de 11 regiones en ocho estados del país*. Zenzontle 400, 7 de enero de 2020. Disponible en: <http://www.zenzontle400.mx/>
- Montero Contreras, D. (2015). *Trasnacionales, gobierno corporativo y agua embotellada. El negocio del siglo XXI*. Universidad Autónoma Metropolitana y Ediciones del Lirio. México
- Montero Contreras, D. (2016). *El consumo de agua embotellada en Ciudad de México desde una perspectiva institucional*. Agua y Territorio, Núm. 7, pp. 35-49. Universidad de Jaén, España.
- Nessi, S; Rigamonti, L; Grossi, M. (2012) *LCA of waste prevention activities: a case study for drinking water in Italy*. Journal of Environmental Management 108, 73-83.
- OECD (2017) *Environmental Fiscal Reform. Progress, prospects and pitfalls*. OECD Report for the G7 environment ministers.
- Rodwan, J. (2021) *Bottled water 2020: Continued upward movement*. Bottled Water Reporter, Jul-Aug, p. 10-19. Disponible en: www.bottledwater.org
- Stypka, T; Berbeka, K. (2014) *Drinking Water Consumption in Cracow – an Assessment from a Sustainable Development Perspective*. Problems of sustainable development. Vol. 9, no. 2, 121-130.
- UNEP (2012) *Greening the economy through life cycle thinking. Ten years of the UNEP/SETAC Life Cycle Initiative. Phase III 2012-2017*.
- UNEP (2017) *Towards a pollution-free planet. United Nations Environment Assembly of the United Nations Environment Programme*
- Vogtländer, J. (2010) *LCA-based assessment of sustainability: the Eco-costs/Value Radio (EVR)*. Sustainable Design Series of the Delft University of Technology.
- World Economic Forum, Ellen MacArthur Foundation and McKinsey & Company (2016). *The New Plastics Economy — Rethinking the future of plastics*.
- Zollinger, M; Pike, A; Humbert, S (2017) *Life Cycle inventory and environmental footprint of bottled water for the North American market*. IBWA.

Seguridad del sector eléctrico mexicano en el periodo 1990-2016*

Jonathan García Olicón**

Resumen

Esta investigación parte de la noción de que todo sistema energético cuenta con puntos de fragilidad, ya sean de carácter político, técnicos o naturales, y de que estos puntos de fragilidad se terminan trasladando a sus subsistemas energéticos ya sea petrolero, gas natural, eléctrico, etc. Por lo que la hipótesis a comprobar es que el sistema eléctrico mexicano, como parte del sistema energético nacional y su seguridad energética, posee vulnerabilidades intrínsecas. En esencia, la fragilidad de la seguridad energética implica una fragilidad paralela en la seguridad eléctrica. Con base a lo anterior, esta investigación busca delinear las vulnerabilidades del sector eléctrico mexicano y en qué grado se encontraban durante el periodo 1990-2016. A través de un análisis retrospectivo de dicho periodo, enmarcado dentro de la definición de seguridad energética propuesta por Cherp y Jewell (2014) y la definición de seguridad energética nacional.

Abstract

This research is based on the notion that every energy system has points of fragility, whether they are of a political, technical, or natural nature, and that these points of fragility end up being transferred to its energy subsystems, be it petroleum, natural gas, electrical, etc. Therefore, the hypothesis to be tested is that the Mexican electrical system, as part of the national energy system and its energy security, possesses intrinsic vulnerabilities. In essence, the fragility of energy security implies a parallel fragility in electrical security. Building upon this premise, this research seeks to delineate the vulnerabilities of the Mexican electrical sector were and to what degree they were during the period 1990-2016. Through a retrospective analysis of this period, framed within the definition of energy security proposed by Cherp and Jewell (2014) and the definition of national energy security.

*Este artículo es la presentación del contenido de la tesis de doctorado elaborada por el autor con el título “Seguridad del sector eléctrico mexicano en el periodo 1990-2016 enmarcada en la seguridad energética” en la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía UNAM. <http://132.248.9.195/ptd2023/junio/0842183/Index.html>

** Doctor en Economía, Facultad de Economía UNAM (Mención honorífica). Email: josciv@comunidad.unam.mx.

Introducción

Actualmente existe una tendencia global hacia una economía basada en el uso de energías limpias. Lo cual puede lograrse en gran medida por medio de la electricidad, gracias a que en su generación se pueden utilizar distintos tipos de energía primaria — entre ellas las energías limpias—, al mismo tiempo que mantiene la calidad del energético para los nuevos usos y necesidades de las personas.

De esta forma, en esta tendencia global los gobiernos, las empresas y los ciudadanos harán gran uso de la electricidad para acceder, entre otras, a nuevas formas de comunicación y tecnología de la información, lo que permitirá participar en actividades económicas como el comercio online y los mercados, o en casos como el (Covid-19) para participar activamente en la sociedad que se vio distanciada. Además de permitir que las clínicas de salud mantengan en refrigeración las vacunas, operen equipos médicos, brinden tratamiento médico y hagan uso de herramientas modernas de comunicación masiva necesarias para combatir la propagación.

Por estas y más razones, el PNUD (2016) expone que el uso de la electricidad en la actualidad otorga beneficios en las actividades cotidianas y afecta el desarrollo de las personas. Por mencionar algunos, la electricidad permite estudiar después de las actividades diurnas, dando la oportunidad de mayor alfabetización, garantiza un suministro de agua limpia al alimentar equipos para bombear y tratar las aguas servidas, lo que reduce la incidencia de enfermedades transmitidas por el agua,⁷ entre otros.

⁷ Otros usos cotidianos de la electricidad son: iluminación, refrigeración, calefacción, aire acondicionado, lavar y secar ropa, lavado de platos, calentamiento de agua, operación de equipos electrónicos.

En consecuencia, el uso de la electricidad también puede afectar los niveles de pobreza al aumentar la productividad de las personas y, por lo tanto, sus ingresos. Mientras que en el caso de las industrias puede estimular la innovación y el espíritu empresarial local al permitir el acceso a tecnologías de la información y comunicación (TIC), como el internet, las computadoras y los teléfonos móviles.

