

LA COGENERACIÓN DE ENERGÍA COMO ESTRATEGIA SUSTENTABLE EN LA INDUSTRIA AZUCARERA NACIONAL

ENERGY COGENERATION AS A STRATEGY SUSTAINABILITY OF THE NATIONAL SUGAR INDUSTRY

*Dra. María Soraya Delgado Vázquez (autor correspondencia)¹, Mtro. Luis Arturo Muñoz Cerón²,
Dr. Rosendo Orduña Hernández³ y Dr. José Refugio Vázquez Fernández⁴*

Fecha de recepción: 30 de octubre de 2022

Fecha de aceptación: 17 de junio 2023

RESUMEN

A pesar de que los ingenios azucareros en México son importantes cogeneradores de energía asequible, segura y sostenible, solamente el 12% están registrados como permisionarios de cogeneración; cabe destacar que a nivel nacional son 22 ingenios los que realizan cogeneración y de acuerdo a datos de la Secretaría de Energía (2018) en el Estado de Veracruz son 4 las empresas azucareras que realizan la cogeneración, por lo tanto un 18% de la producción nacional se realiza en territorio veracruzano, de tal forma el Estado de Veracruz contribuye a la Agenda 2030 al propiciar el crecimiento sustentable de su producción de caña (ODS 7), al igual que construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación (ODS 9).

Sin embargo, la industria del país aún cuenta con un considerable potencial para llevar a cabo nuevos proyectos, sin embargo, el alto costo de producción, la falta de subsidios e incentivos fiscales, así como las constantes reformas a la legislación regulatoria desalientan la inversión para la producción de energía limpia. La investigación se realizó por medio del método cualitativo, con entrevistas a profundidad a especialistas en casos de éxito en ingenios de Veracruz y Oaxaca, los resultados se analizaron a través de la Matriz de Análisis, cumpliendo el rigor metodológico en cuanto a la confidencialidad, confirmabilidad, consistencia, relevancia y transferibilidad.

¹ Universidad Veracruzana, Facultad de Contaduría y Negocios, sdelgado@uv.mx, <https://orcid.org/0000-0002-1558-2846>

² Universidad Veracruzana, Facultad de Contaduría y Negocios, zs20000198@estudiantes.uv.mx, <https://orcid.org/0009-0002-6199-6553>

³ Universidad Veracruzana, Facultad de Contaduría y Negocios, roorduna@uv.mx, <https://orcid.org/0000-0001-8465-3962>

⁴ Universidad Veracruzana, Facultad de Contaduría y Negocios, josvazquez@uv.mx, <https://orcid.org/0009-0005-7597-1244>

Los resultados concluyen que los incentivos existentes como el Banco de Energía, el Porteo Estampilla y los CEL son adecuados, siempre y cuando se respeten las condiciones originalmente otorgadas, también que el alto monto de las inversiones requeridas y la incertidumbre provocada por las Reformas son las principales barreras para el desarrollo de nuevos proyectos. Por último, a fin de motivar el interés en nuevas inversiones, se recomienda la gestión de la industria azucarera ante las dependencias gubernamentales, así también planificar un trabajo colaborativo para intercambiar experiencias acerca de las estrategias sustentables para los ingenios.

PALABRAS CLAVE: Agenda 2030; Cogeneración de Energía; Energía Sostenible; Estrategias Sustentables e Ingenios Azucareros.

ABSTRACT

It should be noted that at the national level there are 22 mills that carry out cogeneration and according to data from the Ministry of Energy (2018) in the State of Veracruz there are 4 sugar companies that carry out cogeneration, therefore 18% of the production National is held in Veracruz territory, in such a way that the State of Veracruz is a leader and contributes to the 2030 Agenda by promoting the sustainable growth of its cane production (SDG 7), as well as than building resilient infrastructure, promoting sustainable industrialization and fostering innovation (SDG 9).

Despite these benefits, the country's industry still has considerable potential to carry out new projects, however, the high cost of production, the lack of subsidies and tax incentives, as well as the constant reforms to regulatory legislation discourage the investment for clean energy production. These benefits, the country's industry still has considerable potential to carry out new projects, however, the high cost of production, the lack of subsidies and tax incentives, as well as the constant reforms to regulatory legislation discourage the investment for clean energy production.

The research was carried out using the qualitative method, with in-depth interviews with specialists in success stories in sugar mills in Veracruz and Oaxaca, the results were analyzed through the Analysis Matrix, complying with methodological rigor in terms of

confidentiality, confirmability, consistency, relevance and transferability. The results conclude that the existing incentives such as the Energy Bank, the Postage Stamp and the CEL are adequate, as long as the originally granted conditions are respected, also that the high amount of the required investments and the uncertainty caused by the Reforms are the main barriers to the development of new projects.

Finally, in order to motivate interest in new investments, management of the sugar industry before government agencies is recommended, as well as planning collaborative work to exchange experiences about sustainable strategies for sugar mills.

KEYWORDS: Agenda 2030; Energy Cogeneration; Sustainable energy; Sustainable Strategies and Sugar Mill.

I. INTRODUCCIÓN

En concordancia con los autores Ahumada y Ahumada (2016, p.3), se considera que los ingenios azucareros en México son una importante fuente para la cogeneración de energía, ya que se aprovecha el bagazo de caña como materia prima casi gratuita para sus generadores de vapor, no obstante, de que se trata de una energía asequible, segura y sostenible, solamente el 12% de los ingenios están registrados como permisionarios de cogeneración.

Es importante mencionar que en el Estado de Veracruz los ingenios que se encuentran realizando cogeneración de energía son cuatro: Constancia, San Nicolás, Tres Valles y La Gloria. (Op. Cit. p.3); aunque no hay datos muy recientes a finales del año 2009, la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE) y la Comisión Reguladora de Energía (CRE), con la colaboración de la Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), desarrollaron un Estudio sobre Cogeneración en el Sector Industrial en México, el cual determinó que dadas las características particulares de la industria existía potencial de cogeneración de energía eléctrica de hasta 979 MW de excedentes a nivel nacional, para su entrega al Sistema Interconectado Nacional (CONUEE, CRE, GTZ, Noriega, & Rehovot, 2009).

