



EFICIENCIA

ENERGÉTICA

REVISTA DEL FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

EFECTO DE LAS CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES EN EL DESEMPEÑO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE DISTINTAS TECNOLOGÍAS



FOREECA

El FIDE crea un fondo para impulsar la eficiencia energética en Centroamérica

BIOGÁS

El potencial energético de las plantas de tratamiento de aguas residuales en México

PROGRAMA ADLE

Centroamérica aumenta su competitividad invirtiendo en el ahorro de energía

CASOS DE ÉXITO

El reemplazo de motores CD por CA redujo 17.2 % del consumo de energía



EFICIENCIA

ENERGÉTICA

REVISTA DEL FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA



**REVISTA TRIMESTRAL
ESPECIALIZADA EN TEMAS
DE EFICIENCIA ENERGÉTICA**

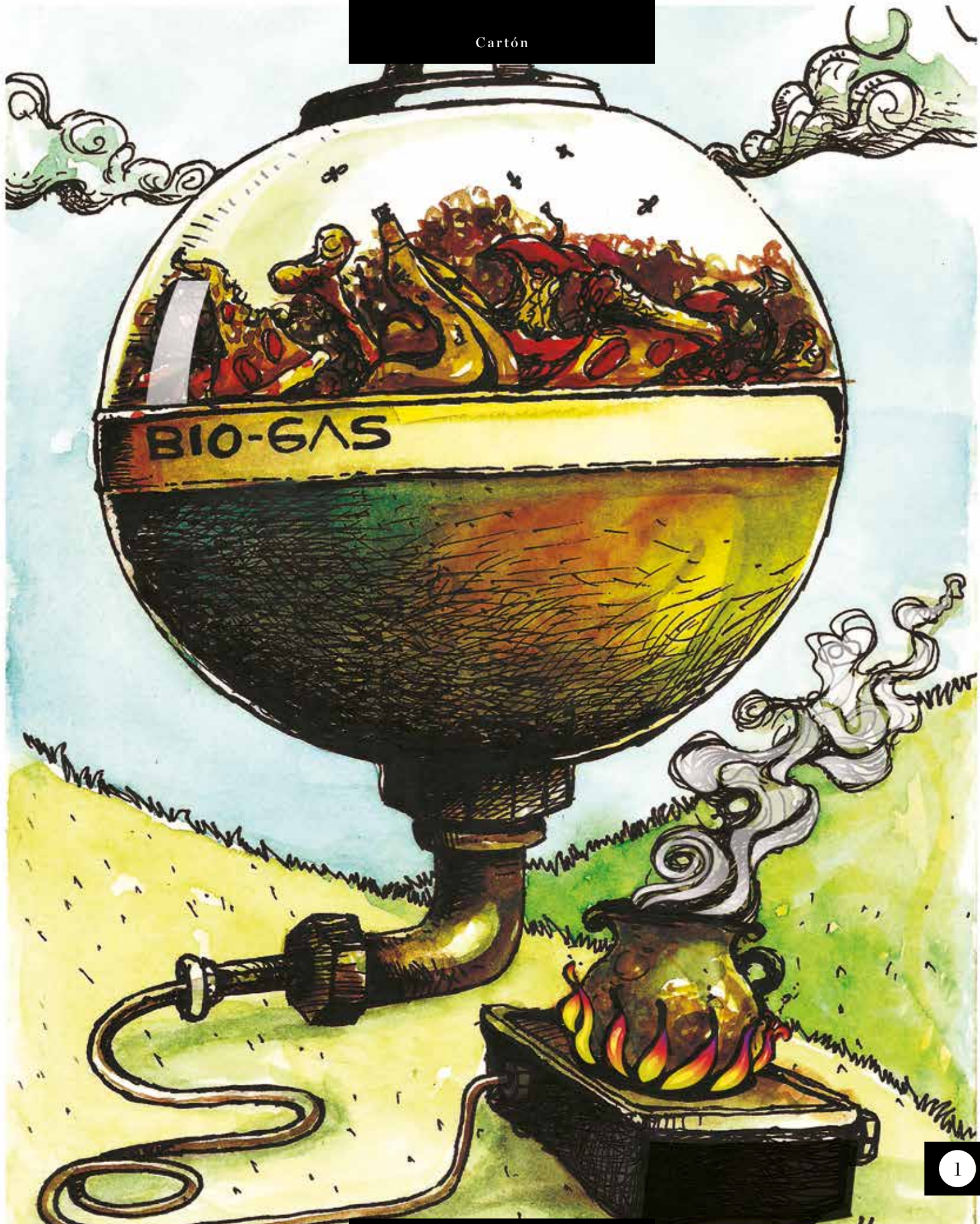
PROCEDIMIENTO:

1. Realiza el depósito bancario a nombre del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica en HSBC, sucursal no. 3003, cuenta 017741332-6.
2. Escanea tu ficha de depósito en un archivo formato PDF o JPG.
3. Para completar el proceso de suscripción, necesitarás tu Registro Federal de Contribuyentes (RFC) escaneado en un archivo formato PDF o JPG.
4. Entra a www.fide.org.mx. En la sección dedicada a la revista *Eficiencia Energética*, entra a Suscripciones. Completa los campos con la información requerida. No olvides adjuntar el comprobante de pago y tu RFC.
5. Presiona el botón Enviar.


La información que nos proporciones estará protegida por la Ley de Datos Personales en Posesión de Particulares.

Si necesitas más información sobre este procedimiento, comunícate con la Lic. Diana Carolina Zamora Acosta, al teléfono (01 55) 1101 0520 ext. 96135

**SUSCRÍBETE
1 AÑO
POR \$200
Y RECIBE
4 NÚMEROS**



DIVERSIFICACIÓN DE FUENTES Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Inicia un nuevo año y continúan los retos a nivel local y global en materia de energía. Desde hace un par de décadas, la seguridad energética ha encabezado las acciones de los programas de gobierno, no solo de México, sino de todas las naciones del mundo. En este contexto, por lo menos dos acciones han sido claves para alcanzar esta meta. Una es la diversificación de las fuentes de producción de energía; otra son las políticas públicas encaminadas al aumento de la eficiencia energética. En nuestro país, la reforma energética contempla estas acciones como ejes fundamentales para, por un lado, salvaguardar la seguridad energética y, por el otro, potenciar el desarrollo económico. Hoy, nuestro esquema energético transita de un modelo basado en los hidrocarburos, a uno con una mayor diversificación de fuentes, una tarea que se antoja prometedora debido a la riqueza natural de nuestro territorio. Por ello, en esta primera edición del 2018 dedicamos la sección de Investigación a un estudio experimental que determinó cómo los efectos ambientales afectan la eficiencia de la producción de energía fotovoltaica en el área del Valle de México. En este sentido, en la sección de Difusión se muestra el potencial latente que representan las plantas de tratamiento de aguas residuales para la producción de biogás. En línea con las acciones para el aumento de la eficiencia energética, en la sección de Internacional se da cuenta de los logros obtenidos por el programa Administrador de la Energía en Centroamérica; mientras que en la sección Casos de Éxito FIDE se demuestra cómo las acciones en aras de la eficiencia energética disminuyen los costos de producción, al tiempo que impulsan la productividad. Sin duda, el 2018 será un año de retos, pero también de oportunidades a nivel local y global para alcanzar la seguridad energética y contribuir al desarrollo de las naciones desde el sector energético. 

DIRECTORIO

Comité Técnico

Pablo Moreno Cadena
Presidente

Gabriel Andrés Ibarra Elorriaga
Vicepresidente

Odón de Buen Rodríguez
Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE)

Roberto Vidal León
Comisión Federal de Electricidad (CFE)

Manuel Jesús Herrera Vega
Confederación de Cámaras Industriales de los Estados Unidos Mexicanos (CONCAMIN)

Enrique Guillén Mondragón
Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA)

Salvador Padilla Rubfiar
Cámara Nacional de Manufacturas Eléctricas (CANAME)

Gustavo Arballo Luján
Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC)

Alejandro Vázquez López
Cámara Nacional de Empresas de Consultoría (CNEC)

Victor Fuentes del Villar
Sindicato Único de Trabajadores Electricistas de la República Mexicana (SUTERM)

Fernando Senderos Mestre
Grupo KUO S.A.B. de C.V.

Carlos Slim Helú
Grupo Carso, S.A.B. de C.V.

Germán Larrea Mota Velasco
Grupo México, S.A. de C.V.

Ramiro Lozano Cantú
Grupo Villacero, S.A. de C.V.

José Antonio Arceo Vidal
Nacional Financiera, S.N.C.

Consejo Editorial

Jorge Toro González
Presidente del Consejo

Gerardo Contreras Puente
Instituto Politécnico Nacional

Guillermo Manuel Urriolagoitia Calderón
Instituto Politécnico Nacional

Miguel Tufiño Velázquez
Escuela Superior de Física y Matemáticas IPN

Yasuhiro Matsumoto Kuwabara
Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional

Rogelio Sotelo Boyás
Centro Mexicano para la Producción más Limpia del Instituto Politécnico Nacional

Marco Antonio Borja Díaz
Centro Mexicano de Innovación en Energía Eólica

Hernando Romero Paredes Rubio
Universidad Autónoma Metropolitana

Patricia Ramírez Romero
Universidad Autónoma Metropolitana

Diego Arjona Argüelles
Gladys Dávila Núñez
Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias

Luis Carlos Gutiérrez Negrín
Centro Mexicano de Innovación en Energía Geotérmica

Sergio Arnaud Galguera
Asociación Nacional de Energía Solar

Mariano López de Haro
Instituto de Energías Renovables de la Universidad Nacional Autónoma de México

Néstor L. Díaz
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Odón de Buen Rodríguez
Israel Jáuregui Nares
Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía

Pedro Quinto Diez
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional

Arturo Cepeda Salinas
Auronix

Álvaro Lentz Herrera
Académico de la Universidad Autónoma de la Ciudad de México

FIDE
Raúl Talán Ramírez
Director General

Jaime J. Arceo Castro
Subdirector Técnico

Jorge Toro González
Subdirector de Programas

Jesús Cedeño Blanquet
Subdirector de Coordinación Regional

Armando López Martínez
Subdirector de Administración y Finanzas

Mónica Adriana Ledón Ruiz
Titular de la Unidad de Comunicación

Miguel Peyrefitte Ferreiro
Titular de la Unidad Jurídica

Arturo E. Díaz Olivera
Titular de la Unidad de Contraloría

Juan Luis Díaz de León Santiago
Coordinador de Informática

Revista Eficiencia Energética
rec@fide.org.mx

Mónica Adriana Ledón Ruiz
Responsable de la edición
monica.ledon@cfe.gob.mx

Luis Franco Santaella Cruz
Ilustrador
arifra25@hotmail.com

Diseño Editorial

La Aldea. Edición y diseño
3 Sur 4106-7 col. Huexotitla C.P. 72534
Puebla, Pue. Tel. (222) 863 68 66
laaldea.editorial@gmail.com
Laura Alvarez / Directora de arte
Bajo control del FIDE

EFICIENCIA ENERGÉTICA, año 4, Número 17, periodo enero-marzo de 2018, es una revista trimestral publicada por el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE). Oficinas en Mariano Escobedo N° 420, col. Anzures, CP. 11590, México D.F., tel. (55) 1101 0520. Distribuida por Cactus Display, S.A. de C.V. Dir. Vallarta No. 50-A, col. Coyoacán, del. Coyoacán, C.P. 04020, México D.F., tel. 5554 0457. Todos los derechos de reproducción de los textos aquí publicados están reservados por EFICIENCIA ENERGÉTICA. ISSN: 2007-7505. Número de Certificado de Reserva de Derechos de Uso Exclusivo del Título: 04-2016-080816562500-102, ambos otorgados por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Número de certificado de licitud de título y contenido No. 15968. Impresor: Cactus Display S.A. de C.V. Dir. Vallarta No. 50-A, col. Coyoacán, del. Coyoacán, C.P. 04020, México D.F., tel. 5554 0457. Este número se terminó de imprimir en diciembre de 2017 con un tiraje de 5 000 ejemplares. Distribuido a través de Servicio Postal Mexicano en su C.A.I. ubicado dentro de las instalaciones del impresor. Los artículos firmados son responsabilidad única y exclusivamente de sus autores, y no reflejan necesariamente el punto de vista del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE). Se prohíbe su reproducción total o parcial.

Cartón / 1

Biogás

Expediente FIDE / 4

Creación del Fondo Regional de Eficiencia Energética para Centroamérica

El FIDE diseñó el Fondo Regional de Eficiencia Energética para Centroamérica (FOREECA) con la finalidad de constituir un organismo capaz de asumir la responsabilidad de promover e implementar prácticas y gestiones, para facilitar a los países miembros del Sistema de Integración Centroamericana (SICA) la obtención de financiamientos para impulsar la eficiencia energética en la región.

Investigación / 10

Efecto de las condiciones medioambientales de México en el desempeño de módulos fotovoltaicos de distintas tecnologías

En general, los aspectos medioambientales no son considerados al momento de la elección de los módulos fotovoltaicos a instalarse, a pesar de que definen el futuro aprovechamiento de la instalación. Por ello, en este artículo de investigación se analizaron las variaciones en los parámetros eléctricos de distintos módulos fotovoltaicos de diferentes tecnologías bajo las condiciones medioambientales de la Ciudad de México.

Difusión / 20

El potencial de aprovechamiento de biogás a partir de lodos de plantas de tratamiento de aguas residuales

Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en México constituyen un potencial energético que, en caso de ser aprovechado, se podría traducir en beneficios económicos, sociales y ambientales. En este artículo se detalla el número de PTAR que funcionan actualmente en el territorio nacional y su potencial energético a mediano y largo plazo.

Internacional / 28

Eficiencia energética: el secreto de las empresas competitivas

Desde 2011, el programa Administrador de la Energía (AdIE) ha ayudado a diversas empresas industriales de Centroamérica a aumentar su competitividad a través de la implementación de medidas de eficiencia y ahorro de energía. Este programa de capacitación teórico-práctico cuenta con la participación de diversos órganos empresariales y gubernamentales en países de la región como Costa Rica, Guatemala, Nicaragua, Honduras y Panamá.

