

Equipos Eléctricos



Transformador resonante del Laboratorio Móvil, desarrollo del Instituto. Con este Laboratorio se efectúan, en sitio, diagnósticos de generadores.

Normalización

Proyecto de la Norma NOM-002-SEDE-1997

Se apoyó a la Dirección General de Gas LP y de Instalaciones Eléctricas (DGGIE) de la Secretaría de Energía (SE) en la elaboración y presentación del proyecto de norma NOM-002-SEDE-1997 ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de las Instalaciones Eléctricas (CCNNIE) y su publicación en el *Diario Oficial de la Federación* como Norma Oficial Mexicana (NOM). La Norma versa sobre eficiencia energética y seguridad en transformadores de distribución.

Máquinas eléctricas rotatorias

Sistema de diagnóstico de generadores eléctricos

En el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) se han conjuntado esfuerzos para buscar nuevas soluciones al diagnóstico de generadores eléctricos, utilizando, por ejemplo, técnicas

de inteligencia artificial. Tal es el caso del proyecto que se inició para el Laboratorio de Pruebas de Equipos y Materiales (Lapem) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) que tiene como fin desarrollar un sistema de diagnóstico de generadores eléctricos asistido por computadora. Este sistema permitirá, por una parte, integrar en una base de conocimiento la experiencia tanto de los ingenieros del Lapem como del Instituto en el tema; el sistema de razonamiento basado en casos permitirá que la toma de decisiones sea más ágil y acertada al presentar al analista casos similares y su solución; y, por otra parte, contará con un sistema automático para la generación de informes, lo que reducirá el tiempo de entrega del informe final en aproximadamente 75%. El trabajo finalizará en el año 2000.

Rehabilitación de estatores



Rehabilitación de estatores en *El Caracol*.

Continuó la rehabilitación de generadores eléctricos con tecnología y procedimientos propios. Recientemente se rehabilitaron los devanados del estator del generador de la unidad 1 de la central hidroeléctrica Carlos Ramírez Ulloa, *El Caracol*, en Guerrero, pues presentaban problemas de diseño y manufactura que ponían en riesgo la seguridad del generador y de la propia central. Se logró un incremento en la eficiencia del generador gracias a la rehabilitación. Actualmente el generador está sincronizado al sistema y disponible para el Centro Nacional de Control de Energía (Cenace). Con este trabajo quedaron rehabilitados, con la participación del IIE, los tres generadores de 200 MW cada uno, de la central hidroeléctrica mencionada.

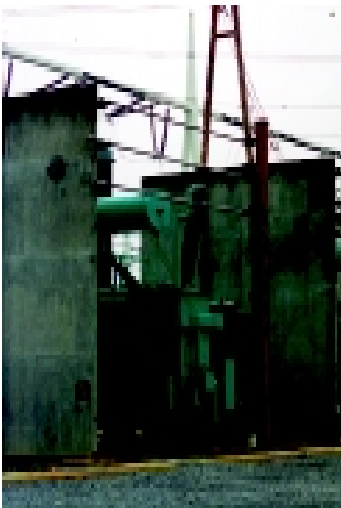
Equipo de interrupción y transformación

Manual de transformadores de potencia

A fin de contar con un documento que integrara todos los procedimientos de prueba que actualmente utiliza la CFE para la evaluación y el diagnóstico de transformadores de potencia, el Instituto editó el *Manual de transformadores de potencia, tomo II*. Este Manual facilitará el trabajo de los ingenieros de campo en la consulta de procedimientos y en el análisis de resultados de las pruebas.

Mantenimiento de transformadores de potencia

Se actualizaron los datos sobre el parque de transformadores de 400 kV de la CFE en el Sistema de Mantenimiento de Transformadores de Potencia (Simatrap), y se capacitó a personal de la Comisión en la operación y el aprovechamiento de este sistema. Por otra parte, el Simatrap se instaló en las cinco áreas de transmisión y transformación con transformadores de 400 kV. Con el Simatrap —desarrollo IIE— la CFE puede dar seguimiento al comportamiento de cada transformador de potencia y a partir de análisis, determinar programas de mantenimiento, y comparar parámetros y límites de pruebas, así como conocer el comportamiento de los transformadores agrupados por marca, tipo y aplicación.



Se actualizaron los datos sobre el parque de transformadores de 400 kV de la CFE en el Simatrap.

Transmisión y Distribución



Se busca apoyar en la satisfacción de la demanda de energía eléctrica de manera eficiente y económica, cuidando el impacto en el medio ambiente y elevando la calidad del servicio.

Líneas de transmisión y subestaciones

Desarrollo de ingeniería básica de líneas de transmisión

Al continuar con los trabajos conjuntos entre el IIE y la Coordinación de Proyectos de Transmisión y Transformación de la CFE orientados a la incorporación de innovaciones tecnológicas, se implantó un procedimiento asistido por computadora para la selección y ubicación de estructuras de líneas de transmisión. La contribución primordial en la implantación del procedimiento se centró en el desarrollo de la programación de apoyo necesaria para dar de alta el perfil topográfico de la trayectoria de la línea de transmisión bajo diseño y la información específica de estructuras, conductores y accesorios utilizados en los diseños normalizados de la CFE. Se desarrolló la ingeniería básica para el diseño eléctrico (selección de conductores y coordinación de aislamiento) de una línea de transmisión de 765 kV, que permite la integración de materiales y productos nacionales en la construcción de la misma. El diseño de este tipo de líneas requiere utilizar estas nuevas capacidades de análisis y de prueba hasta ahora poco aprovechadas.

Seguimiento del comportamiento de aisladores sintéticos



Durante los próximos años continuará el seguimiento de la operación de los aislamientos no cerámicos en la red de transmisión.

En 1997, especialistas del IIE realizaron la sustitución de aisladores cerámicos por sintéticos en una línea de transmisión de 230 kV en Lázaro Cárdenas, Michoacán, buscando proporcionar a la CFE alternativas para la reducción de costos de mantenimiento y una mayor resistencia a condiciones críticas de contaminación. Al continuar con esta línea de investigación, se establecieron recomendaciones para la selección de mejores perfiles de aisladores y la instalación de aislamiento no cerámico en tensiones de 230 y 400 kV. A través del monitoreo de corriente de fuga se establecieron las condiciones de prefalla de líneas de transmisión, permitiendo con ello realizar mantenimiento preventivo eficaz para minimizar las interrupciones derivadas de la contaminación de la superficie de los aisladores. Durante los próximos años, el Instituto continuará el seguimiento de la operación de los aislamientos no cerámicos en la red de transmisión; lo anterior y el acopio de información sobre corrientes de fuga de los sistemas en operación servirán para el establecimiento de una base de datos que prevenga la ocurrencia de fallas ocasionadas por la contaminación.

Redes de distribución

Confiabilidad de esquemas de subestaciones de LyFC



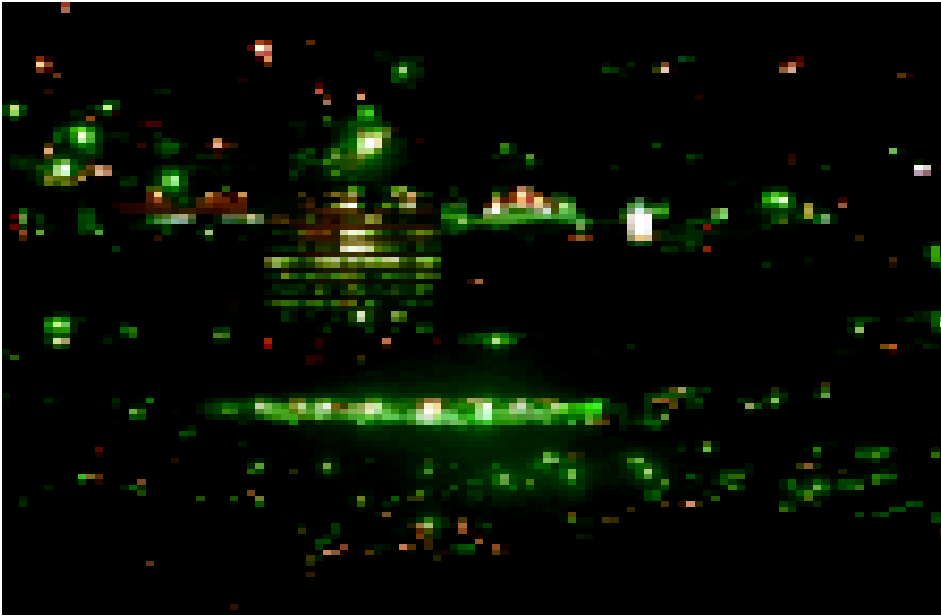
Los estudios sobre redes de distribución buscan lograr mejoras en la planeación de su crecimiento, en su operación y en su mantenimiento.

Gracias a la experiencia adquirida en el desarrollo de herramientas de confiabilidad desarrolladas en el IIE y basadas en técnicas de investigación de operaciones, por solicitud de Luz y Fuerza del Centro (LyFC) se determinaron los índices de confiabilidad de sus subestaciones. Como parte de este trabajo se establecieron recomendaciones para realizar adecuaciones a la red de distribución, a los tiempos promedio de reparación y a la energía que se deja de suministrar en caso de falla. En contraste con las técnicas tradicionales, las herramientas de confiabilidad desarrolladas en el Instituto permiten la evaluación rápida de índices de redes complejas. En el futuro se iniciará la aplicación de estas técnicas a redes eléctricas industriales y de distribución.

Planeación de redes de distribución

En 1994 el IIE desarrolló una base de datos maestra para el almacenamiento de la información necesaria para el desarrollo de las funciones de ingeniería de distribución, como lo es la definición de planes de expansión y el análisis operativo de la red en condiciones normales y de emergencia, fuera de línea y en tiempo real. Bajo este ambiente se inició la aplicación de un módulo de expansión de la red (Sipladis), desarrollada por el propio Instituto. Durante 1998, al continuar con las aplicaciones de esta herramienta, se realizó el análisis de varios escenarios para la definición de nuevas subestaciones necesarias para satisfacer el crecimiento de la demanda en la zona de Polanco, en el área metropolitana de la ciudad de México. Mediante un estudio de planeación se definieron el tamaño, la ubicación y las fechas aproximadas de puesta en servicio de nuevas subestaciones o la ampliación de las existentes. Gracias a la aplicación de Sipladis se han estimado cuatro escenarios en un tiempo mínimo. Se prevé la aplicación de esta herramienta para evaluar los planes de expansión en otras zonas de Luz y Fuerza del Centro.