En el periodo del año 2010 al 2022 solamente 7 de los 52 ingenios en México llevaron a cabo con éxito las inversiones para explotar este potencial de cogeneración de energía eléctrica. a (CNIAA, 2013, como se citó en Ahumada y Ahumada, 2016, p.3); la mayoría de estos proyectos se encuentran operando al amparo de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE) vigente hasta el año 2014, por lo que cuentan con Permisos y Contratos de Interconexión Legados.

En agosto de 2014 se promulgó la Ley de la Industria Eléctrica, misma que derogó a la LSPEE. Esta nueva ley cambió de manera sustancial las condiciones ya conocidas por este sector para el desarrollo de proyectos de cogeneración de energía eléctrica. Es por ello, que el estudio se enfocó en analizar las ventajas y barreras que enfrentan como modelo de negocio sustentable algunos proyectos que operan bajo las legislaciones mencionadas.

Por lo anterior, el problema de investigación se presentó de la siguiente forma: ¿Cuáles son los principales factores que permiten y/o impiden el desarrollo de proyectos de cogeneración de energía eléctrica en la industria azucarera nacional?

La presente investigación beneficiará a la industria azucarera de México por ello la pertinencia social de la misma podrá ser utilizada por los ingenios azucareros del país; quienes contarán con una radiografía tanto en lo legal, como lo operativo y en relación con la gestión de negocio sustentable en la cogeneración de energía.

Lo anterior brindará certeza al sector azucarero sobre la regulación energética y una mayor seguridad económica, debido a que estos aspectos son indispensables para la autorización de proyectos de inversión en cogeneración de energía.

No obstante, que la investigación se efectuó sobre la legislación vigente en el año 2022, el país está sufriendo constantemente cambios en la política energética por parte del gobierno actual, por lo que una vulnerabilidad en la investigación es la posibilidad de que se emitan algunas nuevas disposiciones en esta materia.

Aunque en el estudio se analizaron algunos casos de éxito de ingenios pertenecientes al estado de Veracruz y Oaxaca, por aplicarse la misma regulación energética en todo el país,

se considera que podrá ser utilizado por los ingenios de otras regiones de México, que tengan las mismas características que los analizados.

La investigación comprendió cuatro fases, las cuales se detallan a continuación:

En primera parte se expone el marco teórico donde se abordaron algunas investigaciones relacionadas, como el Estudio de Competitividad realizado a la Industria Azucarera en México por Campos & Oviedo (2013), en el que se encontró que los ingenios con mayor capacidad de generación de electricidad logran una mayor productividad.

Asimismo, se señalaron los aspectos más importantes de la cogeneración en el sector azucarero en términos de sustentabilidad, apoyado por el Estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC) de Johnson et. al. (2009), igualmente se documentan datos del Reporte Mexicano de Cambio Climático elaborado por la Universidad Nacional Autónoma de México & Programa de Investigación en Cambio Climático (2015).

Otro de los temas abordados fue la regulación energética aplicable a la industria azucarera nacional, como la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica y la Ley de la Industria Eléctrica, la cual es aplicada por las distintas autoridades como la Secretaría de energía, la Comisión Reguladora de Energía, el Centro Nacional de Energía y la Comisión Federal Electricidad.

Por último, se estudiaron los ODS 7 y 9 de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, relacionados con la presente investigación, tales como el garantizar el acceso universal a una energía asequible, segura, sostenible y moderna, así como el construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.

En el segundo rubro, se planteó la metodología utilizada para el trabajo, que consistió en un estudio cualitativo, con la técnica de entrevistas en profundidad realizadas a ejecutivos de ingenios que cumplieran el criterio de selección como casos de éxito, los cuales llevaron a cabo inversiones en cogeneración de energía con capacidad mayor a 20 MW.

Se aplicó la matriz de análisis, la matriz de codificación axial, así también se documentó lo anterior en la bitácora de análisis, los resultados obtenidos se agruparon en categorías y unidades de análisis que respondieron a los objetivos específicos de la investigación.

Se atendieron los siguientes objetivos específicos: a) identificar las principales modalidades contempladas en la regulación energética que permiten la participación de la industria azucarera en el sector eléctrico de México, mediante proyectos de cogeneración de energía eléctrica, b) establecer los principales incentivos y barreras para la implementación de un proyecto de cogeneración de energía en un ingenio azucarero, c) comparar los beneficios más importantes obtenidos por los ingenios azucareros en la ejecución de un proyecto de cogeneración de energía.

El tercer apartado comprende los resultados encontrados, se identificaron los principales incentivos contemplados en la legislación para los ingenios como lo son: el Banco de Energía, el Porteo Tipo Estampilla y los Certificados de Energía Limpia. De igual forma se analizaron las barreras y los beneficios más relevantes al incorporar nuevas tecnologías de cogeneración.

Se concluyó que los proyectos de cogeneración de energía en los ingenios de México propician su crecimiento sustentable, puesto que dentro de los beneficios más relevantes obtenidos se encuentran la reducción de emisiones contaminantes, para producir la energía térmica y eléctrica mediante el uso del bagazo de caña.

Al igual que los ingenios llevan a cabo los proyectos de cogeneración de energía fundamentalmente para garantizar la continuidad de la producción de azúcar, brindando certeza a la operación del ingenio y a su área de influencia.

A fin de motivar el interés en nuevas inversiones para la gestión de negocio de la cogeneración de energía de manera sustentable, se presentaron algunas recomendaciones, como el promover con la Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica (CNIAA, 2021) reuniones de trabajo con las dependencias gubernamentales, en las que se expongan los beneficios económicos y medioambientales obtenidos con la cogeneración.

Otra recomendación para incentivar la inversión es el componente fiscal, con la ampliación de los beneficios fiscales ya establecidos en la Ley del Impuesto sobre la Renta.

II. MARCO REFERENCIAL

La Agenda 2030, signada por los estados miembros de la Organización de la Naciones Unidas (ONU, 2015), plantea 17 Objetivos con 169 metas de carácter integrado e indivisible que abarcan las esferas económica, social y ambiental. Incluye un plan de acción a favor de las personas, el planeta y la prosperidad, que también tiene la intención de fortalecer la paz universal y el acceso a la justicia.

En este sentido con relación a los ODS 7 y 9 el Gobierno del Estado de Veracruz elaboró la ruta de implementación 2030 (s.f.), donde establece para el ODS 7 que: “la entidad es una de las mayores productoras de energía del país que aporta producción de energía eléctrica a partir de bioenergéticos” (p.117).

