

Programa de investigación  
y desarrollo tecnológico  
del sector energía 2002-2006

SECRETARÍA DE ENERGÍA

ERNESTO MARTENS REBOLLEDO

Secretario de Energía

NICÉFORO GUERRERO REYNOSO

Subsecretario de Electricidad

JUAN ANTONIO BARGÉS MESTRES

Subsecretario de Hidrocarburos

FRANCISCO BARNÉS DE CASTRO

Subsecretario de Política Energética  
y Desarrollo Tecnológico

MA. FERNANDA CASANUEVA DE DIEGO

Oficial Mayor

MA. LUISA RÍOS VARGAS

Directora General de la Unidad  
de Comunicación Social

© Secretaría de Energía  
Primera edición, 2002

Derechos reservados. Se prohíbe  
la reproducción total o parcial de  
esta obra por cualquier método.

Secretaría de Energía  
Insurgentes Sur 890  
Col. Del Valle  
CP 03100

México, DF

ISBN: 968-874-182-5

Impreso en México

[www.energia.gob.mx](http://www.energia.gob.mx)

[energia1@energia.gob.mx](mailto:energia1@energia.gob.mx)

# Contenido

5	<b>MENSAJE DEL SECRETARIO</b>
7	<b>ANTECEDENTES</b>
11	<b>PRIMERA PARTE: ¿DÓNDE ESTAMOS?</b>
11	• Propósitos de la investigación y el desarrollo de tecnología
14	• Diagnóstico de la situación actual en investigación y desarrollo tecnológico
14	▶ En las empresas del sector
16	▶ En los institutos del sector
18	▶ En el resto del país
19	▶ En el mundo
22	• Marco formal
29	<b>SEGUNDA PARTE: ¿A DÓNDE QUEREMOS LLEGAR?</b>
29	• Resumen de metas nacionales en investigación y desarrollo tecnológico aplicables al sector energía
30	• Visión 2025
35	• Objetivos estratégicos generales
37	<b>TERCERA PARTE: ¿CÓMO LO VAMOS A LOGRAR?</b>
37	• Programas integrales de desarrollo tecnológico de las empresas del sector
38	• Programa de desarrollo tecnológico de los proveedores nacionales de bienes y servicios del sector
38	• Programa de investigación y desarrollo tecnológico para un desarrollo sustentable del país
39	• Revisión de los planes de negocios de los institutos del sector
39	• Programas para el fortalecimiento de la infraestructura tecnológica estratégica nacional
40	• Desarrollo y adopción de metodologías apropiadas de trabajo
40	• Fondo Sectorial para Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energía
41	• Comité de Desarrollo y Tecnología
45	<b>CUARTA PARTE</b>
45	• Acciones específicas
47	• Demandas específicas del sector energía
47	▶ Área 1. Desarrollo sustentable de los campos mexicanos productores de hidrocarburos
52	▶ Área 2. Mejoramiento del transporte de los recursos energéticos
53	▶ Área 3. Procesos de refinación avanzados
54	▶ Área 4. Optimización de combustibles
54	▶ Área 5. Incremento de la eficiencia de los sistemas de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica
59	▶ Área 7. Fuentes alternas y fuentes renovables de energía

# Mensaje del Secretario

El *Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Energía 2002 – 2006*, es el primer producto de un amplio proceso de planeación en el sector. Este nuevo documento fue elaborado con la valiosa participación de los responsables del desarrollo tecnológico en las tres principales entidades productoras del Sector Energía: Comisión Federal de Electricidad, Luz y Fuerza del Centro y Petróleos Mexicanos; los institutos de investigación sectoriales: Instituto de Investigaciones Eléctricas, Instituto Mexicano del Petróleo e Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares. Contamos con la importante colaboración de los expertos en tecnología de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, de universidades autónomas, de empresas privadas y de la propia Secretaría de Energía. A todos ellos manifiesto mi agradecimiento.

El documento es un apoyo fundamental para la planeación de la investigación y el desarrollo tecnológico de cada una de las instituciones mencionadas. Su función es facilitar y fortalecer las necesarias interacciones y la coincidencia en las acciones, y define nuevos marcos de referencia y nuevos espacios de acuerdo.

La publicación de este Programa obedece al compromiso asumido en el *Programa Sectorial de Energía 2001 - 2006*, específicamente la línea de acción 2.7 del objetivo 8, y culmina una primera y muy importante etapa de trabajo coordinado entre los actores primordiales para el desarrollo de la ciencia y la tecnología, cuya razón de ser es incrementar de manera continua las características competitivas, la oportunidad y el valor de los bienes y servicios que el Sector Energía ofrece a México.

Efectivamente, la enorme capacidad económica del sector de la energía es de fundamental importancia para generar nueva riqueza nacional. Ésta se caracterizará por la creación y el crecimiento de industrias proveedoras de bienes y servicios de alto contenido tecnológico. Así, las empresas mexicanas serán cada día más competitivas en los mercados internacionales, traerán riqueza adicional para México, significarán empleos de alta calidad en número creciente y, al completar el círculo virtuoso, mayores contribuciones a la recaudación fiscal.

La nueva forma de hacer investigación y desarrollo en el sector se caracteriza por las sinergias estratégicas y el trabajo coordinado. Se optimizan así las capacidades, se destacan y fomentan proyectos y programas estratégicos, y se obtiene al final un aprovechamiento óptimo de los recursos que el Estado destina a esta importante función del desarrollo de la investigación y la tecnología.

En la nueva política hay que subrayar la convicción de que los fines del Sector Energía en México son los mismos para todos los actores. Las empresas mexicanas, privadas y públicas, comparten la misma función de ofrecer servicios y bienes óptimos en cuanto a calidad, mínimos en precio, y máximos en oportunidad. Haciendo así uso inteligente de los recursos nacionales, se genera conocimiento estratégico para colocar a México al día y a la vanguardia.

La primera parte del presente Programa establece un diagnóstico que permite identificar rápidamente las características de las fuerzas y capacidades de investigación en el Sector Energía de México. El diagnóstico se hace en términos generales y abarca, adicionalmente a los principales actores del sector público, a las universidades y centros de investigación privados y públicos que tienen participación en esta tarea.

En la segunda parte se definen las metas de los esfuerzos nacionales de investigación y desarrollo en el Sector Energía, así como los cambios en las actitudes y participaciones que cada uno de los actores debe asumir, con el fin de fomentar las sinergias para el logro del propósito general del sector.

En la tercera sección se establece la manera en que se llevarán a cabo acciones específicas para alcanzar los propósitos señalados. En particular, son de gran trascendencia los programas integrales de desarrollo tecnológico de las empresas del sector.

La cuarta parte y última, recoge las propuestas de líneas de trabajo, programas y proyectos específicos que han identificado las empresas productoras del Sector Energía como esenciales para fomentar su capacidad competitiva. La identificación de esta rica gama de oportunidades de investigación e innovación tecnológica, que ya resulta en manifestaciones importantes de interés por parte de las universidades, públicas y privadas, así como de empresas mexicanas de consultoría e industrias, nacionales y extranjeras, es probablemente la mayor aportación del Programa, pues permite orientar los esfuerzos necesarios para conducir al país, en el Sector Energía, hacia el propósito señalado.

Este documento de política de investigación y desarrollo tecnológico, pretende coadyuvar al crecimiento económico nacional, al fomentar la generación de soluciones tecnológicas a las necesidades estratégicas del sector, en particular de las empresas públicas, que permitan un crecimiento sustentable en las áreas prioritarias del Sector Energía.

ERNESTO MARTENS REBOLLEDO  
SECRETARIO DE ENERGÍA  
MÉXICO, DF, JUNIO DE 2002

# Antecedentes

Las empresas del Sector Energía deben incrementar urgentemente su nivel y la efectividad de su esfuerzo tecnológico y de innovación para elevar su competitividad. En 2000 México destinó a la investigación y desarrollo tecnológico únicamente el 0.40% del producto interno bruto (PIB), cifra que se trata de aumentar sustancialmente en la presente administración. Sin embargo, el objetivo atiende no sólo al nivel del gasto, sino particularmente a su efectividad. En el futuro previsible no parece posible tener el nivel de gasto en investigación y desarrollo tecnológico (I+D) de nuestros socios comerciales y competidores si no logramos ser más efectivos y eficientes que ellos: de nada serviría sólo elevar el gasto.

El objetivo del Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Energía 2002-2006 (PIDTSE), es contribuir a articular una política sectorial de I+D, destacando las características que debe tener la actividad de investigación y desarrollo en energía para que los grupos de investigación puedan tener acceso a los recursos del Fondo Sectorial para Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energía (establecido por: Comisión Federal de Electricidad, Luz y Fuerza del Centro, Petróleos Mexicanos, Secretaría de Energía y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología), particularmente en términos de la atención a las necesidades de las empresas. Al mismo tiempo, y dada la gran importancia relativa del sector en la economía, se anotan las estrategias que corresponden ahora a la actividad de I+D en general.

También se aborda el problema de la desvinculación entre la oferta y la demanda de conocimientos en ciencia y tecnología. Debe reducirse la distancia entre científicos concentrados en investigación básica y aplicada, por un lado, y empresas nacionales que compran la tecnología (incorporada y no incorporada) en el extranjero, y que cada día encuentran más difícil hacerlo, lo cual las pone en riesgo de desaparecer.

El diagnóstico de la situación actual de la tecnología en las empresas mexicanas del sector se inicia con la evaluación, por parte de los propios científicos y técnicos de las empresas, de la situación que guarda esta actividad y a dónde se quiere llegar. La planeación en I+D resulta, por lo tanto, del diagnóstico que las propias empresas hacen de su actividad productiva y los futuros tecnológicos que de ahí se desprendan. Las estrategias de desarrollo tecnológico que de este ejercicio surjan, o plataformas tecnológicas, deberán ser las áreas de desempeño en las que se pongan esfuerzos especiales para alcanzar el crecimiento que se plantea en los planes nacionales 2001-2006: el Plan Nacional de Desarrollo (PND), el Programa Sectorial de Energía (PSE) y el Programa Especial de Ciencia y Tecnología (PECYT) para la presente administración.

Este proceso de reestructuración de la I+D, para alinear las principales capacidades sectoriales con las áreas más atractivas para formar nuevas y mejores competencias, se inicia con este documento y las acciones que le precedieron. Así, el presente Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Energía es el primer paso en un proceso dinámico y continuo, que debe dar por resultado que las líneas y proyectos de investigación sean cada vez más productivos para las empresas mexicanas del sector. El análisis de la capacidad competitiva de las empresas e institutos, ya iniciado, debe evolucionar para comprobar la validez de las tesis que aquí se presentan y los temas de investigación que en este documento se proponen.

El PIDTSE se origina en el Plan Nacional de Desarrollo, ante su requerimiento de encontrar nuevas formas para abastecer y aprovechar la energía en beneficio de la sociedad, e incide en el PND en la medida que logre sus objetivos que son producir más con menores recursos, mejorar la calidad de los insumos energéticos, prever nuevas fuentes de energía y asegurar una distribución y comercialización a precios competitivos internacionalmente.

En su elaboración, con la participación de la comunidad científica, de los institutos de investigación, los empresarios y las empresas del sector, se observó que el país enfrenta un rezago tecnológico, pero a la vez cuenta en muchas de sus áreas con una masa crítica de conocimientos, que hacen posible recuperar el tiempo perdido y se detectó también que tanto en las empresas privadas como públicas, existen condiciones e interés por acelerar el desarrollo tecnológico en el campo de la energía.

Por sus particularidades, especialmente debido al gran número de proyectos susceptibles de ser abordados vía: insumos, procesos, productos, sistemas y formación de cuadros básicos entre otros, el Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Energía es complejo. Es por ello que, para iniciar, se decidió darle continuidad a la mayoría de los programas en ejecución con que cuentan ya los principales institutos de investigación y algunos centros de investigación de las instituciones de nivel superior, tratando de superar las áreas críticas que los limitan en cualquiera de sus fases. Paralelamente, se establecen en el documento mecanismos de coordinación que aseguren la interacción de los centros de investigación de las empresas públicas y privadas, para desarrollar en un futuro próximo aquellos proyectos en que podamos obtener ventajas comparativas, junto con los que tienen mayores efectos multiplicadores y satisfacer un mayor número de necesidades sociales.

La disposición del PIDTSE significa una reorientación de los apoyos financieros, reformas legales, mayor integración de demandantes y oferentes, evaluaciones permanentes y en general, todos los pasos que debe conllevar un proceso dinámico de planeación que aspire a resultados inmediatos que estimu-

len la continuidad, crecimiento y convencimiento sobre las virtudes de un ejercicio de esta naturaleza.

Con las medidas anteriores se espera asegurar una mejor exploración de los yacimientos petrolíferos que aumente el nivel de reservas y una mejor explotación de los mismos; la reducción de contaminantes de la industria energética, combustibles más limpios; incorporar a México a nuevas tecnologías de recursos renovables; asesorar a usuarios particulares de empresas del uso de equipos de autogeneración; mejorar las líneas de transmisión; introducir nuevos sistemas de administración, entre otros.