Uso de Energía



Se apoyan las actividades de administración de la demanda de electricidad a través de la promoción y el desarrollo de nuevas tecnologías aplicables en el país y el suministro de servicios técnicos.

Administración de la demanda de energía eléctrica

Sistemas para diagnóstico energético

Durante los últimos años, el IIE ha desarrollado la infraestructura necesaria para la construcción de *software* para el análisis energético en las condiciones aplicables a diversos tipos de usuarios. En 1998, para el Fideicomiso para el Aislamiento Térmico de la Vivienda en Mexicali (Fipaterm) se desarrolló un sistema computarizado capaz de efectuar diagnósticos energéticos para usuarios domésticos que participan en algunos de sus programas de ahorro y uso eficiente de energía (aislamiento de vivienda, sustitución de equipos de aire acondicionado, reducción de infiltración, uso de lámparas ahorradoras).

Normas de eficiencia energética

El apoyo a la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (Conae) para el desarrollo de normas ha sido una tarea constante del Instituto. Este año se elaboraron las versiones finales de los proyectos de norma de eficiencia energética para edificios no residenciales y para

edificios residenciales hasta de tres pisos, en las cuales se contempla la revisión de las temperaturas equivalentes en ciertas ciudades utilizando las normas climatológicas, la justificación del tamaño de las ventanas en el edificio de referencia, factores de corrección utilizando el modelado dinámico por el uso de aleros, volados, ventanas remetidas y partesoles, así como un nuevo procedimiento de cumplimiento de la norma llamado Presupuesto Energético.

Sistemas eléctricos industriales

Reacondicionamiento de sistemas eléctricos

Se efectuaron estudios de cortocircuito, coordinación de protecciones, evaluación del sistemas de tierras y diseño de equipo de medición para el Centro Técnico Administrativo Tabasco 2000. Gracias a los estudios realizados, el personal técnico de dicho Centro dispondrá de un sistema que permite asegurar la continuidad y confiabilidad en el suministro de energía eléctrica y que cuenta con especificaciones de un sistema de medición para conocer los parámetros eléctricos en tiempo real. Se espera implementar este tipo de estudio en otras instalaciones de Petróleos Mexicanos (Pemex).



Se estudian los niveles de consumo de energía, las metodologías para realizar diagnósticos energéticos y se monitorean las medidas de ahorro de energía.

Análisis de Redes



La red eléctrica Ek-Balam es un sistema constituido por plataformas interconectadas a través de un cable submarino.

Planeación de la expansión y operación de sistemas eléctricos de potencia

Operación confiable de la red eléctrica del activo Ek-Balam de Pemex Exploración y Producción

La red eléctrica de Ek-Balam es un sistema aislado constituido por plataformas marinas interconectadas eléctricamente a través de un cable submarino. Recibe el suministro eléctrico de un módulo de generación localizado en una de las plataformas. La extracción del crudo se hace mediante el uso de bombas electrocentrífugas operadas y controladas con variadores de frecuencia. El IIE identificó las necesidades y los requerimientos necesarios para lograr una operación confiable de la red eléctrica y contribuir a maximizar la extracción de crudo, asegurando la continuidad en el servicio de la energía eléctrica.

Planeación y operación de sistemas de producción y transporte

Mercado de energía

Con el fin de contar con herramientas de análisis aplicables a los escenarios de un posible mercado de energía en México, se desarrolló una metodología que permite realizar diversas simulaciones. Con ella se han llevado a cabo estudios de las alternativas y el impacto en el mediano plazo de producción con centrales hidroeléctricas, así como para el análisis de opciones de asignación de costos de transmisión entre los participantes en el mercado de energía. También se desarrolló un sistema de cómputo que permite elaborar y enviar los documentos que requerirían los participantes del mercado de energía para llevar a cabo la contabilidad de las transacciones realizadas.

Resultados del mercado interno de energía de la CFE en Internet

Se desarrolló la infraestructura que permite la formación de páginas para Internet y para el Intranet de la CFE con los resultados diarios del mercado interno de energía. Con el desarrollo de este proyecto, el Centro Nacional de Control de Energía puede difundir los resultados del mercado interno de energía.

Costo del kWh en la zona industrial El Castaño

Se desarrolló una metodología para el análisis de opciones de asignación de costos de transmisión entre los participantes en el mercado de energía.



El Instituto desarrolló una metodología para Pemex Exploración y Producción (PEP) con la cual se calcula el costo de la energía eléctrica en los puntos de entrega del sector Cárdenas, lo que permite comparar dicho costo con los precios de la Comisión Federal de Electricidad. Cabe mencionar que PEP tiene la facilidad de obtener energía eléctrica de dos maneras: por medio de la CFE o, generándola en sus propias plantas. Así, como resultado de este proyecto, PEP puede evaluar las alternativas de suministro y elegir la que le implique menores costos, minimizando el gasto en este rubro. Esta herramienta se implementará en otras entidades de Pemex y de autoabastecedores de energía eléctrica.

Estudio de costos de operación y mantenimiento de equipos de generación de energía eléctrica

Se llevó a cabo una metodología para calcular los costos de operación y de mantenimiento de los equipos de generación eléctrica y una metodología para evaluar alternativas de suministro de energía eléctrica en el área de generación y distribución de la terminal marítima de Dos Bocas, Tabasco. Con ello, la terminal marítima podrá actualizar mensualmente sus costos de operación y de mantenimiento, al igual que evaluar alternativas de suministro y determinar los criterios para la operación económica de la planta.



Se trabaja en metodologías matemáticas y *software* especializado para la planeación del crecimiento y la operación de los sistemas de generación y transmisión de energía eléctrica.

Metodología de planeación de transmisión

Resolver la dificultad de la expansión óptima de redes de transmisión eléctrica requiere solucionar problemas de programación no lineal y entera mixta. El uso de métodos exactos de optimización matemática ha sido apropiado para optimar redes de mediana escala; sin embargo, cuando se aplica en redes más grandes, dichos métodos tradicionales presentan serias dificultades. El Instituto es pionero al presentar un método heurístico como alternativa de solución a este problema. La técnica se conoce como Programación Evolutiva y su uso permite obtener una muy buena propuesta de expansión para redes de gran tamaño, mediante la minimización de una función objetivo que representa el máximo perjuicio para diferentes escenarios de operación (demanda, ubicación de generación, costos, etcétera) y contingencias por fallas de generación y transmisión.

Control e Instrumentación



Los trabajos sobre sistemas de control e instrumentación que realiza el Instituto se orientan, en forma importante, a las centrales de generación de la CFE y a las plantas de proceso de Pemex.

Integración de sistemas de control digital

Modernización de sistemas de instrumentación y control

Los investigadores del IIE continuaron con su participación en el plan de modernización de plantas de proceso de Pemex Refinación. En la refinería de Tula, Hidalgo, se diseñó la arquitectura de los sistemas de control avanzado y distribuido, las redes de comunicación, los sistemas de protecciones y la instrumentación de campo en tres de sus sectores. La implantación de estos sistemas permitirá a la refinería operar con mayor eficiencia, seguridad, rentabilidad y con la garantía de un mínimo impacto ecológico. Cabe indicar que este tipo de proyectos han permitido al personal del Instituto trabajar con tecnología de punta en sistemas digitales y de control avanzado.

Servicios a la central de Gómez Palacio, Durango

Con el objetivo de colaborar en el mejoramiento de los índices de confiabilidad de la central de ciclo combinado de Gómez Palacio, Durango, se desarrollaron acciones conjuntas de

investigadores del Instituto y personal de la planta, mediante las cuales se realizaron mejoras al monitor de secuencia de eventos y a la interfaz hombre-máquina del sistema de control; se rehabilitó la operación de las turbinas de gas con diesel y la operación en modo coordinado; además, se mejoró sustancialmente la eficiencia de los lazos de control en las turbinas de gas, vapor y los recuperadores de calor. Con estas acciones se incrementó la generación neta de la central.

Sistemas de comunicación

Operación de una red de comunicación de área local para Pemex

Como respuesta a una solicitud presentada por la Subdirección de Tecnología y Desarrollo Profesional de Pemex Exploración y Producción, en 1997 investigadores del IIE iniciaron el desarrollo de redes de comunicación de área local tanto en la Torre de Pemex en México, D.F., como en su edificio sede de Villahermosa, Tabasco. Al dar seguimiento a ese proyecto, durante 1998 se pusieron en operación sistemas de videoconferencia y de acceso remoto por líneas telefónicas; además, se actualizó la información de su Intranet y se incorporaron nuevas aplicaciones administrativas. Con las implementaciones realizadas, Pemex cuenta ya con sistemas integrales expresamente desarrollados para sus necesidades de acceso, almacenamiento y reporte de información desde cualquier sitio dentro de la empresa.

Equipos electrónicos para adquisición, medición y control

Definición de normatividad para mercados de energía

Los conocimientos con que se cuenta en el IIE en el campo de la medición de la energía eléctrica, resultado del desarrollo de proyectos, así como de reuniones de trabajo con personal especializado de la CFE para el análisis de su problemática, fueron decisivos para que sus investigadores participaran en la implantación de conceptos de mercado de energía. Esto permitió colaborar en la definición preliminar de la Normatividad para la Medición de la Energía, considerando equipamiento, necesidades actuales y futuras de la CFE, y normas y tendencias en otros países. Con los resultados de este proyecto, la CFE contará con elementos de decisión para la selección de procedimientos y de equipamiento con tecnología apropiada, minimizando riesgos de obsolescencia, de indisponibilidad y de incompatibilidad con sus equipos y métodos actuales de medición y procesamiento de información.

Equipo portátil para pruebas en campo de medidores de energía eléctrica

Las pérdidas técnicas de energía eléctrica representan para las compañías de electricidad un porcentaje importante de las pérdidas totales en el proceso de comercialización. Por esta razón, la correcta calibración de los equipos de medición ha merecido atención especial.



El EPP, versión comercial, equipo portátil para pruebas en campo de medidores de energía eléctrica.

Aplicando procedimientos y tecnologías electrónicas avanzadas de medición, en el IIE se ha desarrollado un equipo portátil para pruebas en campo de medidores de energía eléctrica (EPP). Ya se cuenta con un primer prototipo para la CFE. El EPP integra en un solo equipo los diversos instrumentos que tradicionalmente se emplean para la prueba y calibración de medidores, haciendo más confiable y segura esta actividad, y aumentando la productividad mediante la automatización de las funciones requeridas. Cabe mencionar que por sus novedosas características, que no poseen los equipos comerciales similares, el EPP presenta grandes posibilidades de comercialización.



