

COORDINACIÓN DE HIDROLOGÍA
Subcoordinación de Planeación Hídrica

Proyecto TH1715.1

**“Formulación del Programa Estratégico para la
creación de un Centro Mexicano en Innovación en
Energía Hidroeléctrica”**

CEMIE-HIDRO

INFORME FINAL

Diciembre de 2017

Elaboró:

M.I. Ana A. Palacios Fonseca

Jefe de Proyecto

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Contenido

1. Antecedentes	1
2. Introducción.....	3
3. Programa estratégico para la creación de un CEMIE-HIDRO	4
Antecedentes.....	5
Oportunidades de Desarrollo de un Centro Mexicano en Innovación en Energía, CEMIE-HIDRO	6
Motivación para la creación de un CEMIE-HIDRO.....	7
Retos y Oportunidades de la generación hidroeléctrica	7
Líneas de acción para el desarrollo de la generación hidroeléctrica.....	9
1. Caracterización y evaluación de los recursos	9
2. Investigación y desarrollo tecnológico para la innovación.....	10
3. Seguridad hídrica, Medio Ambiente y Sociedad.....	11
4. Regulación y participación en el Mercado Eléctrico Mayorista.....	12
5. Desarrollo de capacidades humanas y difusión.....	13
4. Libro: “Bases para la creación de un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica, CEMIE-HIDRO. 1era parte: Infraestructura Hidroeléctrica Actual	13
Capítulo 1. “Antecedentes: Energía Hidroeléctrica en México y en el mundo”	15
Capítulo 2. “Marco legal de las energías limpias”	17
Capítulo 3. “Alianzas estratégicas”	18
Capítulo 4. “Modernización y/o repotenciación de centrales existentes”	19
Capítulo 5. “Equipamiento en embalses existentes”	21
Capítulo 6. “Conclusiones”	25
5. 1ER SIMPOSIO IMTA-INEEL “RETOS Y OPORTUNIDADES DE LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA”	26
6. CONCLUSIONES	39
7. ANEXOS.....	40

Índice de figuras

Figura 1. Programa estratégico para la creación de un CEMIE-HIDRO.....	4
Figura 2. Oportunidades de Desarrollo de un Centro Mexicano en Innovación en Energía, CEMIE-HIDRO	6
Figura 3. Portada del libro "Bases para un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica"	13
Figura 4. Liga a la página web del libro digital	15
Figura 5. Mapas y porcentajes de la Energía Hidroeléctrica en México	16
Figura 6. Gráficas de la Energía Hidroeléctrica en el Mundo	16
Figura 7. Leyes en materia energética 1	17
Figura 8. Imágenes de los carteles y fotografías de algunos expositores del 1er. Simposio.....	18
Figura 9. Expositores de las mesas temáticas y conferencias magistrales.....	19
Figura 10. Mapa de las 101 centrales hidroeléctricas identificadas.....	20
Figura 11. Localización de las 43 centrales identificadas con más de 50 años operando, con una capacidad menor a 30 MW	21
Figura 12. Infraestructura hidráulica existente (CENAPRED).....	22
Figura 13. Infraestructura susceptible de la generación hidroeléctrica.....	22
Figura 14. Potencial esperado, según su capacidad de almacenamiento	23
Figura 15. Pequeña Hidrogeneración	24
Figura 16. Mini Hidrogeneración	24
Figura 17. Micro Hidrogeneración	25
Figura 18. Portada de difusión del 1er Simposio IMTA-INEEL “Retos y oportunidades de la generación hidroeléctrica en México”	26
Figura 19. Programa de Conferencias Magistrales y Mesas temáticas de discusión del 1er Simposio IMTA-INEEL	26
Figura 20. Conferencia del Subsecretario de Planeación y Transición Energética de la SENER.....	27
Figura 21. Conferencia y presentación del Ing. Jacobo Mekler Waisburd de AMEXHIDRO.....	28
Figura 22. Conferencia y presentación del Dr. Basilio Verduzco Chávez de la UdG	29
Figura 23. Conferencia y presentación del Ing. Eugenio Barrios.....	30
Figura 24. Conferencia y presentación del Ing. Javier Ángel García de la Merced	31
Figura 25. Conferencia y presentación del Lic. Efraín Villanueva Arcos	32
Figura 26. Panelistas de la mesa temática 1	33
Figura 27. Panelistas de la mesa temática 2	34
Figura 28. Panelistas de la mesa temática 3	35
Figura 29. Panelistas de la mesa temática 4	36
Figura 30. Panelistas de la mesa temática 5	37
Figura 31. Panelistas de la mesa temática 6	38

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

1. Antecedentes

México cuenta con recursos hídricos suficientes y adecuadamente distribuidos, y su potencial hidroeléctrico está en función del almacenamiento de las presas, que es del orden de 150 mil millones de metros cúbicos, este volumen depende de la precipitación y los escurrimientos en las distintas regiones del país. Actualmente se tienen 181 presas que representan casi el 80% de la capacidad total de almacenamiento del país.

De acuerdo con datos del PRODESEN 2017-2031, la generación hidroeléctrica representó el 17% de la capacidad instalada, con 12,589 MW en 84 centrales hidroeléctricas. Dicha capacidad se concentra principalmente en las cuencas del Lerma Santiago, Grijalva y Balsas, siendo ésta última con mayor riesgo de disponibilidad hidrológica. El gobierno federal a través de la Ley de Aprovechamiento de las Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética. LAERFTE, tiene la meta que en el 2024 el 35% de la capacidad instalada en México provenga de fuentes limpias. Así, entre 2016 y 2030 la capacidad instalada por energía hidroeléctrica pasará de 12,551.1 MW a 16,975.8 MW en 2030.

A pesar de las bondades de esta tecnología y las externalidades positivas que se derivan de ella, el desarrollo futuro del sector hidroeléctrico en nuestro país afronta un panorama incierto, motivado principalmente por la existencia en el mercado de tecnologías con mayor rentabilidad presente y el ingreso de nuevas tecnologías que hacen uso de recursos renovables a costos altamente competitivos, aunado a la problemática que enfrenta el sector en aspectos de financiamiento de proyectos, conflictividad ambiental y social asociada a la colocación de inversiones, entre otros retos no menos importantes.

En este sentido el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA y el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, INEEL, han sumado esfuerzos con el fin de constituir una alianza a través de la cual sea posible conjuntar los conocimientos, experiencias y visión de los actores más importantes en las áreas de la generación hidroeléctrica a través de la creación de un Centro Mexicano de Innovación en Energía Hidroeléctrica, CEMIE-HIDRO.

Los CEMIE's del Fondo CONACYT- SENER-Sustentabilidad Energética, FSE, están dirigidos al establecimiento de alianzas de innovación en temas de energías renovables. Mediante el Fondo FSE, se vincula a la comunidad científico-tecnológica y la iniciativa privada para el desarrollo de proyectos, investigación, fortalecimiento de capacidades, vinculación internacional, etc, en diferentes temáticas para la generación mediante energía renovable (geotermia, solar, eólica, bioenergía y océano).

La conformación de un CEMIE-Hidro, propone e incentiva proyectos y herramientas para el desarrollo de la generación hidroeléctrica a través de tres ejes de desarrollo:

1. Caracterización y evaluación de los recursos
2. Desarrollo de tecnología
3. Participación en el mercado

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Estas a su vez se dividen en Ejes centrales y transversales sobre las cuales será importante la investigación, el desarrollo de tecnología y la innovación para impulsar este sector en México.

Ejes centrales:

1. Nuevas centrales de generación
2. Infraestructura hidráulica existente
3. Modernización y/o repotenciación
4. Almacenamiento por bombeo hidráulico

Ejes transversales:

- a. Seguridad hídrica y prospectivas
- b. Sustentabilidad del medio ambiente
- c. Desarrollo regional
- d. Normatividad y regulación del sector
- e. Estado de la industria y cadenas de valor
- f. Modelos financieros, financiamiento y comercialización,
- g. Desarrollo y consolidación de capital humano

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

2. Introducción

A finales de 2016 y durante el 2017, se llevaron a cabo reuniones entre el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA y el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, INEEL para la participación conjunta en acciones para impulsar la Generación Hidroeléctrica. Algunas de esas acciones fueron, el planteamiento de una Red Temática en Generación Hidroeléctrica a través de las Redes CONACyT. Posteriormente después de una serie de reuniones se estableció llevar a cabo de forma conjunta, el “1er Simposio Barreras y Oportunidades de la Generación Hidroeléctrica”, realizado el 26 de octubre de 2017, con el objetivo de analizar a través de los actores más importantes de este sector en México, las condiciones actuales, barreras, retos y áreas de oportunidad, así como posibles líneas de acción y estrategias que propicien las condiciones para el desarrollo de este sector y los beneficios que de ello se desprenden.

El objetivo principal es promover la creación de un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica, CEMIE-Hidro, sobre la base de dichas reuniones de discusión y el análisis de la información existente y fundamental. Como resultado de dicho evento, así como de las acciones conjuntas de este proyecto se logró el interés de la Secretaría de Energía, a través de la Subsecretaría para la Transición Energética, para el desarrollo de una “Propuesta para la creación de un CEMIE-Hidro”. Dicha “Propuesta” parte de los planteamientos y opiniones de expertos, y del trabajo realizado a lo largo del año en el “Programa Estratégico para la Creación de un CEMIE-Hidro”, y que está en función de los términos de referencia de los Centros de Innovación que plantean los fondos sectoriales SENER-CONACyT.

Otro resultado importante en el proyecto es la publicación del libro “Bases para la creación de un Centro Mexicano en Innovación en Energía, CEMIE-HIDRO, 1era Parte: Infraestructura hidroeléctrica Actual”, donde se analizan dos posibilidades para potenciar la generación hidroeléctrica: 1. El uso de infraestructura hidráulica existente y, 2. La identificación de centrales para repotenciación y modernización. Dado que la información es abundante, se tiene previsto publicar un segundo libro, que comprenda los temas: 3. Nuevas centrales de generación y, 4. Almacenamiento mecánico de energía por bombeo hidráulico. Asimismo, en esa publicación se da a conocer el contexto nacional e internacional de las energías limpias, principalmente la hidroeléctrica, así como el marco legal actual, la prospectiva de desarrollo y las acciones que el IMTA y el INEEL están promoviendo.