Por ello para garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos, el mismo documento consigna que:

Veracruz contribuirá a la soberanía, la seguridad energética y la sostenibilidad. Se coadyuvará para garantizar el abastecimiento de todos los sectores en condiciones de calidad y mejor precio bajo un aprovechamiento responsable y transparente de los recursos, que diversifique la producción con energías limpias y renovables acorde a los compromisos internacionales de atención al cambio climático y protección al medio ambiente. (Op.Cit. p.117)

En cuanto al ODS 9 Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación, el documento citado puntualiza que: “Se sentarán las bases para una industria sostenible y sustentable que contribuya a la generación de empleos decentes y bien remunerados” (p.73).

En ambos ODS la generación de energías limpias y la industrialización sostenible, es parte fundamental de la industria azucarera, en el estudio de Campos & Oviedo (2013) se establece

una relación estrecha entre la capacidad de generar energía eléctrica de manera eficiente en un ingenio y su productividad en la manufactura de azúcar.

Igualmente, en el estudio de CONUEE, CRE, GTZ, Noriega Giral, & Rehovot (2009, p.36), se destaca el potencial de cogeneración de energía en la industria azucarera en México para la producción de excedentes para su entrega al Sistema Eléctrico Nacional, contribuyendo a la oferta de electricidad renovable.

En cuanto a la pertinencia social los ingenios azucareros al tener ahorros en el consumo de energía eléctrica, por el uso del bagazo de caña, pudieran mejorar la infraestructura sus instalaciones, además de la generación de empleos directos e indirectos. (Op. cit., 2009, p. 67). Asimismo, el empleo del bagazo de caña, como una forma de cogeneración de energía, limpia, coadyuva en mantener un entorno menos contaminado, contribuyendo en el desarrollo regional de una manera integral.

III. METODOLOGÍA

Se desarrolló el método cualitativo, utilizando la técnica de entrevistas en profundidad, con la guía de tópicos como instrumento y el análisis se realizó a través de la matriz de codificación axial. Se documentó el trabajo realizado en la bitácora de análisis.

El tipo de muestreo utilizado fue por grupo de expertos; con un criterio de inclusión de sujetos en cargos de Gerentes Generales y Gerentes de Proyectos de los ingenios azucareros del Grupo PIASA, ubicados 4 en Veracruz y 2 en Oaxaca.

La guía de entrevista aplicada estuvo dirigida a obtener información de los tópicos siguientes:

- I. Percepción de las ventajas y desventajas en el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica en la industria azucarera.
- II. Evaluación de la experiencia de ingenios azucareros participantes en la cogeneración de energía.

Una vez obtenidas las seis entrevistas se organizó la información a través de la transcripción de lo aportado por cada sujeto, respetando las palabras utilizadas por los entrevistados,

incluyendo posibles errores de expresión, reiteraciones, interjecciones y/o contradicciones, con la finalidad de evitar una alteración en los datos.

Se procedió a elaborar la Matriz de Análisis de forma manual, se reseñaron los datos para buscar patrones de repetición y coincidencias en las verbalizaciones; la codificación de los datos se efectuó de forma inductiva, construyendo los códigos a partir de los datos, mediante un código de colores, agrupando en categorías, para la identificación de las unidades de análisis.

Los códigos utilizados fueron de E1 a E6 y permitieron organizar la información para analizarlos de manera estructurada, observando la relación entre los códigos y permitiendo de esta forma seguir la huella del análisis realizado, para formar una narrativa y evitar la subjetividad en la interpretación de la información.

Podemos mencionar que en la codificación abierta se obtuvieron 10 categorías que cumplían con la totalidad requerida hasta llegar al punto de saturación y resultaron 29 unidades de análisis.

Se identificaron los conceptos como: incentivos fiscales, Porteo tipo estampilla, Banco de energía, Certificados de energía limpia, Reforma eléctrica, combustóleo, bagazo de caña, emisiones contaminantes, sustentabilidad y calidad del aire.

Estos datos tienen relación directa con el tema de investigación y con las palabras clave que se establecieron al inicio de la investigación, así como con el problema de investigación dado ¿Cuáles son los principales factores que permiten y/o impiden el desarrollo de proyectos de cogeneración de energía eléctrica en la industria azucarera nacional?

Las categorías en relación con los tópicos abordados fueron:

Tópico I: Percepción sobre el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica en la industria azucarera

- a) Incentivos en la regulación para generación de energía en ingenios azucareros (ver tabla 1)

Tabla 1. Incentivos

Tema	Categoría	Unidad de Análisis
I. Percepción sobre el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica en la industria azucarera	a) Incentivos en la regulación para generación de energía en ingenios azucareros	<ul style="list-style-type: none"> - Incentivos adecuados -Ingresos adicionales mediante Certificados de Energías Limpias -Facilidades del Banco de energía/Porteo estampilla

Fuente: Elaboración propia con resultados de las entrevistas en profundidad.

- b) Barreras para la generación de energía en ingenios azucareros (ver tabla 2.)
c) Incentivos sobre la sustentabilidad en la industria azucarera (ver tabla 2)

Tabla 2. Barreras e incentivos

Tema	Categoría	Unidad de Análisis
I. Percepción sobre el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica en la industria azucarera	b) Barreras para la generación de energía en ingenios azucareros	<ul style="list-style-type: none"> - Infraestructura requerida para la interconexión (altos costos) - Incertidumbre en la obtención de Permisos (cambios de ley) - Crecimiento natural de la industria (No existen barreras mayores)
I. Percepción sobre el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica en la industria azucarera	c) Incentivos sobre la sustentabilidad en la industria azucarera	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de emisiones (lavado de gases) - Mayor eficiencia energética - Desplazo de combustibles fósiles

Fuente: Elaboración propia con resultados de las entrevistas en profundidad.