Casos de Éxito FIDE / 34

Metapel, S. A. de C. V.: aumento de productividad y ahorro energético mediante la actualización tecnológica

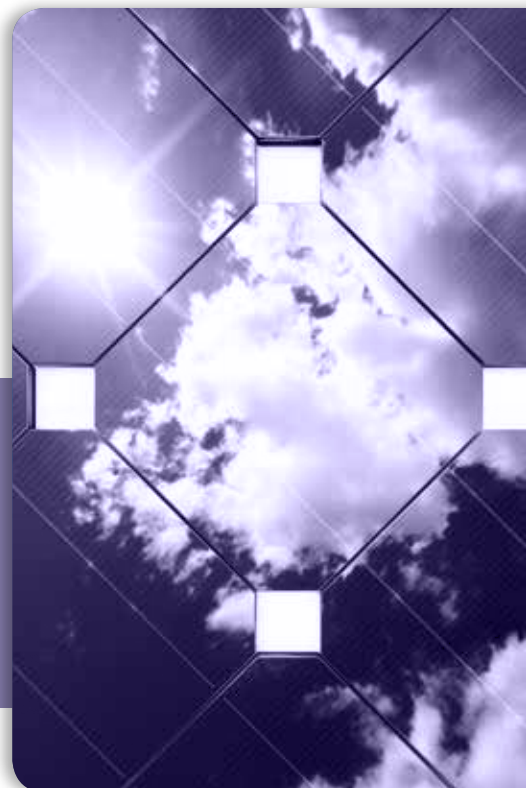

El reemplazo de motores de corriente directa por motores de corriente alterna tipo *inverter duty*, con inversor de frecuencia, permitió a una empresa de la industria del plástico reducir 17.2 % el consumo de energía en las principales máquinas y disminuir las pérdidas de producción por fallas en equipos.

¿Sabías que...? / 42

La innovación en la generación de energía eléctrica no conoce límites.

Bitácora / 44

Calendario de eventos de enero a abril de 2018.

COLABORA CON NOSOTROS

La revista *Eficiencia Energética* está en permanente búsqueda de colaboradores. La convocatoria está abierta para la recepción de textos científicos (ya sean análisis de casos, investigaciones originales, avances de investigación o artículos de difusión científica) que versen sobre algún tema relacionado con la eficiencia energética.

Consulta los lineamientos temáticos y de estilo en la sección de la revista *Eficiencia Energética* dentro del sitio web del FIDE (www.fide.org.mx) o solicítalos en el correo ree@fide.org.mx

AYÚDANOS A SER MEJORES



Tus comentarios son muy importantes. Entra a la página de internet del FIDE (www.fide.org.mx) y, en la sección dedicada a la revista *Eficiencia Energética*, contesta nuestra encuesta de satisfacción. También ponemos a tu disposición el correo ree@fide.org.mx para resolver cualquier duda relacionada con la publicación.

CREACIÓN DEL FONDO REGIONAL DE EFICIENCIA ENERGÉTICA PARA CENTROAMÉRICA

Por Eduardo Ávila García, César Santomé López y Federico Barbero Novaro

Eduardo Ávila García es Gerente de Programas para el Sector Residencial en el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE). Por su parte, César Santomé López es Subgerente de Estudios e Investigación en el FIDE. Finalmente, Federico Barbero Novaro es Coordinador de Programas para el Sector Residencial en el FIDE. Los autores pueden ser contactados en los correos electrónicos *eduardo.avila@cfe.gob.mx*; *cesar.santome@cfe.gob.mx*; *federico.barbero@cfe.gob.mx*, respectivamente.

Por recomendación de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) diseñó el Fondo Regional de Eficiencia Energética para Centroamérica (FOREECA) con la finalidad de constituir un organismo regional capaz de asumir la responsabilidad de promover e implementar prácticas y gestiones, para facilitar a los países miembros del Sistema de Integración Centroamericana (SICA) la obtención de financiamientos para impulsar iniciativas, programas y proyectos de eficiencia energética. Estos auxiliarán a los países a lograr sus metas en materia energética con un impacto ambiental y social positivo.

Ante la necesidad de los países de Centroamérica de contar con un organismo que promueva e impulse los principios de la eficiencia energética y los acompañe en los procesos técnicos, financieros y sociales para establecer políticas, programas y proyectos para el ahorro y uso más eficiente de la energía, la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) ofreció al Sistema de Integración Centroamericana (SICA) obtener la asistencia técnica del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) de México para diseñar un fondo regional capaz de asistir en la consolidación e implementación de la eficiencia energética en la región.

De esta manera, el FIDE diseñó el Fondo Regional de Eficiencia Energética para Centroamérica (FOREECA), con la finalidad de constituir un organismo regional capaz de asumir la responsabilidad de promover e implementar prácticas y gestiones, para facilitar a los países miembros del SICA la obtención de financiamientos para impulsar iniciativas, programas y proyectos de eficiencia energética, que auxilien a los países a lograr sus metas en materia energética con un impacto ambiental y social positivo.

La asistencia técnica del FIDE

Esta se desarrolló en cuatro etapas. Dos de ellas consistieron en ocho talleres, en los cuales participaron especialistas del sector energético de Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Belice, República Dominicana, Panamá, Ecuador y Nicaragua. Las otras dos etapas constaron de la realización de trabajos de análisis y diseño que incluyeron dos investigaciones para orientar los trabajos.

La primera de estas investigaciones se centró en las mejores prácticas internacionales en materia de diseño y operación de fondos nacionales y regionales para la eficiencia energética, mientras que la segunda buscó conocer las mejores prácticas para el modelado y control de procesos de negocios y de servicios.

Dichas investigaciones tuvieron el propósito de considerar las vertientes más razonables para el diseño, implementación y operación de fondos de eficiencia energética, tomando en cuenta que la región requiere de una organización dinámica y flexible que adapte su asistencia y servicios a las distintas realidades que ahí se plantean.





Las características únicas del FOREECA

El modelo que se presentó contiene características que hacen al FOREECA único en su tipo, y le permitirán actuar en varios niveles:

- *Primer nivel:* actuando como consejero técnico y financiero de los países y de la región en materia de financiamiento, diseño, ejecución, control y evaluación de programas y proyectos de eficiencia energética, constituyéndose así en un fondo regional que logre consensuar, integrar y consolidar políticas y estrategias regionales, bajo criterios técnicos, pero con un componente social importante.
- *Segundo nivel:* como fondo nacional para apoyar proyectos y programas concretos de un país en particular, en sintonía con las metas e ideales de la región.
- *Tercer nivel:* como ejecutor directo de programas. El Fondo podría ejecutar directamente programas a solicitud de un país. Esta ejecución podrá ser de programas o proyectos, a través de entidades implementadoras, o asociado con empresas de servicios energéticos (ESCO, por las siglas en inglés de Energy Service Companies).
- *Cuarto nivel:* como una entidad sin fines de lucro, pero financieramente sostenible, que integre un componente técnico bajo un modelo de negocios orientado a procesos, dotando así al Fondo de capacidades de gestión y de negocios para impulsar efectiva e incrementalmente la eficiencia energética en la región.

FIGURA 1. CAPACIDADES DEL FOREECA



Elaboración del FIDE.

El modelo integral del FOREECA

Para lograr lo anterior, el FIDE tuvo que enfrentar el reto de ensamblar las funcionalidades del Fondo en un concepto integral, con el fin de responder adecuadamente al requerimiento de los países, sabiendo la diversidad de realidades que enfrenta la región y la importancia del encargo. Así, y continuando con la lógica de diseño, se propuso un modelo integral que conjuga varios aspectos:

- Una solución de negocios basada en funciones y procesos específicos para el FOREECA.
- Una sugerencia jurídica para su creación, por lo que se pensó en la figura de *fideicomiso*.
- Una solución técnica que integrara la ingeniería financiera y las reglas de operación.
- Una solución de gobierno o gobernanza que incluyera una lógica organizacional capaz de salvaguardar no solo el balance entre criterios técnicos y financieros, sino el aseguramiento de la calidad, la transparencia y el impacto de cada proyecto.

Finalmente, se incluyó un simulador financiero para que el FOREECA pudiese advertir el comportamiento de inversiones alternativas desde el inicio de las operaciones.

El modelo entregado a la OLADE enfatiza la sugerencia de que el Fondo adquiriera un papel integrador y de servicio para los países de la región, lo que requerirá, de inicio, un trabajo focalizado en:

- Obtener recursos financieros que lo habiliten para iniciar sus operaciones.
- Acompañar a los países para obtener recursos o préstamos concesionales de fondos internacionales.



FIGURA 2. MODELO INTEGRAL DEL FOREECA



Figura elaborada por el FIDE.



La lógica de gobernanza del Fondo

El FOREECA contiene principios de transparencia, orquestación y regionalización, para lo cual los consensos y la coordinación son muy importantes. Por ello se propuso la creación de una Junta de Gobierno que estará integrada por representantes de los propios países.

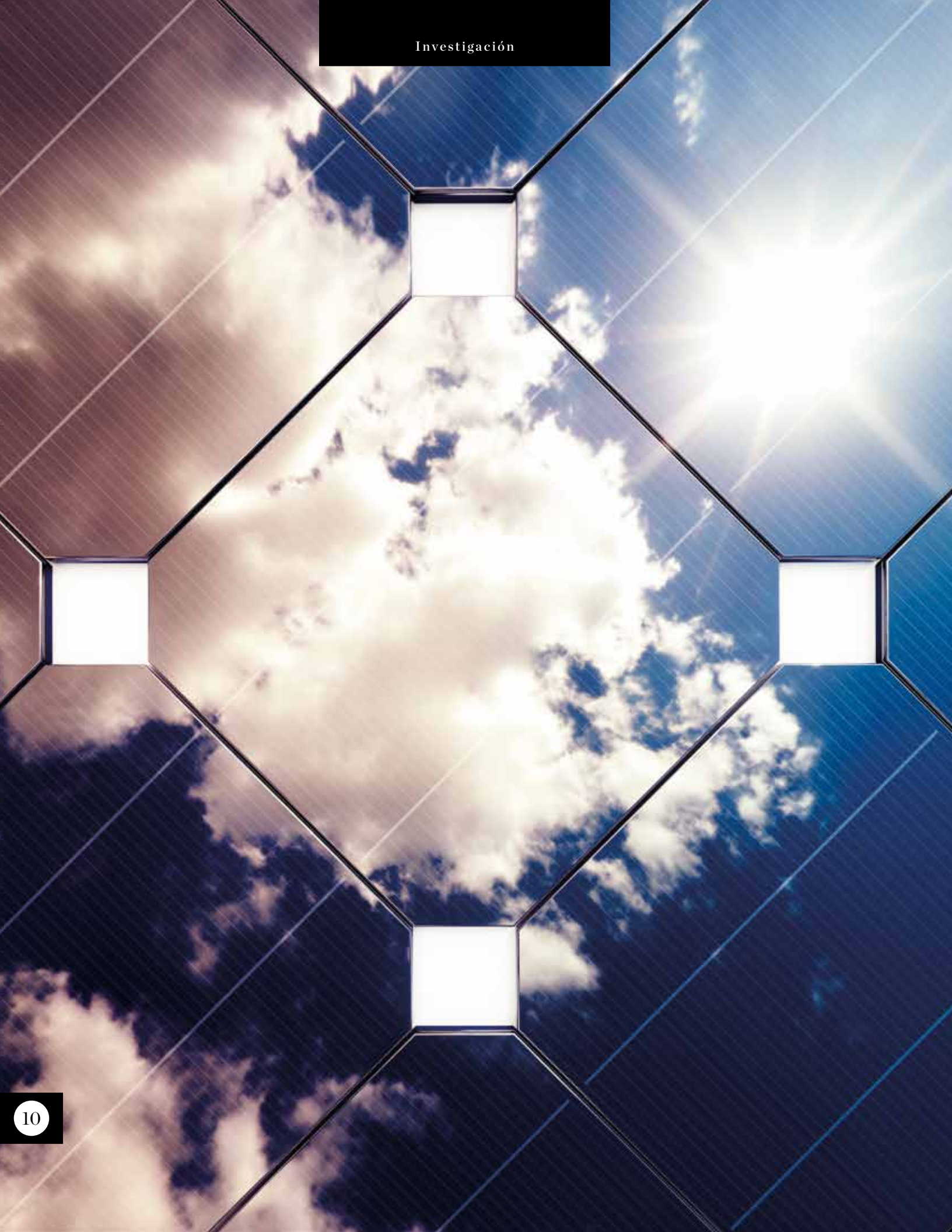
La Junta de Gobierno será el máximo órgano de dirección y tendrá la responsabilidad de determinar, implementar y fortalecer una visión integral y objetiva de la problemática y de las políticas, programas y proyectos que sean impulsados por el Fondo.

El diseño prevé que a la Junta de Gobierno le corresponda operar el modelo de gobernanza

y lo hará mediante una organización y un modelo de procesos que sugieren la incorporación de diversos mecanismos de control, que serán operados por dos comités: uno técnico y uno de crédito; ambos encargados de analizar toda iniciativa que sea propuesta al Fondo.

Además, el modelo del Fondo contiene dos procesos transversales en sus operaciones, denominados *cadena de valor*, y que se constituirán como procesos concretos para preservar la supervisión y calidad en las operaciones, así como la transparencia y la rendición de cuentas.

De esta manera, el FIDE entregó el diseño del modelo a la OLADE, el cual fue aceptado y presentado en la Reunión de Directores Generales de Energía de los países miembros de SICA, celebrada en San José de Costa Rica en mayo de 2017. FIDE



EFECTO DE LAS CONDICIONES MEDIOAMBIENTALES DE MÉXICO EN EL DESEMPEÑO DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS DE DISTINTAS TECNOLOGÍAS

Por Osvaldo Vigil Galán, Daniel Jiménez Olarte y Gerardo Contreras Puente

Osvaldo Vigil Galán es Doctor en Ciencias Físico-Matemáticas por la Facultad de Física de la Universidad de La Habana y actualmente se desempeña como investigador en el Laboratorio de Celdas Solares de la Escuela Superior de Física y Matemáticas (ESFM) del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Por su parte, Daniel Jiménez Olarte es Doctor en Física de los Materiales por la ESFM y se desempeña como investigador en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del IPN. Finalmente, Gerardo Contreras Puente es Doctor en Física por la Universidad de Stuttgart en Alemania y actualmente se desempeña como investigador en el Laboratorio de Celdas Solares de la ESFM del IPN. Es posible contactar a los autores en los correos electrónicos ovigil46gg@yahoo.com.mx, djimenezolarte@gmail.com y gscp1953@hotmail.com, respectivamente.

Resumen

En el presente trabajo se analizan las variaciones en los parámetros eléctricos de distintos módulos fotovoltaicos de diferentes tecnologías bajo las condiciones medioambientales de la Ciudad de México. Estos aspectos, que no siempre son considerados, definen el futuro aprovechamiento de la instalación fotovoltaica. De acuerdo con los resultados del estudio realizado en la Ciudad de México, la tecnología de módulos basados en silicio amorfo es la que mayor estabilidad presentó ante el aumento de temperatura. Cuando se tomó en cuenta la estabilidad de los parámetros eléctricos junto con la eficiencia del módulo se encontró que los módulos de telurio de cadmio son los que presentan mejor rendimiento, seguidos de los módulos de silicio monocristalino y, por último, la tecnología de silicio policristalino.

México se propone dar un salto decisivo en la implementación de sistemas de energías renovables y, en particular, en el uso de la energía fotovoltaica. En los capítulos transitorios de la Ley de Transición Energética se establece que, para el 2024, 35 % de la demanda total nacional será satisfecha a partir de fuentes alternas de electricidad.¹ Esto significa que para dicha fecha se habrán instalado alrededor de 16 gigawatts (GW) de potencia fotovoltaica.

