

Desde hace 23 años, el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) se planteó como uno de sus objetivos participar activamente en la reducción de los efectos sobre el medio ambiente al mínimo posible. Sus acciones de apoyo al sector eléctrico mexicano –y recientemente a otros ámbitos productivos– en la preservación del entorno han tomado diversos derroteros.



Electricidad y conservación del medio ambiente

En este siglo, las múltiples necesidades de la actividad productiva y la constante demanda de bienestar de la población han detonado una continua búsqueda por conseguir que la generación de energía impacte de la menor manera en el medio ambiente. Se trata, por tanto, de encontrar derroteros que permitan cubrir el mayor número de necesidades de la población con energía limpia, y que conlleve el bienestar y comodidad de vida que por definición debe traer consigo el progreso.

Así, desde hace cerca de tres décadas, y de manera global, la protección del medio ambiente se ha convertido en una de las principales preocupaciones en todas las sociedades del mundo. En este sentido, la electricidad, como forma final de energía, es muy ventajosa por su limpieza, seguridad y versatilidad. Sin duda, tanto en usos residenciales como en la industria y los servicios, la electricidad, en su etapa última, ha significado una alternativa limpia y barata.

A cambio de esta cualidad final, los efectos sobre el medio ambiente se han dado en el proceso de generación eléctrica (se puede decir que los impactos sobre la ecología en etapas posteriores a la generación, como transmisión y distribución, han sido comparativamente menores).

Desde hace 23 años, el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) se planteó como uno de sus objetivos participar activamente en la reducción de estos efectos al mínimo posible. Sus acciones de apoyo al sector eléctrico mexicano –y recientemente a otros ámbitos productivos– en la preservación del entorno han tomado diversos derroteros. En este artículo se presenta un acercamiento a algunos de los proyectos relacionados con la protección del medio ambiente emprendidos por el Instituto.

Nuestros combustibles y sus efectos ambientales

Las particulares características de los combustibles fósiles mexicanos –residuo de la refinación de crudos pesados, altos en contenido de azufre y asfaltenos– han motivado profundos estudios en torno del óptimo aprovechamiento de su quemado en centrales termoelectricas convencionales y en la valoración de la calidad de las emisiones de gases de combustión a la atmósfera. Así, se han desarrollado diversos proyectos que buscan aprovechar las tecnologías disponibles para reducir las emisiones en termoelectricas que queman carbón o combustóleo.

El doctor César Romo Millares, encargado de la Unidad de Procesos Térmicos, explica: “nosotros vigilamos muy de cerca el proceso de combustión que da origen a este tipo de emisiones y la manera en que se forman los compuestos que se incorporan a la atmósfera, como óxidos de nitrógeno, partículas inquemadas y óxidos de azufre, entre otros. Como principio fundamental, buscamos lograr que todo elemento que salga de las chimeneas de centrales termoeléctricas de la Comisión Federal de Electricidad cumpla con la cada vez más estricta normatividad ambiental que nos rige”.

A finales de la década de los setenta, los investigadores del Instituto realizaron los primeros esfuerzos por caracterizar los combustóleos utilizados en la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y se establecieron las primeras recomendaciones ambientales. Hacia 1984, el trabajo de investigación se centró en la optimación de la operación de generadores de vapor, con lo cual se dieron los primeros pasos para que, desde el diseño de los equipos, se redujera la generación de contaminantes: “no solamente se estudió el diseño de los quemadores, que finalmente son el punto en el que se concentra la atomización o inyección del combustible para

generar la flama que produce calor, sino toda la secuencia de equipos responsables directa o indirectamente de que se tenga una buena función de quemado”, comentó el doctor Romo, quien desde comienzos de esta década ha seguido de cerca las solicitudes de la Comisión Federal de Electricidad para la realización de estudios que midieran el impacto de la generación eléctrica en el ambiente.