A través de todas estas acciones y resultados del proyecto se sientan las bases para la creación de un CEMIE-HIDRO, así como del contexto actual de las energías renovables y los mecanismos para impulsar la energía hidroeléctrica en México.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

3. Programa estratégico para la creación de un CEMIE-HIDRO

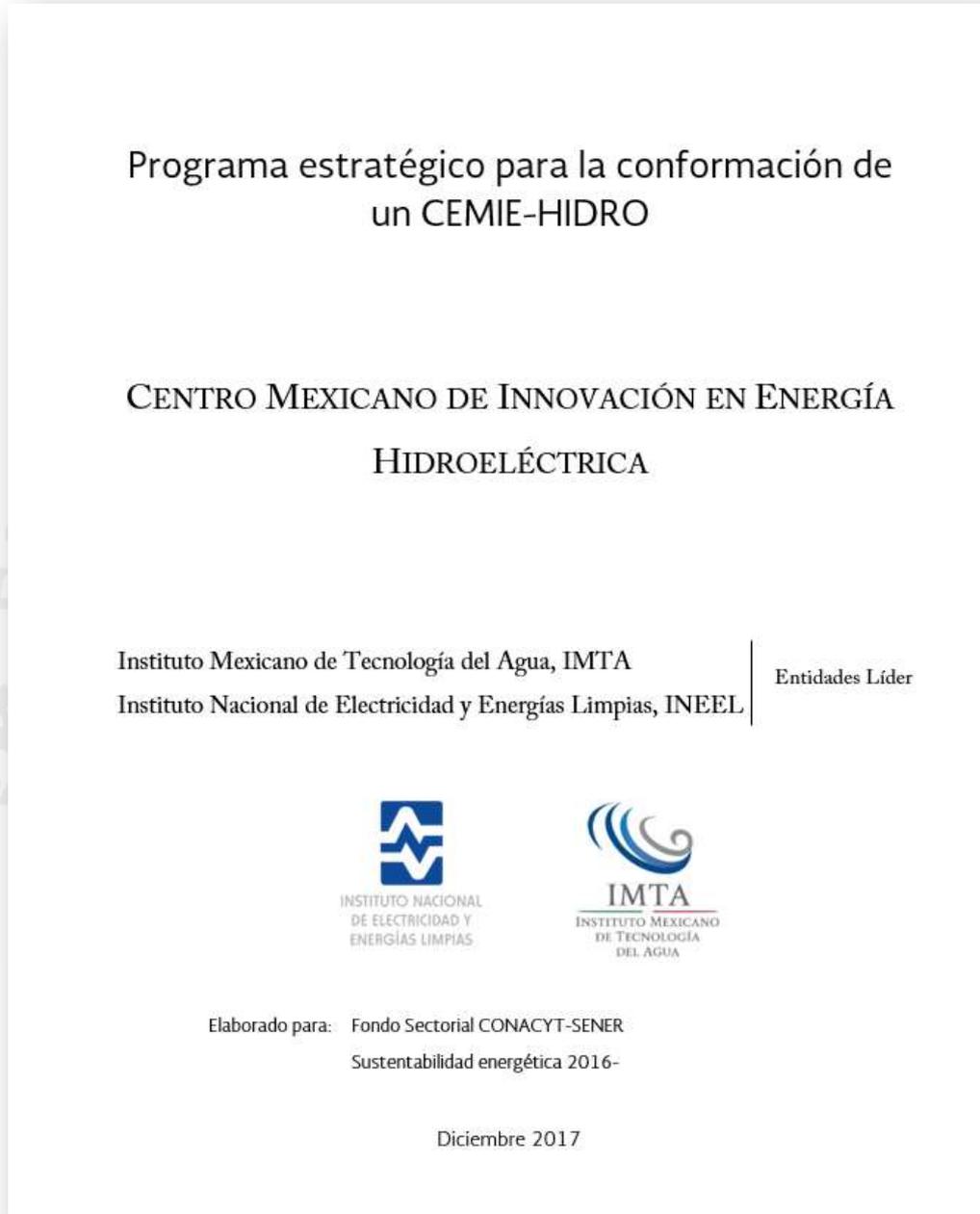


Figura 1. Programa estratégico para la creación de un CEMIE-HIDRO

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Antecedentes

En noviembre de 2008 surge la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética, LAERFTE, que tiene su objetivo en la generación de energía menor a 30 MW (pequeña generación), y establece para el 2024 la participación de fuentes renovables del 35%.

En función de lo anterior surge el Fondo de Sustentabilidad Energética, FSE, que vincula a la comunidad científico-tecnológica y la iniciativa privada para el desarrollo de proyectos, investigación, fortalecimiento de capacidades, vinculación internacional, etc, en diferentes temáticas para la generación mediante energía renovable (geotermia, solar, eólica, bioenergía y océano). Y que se administra a través del Fondo Sectorial CONACyT-SENER- Sustentabilidad Energética (FSE). Los recursos asignados en 2014 para los primeros tres CEMIE’s, suman más de 1,627 mdp en los CEMIE-Geo (958mdp, CICESE), CEMIE-Sol (452 mdp, IER) y CEMIE-Eólico (216 mdp, IIE). En 2014-2015 se abrieron convocatorias para CEMIE-Bioenergía y CEMIE-Océano (IINGEN, 200 mdp)

El documento “Programa estratégico para la creación de un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica” se comienza a plantear desde el 2014, cuando empezaron a publicarse las convocatorias del CEMIE-Océano y donde el IMTA participa con dos proyectos: “Generación de un inventario nacional de corrientes marinas, mareas y procesos asociados(dinámica sedimentaria) y su variabilidad bajo distintas condiciones ambientales” y “Desarrollo de componentes y subsistemas inherentemente resistentes a daños mecánicos y corrosivos en ambientes marinos”, así como también en el CEMIE-Bioenergía con un proyecto de identificación de potencial de biomasa en PTARs.

Dicho documento ha tenido diferentes cambios en función de los objetivos y la prospectiva del sector energía en México y de la colaboración conjunta del IMTA y el INEEL para desarrollar la hidroelectricidad en México. En función de los resultados obtenidos del 1er Simposio “Retos y Oportunidades para la Generación Hidroeléctrica” se está planteando la Propuesta que la SENER podría considerar viable para la creación de ese CEMIE y que sustituye actualmente este Programa Estratégico con la Propuesta “Oportunidades de Desarrollo de un CEMIE-HIDRO”.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Oportunidades de Desarrollo de un Centro Mexicano en Innovación en Energía, CEMIE-HIDRO

Consiste en la Propuesta de creación del CEMIE-HIDRO, planteado a la Subsecretaría de Transición Energética de la Secretaría de Energía y contiene los siguientes elementos de análisis:

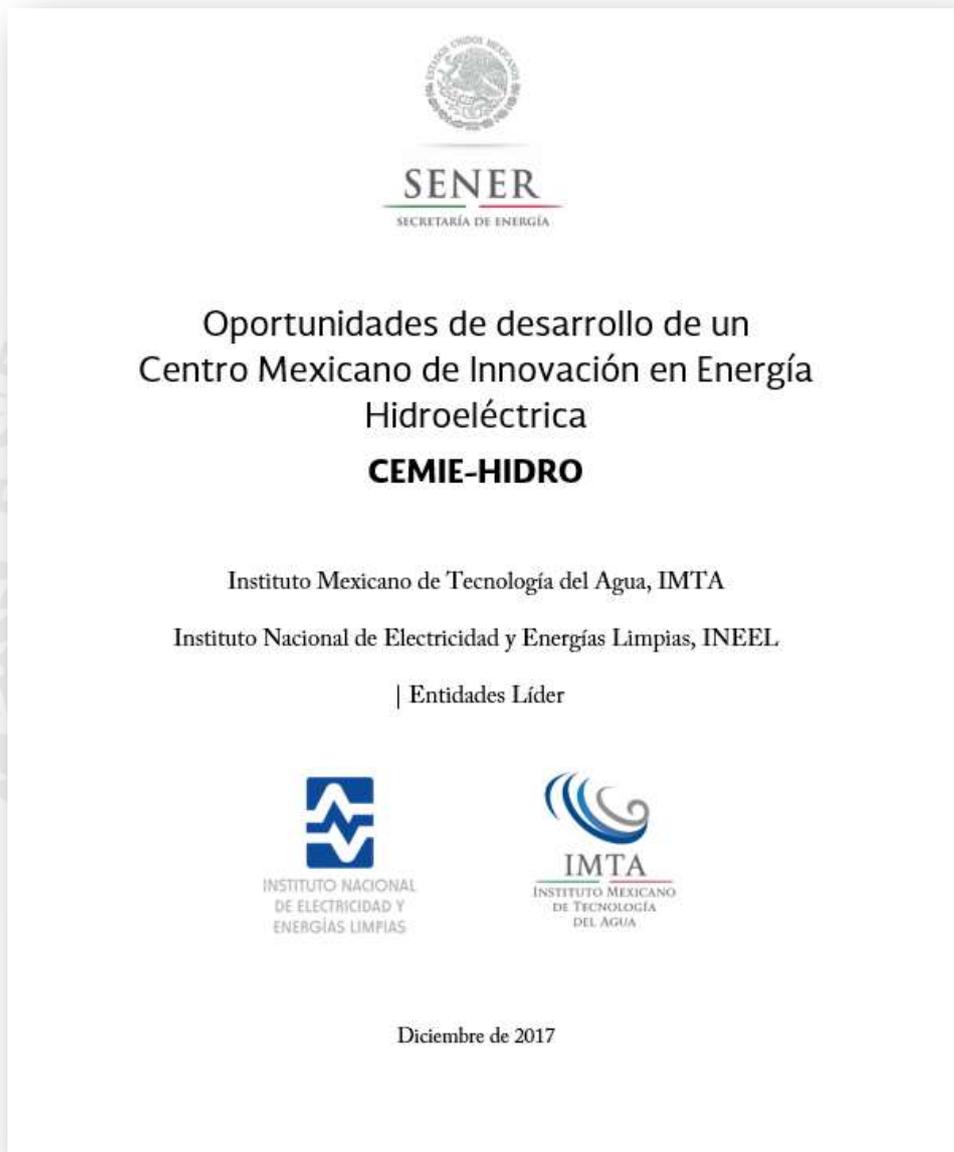


Figura 2. Oportunidades de Desarrollo de un Centro Mexicano en Innovación en Energía, CEMIE-HIDRO

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Motivación para la creación de un CEMIE-HIDRO

Plantea las bondades de la generación hidroeléctrica en México y el Mundo, los retos que enfrenta actualmente ante las otras fuentes de generación intermitentes como la solar y la eólica en el mercado actual mayorista y las alianzas estratégicas de los principales actores de la academia, el gobierno y la industria, lo cual podría a partir de la creación de un CEMIE-HIDRO, encontrar las oportunidades de desarrollo tecnológico, apertura social, legal y de medio ambiente que permita a éste sector avanzar.