- d) Posicionamiento con resto a las políticas públicas sobre particulares en el sector energético (ver tabla 3)
e) Importancia de los reconocimientos obtenidos (ver tabla 3)

Tabla 3. Posicionamiento con respecto a las políticas públicas

Tema	Categoría	Unidad de Análisis
I. Percepción sobre el desarrollo de proyectos de generación de energía eléctrica en la industria azucarera	d) Posicionamiento con respecto a las políticas públicas sobre particulares en el sector energético	<ul style="list-style-type: none"> - Inversiones detenidas por Reforma - Modernización necesaria de ingenios - Incertidumbre por cambio de ley
	e) Importancia de reconocimientos obtenidos por el ingenio	<ul style="list-style-type: none"> - Registro en el MDL de la ONU - Certificación como Central Limpia

Fuente: Elaboración propia con resultados de las entrevistas en profundidad.

Tópico II: Evaluación de la experiencia de ingenios azucareros en la cogeneración de energía

- a) Ventajas y desventajas de la modalidad en la que opera el proyecto de cogeneración de energía (ver tabla 4).
- b) Trámites para la operación de un proyecto de cogeneración de energía (ver tabla 4).

Tabla 4.

Ventajas y desventajas de la cogeneración

Tema	Categoría	Unidad de Análisis
II. Evaluación de la experiencia de ingenios azucareros en la cogeneración de energía	a) Ventajas y desventajas de la modalidad en la que opera el proyecto de cogeneración de energía del ingenio	LSPEE: <ul style="list-style-type: none"> - Ventajas: Banco de energía, cargo por porteo estampilla, no despachables. - Desventajas: No pueden vender energía a clientes terceros, no reciben CEL, incertidumbre legal. LIE: <ul style="list-style-type: none"> - Ventajas: Reciben CEL, Venta de energía a terceros. - Desventajas: Volatilidad de precios
	b) Trámites para la operación de un proyecto de cogeneración de energía en ingenios	<ul style="list-style-type: none"> - Trámites excesivos (diversas dependencias) - Necesidad de ventanilla única - Largos tiempos de resolución

Nota: Elaboración propia con resultados de las entrevistas en profundidad.

- c) Impacto del proyecto hacia las comunidades (ver tabla 5).
- d) Beneficios obtenidos por el ingenio vs inversión realizada (ver tabla 5).
- e) Mejor modalidad para un proyecto de generación de energía (ver tabla 5).

Tabla 5.

Beneficios a la comunidad

Tema	Categoría	Unidad de Análisis
II. Evaluación de la experiencia de ingenios azucareros en la cogeneración de energía	c) Impacto del proyecto hacia las comunidades	<ul style="list-style-type: none"> - Creación de empleos - Mejora de calidad de aire (reducción de emisiones) - Crecimiento económico regional
	d) Beneficios obtenidos por el ingenio vs inversión realizada	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de costos (combustibles) - Incremento en la producción - Mayor eficiencia energética (autosuficiencia)
	e) Mejor modalidad para un proyecto de generación de energía de un ingenio, LSPEE o LIE.	<ul style="list-style-type: none"> - Proyectos legados reciben mejores beneficios - Ambas modalidades permiten a los ingenios operar eficientemente

Nota: Elaboración propia con resultados de las entrevistas en profundidad.

En la bitácora de análisis se registraron los principales problemas que se presentaron para el análisis y la forma de poder solucionarlos, como:

- Dificultad para encontrar definiciones con sustento oficial para el Banco de Energía y Porteo estampilla. Se busco orientación con la Cámara de la Industria Azucarera quien refirió a la página de COGENEREA como fuente de esta información.
- Se requirió de un mayor tiempo de análisis en esta categoría para atender el punto de vista particular del entrevistado E6. Se revisó nuevamente la grabación de la entrevista con el sujeto E6.
- Disponibilidad de información objetiva y sintetizada sobre los principales aspectos de la Reforma a la LIE de 2021. Se encontró la información en revistas de divulgación de la industria azucarera.

Se siguió el rigor metodológico del método cualitativo, cumpliendo la confidencialidad, confirmabilidad, consistencia, credibilidad y transferibilidad.

La confirmabilidad se realizó con la utilización de fuentes de información diversas, tanto estudios documentales, como información de los expertos, los cuales una vez realizada la transcripción fueron confirmados con los participantes del estudio.

La recolección de la información fue llevada a cabo con cuidado y coherencia, las entrevistas fueron realizadas a todos los sujetos a través de la plataforma Zoom, dieron su consentimiento para ser grabados y a todos se les aplicó la misma guía de tópicos.

Todos los puntos de vista de los participantes fueron considerados, para lo cual se integraron las posturas positivas y negativas por igual, cumpliendo de esta forma la credibilidad del estudio.

La identificación de patrones permite la transferibilidad, con la posibilidad de extender los resultados del estudio a otros ingenios azucareros que participen o estén interesados en participar en la cogeneración de energía como negocio sustentable siempre y cuando las condiciones, al igual que las problemáticas sean similares a las entidades económicas del presente estudio.

IV. RESULTADOS

Los resultados muestran la percepción de gerentes de ingenios azucareros regionales acerca del desarrollo de los proyectos de cogeneración en la industria azucarera.

A continuación, en la tabla 6, se muestra el análisis de las dos categorías obtenidas.