En 1991 se inició un proyecto para estudiar la contaminación ambiental de siete de las principales centrales termoeléctricas del país. Los desarrollos en este campo incluyen, además, la experimentación con emulsiones de agua en combustóleo y los lechos fluidizados, los cuales permiten quemar combustibles con eficiencia, reteniendo los compuestos contaminantes.

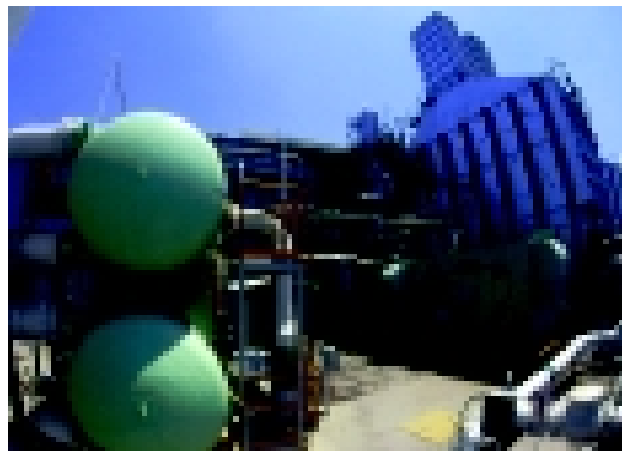
Como fruto de este esfuerzo, en 1991 se inició un proyecto para estudiar la contaminación ambiental de siete de las principales centrales termoeléctricas del país. Los desarrollos en este campo incluyen, además, la experimentación con

emulsiones de agua en combustóleo y los lechos fluidizados, los cuales permiten quemar combustibles con eficiencia, reteniendo los compuestos contaminantes.

Modelos matemáticos de dispersión de contaminantes

En el IIE se han desarrollado diversos proyectos para el establecimiento de modelos matemáticos de la dispersión de contaminantes emitidos a la atmósfera, los cuales consideran factores como la turbulencia del viento, la química atmosférica y la recirculación de gases sobre las chimeneas. Estos modelos cuentan ahora, además, con la capacidad de evaluar la dispersión atmosférica de plumas de contaminantes reactivos.

El doctor Alejandro Salcido González, investigador de la Unidad de Materiales y Procesos Químicos, comenta que el IIE entró de lleno en esta área tecnológica en 1995, cuando la CFE solicitó un análisis sobre la contribución de la central de Valle de México a las concentraciones de ozono en la atmósfera: “generamos un modelo que nos permitiera saber de qué manera reaccionaban en una atmósfera turbulenta los elementos posiblemente contaminantes. Aprovechamos nuestra experiencia en el conocimiento de la micrometeorología y de los modelos de



dispersión y construimos un nuevo modelo que logramos validar usando datos de experimentos de dispersión de plumas reactivas en túneles de viento”.

El principal problema para la elaboración de este modelo fue la incorporación de los efectos de la turbulencia atmosférica sobre los procesos de transformación química de las diferentes especies que constituyen tanto la pluma de contaminantes como la atmósfera donde se dispersa, pero una vez desarrollado, ha sido decisivo para la elaboración de estrategias de gestión ambiental: “La idea es que esta herramienta permita a cualquier empresa o fábrica –de cualquier sector productivo como por ejemplo el cementero, para el cual ya se han adaptado innovaciones tecnológicas de este tipo– tener información veraz para la toma de decisiones en cuestiones ambientales”, apuntó el investigador.

Una importante prueba fue la aplicación de esta tecnología en el Centro de Gestión Ambiental de la refinería General Lázaro Cárdenas, en Minatitlán, Veracruz: “Instalamos un centro que proporciona a la refinería las herramientas necesarias para realizar estudios de dispersión de contaminantes no reactivos”.

El Centro, que fue desarrollado por personal del IIE y de Pemex Refinación, está diseñado para llevar a

cabo todas las acciones de supervisión y control que realiza el Departamento de Protección Ambiental de la refinería. Está equipado con una estación micrometeorológica y los sistemas de Simulación y Monitoreo de Emisiones y de Evaluación Periódica del Impacto Ambiental. Los tres se enlazan por medio de una red de cómputo local. Existen buenas perspectivas para que otras refinerías de Pemex adopten centros de este tipo como parte de sus programas de protección del medio ambiente.