En virtud de ello, es necesario contar con un sistema eléctrico bien establecido que apoye a todos los actores económicos: desde las empresas hasta los consumidores en la realización de sus actividades. De no ser así, la ocurrencia de apagones regulares interrumpirá las actividades sociales e industriales, reduciendo la producción y aumentando los gastos tanto en industriales como en consumidores finales.

Por consiguiente, la industria de la energía eléctrica no debe ser vista sólo como una rama formadora de sistemas en la energía, sino en toda la economía en su conjunto. Ya que “no sólo la seguridad energética depende esencialmente de un grado de seguridad en la industria eléctrica sino también la seguridad económica e incluso la seguridad nacional” dependerán de la existencia de seguridad en el sistema eléctrico. (Nasibov, V. & Alizade, R. (2018), pp. 1). Razón por la cual esta investigación plantea averiguar cuáles fueron las vulnerabilidades del sector eléctrico y en qué grado se encontraban durante el periodo 1990-2016.

De ahí que, la seguridad energética de cada país deba mantener una seguridad al interior de cada industria energética, procurando que los objetivos de todas estas industrias se coordinen en una misma política energética, que vaya en línea con la política de desarrollo de cada país.

Seguridad Energética

La definición de seguridad energética, hasta el siglo pasado, buscaba principalmente asegurar un suministro estable de petróleo y que fuera accesible (barato) ante las amenazas de embargos y manipulaciones de precios por parte de los exportadores.

Hoy por hoy la visión de seguridad energética, ha dejado de enfocarse únicamente en los energéticos primarios como el petróleo, y se ha abierto a energías secundarias o primarias no necesariamente fósiles, incorporando enfoques que no solo busquen mantener el abastecimiento suficiente de energía. Así mismo, otros aspectos ya utilizados en su definición tradicional, como la geopolítica, se han ido actualizando con el pasar de los años.

Estos cambios en la definición de seguridad energética van en concordancia con el periodo de transición energética en que se encuentra el mundo, el cual busca la electrificación por vías menos contaminantes o con menores emisiones de CO₂. Por lo que las energías utilizadas durante esta transición como: gas natural, electricidad y carbón —este último con el aprovechamiento de nuevas tecnologías para una transformación más eficiente con menor emisión de CO₂— deben ser tomadas en consideración dada la importancia y uso que se les da actualmente.

Sin embargo, el introducir nuevos conceptos y objetivos a la seguridad energética, más que aclarar la dirección de su definición, la ha tornado más confusa, dado que cada concepto puede interpretarse no en forma general sino para cada caso de estudio, haciendo que la seguridad energética signifique diferentes cosas para diferentes situaciones y tiempos disimiles, volviéndolo un concepto multidimensional.

Por lo anterior, en esta investigación se parte de utilizar la definición de seguridad energética propuesta por Cherp y Jewell (2013), la

cual establece a la seguridad energética como: la “Baja vulnerabilidad de los sistemas energéticos vitales”. Para esta definición, la vulnerabilidad queda entendida como la combinación entre la exposición a los riesgos y su capacidad de recuperación.

El desarrollo de esta definición por parte de sus autores implica conceptualizar la seguridad energética desde la noción de seguridad general, con el fin de que esta logre responder al menos a las siguientes preguntas ¿Seguridad para quién? ¿Seguridad para qué valores? Y ¿De qué amenazas? Esto permite que la seguridad energética no se centre en proteger una energía abstracta sino los sistemas energéticos críticos para las sociedades, concebidos dentro de esta definición como sistemas energéticos vitales.

Seguir esta definición permite:

- Identificar para quién es la seguridad, es decir, para los sistemas energéticos vitales. Lo cual también permite precisar cuáles serán los valores adquiridos que se protegerán, que variaran dependiendo el sistema energético vital en cuestión.
- En este mismo sentido, al mencionar “baja vulnerabilidad” responde a la pregunta ¿de qué amenazas proteger?, es decir, se protegerán todas las vulnerabilidades del sistema;
- Además, esta definición no se restringe a sectores específicos, cadenas de suministro o a sus problemas. Por lo que añade flexibilidad para evaluar sistemas históricos, actuales o futuros en diversos contextos. Al mismo tiempo que facilita mayores especificidades de los sistemas de energía vital al explorar sus vulnerabilidades y comprender el proceso político que conduce a la priorización de ciertos sistemas de energía.

Para el caso específico de esta investigación, el uso de esta definición implicó:

5. Identificar al sector eléctrico mexicano como el sistema energético vital en cuestión;
6. Identificar sus vulnerabilidades; y
7. Desarrollar, aplicar e interpretar indicadores que caractericen estas vulnerabilidades.

Para identificar al sector eléctrico mexicano como sistema energético vital, se advierte que éste cubre el aspecto vital al ser fundamental para el funcionamiento y estabilidad de la sociedad mexicana. Asimismo, encaja en la definición de sistema al poseer en su interior recursos, materiales, infraestructura, tecnologías, mercados y otros elementos conectados entre sí, lo anterior se encuentra avalado por su reglamentación.⁸ De modo que, estas cualidades le conceden la importancia para ser catalogado como un sistema energético vital. Especialmente por sus riesgos de interrupción visualizados en años pasados, como los repetidos apagones que sucedieron en California después de la liberalización de su sector eléctrico, y más recientemente en México cuando el clima frío en Texas inhabilitó la transferencia de gas natural hacia México, que provocó apagones tanto en Texas —donde incluso hubo pérdidas humanas—, como en México —donde no pasó de apagones por horas— que afectaron la calidad de vida de las personas y la productividad de las empresas afectadas, vislumbrando

⁸ La Ley de la Industria Eléctrica (LIE) establece que el sector eléctrico está compuesto por la industria eléctrica y su proveeduría de insumos primarios. Mientras que la industria eléctrica comprende las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica, la planeación y control del Sistema Eléctrico Nacional, así como la operación del Mercado Eléctrico Mayorista.

que estos riesgos son parte de las vulnerabilidades que puede tener un sistema eléctrico como el mexicano.