Retos y Oportunidades de la generación hidroeléctrica

Algunos de los retos y oportunidades más importantes identificados y planteados en la propuesta son:

a. Retos:

- Los proyectos hidroeléctricos son altamente intrusivos al ambiente y por lo tanto la resistencia social siempre va a existir,
- Generan una gran pérdida de especies vegetales, una alteración absoluta del paisaje y su funcionalidad, por lo que el impacto ecológico es muy alto y también tienen un efecto ambiental aguas abajo, el cual debe ser regulado en cantidad y calidad a través de los caudales ecológicos. Actualmente la Ley de Aguas Nacionales no establece la obligación de tener caudales ambientales.
- Un inadecuado manejo de los riesgos e impactos ambientales y sociales, como son: los daños causados a ecosistemas valiosos, cambios de uso de suelo y amenazas a especies; los impactos en valores culturales intangibles de las localidades afectadas; los desplazamientos forzados de asentamientos y pérdida de sustento de economías locales; la pérdida de derechos de uso de recursos naturales,
- Tampoco se tiene claro el potencial hidroeléctrico nacional (grande, pequeña, mini y micro generación); los estudios existentes no contemplan los cambios en precipitación y sequías, es decir, los efectos de cambio climático y variabilidad climática. Falta estudiar los proyectos híbridos como el solar-hidroeléctrico o el eólico-hidroeléctrico; los rebombes y la generación a filo de la corriente.
- Referente al nuevo MEM, éste no permite tener la certidumbre de costos en un plazo de 20 años, ya que está en función de los costos tecnológicos, y las centrales hidroeléctricas se planean de 100 años, por lo tanto, los financiamientos resultan complejos. El costo de la tecnología implementada se paga en un cierto periodo, lo que incrementa el costo de kWh nivelado, y es más difícil vender la electricidad ya que no entra la participación de la energía hidroeléctrica dentro de las subastas de largo plazo.

b. Oportunidades:

- México cuenta con un gran potencial hidroeléctrico, principalmente en las zonas sur-sureste y pacífico norte: los estados de Chiapas, Tabasco, Oaxaca y Veracruz representan el mayor potencial y es donde se han construido grandes centrales; no obstante, se tienen cuencas que se pueden aprovechar con desarrollos de menor escala, pero que requieren ser evaluadas.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

- Se puede generar electricidad por medio de los diversos tipos de centrales hidroeléctricas: de embalse, hidráulicas fluyentes y de bombeo, así como por medio de mini centrales.
- La generación hidroeléctrica también tiene un papel relevante y fundamental en la seguridad hídrica a largo plazo, hacia el desarrollo sustentable de los recursos hídricos, esta se concentra en atender tres grandes problemas asociados con el agua:
 - El riesgo por la falta de disponibilidad,
 - El riesgo por la contaminación del recurso y,
 - Los riesgos asociados a los fenómenos naturales o antropogénicos.
- Las estructuras y embalses minimizan los riesgos por sequías e inundaciones, ya sea para el aprovisionamiento o para el control de avenidas, a través de protocolos de seguridad y acciones preventivas; como son los mantenimientos.
- Proteger el ambiente ante el cambio climático significa también garantizar agua, por lo que el desarrollo tecnológico y de innovación en la generación hidroeléctrica debe considerar los escenarios climáticos y los impactos que estos pueden tener.
- La planeación en el sector hidroeléctrico y la planeación en el sector agua deben estar alineadas, ya que los proyectos hidroeléctricos son proyectos multiusos.
- La generación hidroeléctrica es también una fuente de desarrollo regional y de la economía del país. En México existen más de 500 mil viviendas sin electricidad, principalmente en comunidades indígenas y rurales, con un manejo social adecuado de las comunidades, se puede generar desarrollo local;
- El proyecto hidroeléctrico debe ser una contribución a las posibilidades de vida en las diversas regiones y ampliar el capital regional con beneficios locales claros.
- El uso del caudal ambiental daría ventaja a las minihidroeléctricas e hidroeléctricas con agua de paso, y aportar a las localidades que se encuentran alejadas de las líneas de transmisión.
- Las hidroeléctricas pueden proporcionar el balance y la operación flexible que requiere el sistema, usando las capacidades de los embalses y rebombes como energía de reserva. Lo anterior se traduce en factores de planta mucho más atractivos en relación con otras fuentes, es decir, del orden de 30 a 50% en comparación con la solar que es del orden del 20 al 30%, además operando con tiempos de vida útil de 50 años, mientras que las otras no superan los 25.
- En los rebombes se deben buscar las posibilidades tanto con aguas superficiales como con agua de mar.
- Se debe implementar también la modernización y repotenciación de las centrales actuales, las cuales en muchos casos ya cumplieron su vida útil.
- El uso de infraestructura hidráulica existente que son susceptibles de equipamiento son otras posibilidades de potenciar la generación.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

- A través del CEMIE-Hidro se podrían desarrollar proyectos y tecnologías; formación técnica y de alto nivel, la vinculación con la iniciativa privada y la industria y todas aquellas herramientas necesarias para el desarrollo hidroeléctrico del país.
- Lo anterior repercute además en la disminución de costos para la rentabilidad de estos proyectos.

Líneas de acción para el desarrollo de la generación hidroeléctrica

1. Caracterización y evaluación de los recursos

Se refiere a la evaluación del recurso actual y el potencial de generación de cada uno de los esquemas siguientes de generación:

I. Nuevas centrales de generación

México cuenta con un gran potencial hidroeléctrico, principalmente en las zonas sur-sureste y pacífico norte y se puede generar electricidad por medio de los diferentes tipos de centrales hidroeléctricas: de embalse, hidráulicas fluyentes y de bombeo, así como por medio de mini centrales.

II. Equipamiento en infraestructura hidráulica existente

Se aprovecha la infraestructura hidráulica existente en el país utilizando obras que no tienen aprovechamiento de energía eléctrica, pero son susceptibles de llegar a esto, considerando algunas condicionantes, como son: aspectos técnicos, sociales, económicos y ambientales, entre los cuales se pueden mencionar presas de almacenamiento, derivadoras, canales de riego, acueductos, plantas de tratamiento, obras de regulación, etc., con la intención de que puedan ser utilizadas para la generación de energía eléctrica, respetando las necesidades actuales en los usos del agua y sin afectar el entorno económico, social y ambiental.

Es importante mencionar que existen casos donde ya se previó el equipamiento hidroeléctrico y no se llevó a cabo, y que en su mayoría están en un entorno de zonas productivas, como son los distritos de riego.

De esta manera se dispondría de una cartera de posibles proyectos, donde la componente que se requiere agregar es, sólo la obra hidroeléctrica y la de transmisión eléctrica para su aprovechamiento en la red, lo que reduce en un costo menor, al no requerirse una obra civil con un costo alto.

Es el Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED, quien cuenta con la mayor cantidad de información de forma accesible y contabiliza un total de 4903 estructuras hidráulicas existentes, de las cuales se estima 2917 estructuras hidráulicas susceptibles de generación hidroeléctrica.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

III. Modernización y repotenciación de centrales de generación

Este esquema de explotación hidroeléctrica puede resultar altamente competitivo, ya que la vida útil de muchas instalaciones puede superar los 100 años y es usual contar con equipos con bajas eficiencias de operación, ya sea por su diseño original o por las pérdidas acumuladas durante su vida de servicio, por lo cual se puede trabajar en la modernización de equipos e instalaciones auxiliares que permitan recuperar las eficiencias operativas originales y/o incrementar la capacidad de generación.

De las 96 presas de generación que identifica la SENER, son 54 presas mayores a 50 años de operación

IV. Almacenamiento de energía por bombeo hidráulico

Otro esquema de aprovechamiento hidroeléctrico con un alto atractivo económico y funcional es el relacionado con el almacenamiento mecánico de energía por bombeo hidráulico. Con la cada vez mayor incorporación de fuentes intermitentes de energía en las redes eléctricas, se hace indispensable disponer de reservas de capacidad que permitan equilibrar la oferta y demanda de energía en los lapsos en que quedan fuera de operación dichas centrales.

En otros países, en donde se tiene actualmente una participación mayor de fuentes intermitentes de energía, como es el caso de los Estados Unidos de Norteamérica y diversos países europeos, el esquema de almacenamiento de energía que ha resultado con la competitividad y funcionalidad requerida ha sido el que utiliza el bombeo mecánico de agua.

2. Investigación y desarrollo tecnológico para la innovación

Se refiere a las líneas de investigación que pueden desarrollarse en los esquemas anteriores, pero en la temática de Innovación para la Investigación y el Desarrollo tecnológico (I+D+i). Algunas de las cuales podrían ser:

- Impulsar la fabricación y el desarrollo de tecnología en México, en alianza con los fabricantes establecidos ya en el país
- Desarrollar mayor investigación en bombeos, con agua superficial y agua de mar.
- Desarrollo de ideas, nuevas lógicas de operación y análisis social y ambiental necesario para impulsar el uso de estas energías limpias.
- Desarrollo de modelos computacionales para la generación híbrida
- Desarrollo de nuevos materiales, recubrimientos y equipos que puedan operar tanto con agua dulce como agua salada o de mar
- Desarrollar y fabricar uno o varios componentes utilizados en los generadores hidroeléctricos y detonar su desarrollo en la industria nacional

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

- Desarrollar un Centro Experimental en Mini-hidroenergía y probar los diferentes tipos de turbinas y adaptarlas

3. Seguridad hídrica, Medio Ambiente y Sociedad

Se refiere a las líneas de investigación transversales y que pueden resultar importantes en los esquemas de explotación ya mencionados. Estas se dividen en tres temáticas:

✓ En el contexto de la seguridad hídrica

- Estudio de los programas y la tecnología de riego para minimizar los costos de disponibilidad en los almacenamientos
- Generación de los escenarios climáticos que se aplicarán en cualquier curva de diseño de un proyecto hidroeléctrico, ante variabilidad climática y cambio climático.
- Estudios de la hidrología en las cuencas del país.
- Análisis hidráulico de los escurrimientos
- Desarrollo de proyectos multiusos: generación hidroeléctrica, control de avenidas, riego y agua potable.
- Estudios de sequías en embalses
- Estudios de inundaciones en las zonas de proyectos: nuevos y existentes
- Estudios de programación dinámica de sistemas hidroeléctricos complejos
- Estudios y proyectos de instrumentación y control en presas para la optimización de la operación
- Programas de mantenimiento preventivo y correctivo
- Planeación Estratégica del Sector Energía y el Sector Agua en el corto mediano y largo plazo.
- Marco normativo del caudal ambiental y su uso en mini y micro generación a filo de corriente.
- Estudios de calidad del agua en embalses nuevos y existentes

✓ En la sustentabilidad del medio ambiente

- Investigación y desarrollo de los temas de Hidroecología
- Investigación ambiental y desarrollo tecnológico en la reconfiguración y rehabilitación de infraestructura hidroeléctrica
- Estudios y medición del balance “generación-mitigación” de los Gases de Efecto Invernadero, GEI, de los proyectos hidroeléctricos

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

- Elaboración de un “Protocolo para la Evaluación de la Sustentabilidad de Proyectos Hidroeléctricos.
- Instalación de áreas ambientales especializadas en el desarrollo de proyectos hidroeléctricos

✓ Para la sociedad y el desarrollo regional

- Estudios y proyectos de generación hidroeléctrica o en cogeneración eficiente con otras fuentes desde la perspectiva de abatir el rezago en regiones o comunidades aisladas
- Estudios para el desarrollo de esquemas de participación regional, donde se hagan partícipes los actores que intervienen y forman parte del proceso de desarrollo de estos proyectos, con oportunidades de trabajo y derrama económica en la región
- Estudios de riesgo social por la generación hidroeléctrica, determinados por problemas sociales y necesidades humanas no consideradas en las factibilidades de los proyectos.