# Primera parte: ¿Dónde estamos?

## PROPÓSITOS DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO DE TECNOLOGÍA

### **Motivación de la investigación aplicada**

El objetivo medular del Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Energía es contribuir a implantar una cultura y un sistema de innovación en empresas e institutos del sector, incluyendo la generación y aplicación del conocimiento y la formación de recursos humanos especializados que son clave para el mismo.

Una verdad generalmente desconocida, tanto por la sociedad como por los investigadores, es que las más de las investigaciones emprendidas por grupos mexicanos son de importancia nacional. La mayor parte de los esfuerzos se concentran en las áreas de las ciencias biológicas y de la salud, pragmáticas por excelencia. Las otras ramas de las ciencias exactas y naturales suelen tener motivaciones similares, si bien a algunos observadores externos les preocupa que los «resultados» de la investigación no «se apliquen» a la vida cotidiana. Ha surgido, por tanto, una nueva definición de investigación aplicada, que en realidad es la motivada por una expectativa específica de resultados del esfuerzo de investigación. Así, por ejemplo, se hace investigación en combustibles, con la clara intención de resolver problemas específicos de corrosión o de emisiones contaminantes, y el progreso de las investigaciones se mide específicamente por la manera en que los resultados se aproximan al propósito establecido. Esta investigación puede ser original o no, pero en el mundo de la industria mucho de lo valioso, que a la vez es original, está protegido por patentes, de manera que el investigador está impulsado por una idea de originalidad.

La investigación aplicada, como se especifica, suele producir resultados originales, algunos de los cuales son publicados cuando no vulneran la propiedad industrial. Otros resultados originales se suelen proteger legalmente y no se publican. Así, el progreso de esta investigación se mide, primero, en el grado de satisfacción de las metas establecidas, y en segundo lugar, por la contribución a la ciencia. Por necesidad, los investigadores que hacen investigación aplicada están, y deben estar, calificados menos generosamente, por los parámetros de la ciencia, que sus contrapartes en las universidades. Sin embargo, se advierte un resentimiento de los primeros por que los mecanismos de evaluación de sus actividades privilegian la ciencia sobre los resultados prácticos, relevantes a la actividad económica. Este desequilibrio, cuando existe, debe ser corregido con mecanismos distintos y con diferentes parámetros de evaluación de los que se emplean para premiar los logros científicos.

### **Fondos sectoriales**

En la política presente, se destinan fondos sectoriales (o sea, por rama económica) a apoyar la investigación y el desarrollo tecnológico.

Una fracción fundamental de estos fondos se destina a financiar a grupos que buscan soluciones a problemas específicos definidos por las autoridades de cada sector, lo

que se conoce como «innovación tecnológica». A esta tarea, por facilidad, se le llamará en este documento «investigación aplicada». No excluye la producción de nuevos conocimientos para ser publicados, ni la oportunidad de entrenar científicos jóvenes, sino al contrario: se premia la sinergia. Tampoco excluye la posibilidad de que sus productos sean relevantes a otras ramas de la economía y a otras sociedades. Se distingue básicamente por su motivación, la evaluación de sus resultados y su impacto en la actividad económica del sector que la financia.

Otra parte de los recursos se destinan a los programas de investigación fundamental, y para obtenerlos se concursa mediante el conocido procedimiento de convocatorias del CONACYT.

### **Función de la investigación básica**

La investigación fundamental o básica, que se hace casi siempre en las universidades, se suele caracterizar por los parámetros internacionales de la ciencia. En México, la actividad científica ha alcanzado un grado de madurez en su evaluación y referencia internacional de la más alta calidad. En el nuevo orden de las necesidades nacionales, sin embargo, es justo reconocer que se demanda ahora más de los científicos universitarios que antes. Entre las exigencias más conspicuas destacan la formación de nuevos expertos de clase mundial, la rendición de cuentas de los recursos que emplean, y su participación creciente en tareas de docencia, entre otras. Así, el científico mexicano tiene, aunque no se suele reconocer, funciones adicionales a las de la ciencia básica. De manera creciente, la obtención de recursos para la ciencia y para los científicos mismos está condicionada a la pertinencia con que se abordan estas nuevas tareas.

Por otro lado, los científicos en su mayoría son receptivos a las razones que se aducen para justificar la emergencia (surgencia) de estas nuevas funciones, y trabajan en consecuencia. Será necesario evaluar, de manera detallada, los efectos que esta nueva práctica ha tenido sobre la ciencia en México, y la utilidad de los resultados que estas políticas han producido, para conocer si será necesario hacerles nuevos ajustes. Esta evaluación deberá efectuarse por parte de los mismos científicos, y los ajustes, de necesitarse, deberán implantarse de manera respetuosa y paulatina.

Un aspecto que debe subrayarse es la motivación de la investigación. En sus orígenes, la investigación científica en México era orientada hacia campos del conocimiento que los mismos científicos determinaban. Con frecuencia, estos campos eran de interés para sus colegas en otros países, y no necesariamente eran relevantes a la realidad mexicana. Ahora, en la medida que la ciencia de México madura y se vuelve más relevante, sus campos de estudio se relacionan de manera creciente con las áreas de oportunidad que el mismo país ofrece. Esta nueva realidad es más clara en las ciencias biológicas y de la salud, incluyendo las disciplinas ambientales, pero menos evidente en las áreas de la energía. En este programa se aborda este tema con el fin de dar orientación a los esfuerzos de investigación para generar opciones de solución en las áreas de interés de las empresas del Sector Energía, donde los conocimientos nuevos deberán generar una mayor capacidad competitiva en la creciente globalidad.

## **Papel de las empresas del sector**

Las tres principales empresas del Sector Energía: Comisión Federal de Electricidad, Luz y Fuerza del Centro y Petróleos Mexicanos (CFE, LFC y PEMEX), junto con las empresas privadas y con las oportunidades crecientes de desarrollo de proveedores nacionales son, en la nueva estrategia de desarrollo nacional integral y estratégico, los elementos de mayor importancia. Como se afirma en los círculos de análisis económico y en el mismo Plan Nacional de Desarrollo, son estas empresas las que deben «jalar» el desarrollo económico integral. Las empresas pueden tener ese efecto en la economía nacional, dada su importancia en la oferta de empleo y en los flujos de recursos, que pueden detonar una nueva y más moderna dinámica industrial, más afín a la necesidad de crear riqueza nacional, y más promotora de las actividades de I+D que, a su vez, generan nuevos nichos de oportunidad industrial y capacidades competitivas. Para lograrlo, será necesario reconstruir una industria nacional moderna de abastos y suministros. Por ello, las empresas nacionales de la energía disponen de programas importantes para fomentar el desarrollo de proveedores nacionales.

En el futuro deseable, antes de formular concursos y dar a la publicidad las solicitudes de equipos y servicios para las licitaciones de ley, será necesario identificar qué partes o elementos pueden o deben producirse por empresas nacionales para que se concursen en ese contexto. Se está progresando en el sentido de formular los requerimientos de las industrias con la idea de que se genere valor agregado nacional, que esas oportunidades produzcan mayor capacidad profesional e intelectual, que los recursos se reinviertan en la economía nacional, que ayuden a desarrollar los mercados internos con miras en los externos, y se fomenten las oportunidades para tener empresas líderes en el abasto de la energía.

Para que las empresas abastecedoras de bienes y servicios sean efectivamente competitivas, líderes en sus respectivos campos, deberán disponer de los apoyos del talento y la capacidad creativa, que son característicos del mundo de la investigación. Se justifican, en este contexto, las necesidades de alianzas estratégicas y redes de conocimiento, que seguramente desborden los confines de nuestra geografía.

Entre otros cambios, se advierte una atención cada día más acentuada sobre las fuentes de energía renovables; las empresas del Sector Energía participan de manera creciente en el desarrollo de tecnología, en la explotación y en la comercialización de energía proveniente de dichas fuentes.

Se subraya la necesidad de que el esfuerzo nacional en investigación esté cada día más motivado y financiado por las empresas privadas, lo que ocurre naturalmente en los casos en que la investigación logra aumentar su capacidad competitiva. En el nuevo mundo impulsado por el conocimiento, el resultado de la investigación tiene un alto valor económico, que debe verse reflejado en los mecanismos de financiamiento. Para ello es necesario generalizar las prácticas de evaluación del valor agregado que introduce la tecnología, como ya se hace en algunas instituciones del sector.

## Conclusiones

En esta sección se ha delineado el contexto nuevo para hacer investigación y desarrollo de tecnología en el marco de un desarrollo industrial del sector orientado a las prioridades del PND. En este nuevo contexto, los institutos de investigación del sector adquieren nueva importancia, ya no sólo en términos de su capacidad para producir información novedosa (ciencia) y para atender necesidades de las empresas (investigación aplicada), o para hacer las mismas cosas con mejores métodos (tecnología), sino para formar empresas proveedoras y cadenas de valor. En este proceso, los institutos y sus investigadores deberán asumir la responsabilidad de coadyuvar a que los nuevos actores privados en la economía de la energía satisfagan niveles internacionales de calidad, incluyendo el cuidado ambiental y el desarrollo regional.

## DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

### En las empresas del sector

Para elaborar esta sección, se solicitó a las tres empresas principales de energía del sector público (CFE, LFC y PEMEX), su apreciación sobre la situación del proceso de investigación y desarrollo, en términos de sus propias actividades productivas.

En el intento de sintetizar de manera breve la situación que guardan estas entidades sectoriales, puede afirmarse que las caracteriza un conjunto de fortalezas que las ubica como elementos fundamentales para la reconstrucción de la economía mexicana. En efecto, diversas capacidades técnicas y estratégicas, que incluyen su impresionante infraestructura, su personal profesional y técnico capacitado y en permanente actualización, su gigantesca cartera de clientes y su experiencia son, entre otras, fortalezas que deben capitalizarse y desarrollarse.

Una fortaleza a destacar es la capacidad, desarrollada a lo largo de muchos años, para que estas entidades se den a sí mismas los comités y consejos de consulta y asesoría que les resulten convenientes según las circunstancias. Por ejemplo, cuando ha habido algún accidente, rápidamente se agrupan los expertos en los temas involucrados para tomar decisiones de emergencia con precisión y agilidad. Así, estas entidades han construido una cultura de la seguridad que rivaliza con la de empresas similares en otros países.

Sin embargo, y por razones muy diversas, la actitud hacia la innovación tecnológica es más bien una carencia o debilidad. No se tiene la cultura de hacer las cosas de manera diferente, y sí se tiene una resistencia institucional al cambio. La falta de capacidad para innovar se refleja en una muy pesada normatividad a la que deben ajustarse los procesos de adquisición y mantenimiento de las instalaciones y los equipos, que hacen especialmente difícil que se desarrollen, al amparo de las entidades, otras empresas privadas para proveerlas de bienes y servicios. Esta es una posible causa de que se prefiera hacer licitaciones de grandes paquetes de bienes y servicios, consolidando necesidades muy variadas, de modo que como consecuencia no deseada se tiene que las ofertas correspondientes no pueden ser fácilmente abastecidas por proveedores nacionales. Sin duda, la forma en que la normatividad ha evolucionado limita las capacidades para capitalizar las fortalezas en el desarrollo de proveedores.

Un área especialmente atractiva para ello es la de exploración y explotación, donde existen enormes oportunidades de innovación. Entre las posibilidades de agregar valor de manera muy significativa está la incorporación de nuevas tecnologías. La falta de inversión en estos temas, como es bien sabido, ha resultado en la descapitalización de la entidad paraestatal, pero mientras no se resuelvan las dificultades de carácter legal y normativo que las detiene, será muy difícil que estas áreas de oportunidad sean apropiadamente aprovechadas. También se necesita reforzar acciones al nivel de la entidad para cerrar las brechas tecnológicas que han sido identificadas.

La reconfiguración de las refinerías en los últimos años se ha enfocado a producir combustibles más limpios y de mayor valor agregado. Las inversiones se han dirigido a aumentar la complejidad y permitir la conversión a productos ligeros. Una parte muy significativa de las refinerías mexicanas cuenta con avanzados sistemas de control de proceso mediante procedimientos computarizados, y es común que se tengan sistemas de control por comparación con simuladores en línea. No obstante, se ha dejado de atender un buen número de oportunidades tecnológicas, como son el control basado en la supervisión de las estructuras moleculares del producto, que redundarían en notables ahorros de costo y en mejora sustancial de la calidad de los productos. Otra oportunidad que no se ha capitalizado es la configuración de las refinerías al crudo pesado de nuestros campos. Hay, sin duda, una gran diversidad de oportunidades de inversión para la obtención de ventajas considerables. Las entidades han hecho recientemente estudios con respecto a su posicionamiento tecnológico, los que sin duda serán de importancia fundamental en la definición de áreas de desempeño tecnológico y científico de los años por venir.