Una vez corroborado el sector eléctrico mexicano como un sistema energético vital, se distinguen sus posibles vulnerabilidades, concibiendo estas vulnerabilidades como una combinación de la exposición a los riesgos y su resiliencia.⁹

Para esta selección de vulnerabilidades se conjuga el enfoque de sistemas energéticos vitales con el marco de evaluación de seguridad eléctrica propuesto por Larsen E., Osorio, S. y Ackere, A. (2017), cuyos objetivos coinciden con los de la presente investigación: 1) Capturar la evolución en el tiempo de la seguridad del suministro eléctrico para evaluar su progreso e identificar a futuro los posibles problemas que pudieran surgir, incluso antes de que se materialicen; y 2) Proporcionar una instantánea de la situación actual con el fin de visualizar y comprender sus debilidades para determinar qué acciones se pueden llegar a requerir.

De esta forma se obtuvieron como posibles vulnerabilidades del sistema eléctrico mexicano.¹⁰

- **No cubrir la capacidad necesaria para satisfacer la demanda** interna a corto y mediano plazo con la capacidad de generación existente, es decir, que la oferta

⁹ Su capacidad para responder a las interrupciones

¹⁰ Esta selección también se apoyó en un análisis histórico que analiza cómo se desarrolló el sistema eléctrico mexicano antes de 1990 y durante el periodo de 1990 a 2016, lo cual otorgó el contexto necesario para decidir de forma sistemática y transparente, cuáles vulnerabilidades utilizar —y cuáles excluir— en la evaluación. Véase: García, J. (2023). Seguridad del sector eléctrico mexicano en el periodo 1990-2016 enmarcada en la seguridad energética. *Disertación doctoral, UNAM, (pp. 17-47)*, México.



de capacidad para generación eléctrica sea menor a la solicitada por la demanda de los distintos consumidores. Esto requiere adecuar la capacidad y puede supervisarse a través del Margen de Reserva y el Margen de Reserva Operativo.

- **No mantener un suministro eléctrico ininterrumpido** ante cambios repentinos en la disponibilidad de recursos energéticos, es decir que, a falta de insumos energéticos (combustibles como el carbón, gas natural, combustóleo) la generación eléctrica no cubra la demanda de electricidad. La resiliencia ante estos eventos puede mejorarse por medio de una mayor diversificación, tanto en las tecnologías utilizadas en la generación, como en el uso intensivo de sus combustibles y la cantidad de centrales por tipo de tecnología al interior del sistema.
- **Falta de calidad en el servicio**, entendida como la prestación del servicio de forma ininterrumpida dado que la electricidad es un producto no diferenciado. En este caso los eventos de interrupción son generados entre otros por una mala gestión y operación del sistema, mantenimientos mal coordinados, baja inversión, obsolescencia de equipos, etc. Por lo que, al considerar las interrupciones como afectaciones en la calidad del servicio, la cantidad de eventos y la duración de estas afectaciones a los usuarios finales pueden monitorearse por medio del SAIFI y SAIDI respectivamente.
- **Variabilidad inherente de las VRE's (Variable renewable energy) y desequilibrios repentinos a corto plazo** debidos a pronósticos imprecisos de la demanda o problemas técnicos. La forma de generar resiliencia ante estos eventos —generalmente imprevistos— es disponiendo de una mayor carga flexible disponible en el sistema. Ésta mayor carga flexible, entendida como aquella capacidad que posee tiempos de arranque cortos, es puesta en operación tan pronto se presenten los eventos repentinos, reduciendo las afectaciones al sistema.
- **Rendimiento y adecuación de la red**, así como el envejecimiento de ésta que afectan la confiabilidad del sistema. En los riesgos por el lado del rendimiento y adecuación de la red se hace referencia principalmente a líneas eléctricas congestionadas, reorganización de los flujos de electricidad y operación cerca de su nivel de saturación, riesgos que generan más probabilidades de sufrir eventos en cascada. Para monitorear las vulnerabilidades del sistema eléctrico mexicano, en esta investigación se propone el uso de la tasa de crecimiento en la longitud y la capacidad de transmisión de las líneas tendidas al interior del territorio nacional, la cual deberá ser igual o mayor a la tasa de crecimiento de la generación eléctrica, asumiendo que, si estas crecen cuando menos al mismo ritmo, la congestión en las líneas de transmisión deberá ser menor.
- **Concentración en el uso de recursos energéticos** para generación, es decir, que la generación de electricidad provenga en su mayoría de uno o unos pocos energéticos. Esto se combate generando mayor diversificación en las tecnologías de capacidad instaladas lo que generará una mayor diversificación en el consumo energético para generación eléctrica.
- **Dependencia de combustibles fósiles**, los cuales se agotan cada vez más rápido por la mayor demanda energética mundial y su consideración como energéticos no renovables debido al tiempo necesario para que estén disponibles nuevamente.

- **Altos niveles de dependencia en la importación de insumos energéticos para generación,** tanto en niveles como en proveedores. Como las existencias de energéticos principalmente de origen fósil no se encuentran repartidas en todos los países y en las mismas proporciones, generalmente se espera que los países hagan uso de los energéticos que se encuentran al interior de su territorio para reducir al mínimo la vulnerabilidad que la dependencia de combustibles importados pueda generar ante interrupciones de indistinta índole en su suministro.
- **No estar preparado para transformaciones e inversiones necesarias** para reducir el impacto ambiental de los sistemas energéticos. Además, en general muchos de los energéticos que no se importan tampoco emiten emisiones contaminantes durante su uso, o estas son mínimas comparadas con los otros energéticos, reduciendo vulnerabilidades pocas veces visualizadas al ser originadas por el cambio climático, del cual el sector eléctrico es uno de los principales contribuyentes a su desarrollo.
- **Falta de asequibilidad para los consumidores y rentabilidad para los generadores.** Sin la existencia de servicios de respaldo por falta de rentabilidad de los generadores, existe un riesgo latente de desconexiones de la red al reducir la oferta de generación, la cual no puede hacer frente a eventos disruptivos o a la demanda máxima, derivando en un suministro eléctrico con interrupciones. Así mismo, la búsqueda de rentabilidad por parte de los generadores no significa que la asequibilidad de los consumidores sea descuidada ya que, si un porcentaje alto de los ingresos de los consumidores se destina al consu-

mo energético, probablemente no cubran la totalidad de sus necesidades energéticas, contradiciendo el fin principal de utilizar energía para el desarrollo de las economías y de las personas.