Para poder aprovechar al máximo la considerable inversión que se realizará en el sector energético, es necesario evaluar el rendimiento de las celdas solares bajo las diversas condiciones ambientales de cada región.² Esto debido a que no existe un tipo de celda solar que se ajuste a todas las condiciones climatológicas, tomando en cuenta la radiación solar y temperatura promedio, además de las condiciones de contaminación ambiental.

A lo anterior es necesario añadir que, cuando se trata de elegir la tecnología de las celdas solares que conforman un módulo fotovoltaico, se deben conocer las opciones del mismo respecto a calidad, rendimiento y precio. Actualmente, la tecnología de módulos fotovoltaicos que se ofertan comercialmente a nivel mundial son: silicio monocristalino, silicio policristalino, silicio amorfo, CdTe (teluro de cadmio) y CIGS (cobre, indio, galio, selenio), siendo las dos primeras tecnologías las más vendidas por su eficiencia y estabilidad. Por otra parte, las otras tecnologías tienen la característica de ser de película delgada con espesores del orden de los micrómetros, lo que reduce la cantidad de materiales semiconductores utilizados en el desarrollo del módulo. Esto además de permitir su depósito en sustratos flexibles, lo que incrementa sus aplicaciones, por ejemplo, en la arquitectura fotovoltaica.

En la Tabla 1 se muestra una comparación de la eficiencia de estos módulos a nivel laboratorio y comercial.³

TABLA 1. COMPARACIÓN DE LA EFICIENCIA DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

Tecnología	Eficiencia récord de celda solar a nivel laboratorio	Eficiencia récord en módulo	Eficiencia promedio en módulos comerciales
Mono-Si	26.7 ± 0.5	24.4 ± 0.5	16.5
Poly-Si	21.9 ± 0.4	19.9 ± 0.4	15.5
a-Si	10.2 ± 0.3	9.1	8
CdTe	21.0 ± 0.4	18.6 ± 0.6	16.7

Eficiencias récord en celdas solares y promedio de módulos fotovoltaicos comerciales del año 2017, de acuerdo con los reportes de NREL.

¹ Ley de Transición Energética, 2015.

² Aunque México cuenta con una amplia diversidad de climas, predominan, en más de dos terceras partes del país, los climas seco-desérticos y cálidos. Su temperatura promedio puede variar entre 22 °C y 40 °C.

³ Martin, 2017; Salaba, 2016.

Caracterización de módulos fotovoltaicos comerciales fabricados con diferentes tecnologías de celdas solares para la Ciudad de México

A continuación se presenta la caracterización de módulos fotovoltaicos fabricados con celdas solares en las tecnologías de silicio monocristalino (Mono-Si), silicio policristalino (Poly-Si), silicio amorfo (a-Si) y telurio de cadmio (CdTe) en condiciones reales de operación.

Para lograr esta caracterización, los módulos fueron instalados en la U.P. Adolfo López Mateos del IPN ubicado al norte de la Ciudad de México, y fueron estudiados durante los meses de mayo a octubre de 2009.

Para llevar a cabo el estudio se evaluó la dependencia en los parámetros eléctricos de cada módulo (voltaje a circuito abierto, corriente de corto circuito, potencia máxima, factor de forma y eficiencia) respecto de la temperatura, obteniendo los coeficientes de temperatura de cada uno de los parámetros. También se analizó la dependencia de los parámetros con la radiación solar; factor que es importante para el dimensionamiento de módulos FV. Finalmente, se obtuvieron valores de insolación promedio diaria y temperatura para los meses de mayo a octubre de 2009.

Para la realización de este trabajo de investigación se desarrolló un sistema totalmente automatizado que permite obtener, simultáneamente, la característica I-V de hasta cuatro módulos fotovoltaicos en el sitio donde estén instalados. El sistema está gobernado por un programa desarrollado en el lenguaje gráfico LabVIEW, que, además de obtener la curva I-V, realiza mediciones de temperatura y radiación solar por medio de un sensor LM35 y una celda solar calibrada respectivamente. El sistema se controla desde una computadora en donde se muestran las curvas I-V, de temperatura y radiación en tiempo real, y donde también se guarda automáticamente toda la información diaria para su posterior procesamiento.⁴

En la Tabla 2 se muestran los resultados de las mediciones de coeficiente de temperatura de los parámetros eléctricos de las distintas celdas solares en el periodo de tiempo señalado, normalizados al valor correspondiente a 25 °C; es decir, los coeficientes se expresan en %/°C.

TABLA 2. MEDICIONES DE COEFICIENTE DE TEMPERATURA DE LOS PARÁMETROS ELÉCTRICOS

Parámetro	Silicio policristalino	Silicio monocristalino	Silicio amorfo	CdTe
Voc	-0.52	-0.40	-0.49	-0.43
P _{max}	-1.05	-0.64	-0.33	-0.56
FF	-0.33	-0.25	-0.26	-0.02
η	-1.05	-0.66	-0.33	-0.55

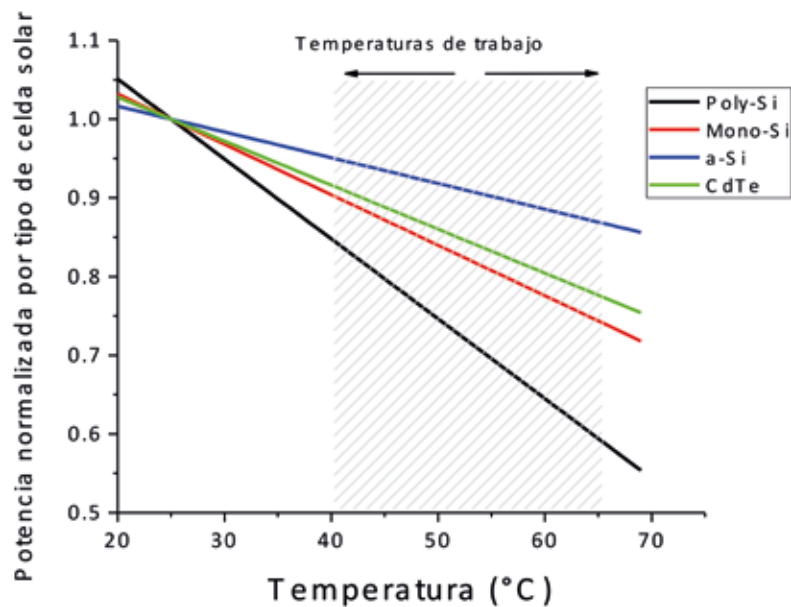
Coefficientes de temperatura de voltaje a circuito abierto, potencia máxima, factor de llenado y eficiencia de las cuatro tecnologías, medidos experimentalmente bajo las condiciones medioambientales de la Ciudad de México.

⁴ Las características técnicas del sistema se describen ampliamente en la tesis de maestría de Daniel Jiménez Olarte (2011).



En la Figura 1 se muestra la potencia de salida medida bajo las condiciones atmosféricas típicas de la Ciudad de México de cada una de las tecnologías normalizadas al valor de la eficiencia a 25 °C para cada módulo, esto con el fin de comparar la degradación que presenta la potencia de cada tecnología respecto de la temperatura. La pendiente de cada una de estas curvas representa el coeficiente de temperatura $\gamma_{\text{experimental}}$ medido en el sitio donde fueron instalados los módulos.

FIGURA 1. POTENCIA DE SALIDA MEDIA



Comparación de la degradación de la eficiencia para módulos fotovoltaicos de tecnología: silicio monocristalino, silicio policristalino, silicio amorfo y telurio de cadmio en un rango de temperaturas de trabajo de 20 °C a 70 °C.



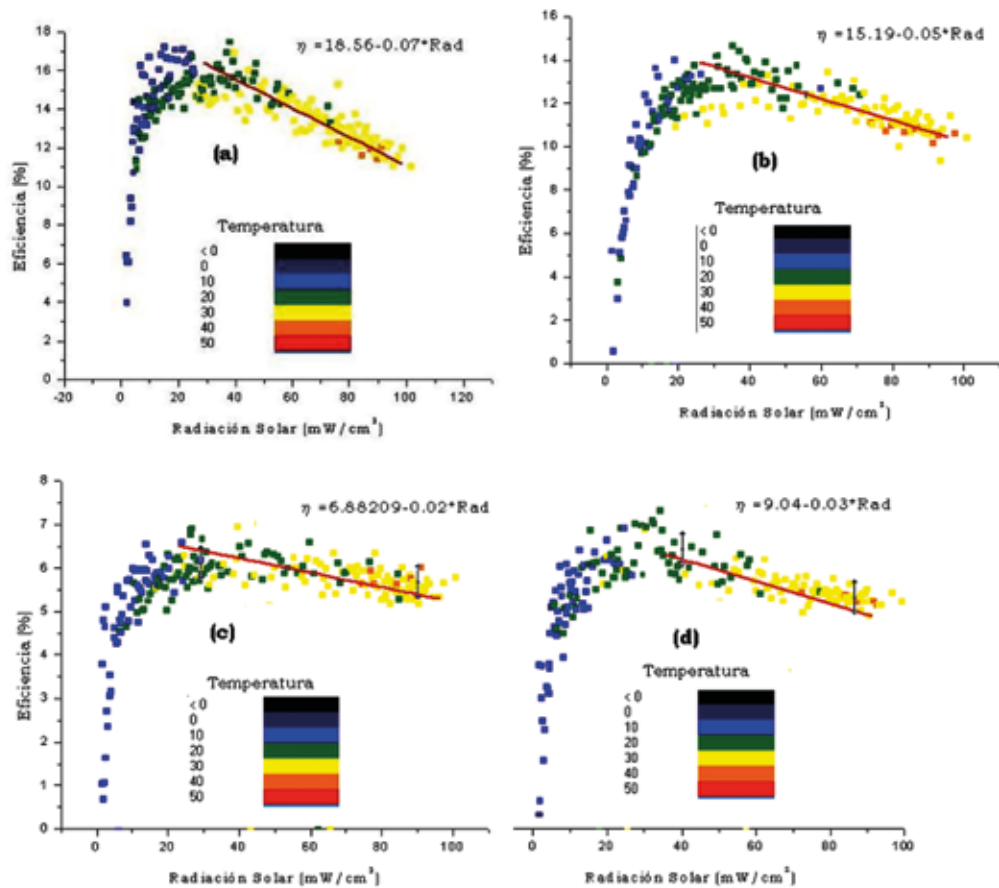
ESTE ESTUDIO DEMOSTRÓ
QUE LAS TECNOLOGÍAS
CON MAYOR ESTABILIDAD
A LAS VARIACIONES
DE TEMPERATURA E
IRRADIANCIA DE LA
CIUDAD DE MÉXICO
SON LA DE TELURO
DE CADMIO Y SILICIO
AMORFO

De acuerdo con los curvas de la Figura 1, en un módulo de silicio policristalino de 250 Wp (medida a condiciones estándares) se pierden alrededor de 39 W por el aumento de temperatura del módulo de 25 °C a una temperatura de trabajo usual de 40 °C. Por otra parte, el módulo de silicio amorfo es el que menor degradación tiene con la temperatura, tres veces menos de lo que pierde el módulo de silicio policristalino.

Respecto de las variaciones de la radiación solar, se ha encontrado que para los cuatro módulos la eficiencia decrece cuando se incrementa la radiación solar, esto a partir de 40 mW/cm². A partir de las curvas obtenidas para la eficiencia se encontró que el módulo de silicio amorfo es el que tiene una menor variación en la eficiencia, 13 % en el rango de 40 a 80 mW/cm². El módulo de silicio monocristalino y el de CdTe tienen variaciones de 15 % en el mismo rango. Por último, el módulo de silicio policristalino tiene pérdidas del orden de 18 %.

El efecto combinado de la variación de la temperatura y la radiación solar en la eficiencia del módulo se muestra en la Figura 2. Todas las tecnologías evaluadas en este trabajo tienen un comportamiento similar. A bajas temperaturas y radiación solar mínima (principalmente en las mañanas), la eficiencia del módulo es baja y alcanza su valor máximo cuando la temperatura está en el orden de 20 °C a 25 °C. Bajo las condiciones atmosféricas de la Ciudad de México, cuando la radiación solar tiene sus valores máximos, la temperatura también aumenta considerablemente. Siendo el impacto de la temperatura mayor, la eficiencia de todos los módulos decrece en estas condiciones de radiación y temperatura. La eficiencia en los módulos de silicio amorfo y CdTe es la que menos se ve afectada por el aumento de estos dos parámetros. Este estudio demostró que las tecnologías con mayor estabilidad a las variaciones de temperatura e irradiancia de la Ciudad de México son las de CdTe y silicio amorfo.

FIGURA 2. EFECTO COMBINADO DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA Y LA RADIACIÓN SOLAR EN LA EFICIENCIA DEL MÓDULO



Variación de la eficiencia de los módulos estudiados respecto de la temperatura y la radiación solar medidos en la Ciudad de México. (a) Silicio policristalino, (b) silicio monocristalino, (c) silicio amorfo y (d) telurio de cadmio.

A pesar de que los módulos de silicio amorfo son los que menos potencia pierden bajo las condiciones atmosféricas de la Ciudad de México, también son los que tienen menor eficiencia. De acuerdo con los reportes del Laboratorio Nacional de Energías Renovables de Estados Unidos (NREL) en 2017, la eficiencia récord a nivel laboratorio de estas cuatro tecnologías la tienen las celdas de silicio monocristalino, tal y como se muestra en la Tabla 1.

Las pérdidas de potencia por efecto de la temperatura y la radiación solar son considerables y deben tomarse en cuenta en el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico. En la Tabla 3 se muestra la potencia pico de un sistema fotovoltaico para proveer una potencia real de 10 kW al considerar solo los efectos de temperatura (temperatura de trabajo de cada módulo de 40 °C). Para suministrar esta potencia se requiere considerar 1.8 kW adicionales de módulos fotovoltaicos de silicio policristalino, alrededor de siete módulos de 250 Wp, con el fin de cubrir las pérdidas de potencia por la temperatura. La última columna de esta tabla muestra el área requerida para instalar el panel fotovoltaico. Aunque los módulos de silicio amorfo son los que muestran mayor estabilidad de los parámetros eléctricos, también son los que requieren mayor área de instalación debido a su baja eficiencia respecto de la eficiencia de las otras tres tecnologías.