PEMEX, junto con el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), ha identificado algunas áreas estratégicas de desarrollo de tecnología y conocimientos para los cuales puede no haber líderes definidos o proveedores, como la exploración y producción de hidrocarburos en yacimientos naturalmente fracturados (de los que se obtiene más del 90% de la producción de hidrocarburos del país). PEMEX se ha propuesto identificar claramente sus necesidades en I+D, crear condiciones atractivas para la participación de universidades y centros de investigación y fortalecer significativamente la capacidad del país en I+D, orientados a la solución de los problemas de interés petrolero.

En lo que toca a las empresas que producen y distribuyen energía eléctrica, se afirma que las nuevas tecnologías aplicables al sector eléctrico están enfocadas al aumento en la eficiencia de los procesos de generación, a la reducción de los costos de producción y al acatamiento de políticas y normas en materia ambiental, que son, y seguramente seguirán siendo, cada día más restrictivas.

Los procesos de transmisión y distribución también están siendo impactados por los desarrollos tecnológicos, ya utilizados por la planta productiva, que obligan a evitar las interrupciones en el suministro y aumentar la calidad del producto con una tendencia a disminuir las pérdidas eléctricas y a elevar la confiabilidad de los equipos utilizados. Un objetivo adicional, al nivel de todas las industrias del ramo, consiste en

no solamente satisfacer la demanda, sino administrarla, para abatir el consumo, aplicando programas intensos de ahorro y uso eficiente de la energía. Existen importantes oportunidades de ahorro de energía eléctrica en diversos sectores, como el residencial y de servicios, donde los estándares de consumo actuales son muy elevados, particularmente en acondicionamiento ambiental. Una exigencia más es la de buscar, a través de tecnología de punta, una sistematización de los procesos operativos y administrativos que permitan a las empresas dar una respuesta, en tiempo real, a la demanda de sus clientes. La reducción del rezago tecnológico requiere de acciones conjuntas con los institutos de investigación y desarrollo tecnológico.

Se precisará de redes de transmisión más flexibles y confiables, para integrar las diversas fuentes generadoras de energía. Otra consideración es que la creciente colaboración del sector privado en la generación de energía eléctrica, requerirá de tecnología adecuada para administrar un mercado eléctrico regulado que permita la competencia, y de esta manera se obtengan precios más bajos de energía para el usuario final.

### **En los institutos del sector**

Los institutos del Sector Energía: Instituto de Investigaciones Eléctricas, Instituto Mexicano del Petróleo e Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (IIE, IMP e ININ), cultivan áreas distintas y poseen diversas fortalezas y debilidades, algunas de las cuales les son comunes a los tres. Sin embargo, las actitudes de los funcionarios y los investigadores varían entre uno y otro instituto, dependiendo de factores tan diversos como son el éxito en la publicación de resultados científicos, la formación e incorporación de cuadros de investigadores jóvenes, la pertinencia de sus innovaciones en las entidades del sector, su relación con las empresas privadas y, en general, con un rico conjunto de posibles indicadores de éxito cuyo empleo no es uniforme. Aquí debe destacarse la diligencia con la que, en general, los institutos se han ocupado para desarrollar indicadores de pertinencia, generalmente asociados con las mediciones de valor agregado de la industria. Ayuda entender que PEMEX ha sido exitoso en implantar la medición del valor económico agregado como indicador de la plausibilidad de un proyecto de investigación, y que dicho proceso ha sido implantado y afinado en el IMP así que, aunque aún limitada, ya se tiene valiosa experiencia a este respecto.

Por lo anterior, en esta sección se abordarán de manera breve las características de un diagnóstico generalizado para los institutos del sector.

Caracteriza a los institutos del sector una cultura científica y tecnológica madura, es decir, una combinación, generalmente afortunada, entre el rigor científico y la calidad de respuesta que deben caracterizar al buen ejercicio de innovación tecnológica. En términos generales, los institutos parecen haber llegado ya al tamaño para el que fueron concebidos, y acomodar el crecimiento hacia áreas nuevas será muy difícil; para estos casos, y aprovechando la necesidad de dar opciones de cambio de especialidad a investigadores experimentados, se podría considerar la posibilidad de crear nuevos centros, o anexos a los institutos existentes. El IMP ha acumulado experiencia en este procedimiento.

Una problemática adicional está dada por la integración del personal investigador y su carrera en cada instituto. Durante los últimos dieciocho años, se ha hecho énfasis en que la producción más preciada es la de corte científico, que califica y premia el Sistema Nacional de Investigadores (SNI). Los números de publicaciones, doctores y miembros del SNI se han vuelto parámetros muy importantes en la evaluación de los institutos, para lo cual se han creado claras diferenciaciones, al interior de cada uno de ellos, entre quienes hacen investigación científica y quienes hacen «servicios», generalmente referidos a servicios tecnológicos de alta calidad, que desplazan a empresas proveedoras del extranjero, con costos más bajos y calidad comparable. Este tema tiene además el componente de los ingresos. En el fondo, la capacidad para dar servicios tecnológicos al tiempo de hacer investigación trascendental, es una oportunidad muy importante que habrá de capitalizarse.

En suma, los déficit de recursos, incluyendo los humanos y de infraestructura; las disparidades en los ingresos, la cada día más madura planta de investigadores, y la dificultad para abordar áreas nuevas, que son carencias más o menos compartidas por los institutos del sector, deben abordarse de manera integral. Es muy satisfactorio constatar que dicho proceso de solución podría impactar de manera muy destacada a diversos temas de desarrollo contemplados como prioritarios en el Plan Nacional de Desarrollo y en el Programa Sectorial de Energía.

Una consideración adicional proviene de la naturaleza del trabajo, o sea, la misión y la temática que abordan los investigadores y los técnicos. Los campos relacionados con la electricidad y los hidrocarburos se perciben cada día como de mayor interés, si bien se nota en las escuelas una emigración de los alumnos hacia áreas menos tradicionales de la ciencia y la tecnología. Este último hecho parece amenazador del futuro tecnológico de nuestras empresas y de su capacidad competitiva.

Así, hay un número creciente de jóvenes que tienden a evitar la ocupación en la nucleoelectricidad, si bien en muchos foros se advierte un necesario surgimiento de este tema. Otros estudios indican que los jóvenes más destacados procuran, a nivel mundial, ocupación en las áreas más novedosas de la telemática y la información, que no en hidrocarburos o en las ciencias naturales, exactas y de la tierra, que son tan importantes. En México, todos estos temas (para otros, antiguos) son sumamente atractivos y ofrecen importantes avenidas de desarrollo intelectual, pero no se han hecho explícitos de manera suficiente con los prospectos de investigadores jóvenes. Así, en un planteamiento integral, como se afirmó arriba, deben tener lugar preeminente las universidades nacionales y extranjeras, así como las empresas privadas que ayuden a desarrollar las cadenas de proveedores y de valor agregado en cada disciplina.

## En el resto del país

Existen ciertos esfuerzos de I+D en instituciones académicas así como en ciertos centros e institutos de otra naturaleza, que en alguna forma realizan proyectos pertinentes al sector energético.

De las instituciones académicas, la que más actividad realiza es la Universidad Nacional Autónoma de México, tanto en sus facultades como en sus centros e institutos de investigación. Sobresalen el Instituto de Ingeniería, el Centro de Investigaciones en Energía, y las Facultades de Ingeniería y Química. Además pero en menor escala, se tiene a los institutos de: Física, Ciencias Nucleares, Ecología, Geofísica, Geología, Geografía, Investigaciones Económicas, y la Facultad de Economía.

En el Instituto Politécnico Nacional (IPN) las tres principales escuelas que desarrollan I+D en energía son la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas y la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura. En el Centro de Estudios Avanzados del IPN también se realizan trabajos de I+D en energía en varios de sus departamentos, en especial en el de ingeniería eléctrica.

En la Universidad Autónoma Metropolitana, aunque en las tres unidades se realizan investigaciones relacionadas con energía, la más activa es Iztapalapa, seguida por Azcapotzalco. La unidad de Xochimilco se caracteriza por estudios y demostraciones de sistemas ahorradores de agua y energía, y por investigaciones en equilibrio ambiental.

En cuanto a instituciones que no están en el Valle de México, existen esfuerzos de diferente grado en cuanto a la I+D en energía. Entre las más relevantes se encuentran las universidades de: Baja California, Nuevo León, Zacatecas y Veracruz y el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey. Otras instituciones de investigación estatales también desarrollan algunos trabajos relacionados con la energía, aunque de manera esporádica.

En los centros del Sistema de Investigación Conacyt también se realizan trabajos de investigación relacionados con energía. Desde el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, B. C. hasta el Centro de Investigación y Asistencia Técnica del Estado de Querétaro y el Colegio de México, algunos esfuerzos se relacionan con el tema de energía.

Fuera de los institutos sectoriales y los de las instituciones académicas nacionales, la mayor parte del esfuerzo de I+D se relaciona con las energías renovables y el ahorro energético, pues en general estos trabajos tienen aplicaciones locales inmediatas.

## En el mundo

A nivel mundial, la I+D en el sector de la energía se realiza con celeridad aunque con mayor empuje en ciertas áreas que en otras, dependiendo de las prioridades nacionales en cada país y en relación con el tamaño de su economía. En general existe actividad en todos los aspectos relacionados con el aprovechamiento de energéticos primarios y secundarios así como en los procesos de transformación y transporte de los mismos. Tratar de detallar todo esto sería muy largo, pero por ejemplo la Agencia Internacional de Energía de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, tiene publicaciones que detallan estas actividades.

Cabe mencionar la creación de mercados energéticos en diferentes países, que ha generado una reducción en los fondos destinados a la I+D en energía, que en varios de ellos se ha observado como significativa.

En relación con los temas en I+D energética, el marco sobre prospectiva tecnológica a 2025 (ver página 30) orienta razonablemente en lo que se está investigando y desarrollando a nivel mundial. Cabe enfatizar el gran esfuerzo que los recursos humanos de la I+D en el sector energético están haciendo en conjunto con sus colegas del sector ambiental, para atacar la problemática de gases invernadero causantes del fenómeno de cambio climático, tanto desde el punto de vista de modelación, como del de reducción de las emisiones y mitigación de los impactos.

### Hidrocarburos

Los hidrocarburos continuarán siendo la fuente principal de energía en el mundo por unas décadas más. El consumo de hidrocarburos lejos de disminuir está aumentando, y seguirá aumentando debido al incremento poblacional y al crecimiento económico de los países desarrollados y de aquellos en vías de desarrollo. Esto hace que las reservas disminuyan. A fin de aumentarlas es necesario explorar más. La exploración se realiza en regiones cada vez «más difíciles» y la producción se realiza de tal manera que se obtenga el máximo de hidrocarburos por pozo. Estos esfuerzos presentes y futuros de la exploración y producción necesitan y necesitarán de mejor tecnología a fin de que sean rentables.

Por otra parte, el consumo de esos combustibles produce efectos ambientales locales, regionales y mundiales, que se podrán minimizar con mejores tecnologías. La transformación del crudo en combustibles se lleva a cabo por medio de procesos físicos y químicos, estos combustibles son cada vez más limpios debido a la aplicación de tecnologías más apropiadas que obedecen a que las regulaciones ambientales son más estrictas, regulaciones que tienen el propósito de prevenir, controlar y remediar la contaminación y que se basan en políticas nacionales o internacionales.

Las tecnologías también son usadas para la producción de materiales valiosos a partir de compuestos del petróleo y el gas. Estos materiales petroquímicos valiosos se usan en diversos sectores de la economía. La creciente demanda de generación de electricidad también se satisface en el mundo y en México fundamentalmente por medio de combustibles fósiles. Las tecnologías de exploración, producción, distribución,

almacenamiento, transformación y uso de hidrocarburos combustibles se continuarán desarrollando debido a que las fuentes alternas de energía aún no están suficientemente desarrolladas y por lo tanto no son competitivas actualmente.

## Tendencias tecnológicas en la industria eléctrica mundial

### *Desafíos estratégicos para las instituciones de investigación y desarrollo*

Algunos de los desafíos de tipo tecnológico que enfrentan los sectores eléctricos del mundo se encuentran documentados en diversos estudios, en los cuales se describen los aspectos clave que tendrán que ser abordados por instituciones de investigación y desarrollo tecnológico, en diferentes horizontes de tiempo. Las metas más relevantes de este esfuerzo mundial son las siguientes:

- Año 2003: resolver las amenazas a la vulnerabilidad de la red eléctrica de transmisión; aumento en el número de transacciones y exigencia de mayor calidad de la energía.
- Año 2005: impulsar una revolución en los servicios; construir una red de distribución de servicios integrados, que funcione como una supercarretera para el comercio electrónico.
- Año 2010: crear las plataformas de electrotecnologías avanzadas necesarias para acelerar el crecimiento productivo y la competencia global.
- Año 2015: resolver el conflicto energético del carbón.
- Año 2025: manejar la sustentabilidad global.