- **Falta de acceso a la electricidad por parte de la población.** Sin acceso a la electricidad la población en general no pudo cubrir sus necesidades básicas, ni efectuar sus derechos. Por esta razón y aludiendo al término vital que engloba la importancia histórica del sector se debe buscar que el sistema eléctrico cubra al 100% de la población.

Asimismo, estas vulnerabilidades fueron evaluadas con el uso de algunos indicadores de seguridad energética y de seguridad del sector eléctrico.¹¹ Además, de que cada una de estas vulnerabilidades ya habían sido abordadas en las políticas y retóricas de seguridad energética nacional. Por lo que cualquier afectación en alguna de ellas puede causar una interrupción significativa en el sistema eléctrico mexicano. Ya que dichas vulnerabilidades son lo suficientemente específicas para hacer eco de las preocupaciones de seguridad energética actuales e históricas del sistema eléctrico mexicano.

Índice general de seguridad del sector eléctrico

Delineado el sector eléctrico mexicano como sistema energético vital y establecidas sus vulnerabilidades se propuso un índice general de seguridad del sector eléctrico para observar y contextualizar su seguridad.

¹¹ Véase: García, J. (2023). Seguridad del sector eléctrico mexicano en el periodo 1990-2016 enmarcada en la seguridad energética. Disertación doctoral, UNAM, (pp. 48-104), México.

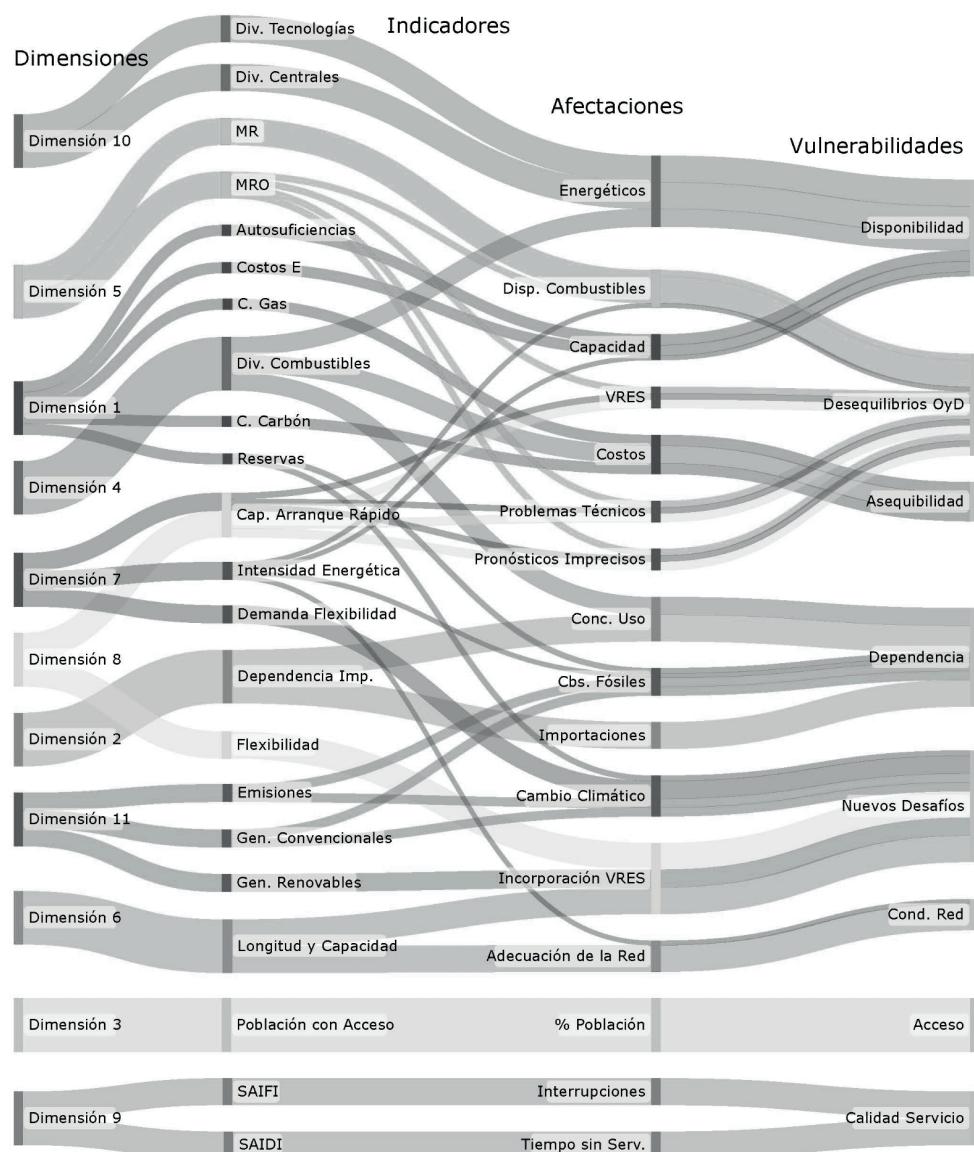
La construcción de este índice propició el poder centrarse en los aspectos más relevantes del sector eléctrico, al delinear sus límites y vulnerabilidades. Por lo que su construcción se realizó con especial énfasis en las características y aspectos intrínsecos del sector eléctrico mexicano. Es decir, para designar cada uno de los indicadores a utilizar, se tomó en cuenta los límites del sistema energético mexicano, con el fin de cuantificar las vulnerabilidades existentes. Por consiguiente, los límites utilizados en cada indicador se encuentran dentro de un rango que permita el funcionamiento “normal” del sector eléctrico mexicano.