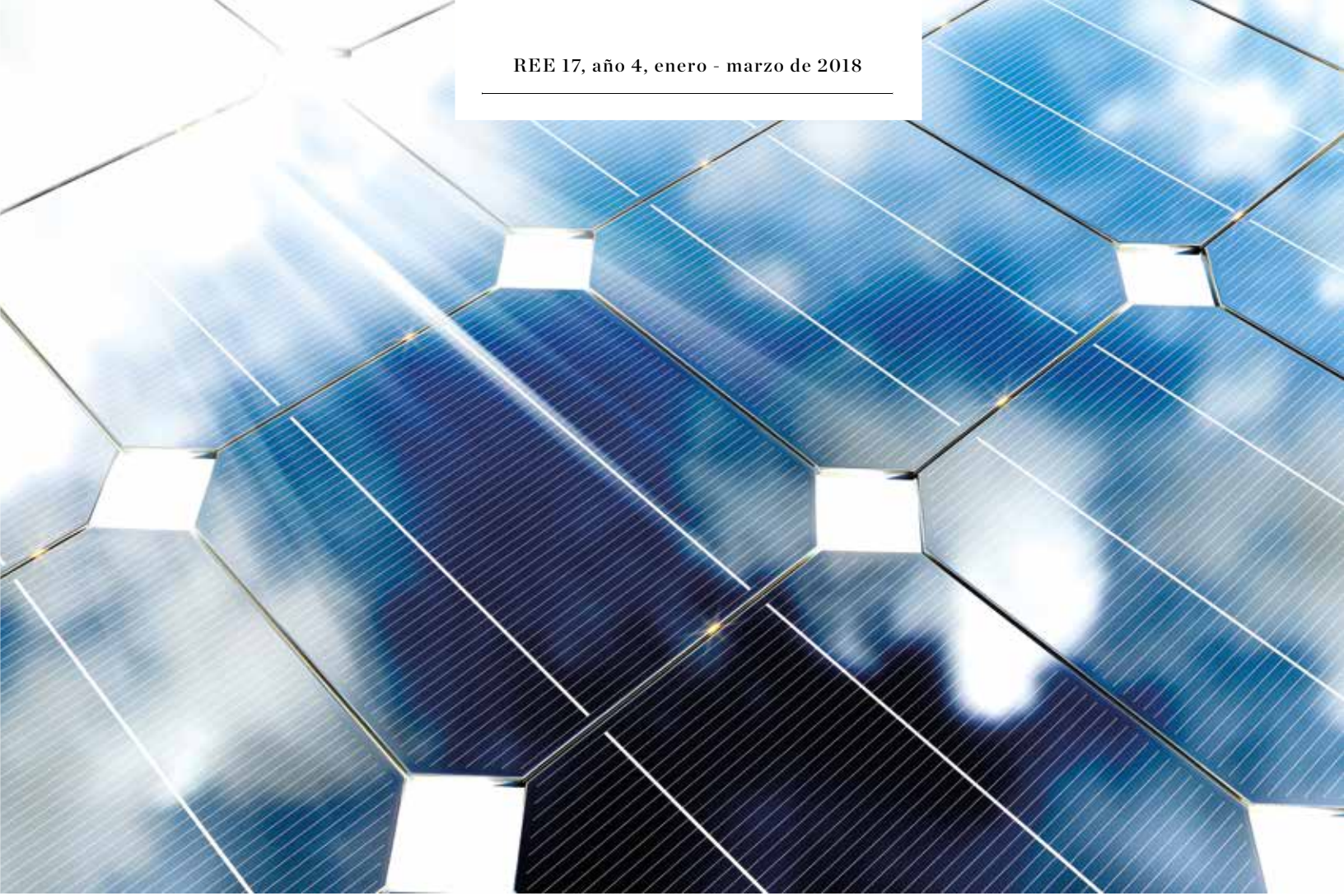


TABLA 3. COMPARACIÓN DE POTENCIA PICO Y ÁREA DE UN SFV

Tecnología	Potencia del SFV (kW _{pico})	Área mínima para instalación del panel fotovoltaico (m ²)
Mono-Si	11.1	67
Poly-Si	11.8	76
a-Si	10.5	131
CdTe	10.9	65

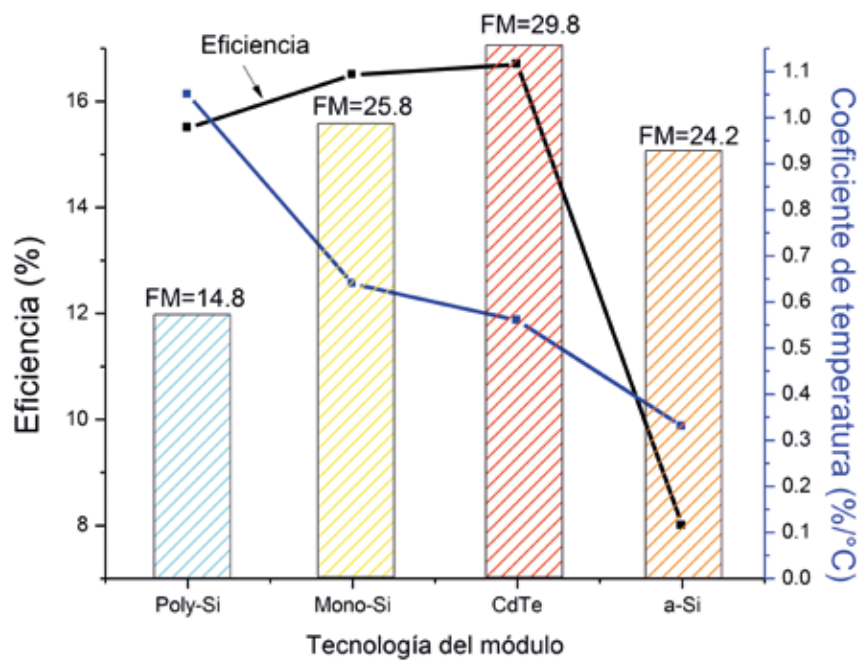
Comparación de la potencia pico y área de un sistema fotovoltaico para proveer una potencia de 10 kW bajo las condiciones medioambientales de la Ciudad de México.

Para evaluar el desempeño de las diferentes tecnologías bajo las condiciones de temperatura y radiación de la Ciudad de México, se formuló una figura de mérito (FM) que considera las pérdidas de potencia por temperatura a través del coeficiente de temperatura de potencia γ medido en el sitio donde se instalaron los módulos FV y el área del panel fotovoltaico, la cual está relacionada con la eficiencia de cada tecnología:

$$FM = \frac{\eta_{\text{comercial}}}{\beta_{\text{experimental}}}$$

La figura de mérito de cada tecnología se muestra en la Figura 3. Como resultado de la alta eficiencia y bajo coeficiente de temperatura, se tiene que la tecnología con una mayor figura de mérito es la de CdTe, seguido del silicio monocristalino; el último lugar lo ocupa la tecnología de silicio policristalino.

FIGURA 3. FIGURA DE MÉRITO (FM) DE CADA TECNOLOGÍA



Comparación de la eficiencia, coeficiente de temperatura medido y figura de mérito (FM) de las cuatro tecnologías evaluadas.



Conclusiones

En la selección de módulos fotovoltaicos en el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos es necesario conocer cómo es que los parámetros eléctricos se degradan por la temperatura y radiación solar propios del sitio donde se instalará el sistema. Los parámetros proporcionados por el fabricante del módulo son medidos en condiciones estándares de medición que difícilmente se pueden alcanzar en condiciones reales de operación. Por lo tanto, es importante contar con un estudio de la degradación de los parámetros eléctricos del módulo bajo diferentes condiciones atmosféricas de nuestro país.

De acuerdo con nuestros resultados en el estudio realizado en la Ciudad de México, la tecnología de módulos basados en silicio amorfo es la que mayor estabilidad presenta ante el aumento de temperatura. Sin embargo, su baja eficiencia requiere de un área muy grande para realizar la instalación. Cuando se toma en cuenta la estabilidad de los parámetros eléctricos junto con la eficiencia del módulo encontramos que los módulos de CdTe son los que presentan mejor rendimiento, seguidos por los módulos de silicio monocristalino y, por último, la tecnología de silicio policristalino.

En cada región de la república mexicana se haría necesario este análisis con el objetivo de definir qué tecnología es la más adecuada en cada caso. HIDE

Bibliografía

- Ley de Transición Energética. Diario Oficial de la Federación, Ciudad de México, México, 23 de diciembre de 2015. Consultado en <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LTE.pdf> [Última revisión: 15 de noviembre de 2017].
- Green, Martin; Hishikawa, Yoshihiro; Warta, Wilhelm; *et al.* (2017). "Solar cell efficiency tables (version 50)". *Progress in Photovoltaic*. Volumen 25, número 7. Consultado en <https://doi.org/10.1002/pip.2909> (Última revisión: 29 de noviembre de 2017).
- Jiménez-Olarte, D. (2011). Estudio y caracterización de paneles fotovoltaicos construidos con celdas solares de silicio monocristalino, policristalino y amorfo y películas delgadas policristalinas (tesis de maestría). Escuela Superior de Física y Matemáticas, Instituto Politécnico Nacional.
- Salaba, Elena Lorena; Salaba, Aurel; Mereu, Bogdan; *et al.* (2016). "Record amorphous silicon single junction photovoltaic module with 9.1% stabilized conversion efficiency on 1.43 m²". *Progress in Photovoltaic*. Volumen 24, número 8. Consultado en <https://doi.org/10.1002/pip.2760> (Última revisión: 29 de noviembre de 2017).

LA TECNOLOGÍA DE MÓDULOS BASADOS EN SILICIO AMORFO ES LA QUE MAYOR ESTABILIDAD PRESENTA ANTE EL AUMENTO DE TEMPERATURA. SIN EMBARGO, SU BAJA EFICIENCIA REQUIERE DE UN ÁREA MUY GRANDE PARA REALIZAR LA INSTALACIÓN



EL POTENCIAL DE APROVECHAMIENTO DE BIOGÁS A PARTIR DE LODOS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES¹

Por Benly Liliana Ramírez Higareda y Jorge Edgardo López Hernández (asesores Programa EnRes lodos/GIZ, empresa IBTech); Juan Manuel Morgan Sagastume (asesor Programa EnRes lodos/II-UNAM).

Benly Liliana Ramírez Higareda es Ingeniera Bioquímica por la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional (IPN), con Maestría en Ingeniería Sanitaria por el Instituto Unesco-IHE Delft, en Holanda; actualmente se desempeña como asesora del Programa de Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos (EnRes lodos) de la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ), en la empresa IBTech. Por su parte, Jorge Edgardo López Hernández es Ingeniero Químico Metalúrgico por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y se desempeña como Director del Área Técnica en la empresa IBTech, adicionalmente brinda asesoría al Programa EnRes lodos de la GIZ. Finalmente, Juan Manuel Morgan Sagastume es Ingeniero Químico, con Maestría y Doctorado en Ingeniería Química por la UNAM. Actualmente se desempeña como Técnico Académico Titular C en el Instituto de Ingeniería de la UNAM y también colabora como asesor del Programa EnRes lodos de la GIZ. Se les puede contactar en los correos electrónicos: *benly.ramirez@gmail.com*, *jorgelopez@ibtech.com.mx* y *jmms@pumas.ingen.unam.mx* respectivamente.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) en México constituyen un potencial energético que, en caso de ser aprovechado, se podría traducir en beneficios económicos, sociales y ambientales. En el presente artículo se detalla el número de PTAR que funcionan actualmente en el territorio nacional y su potencial energético a mediano y largo plazo. También se exponen algunas de las acciones que ha emprendido el Programa de Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos (EnRes) en aras de alcanzar el aprovechamiento energético de estas plantas.

La recuperación de energía a partir del biogás es una práctica común en países como Alemania, Inglaterra y Estados Unidos. Esto a pesar de que sus condiciones climáticas en general son poco favorables para la digestión anaerobia. Sin embargo, en México y el resto de los países de Latinoamérica la mayor parte de las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) no emplean dichos procesos para generar biogás; y aquellas PTAR que sí lo generan, no lo aprovechan, con lo que se desperdicia no solo su potencial energético, sino también los beneficios económicos, sociales y ambientales que implican. La excepción son las grandes PTAR, con capacidad generalmente mayor a 1 000 l/s, en las que el biogás es utilizado al menos para calentar los digestores de lodo.

¹ El presente artículo es una adaptación del trabajo original publicado en la revista *Agua y Saneamiento*, No. 75, de la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México A. C. (ANEAS).



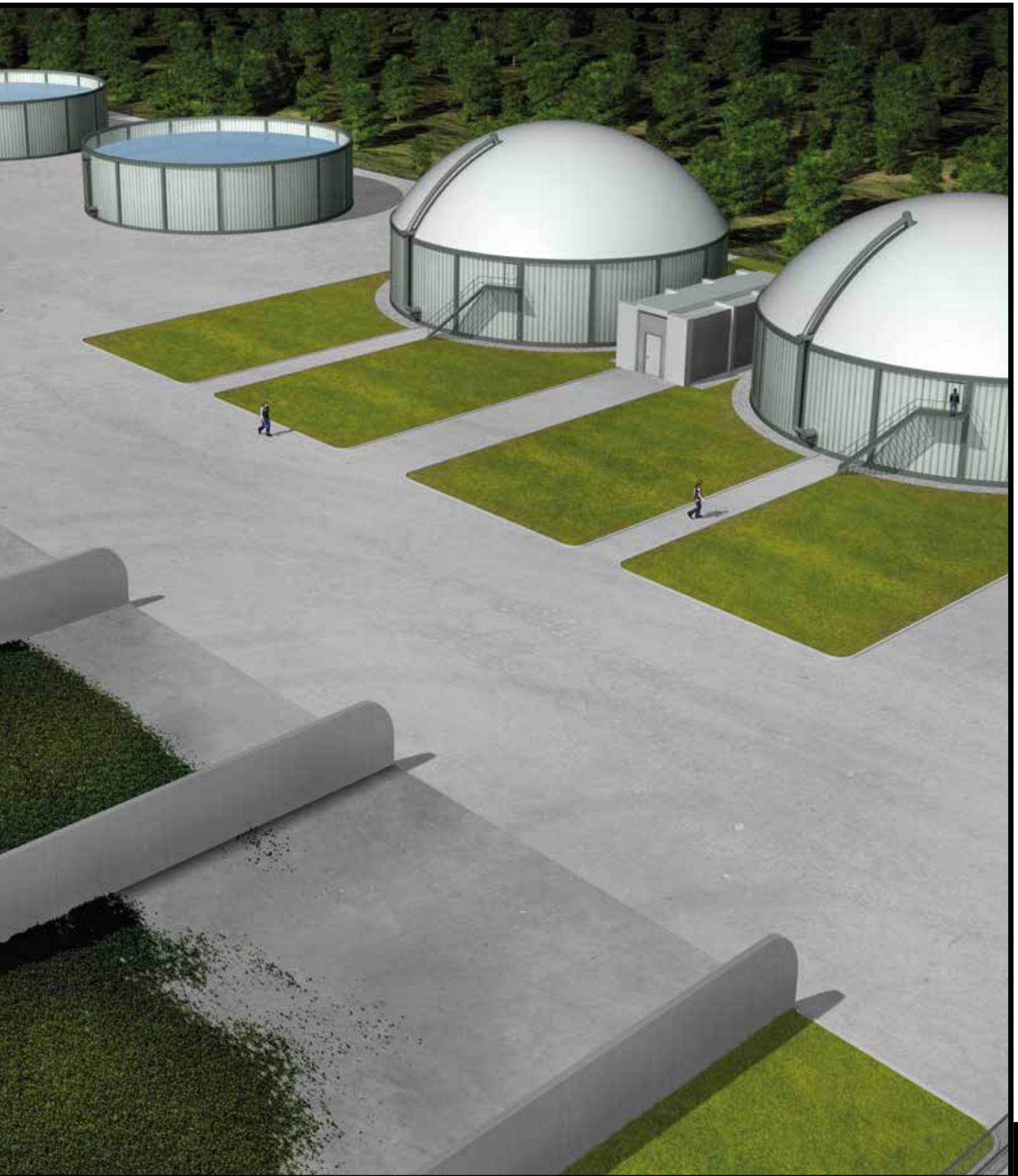
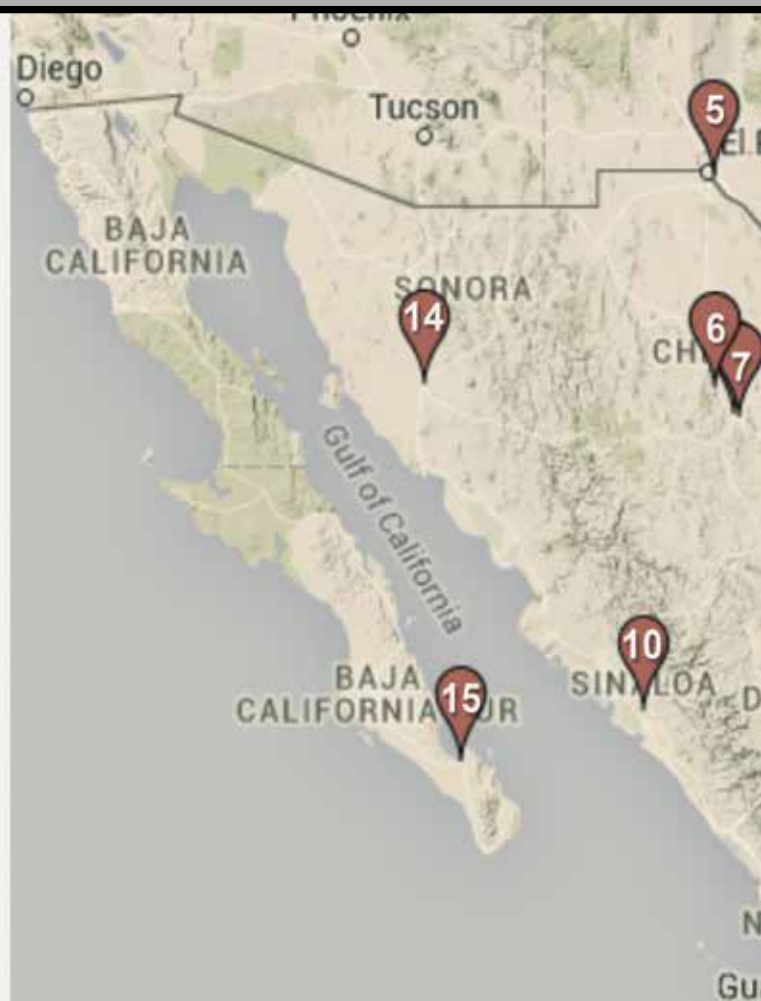