### *Tendencias globales: servicios de energía «inteligentes»*

- El servicio eléctrico tiende a ser «inteligente».
- La generación de valor agregado en la industria eléctrica se inicia a nivel del electrón.
- Competencia creciente entre las empresas que operan redes eléctricas y de gas.
- Las tecnologías de información representan el activo más importante de las empresas, eléctricas y no eléctricas.
- La electricidad y las telecomunicaciones convergen, resultando en:
  - ▶ Acceso a información de mercado completa, casi en tiempo real.
  - ▶ Energía de calidad.
  - ▶ Energía menos contaminante.
  - ▶ Precios de energía bajos.
- La electrificación debe estimular patrones más eficientes de producción y consumo.

### *Fuerzas tecnológicas de largo plazo, que están diseñando el futuro de los sectores eléctricos*

- Generación distribuida; más cerca del usuario final, eficiencia de conversión más alta.
- Electrónica de potencia; mejoramiento en la calidad y confiabilidad de la energía.

- Electrotecnologías basadas en microprocesadores; mejoramiento en la eficiencia y en la precisión.
- Tecnologías para el procesamiento de información en tiempo real; permiten más y mejores servicios.
- Materiales avanzados; por ejemplo, dispositivos de electrónica de potencia más eficientes, celdas fotovoltaicas de mayor resistencia a altas temperaturas y radiación, materiales avanzados reciclables para reducir el consumo de recursos.
- Biotecnología; por ejemplo, computadoras biológicas, procesos biomiméticos y biosoluciones para el crecimiento sustentable.

#### *Tecnologías habilitadoras clave*

- El microchip.
- Internet.
- Comunicaciones de banda ancha.

#### *La infraestructura para una economía digital*

- Un arreglo complejo de redes interconectadas:
  - ▶ Dispositivos y aparatos compatibles.
  - ▶ Comunicaciones integradas.
  - ▶ Excepcional calidad de la energía.
  - ▶ Excelente confiabilidad del sistema de potencia.

#### *Tres elementos fundamentales para el diseño de políticas en el sector eléctrico*

- Población.
- Contaminación.
- Prosperidad.

#### *El desafío de la sustentabilidad global. Factores*

- Entre el año 1950 y el 2050 la población mundial se cuadruplicará y el proceso de urbanización crecerá aún más.
- La sustentabilidad global requerirá más del 2% de crecimiento anual en productividad, agricultura, agua fresca y reducción de emisiones contaminantes.
- La descarbonización se está dirigiendo hacia un sistema de energía electricidad/hidrógeno, pero requiere urgentemente de un portafolio innovador de opciones de generación.
- Las políticas ambientales con énfasis en el corto plazo pueden desviar este progreso.

### *Retos para la I+D en las interdependencias de infraestructura*

- El proceso de urbanización presiona a las infraestructuras interconectadas.
- El proceso de desregulación presiona a la infraestructura interregional.
- La inversión tiende a disminuir, en un ambiente de incertidumbre regulatoria y de competencia creciente.
- Se considera que la vulnerabilidad de las redes, como es el caso de los sistemas de potencia, es el tópico más urgente para la industria.
- La confiabilidad es una prioridad.
- La complejidad y las interdependencias son objetivos de investigación adicional.

### *Retos para la I+D en las interdependencias de la infraestructura eléctrica*

- Conocer el estado del sistema. Basado en comunicaciones satelitales.
- Conocer lo que constituye un problema. Análisis de estabilidad dinámica, herramientas de visualización.
- Entender la verdadera dinámica, lo bastante rápido para tomar una decisión al respecto. Análisis más rápidos, simulación predictiva, complejidad.
- Determinar qué acciones podrían resolver el problema. Planes de contingencia.
- Decidir qué hacer. Administración de riesgos.
- Implantar la solución. Sistemas/dispositivos de control, rutas alternas.
- Diseñar/evolucionar hacia un sistema robusto. Sensores distribuidos, control.

## MARCO FORMAL

En el Plan Nacional de Desarrollo y el Programa Sectorial de Energía, se definen los principios, objetivos y estrategias del gobierno federal para el Sector Energía. Con esta base se elaboró el Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Energía, con el propósito central de que constituya un mecanismo operativo que basado en esos principios, contribuya al cumplimiento de los objetivos.

En la sección presente se incluyen los elementos de los documentos legales citados, que determinan las actividades de investigación y desarrollo tecnológico del sector.

### **Plan Nacional de Desarrollo**

Los temas de investigación y desarrollo de tecnología para el Sector Energía se relacionan formalmente con el Plan Nacional de Desarrollo, a través de las tres áreas en que se divide el cómo vamos a lograr nuestros propósitos, pero especialmente en las dos primeras, referentes al desarrollo social y humano y, sobre todo, al crecimiento con calidad. Enseguida se citan brevemente los principales objetivos y estrategias.

Contribuir en el área de desarrollo social y humano del Plan Nacional de Desarrollo a través del siguiente objetivo:

- Participar en el fortalecimiento de la investigación científica y la innovación tecnológica para apoyar la formación de recursos humanos altamente calificados.

*Estrategia.* Fomentar la creación y el desarrollo de mecanismos e incentivos que propicien la contribución del sector privado al desarrollo científico y a la cultura de innovación del país, asimismo, proyectos multisectoriales y multiinstitucionales en los que participen los organismos públicos descentralizados y los institutos de investigación del sector, las instituciones educativas y las empresas privadas.

Sin duda es el área de crecimiento con calidad del PND, donde podemos tener una mayor aportación. Planteamos cuatro objetivos en esta área.

- Promover el desarrollo y la competitividad del Sector Energía.

*Estrategia.* La competitividad es fundamental para permitir una participación exitosa en la economía global. Los esfuerzos deben orientarse a eliminar las dificultades que inhiben la competitividad y la integración de cadenas de valor.

Para apoyar la competitividad se deberá buscar el establecimiento de un adecuado marco institucional, con regulaciones actualizadas y simples que ofrezcan seguridad jurídica para el establecimiento, promoción, desarrollo y mantenimiento de las empresas, especialmente de las micro, pequeñas y medianas.

Se promoverá la integración de aquellas empresas que se mantienen rezagadas en el desarrollo de tecnología y en la integración en cadenas de valor, con las empresas nacionales de vanguardia, insertadas exitosamente tanto en el comercio interior como en el exterior. Asimismo, el desarrollo de cadenas de proveedores y distribuidores con esquemas eficaces de comercialización.

El sector energético debe contar con una regulación moderna y transparente que garantice la calidad en el servicio, así como precios competitivos. Las empresas públicas del sector deben contar con los recursos suficientes para que puedan cumplir sus objetivos, facilitar la competencia e inversión y promover la participación de empresas mexicanas en los proyectos de infraestructura energética. Además, implantarán esquemas de desarrollo de proveedores nacionales de los bienes y servicios que requieran.

- Promover el uso y aprovechamiento de la tecnología en el sector.

*Estrategia.* Se promoverán acciones para el uso y aprovechamiento de las tecnologías, como recursos estratégicos que contribuyan a la satisfacción de las necesidades de la sociedad mexicana y se adoptarán los mejores estándares tecnológicos y medidas que protejan la propiedad intelectual.

La incorporación y aprovechamiento de los últimos avances científicos y tecnológicos debe basarse en la aplicación de una estrategia coherente que incluya los siguientes puntos: a) divulgación entre la sociedad de la cultura tecnológica; b) fomento de la tecnología local y adaptación de la tecnología extranjera; c) incorporación de las tecnologías de la información (computación, telecomunicación y telemática) al desarrollo de la cultura empresarial; d) innovación en la generación, desarrollo, asimilación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico, y la formación de recursos humanos para apoyar el avance del sector energético y para mantener la diversidad de fuentes generadoras de energía; e) inversión en investigadores jóvenes con nuevas ideas; f) apoyo a la sistematización y ampliación de las bases de información importantes para la actividad científica y tecnológica; g) mejoramiento y ampliación, a empresarios, académicos y público en general, del acceso a centros y fuentes de información que apoyen la competitividad de las empresas, la formación de recursos humanos y la actividad científica y tecnológica; h) promoción del encadenamiento digital de proveedores, e i) aplicación de nuevas tecnologías para la producción, así como políticas para inhibir el uso de técnicas y costumbres dañinas al medio ambiente.

- Participar en la promoción del desarrollo rural y del mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de las familias de este sector.

*Estrategia.* Dar apoyo a la inversión, la integración de cadenas productivas, el desarrollo de nuevas capacidades y la transferencia de tecnología. Fomentar el uso de nuevas tecnologías de aprovechamiento de las fuentes renovables para llevar electricidad a los poblados más apartados del país.

- Participar en el fortalecimiento de la investigación científica y de la innovación tecnológica, para apoyar tanto el desarrollo sustentable del país, como la adopción de procesos productivos y tecnologías limpias.

*Estrategia.* Promover la realización de investigación científica y tecnológica de alta calidad que apoye la toma de decisiones en materia ambiental; desarrollar, adaptar y transferir tecnología. Propiciar la adopción por parte de los sectores productivos de tecnologías eficientes y limpias, así como de esquemas de autorregulación ambiental. Colaborar en los planteamientos para desarrollar políticas que favorezcan las inversiones en prevención y control de la contaminación industrial.

Finalmente en el área de orden y respeto del Plan Nacional de Desarrollo, contribuimos a través de un objetivo.

- Dar transparencia a la gestión pública.

*Estrategia.* La credibilidad y transparencia de la gestión pública exige el acceso a la información gubernamental, con el objeto de mostrar el desempeño de las instituciones, el cumplimiento de los objetivos y programas de trabajo establecidos, el uso de recursos asignados, el otorgamiento de sus servicios y los resultados alcanzados. Por

lo tanto, se pondrá a disposición de la sociedad un gran banco de información sobre el sector, donde puedan realizar consultas amigables sobre los puntos anteriores.

## **Programa Sectorial de Energía**

El Programa Sectorial de Energía, señala en su diagnóstico que es prioritario que en México se adopte un nuevo y más dinámico esquema de investigación y desarrollo tecnológico, que esté identificado con los principales problemas de la sociedad nacional, particularmente los temas de interés estratégico para el Sector Energía.

Los propósitos principales del Sector para el año 2006 son: que tanto la SENER como las empresas del Sector Energía hayan establecido una estrategia clara y coordinada de investigación y desarrollo tecnológico que mejore la competitividad de las empresas y el aprovechamiento de nuestros recursos, que los institutos del sector reorienten parte de sus actividades para dar respuesta oportuna a las necesidades planteadas, que se haya fortalecido la capacidad del sistema nacional de investigación y educación superior para generar conocimiento y formar recursos humanos en áreas de interés estratégico para el sector, y que se hayan desarrollado los instrumentos necesarios para lograr dichos propósitos.

El Programa Sectorial de Energía precisa tres estrategias con sus líneas de acción para lograr lo anterior.

*Estrategia 1.* Aumentar la inversión en investigación y desarrollo tecnológico en el sector energético.

Línea de acción 1.1. Establecer un sistema integral de administración de tecnología, que les permita a las empresas del sector, con apoyo de los institutos del mismo:

- Identificar los principales componentes tecnológicos relacionados con sus indicadores de desempeño y sus planes de negocios.
- Identificar las brechas tecnológicas en sus instalaciones y prácticas operativas, para establecer prioridades y estrategias de acción para cerrarlas.
- Evaluar el impacto de los proyectos de I+D sobre sus operaciones y sobre sus resultados financieros, y
- Asimilar adecuadamente la tecnología, tanto la generada internamente como la adquirida de terceros.

Línea de acción 1.2. Establecer un comité sectorial de I+D, con objeto de coordinar y mantener actualizada una política de investigación y desarrollo tecnológico del sector y de sus entidades.

Línea de acción 1.3. Alinear en el sector los programas de I+D de los institutos con las necesidades estratégicas de las empresas.

Línea de acción 1.4. Promover la concertación de alianzas o convenios estratégicos, en el ámbito nacional e internacional, con instituciones de educación superior, con centros

de investigación y con empresas tecnológicas, que permitan complementar sus capacidades y recursos para el desarrollo de programas y proyectos de mayor alcance.

Línea de acción 1.5. Establecer instrumentos para financiar la investigación y el desarrollo tecnológico, en áreas de interés para el sector energético. Se establecerá el Fondo Sectorial para Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energía con aportaciones de CFE, LFC, PEMEX y el propio CONACYT, el 80% de los recursos se emplearán para financiar los proyectos de investigación aplicada y desarrollo tecnológico que las empresas del sector consideren necesarios para impulsar su competitividad, el 20% restante para financiar, en combinación con fondos concurrentes de CONACYT, proyectos de I+D que propongan los institutos del sector, otras instituciones nacionales de investigación y educación superior o la propia SENER, así como para apoyar la formación de recursos humanos.