El índice está compuesto por 11 dimensiones —basadas en el trabajo de Larsen et al. (2017)—. Cada una de estas dimensiones utiliza los indicadores más relevantes para el sector eléctrico y para el caso mexicano, haciendo uso de las principales estadísticas disponibles en el país. Estas dimensiones y sus indicadores se encuentran normalizados de forma no lineal y con el mismo peso al interior

del índice, cubriendo en cada uno el periodo 2002-2016. Su normalización arroja valores entre 0 y 1, en donde un valor cercano a 1 representa mayor seguridad mientras que un valor cercano a 0 representa lo opuesto. En algunas dimensiones se agregaron nuevos indicadores no contemplados en el documento original pero que poseen la relevancia necesaria para este caso de estudio, además de ser utilizados con anterioridad en otros trabajos, algunos incluso fueron y son utilizados durante el periodo de estudio por las instituciones a cargo del sector eléctrico mexicano.

Asimismo, se debe tomar en cuenta que este índice general de seguridad del sector eléctrico no prioriza las dimensiones abarcadas, debido a que al priorizar dimensiones se induciría a los lectores a centrarse en un pequeño subconjunto de medidas, y uno de los objetivos del índice general de seguridad del sector eléctrico es mostrar el desarrollo de las 11 dimensiones en general, con la finalidad de que todas sean monitoreadas por igual.

Gráfico 1. Relación entre las dimensiones del Índice General y las vulnerabilidades del Sector Eléctrico Mexicano



Fuente: elaboración propia.

Definidas estas dimensiones y su correspondencia con las distintas vulnerabilidades se desarrolló el siguiente Gráfico 1, para conceptualizar y facilitar el razonamiento detrás del índice, ya que muestra más claramente como las dimensiones inciden en las distintas vulnerabilidades del sistema eléctrico. Manifestando como una sola dimensión puede señalar la presencia de varias vulnerabilidades, p. ej. la dimensión 7 con el indicador intensidad energética el cual se relaciona con la disponibilidad de combustible, la capacidad de generación, la dependencia en combustibles fósiles y la adecuación de la red, repercute en las vulnerabilidades: Disponibilidad Energética, Desequilibrios de OyD, Dependencia y Condición de la Red. De manera similar, una vulnerabilidad puede reflejarse en varios indicadores, p. ej. la vulnerabilidad en la Disponibilidad se refleja en seis indicadores como la diversidad de tecnologías, diversidad de centrales, diversidad de combustibles, las autosuficiencias, los costos de los energéticos y la misma intensidad energética, los cuales forman parte de cuatro dimensiones distintas.

Por su parte las normalizaciones a cada dimensión e indicador se llevaron a cabo de la siguiente manera:

$$Y_t = \prod_{i=1}^{11} X_t^{\alpha_i} \quad \alpha_i = 0.09; \sum \alpha_i = 1; i = 1, \dots, 11$$

Donde:

Y_t = Seguridad del Sector Eléctrico

X_i = Dimensiones (1-11)

α_i = Nivel de Participación

Donde el nivel de participación (α_i) es el mismo para cada una de las dimensiones, favoreciendo su monitorización igualitaria.

Una vez conformado el índice general de seguridad del sector eléctrico se procedió a utilizarlo para el caso mexicano. En este caso la recolección de datos dificultó su construcción con el periodo especificado en un principio, ya que la gran mayoría de los datos necesarios para su elaboración comenzaron a publicarse en el país a través de las distintas fuentes a principios del presente milenio. Esto provocó que el periodo del índice se redujera al periodo 2002-2016.

El índice general de seguridad del sector eléctrico ya aplicado al caso mexicano reveló a través del Gráfico 2, que el nivel de seguridad en el sector eléctrico mexicano se ha mantenido en el rango de 0.52 y 0.67, con su nivel más alto en el año 2013, beneficiado por un mejor desempeño en las dimensiones tres, seis —la dimensión con el valor más alto de todas— y nueve.

Derivado de 1) un mayor acceso a la electricidad por parte de las personas (dimensión tres); 2) una tasa de crecimiento de las líneas de transmisión y distribución en la misma proporción que el crecimiento de la demanda de electricidad (dimensión seis); y 3) mejoras continuas en los tiempos de las afectaciones a los usuarios contabilizadas por el SAIDI y SAIFI (dimensión nueve). Además de valores de seguridad aún altos (no máximos) en las dimensiones cinco, ocho y diez, lo cual, en conjunto, posibilitó llegar al nivel del año 2013.

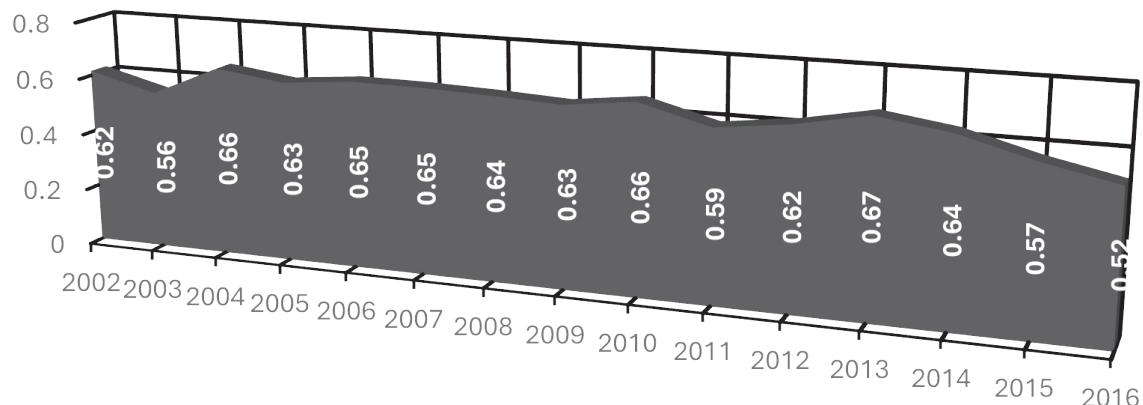
También se observa que después de este punto máximo, la evolución de la seguridad del sector eléctrico se deterioró hasta llegar a su nivel mínimo en el año 2016, propiciado principalmente por reducciones significativas en las dimensiones dos, seis y siete. Que desglosadas se traducen en: 1) mayor dependencia nacional de las importaciones en los combustibles utilizados para generación eléctrica —gas natural, carbón y combustóleo— (dimensión

dos); 2) Una caída insosnable en la paridad del crecimiento de las líneas de transmisión y distribución respecto al crecimiento de la demanda nacional de electricidad en la dimensión seis, siendo esta reducción la de mayor impacto en la reducción del índice general; y 3) Una reducción en el indicador de demanda de flexibilidad por una cada vez menor capacidad de rápida respuesta que haga frente a una

cada vez mayor demanda máxima coincidente (dimensión 7).