Tabla 6.
Análisis de las categorías

Categorías	Unidad de análisis I	Unidad de análisis II
I a) Incentivos en la regulación para generación de energía en ingenios azucareros	Incentivos adecuados: Se identificó relación para esta unidad de análisis, ya que los entrevistados E1, E2, E4, E5 y E6 comentaron que los incentivos contemplados en la legislación mexicana son adecuados. Solo en el caso del entrevistado E3 mencionó que en su opinión no son suficientes para incentivar la inversión.	Certificados de Energías Limpias: Se observó relación para esta unidad de análisis, ya que los entrevistados E2 y E5 mencionaron sobre la importancia de los Certificados de energías limpias, el cual se encuentra estipulado en la legislación vigente (Ley de la Industria Eléctrica, LIE).
I b) Barreras para la generación de energía en ingenios azucareros	Infraestructura requerida para la interconexión (altos costos): Se observó relación para esta unidad de análisis, ya que los entrevistados E1, E3, E4 y E5 opinaron que una de las principales barreras para el desarrollo de proyectos de generación de energía en los ingenios es el alto monto de inversión en infraestructura requerida por las dependencias gubernamentales para la interconexión de los proyectos al Sistema Eléctrico Nacional.	Incertidumbre en la obtención de Permisos (cambios de ley): Se identificó relación para esta unidad de análisis, ya que los entrevistados E2 y E3 mencionaron que una de las mayores barreras para el desarrollo de proyectos de generación de energía en los ingenios, es la incertidumbre provocada por las Reformas legales impulsadas por el Gobierno actual, estos procesos de cambio en ley han detenido el otorgamiento de Permisos a particulares.
I c) Sustentabilidad en la industria azucarera	Reducción de emisiones (lavado de gases): Se identificó relación para esta unidad de análisis, ya que los entrevistados E1, E2, E4 y E6 mencionaron que las nuevas plantas de cogeneración construidas en los ingenios cuentan con calderas de última generación que tienen incorporados sistemas de lavado de gases, estos equipos reducen de manera considerable las partículas.	Mayor eficiencia energética: Se observó relación para esta unidad de análisis, ya que los entrevistados E2, E3, E5 y E6 opinaron que los proyectos de cogeneración, al incorporar nuevas tecnologías más eficientes y limpias, permiten que los ingenios logren mayores eficiencias energéticas en sus procesos. Lo anterior vuelve a los ingenios sustentables y autosuficientes en combustibles, así como en energía eléctrica.
I e) Importancia de reconocimientos obtenidos por el ingenio	Registro en el MDL de la ONU: En el caso de los entrevistados E1, E2 E3, E4 y E6 mencionaron que los ingenios lograron obtener en su momento, el registro de su proyecto de cogeneración de energía	Certificación como Central Limpia: Por otra parte, los entrevistados E4 y E6, comentaron que los ingenios en los que colaboran desarrollaron proyectos de generación de energía al amparo de la

Categorías	Unidad de análisis I	Unidad de análisis II
	en el MDL de la ONU, por contribuir al desarrollo sostenible de México, este reconocimiento es muy importante para los ingenios y clientes, ya que les permite a estos últimos comprobar una reducción en su huella de carbono.	LIE, por lo que promovieron su certificación como centrales eléctricas limpias. Esta certificación es necesaria para que los ingenios reciban CEL.

Nota: Elaboración propia con resultados de las entrevistas en profundidad.

I a) Los incentivos contemplados en la legislación mexicana para los ingenios que producen energía eléctrica limpia son adecuados. Así también que el principal incentivo contemplado en la legislación vigente (LIE) es el Certificado de energía limpia, título emitido por la Comisión Reguladora de Energía que acredita la producción de un monto determinado de energía eléctrica a partir de Energías Limpias.

I b) Una de las principales barreras para el desarrollo de proyectos de generación de energía en los ingenios es el alto monto de inversión en infraestructura requerida por las dependencias gubernamentales para la interconexión de los proyectos al Sistema Eléctrico Nacional.

Adicionalmente, el desarrollo de proyectos de generación de energía en los ingenios se realiza principalmente como parte del crecimiento normal de la industria, la modernización de instalaciones es muy importante para la sostenibilidad de un ingenio. El objetivo principal de los proyectos de cogeneración es propiciar un crecimiento sustentable, ya que al modernizar sus sistemas de cogeneración les permite la continuidad del negocio.

I c) Las plantas de cogeneración construidas en los ingenios cuentan con calderas de última generación que reducen de manera considerable las emisiones de CO₂, al sustituir el uso de combustóleo y operar exclusivamente con bagazo de caña, aprovechando el potencial calorífico de la misma.

Los proyectos de cogeneración permiten que los ingenios logren mayores eficiencias energéticas en sus procesos, siendo sustentables y autosuficientes en combustibles, así como en energía eléctrica.

Respecto al punto anterior, se encontró coincidencia en el documento de Johnson et. al. (2009), llamado México: Estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (MEDEC) en el que se menciona que, el bagazo de la caña de azúcar es el combustible básico que se utiliza en los ingenios azucareros, así también que el uso eficiente del bagazo forma parte de la bioenergía moderna, ya que ofrece un gran potencial para reducir las emisiones de GEI y contribuir a la diversificación de las fuentes de energía a mediano y largo plazo en México.

I d) Las políticas públicas han provocado que los ingenios detengan las inversiones en cogeneración de energía, ya que no se están aprobando nuevos permisos a particulares. Asimismo, las reformas en el sector eléctrico han provocado una gran cantidad de amparos promovidos por diversas empresas causando incertidumbre para continuar las inversiones, ante la falta de reglas claras para los participantes.

Aunado a lo anterior las centrales generadoras renovables, al ser tecnologías limpias y de muy bajo costo, tenían prioridad, sin embargo, con la reforma la prioridad es ahora para las centrales generadoras de CFE, las cuales utilizan principalmente combustibles fósiles contaminantes, bajo el argumento de que su operación fortalece la soberanía del país.

Otro de los aspectos encontrados, fue que los ingenios llevan a cabo la modernización de sus plantas de cogeneración, por ser necesaria la actualización para garantizar el proceso de producción de azúcar.

I e) Los ingenios participantes en el estudio lograron obtener el registro de su proyecto en el MDL de la ONU, por contribuir al desarrollo sostenible de México, este reconocimiento les permite comprobar una reducción en su huella de carbono. Anteriormente el registro en el MDL era un reconocimiento muy deseable para la generación de energía renovable, puesto que el proyecto podía certificar bonos de carbono (I-REC) y obtener un ingreso adicional por la venta de estos bonos en un mercado obligatorio.

Sin embargo, alrededor del año 2010 este mercado obligatorio concluyó por lo que solo persistió un mercado voluntario en el que el precio del bono de carbono resultaba mucho menor al del mercado obligatorio. Lo anterior, desincentivó el registro de los proyectos de los ingenios azucareros de México (ver tabla 7).