FIGURA 1. LOCALIZACIÓN DE LAS PTAR EN MÉXICO CON POSIBILIDADES DE GENERAR ENERGÍA A PARTIR DE BIOGÁS

1. PTAR Acapatzingo
2. PTAR Agua Prieta
3. PTAR Aguascalientes
4. PTAR Atotonilco
5. PTAR Cd. Juárez Sur
6. PTAR Chihuahua Norte
7. PTAR Chihuahua Sur
8. PTAR Colima
9. PTAR Cuautitlán
10. PTAR Culiacán
11. PTAR Dulces Nombres
12. PTAR El Ahogado
13. PTAR FIRIOB Veracruz
14. PTAR Hermosillo
15. PTAR La Paz
16. PTAR León
17. PTAR Morelos Tam
18. PTAR Norte, Mty
19. PTAR Paso Limón
20. PTAR Reynosa II
21. PTAR Saltillo
22. PTAR San Francisco del Rincón
23. PTAR San Pedro Mártir
24. PTAR Tanque Tenorio
25. PTAR Tierra Negra
26. PTAR Toluca Norte
27. PTAR Xalapa





Fuente: Elaborado a partir del diagnóstico realizado por la UNAM y el IPN para la Conagua.

Los asesores del Programa para el Aprovechamiento Energético de Lodos de PTAR (EnRes) de la Cooperación Alemana al Desarrollo (GIZ) estimaron que en México el biogás es potencialmente aprovechable en plantas de tipo municipal con capacidad superior a los 300 l/s en términos de flujo volumétrico, o bien, de 7.5 tonDBO/d en términos de flujo másico influente.²

En la Tabla 1 se muestra cómo se distribuyen las PTAR en México de acuerdo con su caudal de diseño:

TABLA 1. NÚMERO DE PTAR EN MÉXICO MAYORES A 200 L/S

Caudal	Número de PTAR en México
200 l/s – 300 l/s	43
300 l/s – 600 l/s	25
600 l/s – 1000 l/s	14
1000 l/s – 3000 l/s	19
Mayor a 3000 l/s	4

Fuente: IMTA (2016).

Bajo esta premisa, en México existen 62 PTAR mayores a 300 l/s en las cuales potencialmente se podría obtener y aprovechar el biogás. Además, existen otras 43 PTAR con un caudal entre 200 y 300 l/s que, aunque están ligeramente por debajo de lo recomendado en términos de flujo volumétrico, de manera individual se podría evaluar la viabilidad técnico-económica para utilizar el biogás como combustible, en caso de que la carga orgánica en términos de tonDBO/d en la PTAR sea adecuada.

De acuerdo con datos del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), cuyos expertos visitaron las 104 PTAR municipales mayores a 200 l/s, en las condiciones de operación actuales existen 46 PTAR donde se podría generar suficiente biogás para alimentar continuamente un motogenerador comercial pequeño (132 kWe), o bien, considerando un escenario más estricto y conservador, 28 PTAR tendrían actualmente la capacidad de alimentar continuamente un motor de combustión interna de 336 kWe.

Este número de plantas coincide con los recientes diagnósticos elaborados por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Instituto Politécnico Nacional (IPN) para la Comisión Nacional del Agua (Conagua), en las cuales se identificaron 27 grandes instalaciones en las que hoy en día se genera o podría generarse biogás con potencial de uso como fuente energética.

Sin embargo, a pesar del gran potencial que existe en México, actualmente solo en nueve plantas se aprovecha el biogás, y en ninguna de ellas se practica la codigestión.

² EnRes, 2017a.



Programa EnRes

Recientemente, la GIZ, la Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento de México A. C. (ANEAS), la Secretaría de Energía (Sener), la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) y Conagua, en el marco del Aprovechamiento Energético de Residuos Urbanos (EnRes), publicaron la *Guía técnica para el manejo y aprovechamiento de biogás en plantas de tratamiento de aguas residuales*. En palabras de Adalberto Noyola, investigador prestigiado del Instituto de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma y pionero en el desarrollo de tecnologías anaerobias en México, este documento llena un vacío en el sector del agua y el saneamiento en México al atender el desarrollo de capacidades técnicas en PTAR donde se tiene potencial o ya se está generando biogás. Además, la experiencia de los consultores responsables del proyecto, así como el aporte del personal técnico de diversos organismos operadores (municipales y privados) y otros profesionales en las reuniones de trabajo que acompañaron la preparación de esta *Guía*, aseguran su rigor técnico, utilidad y pertinencia. Se puede descargar gratuitamente a través del portal de ANEAS.¹

Otras actividades para el desarrollo de capacidades que se han promovido dentro del Programa EnRes son la elaboración de estándares de competencia y cursos de capacitación, así como la organización de encuentros de intercambio.

Los estándares de competencia promueven la certificación laboral por el Consejo Nacional de Normalización de Competencias Laborales (Conocer) de personas que demuestran competencia en determinada función.

Los estándares de competencia que se están impulsando dentro del Programa EnRes tienen el objetivo de profesionalizar al sector de biogás y serán los primeros a desarrollarse en México en materia de generación, manejo y uso de biogás, por lo que aquellas que se certifiquen tendrán una ventaja competitiva laboral a nivel individual y también a nivel empresa, organismo o institución que representa.

Los cursos sobre evaluación técnico-económica de proyectos de biogás diseñados e impartidos por los asesores del Programa EnRes tienen como objetivo que los ingenieros, gerentes de operación y consultores evalúen de forma integral proyectos de sistemas de cogeneración de biogás en plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) municipales con la finalidad de determinar de manera confiable la viabilidad de dichos proyectos.

Por otra parte, los encuentros de intercambio tienen el objetivo de motivar la discusión y análisis de problemáticas comunes en la operación de PTAR donde se genera y aprovecha (o se desea aprovechar) biogás. Al final de los encuentros de intercambio, los gerentes de operación, jefes de turno, consultores e ingenieros que participan aprenden de las experiencias de otros participantes, estrechan contacto y solidaridad, y a largo plazo el objetivo es que se fortalezca el mercado para el aprovechamiento de biogás en México.

Esfuerzos como la *Guía técnica*, la elaboración de los estándares de competencia, la organización de encuentros de intercambio y la impartición de cursos, permiten unir la urgencia del saneamiento y la protección al ambiente con la necesidad de cumplir los compromisos de generación de energía limpia que adquirió México frente al cambio climático en el Acuerdo de París (2015).

¹ El documento se encuentra disponible en la dirección electrónica <http://aneas.com.mx/wp-content/uploads/2017/10/guia-lodos2017-dig.pdf>

FIGURA 2. GASÓMETROS DEL SISTEMA DE BIOGÁS EN LA PTAR CCU CHILE



Fotografía cortesía de IBTech.

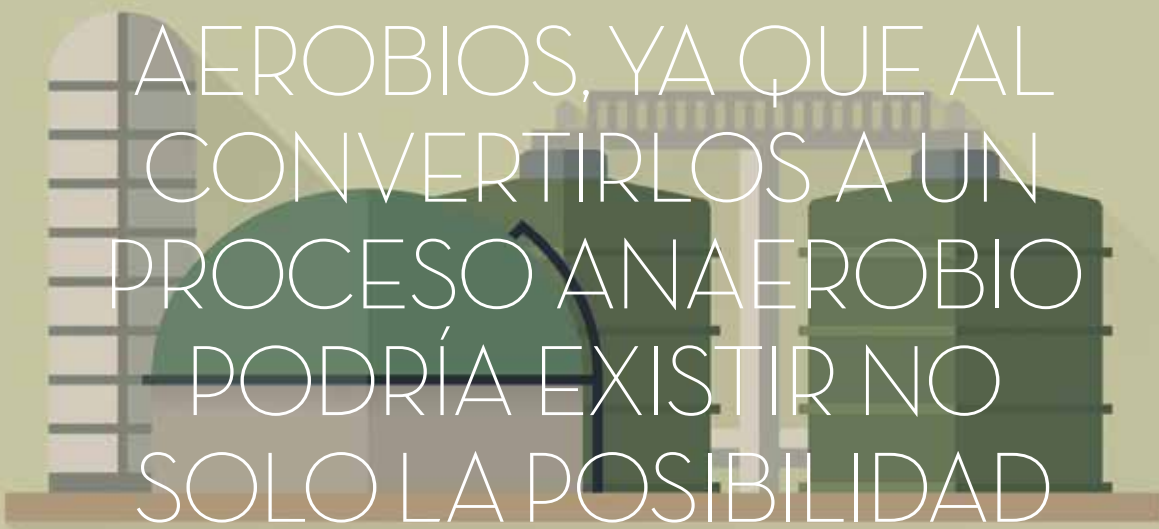
Conclusiones

A corto plazo se recomienda impulsar proyectos de biogás en PTAR donde ya exista la generación de biogás y solo falte instalar una máquina de cogeneración, así como también en aquellas donde el flujo de diseño sea mayor a 300 l/s y que ya operen a un caudal muy cercano a su flujo de diseño, o por lo menos al 80 % del mismo.

A mediano plazo, también sería importante incluir PTAR que actualmente cuentan con sistemas de tratamiento aerobios, ya que al convertirlos a un proceso anaerobio podría existir no solo la posibilidad de generación de energía, sino también un ahorro significativo al no consumir electricidad para la aireación. FIDE

Bibliografía

- Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo en conjunto con el Instituto Politécnico Nacional, CIEE-MAD-IPN. (2013). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales mayores de 100 l/s y determinación de estrategias y criterios para mantener en operación la infraestructura de tratamiento. Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Instituto Politécnico Nacional.
- ENRES. (2017a). Guía técnica para el manejo y aprovechamiento de biogás en plantas de tratamiento de aguas residuales. México: Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ México); Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento (ANEAS); Dirección General de Energías Limpias (Sener); Dirección General de Fomento Ambiental, Urbano y Turístico (Semarnat).
- ENRES. (2017b). Manual del participante. Evaluación técnica-económica de proyectos de cogeneración con biogás en plantas de tratamiento de aguas residuales. México: Cooperación Alemana al Desarrollo Sustentable (GIZ México); Asociación Nacional de Empresas de Agua y Saneamiento (ANEAS); Dirección General de Energías Limpias (Sener); Dirección General de Fomento Ambiental, Urbano y Turístico (Semarnat).
- Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, II-UNAM. (2013). Evaluación de las condiciones físicas y de operación de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales con capacidad menor a 100 l/s y formulación de las estrategias para optimizar su funcionamiento. Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, IMTA. (2016). Informe final. Revisión y actualización del potencial de biomasa para generación de energía eléctrica a partir de plantas de tratamiento de aguas residuales presentado en el Inventario Nacional de Energías Renovables (INERE). México: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA); Secretaría de Energía (Sener); Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat).

An illustration of wastewater treatment tanks. It features two large, dark green cylindrical tanks with horizontal ribbing. To the left, there is a smaller, light-colored cylindrical tank with a similar ribbed pattern. The tanks are set against a light green background with a subtle grid pattern. The text is overlaid on this background in a white, sans-serif font.

SERÍA IMPORTANTE
INCLUIR LAS PTAR
QUE ACTUALMENTE
CUENTAN CON SISTEMAS
DE TRATAMIENTO
AEROBIOS, YA QUE AL
CONVERTIRLOS A UN
PROCESO ANAEROBIO
PODRÍA EXISTIR NO
SOLO LA POSIBILIDAD
DE GENERACIÓN
DE ENERGÍA, SINO
TAMBIÉN UN AHORRO
SIGNIFICATIVO AL NO
CONSUMIR ELECTRICIDAD
PARA LA AIREACIÓN

EFICIENCIA ENERGÉTICA: EL SECRETO DE LAS EMPRESAS COMPETITIVAS

Por Programa de Energías Renovables y Eficiencia Energética en Centroamérica (4E - GIZ)

El Programa de Energías Renovables y Eficiencia Energética en Centroamérica (4E) es implementado por la Agencia Alemana de Cooperación Internacional GIZ, por encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania, para brindar asesoría técnica en la región centroamericana. Se puede contactar a los autores en el correo energia.ca@giz.de

Desde 2011, el programa Administrador de la Energía (AdLE) ha ayudado a diversas empresas industriales de Centroamérica a aumentar su competitividad a través de la implementación de medidas de eficiencia y ahorro de energía. Este programa de capacitación teórico-práctico cuenta con la participación de diversos órganos empresariales y gubernamentales en países de la región como Costa Rica, Guatemala, Nicaragua, Honduras y Panamá.