En el IIE se han desarrollado diversos proyectos para el establecimiento de modelos matemáticos de la dispersión de contaminantes emitidos a la atmósfera, los cuales consideran factores como la turbulencia del viento, la química atmosférica y la recirculación de gases sobre las chimeneas.

Al referirse a las perspectivas de desarrollo en este ámbito, el especialista reconoció que aún hay mucho por hacer en lo que se refiere al estudio del impacto ambiental de las centrales termoeléctricas en zonas costeras: “se han realizado múltiples acercamientos al problema, pero siempre se apoyan en los modelos que

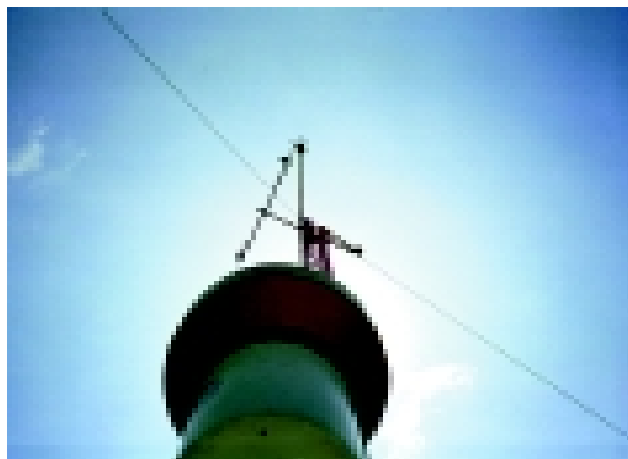
se han desarrollado para zonas continentales, por lo que se ha propuesto el desarrollo de infraestructura adecuada a las condiciones meteorológicas particulares de las áreas costeras”.

La generación geotérmica

En nuestro país, la geotermia tiene la enorme ventaja de que la ingeniería en que se basa se domina. Aunque se ha especulado sobre el riesgo de contaminación de suelo y agua por salmueras, entre los beneficios de la generación geotérmica se puede mencionar que se trata de una fuente de energía generalmente renovable, con impactos controlables y de costo moderado y, sobre todo, con una tasa nula de emisión de gases con efecto invernadero.

En 1997, la capacidad geotérmica de generación instalada contribuyó con el 2.15 por ciento de la energía eléctrica producida en el país y esta aportación va en aumento (cuadro 1) ¿Cómo se ha enfrentado la necesidad de los ambientalistas de aproximarse lo más posible a una fuente de generación cien por ciento limpia?

El maestro en ingeniería Vicente Torres Rodríguez, investigador de la Unidad de Geotermia del Instituto comenta: “la tendencia actual es que los sistemas geotérmicos sean



CUADRO 1
Capacidad efectiva (MW)

Año	Hidroeléctrica					Termoeléctrica					Total
	Vapor	Ciclo combinado	Turbogás	Combustión interna	Geotermoeléctrica	Dual	Carboeléctrica	Nucleoeléctrica	Eoloeléctrica		
1995	9 329	13 594	1 890	1 682	128	753	2 100	2 250	1 309	2	33 037
1996	10 034	14 295	1 912	1 674	121	744	2 100	2 600	1 309	2	34 791
1997	10 034	14 282	1 942	1 675	121	750	2 100	2 600	1 309	2	34 815

Generación bruta (GWh)

Año	Hidroeléctrica					Termoeléctrica					Total
	Vapor	Ciclo combinado	Turbogás	Combustión interna	Geotermoeléctrica	Dual	Carboeléctrica	Nucleoeléctrica	Eoloeléctrica		
1995	27 528	68 948	10 399	455	364	5 669	6 053	14 479	8 443	6	142 344
1996	31 442	74 805	10 661	440	419	5 729	2 775	17 735	7 878	5	151 889
1997	26 431	82 103	11 233	657	460	5 466	7 001	17 575	10 456	4	161 386