Tabla 7.
Matriz de Codificación Axial

Categorías		Unidad de análisis I	Unidad de análisis II
II a)	Ventajas y desventajas de la modalidad en la que opera el proyecto de cogeneración de energía del ingenio	<p>Ventajas LSPEE (Legados): Los entrevistados E1, E2, E3, E4 y E6 mencionaron que las principales ventajas de la modalidad en la que opera el proyecto del ingenio son: Banco de energía, cargo por porteo estampilla, así también que se les considera como no despachables.</p> <p>Desventajas LSPEE (Legados): De igual manera, los entrevistados E1 y E3 refirieron que las desventajas de esta modalidad son que no pueden vender la energía eléctrica producida a clientes terceros, por otra parte, que no pueden reciben CEL. Así también que este tipo de proyectos ha sido el más afectado por los constantes cambios de ley, lo que ha propiciado incertidumbre legal.</p>	<p>Ventajas LIE: En el caso particular del entrevistado E5, comentó que las principales ventajas de la modalidad en la que opera el proyecto del ingenio son: El incentivo de CEL, así también que tienen permitido realizar la venta de su energía eléctrica a terceros, aunque estos no sean socios.</p> <p>Desventajas LIE: Por otra parte, la principal desventaja del esquema es la alta volatilidad de los precios de la energía que se percibe en el mercado eléctrico mayorista.</p>
II b)	Trámites para la operación de un proyecto de cogeneración de energía en ingenios	<p>Trámites cuantiosos (diversas dependencias): Se observó relación para esta unidad de análisis en los comentarios de los entrevistados E1, E2 y E4, estos sujetos opinaron que son muchos los trámites/autorizaciones que se le requieren a un proyecto de generación de energía de un ingenio, así también que estos se deben realizar con diversas dependencias del gobierno como lo son la CRE, la CFE, la SENER y el CENACE.</p>	<p>Necesidad de ventanilla única: En el caso de los entrevistados E1 y E4, mencionaron que una posible mejora en el ámbito regulatorio sería la implementación de una ventanilla única para la gestión de las autorizaciones por parte del Gobierno, que permitiera a los solicitantes tener un proceso más ágil y eficiente respecto a la resolución.</p>
II c)	Impactos del proyecto hacia las comunidades	<p>Creación de empleos: Los entrevistados E1, E3, E4, E5 y E6 coincidieron en que uno de los principales impactos de los proyectos de cogeneración de ingenios fue la creación de empleos directos e indirectos durante la etapa de construcción y posterior operación de los proyectos.</p>	<p>Mejora de calidad de aire (reducción de emisiones): Se identificó relación para esta unidad de análisis, ya que los entrevistados E1, E2, E3 y E5 mencionaron que la operación de las nuevas plantas de cogeneración de los ingenios, al reemplazar el consumo de combustóleo por bagazo de caña, y que las calderas cuentan con tecnología para el lavado de gases, mejoraron de manera considerable la calidad de las emisiones</p>

Categorías		Unidad de análisis I	Unidad de análisis II
II d)	Beneficios obtenidos por el ingenio vs inversión realizada	Reducción de costos (combustibles): Se observó relación para esta unidad de análisis en los comentarios de los entrevistados E1, E2, E4 y E6, estos sujetos comentaron que uno de los beneficios más relevantes acarreados por el proyecto fue que al eliminarse la necesidad de consumo de combustóleo para consumir el bagazo obtenido de la propia molienda de caña, el ingenio registró ahorros considerables. Así también al operar la nueva planta de cogeneración de manera confiable, disminuyeron los tiempos perdidos en el proceso.	Incremento en la producción: Los entrevistados E1, E2, E3, E4 y E6 coincidieron en que uno de los principales beneficios de los proyectos de cogeneración, fue el crecimiento de la producción de azúcar, la nueva planta suministró el vapor y la energía eléctrica suficiente para que el ingenio logrará procesar una mayor cantidad de materia prima.
II e)	Mejor modalidad para un proyecto de generación de energía de un ingenio, LSPEE o LIE.	Proyectos legados reciben mejores beneficios: Se identificó relación para esta unidad de análisis, ya que los entrevistados E1, E2, E3 y E6 mencionaron que la modalidad legada (LSPEE) contempló mejores incentivos para los proyectos de ingenios azucarero, tanto para el ingenio como para los socios consumidores de la energía eléctrica.	Ambas modalidades permiten a los ingenios operar eficientemente: Por otra parte, los entrevistados E4, E5 y E6 mencionaron que el giro principal de los ingenios es la producción de azúcar, por lo que independientemente de la modalidad en la que opere su proyecto de cogeneración, mientras los proyectos puedan operar de manera eficiente y sin restricciones.

Nota: Elaboración propia con resultados de las entrevistas en profundidad.

II a) En México existen principalmente dos modalidades bajo las cuales operan los proyectos de cogeneración de energía eléctrica de ingenios azucareros en México, la primera de ellas la modalidad de “Cogeneración” contemplada en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), la cual fue derogada por la entrada en vigor de la Ley de la Industria Eléctrica en el año 2014, no obstante, la nueva ley establece que los derechos adquiridos y condiciones para los proyectos que iniciaron su operación bajo la LSPEE (proyectos legados) serán respetados en los términos bajo los cuales fueron aprobados.

La segunda modalidad corresponde a la de “Generación de energía eléctrica”, contemplada en la Ley de la Industria Eléctrica (LIE), vigente desde el año 2014, por lo que todos los proyectos que fueron aprobados posterior a esta fecha se encuentran sujetos a esta nueva legislación.

Respecto a la modalidad de la LSPEE, las principales ventajas observadas para un proyecto de cogeneración de energía eléctrica: el banco de energía, el cargo por porteo tipo estampilla, así también que se les considera como no despachables. Respecto a las desventajas se tiene que éstos no pueden vender la energía eléctrica producida a clientes terceros, así también que no pueden recibir Certificados de Energías Limpias (CEL). Otra desventaja es que este tipo de proyectos está afectado por la incertidumbre legal.

Por otro lado, para los proyectos que se encuentran operando al amparo de la LIE, principales ventajas son: el incentivo de CEL, así también la venta de su energía eléctrica a terceros, aunque no sean socios. Respecto a las desventajas de esta modalidad existe una alta volatilidad de los precios de la energía que se perciben en el mercado eléctrico mayorista.

Dentro de las ventajas para la modalidad de la LIE, se identificó como la más relevante a la posibilidad de recibir Certificados de Energías Limpias (CEL), los cuales son otorgados por la CRE a Generadores Limpios como los ingenios azucareros. Un aspecto interesante de los CEL fue que no son otorgados a proyectos Legados (LSPEE), aunque se trate de igual manera de centrales de generación de energía limpia que utilizan la misma tecnología que los proyectos que operan en la LIE.