Se desea que estos fondos contribuyan a la creación de centros de investigación modernos que desarrollen proyectos multianuales, con metas específicas que permitan evaluar su progreso sistemática y periódicamente. Además, consolidar un grupo de investigación de alto nivel en los institutos de investigación del sector y elevar la calidad de la capacitación de los recursos humanos.

*Estrategia 2.* Alentar la investigación y el desarrollo tecnológico en áreas prioritarias, a fin de cerrar las brechas tecnológicas, fortalecer las capacidades competitivas de las empresas y elevar los estándares de originalidad de la investigación básica, tanto en los institutos del sector como en las instituciones de educación superior públicas y privadas y en los centros de investigación y desarrollo en general.

Línea de acción 2.1. Optimizar los procesos de producción, para ahorrar recursos y aumentar la eficiencia.

Línea de acción 2.2. Incrementar la inversión en I+D de fuentes alternas de energía, en particular en el aprovechamiento de energías renovables: eólica, solar, geotérmica, biomasa y minihidráulica.

Línea de acción 2.3. Aumentar el esfuerzo en I+D para la seguridad industrial en las empresas del Sector Energía.

Línea de acción 2.4. Avanzar en el uso eficiente y ahorro de la energía. Se intensificarán los esfuerzos nacionales de I+D para la identificación y aprovechamiento de las oportunidades de ahorro de energía existentes en el país.

Línea de acción 2.5. Favorecer la implantación de tecnologías avanzadas de uso final de la energía en industrias, residencias, edificios varios y en riego agrícola, propiciando los proyectos de intercambio tecnológico, las redes tecnológicas y los programas conjuntos con las empresas.

Línea de acción 2.6. Crear y operar un centro nacional de información y estudios energéticos.

Línea de acción 2.7. Elaborar el Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico 2002-2006.

*Estrategia 3.* Consolidar un grupo de investigadores de alto nivel en los institutos del sector y elevar la capacitación de sus recursos humanos, incrementando el gasto programable para fortalecer la capacitación, considerándola como una inversión en el desarrollo de los recursos humanos.

Línea de acción 3.1. Propiciar la investigación básica en los institutos del sector, así como la investigación aplicada y la innovación tecnológica.

Línea de acción 3.2. Instaurar mecanismos para desarrollar los recursos humanos del sector energético, mejorando sus conocimientos y habilidades.



# Segunda parte: ¿A dónde queremos llegar?

## RESUMEN DE METAS NACIONALES EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO APLICABLES AL SECTOR ENERGÍA

En forma simple, la estrategia de desarrollo de tecnología será la apropiada para propulsar al Sector Energía hacia la situación que corresponde al diseño de país que queremos en el futuro. Los esfuerzos necesarios en I+D, las áreas a cultivar, las maneras de hacerlo y medirlo, y la cuantía de recursos, son todas cuestiones que se atienden en esta misma perspectiva: construir el país energético que queremos en el futuro.

El objetivo número 8 del Programa Sectorial de Energía es ser líderes en la generación, desarrollo, asimilación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico, así como en la formación de recursos humanos altamente calificados, para apoyar el desarrollo sustentable del sector energético.

En concordancia con lo anterior, entre las metas que el sector se ha planteado, se encuentran:

- Incrementar gradualmente los recursos que asignan las empresas del sector a I+D hasta alcanzar el 1% de sus ventas netas, e identificar suficientes proyectos relevantes que justifiquen dicha inversión.
- Alcanzar una recuperación promedio de 5 a 1 sobre los montos invertidos en proyectos de investigación y desarrollo tecnológico, calculada con base en los ahorros o beneficios generados durante los tres años siguientes a su implantación.
- Lograr que los ahorros o beneficios para las empresas del sector, generados cada año por los proyectos financiados en los tres años anteriores, sean al menos iguales, y de preferencia mayores, a las aportaciones anuales a I+D que hagan las empresas del sector.
- Fortalecer la capacidad de investigación de los institutos del sector y lograr que en 2006 el 20% de sus investigadores se hayan incorporado al Sistema Nacional de Investigadores.
- Destinar suficientes recursos sectoriales, junto con fondos concurrentes del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, a apoyar aquellos proyectos de investigación de los institutos del sector y del sistema nacional de investigación, que permitan avanzar las fronteras del conocimiento y formar recursos humanos de alta especialidad en áreas de interés para el sector energético.
- Destinar 4.5% del gasto programable de los institutos de investigación del Sector Energía en el año 2006 a la capacitación, considerándola como una inversión en el desarrollo de los recursos humanos, e
- Integrar, con la participación de las empresas y los institutos del sector, el Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Energía 2002-2006.

Un componente clave de los programas de desarrollo de proveedores de las empresas del Sector Energía, debe ser el esquema de apoyo para mejorar la capacidad tecnológica de las empresas nacionales de bienes y servicios, lo que permitirá a CFE, LFC y PEMEX, impulsar el desarrollo económico nacional integral y estratégico.

## VISIÓN 2025

Para dentro de 23 años, se considera altamente probable que los sectores consumidores finales de la energía continúen requiriendo de ésta para cuatro fines específicos: creación de movimiento, iluminación, potencia para equipamiento y generación de calor y frío.

Existen opiniones encontradas sobre sí la estructura tecnológica del sector energético, en el lapso mencionado, será significativamente diferente en comparación con la actual. La innovación tecnológica de tipo incremental continuará dándose con el fin de mejorar la productividad de los procesos relacionados con la exploración, la explotación, la transformación, el transporte, y la distribución de la energía, mejorando los índices de su impacto ambiental y por lo tanto su índice de sustentabilidad. Pero existen nuevos procesos en desarrollo que, dependiendo de la velocidad de su penetración en el sistema, la cual a su vez depende de factores como el crecimiento económico o el cambio climático, pueden introducir cambios substanciales en el sistema energético.

Una tendencia importante que al parecer continuará en este lapso es el continuo incremento porcentual del total de la energía final consumida que representa la electricidad, como energético secundario. Al mismo tiempo, se observará una mayor atención a las medidas de ahorro de energía y a la administración de la demanda energética, tanto en el transporte y en la industria como en las construcciones. Crecerá el empleo de medidas de ahorro de aire acondicionado mediante técnicas activas y pasivas, y también el grado de automatización en la operación de elementos arquitectónicos tales como persianas externas y parteluces, y procesos avanzados para aprovechar la iluminación natural sin introducir carga térmica excesiva.

A continuación, se presentarán breves observaciones sobre algunas de las tecnologías en desarrollo que pudieran penetrar comercialmente el sistema energético en los futuros 23 años y que podrían tener un impacto significativo.

En cuanto al uso final de energía, la tecnología de bombas de calor para generación de calor y frío está ya bien encaminada en su penetración del mercado, reduciendo en forma importante el consumo energético de los equipamientos convencionales. Los sistemas de generación distribuida de energía eléctrica al nivel de conjuntos habitacionales/edificios o pequeñas y medianas industrias están penetrando los sistemas eléctricos, en especial en aquellos en donde se han reformado los sistemas normativos para permitir-la. De ser altamente exitoso, este esquema puede tener implicaciones importantes en los sistemas eléctricos actuales, en especial al desarrollarse equipo (microturbinas de gas y celdas de combustible) comercialmente competitivo.

La tendencia a la electrificación de zonas rurales en base a generación distribuida utilizando energías renovables (eólica, solar, geotérmica, biomasa, y minihidráulica) probablemente continúe incrementándose ya que existe la tendencia a reducir costos e incrementar su confiabilidad y grado de automatización.

La industria automotriz, cuyo producto es el principal consumidor de petrolíferos, está impulsando recientemente nuevas tecnologías (sistemas híbridos y celdas de combustible) para mejorar substancialmente el rendimiento de los vehículos y hacer este sistema de transporte más sustentable.

En cuanto a los energéticos secundarios, se observa una gran gama de desarrollos tecnológicos que podrían contribuir, de volverse realidades comerciales, a la sustentabilidad de los sistemas energéticos.

Aunque el fenómeno de cambio climático por la emisión de gases invernadero hace que a la gran mayoría de los combustibles fósiles se les considere culpables, nuevos sistemas de aprovechamiento de los mismos en los que el secuestro del bióxido de carbono se hace más factible económicamente, están ya en etapa de demostración (proceso de gasificación y sistemas en base a calderas supercríticas de alta eficiencia; éstas requieren a su vez de nuevas tecnologías de materiales, de separación de fluidos, etc.); esto es importante considerando que las mayores reservas probadas de un energético primario corresponden al carbón. El gas sintético generado, una vez removido el CO<sub>2</sub>, es básicamente hidrógeno. El desarrollo de procesos comerciales para la disposición económica del CO<sub>2</sub> se ha iniciado, incluyendo pruebas de impacto ambiental.

Al nivel de desarrollo, se encuentran nuevas tecnologías para sistemas nucleoelectrónicos que reducirían aún más la probabilidad de accidente e incrementarían la productividad del sistema en comparación con los actuales. En este tema, las tecnologías para el procesamiento de residuos nucleares deberá tener un importante impulso. Es claro que estos sistemas son una potente herramienta para reducir la intensidad carbonífera en la economía.

Se continúa trabajando intensamente en la búsqueda de materiales superconductores para fabricación de equipo de interés en el sector eléctrico. Debido a la gran oposición social a nuevas líneas de transmisión, el reemplazo por cables superconductores en las líneas actuales sería de gran ayuda. Asimismo, el impacto de los superconductores en el diseño y fabricación de equipamiento (por ejemplo, generadores eléctricos) sería muy importante y beneficioso. Lo anterior tendría fuertes repercusiones en la planeación de los sistemas eléctricos.

En cuanto a los energéticos primarios, múltiples trabajos de desarrollo se realizan a nivel mundial que pueden tener repercusión en el sistema eléctrico de México. Debido a la factibilidad tecnológica probada en otros países de la perforación de pozos de petróleo y gas natural en aguas profundas, de reducirse el potencial de producción de estos hidrocarburos en tierra o en aguas poco profundas, se iniciará la aplicación de

estas nuevas tecnologías para producir estos energéticos primarios. El descubrimiento de la existencia de importantes yacimientos de hidruros de metano en aguas profundas oceánicas más allá de la plataforma continental, podría incrementar en forma substancial las reservas de este energético primario, de encontrarse la forma económica de explotarlos.

De progresar el uso del hidrógeno como energético secundario, la producción del mismo vía la electrólisis del agua con electricidad generada por energías solar y eólica podría volverse económicamente factible; el hidrógeno se transforma no sólo en un energético secundario sino es una forma de almacenamiento para amortiguar el problema de la intermitencia del recurso energético primario. De desarrollarse comercialmente materiales superconductores, estos mismos generadores eléctricos con base en las energías antes mencionadas, también podrían estar acoplados a bobinas superconductoras como sistemas de almacenamiento de electricidad para resolver ese problema de la intermitencia.

La generación de calor o electricidad con base en sistemas geotérmicos de roca caliente (sin el fluido natural para sacar el calor magmático) podrían volverse técnica y económicamente factibles debido a la aparente gran cantidad de anomalías térmicas presentes en la superficie de la corteza terrestre en nuestro país.

Para mitigar la emisiones netas de gases invernadero, las plantaciones energéticas de árboles de rápido crecimiento que proveen combustible a sistemas termoeléctricos probablemente se vuelvan atractivas, ya que además de generar electricidad se rescatarían millones de hectáreas de bosque degradados con los subsecuentes beneficios sobre los sistemas hidrológicos del país; esto sería otra medida para incrementar la sustentabilidad del sistema energético nacional.

### **Prospectiva tecnológica a 2006**

A 2006, la innovación tecnológica que podría estar en aplicación masiva, con una probabilidad razonable de ocurrencia, en todas las áreas del quehacer relacionado con el Sector Energía, corresponde a mejoras incrementales en los procesos actuales. Es altamente improbable que en los próximos cuatro años se desarrolle a tal grado alguno de los nuevos procesos, que en forma masiva cambie radicalmente la manera como obtenemos la energía primaria de la naturaleza, cómo la explotamos y cómo la transformamos a energías secundarias, y a su vez cómo estas las transportamos y las distribuimos a los consumidores finales. Es en este contexto que se presenta una breve descripción de lo que podría observarse en los próximos años en los procesos energéticos desde la exploración hasta el uso final.

En cuanto a combustibles fósiles, y en México específicamente a los hidrocarburos, se incrementará la eficiencia de las técnicas de exploración y explotación de los energéticos primarios, principalmente a través de una mejora substancial en la aplicación de metodologías informáticas a las técnicas actuales, por ejemplo, perforación inteligente. Esto deberá mantener la tendencia ya iniciada en las décadas pasadas, de incrementar la eficiencia de extracción en los yacimientos, lo que implica un incre-

mento automático en los montos de las reservas probadas. Para el caso específico del gas natural, debido al gran incremento en su tasa anual de demanda, es probable la instalación de gasificadoras del gas natural líquido que se importará.