Primer prototipo del EPP desarrollado para la Comisión Federal de Electricidad.

Simulación

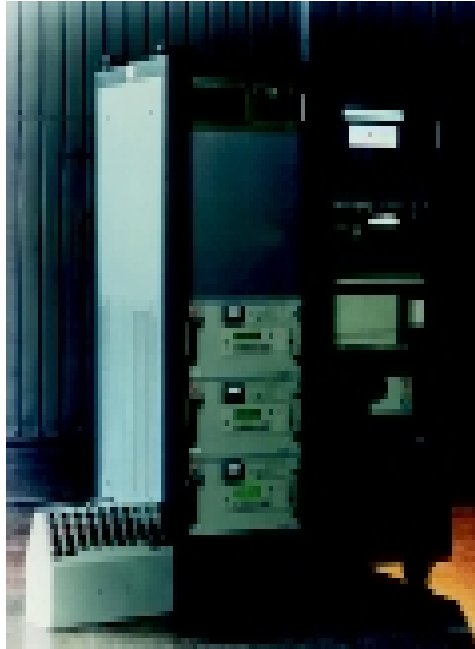


Tableros de control del simulador de unidades geotermoeléctricas actualmente en desarrollo para la Gerencia Regional de Producción Noroeste de la Subdirección de Generación de la Comisión Federal de Electricidad.

Desarrollo de simuladores para el entrenamiento de operadores y para la prueba de equipos

Simuladores de entrenamiento para centrales geotermoeléctricas

Como parte de la primera etapa de un proyecto bajo contrato con la Gerencia Regional de Producción Noroeste de la Subdirección de Generación de la CFE, se iniciaron los trabajos de diseño, construcción, instalación y puesta en servicio de un simulador para entrenamiento de operadores de la unidad 9 de la central geotermoeléctrica Cerro Prieto, Baja California. En este año se realizaron la especificación, la formulación, la programación y las pruebas fuera de línea de los ocho modelos de proceso de los sistemas y de los once modelos de sus controles, los cuales representarán la unidad de referencia. También se terminó la construcción de los tableros y la integración de los equipos de cómputo y el *software*. El simulador de unidades geotermoeléctricas permitirá a la CFE el entrenamiento de operadores en condiciones normales y anormales. Este tipo de entrenamiento permitirá mejorar los niveles de eficiencia de operación de unidades de este tipo, así como aumentar su disponibilidad y la vida útil de sus equipos, reduciendo paros de la unidad o daños a los equipos causados por una mala operación.



Con el Sitirams se pueden llevar a cabo 18 diferentes tipos de pruebas estáticas y dinámicas en los reguladores automáticos de tensión.

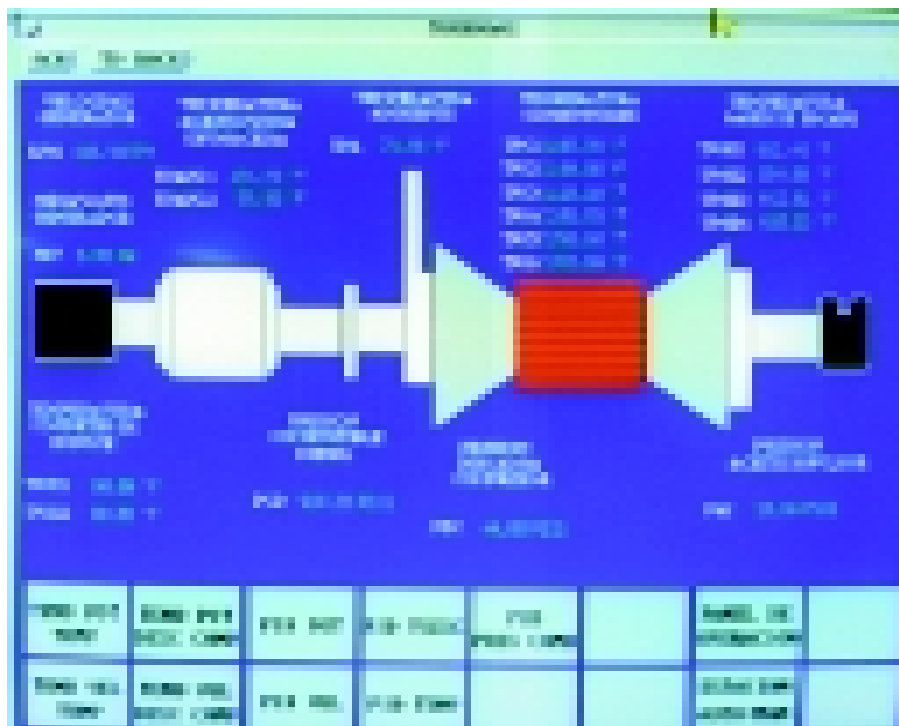
Diagnóstico y prueba de reguladores automáticos de tensión

En 1996 el IIE entregó dos emuladores de máquinas síncronas (Sitirams) a la Gerencia de Ingeniería Eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad, los cuales permiten simular el comportamiento de máquinas síncronas específicas a partir de sus parámetros de diseño y reproducir los escenarios para llevar a cabo 18 diferentes tipos de pruebas estáticas y dinámicas de los reguladores automáticos de tensión (RAT), con los cuales se controla el nivel de voltaje que entrega la máquina síncrona a la red eléctrica. Al continuar con sus aplicaciones en campo, investigadores del Instituto apoyaron al personal del Lapem en la realización de pruebas con los Sitirams en diez centrales hidroeléctricas y termoeléctricas de todo el país e impartieron cursos de capacitación sobre el uso de los simuladores a cerca de cien ingenieros de las diferentes regiones de producción de la Comisión Federal de Electricidad.

Tutor inteligente para el adiestramiento de operadores de centrales generadoras

Al continuar con el perfeccionamiento de los sistemas de autoentrenamiento construidos específicamente para el sector eléctrico mexicano, se desarrolló un tutor inteligente para el adiestramiento de operadores de centrales generadoras. En este proyecto se desarrolló un prototipo en el que se utilizó un sistema experto acoplado a los modelos matemáticos, bases de datos y algunas de las funciones del Simulador Parcial de Alcance Total para el adiestramiento de operadores tableristas que realizan el rodado de turbinas de vapor en unidades termoeléctricas de 300 MW. Entre otros beneficios, con este prototipo es posible considerar diversas configuraciones de subsistemas y plantas generadoras que pueden integrarse al sistema de autoentrenamiento para que la CFE lo pueda aplicar en sus centros de capacitación, en gerencias regionales y en centrales generadoras.

Supervisión de Procesos



Se desarrollan sistemas integrales de información en tiempo real que ayudan a mejorar los índices de desempeño de centrales generadoras.

Sistemas integrales de información en tiempo real

Sistemas integrales de información para el mantenimiento y diagnóstico predictivo

Personal del Laboratorio de Prueba de Equipos y Materiales de la CFE e investigadores del Instituto definieron conjuntamente los requerimientos, las especificaciones y el diseño conceptual del Sistema Integral de Información para el Diagnóstico y Mantenimiento Predictivo (SIIDMP) —una herramienta indispensable para la planeación de mantenimientos preventivos de los componentes de los equipos críticos en centrales termoeléctricas—, para lo cual fue necesario estudiar e integrar información de los procedimientos relacionados con el análisis de la vida útil de los equipos de una termoeléctrica, utilizando como modelo a la central Plutarco Elías Calles de Petacalco, Guerrero. La CFE cuenta ya con el diseño del *software* y el *hardware* necesarios para la implantación y puesta en servicio del SIIDMP, que podría incorporarse en cerca de treinta centrales termoeléctricas del país.

Asesoría y apoyo técnico a la CNLV



Desde 1995 el Instituto tiene asignado un grupo de investigadores que apoya al personal de la central nucleoelectrica en el aseguramiento del buen funcionamiento de la planta y en la implantación de mejoras.

Desde 1995, como parte de las actividades conjuntas entre la central nucleoelectrica de Laguna Verde (CNLV) y el IIE, el Instituto tiene asignado un grupo de investigadores para apoyar al personal de Ingeniería y Operación de la central en el aseguramiento del buen funcionamiento del Sistema Integral de Información del Proceso (SIIP), así como en la implantación de mejoras al mismo. Como parte de estas labores, durante 1998 se emitieron varios paquetes de modificaciones programados para efectuarse durante la tercera recarga de la unidad 2 de la CNLV y se elaboraron reportes mensuales del comportamiento eléctrico y del monitoreo para ambas unidades con información general del ciclo térmico de la central. Además, se apoyó a los ingenieros de sistemas para obtener información de la planta a través del análisis de parámetros de sistemas específicos. Con relación al soporte técnico de sistemas en tiempo real, se supervisó la instalación de la red de cómputo en el Laboratorio de Ingeniería Ambiental (Farallón) y la ampliación de las redes de la Oficina de Ingeniería en Dos Bocas y en la misma central. Además, se terminó un estudio para actualizar los códigos del Sistema de Ingeniería Ambiental, se dio soporte técnico para el análisis del comportamiento de planta durante el periodo y se terminó la fase de rediseño de *software* del ILRT (prueba de fugas en el contenedor primario). Durante 1999 continuarán los trabajos conjuntos para modernizar y uniformar los sistemas computacionales instalados en la central nucleoelectrica.

Sistemas para el análisis de vibraciones de máquinas rotatorias



SICAD II se puede aplicar en programas de mantenimiento predictivo y sistemas supervisorios, así como en la detección de fallas en componentes de plantas de generación.

Al continuar con los trabajos de mejora del sistema de analizador de vibraciones (SICAD I) se desarrolló el sistema analizador de máquinas rotatorias (SICAD II), el cual está basado en una arquitectura abierta integrada con equipo comercial para el acondicionamiento y la adquisición de señales analógicas y por un sistema inteligente, implantado con una herramienta comercial de procesamiento de señales, basada en Windows NT. El nuevo sistema tiene capacidad para adquirir ocho señales de entrada provenientes de sensores de vibración (desplazamiento, velocidad y aceleración) y de sincronía (un pulso de referencia por un giro de la máquina). Las áreas de aplicación del SICAD II son los programas de mantenimiento predictivo, y sistemas supervisorios, así como detección de fallas en componentes de plantas de generación causadas por errores de diseño, instalación, condiciones de operación o envejecimiento del equipo. Se tiene considerado comercializar este sistema, ya que su capacidad de respuesta no sólo satisface las necesidades del sector eléctrico mexicano sino también las de otros mercados nacionales y del extranjero.