Así el Gráfico 2 advierte que el sistema goza de una seguridad estable más no buena ni óptima, debido a que el nivel máximo de seguridad se obtiene con un valor de 1 en el índice, o dicho de otra forma, valores más cercanos a 0 representan un nivel de seguridad en decremento y el sistema apenas sobrepasa el nivel medio.

Gráfica 2 Índice General de Seguridad del Sistema Eléctrico Mexicano 2002-2016



Fuente: elaboración propia con datos de CIE.

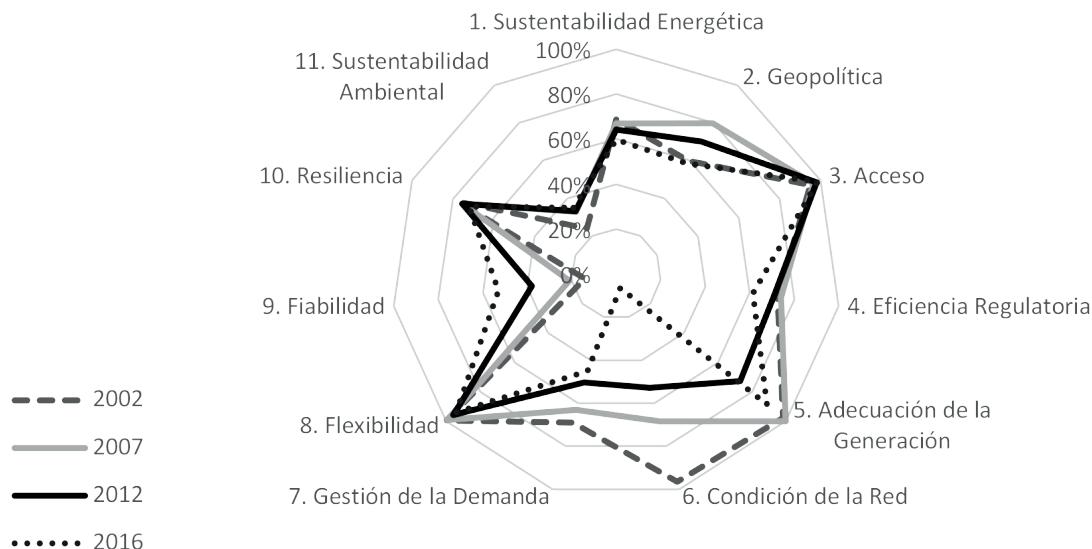
Para mejorar la comprensión del índice, se utiliza el Gráfico 3, para visibilizar de manera desagregada las dimensiones del índice, de esta forma se visualiza cuáles dimensiones se han fortalecido o debilitado dentro del Sistema Interconectado Nacional con el pasar de los años. Además, de posibilitar la comparación de un periodo con otro.

El análisis de este Gráfico 3 se basa en que el periodo que más se acerque a la forma de un endecágono regular gozará de una mayor seguridad. Sin embargo, es visible que la forma

de un endecágono regular jamás se materializa, ya que como se expuso anteriormente, la seguridad del sector eléctrico en el índice apenas y sobre pasa los valores medios. No obstante, el Gráfico 3 da cuenta que los niveles de seguridad del sistema eléctrico mexicano en cuatro dimensiones —dimensión 1 (Sustentabilidad energética), dimensión 3 (Acceso), dimensión 8 (Flexibilidad) y dimensión 10 (Resiliencia)— se han mantenido prácticamente inamovibles, y con valores por encima del valor general en cada uno de los años analizados.

Gráfica 3

Índice General de Seguridad Energética del Sector Eléctrico: 2002, 2007, 2012 y 2016



Fuente: elaboración propia con datos de SIE.

También advierte que solo dos dimensiones, la dimensión 9 (Fiabilidad) y la dimensión 11 (Sustentabilidad ambiental), elevaron su representación de seguridad en el índice. En el caso de la dimensión 9 (Fiabilidad), esta creció gracias a los tiempos reportados en el SAIDI —tiempo promedio de interrupción a los usuarios— los cuales se redujeron en 75% del año 2002 al año 2016, mientras que las interrupciones del SAIFI —interrupciones promedio de los usuarios— también se redujeron en 73% en el mismo periodo, lo que mejoró la fiabilidad en la distribución de energía eléctrica, es decir, se obtuvo un servicio eléctrico de mayor calidad gracias a que las interrupciones y la duración de estas se redujeron. Respecto a la dimensión 11 (Sustentabilidad ambiental), esta dimensión tuvo las fluctuaciones más grandes durante todo el periodo dentro del rango de 0.2389-0.4054, cuyo valor más

alto se dio en el año 2008. Es de notar que sus valores se encuentran bastante bajos al situarse por debajo del valor medio, por lo que esta dimensión debe ser tomada en cuenta en gran medida para mejorar la seguridad al interior del Sistema Eléctrico en una visión de largo plazo donde crezca el uso de más energéticos menos contaminantes. Estos valores tan bajos pueden deberse a que, hasta la fecha estos indicadores no eran tomados en cuenta en la planeación del sector eléctrico. De todas maneras, es evidente que, si bien aún falta bastante para lograr mejores valores en la sustentabilidad ambiental, se está en camino de lograrlo mientras no se reste importancia al uso de las energías limpias.