En lo que toca a refinación, se continuará con la transformación del proceso de implantación de coquizadoras en las refinerías actuales y en los nuevos trenes de refinación, con el fin de incrementar el rendimiento de este proceso fundamental para producir los combustibles de mayor interés económico (gasolinas y diesel). En paralelo, continuará la tendencia a reconfigurar los actuales procesos de refinación con el fin de procesar un mayor porcentaje de crudo pesado (Maya), lo cual probablemente generará un interés en el rediseño de la línea de asfaltos básicos con el fin de mejorar el valor agregado de éstos en los procesos posteriores. Se continuará el esfuerzo para reducir las concentraciones de elementos contaminantes como el azufre en estos productos para avanzar en el cuidado del ambiente.

En cuanto al gas natural, se continuará la búsqueda de mejoras en los procesos para incrementar la productividad y reducir el impacto ambiental en su uso. La infraestructura para su transporte y distribución seguirá desarrollándose de manera que la participación de este energético en el balance nacional se incremente. La alta tasa de crecimiento de la demanda eléctrica esperada (>5% anual) continuará presionando para que los sistemas de ciclo combinado con turbinas con base en gas natural sigan instalándose en el país con las nuevas tecnologías de turbinas de alta eficiencia. Se espera una mayor diversificación de tecnologías energéticas para la generación eléctrica que en los últimos años, de manera que posterior al 2006, el gas natural tendrá una menor tasa de crecimiento en este sistema.

El uso de combustibles líquidos emulsificados con base en petróleo crudo o petrolíferos pesados, probablemente inicie su penetración en este subsector de generación eléctrica por razones estratégicas.

Para 2006, la geotermia continuará incrementando marginalmente su participación en la generación eléctrica con ciertas mejoras en los diferentes aspectos de sus sistemas para incrementar su productividad. En cuanto a otras energías renovables, se esperaría un arranque concreto en la generación eoloeléctrica, aunque para ese año su participación porcentual probablemente sea pequeña.

En cuanto a las redes de transmisión y distribución, probablemente se verán fortalecidas con nuevas tecnologías con base en electrónica de potencia (por ejemplo, compensadores de VARs); estas tecnologías permitirán hacer un uso más eficiente de los activos además de mejorar su operación y control. También se incrementará el uso de subestaciones compactas.

En los próximos cuatro años, continuará en forma más intensiva la automatización de los procesos mediante una nueva generación de sistemas integrados de control, protección, medición, diagnóstico y monitoreo remoto centralizado; esta tecnología

permitirá optimizar los costos de operación y mantenimiento. Para esto será necesario el uso de metodologías más eficientes para la gestión de mantenimiento como «mantenimiento centrado en la confiabilidad».

Para 2006, existe cierta probabilidad de que los sistemas de generación distribuida en medios urbanos inicien una penetración observable, sobre todo acopladas a sistemas de cogeneración, lo cual tiene ventajas técnicas para la estabilidad de la red, además de tener una orientación de sustentabilidad para el sistema energético.

En cuanto a las tecnologías relacionadas con el uso final de la energía y su conservación, se espera un continuo esfuerzo por parte de los fabricantes de equipo relacionado con el uso final de la energía, para mejorar su eficiencia e incrementar su rendimiento, como es el caso de motores y luminarias de alta eficiencia, aislamientos térmicos, uso de bombas de calor, etc. En el caso del transporte, se iniciará el uso de vehículos de combustión interna de alto rendimiento (por ejemplo, 25 Km/litro o más) y posiblemente el uso de combustibles emulsificados en vehículos con motores diesel, con lo que se logran mejores eficiencias y menores emisiones contaminantes. Asimismo, es de esperarse que la industria y principalmente PEMEX, instalen sistemas de cogeneración en sus instalaciones para mejorar la intensidad energética del sistema energético nacional e incrementar su carácter de sustentable.

En cuanto a sistemas ambientales, se tendrían que atender dos áreas. La primera es aquella relacionada con el entorno local y regional y, en estos aspectos, se verán esfuerzos para continuar en la ruta de reducir la contaminación generada con vehículos en zonas urbanas: reducción del contenido de azufre en gasolinas y diesel e introducción de nuevas tecnologías para reducir el nivel de emisiones de CO, NOx y COV, así como mejoras para reducir la contaminación generada en centrales termoeléctricas: quemadores de bajo NOx y sistemas de remoción de azufre de los gases de chimenea. La segunda se relaciona con el entorno global debido a la emisión de gases invernadero y en la cual es probable que se realicen proyectos energéticos en nuestro país con base en el mecanismo de implementación conjunta para reducir la intensidad de carbón en la economía mundial.

En cuanto a los aspectos relacionados con las tecnologías suaves (aspectos sociales, económicos y políticos), la problemática del financiamiento de nuevas instalaciones en el esquema estructural actual del sistema energético requerirá de una gran creatividad; se prevé una continuación en el esfuerzo para reestructurar el sistema energético con el fin de asegurar las inversiones necesarias acordes con el crecimiento económico. En cuanto a aspectos sociales, es probable que continúe la tendencia al rechazo de instalaciones energéticas cerca de áreas pobladas, lo que hace urgente el desarrollo de estudios relacionados con la dinámica de la percepción de riesgos por parte de la población, con el fin de encontrar formas de reducir estos obstáculos. Es probable que en este periodo se desarrollen indicadores que representen el grado de sustentabilidad de los sistemas energéticos, con el fin de planearlos con esta orientación.

## OBJETIVOS ESTRATÉGICOS GENERALES

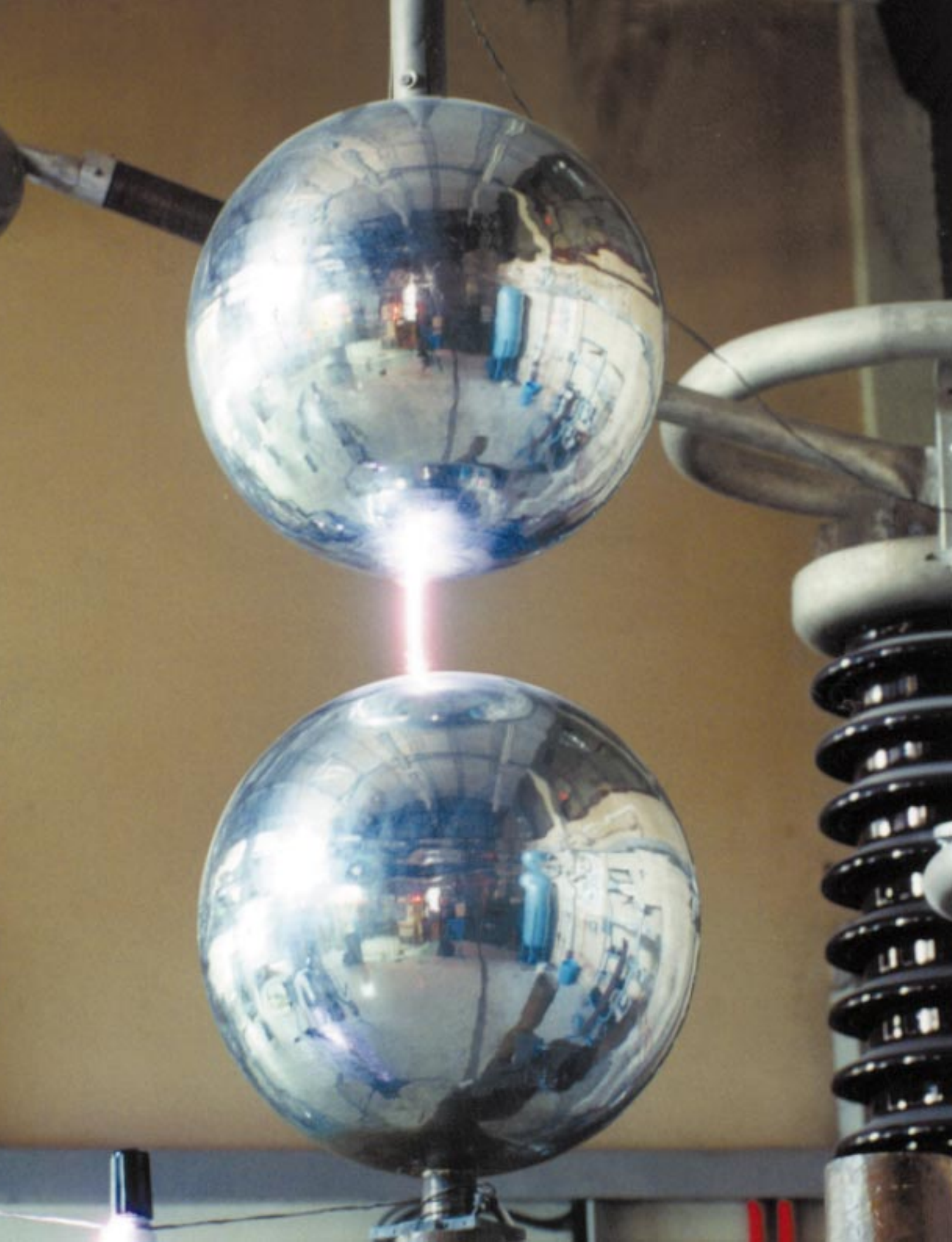
Los objetivos estratégicos generales del Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Energía han sido enunciados por las autoridades correspondientes y están contenidos en el Programa Sectorial de Energía 2001-2006. En forma general se enuncian como sigue:

- Incorporar valor a las empresas del sector a través del desarrollo o la asimilación de conocimientos tecnológicos, particularmente en aquellas áreas que sean identificadas como estratégicas por las mismas empresas.
- Promover el desarrollo tecnológico de las empresas proveedoras de bienes y servicios para las empresas del sector, así como de los usuarios de la energía producida.
- Fomentar los esfuerzos de investigación y desarrollo tecnológico para propiciar un desarrollo sustentable del país.
- Ampliar y fortalecer la infraestructura estratégica del país para la generación y aplicación del conocimiento y la formación de recursos humanos especializados en las áreas de interés para el Sector Energía.
- Desarrollar y adoptar metodologías de trabajo que permitan hacer eficiente la creación de conocimiento especializado y su rápida y oportuna incorporación en los procesos productivos del país.

### **Elementos estratégicos del Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Energía**

Se han identificado 8 elementos estratégicos que permiten dar respuesta a cómo llevar a cabo este despegue competitivo del sector a través de la tecnología más apropiada en cada caso.

1. Programas integrales de desarrollo tecnológico en cada una de las empresas del sector.
2. Programa de desarrollo tecnológico de los proveedores nacionales de bienes y servicios del sector.
3. Programa tecnológico para un desarrollo sustentable del país (fuentes de energía alternas y renovables).
4. Planes de negocios de los institutos del sector.
5. Programas para el fortalecimiento de la infraestructura tecnológica nacional en áreas estratégicas.
6. Desarrollo de métodos de trabajo para planeación y evaluación estratégicas de la tecnología.
7. Establecimiento del Fondo Sectorial para Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energía para fomentar los mejores programas de investigación estratégica, y
8. Establecimiento de un comité sectorial en energía para su desarrollo tecnológico.



# Tercera parte: ¿Cómo lo vamos a lograr?

## PROGRAMAS INTEGRALES DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LAS EMPRESAS DEL SECTOR

### Introducción

La investigación que se considera pertinente está definida con la orientación de utilizar la tecnología para agregar valor al sector, específicamente a sus entidades productivas, considerando como impulsores los elementos siguientes:

- Impacto en las utilidades de las empresas
- Impacto en el uso de capital
- Impacto en la operación y mantenimiento
- Impacto en el desempeño
- Impacto en la reducción de riesgos y la seguridad industrial
- Impacto al medio ambiente y sustentabilidad
- Impacto en la dependencia de fuentes de energía no renovables
- Impacto derivado de nuevas alternativas de negocios
- Impacto en costos de administración e indirectos
- Impacto en el nivel de capacitación y entrenamiento de recursos humanos
- Impacto en el desarrollo tecnológico de la pequeña y mediana industria del Sector Energía.

Al identificar las áreas prioritarias, o más plausibles y pertinentes de investigación, se ha tomado en cuenta la necesidad de capacitar recursos humanos altamente especializados, además de desarrollar el conocimiento que permita identificar oportunidades y explotar de manera óptima las tecnologías emergentes, y otras tecnologías que permitan implantar el concepto de desarrollo sustentable de la energía. Al final de este documento se incluye una amplia y detallada lista de programas y proyectos de investigación que satisfacen estas calificaciones.

Cada empresa debe tener una estrategia tecnológica propia, con sus mecanismos internos apropiados para validar la pertinencia y oportunidad de las acciones que se emprenden, el progreso de los proyectos, y la velocidad de incorporación de los resultados a los procesos productivos. Los principales propósitos de esta nueva actividad son:

- a. Identificar brechas tecnológicas y áreas de oportunidad.
- b. Definir las áreas estratégicas en las que las empresas desean asumir un liderazgo tecnológico y distinguirlas de las que escogen para ser seguidores eficientes.
- c. Integrar una cartera de proyectos de investigación y desarrollo que cubra adecuadamente cada una de las áreas identificadas.
- d. Incorporar los avances tecnológicos logrados en sus procesos productivos y evaluar sus resultados.