Estos riesgos sociales son mayores si son:

- a. Cuencas hidrológicas con baja o nula intervención previa por presas, desvíos o trasvases de agua.
- b. Regiones con culturas ancestrales, pueblos indígenas, y localidades rurales cuya subsistencia depende fuertemente del uso de recursos naturales provistos por los ríos y arroyos de la cuenca.
- c. Sitios con valor patrimonial.
- d. Ambientes frágiles de montañas y zonas costeras.
- e. Regiones con áreas naturales protegidas.
- f. Regiones con amplia experiencia de movilización social.
- g. Áreas fronterizas internacionales.
- h. Zonas con un alto valor turístico

4. Regulación y participación en el Mercado Eléctrico Mayorista

Algunos de los principales retos y barreras para desarrollar el potencial hidroeléctrico, tienen que ver con las nuevas reglas del Mercado Eléctrico Mayorista, MEM, a partir de la Reforma Energética, como son:

- Baja competitividad frente a las nuevas tecnologías de generación (eólica y solar) debido a los bajos precios y los tiempos de ejecución menores;
- Nivel bajo de ingresos por capacidad instalada;

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

- Bajo diferencial en precios de generación de base y de punta considerados en subastas;
- Incertidumbre en los precios futuros de comercialización de la energía con respecto a su vida útil;
- Inversión mayor por MW en comparación con otras tecnologías.

5. Desarrollo de capacidades humanas y difusión

Se refiere al desarrollo y la consolidación de recursos humanos técnicos y especializados que puedan participar y aportar en los diferentes esquemas de potencial hidroeléctrico. Se trata de vincular la academia y la industria, así como las instituciones.

4. Libro: “Bases para la creación de un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica, CEMIE-HIDRO. 1era parte: Infraestructura Hidroeléctrica Actual



Figura 3. Portada del libro "Bases para un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica"

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

En este libro se presenta el contexto de la situación actual de las energías renovables y la energía hidroeléctrica en el mundo y en México, así como la prospectiva de desarrollo nacional. Contiene el marco regulatorio de las energías limpias y particularmente de la energía hidroeléctrica, así como su alineación a las metas de reducción de GEI a partir de la Ley General de Cambio Climático, LGCC. Y principalmente se dan a conocer las posibilidades que se tienen de generación hidroeléctrica a través del uso de infraestructura hidráulica existente y de las presas de generación actual con posibilidad de repotenciación.

Por un lado, existen estructuras hidráulicas que no tienen aprovechamiento de energía eléctrica, pero son susceptibles de llegar a esto, entre las cuales se pueden mencionar presas de almacenamiento, derivadoras, canales de riego, acueductos, plantas de tratamiento, obras de regulación, etc., con la intención de que puedan ser utilizadas para la generación de energía eléctrica, respetando las necesidades actuales en los usos del agua y sin afectar el entorno económico, social y ambiental.

Por otro lado, se ha identificado la importancia de implementar la modernización y repotenciación de las centrales actuales, ya que, en muchos casos, éstas ya cumplieron su vida útil. Algunas instalaciones pueden superar los 100 años y es usual contar con equipos con bajas eficiencias de operación, ya sea por su diseño original o por las pérdidas de eficiencia acumuladas durante su vida de servicio, por lo cual se puede trabajar en la modernización de equipos e instalaciones auxiliares que permitan recuperar las eficiencias operativas originales o incrementar la capacidad de generación actual.

A través de la modernización y repotenciación se tienen las posibilidades de incrementar su factor de planta, siendo así más atractivo en relación con otras fuentes como la solar y la eólica que son del orden del 20 al 30%, además operando con tiempos de vida útil de 50 años, mientras que las otras no superan los 25 años.

Es importante reiterar que esta colección de dos libros tiene como propósito central el incentivar la discusión y definición de las temáticas de investigación e innovación del CEMIE-Hidro. Dichas temáticas no solo se refieren a aspectos estrictamente técnicos sino también a los ambientales y sociales que van íntimamente ligados a la generación hidroeléctrica.

El Libro se publicó el pasado 23 de diciembre de 2017 en el sitio de Biblioteca Digital de la página oficial del IMTA:

www.gob.mx/imta/acciones-y-programas/biblioteca-digital

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 4. Liga a la página web del libro digital

Capítulo 1. “Antecedentes: Energía Hidroeléctrica en México y en el mundo”

Este capítulo explica el Marco Nacional e Internacional de las Energías Limpias, así como su prospectiva de desarrollo:

...México es un país con alto potencial para la producción de energías renovables. De acuerdo con datos del PRODESEN 2017-2031, en el 2016, de la capacidad instalada, el 71.2% proviene de tecnologías convencionales y 28.8% de tecnologías limpias. La generación hidroeléctrica representó el 17% de la capacidad instalada, con 12,589 MW en 84 centrales hidroeléctricas.

Según la International Renewable Energy Agency (IRENA, por sus siglas en inglés), a nivel mundial la capacidad instalada con energías renovables en 2015 fue de 1.849.496 MW, donde la hidroelectricidad concentra el 70.4% de la Generación Anual con 3,898,980.88 GWh, y el 59.4% de la capacidad instalada (1,098,279.76 MW).

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



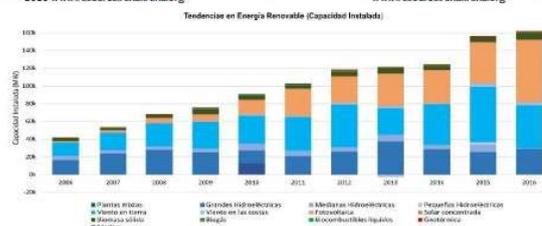
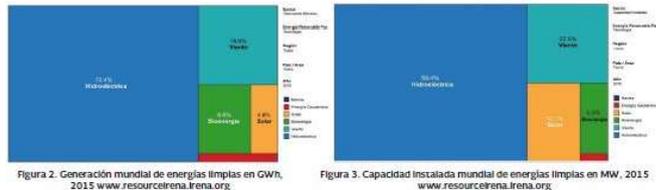
Figura 5. Mapas y porcentajes de la Energía Hidroeléctrica en México

Energía Hidroeléctrica en el Mundo

Según cifras de la International Renewable Energy Agency (IRENA, por sus siglas en inglés), a nivel mundial la capacidad instalada con energías renovables en 2015 fue de 1,849,496 MW, donde la hidroelectricidad concentra el 70.4% de la Generación Anual con 3,898,980.88 GWh (Figura 2), y el 59.4% (Figura 3) de la capacidad instalada (1,098,279.76 MW). Donde Asia tiene el 28.2%, Norte América el 11.8%, Europa el 10% y Sudamérica el 11.5% de la generación, entre los más importantes (Figura 2).

Asimismo, las adiciones de capacidad en hidroeléctricas no han incrementado en comparación con otras fuentes, de acuerdo con las estadísticas de 2006 a 2016 presentadas por IRENA (Figura 4).

De acuerdo con Bloomberg New Energy Finance las tecnologías solar y eólica mostrarán un incremento muy considerable en su participación en el periodo 2025-2030, las cuales resultarían competitivas contra cualquier otra fuente de energía, dada las reducciones de costos del 40% al 50%, mientras que en el solar disminuyen en un 25%, esto debido al apoyo político sostenido, el progreso tecnológico y la expansión en nuevos mercados con mejores recursos renovables.



3 International Renewable Energy Agency, IRENA, Capacity and Generation. <http://resourceirena.irena.org/gateaw/da/boards/1/000e-66-001/000e-66-001-1-1>

Bases para un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica, CEMIE-Hidro, 1era Parte: Infraestructura Hidroeléctrica Actual

Figura 6. Gráficas de la Energía Hidroeléctrica en el Mundo

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Capítulo 2. “Marco legal de las energías limpias”

En este capítulo se habla de todas las leyes, reglamentos y normas que intervienen en el tema de la generación de la energía eléctrica con fuentes limpias y renovables. Ya sean las leyes por cambio climático, las leyes que regulan el aprovechamiento de las energías limpias, etc.

En el contexto de las energías limpias, los programas nacionales e internacionales en su estado actual y prospectiva, que intervienen en las políticas, los ordenamientos y mecanismos legales son:

- La Constitución Política de Los Estados Unidos Mexicanos, en sus artículos 4, 25, 27 y 28.
- Leyes: como la LGCC, LIE, LCFE, LTE, LEG, entre otros.
- Reglamentos: de la LIE, CFE, LTE, entre otras.
- Planes, el PND.
- Estrategias, como la ENCC.
- Programas, como el PRONASE; PETE, PEAER y el PRODESEN.
- Lineamientos y Normas, como las bases del MEM.



Figura 15. Leyes en Materia Energética y Ambiental



Ley General de Cambio Climático, LGCC

Una de las principales características de la LGCC, es el establecimiento de un conjunto de metas con el fin de orientar el desempeño de México hacia una economía baja en carbono. Respecto a emisiones de gases y compuestos de efecto invernadero (GEI), en el Artículo Segundo Transitorio de la LGCC se asume una meta de reducirlas al 2020 un 30% con respecto a la línea base, así como un 50% de reducción de emisiones al 2050, en relación con las emitidas en el año 2000. ⁶ (Figura).