Desde hace ocho meses, la empresa de fabricación de cemento Argos, situada en la ciudad de Colón, en Panamá, ha experimentado muchas de las ventajas que conlleva la cultura de la eficiencia y el ahorro energético. Ello gracias a que Fernando Alba, perteneciente al área de Planificación Eléctrica y Electrónica de esta empresa, puso en práctica todo lo aprendido en el programa de capacitación teórico-práctico Administrador de la Energía (AdLE), impartido por el Sindicato de Industriales de Panamá (SIP).

Dicho programa consiste en una capacitación dividida en tres módulos, en los que se enseña a las empresas del sector industrial a ser más competitivas a través de la gestión energética, introduciendo a los participantes en la importancia de implementar medidas de eficiencia energética y ahorro de energía.

A raíz de poner en práctica los conocimientos adquiridos en el programa AdLE, Alba logró gestionar cambios en la empresa que han generado un ahorro significativo. Un ejemplo de estas mejoras es la instalación de una unidad de aire acondicionado solar de 10 toneladas, responsable por ahorros de hasta 57 % en los costos de facturación, que se han traducido en la reducción en el pago de la factura eléctrica de mil dólares mensuales, permitiendo a Argos alcanzar una mayor competitividad.

Otro de los beneficios logrados ha sido la estandarización de prácticas operativas, que les han traído grandes ahorros energéticos y monetarios en la operación de los molinos de cemento.

A futuro, Fernando Alba trabaja en la revisión de otros proyectos que le ayuden a Argos a continuar con la mejora en los temas de eficiencia energética y uso racional de la energía, ya que contemplan la idea de invertir en la sustitución de más equipos, como aires acondicionados, computadoras con el sello Energy Star y lámparas tipo LED.

Los resultados de estas mejoras no solo se han traducido en beneficios económicos. Gracias a las buenas prácticas de gestión ambiental, producción y consumo sostenible, Argos fue acreedora a un premio a la excelencia ambiental que el Ministerio de Ambiente (Miambiente) de Panamá otorga con el objetivo de sensibilizar a los ciudadanos sobre el cuidado de los recursos naturales a través de la producción limpia, ganando en la categoría de Producción y Consumo Sostenible, por el proyecto Modelo de Gestión Energética en el Proceso de Molienda de la Planta de Cemento.



El programa AdLE y sus inicios

El desafío que implica ser una empresa industrial tan competitiva como amigable con el medioambiente es lo que motivó a las empresas de Costa Rica, Guatemala, Nicaragua, Honduras y Panamá, a poner en marcha el AdLE. Un programa que tan solo en el periodo comprendido entre 2012 y 2016 sumó inversiones, al menos en el caso de Costa Rica, por un monto aproximado de \$8 535 000 en trabajos prácticos de los participantes.

Los primeros cursos surgieron a partir del trabajo conjunto entre la Cámara de Industria de Costa Rica (CICR) y el Programa Energías Renovables y Eficiencia Energética en Centroamérica (4E), implementado por la agencia alemana de cooperación internacional GIZ como encargo del Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ) de Alemania.

En el 2011 se inició con la versión 1.0 del AdLE. Desde entonces ha sufrido constantes mejoras en los contenidos y actualmente se divide en tres módulos.

El primer módulo funciona como introducción y lleva por título “Situación actual y tendencias sobre la situación energética”. En él los participantes conocen la importancia de implementar la eficiencia energética. Además, se analizan leyes, regulaciones del mercado eléctrico, tendencias tanto mundiales como regionales y el impacto para la industria a nivel local.

En el segundo módulo, “Gerencia de energía”, la idea es fortalecer el área técnica de los participantes en la gestión energética en la empresa para que puedan comprender que existen nuevas oportunidades de financiamiento a partir de la eficiencia energética.

Luego de tener una base más sólida, los participantes cursan el módulo tres: “Identificación de las áreas de consumo de energía en la empresa, su impacto y sus posibles potenciales de ahorro”. En este se presentan los fundamentos de las principales tecnologías en el sector empresarial del país en el que se imparte, para conocer y medir el uso final de la energía en la empresa.



Los primeros dos módulos finalizan con un examen, pero en el tercero el reto es realizar un proyecto concreto sobre gestión de energía que deberá ser implementado en las áreas de iluminación, motores, aire comprimido, manejo de carga o calidad de energía. En total, el participante debe sumar entre 140 y 160 horas para obtener la certificación internacional del Instituto Steinbeis de Berlín, Alemania, que obtienen a partir del AdLE.

La CICR, que fue una de las pioneras en la puesta en marcha del curso, contabiliza a la fecha un total de 158 personas capacitadas en el Administrador de la Energía, mientras que 99 han cursado las especialidades en Iluminación, Aire Acondicionado y Sistemas de Refrigeración que ofrece la cámara, haciendo un total de 257 expertos en gestión de energía eléctrica.

La iniciativa se expande en la región

Con el fortalecimiento de la Federación de Cámaras y Asociaciones Industriales de Centroamérica y República Dominicana (FECAICA) en el 2014, el AdIE poco a poco ha empezado a replicarse en países como Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá.

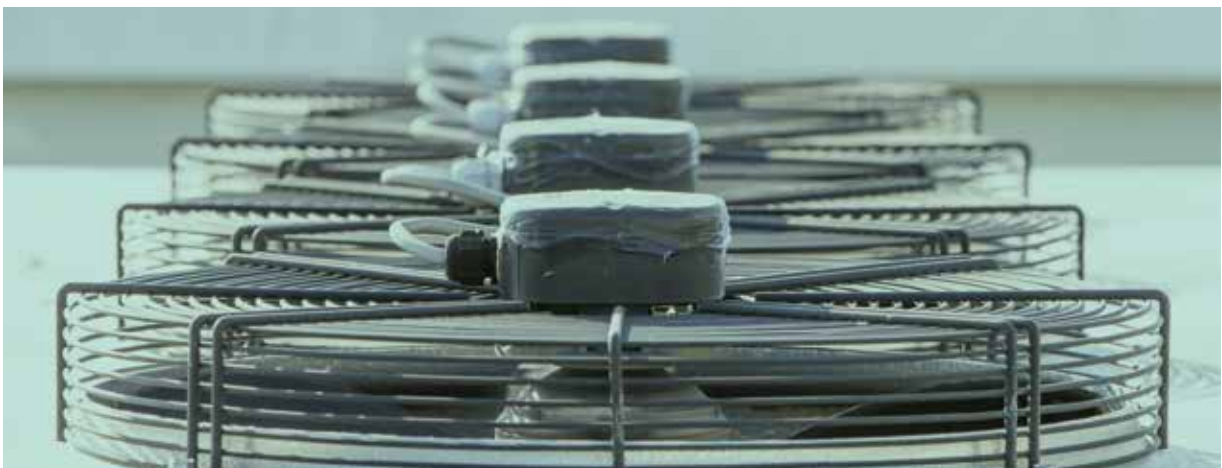
Pero para lograrlo, el AdIE tuvo que enfrentarse a una serie de desafíos como el temor de los empresarios industriales a invertir en una capacitación que era totalmente nueva, así como al desinterés hacia el programa de las Cámaras de Industria de los países centroamericanos.

Para volver atractiva la idea del curso, el apoyo de un experto integrado al CIM de la GIZ en la CICR, las contrapartes de dicha Cámara, el Programa 4E de la GIZ y otras entidades financieras fueron claves al conceptualizar un modelo de capacitación que le diera los conocimientos financieros y técnicos al participante, quien posteriormente se encargaría de liderar proyectos de cambio al interior de la empresa, siendo capaz de crear procesos de mayor eficiencia energética y aprovechamiento de los recursos naturales propios, en aras de disminuir el consumo y aumentar la productividad.

La Asociación Nacional de Industriales de Honduras (ANDI), convencida del éxito que el curso alcanzó en las empresas costarricenses, también lo implementó, contribuyendo significativamente para que la iniciativa se expandiera. En el 2015 reportó dos generaciones de administradores de la energía, compuesta por 70 personas y más de 30 proyectos prácticos sobre eficiencia energética.

En el 2017 también graduó a otros 20 expertos que se encargarían de hacer un uso racional de la energía eléctrica en sus empresas.

LA CICR, QUE FUE UNA DE LAS PIONERAS EN LA PUESTA EN MARCHA DEL CURSO, CONTABILIZA A LA FECHA UN TOTAL DE 158 PERSONAS CAPACITADAS EN EL ADMINISTRADOR DE LA ENERGÍA, MIENTRAS QUE 99 HAN CURSADO LAS ESPECIALIDADES EN ILUMINACIÓN, AIRE ACONDICIONADO Y SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN QUE OFRECE LA CÁMARA, HACIENDO UN TOTAL DE 257 EXPERTOS EN GESTIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA



Guatemala se suma

Tras la experiencia exitosa en Costa Rica y Honduras, la Cámara de Industrias de Guatemala (CIG) decidió adaptar el programa de capacitación ofrecido por el AdLE a su oferta formativa de cursos en temas de eficiencia energética que ya impartían. Fue así como la Cámara recibió los insumos sistematizados de la experiencia de Costa Rica y Honduras, para valorar la posibilidad de desarrollar su propia versión del curso en Guatemala.

Finalmente, en 2015 se le dio vida al curso que graduó a 16 colaboradores provenientes de los sectores industrial, comercial y financiero.

Tras dos ediciones más del curso en la industria guatemalteca, la CIG a la fecha contabiliza 35 personas certificadas con el AdLE.

Para el 2016 se introdujeron las especializaciones del curso, las cuales se reducen en el número de horas; una de ellas fue la de Sistemas de Aires Acondicionados.

Este mismo año, Nicaragua y Panamá decidieron experimentar y realizaron sus primeras ediciones del curso. Fue así como la primera edición del AdLE fue inaugurada en las instalaciones de la Cámara de Industrias de Nicaragua (CADIN), y donde participaron representantes del sector cafetalero, azucarero, de alimentos, de plásticos, la banca privada, el Centro de Producción más Limpia y la Cámara de la Energía.

En el caso de Panamá, otra de las razones por las que pusieron en marcha el AdLE fue el racionamiento de energía eléctrica que atravesaba el sector industrial en ese momento.

La SIP se interesó y no solo realizó una primera edición, sino que además hubo una segunda y prevé una tercera edición para el 2018. Los beneficios financieros y ambientales que obtienen las empresas siguen siendo el motor que hace trabajar al sindicato de industriales en la primera especialización en Sistemas de Refrigeración y Aires Acondicionados.



¿Por qué el AdLE es exitoso?

Este programa es atractivo para el sector industrial no solo por el tema de la competitividad, sino porque, además, los participantes son testigos de las reducciones en el consumo de energía eléctrica que se logran.

Evelyn Arias, una consultora en gestión ambiental en Costa Rica, con una especialidad en energías renovables, lleva cuatro años comprobando que el curso que tomó en el 2013 puede generarle ahorros hasta de 50 % a una empresa al realizar sustituciones de equipos y 10 % sin necesidad de hacer una inversión.

La consultora reconoce que el éxito del curso es el fomento de una red de expertos sostenible que pueden intercambiar experiencias y encontrar soluciones a los problemas que afronta la industria.

Los participantes “aprenden haciendo” y el programa les da las herramientas necesarias para asesorar a sus empresas en la obtención de créditos verdes; es decir, un financiamiento crediticio para que pongan en marcha medidas de eficiencia energética.

Surgen más especializaciones

En este 2018, la cifra de más de 382 expertos que implementan proyectos de reducción de consumo energético seguramente aumentará, ya que para febrero se implementará una nueva especialización. Esta vez será en energía fotovoltaica, y tres meses después se realizará la convocatoria para una en sistemas térmicos y aplicación de la geotermia de baja entalpía en la industria.

Desde el 2016 algunos contenidos se han virtualizado. Entre los temas que están disponibles, en el caso de Costa Rica bajo la modalidad de *b-learning* (semipresencial), son: iluminación, ISO 50001 gestión energética, cambio climático y carbono neutralidad, así como principios de electricidad. EHDE

Invierte tu energía en crecer.

Con **Eco-Crédito Empresarial**
dale impulso a tu negocio
reemplazando tus equipos
eléctricos viejos.



**Pide informes en el teléfono 01-800-FIDETEL (343-38-35)
ecocreditoempresarial.com**

Este programa es público, ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el programa.

MÉXICO
GOBIERNO DE LA REPÚBLICA





1



2



3

Metapel, S. A. de C. V.

AUMENTO DE PRODUCTIVIDAD Y AHORRO ENERGÉTICO MEDIANTE LA ACTUALIZACIÓN TECNOLÓGICA

Por David Cedillo Hernández y Hugo Téllez Moctezuma

David Cedillo Hernández es Ingeniero en Energía por la Universidad Autónoma Metropolitana y se desempeña como Gerente de Evaluación Técnica Económica de Proyectos del FIDE. Hugo Téllez Moctezuma es Ingeniero Electricista con especialidad en Sistemas de Potencia por el Instituto Politécnico Nacional, y tiene el cargo de Gerente de Gestión de Proyectos, Mediciones y Evaluación de Resultados del FIDE. Se puede contactar a los autores en los correos david.cedillo@cfe.gob.mx y en hugo.tellez@cfe.gob.mx

El reemplazo de motores de corriente directa por motores de corriente alterna tipo *inverter duty*, con inversor de frecuencia, permitió a una empresa de la industria del plástico reducir 17.2 % el consumo de energía en sus principales máquinas, disminuir las pérdidas de producción por fallas en equipos y costos de mantenimiento.



4



5



6

Antiguamente, la eficiencia de los motores de corriente directa (CD) se consideraba insuperable para aplicaciones de torque y velocidad variable. Sin embargo, hoy las refacciones de estos equipos son costosas y difíciles de conseguir, por lo que este tipo de tecnología representa un alto riesgo de pérdida de producción para las empresas.

Actualmente, las nuevas tecnologías en motores de corriente alterna (CA) y los variadores de velocidad permiten mayor disponibilidad de equipos y menores costos de mantenimiento, lo que se traduce en menos riesgo de paros de producción y menor consumo de energía con sus costos asociados, pues generalmente un sistema de motor CA y variador de velocidad es más eficiente que un sistema rectificador y motor CD.

Antecedentes

Metapel, S. A. de C. V. es una compañía mexicana ubicada en el municipio de Tecamac, en el Estado de México, que se dedica a la elaboración de productos de película plástica. Esta empresa cuenta con un contrato con la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en tarifa HM, con una demanda facturable promedio de 1337 kW, un consumo de 9 572 837 kWh/año y una facturación promedio de 15 014 801.17 pesos/año (IVA incluido). Opera de lunes a sábado con tres turnos, resultando un promedio anual de 7800 horas.