Fuente: Estadísticas del Sector Eléctrico Nacional 1997, Comisión Federal de Electricidad.

cerrados; es decir, se extrae el calor, se extrae la energía, se utiliza, y el residuo, agua salina principalmente, regrese al sistema. Entonces, el ideal de los sistemas geotérmicos actuales es reinyectar todo el fluido al sitio del cual proviene: cero emisión, ningún contacto de fluidos con la atmósfera”.

El grupo de especialistas del IIE en esta materia trabaja actualmente en la determinación de las condiciones óptimas, desde el punto de vista ambiental, de sitios en los que podrían existir desarrollos geotérmicos futuros: “queremos contar con información suficiente para proponer tecnologías de aprovechamiento de sitio sin provocar daños y así lograr que los cambios ocasionados sean los menos dañinos posibles”, aseguró.

Para el maestro Torres, todo proyecto de generación eléctrica debe considerarse como una prioridad del desarrollo sostenible, es decir, mantenerse en condiciones de equilibrio con el medio ambiente por largo tiempo. Esencialmente —afirma— un proyecto o estrategia de generación será sostenible

si su funcionamiento, además de satisfacer necesidades presentes, es viable en el muy largo plazo y no conduce al empobrecimiento de la naturaleza que lo circunda: “Existen en México cerca de 1 400 sitios con posibilidades para la utilización de aguas termales, entre ellos, para la generación geotermoeléctrica, por lo que ésta podría convertirse en una fuente de energía para pequeñas comunidades. Sin duda se trata de una alternativa sostenible”.

Las energías no convencionales y su bajo impacto ambiental

El doctor Jorge Huacuz Villamar dirige al grupo de expertos en materia de energías no convencionales del IIE. Al hablar sobre la generación eléctrica y el medio ambiente, él parte de una premisa: “debemos reconocer que toda acción industrial del hombre tiene implicaciones ambientales. En este caso, las tecnologías que manejamos, sin ser absolutamente estériles en cuanto a su impacto ambiental, presentan ventajas con respecto a otras en favor del medio ambiente”.

Como parte de una visión integral que busca la conservación del entorno, la Unidad de Energías No Convencionales trabaja para el aprovechamiento de las fuentes solar y eólica, así como de la energía contenida en la biomasa.

El grupo de especialistas del IIE en geotermia trabaja actualmente en la determinación de las condiciones óptimas, desde el punto de vista ambiental, de sitios en los que podrían existir desarrollos geotérmicos futuros.

Por citar un ejemplo de la potencialidad de las fuentes no convencionales, el especialista se refirió específicamente a lo que podría representar para el planeta el aprovechamiento del gas que se produce de manera natural en los rellenos sanitarios. Se trata de una fuente de energía limpia cuyo uso da solución a

un problema de proporciones mayúsculas: la emisión a la atmósfera de gases con efecto invernadero.

El biogás es un combustible compuesto principalmente por metano que puede utilizarse para generar electricidad y que ofrece un amplio potencial de mitigación de la contaminación ambiental propia de los basureros: “Varios problemas se pueden revertir si mira uno a la basura como un recurso energético. Por ello, estamos trabajando muy de cerca con el Instituto Nacional de Ecología para hacer inventarios de gas metano, precisamente de los rellenos sanitarios y los tiraderos de basura, por la capacidad con que contamos en la explotación de estos procesos”, comentó.

Aprovechar el biogás de los rellenos sanitarios del país significaría un ahorro de unos seis millones de barriles de petróleo al año y evitaría la

El biogás es un combustible compuesto principalmente por metano que puede utilizarse para generar electricidad y que ofrece un amplio potencial de mitigación de la contaminación ambiental propia de los basureros.

emisión de 11.5 millones de toneladas de bióxido de carbono a la atmósfera.