Figura 16. Principales Objetivos de la Ley General de Cambio Climático

⁶ Diario Oficial de la Federación (DOF). (2012). Ley General de Cambio Climático. De: Diario Oficial de la Federación (DOF). Sitio web.

https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/data/file/16482/ley_general_de_cambio_climatico.pdf

Bases para un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica, CEMIE-Hidro, 1era Parte: Infraestructura Hidroeléctrica Actual

Figura 7. Leyes en materia energética 1

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Capítulo 3. “Alianzas estratégicas”

Para lograr la meta de la creación de un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica (CEMIE-Hidro), se requiere la cooperación y el trabajo en conjunto de diferentes organismos, institutos, universidades, etc.

Este capítulo habla de la cooperación entre el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) y el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias (INEEL), para la organización del 1er. Simposio “Retos y oportunidades de la generación hidroeléctrica en México”, en la cual se reunieron a los principales actores y expertos en el tema de la hidrogenación no solo de México, sino en otras partes del mundo. Se tiene mayor detalle de este evento en el Libro de “Memorias del Simposio”, el cual será publicado en próximos meses.

Alianza IMTA – INEEL para el desarrollo de la generación hidroeléctrica

Actualmente el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA y el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, INEEL, han sumado esfuerzos con el fin de constituir una alianza a través de la cual sea posible conjuntar los conocimientos, experiencias y visión de los actores más importantes en las áreas de la generación hidroeléctrica, es por ello que se llevó a cabo el 1er Simposio de Generación Hidroeléctrica IMTA-INEEL, realizado el 26 de octubre de 2017, donde se analizaron las condiciones actuales, barreras, retos y áreas de oportunidad, así como posibles líneas de acción y estrategias que propician las condiciones para el desarrollo de este sector y los beneficios que de ello se desprenden.



Figura 19. 1era reunión IMTA-INEEL, de acciones para impulsar la generación hidroeléctrica



Figura 20. 1er Simposio IMTA-INEEL “Retos y oportunidades de la Generación Hidroeléctrica”

CONFERENCIAS MAGISTRALES	MESAS TEMÁTICAS
Barreras para el desarrollo de la generación hidroeléctrica en México en el nuevo PEM.	Integración de la energía renovable en el sistema eléctrico nacional.
Generación hidroeléctrica y sostenibilidad: retos y áreas de oportunidad.	Desarrollo de la energía hidroeléctrica en zonas de alta montaña.
Generación hidroeléctrica y medio ambiente: retos y áreas de oportunidad.	Uso de energía y desarrollo de proyectos hidroeléctricos en zonas de alta montaña.
Tendencias en el desarrollo de la generación hidroeléctrica.	Integración de la energía renovable en el sistema eléctrico nacional.
Avances de la SENER para potenciar la generación hidroeléctrica.	Integración de la energía renovable en el sistema eléctrico nacional.

Figura 21. Programa de Conferencias y Mesas Temáticas del 1er Simposio IMTA-INEEL



Figura 22. Ing. Carlos Ortiz G. Director de Innovación de la SENER, Dr. Diego Arjona A. Director General INEEL, Mtro. Leonardo Beltrán R. Subsecretario de Energía, Mtra. Ana Palacios IMTA, Dr. Agustín Álvarez I. Director del INGEN, Mtro. Mario López P. Coordinador Hidrología-IMTA

Bases para un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica, CEMIE-Hidro, 1era Parte: Infraestructura Hidroeléctrica Actual

Figura 8. Imágenes de los carteles y fotografías de algunos expositores del 1er. Simposio

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 23. Atriba izquierda: Mtro. Leonardo Beltrán (Subsecretario Energía), Mtra. Ana Palacios (IMTA), Mtro. Mario López (Coordinador Hidrología-IMTA), Arriba centro: Ing. Carlos Ortiz (Dir. Innovación SENER), Dr. L. Agustín Álvarez (Dir. INGEN), Dr. Diego Arjona (Dir. INEEL), Mtro. Mario López P. Arriba derecha: Dr. Felipe Arreguín C. (Dir. IMTA). Abajo izquierda: Ing. Javier García M. (Coordinador Proy. Hidroeléctricos-CFE), Centro izquierda: Lic. Efraín Villanueva A. (Dir. Energías Limpias-SENER), Ing. Jacobo Méxier (AMEX-HIDRO), Centro abajo: Mtro. Miguel Guzmán (INEEL), Mtra. Eva Bastida (CFE), Dra. Antonieta Gómez B. (IMTA), Dr. Basilio Verdusco (UdG), Ing. Eugenio Barrios (WWF), Abajo derecha: Mtro. Alberto Gutiérrez (Planeación hídrica-IMTA), Mtro. — (Planeación-CONAGUA), Mtro. Víctor Franco (Investigador INGEN), Ing. Iván Rodríguez R. (Generación Hidroeléctrica-CFE)

Bases para un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica, CEMIE-Hidro, 1era Parte: Infraestructura Hidroeléctrica Actual

15

Figura 9. Expositores de las mesas temáticas y conferencias magistrales

Se busca que los CEMIE's permitan al sector abatir las barreras y aprovechar los retos científicos y tecnológicos que enfrenta el país para el aprovechamiento sustentable de la energía. Se pretende que se integren redes o alianzas estratégicas para la formación de capacidades y recursos humanos; de vinculación y expansión del tejido científico-tecnológico-empresarial; y de visión, estrategia y prospectiva de la energía en México.

Capítulo 4. “Modernización y/o repotenciación de centrales existentes”

En este capítulo se identifican todas las centrales de generación hidroeléctrica en el país y se analizan las centrales con posible o probable repotenciación y/o modernización, con base en su tiempo de vida útil. Este esquema de explotación hidroeléctrica puede resultar altamente competitivo, ya que la vida útil de muchas instalaciones puede superar los 100 años y es usual contar con equipos con bajas eficiencias de operación, ya sea por su diseño original o por las pérdidas acumuladas durante su vida de servicio, por lo cual se puede trabajar en la modernización de equipos e instalaciones auxiliares que permitan recuperar las eficiencias operativas originales y/o incrementar la capacidad de generación.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Actualmente el INERE, identifica 101 presas de generación actual tanto de CFE como de privados, entre grandes (mayores a 30 MW) y pequeñas (menores a 30 MW) de capacidad instalada y que van desde 1 unidad de generación hasta 8 unidades. De las cuales 54 presas son mayores a 50 años de operación, siendo la más antigua y sin rehabilitación la Central Portezuelos 1 en Atlixco, Puebla; La Laguna, en Tecojotal, Hidalgo construida en 1903 y Umécuaro en 1904, operadas actualmente por CFE; y la Generadora Fénix con la Central Necaxa, en Puebla, construida en 1905, (Ver figura 10), ésta última con factor de planta de 32%.

Asimismo, de las presas con capacidad instalada menor a 30 MW se identificaron 43 centrales, con una vida útil mayor a 50 años: destaca la Derivadora Echeverría en Puebla, construida en 1880 y una capacidad instalada de 2.80 MW; entre otras, de acuerdo con datos del Sistema de Seguridad de Presas, SISP, de la CONAGUA (Ver figura 11).



Figura 10. Mapa de las 101 centrales hidroeléctricas identificadas

De las presas menores a 50 años y de capacidad instalada también menor a 30MW se identificaron 27 centrales: destaca la central Loma Pedregosa en Veracruz, construida 1976 y una capacidad de 0.004 MW; la pequeña hidroeléctrica de la Cervecería Cuauhtémoc en Orizaba, Veracruz, construida en 1992 con 10 MW; y la Central Trigomil en Jalisco, con 20.11 MW y construida en 1993, destaca ésta última con un factor de planta de planta de 0.17%.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 11. Localización de las 43 centrales identificadas con más de 50 años operando, con una capacidad menor a 30 MW

Capítulo 5. “Equipamiento en embalses existentes”

En este capítulo se identifica toda la infraestructura hidráulica existente en el país, como son las presas que no están destinadas para la generación eléctrica, pero que son susceptibles de llegar a esto, considerando algunas condicionantes, como son: los aspectos técnicos, sociales, económicos y ambientales, entre los cuales se pueden mencionar presas de almacenamiento, derivadoras, canales de riego, acueductos, plantas de tratamiento, obras de regulación, etc., con la intención de que puedan ser utilizadas para la generación de energía eléctrica, respetando las necesidades actuales en los usos del agua y sin afectar el entorno económico, social y ambiental.

Es el Centro Nacional de Prevención de Desastres, CENAPRED, quien conjunta la información de ambas bases de datos, de forma accesible y contabiliza un total de 4903 estructuras hidráulicas existentes, de las cuales son susceptibles de generación hidroeléctrica 2917 presas.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 12. Infraestructura hidráulica existente (CENAPRED)

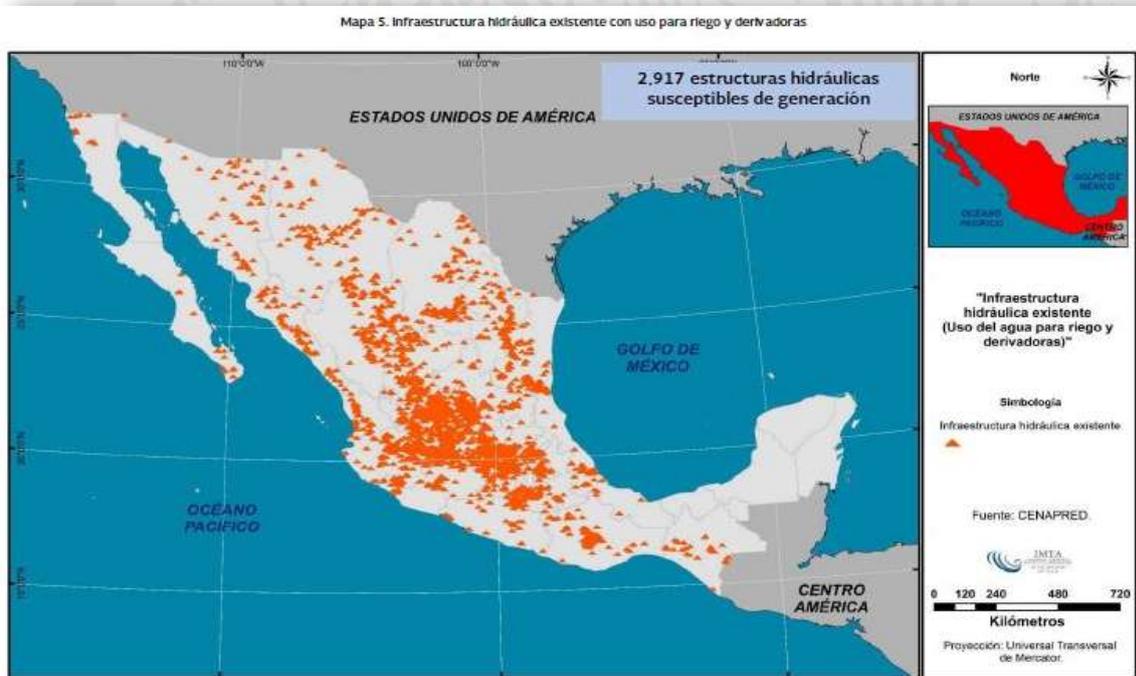


Figura 13. Infraestructura susceptible de la generación hidroeléctrica

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Potencial y volumen de almacenamiento.