Estaciones maestras para subestaciones y centros de distribución

En 1996 el IIE inició su colaboración con LyFC para llevar a cabo la modernización de la plataforma requerida para automatizar las funciones de supervisión y control (SCADA) de subestaciones y centros de distribución regional de energía, buscando facilitar las tareas operativas y la toma de decisiones respecto a los servicios de energía que presta la empresa.

Durante 1997 continuó la automatización de mecanismos de configuración para llevar a cabo, con mayor rapidez, la personalización de las funciones SCADA. Este año se entregaron a LyFC nueve estaciones maestras basadas en PC y se iniciaron los trabajos para llevar a cabo la adquisición automatizada de mediciones indispensables para conformar los servicios de información requerida en la implementación de mercados de energía.

Sistemas inteligentes de apoyo al arranque de centrales termoeléctricas



Con la implantación del SIAAT puede conseguirse un ahorro de hasta un 25% durante el arranque de centrales termoeléctricas.

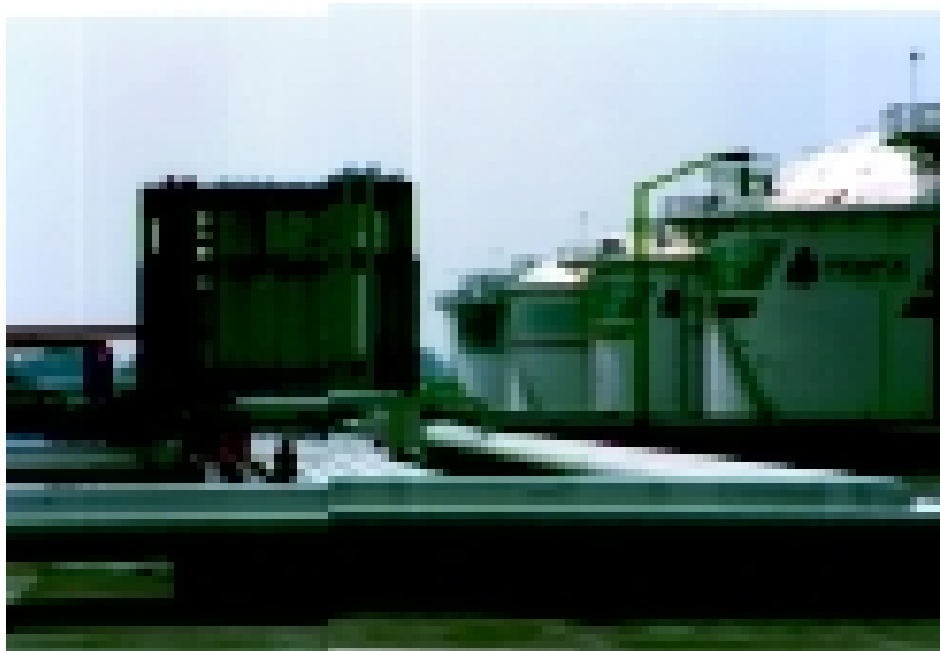
Investigadores del IIE desarrollaron el prototipo del Sistema Inteligente de Ayuda para el Arranque de Unidades Termoeléctricas (SIAAT), consistente de una base de conocimientos, un mecanismo de inferencia y una interfaz hombre-máquina. El prototipo se ha probado fuera de línea y cuenta con un mecanismo de comunicación que le permitirá acoplarse, para su validación, con el simulador Termos II del Centro de Adiestramiento de Operadores en Ixtapantongo (CAOI). El SIAAT tiene capacidad para generar en línea la secuencia de acciones de operación que llevan a una unidad termoeléctrica del estado de “paro frío” al de “unidad sincronizada con el Sistema Eléctrico Nacional”. Los resultados obtenidos han permitido demostrar la factibilidad del desarrollo, por parte del IIE, de un sistema basado en técnicas de inteligencia artificial. De acuerdo con la experiencia internacional, se ha demostrado que, entre otros beneficios, con un sistema similar al SIAAT puede conseguirse un ahorro de tiempo hasta de 25 por ciento durante el arranque, lo cual equivale a cerca de dos horas de generación eléctrica; esto pone de manifiesto la importancia del sistema, que podría implantarse en unidades termoeléctricas normalizadas del país.

Automatización de la operación de una planta deshidratadora de Pemex

En respuesta a una solicitud de Pemex Exploración y Producción, el IIE realizó un estudio técnico-económico para la automatización de la operación de la planta deshidratadora Samaria II. El estudio contiene la definición del alcance de automatización requerido, las tecnologías aplicables y una evaluación de beneficios. También se elaboraron las bases técnicas para la licitación de la obra. La automatización de la planta representará para PEP importantes dividendos económicos, ecológicos y de seguridad.

Asesoría técnica a Pemex Seguridad Industrial

Para enfrentar los requerimientos de sus sistemas industriales de supervisión y control de cara al nuevo milenio, Pemex Seguridad Industrial instauró el Plan Estratégico Año 2000. Un grupo de Investigadores del IIE participó en la definición del mismo, así como en la elaboración de un cuestionario para detectar equipos críticos y evaluar ofertas de proveedores para resolver esta problemática. Además, se diseñó una página de Intranet como medio de recopilación de información y se estableció un centro de información industrial operativo con una red de cuatro computadoras personales, faxes y



El Instituto participó en la definición del Plan Estratégico Año 2000 de Petróleos Mexicanos.

digitalizadores. Con base en los resultados obtenidos en la primera etapa del proyecto, Pemex Seguridad Industrial ha solicitado al IIE que se dé seguimiento al Plan Estratégico para así contar con un inventario de los sistemas industriales de supervisión y control existentes.

Sistemas Informáticos



El Instituto desarrolla el Sistema para la Administración de Tecnología (SIAT) para Pemex Exploración y Producción.

Informática avanzada

Procesos de administración de información técnica operativa para Pemex

El IIE trabajó en el desarrollo de una estrategia para implantar procesos de administración de la información técnica operativa de Pemex Exploración y Producción. La estrategia desarrollada recomienda la elaboración de un inventario de la información técnica operativa de los activos de PEP (características y datos geográficos, información sobre pozos, puntos de colección, yacimientos, pruebas sísmicas, pruebas de pozo, proyectos, equipos de perforación, estaciones superficiales y registros eléctricos) y propone esquemas de integración. Tal información es vital para la empresa y, en ocasiones, irremplazable y fundamental para los estudios integrales de yacimientos y demás fases de la cadena de valor exploración-producción que permiten la explotación óptima del yacimiento. Con ello se contribuye a los esfuerzos de PEP para hacer más eficientes sus actividades.

Almacén de datos corporativos de los procesos de generación, control, transmisión y distribución de la CFE

Para el control de cualquier empresa se necesitan procesar grandes volúmenes de datos, convirtiéndolos en información útil para los ejecutivos que planean y toman decisiones estratégicas. La informática y las telecomunicaciones proporcionan este tipo de herramientas y es por eso que la Gerencia de Informática y Telecomunicaciones de la CFE se propuso contar con un Sistema de Información Corporativa (Sicorp) de los procesos de generación, control, transmisión y distribución de la energía eléctrica que cumpliera con esa función. El IIE propuso la aplicación de la tecnología de almacenes de datos para construir una base de información única en donde concentrar datos históricos y actuales, enfocada al análisis y no a la operación de la empresa. El Instituto inició el análisis y la especificación del Sicorp, asegurando que cuente con una arquitectura homogénea, esto permitirá tener un acceso ágil a los datos de los diferentes procesos de la empresa, y hará que los datos sean consistentes, precisos y de fácil interpretación.

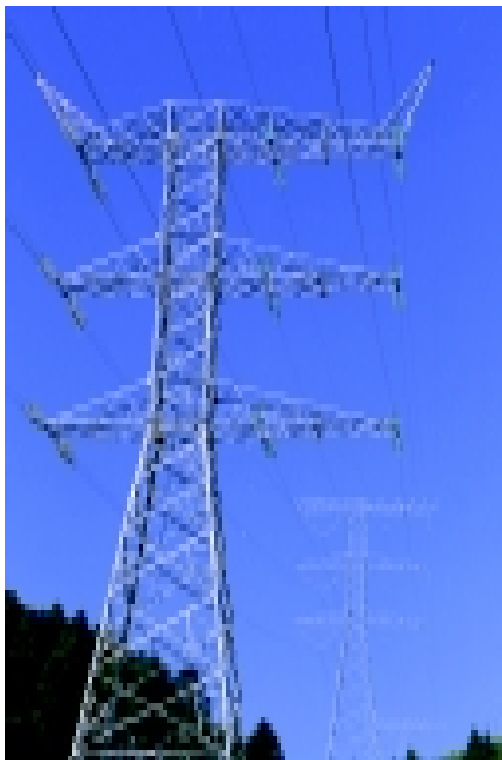
Sistema de Información para la Administración de Tecnología



El Instituto continuó el desarrollo del Sistema de Información para la Administración de Tecnología (SIAT) para Pemex Exploración y Producción. Este año ya se tiene una base de datos sobre los procesos y subprocesos de catálogos generales, actualización de la estrategia tecnológica, detección de necesidades de tecnología, monitoreo y validación de tecnología, adquisición de tecnología, administración de la investigación y el desarrollo, implantación de la tecnología, medición del impacto de la tecnología, soporte tecnológico, desarrollo profesional, servicios y requerimientos generales. Con este sistema se evita el procesamiento manual de la información se facilita el flujo y acceso a la información de acuerdo con el proceso o los procesos establecidos, y se captura la información necesaria para alimentar a la base de datos. Este proyecto apoyará el almacenamiento y la consulta de información para auxiliar al proceso de administración de la tecnología que actualmente se está implantando en las cuatro regiones de PEP: Región Norte, Región Sur, Región Marina Noreste y Región Marina Suroeste.

Continuó el desarrollo del SIAT para Pemex Exploración y Producción.

Ingeniería Civil



El Instituto trabaja en la revisión del comportamiento y el diseño de estructuras especiales que se emplean en la generación y transmisión de energía eléctrica, y en la industria de la construcción, cuando se ven sometidas a diversos fenómenos como sismos, vientos fuertes y altas temperaturas.