Se encontró que el criterio de otorgamiento de CEL fue establecido por las autoridades, para promover que nuevas inversiones en energías limpias se desarrollaran en el país a partir del año 2014, con la finalidad de cumplir con los compromisos de incorporación de energías limpias establecidas en el tratado de País. Por este motivo, los proyectos legados que de igual manera son considerados limpios, al ser instalaciones construidas antes del año 2014, no se encuentran sujetos a recibir estos CEL.

II b) Trámites para la operación de un proyecto de cogeneración de energía en ingenios: se encontró que estos son numerosos, ya que deben realizarse con diversas dependencias del

gobierno como lo son la CRE, la CFE, la SENER y el CENACE. Las promociones presentadas en las dependencias requieren de largos tiempos de resolución, por lo que en muchos casos los proyectos han presentado retrasos considerables durante su puesta en marcha.

Igualmente, es necesaria la implementación de una ventanilla única que permitan tener un proceso más ágil y eficiente en las autorizaciones. Hace algunos años la Secretaría de Energía (SENER) consideró establecer la Ventanilla de Energías Renovables (VER), como una de las acciones para contribuir al cumplimiento de las metas establecidas en la Ley para el Aprovechamiento de las Energías Renovables y Financiamiento de la Transición Energética con la generación de energía eléctrica en 35% para el año 2024 y del 50% en el 2050, no obstante, a este proyecto ya no se le dio el seguimiento por parte del Gobierno actual.

II c) Impactos del proyecto de cogeneración hacia las comunidades: los proyectos de cogeneración generan el desarrollo económico regional con la creación de empleos directos e indirectos durante la etapa de construcción y posterior operación de los proyectos, ya que la cogeneración propicia el crecimiento en la producción del ingenio, mismo que requiere de una mayor cantidad de caña de la zona.

Aunado a lo anterior la operación de las nuevas plantas de cogeneración mejoraron de manera considerable la calidad de las emisiones a la atmósfera. Anteriormente, los ingenios utilizaban grandes cantidades de combustóleo para producir la energía térmica y a su vez energía eléctrica requerida en sus procesos, la quema de este combustóleo en combinación con el bagazo de la caña se realizaba en calderas de baja eficiencia, lo cual provocaba emisiones contaminantes que afectaban a las comunidades aledañas.

En el Reporte Mexicano de Cambio Climático elaborado por la Universidad Nacional Autónoma de México & Programa de Investigación en Cambio Climático (2015), se encontró que, de los 50 ingenios existentes en México, el consumo de combustibles fósiles (combustóleo) ha decrecido; 21 ya no consumen petróleo y siete utilizan el bagazo como fuente generadora de electricidad durante todo el año (Op. cit., p. 132).

II d) Beneficios obtenidos por el ingenio vs inversión realizada. Dentro de los beneficios más relevantes se encontró que la cogeneración da confiabilidad, crecimiento de la producción de azúcar y se producen ahorros considerables al disminuir los tiempos perdidos.

El resultado es pertinente sustentarlo en el Estudio de Competitividad realizado a la Industria Azucarera en México, puesto que dentro de este análisis se concluyó que, fijando el consumo de energía, los ingenios con mayor capacidad de generación de electricidad exhiben una mayor productividad en la manufactura de azúcar.

Por ejemplo: los ingenios capaces de aumentar en 10% su productividad en la generación de electricidad, tienden a registrar incrementos en su eficiencia de fábrica en 4% en promedio.

Por lo tanto, “habiendo controlado su consumo operativo de electricidad, los ingenios que generan más eficientemente energía eléctrica tienden igualmente a transformar la sacarosa en azúcar a tasas superiores” (Campos & Oviedo, 2013, p. 24). De igual manera, en el Estudio sobre Cogeneración en el Sector Industrial elaborado por CONUEE, CRE, GTZ, se identificaron los siguientes beneficios para la cogeneración de energía en México (Noriega Giral & Rehovot, 2009, p. 67):

- Mayor disponibilidad y confiabilidad del suministro eléctrico al contar con generación propia y respaldo de la red del SEN, evitando cortes de suministro.
- Mejor calidad de energía, incremento la vida útil de los equipos utilizados en los procesos.
- Disminución de la factura energética (electricidad + combustible).
- Incremento de la competitividad por reducción de costos de producción.

II e) Modalidad para un proyecto de generación de energía (LSPEE o LIE): la modalidad legada (LSPEE) contempló mejores incentivos, tanto para el ingenio como para los socios consumidores de la energía eléctrica producida. Las reformas impulsadas por el Gobierno actual han detenido el otorgamiento de permisos a particulares y generan incertidumbre.

En el país existen principalmente dos modalidades bajo las cuales operan los proyectos de cogeneración de energía eléctrica, la primera de ellas corresponde a la modalidad de “Cogeneración” contemplada en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE), la cual fue derogada por la entrada en vigor de la Ley de la Industria Eléctrica en el año 2014, no obstante, la nueva ley establece que los derechos adquiridos y condiciones para los proyectos que iniciaron su operación bajo la LSPEE (proyectos legados) serán respetados en los términos bajo los cuales fueron aprobados.

La segunda modalidad corresponde a la de “Generación de energía eléctrica”, contemplada en la Ley de la Industria Eléctrica (LIE), la cual se encuentra vigente desde el año 2014, por lo que todos los proyectos que fueron aprobados posterior a esta fecha se encuentran sujetos a esta nueva legislación.

En otro sentido, en los ingenios que desarrollaron proyectos de generación de energía al amparo de la LIE se encontró que promovieron su certificación como centrales eléctricas limpias, esta certificación es necesaria para que los ingenios reciban el incentivo de CEL.

Respecto a la modalidad de la LSPEE, se halló que las principales ventajas para un proyecto de cogeneración de energía eléctrica en un ingenio son: el Banco de Energía y el cargo por Porteo Tipo Estampilla.

En los proyectos que se encuentran operando al amparo de la LIE, se encontró que una ventaja es el incentivo de CEL, que fue establecido por las autoridades para promover que nuevas inversiones en energías limpias se desarrollaran en el país y que permiten realizar la venta de su energía eléctrica a terceros, aunque estos no sean socios. Respecto a las desventajas de esta modalidad se tiene que existe una alta volatilidad de los precios de la energía en el mercado eléctrico mayorista.