De las 2917 estructuras susceptibles de generación, 49 tienen un volumen entre 3900 y 100 HM³; 115 estructuras tienen un volumen entre 100 y 15 HM³, y 706 contienen un volumen entre 1 y 100 HM³. El resto, es decir, 2046 estructuras, tienen un volumen menor a 1 HM³.

Potencial y volumen de almacenamiento

Partiendo de la hipótesis que el potencial mayor está en función del volumen mayor de almacenamiento (VOL. NAMO, HM³), se encuentra que, de las 2917 estructuras susceptibles de generación: 49 tienen un volumen entre 3900 y 100 HM³ (Figura 29); 115 estructuras tienen un volumen entre 100 y 15 HM³ (Figura 30), y 706 contienen un volumen entre 1 y 100 HM³, y el resto, es decir, 2046 estructuras, tienen un volumen menor a 1 HM³.

Haciendo un ajuste logarítmico entre el almacenamiento y la potencia esperada de las centrales, se identifica que para los rangos de volumen entre 3400 y 1800 HM³, se encontró una correspondencia solo en el 63% de los datos y en un rango del 96% de ajuste (Figura 26). Para los rangos entre 1300 y 300 HM³, se identifica una correspondencia de solo el 30% de los datos y aquellos menores a 355 HM³ para una curva de ajuste exponencial en un rango del 84.6% de precisión (Figura 27). En los rangos entre 300 y 15 HM³ también existe una correspondencia solo en el 30% de los valores, de esos el 80% son menores a 100 HM³. Los volúmenes menores a 15 HM³, ya no muestran ninguna correspondencia entre el volumen y el potencial, además representan un valor mínimo de 0.001 MW.

Bajo estos resultados se recomienda analizar el potencial para las estructuras hidráulicas mayores a 15 HM³.



Figura 28. Ajuste Potencia Vs Vol. Almacenamiento (<3400 y >1800 HM³)

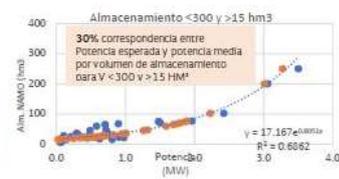


Figura 30. Ajuste Potencia Vs Vol. Almacenamiento (<300 y >15 HM³)

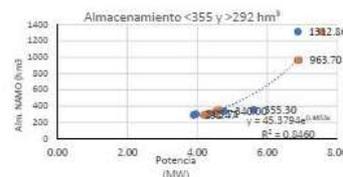


Figura 29. Ajuste Potencia Vs Vol. Almacenamiento (<355 y >292 HM³)

49 estructuras hidráulicas con volumen entre 3900 y 100 HM³

115 estructuras hidráulicas entre 100 y 15 HM³

706 estructuras hidráulicas entre 1 y 100 HM³

Bases para un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica, CEMIE-Hidro, 1era Parte: Infraestructura Hidroeléctrica Actual

Figura 14. Potencial esperado, según su capacidad de almacenamiento

Potencial de pequeña, mini y micro generación.

Se identificaron 362 estructuras hidráulicas con obra de toma y para uso en riego en los rangos de pequeña (menor a 30 MW), mini (1 a 5 MW) y micro (menor a 1 MW), que suman capacidad a instalar de 484.41 MW y 1,697 GWh de generación anual.

25 estructuras con **279.85 MW** de potencia a instalar y **981 GWh** de generación anual esperada en pequeña generación (5-30 MW).

81 estructuras hidráulicas con **162.25 MW** y **568.52 GWh** de generación anual esperada en mini generación (1-5 MW)

256 estructuras hidráulicas de micro generación (>1 MW) con **42.30 MW** y **148.24 GWh** de generación anual

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 15. Pequeña Hidrogeneración



Figura 16. Mini Hidrogeneración

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”



Figura 17. Micro Hidrogeneración

Capítulo 6. “Conclusiones”

La energía hidroeléctrica es una de las opciones más atractivas para la producción de energía, siempre y cuando sean sistemas planificados y con un equilibrio social y ambiental.

En México el almacenamiento actual de las presas es del orden de 150 mil millones de metros cúbicos y el 80% de éste se encuentra almacenado en 181 presas. Si se aprovecha la infraestructura hidráulica existente con las características ya mencionadas, como son para uso de riego, se podrían contar con 2916 estructuras hidráulicas existentes para generación.

El potencial total que representan es de 484.41 MW y 1,697 GWh; distribuido en 25 presas pequeñas (menor a 30 MW) que suman 279.85 MW de capacidad instalada y generación de 981.10 GWh; en mini-generación con 81 presas que suman 162.25 MW o 568.52 GWh y de microgeneración, es decir, menores a 1 MW de capacidad.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

5. 1er Simposio IMTA-INEEL “Retos y Oportunidades de la generación hidroeléctrica en México”

El “1er. Simposio Retos y oportunidades de la generación hidroeléctrica en México” celebrado el día 26 de octubre, 2017, permitió la participación y el diálogo entre invitados y sectores interesados en el tema, como: el Mtro. Leonardo Beltrán Rodríguez, Subsecretario de Planeación y Transición Energética de la SENER siendo invitado de honor a este gran evento. También se contó con la presencia del Director General del INEEL el Dr. Diego Arjona Argüelles y el Director General del IMTA el Dr. Felipe Arreguín Cortés; el Director de Innovación de la SENER Ing. Carlos Ortiz Gómez; el Director del Instituto de Ingeniería de la UNAM, el Dr. Álvarez Icaza; el Director de Energías Limpias de la SENER, el Lic. Efraín Villanueva Arcos; el Ing. Javier García de la Merced, Coordinador de Proyectos Hidroeléctricos de la CFE; entre otras autoridades y expertos en el tema de la hidroelectricidad.



Figura 18. Portada de difusión del 1er Simposio IMTA-INEEL “Retos y oportunidades de la generación hidroeléctrica en México”

CONFERENCIAS MAGISTRALES	MESAS TEMÁTICAS
<p>Barreras para el desarrollo de la generación hidroeléctrica en México en el nuevo MEM. <i>Jacoba Mekler Waisburd (AMEX-HIDRO).</i></p>	<p>Importancia de la creación de un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica CEMIE-Hidro.</p>
<p>Generación hidroeléctrica y Sociedad: retos y áreas de oportunidad. <i>Basilio Verduzco Chávez (Universidad de Guadalajara).</i></p>	<p>Desarrollo de la generación hidroeléctrica en el contexto de la seguridad hídrica.</p>
<p>Generación hidroeléctrica y Medio ambiente: retos y áreas de oportunidad. <i>Antonietta Gómez Balandra (IMTA).</i></p>	<p>Conocimiento y desarrollo de potencial hidroeléctrico de pequeña y gran escala.</p>
<p>Tendencias en el desarrollo de la generación hidroeléctrica. <i>Javier García de la Merced (CPH-CFE).</i></p>	<p>Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación en la Generación Hidroeléctrica.</p>
<p>Acciones de la SENER para potenciar la generación hidroeléctrica. <i>Efraín Villanueva Arcos (SENER).</i></p>	<p>Financiamiento, comercialización y Participación Pública Privada (PPP), en los Proyectos Hidroeléctricos dentro del nuevo MEM.</p>
	<p>Aspectos socioambientales en la generación hidroeléctrica.</p>

Figura 19. Programa de Conferencias Magistrales y Mesas temáticas de discusión del 1er Simposio IMTA-INEEL

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Conferencias Magistrales

La primera conferencia fue impartida por el **Mtro. Leonardo Beltrán Rodríguez, Subsecretario de Planeación y Transición Energética** de la SENER con el tema:

“Políticas para fomentar las energías limpias”

Donde se habló de los planes de inversión a largo plazo de la SENER y de alcanzar la meta de generar el 50% de fuentes limpias para el año 2031.

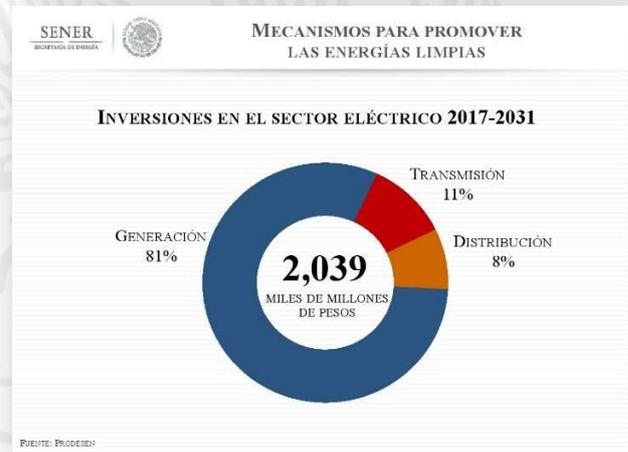


Figura 20. Conferencia del Subsecretario de Planeación y Transición Energética de la SENER

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

La segunda conferencia fue impartida por el **Ing. Jacobo Mekler Waisburd, Presidente de la Asociación Mexicana de Energía Hidroeléctrica (AMEXHIDRO)**, con el tema:

“Barreras para el desarrollo de la generación hidroeléctrica en México en el nuevo MEM”

Donde se habló de la importancia de la participación privada en el desarrollo de la generación hidroeléctrica y de la integración de nuevas empresas desarrolladoras y proveedoras. Señaló las dificultades para la construcción de nuevas centrales hidroeléctricas por las nuevas reglas del mercado energético.