Objetivo del proyecto

Reemplazar el sistema motriz en corriente directa con el que estaban equipadas dos máquinas de extrusión para incrementar la confiabilidad de la producción y ahorrar energía.

Perfil energético del sistema antes de ejecutar el proyecto

A continuación se presenta un resumen de las mediciones efectuadas al tablero de alimentación del sistema de rectificación de los motores de corriente directa de las extrusoras, con la finalidad de considerar la energía total del conjunto rectificador-motor.

TABLA 1. MEDICIONES DE LA MÁQUINA DOLCI

Motor	Potencia nominal (HP)	Tensión L 1-2 (V)	Tensión L 2-3 (V)	Tensión L 3-1 (V)	Corriente L1 (A)	Corriente L2 (A)	Corriente L3 (A)	Factor de potencia L1	Factor de potencia L2	Factor de potencia L3
M01B	272	376	373	374	112	110	107	0.76	0.75	0.75
M02C	150	375	378	376	192	192	191	0.88	0.87	0.88
M03A	223	368	371	369	101	98	102	0.83	0.81	0.81

TABLA 2. MEDICIONES DE LA MÁQUINA GHIOLDI

Motor	Potencia nominal (HP)	Tensión L 1-2 (V)	Tensión L 2-3 (V)	Tensión L 3-1 (V)	Corriente L1 (A)	Corriente L2 (A)	Corriente L3 (A)	Factor de potencia L1	Factor de potencia L2	Factor de potencia L3
M04B	139	377	375	377	153	168	166	0.95	0.95	0.94
M05A	301	378	375	377	104	103	104	0.80	0.80	0.79
M06C	130	376	378	377	122	123	126	0.67	0.70	0.68

Para determinar la potencia de línea de cada uno de los tres motores de cada máquina, se partió de la medición de los parámetros eléctricos en el lado de alimentación de CA. Para ello se utilizó la siguiente fórmula:

$$W = \sqrt{3} \times V \times I \times FP$$

que dio como resultado la potencia de alimentación al rectificador.

El consumo de energía anual fue determinado como el producto de la potencia por el tiempo de uso anual, mientras que el costo anual se calculó a partir de dicho consumo multiplicado por el precio medio del kWh, el cual integra el importe relativo al cargo por demanda máxima, además de globalizar la facturación a lo largo del último año.

Al realizar los cálculos correspondientes con las mediciones obtenidas en las máquinas, se consiguieron los siguientes resultados:

TABLA 3. PERFIL ENERGÉTICO MÁQUINA DOLCI

Motor	Horas	Tensión promedio (V)	Corriente promedio (A)	Factor de potencia promedio	Potencia (kW)	Consumo (kWh/año)	Costo de operación (\$/año)
M01B	7 800	374.33	109.67	0.7533	53.56	417 768	655 269.11
M02C	7 800	376.33	191.67	0.8767	109.53	854 334	1340 022.88
M03A	7 800	369.33	100.33	0.8167	52.42	408 876	641 322.01
					215.51	1 680 978	2 636 614.00

TABLA 4. PERFIL ENERGÉTICO MÁQUINA GHIOLDI

Motor	Horas	Tensión promedio (V)	Corriente promedio (A)	Factor de potencia promedio	Potencia (kW)	Consumo (kWh/año)	Costo de operación (\$/año)
M01B	7 800	376.33	162.33	0.9467	100.17	781 326	1 225 509.83
M02C	7 800	376.67	103.67	0.7967	53.89	420 342	659 306.43
M03A	7 800	377.00	123.67	0.6833	55.18	430 404	675 088.67
					209.24	1 632 072	2 559 904.93



A continuación se muestra el resumen del sistema que engloba las dos máquinas con sus seis motores:

TABLA 5. PERFIL ENERGÉTICO DE LOS MOTORES EN CORRIENTE DIRECTA

Máquina	Demanda (kW)	Consumo (kWh/año)	Costo de operación (\$/año)
Dolci	215.51	1680 978	2 636 614.00
Ghioldi	209.24	1632 072	2 559 904.93
Total	424.75	3 313 050	5 196 518.93

Con la finalidad de determinar el ahorro de energía al sustituir los motores de corriente directa por motores de corriente alterna tipo *inverter duty*, con inversor de frecuencia, se utilizarán las leyes de afinidad.

Leyes de afinidad

Con fundamento en las leyes de afinidad,¹ se considera el modelo que relaciona potencia y velocidad angular de acuerdo a la fórmula siguiente:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^3$$

Donde:

P_1 = Potencia inicial

P_2 = Potencia final

ω_1 = Velocidad angular inicial

ω_2 = Velocidad angular final

Como observación sobre las leyes de afinidad, es importante precisar que dichos modelos predicen de manera ideal el comportamiento de equipos rotatorios, sin embargo, hay que tomar en consideración que se presentan más variables que repercuten en la determinación de los ahorros.

Para cuantificar los ahorros del proyecto se realizaron mediciones en otra máquina equivalente del usuario que con sus propios recursos realizó el cambio de motor CD a CA con variador, y así determinar el exponente real del modelo matemático basado en las leyes de afinidad, que difiere de ser cúbico.

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{\omega_1}{\omega_2} \right)^x \quad \text{o} \quad x = \frac{\ln(P_1/P_2)}{\ln(\omega_1/\omega_2)}$$

¹ Paschoal, 1985; Mataix, 1978.

La empresa Sistemas de Fuerza y Control Industrial, S. A. de C. V. realizó el reemplazo del motor CD en una máquina de extrusión de plástico por motor CA de 350 kW a 60 Hz con variador de velocidad y midió la potencia para dos velocidades comunes de trabajo con la finalidad de obtener el exponente, el cual se describe a continuación:

TABLA 6. ESTADOS DE OPERACIÓN

	Velocidad 1	Velocidad 2
Frecuencia (Hz)	52	44
Potencia (kW)	285	245
Exponente (α)	1.4361	1.1503

Finalmente, la potencia de línea que alimentaría el variador de velocidad se determinó a través del siguiente modelo matemático:

$$P_2 = P_1 \left(\frac{\omega_2}{\omega_1} \right)^\alpha$$

A continuación se determinó la potencia de cada uno de los seis motores de las dos máquinas bajo las dos condiciones de operación (52 Hz y 44 Hz).

En la siguiente tabla se muestra el resumen del perfil energético de la situación propuesta una vez implementados los motores de CA con variador de velocidad.

TABLA 7. PERFIL ENERGÉTICO DE LOS MOTORES CA CON VARIADOR DE VELOCIDAD

Motor	Demanda (kW)	Consumo (kWh/año)	Costo de operación (\$/año)
Dolci_M01B	45.43	345 837	542 445.34
Dolci_M02C	92.91	707 241	1109 307.51
Dolci_M03A	44.46	338 457	530 869.81
Ghioldi_M01B	84.97	646 807	1014 516.78
Ghioldi_M02C	45.71	347 973	545 795.65
Ghioldi_M03A	46.81	356 319	558 886.35
Total	360.29	2 742 634	4 301 821.44

Ahorro energético y económico

Con la información de las Tablas 5 y 7 se pudo determinar tanto el ahorro energético como el económico al sustituir los motores de CD por motores de CA tipo *inverter duty*, con inversor de frecuencia de última generación.

TABLA 8. RESULTADOS

Variable	Sistema actual CD	Sistema propuesto CA	Ahorro	% ahorro
Demanda (kW)	424.75	360.29	64.46	15.18 %
Consumo (kWh/año)	3 313 050	2 742 634	570 416	17.22 %
Importe (\$/año)	5 196 518.93	4 301 821.44	894 697.49	17.22 %

El reemplazo de seis motores de 150 HP y dos de 300 HP de corriente directa obsoletos por motores de corriente alterna tipo *inverter duty*, con inversores de frecuencia, permitió que la empresa Metapel tuviera una reducción de demanda eléctrica de 64.46 kW (15.18 %) y un ahorro de energía de 570.4 MWh/año (17.22 %). Estos ahorros equivalen a 894 697.49 pesos por año (17.22 %).

Para realizar el proyecto se requirió de una inversión de 3 235 887.33 pesos, para lo cual el FIDE otorgó un financiamiento de 2 881 440.00 pesos a la empresa Metapel, S. A. de C. V., quien aportó el monto restante, 354 447.33 pesos, IVA incluido. Se contrató al proveedor Sistemas de Fuerza y Control Industrial, S. A. de C. V. para ejecutar las acciones.

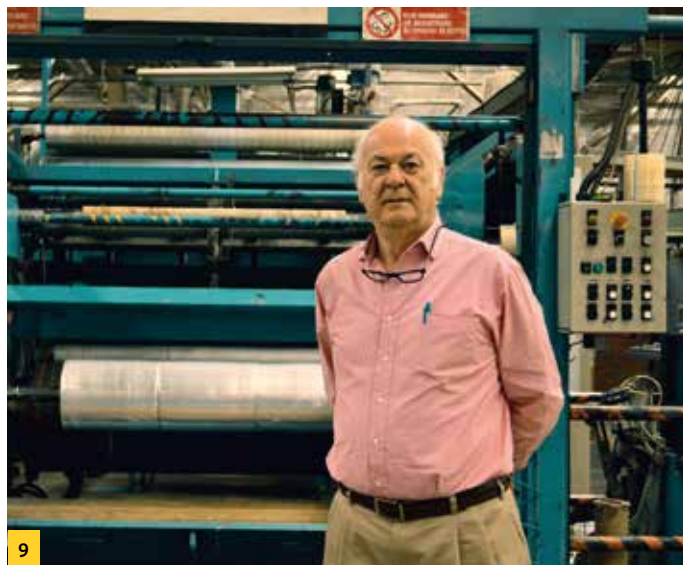
Con los ahorros económicos anuales de 894 697.49 pesos, el proyecto tiene un periodo simple de recuperación de 3.62 años. FIDE

Bibliografía

- Paschoal, Silvestre. (1985). Fundamentos de hidráulica general. Limusa: México.
 Mataix, Claudio. (1978). Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas. Harper y Row N.Y.: México.

Fotografías Emmanuel Tapia

1. Máquina extrusora de polietileno Dolci. Línea de producción 1, planta Metapel.
2. Subestación capacidad 1000 kW, para proveer energía eléctrica a líneas de producción Metapel 1, 2, 3.
3. Área de producto terminado, película stretch en rollo, de máquina Dolci.
4. Inversor de frecuencia ABB 300 HP, modelo ACS880 control DTC de última generación.
5. Centro de control de motores ABB, ACS880, de máquina extrusora Dolci.
6. Motor de eficiencia premium Baldor-Reliance, 300 HP, tipo RPM AC, de última generación.
7. Motor de corriente directa (CD) 300 HP, obsoleto.
8. Motores de eficiencia premium Baldor-Reliance, tipo RPM AC, última generación para trabajo con inversor de frecuencia.
9. Máquina extrusora de polietileno Ghioldi, línea de producción 2, planta Metapel.



LA ACTUALIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS ES UNA BUENA INVERSIÓN

Para Francisco del Caso Peláez, director general de Metapel, S. A. de C. V., la búsqueda constante por el aumento de la eficiencia, el ahorro energético y la productividad, lo condujo a la implementación de este proyecto de eficiencia energética. En entrevista, aseguró que la implementación de eficiencia energética es una de las preocupaciones más importantes de su ramo productivo, pues "las industrias del plástico aparecemos en la facturación de la CFE como el sexto rubro a nivel nacional de consumo de energía; prácticamente todas las fábricas del sector plástico, como la nuestra, trabajamos con energía eléctrica".

El proyecto, elaborado por la empresa Sistemas de Fuerza y Control Industrial, S. A. de C. V., representó numerosos retos que la dirección de la empresa debió afrontar. Sin embargo, gracias a la atención del proveedor y del FIDE, Metapel contó con toda la información posible para tomar la decisión de implementarlo. Uno de estos retos fue realizar un paro de labores para la implementación de los motores, pues como Del Caso Peláez afirma: "Lógicamente no nada más son los motores, hay que colocar los inversores, hay que hacer las adecuaciones para que funcione realmente el proyecto". Sin embargo, a pesar del paro de actividades, "los beneficios los empezamos a ver prácticamente al siguiente mes". En sus palabras, en la empresa "tenemos tres situaciones impresionantes, primero el ahorro de energía; segundo, motores mucho más jóvenes; y tercero, el mantenimiento de los motores nuevos es muy sencillo, hablamos de año, año y medio, parar, cambiar un poco los baleros y seguir adelante; mientras que los otros motores van teniendo un desgaste y conlleva un mantenimiento mucho más caro y mucho más lento, porque aquí trabajamos 24 horas, prácticamente todos los días del año".

Una de las ventajas de implementar este proyecto con financiamiento del FIDE, de acuerdo con el director de Metapel, es la forma de pago, pues por su naturaleza "se va pagando sin darse cuenta, entonces en 12, 14, 16 o 18 meses, dependiendo las máquinas y la constancia del ahorro. Cuando uno se da cuenta prácticamente ya se pagó la inversión". Su satisfacción es tal que a lo largo del presente año piensan volver a recurrir al Fideicomiso para renovar la tecnología de una tercera máquina. "Estamos realmente convencidos de que es un proyecto que va caminando muy bien, y es un apoyo realmente importante para la industria, tan es así que los estamos recomendando con amigos del mismo gremio, con amigos de otros gremios industriales, porque al final eso es muy importante como industriales, como mexicanos y como gente, también para tener eficiencia energética y limpiar un poquito este planeta".



EFICIENCIA ENERGÉTICA

REVISTA DEL FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

COLABORACIONES EN LA REVISTA EFICIENCIA ENERGÉTICA

La revista *Eficiencia Energética* es una publicación trimestral editada por el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica con el propósito de difundir la cultura de ahorro y uso eficiente de la energía. Publica información sobre actividades, proyectos, estudios de caso, buenas prácticas, estudios, investigaciones, reflexiones y noticias relevantes en materia de eficiencia energética. Su vocación es principalmente tecnológica y académica en virtud de la información especializada que ofrece.

Asimismo, es el principal vehículo de divulgación del FIDE. Su quehacer está determinado por la responsabilidad y misión que rigen al Fideicomiso y por los preceptos fundamentales de toda ética periodística y editorial. Al ser su misión educativa, no tiene afán de lucro, su objetivo es informar, orientar y capacitar en materia de uso racional de la energía y la eficiencia energética.