V. CONCLUSIONES

A nivel nacional existen dos modalidades bajo las cuales operan la mayoría de los proyectos de cogeneración de energía eléctrica de ingenios azucareros, la primera de ellas corresponde a “Cogeneración” contemplada en la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (LSPEE).

La segunda corresponde a la de “Generación de energía eléctrica”, contemplada en la Ley de la Industria Eléctrica (LIE), la cual se encuentra vigente desde el año 2014.

Por otra parte, los incentivos más relevantes para los ingenios que generen energía eléctrica limpia contemplados en la LSPEE son el Banco de Energía y el Porteo Tipo Estampilla. Así también que, el principal incentivo contemplado en la LIE para los ingenios son los Certificados de Energía Limpia. Se considera que estos incentivos son adecuados para el desarrollo de los proyectos de cogeneración en la industria azucarera, siempre y cuando se respeten los términos bajo los cuales fueron originalmente otorgados.

Respecto a las barreras para la generación de energía se encontraron el alto monto de inversión en infraestructura requerida para la interconexión de los proyectos al Sistema Eléctrico Nacional, así como la incertidumbre en la autorización de las inversiones provocada por las Reformas impulsadas por el Gobierno, incluyendo la falta de otorgamiento de permisos de generación de energía eléctrica a particulares.

Los proyectos de cogeneración de energía acarrearán diversos beneficios tanto a la industria azucarera como a las comunidades aledañas a los ingenios, en esta investigación se demuestra que existen muchos de ellos relacionados con la sustentabilidad, como la considerable reducción de partículas en las emisiones de CO₂, por la sustitución del uso de combustóleo por bagazo de caña, que es un bioenergético considerado como fuente renovable.

De la misma forma, que existen importantes beneficios del proyecto hacia el desarrollo social de las comunidades aledañas a los ingenios, como la creación de empleos y la circulación de recursos en la región, que se refleja por el crecimiento en la producción del ingenio de la zona de influencia.

Por otra parte, los ingenios que invirtieron en cogeneración de energía al eliminarse el consumo de combustóleo registraron: disminución en sus costos de producción, obtención de mayores eficiencias energéticas, autosuficiencia en combustibles y en energía eléctrica, de tal forma los proyectos de cogeneración permiten la modernización de las instalaciones de los ingenios y la continuidad del negocio, así como el crecimiento de su capacidad de producción de azúcar.

Derivado de estas conclusiones, se confirma el supuesto de la investigación en cuanto a que los proyectos de cogeneración de energía en ingenios de México propician el crecimiento sustentable de la industria azucarera, con el uso de tecnologías limpias y eficientes requeridas en los procesos de los ingenios.

Lo anterior se relaciona con las políticas públicas que son necesarias implementar, relacionadas a la utilización de bioenergéticos para la producción de energía asequible y no contaminante por parte de la industria azucarera. Aportando de tal manera la empresa y el gobierno al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 7 y 9), con la finalidad de construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación.

Para lograr las acciones contempladas en la Agenda 2030 es necesario conjuntar los esfuerzos en el Modelo de la Triple Hélice academia-gobierno-industria; a fin de construir esquemas de investigación-desarrollo-innovación que fortalezcan la identificación de encadenamientos productivos, que contribuyan a fomentar el desarrollo económico y social a través del impulso a la sustentabilidad en la cogeneración de energía.

Con base en lo anterior, se considera pertinente recomendar lo siguiente:

1) Promover a través de la CNIAA, reuniones de trabajo con la Secretaría de Energía, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, la Comisión Reguladora de energía y la Comisión Federal de Electricidad, en las que se exponga la situación actual de la cogeneración de energía en los ingenios en México, los beneficios para la industria, comunidades y sectores relacionados, al igual que los potenciales proyectos que deberían desarrollarse.

De tal manera que el Gobierno, considere conveniente el promover y atraer la inversión desde el Estado como coadyuvante de la soberanía energética y dadas las ventajas geográficas del territorio, para el desarrollo de proyectos relacionados con la eficiencia energética y la producción de energías limpias.

2) Identificar mecanismos para que el Gobierno coadyuve a garantizar el abastecimiento de todos los sectores en condiciones de calidad y mejor precio bajo un aprovechamiento

responsable y transparente de los recursos, con la diversificación en la producción de energías limpias y renovables, acorde a los compromisos internacionales de atención al cambio climático y protección al medio ambiente.

Asimismo, que considere ampliar los incentivos fiscales establecidos en la Ley del Impuesto sobre la Renta en el artículo 34 Fracción XIII, artículo 77-A y artículo 209 Apartado B Fracción XIII.

3) Implementar convenios de colaboración entre ingenios azucareros, para llevar a cabo de manera periódica estudios de *benchmarking* con la finalidad de fomentar el desarrollo de nuevos proyectos de inversión en la industria. Encaminados a socializar los resultados obtenidos por los ingenios que han desarrollado proyectos de cogeneración de energía recientemente.

VI. REFERENCIAS

- Ahumada, M. y Ahumada M. (2016). El sector azucarero mexicano y su necesidad de diversificación. Sector competitivo empresarial.
<https://es.scribd.com/document/588914931/1-COGENERACION-2016#>
- Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica. (2021). CNIAA - Cámara Nacional de las Industrias Azucarera y Alcohólica. Directorio de ingenios.
<http://www.cniaa.mx/Ingenios>
- Campos, F. C. O., & Oviedo, M. O. P. (2013). Estudio sobre la Competitividad de la Industria Azucarera en México. Banco de México.
https://www.researchgate.net/publication/254384783_Estudio_sobre_la_Competitividad_de_la_Industria_Azucarera_en_Mexico
- Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), Comisión Reguladora de Energía (CRE), *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ)*, Noriega, L. E., & Rehovot, C. (2009). Estudio sobre Cogeneración en el Sector Industrial en México. CONUEE/ CRE/ GTZ.
- Johnson, T. M. J., Alatorre, C. A., Romo, Z. R., & Liu, F. L. (2009). México: estudio sobre la disminución de emisiones de carbono (1ª. ed.). Mayol Ediciones.
- Secretaría de Energía (20 de noviembre, 2018). Inventario Nacional de Energía Limpias _ Inventario del aprovechamiento de energías limpias en la generación de electricidad.
<https://dgel.energia.gob.mx/inel/>