Comportamiento de estructuras

Diagramas de utilización mecánica de torres de transmisión

Para reducir los costos de las estructuras para transmisión de energía eléctrica en cualquier condición y de alcanzar mayores ahorros es necesario, mediante un proceso de normalización, desarrollar herramientas que reduzcan en forma significativa la realización de la ingeniería de líneas y subestaciones de transmisión, y que optimen su diseño. El Instituto continuó trabajando en el diseño estructural de treinta torres de transmisión consideradas para incluirse en el catálogo de torres normalizadas de la CFE. Hasta la fecha se han diseñado 21 de las torres y se ha desarrollado el detallado de 14 de ellas, el cual consistió en la elaboración de los planos de taller y montaje, al igual que las listas de materiales para pruebas de prototipos.

Por otra parte, en conjunto con la Coordinación de Proyectos de Transmisión y Transformación (CPTT) de la CFE, se supervisó la fabricación y el armado de prototipos de cuatro de las torres normalizadas, correspondientes a líneas de transmisión de 115 kV, para verificar el ensamble y aplicar pruebas de resistencia mecánica. También se desarrolló la ingeniería básica para el diseño de torres de transmisión en líneas de 765 kV.

Finalmente, se plantearon diversos ajustes a los parámetros del diseño electromecánico de las líneas de transmisión con el fin de reducir el costo de las estructuras sin disminuir su confiabilidad.

La normalización que se llevó a cabo permitirá contar con un número reducido de torres de diseño óptimo que podrán utilizarse en forma segura y económica en el diseño de líneas de transmisión de 115, 230 y 400 kV en cualquier zona del país bajo condiciones climáticas y topográficas diversas.

Sistema de Información de Revisión de Estructuras



El IIE pretende resolver problemas complejos relevantes en los campos de la interacción suelo-estructura, vibraciones de cimentaciones para maquinaria, presiones hidrodinámicas en presas, tanques y depósitos debidos a sismos, y respuesta sísmica de estructuras especiales.

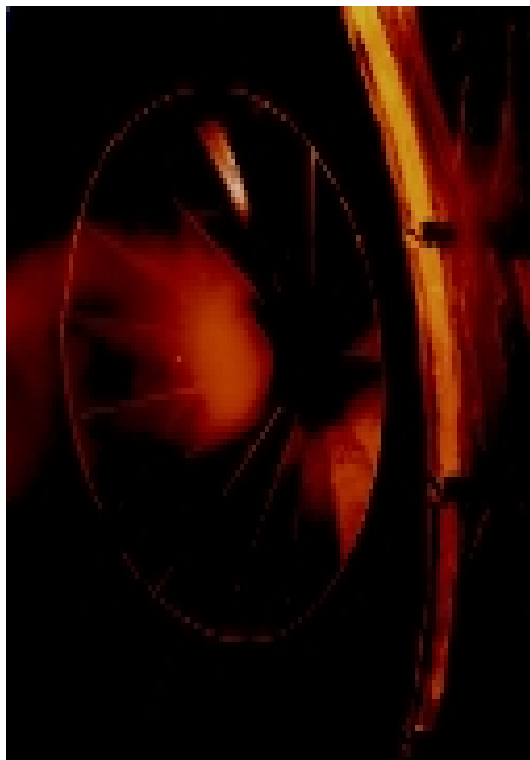
Se desarrolló el Sistema de Información de Revisión de Estructuras (SIRE), el cual se utilizará en las actividades de los programas de inspección de las estructuras civiles existentes en las centrales generadoras de energía eléctrica. El SIRE es uno de los nueve módulos que conforman el Sistema Integrado de Seguridad de Estructuras (SISE), desarrollado por el IIE para auxiliar al personal de la CFE en la tarea de conservar los índices de seguridad de las obras civiles de las centrales generadoras de energía eléctrica. Entre los beneficios que se obtendrán con este proyecto se tiene el poder de manejar y ordenar rápida y confiablemente la información generada por las brigadas de inspección; diagnosticar o advertir el estado estructural de las obras o su falta de mantenimiento; y servir de ayuda al personal encargado del mantenimiento de las obras para revisar y decidir de manera oportuna y eficiente las acciones necesarias para conservarlas en buen estado de operación.

Dinámica estructural e ingeniería sísmica

Integridad estructural de componentes y equipos eléctricos de alta tensión

La Comisión Federal de Electricidad requiere de diseños normalizados para estructuras y equipos de subestaciones eléctricas de alta tensión que puedan resistir eventos extraordinarios como huracanes y temblores intensos. El Instituto ha realizado diversos estudios en esta área: en 1997 se concluyó el proyecto sobre *Seguridad sísmica en subestaciones eléctricas en zonas de alto riesgo* y, en 1998, comenzó el trabajo para analizar el comportamiento mecánico de componentes y equipos eléctricos de alta tensión a fin de conocer su integridad estructural. Este trabajo, que continuará en 1999, permitirá definir una metodología que haga factible predecir la capacidad sísmica de tales equipos, y en los casos en los que sus características mecánicas y geométricas los hagan vulnerables a un sismo, poder diseñar soportes o modificaciones que remedien esta situación. De esta forma se impedirá la interrupción del suministro de energía eléctrica por lapsos largos y en grandes regiones cuando se presenten temblores fuertes.

Procesos Térmicos



Se trabaja en el desarrollo de tecnologías y componentes que permiten mejorar la operación y reducir el costo de mantenimiento de los procesos de generación eléctrica, incluyendo nuevos sistemas de combustión; técnicas de ahorro de energía en procesos industriales; análisis de los procesos de corrosión de materiales a altas temperaturas, y formas y técnicas de protegerlos; y, en general, en el diseño o rediseño de equipos de centrales generadoras y de plantas de procesos.

Física y química de combustibles y materiales

Estado estructural de componentes mecánicos

Dentro de la línea de materiales del IIE, que se orienta a buscar formas para aumentar la vida útil de equipos y componentes protegiendo a los materiales, se realizó para Pemex un diagnóstico de estado de tubería y la evaluación técnica del sistema de combustión de una caldera de la refinería Lázaro Cárdenas de Minatitlán, Veracruz. Como parte del mismo, se determinaron las causas raíz de las fallas y se propusieron medidas concretas para evitar su ocurrencia. Este análisis, realizado desde un punto de vista integral, extiende el campo tradicionalmente cubierto por otras entidades que generalmente ofrecen sólo el análisis de falla, por lo que presenta importantes expectativas de comercialización en el corto plazo.

Protección con sistemas de recubrimiento ricos en silicio

La experiencia acumulada en la evaluación y el desarrollo de recubrimientos con resistencia a la corrosión a alta temperatura permitió responder a una solicitud del complejo termoelectrico Presidente Adolfo López Mateos, Veracruz, de la CFE, en la cual se protegieron, mediante un

sistema de recubrimientos de doble capa, ricos en silicio, 110 elementos nuevos de tubería del recalentador de alta temperatura de sus unidades 1 y 2. El IIE es el único centro de investigación del país que realiza investigación y desarrollo en el campo de recubrimientos metálicos aplicados por proyección térmica.

Uso eficiente de la energía en procesos

Normas oficiales mexicanas de eficiencia energética

Uno de los campos de investigación del IIE es el desarrollo y la aplicación de metodologías que permitan reducir el consumo de energía. En este campo y por más de cinco años se ha apoyado tanto a la CFE como a la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía en la elaboración de anteproyectos de normas oficiales mexicanas de eficiencia energética. Durante este periodo se elaboró el anteproyecto de norma para aparatos de refrigeración comercial autocontenidos, y se realizó la revisión y sustitución de la norma vigente para equipos acondicionadores de aire tipo cuarto. Durante 1999 continuará la elaboración, revisión y sustitución de normas de acuerdo con los requerimientos de los organismos del ramo.

Diagnósticos energéticos en Pemex

Dentro de los objetivos de la línea de desarrollo está el de implantar metodologías para reducir el consumo energético por unidad de producto. En este sentido, se realizó con la Gerencia de Investigación y Desarrollo Tecnológico de Pemex Refinación una evaluación del comportamiento de los sistemas principales de la planta de fuerza en la refinería Miguel Hidalgo, Hidalgo, con la finalidad de minimizar el consumo de energía.

Sistemas modernos de cogeneración aplicados al sector azucarero

Tomando en cuenta el nuevo marco jurídico de la cogeneración en México, se ha evaluado la posibilidad de que el suministro de calor y electricidad requeridos por los ingenios sea proporcionado por un cogenerador independiente de la planta de azúcar, el cual opere utilizando el bagazo producido por la planta. Dicho cogenerador de diseño moderno se caracterizaría —además de operar de manera independiente a la de la planta de azúcar— por el uso de equipos de alta eficiencia en su proceso de producción de calor y electricidad. En este sentido, la Conae, a través de la Coordinación de Planeación Estratégica, y el IIE realizaron un trabajo en conjunto para determinar la viabilidad técnica de que la industria azucarera pueda mantener la producción actual del azúcar, instalando al lado de cada ingenio un sistema de cogeneración moderno, que además de satisfacer las necesidades del ingenio pueda suministrar capacidad firme y energía eléctrica a la red nacional tanto en periodo de zafra como fuera de zafra, utilizando solamente residuos de caña como combustible. Los resultados obtenidos demostrarán la viabilidad de este esquema.



Se participó en el análisis para determinar la viabilidad de instalar en los ingenios un moderno sistema de cogeneración.

Procesos de generación de vapor en centrales termoeléctricas

Servicios al sector eléctrico

En cuanto a sistemas de combustión, se realizaron trabajos relacionados con el uso de aditivos. Así, se evaluó el comportamiento de la combustión de combustóleo tanto con aditivos Satamin P-149 y Carbamin 441 como sin aditivos.

Quemadores de alta eficiencia

En lo referente al desarrollo de infraestructura en el área de quemadores, continuaron los estudios de eficiencia y reducción de NO_x con las pruebas de caracterización de un atomizador por etapas y el desarrollo de un primer diseño prototipo de un atomizador efervescente. En esta misma área se establecieron pláticas con la compañía Electric Power Technologies a fin de elaborar un programa conjunto para desarrollar atomizadores tipo Reach con bajo consumo de vapor de atomización.