Por otro lado, también son visibles las reducciones en la seguridad de las dimensiones:

Dimensión 2 (Geopolítica), que en el año 2016 volvió a los niveles observados en el año

2002, revés a causa de la mayor importación de gas natural, carbón y combustóleo, siendo la primera la de mayor crecimiento durante el periodo. Al interior de esta dimensión se observa que al año 2016 el país requirió importar el 52% del carbón, el 48% del gas natural y el 21% del combustóleo utilizado en la oferta nacional. Esto revela la mayor intensificación en la dependencia del país en estos energéticos y la creciente vulnerabilidad ante interrupciones por indisponibilidad de los energéticos para generación eléctrica.

Dimensión 4 Eficiencia Regulatoria – Diversificación Energética, la cual mostro signos de una menor concentración hasta el año 2005, año en que se obtiene la mayor diversificación en la matriz de consumo energético con un valor de 0.7665, lograda gracias a la incorporación de Gas natural en las centrales de ciclo combinado y turbo gas, así como a la notable reducción de la capacidad termoeléctrica a base de combustóleo. Después de este año la diversidad del consumo energético se redujo gradualmente y se mantuvo relativamente constante durante el periodo 2008-2015 con niveles que fueron de 0.72 a 0.68, reduciéndose nuevamente por la notable concentración ahora en el uso de gas natural para generación eléctrica.

Dimensión 5 (Adecuación de la Generación), que obtuvo durante el periodo niveles de Margen de Reserva por encima de la línea base durante los años 2004-2010, después de este año los valores se redujeron durante el periodo restante. En cuanto al Margen de Reserva Operativo este indicador cumplió con los valores marcados en la reglamentación mexicana durante todos los años salvo el año 2012, razón por la cual en el Gráfico 3 se puede observar que en este año esta dimensión obtuvo el valor más bajo respecto a los otros años de comparación.

Dimensión 6 (Condición de la Red), en ella se sitúa la reducción más grande y la que afectó en mayor medida al índice general de seguridad del sector eléctrico en el último año —2016—. Esta reducción tan considerable se debió a un crecimiento significativamente menor en el tendido de líneas de transmisión y distribución respecto al crecimiento en la generación de electricidad, al representar el crecimiento en las líneas de transmisión y distribución en promedio solo el 6% del crecimiento en la demanda energética de ese año.

Dimensión 7 (Gestión de la Demanda) que reveló la mayor intensidad energética y la menor capacidad de generación con respuesta rápida en el año 2016. El segundo indicador —el que más afectó la representación de la seguridad de la dimensión 7— comenzó a caer drásticamente a partir del año 2011 hasta llegar a su nivel mínimo en el año 2016 a causa de la constante reducción de la capacidad de rápida respuesta, que es la responsable de afrontar los incrementos de la demanda máxima coincidente.

Conclusiones

Una vez cuantificado el índice general de seguridad del sector eléctrico se percibió que los eslabones más débiles del sistema eléctrico mexicano se encuentran en la concentración del uso de unos cuantos energéticos para generación, que puede ser agravada por la dependencia en las importaciones de estos mismos energéticos y la falta de inversión en la infraestructura de transmisión y distribución de energía, que limita los aumentos requeridos en la capacidad de generación que a su vez por medio de la planeación podría diversificar la matriz energética de generación.

El análisis también confirmó las definiciones de seguridad energética donde se alude a buscar principalmente una mayor diversificación y eficiencia en los sistemas energéticos, lo cual va en línea opuesta a lo que ocurrió en el país dado que la política energética de los últimos años nos llevó a una concentración tanto en el uso de energéticos como de proveedores. Por lo que se puede colegir, que con el fin de lograr una transición energética que a futuro revierta los niveles actuales de dependencia del gas natural,¹² pareciera que el Estado apostó por mantener la dependencia del sector eléctrico sobre el gas natural aun sabiendo que esto menguaría en cierta medida la seguridad del sector eléctrico y la seguridad energética, con el propósito de reducir en el corto plazo las emisiones de carbono así como los costos de generación, mientras que a largo plazo, una vez que se reduzcan los costos de las energías limpias, estas se incorporen al sistema, permitiendo obtener una mayor diversificación en la matriz energética, al mismo tiempo que se cumplen las metas de emisiones autopropuestas para combatir el cambio climático.

No obstante, esta reducción en la seguridad del sector eléctrico y la seguridad energética en general puede llegar a ser mayor a la soportada por los niveles de resiliencia del sistema eléctrico y energético del país, lo cual

puede desencadenar problemas para asegurar un suministro eléctrico continuo, que puede ser agravado ante una reducción de los principales energéticos de origen fósil a nivel de oferta internacional, afectando inclusive a otros sectores de la economía y no solo al energético.

Otro punto clave que hace notar el índice, es que el tendido de líneas para transmisión y distribución se ha reducido con el pasar de los años, o mejor dicho, el crecimiento y reforzamiento en el tendido de estas líneas no ha ido a la misma velocidad que lo hace la demanda de energía eléctrica, por lo que en un futuro próximo, el país podría no contar con la capacidad de transmisión y distribución suficiente para mantener en equilibrio la oferta y demanda eléctrica, que junto con la adaptación que requiere el sistema para incorporar a las VRE's por su rápida variabilidad, podría suponer el drenado de la energía producida por estas VRE's o mantener a las diferentes centrales apagadas debido a la existencia de cuellos de botella. Lo anterior también repercute al contraer los posibles aumentos de capacidad que pueden darse en el sistema eléctrico mexicano que le permitan cubrir la creciente demanda de energía que requerirá el país.