Principales Dificultades

1. Restructura del Mercado
2. Nuevas Reglas (Subastas de Largo Plazo)
 - Debe reconocerse las virtudes de cada tecnología para poder valorarlas adecuadamente
 - Las nuevas Reglas y los precios máximos establecidos en la subasta claramente NO VALORAN A LA ENERGÍA HIDROELECTRICA debido a:
 - El bajo precio por capacidad establecido
 - El poco diferencial establecido entre la energía de base y de punta
 - Metodología usada en la subasta para pago de Capacidad no beneficia a la energía hidroeléctrica (Ex-Post)
 - Los tiempos de la subasta no se ajustan a los requeridos para proyectos Hidroeléctricos
3. Inversión por MW mayor a la de otras tecnologías
4. Falta de Ley de Consulta Indígena
5. Convencer a la sociedad y al gobierno que las Hidro son necesarias, no son dañinas, no atentan contra la naturaleza, dan oportunidades de trabajo y derrama económica

Figura 21. Conferencia y presentación del Ing. Jacobo Mekler Waisburd de AMEXHIDRO

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

La tercera conferencia fue impartida por el **Dr. Basilio Verduzco Chávez, Investigador en temas de riesgo social y ambiental de la Universidad de Guadalajara**, con el tema:

“Generación hidroeléctrica y sociedad: Retos y áreas de oportunidad”

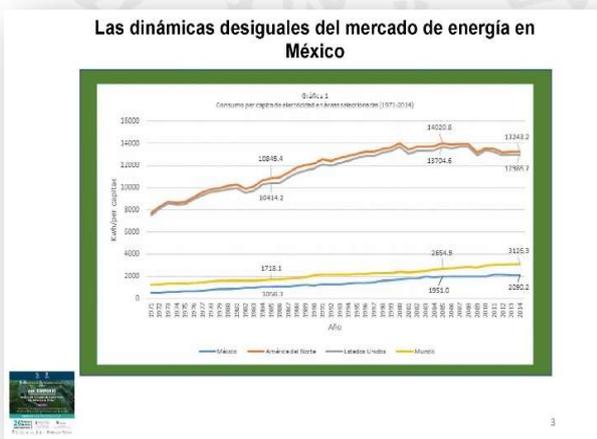
Explicó el tema de riesgo social y las dificultades en el proceso de adopción de la tecnología y de la construcción de nuevos proyectos hidroeléctricos. Al mismo tiempo se comparó el desarrollo económico y el desarrollo regional como indicador de los mercados eléctricos y sociales.



Riesgo social en la generación hidroeléctrica: retos y áreas de oportunidad

Dr. Basilio Verduzco Chávez

Departamento de Estudios Regionales-
INESER
Universidad de Guadalajara
Correo: basiliov@cucea.udg.mx,
basiliomapas@gmail.com



Escenarios para la generación de oportunidades:

En condiciones similares de potencial hidroeléctrico de las cuencas y regiones del país, las áreas de oportunidad se forjan en torno a tres objetivos generales:

Objetivo 1.
Ampliar opciones de vida

El proyecto hidroeléctrico como contribución a las posibilidades de vida en las diversas regiones.

Objetivo 2.
Ampliar capital regional

El proyecto hidroeléctrico como ampliación de los activos regionales con beneficiarios locales claros.

Objetivo 3.
Generar ventajas de localización

El proyecto hidroeléctrico como generador de condiciones favorables a la localización de empresas y a la formación de economías locales de aglomeración.

Figura 22. Conferencia y presentación del Dr. Basilio Verduzco Chávez de la UdG

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

La cuarta conferencia estuvo a cargo del **Ing. Eugenio Barrios, Director de World Wildlife Fund (WWF) de México**, con el tema:

“Generación hidroeléctrica y sociedad: Retos y áreas de oportunidad”

En esta conferencia se habló específicamente del Proyecto Hidroeléctrico Las Cruces y del impacto ambiental en la desembocadura, afectando a la flora y la fauna de ese punto en específico, y dio otros ejemplos de los impactos al ecosistema de construir presas sin haber hecho un buen estudio de impacto ambiental.

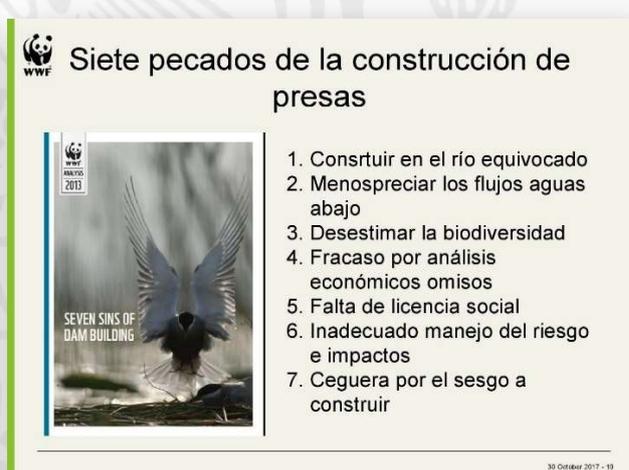
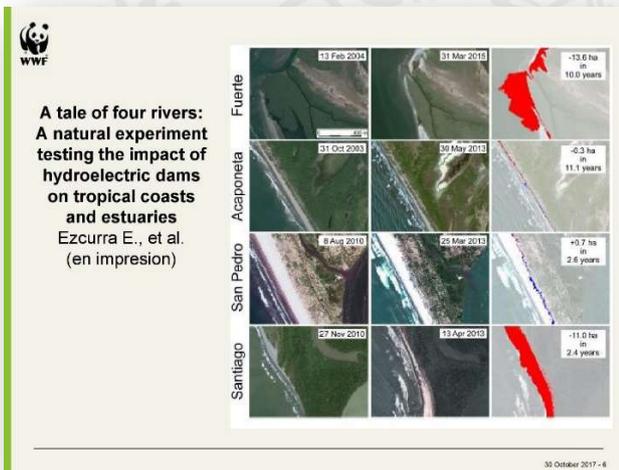
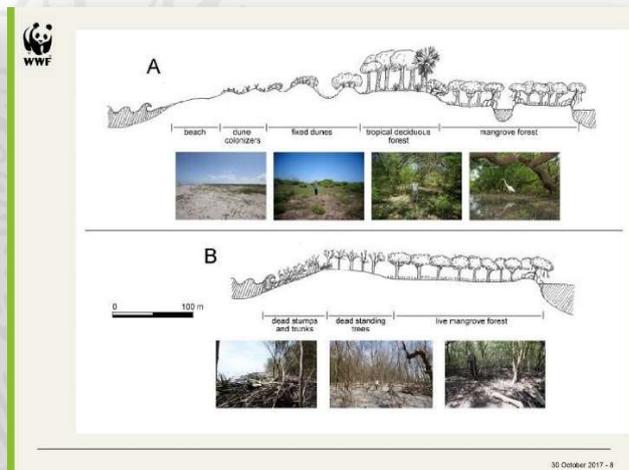


Figura 23. Conferencia y presentación del Ing. Eugenio Barrios

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

La quinta conferencia fue impartida por el **Ing. Javier Ángel García de la Merced, Coordinador de Proyectos Hidroeléctricos de la CFE**, con el tema de:

“Tendencias en el desarrollo de la generación hidroeléctrica”

En esta conferencia se habló de las barreras que tiene la CFE para desarrollar más proyectos hidroeléctricos, como son el nuevo marco legal de participación del mercado eléctrico. Mencionó como las oportunidades de desarrollo del sector hidroeléctrico es incierto al incentivarse otras fuentes de energías intermitentes y limpias, como la solar.



TENDENCIAS EN EL DESARROLLO DE LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA
1ER. SIMPOSIO “RETOS Y OPORTUNIDADES DE LA GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA EN MÉXICO”

Ing. Javier Ángel García de la Merced
Coordinador de Proyectos Hidroeléctricos
26 de octubre de 2017

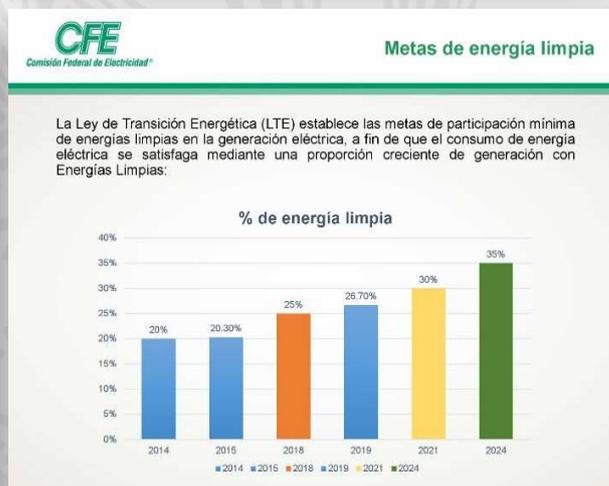
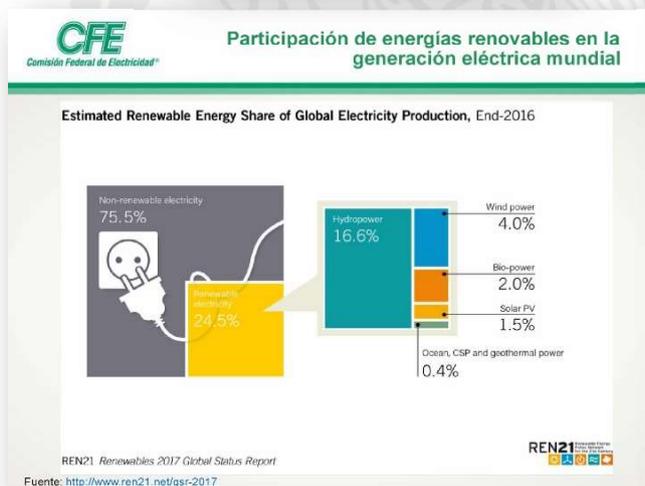


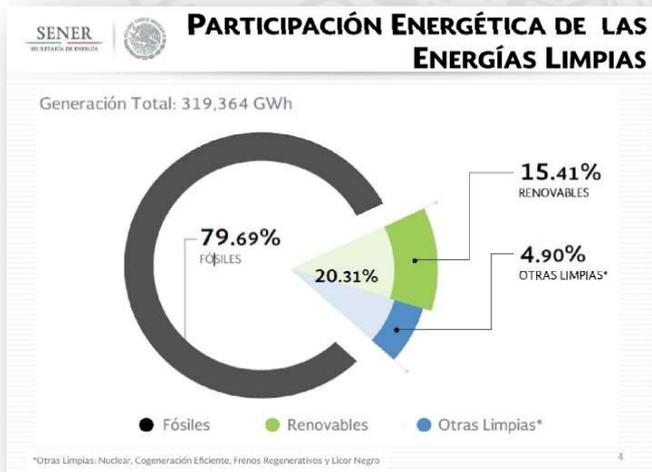
Figura 24. Conferencia y presentación del Ing. Javier Ángel García de la Merced

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

La sexta y última conferencia estuvo a cargo del **Lic. Efraín Villanueva Arcos, Director General de Energías Limpias**, con el tema:

“Acciones de la Secretaría de Energía para potenciar la Generación Hidroeléctrica”

Donde se explicó que la Secretaría de Energía, tiene las metas de que para los años 2018, 2021 y 2024 el 25, 30 y 35 por ciento de la energía que se genera provenga de fuentes limpias respectivamente. También explico la posibilidad de implementar el sistema de bombeo para mejorar la eficiencia de las centrales y la de combinar otras energías limpias con la hidroeléctrica.