Lineamientos

1. ASPECTOS GENERALES

- a. Los trabajos deberán ser artículos de investigación original, estudio de caso, de actualización, de revisión, históricos, reseñas críticas, estudios y reportes de casos, crónicas de eventos, ponencias, infografías o estudios fotográficos, sobre los temas englobados en la eficiencia energética.
- b. Pueden considerarse trabajos no inéditos, en cuyo caso deberá indicarse de forma clara y citar el medio y fecha de publicación, así como contar con la autorización expresa de dicho medio.
- c. Se debe enviar la versión definitiva. Se recomienda corroborar la información básica con la que se elaboró el artículo.
- d. El envío compromete al autor a no someterlo simultáneamente a consideración de otras publicaciones. El artículo no podrá ser evaluado ni difundido en otros medios a partir del momento del envío y hasta que se dé respuesta en sentido afirmativo o negativo.
- e. Los autores se hacen absolutamente responsables del contenido de sus colaboraciones y autorizan a la revista la inclusión de los mismos en su página electrónica de acceso abierto, y en cualquier otro medio que decida para lograr una mayor difusión.
- f. El envío será de manera electrónica a través del correo oficial de la revista: *ree@fide.org.mx*

2. FORMATO

Todos los artículos deberán tener el siguiente formato:

- Enviarse en un archivo de Microsoft Word u otro procesador de textos.
- Contar con la siguiente estructura: Título, autor o autores (nombres y apellidos, grado académico, cargo desempeñado, institución, ciudad, país y correo electrónico), resumen (máximo 500 caracteres con espacios), desarrollo del texto y referencias bibliográficas.
- *Extensión:* variable, según el tipo de artículo.

- *Investigaciones originales*: adelantos de investigación, estudios de caso o reseña crítica. No deberán ser menores a 7 000 caracteres ni mayores a 15 000.
- *Artículos de difusión científica*: en ningún caso será menor a los 3 000 caracteres, incluyendo espacios, ni exceder los 10 000.
- *Artículos para la sección internacional*: la extensión de estos artículos puede variar de entre 3 000 y 9 000 caracteres, incluyendo espacios. Los textos se deberán entregar, preferentemente, en español.
- El estilo del documento será con fuente Arial 12 e interlineado sencillo.
- *Citas, referencias y notas*: indicadas con subíndices, al pie de cada página.
 - *Libro*: Apellido e inicial del nombre de los autores. (Año de publicación). Título del libro (en cursivas), número o tomo del volumen (si hubiera más de uno). Número de la edición (a partir de la segunda): lugar de la edición, editorial, año de publicación y paginación. Ejemplo: Torres E. (2011). *Auditoría ambiental*. Segunda edición, México: McGraw Hill, pp. 45-48.
 - *Artículos de revistas*: Apellido e inicial del nombre de los autores. (Año de publicación). Título del artículo (entrecorillado), nombre de la revista (en cursivas), volumen, número, fecha de publicación y números de páginas. Ejemplo: Monnadiou, M. (2005). "Sistema de competencias sustentables". *Revista Facultad de Ingeniería*. Universidad de Montevideo. Vol. 13. No. 2. Año 2002, pp. 92-96.
 - *Sitios web*: ONU. (2001). Organización de las Naciones Unidas. División de desarrollo sustentable. Theme Indicator Framework. Disponible en: <http://www.un.org/esa/sustdev/natlinfo/indicators/isdms2001/table4.htm>
- *Tablas, figuras, ilustraciones y gráficas*: incluidas en el texto donde correspondan, numeradas por tipo (Figura 1, Figura 2; Tabla 1, Tabla 2; Gráfica 1, Gráfica 2), con su pie correspondiente y con la fuente indicada.
- *Fotografías*: enviar por separado, en formato JPEG a colores con resolución 300 dpi, con breve descripción a manera de referencia.
- En el caso de las tablas, figuras y gráficas, puede llegar a requerirse que se envíe el archivo original donde se construyeron (hoja de cálculo, diapositivas, etcétera).

3. SECCIONES

Las siguientes secciones de la revista se encuentran abiertas para colaboraciones:

- *Investigación*: en este espacio se publican investigaciones originales, adelantos de investigación, estudios de caso y reseñas críticas de investigaciones publicadas. Los textos deberán cumplir con la siguiente estructura:
 - Título
 - Resumen
 - Introducción
 - Resultados
 - Conclusiones
 - Fuentes bibliográficas
- *Difusión*: este apartado está reservado para artículos de difusión científica en materia de eficiencia energética.
- *Internacional*: esta sección publica estudios de caso, reportes de buenas prácticas o informes de programas gubernamentales en materia de eficiencia energética, todos realizados fuera de México (sin importar si los autores son mexicanos o no). Los textos de preferencia deben ser entregados en español.



FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Revista Eficiencia Energética ISSN 2007-7505
 Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica
 Mariano Escobedo #420, Col. Anzures, C.P. 11590, México, D.F.
 Teléfono: (01 55) 1101 0520
 Responsable: Mónica Ledón Ruiz (monica.ledon@cfe.gob.mx)
www.fide.org.mx

La Revista Eficiencia Energética es una publicación del Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica sin fines de lucro



Cianobacterias para captar y almacenar energía solar

Un equipo de investigadores trabaja en una nueva forma de captación y almacenamiento de energía basado en la fotosíntesis oxigénica. Se trata de un tipo de papel impreso conformado por cianobacterias, las cuales, al recibir la luz solar e iniciar el proceso de fotosíntesis, son capaces de captar y almacenar la energía. Este proceso podría sustituir a las placas solares en los tejados de casa y edificios una vez que se hayan logrado más avances en la investigación. Actualmente, durante las primeras pruebas, los investigadores han logrado alimentar a pequeños dispositivos electrónicos como un foco y un reloj digital.

Fuente: Nature

Sistema de refrigeración de alto rendimiento para sistemas de cómputo

Gracias a la colaboración entre el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) y la empresa mexicana Vigilancia Online, se está desarrollando un sistema de refrigeración por inmersión líquida para equipos de cómputo de alto rendimiento. El objetivo de este proyecto es encontrar una forma de disminuir el consumo de energía eléctrica que se utiliza para mantener la temperatura de trabajo óptima para dichos equipos. Este sistema de enfriamiento funcionará a partir de dos módulos, el contenedor del *hardware* y el sistema de disipación de calor. Al sumergir directamente los dispositivos electrónicos en el líquido especial del contenedor, este extraerá el calor generado, logrando considerables ahorros en el uso de energía eléctrica. Actualmente se encuentra en la fase de prototipo, listo para ser comercializado bajo pedido.

Fuente: Conacyt



Nanomaterial amplía el horizonte en el campo de la generación de energía

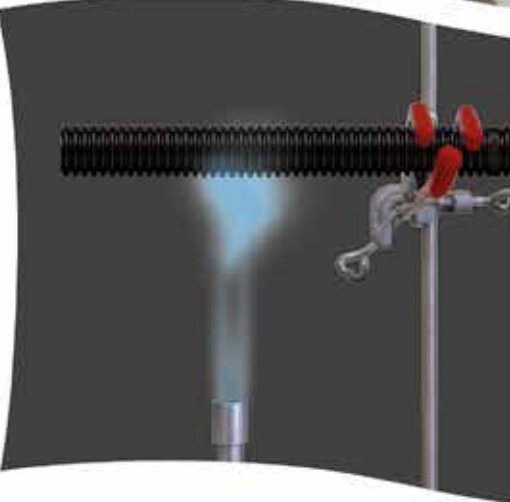
El doctor Yang Yang, investigador de la Universidad de Florida Central (UCF), ha logrado crear un nuevo nanomaterial híbrido que cuenta con la capacidad de absorber la energía solar para utilizarla en la generación de hidrógeno a partir de aguas residuales. Con la creación de este fotocatalizador se busca convertir a los océanos en una fuente inagotable de energía renovable, pues el hidrógeno tiene la facilidad de ser almacenado y transportado, lo que representa una alternativa a corto plazo para la producción de combustibles alternos en sustitución de los fósiles.

Fuente: UCF

Pintura para enfriar edificios

El aumento en la radiación solar se traduce en un incremento de la temperatura en el interior de las edificaciones y, por consiguiente, en un aumento en el consumo de la energía eléctrica utilizada para enfriar los espacios. Buscando revertir esta relación, Yaron Shenav y un equipo de investigadores de la empresa SolCold, ubicada en Herzliya, Israel, han desarrollado una pintura para inmuebles de alta tecnología que es capaz de transformar la energía solar en frío. Se trata de un material de recubrimiento que consta de dos capas. La primera y más externa filtra los rayos del sol mientras la segunda revierte los fotones, reenviándolos con una frecuencia mayor y provocando una pérdida de energía traducida en enfriamiento. Simulaciones en laboratorio han demostrado que una habitación en el último piso de un edificio puede sentirse hasta 10 °C más fría. [FIDE](#)

Fuente: New Scientist



POLIFLEX

01•800•765•4353

WWW.POLIFLEX.MX

asesoria@[POLIFLEX.MX](mailto:asesoria@POLIFLEX.MX)

El 2018 comienza con eventos de gran importancia para el sector energético. Cada uno de ellos busca fortalecer la promoción del ahorro y uso eficiente de la energía eléctrica, el uso de energías renovables, así como la posibilidad de hacer crecer las oportunidades de negocio al presentar nuevos productos, servicios, avances científicos y tecnológicos dentro del mercado nacional e internacional.

ENERO

MÉXICO ENERGY OIL GAS POWER 2018

Por tercera ocasión, este evento concentrará conferencias de clase mundial, encabezadas por los actores más destacados del medio energético nacional e internacional. Asimismo, contará con un área de exposición donde se mostrará lo más novedoso en servicios y bienes del mercado, con el propósito de incentivar la generación de relaciones estratégicas entre empresas nacionales e internacionales.

Fecha: 30 de enero al 1 de febrero

Lugar: Centro Citibanamex, Ciudad de México

www.energymexico.mx

WORLD FUTURE ENERGY SUMMIT

Este evento celebra su décimo aniversario en 2018. En esta edición buscará promover el uso de las energías renovables, la eficiencia energética y las tecnologías limpias. Se esperan cambios interesantes en el formato de las exposiciones y conferencias para hacerlas más interactivas con los visitantes.

Fecha: 15 al 18 de enero

Lugar: Centro Nacional de Exhibición de Abu Dhabi (ADNEC), Emiratos Árabes Unidos

www.worldfutureenergysummit.com

FEBRERO

EXPO MANUFACTURA 2018

Encuentro para profesionales de grandes, medianas y pequeñas empresas de manufactura en busca de soluciones eficientes de producción. El sector industrial de la región norte del país, que concentra una parte importante de industrias, está destinado a ser motor de crecimiento, y es por ello que esta exposición buscará potenciar aún más las capacidades que poseen las industrias de la transformación y de la manufactura.

Fecha: 6 al 8 de febrero

Lugar: Cintermex, Monterrey, Nuevo León

www.expomanufactura.com.mx

ELA EXPO LIGHTING AMERICA 2018 MÉXICO

Foro de negocios para la industria de iluminación profesional en México. Cada año reúne a los principales fabricantes y distribuidores de iluminación y tecnologías relacionadas, con el fin de crear experiencias innovadoras para los visitantes, las cuales se traducen en grandes oportunidades de negocio.

Fecha: 27 de febrero al 1 de marzo

Lugar: Centro Citibanamex, Ciudad de México

www.expolightingamerica.com

MEXICO WINDPOWER 2018

Considerado uno de los encuentros de negocios más importantes del sector de energías renovables a nivel internacional en nuestro país. Este año celebrará su octava edición, demostrando ser el único evento en su tipo que ha logrado mantener un crecimiento significativo.

Fecha: 28 de febrero y 1 de marzo

Lugar: Centro Citibanamex, Ciudad de México

www.mexicowindpower.com.mx

MARZO

EXPO CIHAC 2018

Exposición dirigida a la industria de la construcción en América Latina. Esta exposición presentará lo último en productos, tecnologías e innovaciones sustentables para motivar la capacidad emprendedora, creatividad e inversión productiva generadora de actividad económica y empleo.

Fecha: 14 al 16 de marzo

Lugar: Expo Guadalajara, Jalisco

www.expocihac.com

EXPO ELÉCTRICA Y SOLAR NORTE 2018

Plataforma de negocios enfocada en la automatización, control, iluminación, material, equipo electrónico y generación distribuida. Este evento está dirigido a compradores del medio eléctrico, usuarios del área de la construcción, compradores del sector gobierno, responsables de la industria y hotelería.

Fecha: 13 al 15 de marzo

Lugar: Cintermex, Monterrey, Nuevo León

www.expoelectrica.com.mx

EXPOSICIÓN Y CONFERENCIA DEL PETRÓLEO DE MÉXICO 2017

Evento especializado en la industria del petróleo y el gas en México. Convocará a los líderes claves de la industria y los proveedores de clase mundial vitales para el crecimiento y la rápida evolución de la industria energética en México.

Fecha: 13 al 15 marzo

Lugar: Parque Tabasco, Villahermosa

pecomexpo.com

ABRIL

EXPOMAQ 2018

Exposición que reúne la oferta más destacada de proveedores de las industrias en el giro automotriz, metalmecánico, manufacturero, aeroespacial, aeronáutico, maquilador, transformación y de servicio, ubicados principalmente en la zona del Bajío.

Fecha: 17 al 20 de abril

Lugar: Polifórum León, León, Guanajuato

expomaq.org.mx

Eficiencia energética garantizada

El Sello FIDE es un distintivo que se otorga a productos que inciden directa o indirectamente en el uso eficiente de energía eléctrica



El **Sello FIDE A** se otorga a equipos y aparatos que utilizan energía eléctrica de manera eficiente, como:

Lámparas

Motores eléctricos

Refrigeradores domésticos y comerciales

Elevadores

Páneles fotovoltaicos e inversores

Televisores

Aires acondicionados



El **Sello FIDE B** lo obtienen materiales que permiten un uso eficiente de la energía, por ejemplo:

Recubrimientos reflectivos

Sistemas de control de iluminación

Aislantes térmicos

Puertas y ventanas de doble acristalamiento

Películas de control solar

Adquirir productos y materiales con el Sello FIDE conlleva beneficios:

- Ayudan a reducir la facturación por el consumo de energía eléctrica.
- Como consumidor tienes la confianza de estar adquiriendo productos que además de eficientes, son seguros.
- Fomenta la competitividad para producir mejores equipos y materiales en el país.
- Permite a las empresas acceder a licitaciones públicas o privadas que solicitan el Sello FIDE como condición indispensable para participar.



Consulta el catálogo de productos y materiales en el portal del FIDE (www.fide.org.mx)
Para mayor información, comunícate al 01 800 FIDETEL (343 38 35)
o encuétranos en nuestras redes sociales:



CONSTRUCTOR ELÉCTRICO

NEGOCIOS Y DESARROLLO DE LA INDUSTRIA

MÁS DE **30 MIL**
VISITAS MENSUALES
(Fuente: Google Analytics)

SUSCRÍBETE A NUESTRO
NEWSLETTER Y RECIBE
NOTAS DEL SECTOR

- Perspectivas de la industria
- Eficiencia energética
- Tendencias tecnológicas
- Seguridad eléctrica
- Normatividad

- Sostenibilidad
- Proyección y obra eléctrica
- Opinión de expertos
- Entrevistas a líderes

*El sitio web más completo del
sector eléctrico en México*

www.constructorelectrico.com

 @ConstructorElec

 /Constructor Eléctrico



Consulta planes tarifarios a través del correo
antonio.n@puntualmedia.com