Por lo que si se mejora la seguridad del sector eléctrico en las dimensiones más débiles y se compagina con lograr avances en la reducción de emisiones por parte del sector eléctrico con miras hacia un desarrollo más sustentable, además de beneficiar al ambiente también se adecuará al sistema para hacer frente a un posible caso en el que los precios del gas natural y el carbón emprendan una tendencia de crecimiento a futuro, debido a que se tendrían los recursos para mantener en equilibrio la oferta y demanda eléctrica, a la vez que mantendría en niveles de seguridad el funcionamiento del Sistema Eléctrico. Hecho que también beneficiaría a la seguridad energética del país a causa de reducir

12 Ya que a la fecha reducir el alto consumo de Gas Natural en la generación eléctrica es difícil de realizar debido a la continuidad del criterio del mínimo costo en la generación eléctrica, toda vez que los precios del Gas Natural han sido muchas veces más bajos respecto a los otros combustibles utilizados, además de contar con una mayor eficiencia y reducción de emisiones de CO₂. Cualidades que reforzaron la inversión y uso de la tecnología de ciclo combinado a base de Gas Natural y desencadenaron su superioridad en la matriz energética del sector eléctrico reduciendo la flexibilidad y resiliencia del sistema eléctrico para responder a efectos externos como pueden ser la volatilidad de los precios o las disrupciones del suministro.

la concentración existente en el consumo de estos combustibles y sus niveles de dependencia.

Como puede verse el Estado tiene un gran reto para mejorar la seguridad del sector eléctrico mexicano, que a la fecha ha sobrelevado su funcionamiento con niveles alejados de lo que debería ser una seguridad óptima, según las vagas señales de política presentes en las regulaciones actuales del país. Por lo que SENER y los organismos autónomos deben ejercer sus facultades para organizar a todos los actores del sector eléctrico mexicano y establecer una ruta clara sobre la planeación y desarrollo del sector eléctrico nacional con el fin de lograr un funcionamiento adecuado del sector eléctrico que cuente con una seguridad óptima que le permita cumplir con su función social crítica de contar con un flujo energético confiable, eficiente, flexible y de calidad, a la par que apoya y beneficia a la seguridad energética nacional. ☺

Referencias

- Cherp, A., & Jewell, J. (2011a). The three perspectives on energy security: Intellectual history, disciplinary roots and the potential for integration. *Environmental Sustainability*, 3(4), 202–212. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2011.07.001>
- Cherp, A., & Jewell, J. (2011b). Measuring Energy Security: From universal indicators to contextualized frameworks. In B. K. Sovacool (Ed.), *The Routledge Handbook of Energy Security*: Vol. I (pp. 330–355). <https://doi.org/10.4324/9780203834602.ch17>
- Cherp, A., & Jewell, J. (2013). Energy security assessment framework and three case studies. In H. Dyer & M. Trombetta (Eds.), *International Handbook of Energy Security* (pp. 146–173). <https://doi.org/10.4337/9781781007907>
- Cherp, A., & Jewell, J. (2014). The concept of energy security: Beyond the four as. *Energy Policy*, 75, 415–421. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2014.09.005>
- DOF. (2014). Ley de la Industria Eléctrica.
- García, J. (2023). Seguridad del sector eléctrico mexicano en el periodo 1990-2016 enmarcada en la seguridad energética. *Disertación doctoral*, UNAM, (pp. 17-47), México. <http://132.248.9.195/ptd2023/junio/0842183/Index.html>
- Larsen E., Osorio, S., Ackere, A. (2017). A framework to evaluate security of supply in the electricity sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79 (2017), 646–655. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.085>
- Nasibov, V., & Alizade, R. (2018). Models Of Electric Power Industry Security Study For Medium-Term Periods. *IFAC-PapersOnLine*, 51(30), 405–409. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.11.342>
- PNUD. (2016). Delivering Sustainable Energy in a Changing Climate - Strategy Note on Sustainable Energy 2017-2021. New York, NY. Recuperado de: <http://www.lk.undp.org/content/dam/srilanka/docs/environment/UNDP%20Energy%20Strategy%202017-2021.pdf>
- Ruiz, F., Rodríguez, V., Sosa, F. (2013). Internalización de Pemex y Seguridad Energética. En Chanoa, Alejandro (coord.) *Confrontando modelos de seguridad energética*. México
- SENER. (2014). Estrategia Nacional de Energía 2014-2028. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/214/ENE.pdf>
- Sweeney, J. L., Economics of Energy, Volume: 4.9 Article: 48. United States Energy History. <http://www.stanford.edu/~jsweeney/paper/Energy%20Economics.PDF>

Estimado(a) colaborador(a):

A continuación presentamos los criterios técnicos para la presentación de artículos de la revista Economía Informa.

Requerimientos del texto:

- Una página principal que incluya: título del artículo, nombre completo del autor, resumen académico y profesional, líneas de investigación, dirección, teléfono y correo electrónico.
- Un resumen del artículo de máximo 10 líneas.
- Incluir la clasificación (JEL) y tres palabras clave.
- Usar notas al pie de página ocasionalmente y sólo si son indispensables.
- Citas y referencias en el texto deben cumplir con los requisitos del sistema de referencias Harvard.
- Explicar por lo menos una vez los acrónimos y/o abreviaturas usadas en el texto.
- La bibliografía final debe también cumplir los criterios del sistema de referencia Harvard. La lista de referencias debe corresponder con las citas del documento.

Extensión y características técnicas:

- Ningún artículo puede exceder 30 páginas; incluyendo todas las secciones del manuscrito.
- Debe estar en Word.
- La letra debe ser Times New Roman, tamaño 12.
- El formato es tamaño carta (A4).
- No se usa sangrías (ni en el texto ni en las referencias bibliográficas)
- El uso de itálicas está reservado para el título de libros, journals, nombres científicos y letras que no estén en castellano.
- El uso de comillas está reservado para el título de: artículos, capítulos de libros y citas incluidas en el texto.

Tablas, gráficos y otros materiales de apoyo:

- Preferiblemente en Excel. De lo contrario usar: jpeg, tiff, png o gif.
- Se deben proporcionar los archivos originales en un sólo documento.
- Incluir los materiales también en el texto.
- Deben ser auto contenidos. Es decir, no se necesita del texto para ser explicados. No incluir abreviaciones. Indicar de manera clara las unidades de medida así como citas completas.
- Deben encontrarse en blanco y negro.
- Las tablas deben ser simples y relevantes.
- Los títulos, notas y fuentes del material deben ser capturados como parte del texto del documento. No deben ser insertados en el cuerpo del gráfico, figura y/o tabla.