ACCIONES REALIZADAS A LA FECHA

FONDO DE SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA

Proyecto de investigación aplicada denominado **“Energía renovable y sistemas de almacenamiento de energía”**.

El proyecto fue aprobado por el Fondo en 2016 y tendrá una duración de 2 años.

Objetivo del estudio:

- Elaborar un análisis costo-beneficio de la incorporación de sistemas de almacenamiento de energía mediante bombeo, considerando todos los servicios que pueden prestar estos sistemas a la red eléctrica nacional de acuerdo con las Reglas de Operación de la nueva Ley Eléctrica de México (reserva de generación, control de voltaje)

Con la participación de:

SENER
SECRETARÍA DE ENERGÍA

CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

CFE
COMISIÓN FEDERAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Figura 25. Conferencia y presentación del Lic. Efraín Villanueva Arcos

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Mesas Temáticas

Mesa 1. Importancia de la creación de un CEMIE-HIDRO

Integrada por el Director de Innovación, el Ing. Carlos Ortiz Gómez, el Director del Instituto de Ingeniería de la UNAM, el Dr. Álvarez Icaza, el director del INEEL, el Dr. Diego Arjona Argüelles, la Especialista en Hidráulica M.I. Ana Palacios Fonseca (moderadora) y el M.C. Mario López Pérez Coordinador de Hidrología del IMTA.

Los ponentes discutieron sobre la relevancia y necesidad de crear un CEMIE-HIDRO, algunos expositores presentaron encuestas sobre las áreas a fortalecer para la mini hidroelectricidad y la necesidad a diferencia de otros CEMIE's, de integrar la investigación social y ambiental como una de las principales líneas de acción.



Figura 26. Panelistas de la mesa temática 1

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Mesa 2. Desarrollo de la generación Hidroeléctrica en el contexto de la seguridad hídrica

Integrada por el Gerente de Generación Hidroeléctrica CFE, el Ing. Iván Rodríguez Rodríguez, el Profesor - Investigador del IINGEN, el M.I. Víctor Franco, el M.C. Mario López Pérez Coordinador de Hidrología del IMTA, la Gerencia de Planeación Hídrica de la CONAGUA, el Dr. Francisco Gaytán, y el M.I. Alberto Güitrón de los Reyes (moderador) Subcoordinador de Planeación Hídrica del IMTA.

En esta mesa se habló de la generación hidroeléctrica como elemento importante en la seguridad hídrica, debido a las ventajas de proporcionar agua en cantidad y calidad, el control de riesgos ante inundaciones así como en sequías. Siendo así proyectos multiusos donde el sector agua y energía trabajan continuamente en colaboración.



Figura 27. Panelistas de la mesa temática 2

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Mesa 3. Conocimiento y desarrollo potencial hidroeléctrico y gran escala

Integrada por: el Coordinador de Proyectos Hidroeléctricos de la CFE, Ing. Javier Ángel García de la Merced; de VOITH Hydro Brazil el Ing. Rodrigo Parra; el Investigador del IMTA, el M.I. Sergio Armando Trelles Jasso, y la Especialista en Hidráulica M.I. Ana Palacios Fonseca (moderadora).

En esta mesa se habló del porque no se han podido construir nuevas centrales hidroeléctricas, donde se hace mención que en algunos casos fue principalmente por la problemática social y ambiental, la reforma energética, el mercado eléctrico, etc., que están generando mayor inversión en otras fuentes. Se proponen los casos como Europa y Brasil que donde se han considerado invertir en los sistemas híbridos y de bombeo hidráulico como fuente de almacenamiento.



Figura 28. Panelistas de la mesa temática 3

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Mesa 4. Investigación, desarrollo tecnológico e innovación en la generación hidroeléctrica

Integrada por Valdez Ingenieros (VINSIA), el Ing. Luis Héctor Valdez Báez; de la Gerencia de Turbomaquinaria del IIE, el Dr. José Manuel Franco Nava; de la CPH-CFE, M.C. Sergio Corinca Rea; y el Investigador de la Gerencia de Ingeniería Civil del INEEL, el M.I. Miguel Ángel Guzmán Barriga (moderador).

En esta mesa se habló de que solo se aprovecha el 40% del potencial de pequeña hidrogenación. Se hizo hincapié en lo importante que es crear un CEMIE- Hidro para investigar y desarrollar nuevas tecnologías y en lo importante que será la cooperación de especialistas, jóvenes estudiantes de diferentes instancias, universidades, etc.



Figura 29. Panelistas de la mesa temática 4

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Mesa 5. Financiamiento, comercialización y participación pública-privada (PPP), en los proyectos hidroeléctricos dentro del nuevo MEM

Integrada por el Director de Operación y Planeación del CENACE, el Lic. Nemorio González Medina; de BANOBRAS, el Lic. Eduardo Chávez Gutiérrez; de POWER-CHINA México, el Lic. Francisco Inguanzo González; el Presidente de la Asociación Mexicana de Energía Hidroeléctrica (AMEXHIDRO), el Ing. Jacobo Mekler Waisburd; y el Investigador del IMTA, el M.I. Sergio Armando Trelles Jasso (moderador).

En esta mesa, se habló de lo complicado que se ha vuelto encontrar financiamiento para nuevos proyectos hidroeléctricos, porque las reglas del mercado eléctrico actual no son muy favorables para el sector hidroeléctrico, en comparación a otras fuentes limpias, donde se tienen apoyos por parte de la Banca de desarrollo, la Banca comercial o financiamiento extranjero.



Figura 30. Panelistas de la mesa temática 5

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

Mesa 6. Aspectos socio-ambientales en la generación hidroeléctrica

Integrada por el Director de *World Wildlife Fund* (WWF) de México, el Ing. Eugenio Barrios; el Investigador en temas de riesgo social y ambiental de la Universidad de Guadalajara, el Dr. Basilio Verduzco Chávez; la Investigadora de IMTA, la Dra. María Antonieta Gómez Balandra; la Especialista de la Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos CFE, la Antropóloga Eva M. Bastida Soto; el Investigador de la Gerencia de Ingeniería Civil del INEEL, el M.I. Miguel Ángel Guzmán Barriga (moderador).

En esta mesa el punto a tratar fue sobre los problemas entre la sociedad y la construcción de nuevos proyectos hidroeléctricos, donde se pueda garantizar el bienestar del ecosistema, de la misma comunidad y de todas las partes involucradas.



Figura 31. Panelistas de la mesa temática 6

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

6. CONCLUSIONES

El presente proyecto tenía como objetivo principal impulsar la creación de un CEMIE-HIDRO, a través de impulsar alianzas estratégicas. En ese sentido hubo una colaboración muy estrecha entre el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA y el Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, INEEL, que sumaron esfuerzos para impulsar el desarrollo de este sector a través del 1er Simposio “Barreras y oportunidades para el desarrollo de la Generación Hidroeléctrica”, donde se ayudó a identificar algunos de los retos más relevantes, como son las nuevas reglas del MEM, donde existe una baja competitividad frente a las nuevas tecnologías de generación (solar y eólica), por los financiamientos, los precios futuros y los costos de inversión entre otros temas. Por otro lado, se concluyó que es importante atender los aspectos socioambientales desde la sustentabilidad y el desarrollo social, ya que, al ser altamente intrusivos, particularmente las grandes centrales, siempre existirá una percepción negativa y rechazo social. Existe también una gran expectativa de desarrollo social, el cual no llega regularmente a realizarse. En la parte medioambiental es importante estudiar los efectos medioambientales adversos. También la generación hidroeléctrica es fundamental en la seguridad hídrica debido a que son proyectos que aseguran la cantidad y calidad ante fenómenos meteorológicos como inundaciones y sequías.

Se logró el interés de la SENER para presentarle una Propuesta para la creación de un CEMIE-HIDRO a través de la Subsecretaría de Transición Energética, a partir de las oportunidades de desarrollo que permitirían en el corto plazo potenciar la generación hidroeléctrica. Y a través de cuatro esquemas de explotación hidroeléctrica para ser competitivos en el nuevo Mercado Eléctrico:

1. Nuevas centrales de generación
2. Infraestructura hidráulica existente
3. Modernización y/o repotenciación
4. Almacenamiento por bombeo hidráulico

Otro resultado importante en el proyecto fue la publicación del libro “Bases para la creación de un Centro Mexicano en Innovación en Energía, CEMIE-HIDRO, 1era Parte: Infraestructura hidroeléctrica Actual”, donde se analizan dos posibilidades para potenciar la generación hidroeléctrica: 1. El uso de infraestructura hidráulica existente y, 2. La identificación de centrales para repotenciación y modernización.

Con estos resultados se sientan las bases para la creación de un CEMIE-HIDRO, así como del contexto actual de las energías renovables y los mecanismos para impulsar la energía hidroeléctrica en México.

“Año del Centenario de la Promulgación de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos”

7. ANEXOS

Anexo 1.

Libro en formato PDF, “Bases para un Centro Mexicano en Innovación en Energía Hidroeléctrica, CEMIE-Hidro”.

Anexo 2.

Ligas al evento en video del 1er. Simposio “Retos y Oportunidades de la Generación de Hidroeléctrica en México”.

- Liga, parte 1: https://www.youtube.com/watch?v=ipMkpc_vNxE
- Liga, parte 2: https://www.youtube.com/watch?v=J9G1_-WipM0
- Liga, parte 3: https://www.youtube.com/watch?v=uW_BCEg2Z1w
- Liga, parte 4: https://www.youtube.com/watch?v=Qek51L0O_II