La conservación ambiental, un compromiso ineludible

Como se ha visto, muchos y variados son los acercamientos tecnológicos que han provocado mejoras en el medio ambiente o con los que se ha tratado de minimizar los efectos del proceso eléctrico sobre el entorno. Estas medidas y muchas otras que en el corto plazo se adoptarán, implican esfuerzos y costos altos, pero, en realidad, se trata de una inversión

cuyos réditos significarán una herencia inmejorable: un entorno sano para las generaciones futuras.

Referencias

Brooks, Henry, “The concepts of sustainable development and environmentally sound technology”, en *Advanced Technology Assessment System*, vol. 70, julio, 1990.

Burgos, Estrella, “El centro de gestión ambiental de Minatitlán”, en *Boletín IIE*, vol. 22, núm. 4, julio-agosto, 1998, pp. 155-158.

Hiriart-Le Bert, Gerardo y Luis C.A. Gutiérrez-Negrín, “Results of the geothermal exploitation in Mexico in

1997”, en *Geothermal Resources Council Transaction*, vol. 22, septiembre, 1998, pp. 20-23.

Menéndez Pérez, Emilio, “Generación eléctrica y medio ambiente”, en *Energía*, vol. 11, julio-agosto, 1990.

Programa 21, *Conferencia de las Naciones Unidas sobre el medio ambiente y el desarrollo*, Naciones Unidas, Río de Janeiro, Brasil, 1992.

Torres Rodríguez, Vicente, “Geotermia en México”, en *Documentos de análisis y prospectiva del Programa Universitario de Energía*, Universidad Nacional Autónoma de México, 1993.

Algunos proyectos del IIE que han incidido en beneficio del medio ambiente

- Estudio de la contaminación ambiental en centrales termoeléctricas de la CFE, 1993, Unidad de Procesos Térmicos.
- Diseño de un combustor experimental de lecho fluidizado circulante para investigación y desarrollo, 1995, Unidad de Procesos Térmicos.
- Desarrollo de la tecnología para la combustión de emulsiones de agua-combustóleo pesado, 1997, Unidad de Procesos Térmicos.
- Diseño y construcción de fichas de atomización de combustóleo para unidades de la CFE, 1996 y 1997, Unidad de Procesos Térmicos.
- Estudio isotópico de fluidos de pozos productores de reinyección y manantiales del campo geotérmico de Las Tres Virgenes Baja California Sur, 1997, Unidad de Geotermia.
- Estudio isotópico de fluidos de pozos productores y de reinyección del campo geotérmico de Los Azufres fase III, 1997, Unidad de Geotermia.
- Estudio fisicoquímico y grado de saturación de minerales en aguas de pozos petroleros, 1998, Unidad de Geotermia.
- Desarrollo de una metodología para el diseño de redes de monitoreo de contaminantes en los alrededores de las centrales termoeléctricas, 1993, 1994, Unidad de Materiales y Procesos Químicos.
- Identificación de fuentes de partículas atmosféricas en Manzanillo, Colima, utilizando el modelo de balance químico elemental, 1993, Unidad de Materiales y Procesos Químicos.
- Contaminación ambiental: modelación matemática de dispersión de contaminantes, 1994, Unidad de Materiales y Procesos Químicos.
- Estación micrometeorológica y sistemas de evaluación del impacto de emisiones s/ la calidad de aire para la refinería General Lázaro Cárdenas, 1998, Unidad de Materiales y Procesos Químicos.
- Métodos teóricos y experimentales para la evaluación del impacto de emisiones sobre la calidad del aire, 1998, Unidad de Materiales y Procesos Químicos.
- Tecnologías termosolares a concentración para la generación de potencia eléctrica en México, 1997, Unidad de Energías No Convencionales.
- Agua limpia con energía limpia, 1998, Unidad de Energías No Convencionales.
- Diseño conceptual y básico del proyecto Villas Maya Carrousel, 1998, Unidad de Energías No Convencionales.