Diseño de sistemas de combustión y atomizadores

Entre los proyectos desarrollados como parte de esta línea de investigación destacan los relacionados con las características y el rediseño de fichas de atomización y difusores de generadores de vapor B&W y BW&H para cuatro centrales termoeléctricas de la CFE. Este trabajo se apoya en los resultados de 20 años de investigación y los resultados obtenidos en años recientes en la central de Tula. En la central termoeléctrica Francisco Villa se realizaron pruebas demostrativas de la combustión de emulsiones de agua en combustóleo. Los resultados preliminares muestran reducciones en la emisión de partículas de hasta 50%.

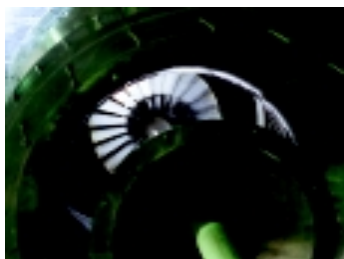
Centrales generadoras

Diseño de componentes de generadores de vapor

Uno de los objetivos de esta línea de desarrollo es investigar y desarrollar tecnologías para lograr la máxima eficiencia de generación eléctrica. En este sentido, se realizó el rediseño del sobrecalentador 4 de la unidad 4 de la central termoeléctrica Salamanca, Guanajuato. En dicho trabajo se llevó a cabo la modelación del comportamiento de la unidad completa, así como la determinación de los perfiles de temperatura actuales dentro del generador de vapor; se desarrolló un programa para modelar el sobrecalentador, y se revisó y modificó la estructura del equipo en el generador de vapor.



Destacan los proyectos relacionados con la caracterización y el rediseño de fichas de atomización.



En cuanto al desarrollo de infraestructura en el área de quemadores, continuaron los estudios de eficiencia y reducción de NO_x .

Diseño de centrales generadoras

En el ámbito internacional, se concluyó el estudio de factibilidad para la instalación de una termoeléctrica de gran capacidad en Centroamérica. El estudio, realizado para el Comité para la Electrificación de América Central, comprendió el análisis prospectivo de la generación regional por países, la integración de las líneas de transmisión y la evaluación de cuatro sitios potenciales, así como la definición de la tecnología y el tamaño de planta más económico y adecuado para la región.

Evaluación y diagnóstico de equipos y sistemas

Con el fin de coadyuvar a la eficiencia, disponibilidad y confiabilidad de las centrales generadoras de electricidad se dio seguimiento a la evaluación y el diagnóstico tanto de equipos como de sus sistemas. Entre otros, pueden citarse el diagnóstico del condensador de la unidad 1 de la central termoeléctrica de Topolobambo, Sinaloa. Además, especialistas del IIE impartieron cursos a personal de las siete regiones de Producción de la CFE sobre el uso de hojas de cálculo para determinar el potencial de ahorro en equipos auxiliares.



Se busca contribuir a hacer más eficiente la generación de energía eléctrica y reducir el impacto ambiental del quemado de combustibles fósiles.

Turbomaquinaria



En el Instituto se abordan proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, y proyectos de servicios especializados y asesorías relacionados con la operación óptima, el mantenimiento y la rehabilitación de turbomaquinaria y sus componentes, así como en el rediseño de algunos elementos de turbomáquinas para evitar problemas operativos.

Análisis del comportamiento, rehabilitación y extensión de vida útil de turbomáquinas

Estudio sobre la vida útil remanente y estado actual de rotores de turbinas de vapor

Por primera vez en México se llevaron a cabo estudios para determinar la integridad estructural de los rotores de turbinas de vapor y evaluar el número de años de vida remanente en los que se puede esperar una operación confiable de los mismos. La realización de este tipo de estudios implicó contar con una evaluación técnica del daño acumulado, de la vida útil remanente y del estado actual de los rotores. Esta información sirve de base para la toma de decisiones futuras (inspecciones posteriores y operativas), en cuanto a las medidas necesarias para mantener en buen estado los rotores y, por ende, en óptimo funcionamiento a la turbina. En 1998 se llevaron a cabo seis estudios de este tipo; para 1999 se planean tres estudios más.

Como infraestructura, se realizaron modelos para análisis por la Técnica de Elemento Finito con el fin de estimar la velocidad de propagación de fisuras y el efecto de la presencia de fisuras sobre el comportamiento dinámico de los rotores.

Con el Lapem se concretó la negociación para el proyecto *Desarrollo de equipo, metodología y software para la evaluación de vida útil de rotores de turbinas de vapor*, en el cual se contempla básicamente la transferencia de la tecnología (suministro de equipo, procedimientos y programas de cómputo) desarrollada en el IIE para la evaluación de la vida útil de rotores de turbinas.

Por otra parte, el Instituto ganó el concurso para llevar a cabo el proyecto *Interventoría técnica de la reparación y estudio de vida remanente y eficiencia del rotor de la turbina del turbogenerador NTG-2951 de la planta eléctrica de la unidad de balance del complejo industrial de Barrancabermeja* solicitado por la Empresa Colombiana de Petróleos. En el concurso participaron otras empresas nacionales y de los Estados Unidos. El rotor se reparará en Estados Unidos y el IIE fungirá como interventor de la reparación por parte del cliente.

Tecnologías de rehabilitación de turbomaquinaria



Entre los trabajos relacionados con la rehabilitación de componentes de turbomáquinas destaca la rehabilitación del rotor de la turbina de gas Hitachi de 20.65 MW de capacidad, de la central termoeléctrica Mexicali, Baja California.

Durante 1998 se realizaron diversos trabajos relacionados con la rehabilitación de componentes de turbomáquinas, entre los que destaca la rehabilitación del rotor de la turbina de gas Hitachi de 20.65 MW de capacidad, de la central termoeléctrica Mexicali, Baja California. Se desarrollaron los procedimientos para reparar el rotor por el proceso de soldadura y maquinado del disco de la rueda número 1, así como para enderezar el rotor corrigiendo la excentricidad excesiva. Con esto, la central ahorró alrededor de un millón de dólares, pues solamente algunos fabricantes en los Estados Unidos tenían la capacidad de hacer esta rehabilitación. Otro de los trabajos que se realizó fue el apoyo a la CFE para rehabilitar el ducto de transición y carcasa interna de la turbina de gas Siemens V84.2 de la central de ciclo combinado Felipe Carrillo Puerto, Valladolid, Yucatán, con lo que se evitó el envío del ducto a Europa para su reparación.

Se desarrolló también tecnología para la instalación de álabes móviles, la rehabilitación de válvulas de derivación, cabezales de pistones y de carcasas.

Finalmente, se desarrolló tanto la metodología para la rehabilitación de carcasas de la sección de alta e intermedia presión de turbinas de vapor que presentan deformación, como la metodología de maquinado del barreno central en los rotores para eliminar las fallas, aunque estos proyectos continúan en 1999.

Evaluación de la eficiencia de operación de turbinas

La central termoeléctrica de Tula, Hidalgo, de la CFE contrató un proyecto para la evaluación periódica (dos veces al año) de la eficiencia de sus cinco turbinas de 300 MW durante la operación, con el fin de identificar a los componentes que causen una disminución de eficiencia si ésta ocurre. Los datos obtenidos servirán para la toma de decisiones, estimando el tiempo de inicio del mantenimiento.

Asistencia a los mantenimientos de turbinas de vapor y de gas

Se han realizado diagnósticos de las turbinas al salir a mantenimiento, cuantificando las pérdidas atribuibles a cada elemento de la turbina en las centrales termoeléctricas Valle de

México, Estado de México, y Salamanca, así como en la central de ciclo combinado El Sauz, Querétaro, entre otras. También se dio asistencia técnica para recuperar las pérdidas, rehabilitando los componentes que mostraron desgaste.

Se diagnosticó la disminución de potencia de una turbina de gas de 20 MW instalada en la terminal marítima Dos Bocas, Tabasco, de Pemex Exploración y Producción, y se ayudó a recuperar 6 MW por medio de la rehabilitación de los componentes que causaron la disminución de la potencia.

También se señaló la disminución de eficiencia y potencia en una turbina de gas en el complejo petroquímico Ciudad Pemex, Tabasco.

En los últimos cuatro años se han evaluado más de ochenta unidades, ayudando a las plantas a recuperar las pérdidas de eficiencia y potencia, las cuales suman más de 200 MW.

Aplicación de técnicas de CFD para modelación del flujo de turbinas

Se iniciaron aplicaciones de dinámica de fluidos computacional (CFD) en la solución de problemas existentes en turbinas de generación eléctrica.

Se modeló el flujo en el canal de álabes de una turbina de vapor geotérmico de 110 MW, y a partir de esta modelación se obtuvieron como resultados de interés las posibles modificaciones a la localización de sellos, para evitar así problemas de erosión y aumentar la eficiencia del paso. Como una segunda aplicación, se modeló el flujo de aire en ductos de enfriamiento en álabes de turbinas de gas en dos dimensiones para flujos laminar y turbulento.

Sistemas de diagnóstico y análisis dinámico de turbomaquinaria

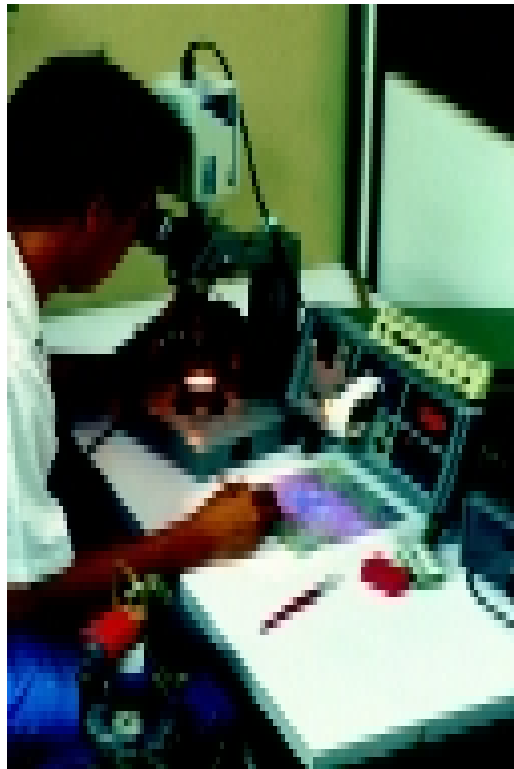
Mantenimiento predictivo y preventivo de equipos mecánicos de Pemex

En 1997 el Instituto desarrolló e implantó para la terminal marítima Dos Bocas un sistema de mantenimiento predictivo y preventivo que permitió sistematizar, documentar y administrar las actividades de mantenimiento, de tal manera que los niveles operativos de los equipos pudieran conservarse y mejorarse. Este año el IIE continuó trabajando en esa línea. Se evaluaron los principales equipos mecánicos de la terminal a partir de las mediciones de vibración y de eficiencia de cada componente, y se incluyeron recomendaciones específicas para su rehabilitación. Gracias a esto se tiene la posibilidad de que las actividades de mantenimiento se lleven a cabo de manera sistematizada y documentada. Además, se obtendrán ahorros por la detección de fallas incipientes, así como la disminución de daños en los equipos y el aumento en los índices de disponibilidad y confiabilidad. También se tendrá un rápido acceso a la información técnica de los equipos, al igual que a los programas, los procedimientos y los criterios de evaluación.