- e. Fortalecer las capacidades tecnológicas del país y la formación de recursos humanos especializados, y
- f. Contribuir a fortalecer una infraestructura nacional en aquellas áreas identificadas como estratégicas.

Las tareas a que se refiere el inciso a. han sido ya parcialmente desarrolladas por las propias empresas e institutos, y existe un principio de acuerdo sobre las áreas y temas en que se hará el mayor esfuerzo tecnológico, que recoge este documento.

#### **PROGRAMA DE DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LOS PROVEEDORES NACIONALES DE BIENES Y SERVICIOS DEL SECTOR**

Este elemento estratégico ha sido importante en la historia de las empresas del Sector Energía, y ha sido instrumental para dar viabilidad y fortaleza a las actividades productivas, a la vez que ha permitido construir una gran cantidad de empresas mexicanas de base tecnológica que a su vez son espléndida fuente de empleo, importantes sitios para la creatividad y generación de ideas novedosas y útiles, oportunidades de alta calidad para la inversión de capital privado, fuente de expansión y capitalización de los resultados de la investigación, y soporte fundamental para el progreso de las empresas del Estado. En los últimos años, esta estrategia se había abandonado al incorporar esquemas de licitación que tienden a favorecer la compra en el extranjero, con la consecuente pérdida de riqueza nacional, oportunidades y opciones de desarrollo. Ahora se debe rescatar y potenciar de nuevo.

Tres elementos cruciales para este principio estratégico serían:

- a. Identificar áreas donde se requiere fortalecer las capacidades tecnológicas de proveedores nacionales de bienes y servicios consideradas como críticas por las empresas del sector, o como áreas de oportunidad para el país.
- b. Integrar un programa estratégico para cada área, así como una cartera de proyectos que involucre a las empresas del sector, a los centros nacionales de investigación y desarrollo y a las empresas nacionales de bienes y servicios, e
- c. Implantar una red formal de vínculos con los centros nacionales de I+D, basados en la identificación de sus habilidades clave o medulares.

#### **PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO PARA UN DESARROLLO SUSTENTABLE DEL PAÍS**

La mejor solución para lograr un desarrollo sustentable es hacer uso de diferentes fuentes generadoras de energía, incluyendo entre ellas a la del viento y sus manifestaciones indirectas como oleajes y mareas, la misma energía solar, la geotermia, el vasto recurso hidráulico aún disponible y la energía nuclear. En este documento se adopta el significado más amplio de la sustentabilidad, que incluye el aprovechamiento óptimo de los recursos estratégicos, especialmente de los más valiosos y escasos. Por ello se buscan: la participación de expertos mexicanos, la oportunidad de

hacer crecer a las empresas mexicanas, maximizar la inversión privada en el territorio nacional, asegurar que los proyectos de inversión sean al menos tan productivos como los de nuestros competidores, maximizar el rendimiento de los recursos nacionales y, desde luego, asegurar el desarrollo sustentable.

En general, se trata del uso racional y eficiente de toda clase de recursos, incluyendo el capital, con una visión integral de sustentabilidad. Podemos distinguir tres elementos que nos interesa promover:

- a. La creación y adopción de tecnologías que permitan el desarrollo y aprovechamiento de fuentes de energía alternas y renovables.
- b. El ahorro y uso eficiente de la energía, y
- c. La reducción al mínimo del impacto negativo que pudieran tener sobre la salud y el ambiente, la generación, distribución y uso de los energéticos, con apoyo en indicadores y metas de ecoeficiencia.

### **REVISIÓN DE LOS PLANES DE NEGOCIOS DE LOS INSTITUTOS DEL SECTOR**

Este elemento estratégico es central en la nueva planeación integral de las tareas de los institutos de investigación, y tiene como pensamiento rector promover el empleo óptimo de los recursos de los institutos en concordancia con las oportunidades que se presentan en el aparato productivo. Tiene también la intención de aprovechar de manera integral las oportunidades tecnológicas para fomentar la creación de empleos en empresas mexicanas de base tecnológica. Se puede asociar a las siguientes acciones:

- a. Revisar y adecuar los planes de negocios de los institutos del sector, para responder de manera más oportuna y eficaz a las necesidades y oportunidades tecnológicas que se hayan identificado.
- b. Fortalecer las capacidades tecnológicas en las áreas estratégicas.
- c. Promover, cuando sea conveniente, la constitución de alianzas estratégicas entre los institutos del sector, y centros de investigación o empresas proveedoras de bienes y servicios especializados.
- d. Crear redes que permitan fortalecer el desarrollo de una infraestructura nacional en las áreas que se hayan identificado como estratégicas, y
- e. Establecer los programas pertinentes para robustecer las capacidades tecnológicas requeridas en la operación de las empresas del sector.

### **PROGRAMAS PARA EL FORTALECIMIENTO DE LA INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA ESTRATÉGICA NACIONAL**

Se entiende a la infraestructura tecnológica como un conjunto de recursos estratégicos fuertemente basados en el desarrollo de conocimiento y nuevas oportunidades de carácter intelectual, como los desarrollos tecnológicos fundamentales y la creación científica que ayuda a disparar los procesos productivos competitivos. Tiene por lo tanto un fuerte componente de carácter intelectual, y se apoya principalmente en las acciones siguientes:

- a. Fomentar los proyectos colaborativos con universidades y centros de investigación del país.
- b. Apoyar la creación de redes de especialistas.
- c. Desarrollar capacidades específicas que son necesarias para la creación del conocimiento y la formación de recursos humanos altamente especializados en temas estratégicos, incluyendo los requeridos por las empresas para su operación.
- d. Apoyar la creación de nuevos centros de investigación, reales y virtuales, e
- e. Incrementar la importancia e intensidad de la suscripción y puesta en marcha de convenios de cooperación internacional.

## **DESARROLLO Y ADOPCIÓN DE METODOLOGÍAS APROPIADAS DE TRABAJO**

Se parte de la base de que en el pasado reciente, las metodologías de trabajo en los institutos de investigación y en las entidades sectoriales se caracterizaban por una gran rigidez y falta de capacidad de reacción ante nuevas oportunidades. Esta característica proviene de la mecánica propia de la planeación y presupuestación internas. Para aprovechar cabalmente las oportunidades de desarrollo, será necesario asegurarse de que las nuevas metodologías de trabajo permitirán:

- a. Elaborar pronósticos de desarrollo tecnológico.
- b. Identificar oportunamente avances tecnológicos y mejores prácticas operativas de naturaleza o base tecnológica, que permitan incrementar la utilidad de la actividad productiva en las entidades sectoriales o incorporarse en la estructura tecnológica nacional.
- c. Detectar con oportunidad las brechas tecnológicas y las áreas de oportunidad tecnológica para las empresas del sector, así como para los proveedores nacionales de bienes y servicios.
- d. Elaborar los mapas de rutas tecnológicas para identificar los problemas a resolver para el logro de los objetivos planteados.
- e. Evaluar los proyectos de investigación para identificar oportunamente aquellos que sean más afines a las necesidades y respondan mejor a las oportunidades que se plantean, y
- f. Evaluar en el inicio la contribución esperada de los proyectos de investigación al valor agregado de las empresas del sector y a la economía nacional en conjunto.

## **FONDO SECTORIAL PARA INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN ENERGÍA**

Esta es una poderosa herramienta para orientar las inversiones en investigación y desarrollo. Permite fondear parcial o totalmente proyectos que satisfagan las estrictas especificaciones que aparecen en la convocatoria correspondiente, con apego a las bases que ahí se incluyen. La convocatoria incluye una sección de «Demandas Específicas», que son temas que el Fondo privilegia. Asimismo, y dado que existen otros fondos sectoriales, es posible que un proyecto se beneficie de varios de ellos, particularmente cuando atiende a cabalidad las expectativas de más de un sector. El Fondo tiene por propósitos:

- a. Incorporar valor a las empresas del sector.
- b. Desarrollar las capacidades tecnológicas de los proveedores nacionales de bienes y servicios especializados del sector.
- c. Promover el desarrollo sustentable del país en materia energética.
- d. Fortalecer las capacidades científicas y tecnológicas de los institutos del sector, y
- e. Fortalecer la infraestructura tecnológica del país en las áreas estratégicas del sector, incluyendo los recursos humanos.

El 80% de los recursos que aporten las empresas del Sector Energía al Fondo se destinarán a proyectos que satisfagan el inciso a. anterior. El 20% restante, junto con los recursos adicionales que aporte el CONACYT, se destinará a los otros rubros.

## COMITÉ DE DESARROLLO Y TECNOLOGÍA

En el Programa Sectorial de Energía 2001-2006, la línea de acción 1.2 de la estrategia 1 es precisamente el establecimiento de un comité sectorial de investigación y desarrollo tecnológico.

Tomando en consideración lo anterior, el Secretario de Energía emitió el 29 de noviembre de 2001 un acuerdo, mediante el cual se constituyó el Comité de Desarrollo y Tecnología de la Secretaría de Energía como un órgano interno con objeto de coordinar la integración y, en su caso, actualización de una política de investigación y desarrollo tecnológico del Sector Energía.

El Comité de Desarrollo y Tecnología se integra de la siguiente forma:

- I. Presidente, el Subsecretario de Política Energética y Desarrollo Tecnológico;
- II. Secretario Técnico, el Director General de Investigación y Desarrollo de Tecnología y Medio Ambiente;
- III. Vocales, los siguientes servidores públicos:
  - a) El Director General de Operaciones Productivas del Subsector Electricidad;
  - b) El Director General de Seguridad y Protección al Ambiente del Subsector Hidrocarburos, y
  - c) El Director General de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía.
- IV. También son Vocales, los titulares de las entidades paraestatales siguientes:
  - a) Instituto Mexicano del Petróleo;
  - b) Instituto de Investigaciones Eléctricas, e
  - c) Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares.
- V. Asimismo son Vocales, un representante de cada una de las entidades paraestatales siguientes:
  - a) Petróleos Mexicanos;
  - b) Comisión Federal de Electricidad, y
  - c) Luz y Fuerza del Centro.
- VI. Además dos Vocales, designados por el C. Secretario de Energía, con experiencia en investigación y desarrollo tecnológico en el sector energético.

- VII. Participan también en el Comité de Desarrollo y Tecnología; un representante del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, uno de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, la Oficial Mayor y el Director General de Asuntos Jurídicos de la Secretaría de Energía.
- VIII. Pueden participar invitados especiales, previo acuerdo del Presidente del Comité.

Las siguientes son las funciones del Comité de Desarrollo y Tecnología:

- I. Coordinar la integración de una política sectorial de investigación y desarrollo tecnológico y su actualización;
- II. Coordinar la elaboración de una prospectiva tecnológica de largo plazo que permita identificar necesidades y oportunidades;
- III. Coordinar los esfuerzos de investigación y desarrollo tecnológico para promover el uso de fuentes alternas, el desarrollo de las renovables y el ahorro de energía, así como para mitigar los efectos sobre el medio ambiente;
- IV. Coordinar la elaboración de una metodología a seguir para evaluar los programas y proyectos de investigación y desarrollo tecnológico y para determinar su impacto en las operaciones de las entidades paraestatales coordinadas del sector, y
- V. Coordinar la integración y operación de fideicomisos constituidos entre las entidades coordinadas del sector y el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, en materia de investigación y desarrollo tecnológico.

El Comité de Desarrollo y Tecnología ya fue instalado, y en su primera sesión acordó la constitución de seis subcomités sobre: prospectiva tecnológica, impacto de la investigación y desarrollo tecnológico, fideicomisos para I+D y marco normativo, combustibles industriales, uso final y ahorro de energía, y fuentes renovables.





# Cuarta parte

## ACCIONES ESPECÍFICAS

Para dar forma concreta a las acciones necesarias que darán soporte a los planes anteriores, esto es, para aterrizar en la ruta tecnológica deseada, es necesario definir, dentro de las grandes áreas de investigación y desarrollo sectorial, los temas particulares en que se ocuparán nuestros esfuerzos y nuestras capacidades de investigación y desarrollo. Las principales diez áreas de investigación, de acuerdo con las consultas realizadas con expertos de las entidades, las empresas, la CONAE, la SENER y el INE, se pueden enunciar como siguen, los que en todos los casos implican atención apropiada a las oportunidades de desarrollo sustentable integral y estratégico, conforme se definió arriba, y contienen vertientes de formación de recursos humanos, desarrollo tecnológico, investigación científica y divulgación, desarrollo informático, incorporación de prácticas de calidad e integridad totales, construcción de bases de datos sobre las capacidades y recursos nacionales, y avance en la informática:

1. Desarrollo sustentable de los campos mexicanos productores de hidrocarburos.
2. Mejoramiento del transporte de los recursos energéticos.
3. Procesos de refinación avanzados.
4. Optimización de combustibles.
5. Incremento de la eficiencia de los sistemas de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica.
6. Sistemas integrales de aprovechamiento energético en aplicaciones finales
7. Fuentes alternas y fuentes renovables de energía.
8. Desarrollo de cadenas productivas de proveedores del Sector Energía con tecnología nacional.
9. Aplicaciones de sistemas nucleares y materiales radiactivos en la industria, el campo, la salud y el transporte, y
10. Sistemas de información y administración de los recursos nacionales relevantes en el Sector Energía.