Sistema de adquisición de datos para procesar señales de vibración

Junto con la Unidad de Supervisión de Procesos se avanzó en el proyecto SICAD II. Se terminó de elaborar la mayoría del *software* de aplicación para análisis de vibraciones del sistema rotor-chumacera. También se está armando el *hardware* para el prototipo. SICAD II se basa en tarjetas comerciales, una computadora personal y ambientes Windows NT. Se utilizará como una herramienta de mantenimiento predictivo de equipo rotatorio y para el balanceo dinámico de rotores. En un futuro se combinará con un sistema experto para el diagnóstico de fallas de equipo rotatorio.

Geotermia



Se trabaja en estudios de reconocimiento, prefactibilidad y factibilidad de recursos geotérmicos.

Recursos energéticos del subsuelo

Registros en pozos petroleros

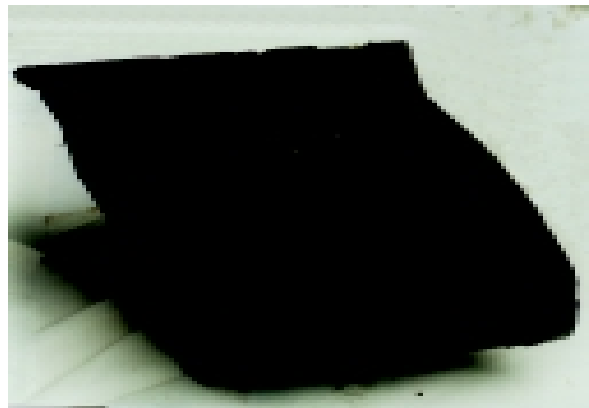
En 1996 el IIE terminó el desarrollo de la tercera versión del Sistema de Mediciones en Tiempo Real (Metre), el cual efectúa registros de presión, temperatura y flujo en pozos geotérmicos. Durante 1998 se desarrolló el sistema Slimetre, un resultado más de una línea de trabajo iniciada hace varios años. El nuevo sistema permite efectuar simultáneamente los registros de su antecesor y cuenta además con la capacidad de detección de coples de tubería en pozos petroleros en producción, cuyas temperaturas y presiones máximas sean de hasta 220°C y 15 000 psi. Este sistema supera por 50°C el límite de trabajo de las herramientas estándar en el mercado. Cabe señalar que el Slimetre ayudará a resolver problemas existentes enfrentados por varios campos petroleros de Pemex Exploración y Producción del noroeste del estado de Tabasco, los cuales cuentan con pozos con temperaturas anormalmente altas. Se han iniciado conversaciones con especialistas de Pemex para analizar la posibilidad de agregar un detector de rayos gama y un molinete (*spinner*) al sistema, con lo que su potencial de aplicación crecería enormemente.

Petrofísica y mecánica de rocas

Desde 1995 el Laboratorio de Yacimientos del IIE inició la realización de estudios especiales de análisis de núcleos de perforación de pozos petroleros bajo contrato con Pemex Exploración y Producción. Al continuar con este trabajo, durante 1998 se generaron importantes y extensas bases de datos experimentales sobre las características petrofísicas de yacimientos petroleros de los activos Ku-Maloob-Zaap, Cantarell (en la región marina sonda de Campeche) y Abkatún, en la región marina noroeste. Para el IIE, estas experiencias fueron fundamentales, pues consolidan las tecnologías de determinación de mojabilidad y de permeabilidades relativas en muestras sometidas a condiciones reales de yacimiento. Los resultados obtenidos hasta ahora han colocado al IIE como la mejor opción para la realización de análisis de núcleos de perforación en el ámbito petrolero nacional.

Modelo básico actualizado del yacimiento Los Humeros, Puebla

Con el objeto de desarrollar un modelo conceptual actualizado del sistema geotérmico de Los Humeros, Puebla, y estudiar el origen de los fluidos ácidos observados en la parte profunda del sistema, se analizó la información proveniente de varias disciplinas, correspondiente a 42 pozos del campo. El modelo desarrollado mostró que en este sistema geotérmico existen cuando menos dos yacimientos. Se determinaron sus condiciones iniciales de presión y temperatura, y su localización a profundidad. Del resultado del análisis de la información química y mineralógica existente para el campo de Los Humeros, se concluyó que la entrada o formación de fluidos ácidos al sistema hidrotermal es reciente.



Desde 1995 el Laboratorio de Yacimientos del IIE inició la realización de estudios especiales de análisis de núcleos de perforación de pozos petroleros bajo contrato con Pemex Exploración y Producción.

Energías No Convencionales



El Instituto realiza actividades de evaluación del potencial energético no convencional en sitios de interés para el sector y la industria eléctricas, así como para otras industrias, gobiernos e iniciativa privada.

Investigación y desarrollo tecnológico para el aprovechamiento de las fuentes de energía no convencionales

Sistema para conocer el potencial de utilización de energías renovables en México

Las energías renovables (sol, viento, biomasa y minihidráulica) se distribuyen de una manera heterogénea en el territorio nacional, y dependiendo de la orografía y los microclimas locales, su potencial de utilización y sus costos de aprovechamiento pueden variar fuertemente de un lugar a otro. A partir de este panorama es que el Instituto realizó los trabajos de la primera etapa de un proyecto comisionado por la Conae para desarrollar un sistema de información geográfica que facilite el proceso de planificación y promoción de las aplicaciones de las energías renovables. Una vez que se concluyan todas las etapas del proyecto, la Conae contará con un moderno instrumento para planear y promocionar el uso de estas energías. El sistema de información geográfica servirá, además, como vehículo para normalizar el proceso de exploración y evaluación de los recursos energéticos renovables de México al integrar en una base de datos, diseñada para este

propósito, los resultados de las mediciones realizadas por distintos grupos académicos, privados y de organismos públicos.

Potencial de aprovechamiento de las fuentes no convencionales de energía eléctrica en plataformas petroleras

A solicitud del Activo de Explotación Litoral Tabasco de Pemex Exploración y Producción se realizó un estudio para determinar el potencial de aprovechamiento de las energías no convencionales en sus plataformas petroleras mar adentro en el conjunto Och-Uech-Kax, frente a las costas de Tabasco y Campeche. El estudio evaluó la disponibilidad de recursos energéticos locales, incluyendo el sol, el viento y la energía contenida en el flujo del petróleo que, bajo su propia presión, brota hacia la superficie. Se encontró que en la mayoría de los casos estos recursos son suficientes para satisfacer las necesidades energéticas de las plataformas, por lo que se desarrollaron los conceptos ingenieriles para aprovecharlas. Los diseños responden a las condiciones de un sitio remoto y desatendido, y con un agresivo medio ambiente.

Sistemas fotovoltaicos para iluminación doméstica rural



Se tiene la capacidad para implantar programas de electrificación rural con energías no convencionales.

Como parte del programa para dotar de servicios básicos de electricidad a la población del medio rural sin acceso a la red utilizando sistemas fotovoltaicos, en 1992 el IIE elaboró las especificaciones técnicas de los sistemas y componentes que han servido como uno de los elementos para el aseguramiento de la calidad de dicho programa. Dada la velocidad con que evoluciona la tecnología fotovoltaica, se hace indispensable una revisión periódica de estas especificaciones para mejorar la calidad en las instalaciones y obtener un mayor grado de satisfacción de los usuarios. Así, por encargo de la Unidad de Electrificación de la Subdirección de Distribución de la CFE, se revisaron y actualizaron las especificaciones técnicas para los sistemas fotovoltaicos de iluminación rural. Se incorporaron nuevos elementos y se eliminaron prácticas obsoletas.

Pruebas de descarga a bancos de baterías de Pemex

Los bancos de baterías son sumamente costosos y su operación confiable es crítica para la seguridad de los individuos y de las instalaciones. Durante 1998, el Instituto diagnosticó el estado físico y operativo de once bancos de baterías instalados en refinerías, subestaciones eléctricas y estaciones de bombeo del distrito Reforma de Pemex Exploración y Producción, Chiapas. Esta información indica los bancos que deben reemplazarse y establece la vida residual esperada del resto; también se identifican las principales causas de problemas y cómo atacarlas. A partir de los resultados se dictó un curso sobre operación y mantenimiento de bancos de baterías a personal de Petróleos Mexicanos. Es importante mencionar que Pemex utiliza estos bancos de baterías como respaldo en situaciones de emergencia para alimentar sistemas de control y alarmas de seguridad.

Energía Nuclear



El Instituto busca desarrollar, promover y transferir al sector eléctrico del país metodologías y análisis determinísticos de administración de combustible nuclear, eventos transitorios accidentados postulados que mejoren la seguridad y la confiabilidad de la generación nucleoelectrica.

Modelado de procesos nucleares

Evaluación de futuras recargas de combustible para la CNLV

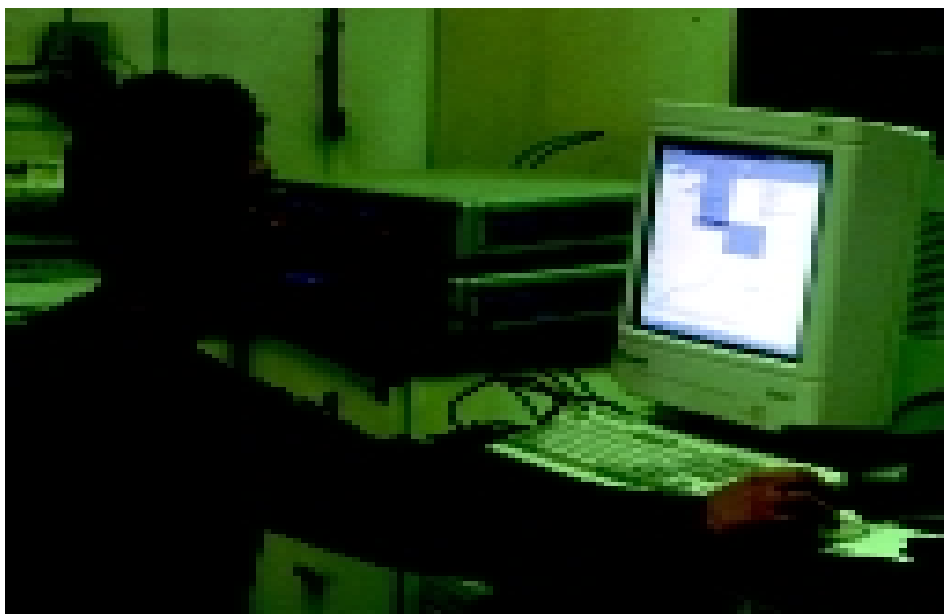
A finales de 1997, la Gerencia de Centrales Nucleoelectricas de la CFE emitió una licitación pública para la contratación de los servicios de fabricación de 12 recargas de combustible nuclear de diseño avanzado para las dos unidades de la central nucleoelectrica de Laguna Verde. El IIE fue el responsable de la coordinación del proceso de evaluación y en una primera etapa participó en la preparación de las especificaciones técnicas de la licitación. Posteriormente, el Instituto también llevó a cabo la actualización de la metodología de cálculo de administración de combustible mediante la incorporación de nuevos códigos y su validación con datos operacionales de la central. Durante este año se efectuó la evaluación técnica de las propuestas de fabricación de combustible nuclear de tres diferentes compañías. Ésta se realizó con la metodología de validación de combustible utilizada por el grupo interinstitucional compuesto por la CFE, el IIE y el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), considerando la optimización y el aprovechamiento de combustible que se logrará con las doce recargas. La licitación de estos servicios tendrá como resultado para la central un beneficio económico cercano a los 65 millones de dólares con respecto a las mejores condiciones contractuales anteriores.

Tecnología de la seguridad

Apoyo en el desarrollo de análisis de riesgos a Pemex

Gracias a la experiencia de más de 15 años del IIE en la realización de análisis de riesgos para la industria nucleoelectrica, sus investigadores han comenzado a aplicar estas técnicas en el sector petrolero. Pemex Exploración y Producción Región Norte contrató un proyecto en el que se realizó el análisis de riesgos de las instalaciones Matapionche, del distrito Veracruz, utilizando árboles de fallas, árboles de eventos y análisis de consecuencias; además, se asesoró la realización de los análisis de riesgos de cinco instalaciones de los distritos Poza Rica, Cerro Azul-Naranjos, Veracruz (en el estado de Veracruz), Reynosa y Altamira (en el estado de Tamaulipas).

Materiales y Procesos Químicos



Se llevan a cabo proyectos de investigación aplicada e innovación tecnológica que tienen como objetivos principales propiciar una mejor selección y el óptimo aprovechamiento de materiales plásticos y metálicos.

Sistema de información para el control de la corrosión en ductos del corredor Atasta-Ciudad Pemex

La Región Marina Noreste de Pemex Exploración y Producción solicitó al IIE el desarrollo de un sistema de información que sirviera como herramienta de apoyo en las tareas de inspección y mantenimiento asociadas con el control de la corrosión en el corredor Atasta-Ciudad Pemex (ubicado entre Tabasco y Campeche). Éste tiene gran importancia dado el alto volumen de gas natural que se transporta desde el Golfo de México hacia el interior del país, por lo que se busca que todos sus componentes se mantengan en condiciones óptimas. El programa que se desarrolló cubre cuatro aspectos: la especificación de equipos asociados con el control de corrosión (estaciones de corriente impresa, bombas de inyección, etcétera), a partir de un acervo de imágenes; el almacenamiento y la consulta de información del estado de la protección catódica; el conocimiento de los niveles de corrosión interior, y la condición de los recubrimientos en instalaciones de superficie. Este programa permite al usuario administrar sus instalaciones, aminorando riesgos de daños al sistema.

Tecnología de celdas de combustible

En vista de los recientes avances de la tecnología de celdas de combustible como alternativa en generación eléctrica y dada su inminente comercialización, el IIE comenzó a trabajar en dicho ámbito, fortaleciendo su área de baterías y celdas a través del desarrollo de componentes y de su subsecuente integración en prototipos de celdas de combustible. Actualmente se cuenta con un laboratorio de pruebas electroquímicas con técnicas en corriente directa y alterna, con lo necesario para fabricar y caracterizar electrodos catalíticos que utilizan carbón activado como soporte y que incorporan nuevos compuestos a base de calcogenuros como catalizadores, así como catalizadores comerciales con el fin de compararlos con aquellos. Pronto se tendrá la capacidad para desarrollar prototipos de celdas de combustible, cuya altísima eficiencia, baja emisión de bióxido de carbono, y cero o casi cero emisiones de otros contaminantes, al igual que su modularidad y amplia gama de aplicación, las hacen fuertes candidatas como tecnología preferida en el futuro cercano.

Contaminación ambiental

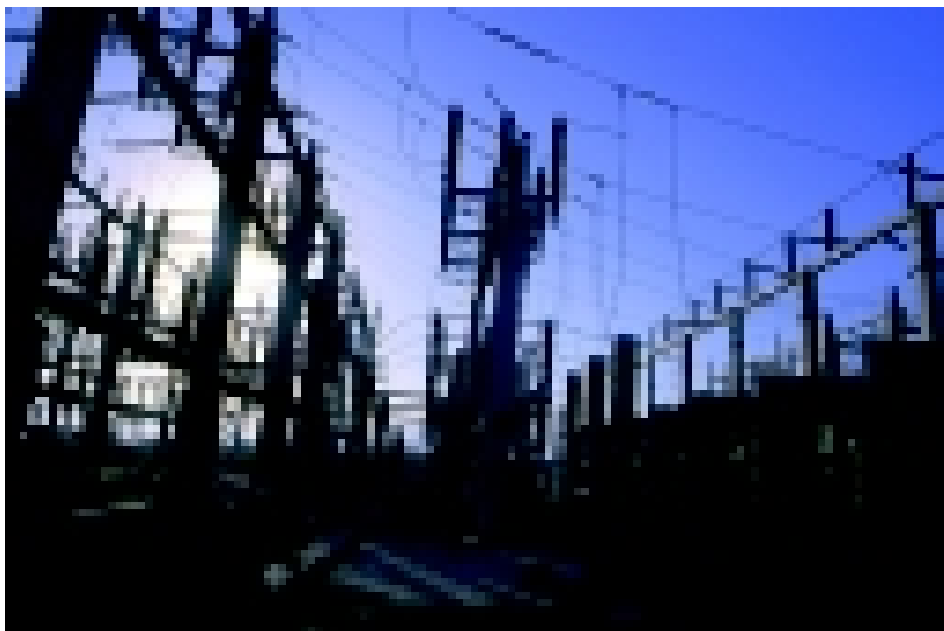
Centro de gestión ambiental



Centro de gestión ambiental diseñado por el Instituto en la refinería General Lázaro Cárdenas en Minatitlán, Veracruz.

La refinería General Lázaro Cárdenas en Minatitlán, Veracruz, cuenta con un centro de gestión ambiental diseñado por el IIE. Aunque en 1998 operó parcialmente, el centro ya proporcionó de manera cotidiana reportes sobre las condiciones meteorológicas, micrometeorológicas y de dispersión atmosférica de contaminantes en la zona. Esta información es útil en la elaboración de documentos para las evaluaciones y manifestaciones de impacto ambiental que le solicita a la refinería la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (Profepa). Se espera mejorar y ampliar las capacidades del centro de gestión ambiental con la instalación de un sistema para recibir información meteorológica por satélite, así como con un estudio de radiosondeo atmosférico que permitirá conocer la estructura vertical de las propiedades atmosféricas de la zona, y que tiene como fin mejorar los modelos meteorológicos y de simulación de la dispersión de contaminantes del Sistema de Evaluación Periódica de Impacto Atmosférico (SEPIA) —sistema desarrollado en el IIE y que permite a la refinería realizar cotidianamente estudios del impacto sobre la calidad del aire derivado de las emisiones rutinarias de sus principales chimeneas—. La refinería también solicitó al Instituto la elaboración de una propuesta técnico-económica para instalar una red de monitoreo de la calidad del aire con estaciones en la refinería y en la ciudad de Minatitlán. Todas estas acciones han venido perfilando al centro de gestión ambiental de la refinería como el primero en su tipo y el más avanzado tecnológicamente en México y en América Latina.

Sistemas de Calidad, Ambiente y Seguridad



La política de calidad del Instituto define que su compromiso más importante es satisfacer las necesidades de nuestros clientes tanto internos como externos y superar sus expectativas.

Sistemas integrales/modulares de aseguramiento de calidad, ambiente y seguridad

Para ampliar sus actividades en cuanto a los sistemas de aseguramiento de calidad, administración ambiental y seguridad, el Instituto creó la Unidad de Sistemas de Calidad, Ambiente y Seguridad (USCAS), la cual busca apoyar a la CFE, al sector eléctrico, a Pemex y a otros sectores económicos del país en la implantación de sistemas integrados/modulares de aseguramiento de calidad, protección ambiental y seguridad industrial.

Asesoría técnica para certificación ISO 9001

En 1998 el Instituto ahondó en el tema de la calidad, participando en el diseño, desarrollo e implantación de un sistema de calidad para la Coordinación de Proyectos de Transmisión y Transformación de la Comisión Federal de Electricidad. El Instituto Mexicano de Normalización y Certificación, A.C. certificó este sistema de acuerdo con la norma NMX-CC-003 (ISO 9001) y la CPTT otorgó un reconocimiento al IIE por dicha labor. Se continúa apoyando a esta Coordinación en el proceso de mejora de su sistema de calidad, y en el diseño y desarrollo de su sistema de administración ambiental (ISO 14000), para lo cual

organizó, en conjunto con el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM), campus Morelos, un diplomado en calidad ambiental, en donde participa personal de CPTT y del IIE, como parte de la capacitación para dicho sistema.

También se está colaborando con la Gerencia de Seguridad de la CFE en la preparación del programa de capacitación del personal de las áreas de seguridad para implantar el sistema de administración de seguridad.

Finalmente, se mantienen relaciones con los organismos de normalización nacionales en los temas de calidad, ambiente y seguridad.