Los temas anteriores incluyen amplias necesidades en el desarrollo de técnicas de predicción en el comportamiento de los recursos y el mercado, incorporación de tecnologías avanzadas (microscopía y resonancia para controles en línea, por ejemplo), modernización de los laboratorios en general, identificación y reducción en el rezago y en las brechas tecnológicas, actualización de los procesos administrativos con oportunidad, vinculación horizontal y vertical, establecimiento de redes y alianzas estratégicas con universidades y empresas nacionales y extranjeras, y racionalización y optimización de las capacidades desarrolladas y en proceso de desarrollo. En suma, es necesario emprender un ambicioso proceso de planeación estratégica e integral, para identificar cómo se pueden establecer los vínculos más afortunados entre las necesidades más prometedoras y las capacidades disponibles.

## Metodologías específicas

La conjunción de los atributos deseables en cada tema y proyecto de investigación deberá hacerse explícita en los mecanismos de solicitud de propuestas a través de la Convocatoria del Fondo Sectorial para Investigación y Desarrollo Tecnológico en Energía. Un ejemplo claro de sinergia se presenta cuando el instituto propone, dentro de las líneas que la entidad productiva específica, un proyecto de investigación que satisface con creces las expectativas señaladas en la Convocatoria, y además se asocia con una universidad para propiciar el surgimiento de talentos paralelos. La sinergia es más elevada si, además, la propuesta es pertinente a otra línea de la Convocatoria, del propio Fondo o de otro u otros. Claramente, se entiende más atractiva aún si participa en su desarrollo una empresa mexicana, la que tendrá la función de llevar al término comercial la tecnología que se produzca, sea de un bien o un servicio novedoso.

De hecho, la utilización creciente de los métodos de evaluación del valor económico agregado de los resultados esperados de las investigaciones, jugará un papel central en la asignación de fondos concurrentes. Es claro que existen proyectos potenciales, de los que se enlistan en la segunda parte del PIDTSE, cuya rentabilidad es muy elevada, y para los que el tiempo de recuperación de la inversión es muy bajo. En algunos casos, es de prever que la inversión en investigación sea suficientemente atractiva como para atraer la inversión privada. Esta puede provenir de empresas, institutos o entidades nacionales o extranjeras, que ven en el proyecto una oportunidad atractiva a sus intereses.

En estos casos, generalmente no se ha hecho la inversión por que no se ha identificado la oportunidad, o porque se prevé algún impedimento de carácter normativo. Sin embargo, no se puede soslayar el enorme atractivo que tiene para el sector el que se formulen esos proyectos sin que se requiera, ni siquiera en el inicio, la aportación de fondos gubernamentales.

Se sabe que hay una cierta cantidad de oportunidades sectoriales que está esperando a que un mexicano con iniciativa las transforme, no sólo en un tema de investigación atractivo, sino también en un negocio floreciente. Si éste se apoya en la actividad continua de crecimiento del conocimiento que le es pertinente, es de prever que esta oportunidad resultará en una facturación creciente, una penetración gradual en los mercados extranjeros, un crecimiento de las actividades productiva e intelectual, y desde luego, una aportación creciente por la vía fiscal a las arcas gubernamentales. Algunas de éstas podrán iniciarse sin aportación económica gubernamental; en otros casos, esta aportación será ampliamente justificada en el plan de negocios.

Sobra decir que los proyectos ganadores, los que recibirán atención prioritaria, serán de ese corte. Por lo mismo, se espera que en corto plazo las empresas mexicanas aporten sus ideas a este respecto, y se asocien libremente con los investigadores y los técnicos de las entidades para hacer más rápida y exitosa esta experiencia. Las sinergias que se esperan serían incalculables. Por su parte, la SENER está atenta a estas iniciativas para participar y apoyar como mejor convenga. Se sabe que se pueden emplear los recursos del Fondo Sectorial para Investigación y Desarrollo Tecnológico en Ener-

gía para apoyarlas en forma decisiva, y es fácil imaginar mecanismos de financiamiento concurrente entre los recursos privados y los públicos. La única condición es la integración apropiada y bien documentada de las sinergias que se procuran, la consolidación formal de los compromisos de los participantes, y desde luego, el aseguramiento de la calidad, la integralidad y la transparencia de las transacciones.

## DEMANDAS ESPECÍFICAS DEL SECTOR ENERGÍA

En la sección que sigue se enuncian, de manera muy general, aquellas áreas, temas y proyectos de investigación científica y tecnológica que son necesarios para aumentar la capacidad competitiva del sector energético nacional. Se ha conservado una forma esquemática y breve de cada enunciado para dar cabida a un espectro amplio de propuestas de investigación, de entre las cuales se seleccionarán las de mayor calidad. No obstante, el criterio de pertinencia es de fundamental importancia para motivar la procuración de apoyos financieros y la participación activa de los expertos de las entidades respectivas.

### **Área 1. Desarrollo sustentable de los campos mexicanos productores de hidrocarburos**

#### Subárea 1.1 Exploración

*Temas:*

- 1.1.1 Integración de información petrofísica, geofísica, de núcleos, economía y administración de riesgos
- 1.1.2 Aplicación de sísmica 3D en la delineación de prospectos
- 1.1.3 Modelos de predicción de yacimientos en ambientes del Terciario
- 1.1.4 Sedimentología vinculada a la sísmica
- 1.1.5 Estratigrafía de secuencias
- 1.1.6 Modelado de fracturas.

#### Subárea 1.2 Administración de yacimientos

*Temas:*

- 1.2.1 Aplicación de sísmica 3D en caracterización
- 1.2.2 Integración estática y dinámica de datos para atacar los problemas de campo:
  - Control de arena
  - Corte de agua
- 1.2.3 Explotación y desarrollo de campos en forma integrada y basada en la vida de los campos
- 1.2.4 Predicción del comportamiento de yacimientos a largo plazo y optimización integrada de la producción
- 1.2.5 Modelado de fracturas (entendimiento de la distribución y densidad de fracturas)
- 1.2.6 Administración integrada de datos, especialmente una estrategia para la integración de la producción y datos de geología y geoquímica y aplicaciones de software integrados.

### Subárea 1.3 Perforación

*Temas:*

- 1.3.1 Pozos horizontales
- 1.3.2 Perforación con tubería flexible
- 1.3.3 Perforación en aguas profundas
- 1.3.4 Pozos complejos (laterales dobles, multilaterales)
- 1.3.5 Modelado del pozo/geomecánica
- 1.3.6 Sistemas de registro mientras se perfora (LWD).

### Subárea 1.4 Sistemas de producción

*Temas:*

- 1.4.1 Optimización de los procesos de separación de gas y estabilización de crudo
- 1.4.2 Sistemas de monitoreo, automatización, plantas de control
- 1.4.3 Prevención de corrosión en las líneas de flujo
- 1.4.4 Monitoreo remoto y control de instalaciones (SCADA)
- 1.4.5 Sistemas de administración y estrategias de mantenimiento
- 1.4.6 Sistemas de medición en las cabezas de los pozos y en las instalaciones.

### Subárea 1.5 Productividad de pozos

*Temas:*

- 1.5.1 Predicción del daño a la formación, prevención y remoción (yacimientos de arenas)
- 1.5.2 Predicción y prevención de incrustaciones de carbonatos
- 1.5.3 Divergencia/colocación del ácido
- 1.5.4 Administración y manejo del agua
- 1.5.5 Diseños de terminación en pozos no convencionales
- 1.5.6 Operaciones de bombeo electrocentrífugo (BEC) y confiabilidad (alta relación gas-aceite frecuentemente hace que el BEC sea de utilidad limitada).

### Subárea 1.6 Medio ambiente y seguridad

*Temas:*

- 1.6.1 Respuesta a derrames de hidrocarburos en el mar:
  - Análisis de riesgo y definición de los «peores escenarios»
  - Desarrollo de programas de respuesta a emergencias (PRE) para cada región y otro para todo el Golfo
  - Usar «el peor escenario de todos» para determinar el equipo necesario
- 1.6.2 Explosiones, fuego y fugas en ductos:
  - Desarrollar el plan de tecnología de ductos (sistema técnico).

### **Subárea 1.7 Caracterización de yacimientos naturalmente fracturados**

Objetivo: Desarrollar y adecuar tecnologías de caracterización estática y dinámica de yacimientos para reducir la incertidumbre en su modelado

*Temas:*

- 1.7.1 Caracterización «in situ» de la dinámica de flujo (desarrollo de herramientas para la medición de presión y resistividad)
- 1.7.2 Estratigrafía de secuencias en carbonatos
- 1.7.3 Estudios de laboratorio en la determinación de fracturas
- 1.7.4 Sísmica de multicomponentes
- 1.7.5 Inversión de datos sísmicos.

### **Subárea 1.8 Recuperación mejorada de aceite en yacimientos naturalmente fracturados**

Objetivo: Investigar la factibilidad de usar la inyección de aire y nitrógeno impuro para incrementar la recuperación de aceite en yacimientos naturalmente fracturados

*Temas:*

- 1.8.1 Realizar los estudios teóricos y experimentales para determinar la factibilidad de aplicar este proceso
- 1.8.2 Diseñar e implantar una prueba piloto en un campo mexicano.

### **Subárea 1.9 Perforación no convencional aplicada a yacimientos mexicanos**

Objetivo: Evaluar la factibilidad técnico-económica de la aplicación de tecnologías de perforación no convencional en yacimientos mexicanos para superar restricciones ecológicas y afectaciones sociales e incorporar reservas probadas a la producción

*Temas:*

- 1.9.1 Evaluar la factibilidad técnico-económica de perforar pozos de alcance extendido y multilaterales fuera de los pantanos de Centla y establecer el proceso y prácticas operativas para su ejecución
- 1.9.2 Evaluar la factibilidad técnico-económica de perforar pozos horizontales y multilaterales en la Cuenca de Burgos y los campos Chicontepec y Poza Rica
- 1.9.3 Definir un proceso administrativo-operativo para minimizar el impacto ecológico de la perforación dentro del área protegida de pantanos de Centla
- 1.9.4 Desarrollar un sistema interactivo de inteligencia artificial para «perforación de escritorio»
- 1.9.5 Desarrollar un proceso gerencial para mejorar el control técnico-administrativo del servicio de perforación basado en la curva de aprendizaje

- 1.9.6 Optimizar el diseño de la perforación y terminación de tres pozos tipo para los campos Tajín, Amatitlán y Tablón de la Región Norte
- 1.9.7 Desarrollar la metodología que permita asegurar el cumplimiento de los objetivos de los pozos exploratorios y de desarrollo en la Cuenca de Veracruz.

#### **Subárea 1.10 Optimización de la explotación de Chicontepec**

Objetivo: Monitorear, probar, mejorar e integrar tecnologías para optimizar el desarrollo y producción oportuna de las reservas de hidrocarburos de Chicontepec

*Temas:*

- 1.10.1 Desarrollo de tecnología en apuntalantes y sistemas de fluidos fracturantes
- 1.10.2 Modelado de la geometría de fractura en formaciones con alto grado de estratificación y/o distribución fractal
- 1.10.3 Desarrollo de nuevas tecnologías para la estimulación y fracturamiento selectivo
- 1.10.4 Desarrollo de software para el modelado de la terminación y comportamiento de pozos multilaterales
- 1.10.5 Determinación de envoltentes de fase por técnicas indirectas
- 1.10.6 Desarrollo de tecnología para el control y/o manejo subsuperficial de la producción de agua
- 1.10.7 Tomografía entre pozos para la caracterización de areniscas en Chicontepec
- 1.10.8 Investigación de orientación de fracturas y estabilidad de pozos en yacimientos de Chicontepec
- 1.10.9 Sísmica de multicomponentes
- 1.10.10 Inversión de datos sísmicos
- 1.10.11 Estratigrafía de secuencias en terrígenos
- 1.10.12 Estudio comparativo de productividad de pozos verticales y horizontales fracturados y multilaterales
- 1.10.13 Empleo de atributos sísmicos calibrados para la identificación de zonas favorables a la acumulación de hidrocarburos («sweet spots»)
- 1.10.14 Aplicación de procesos de recuperación secundaria y mejorada a campos de Chicontepec.

#### **Subárea 1.11 Aplicaciones e innovaciones tecnológicas en la Cuenca de Burgos**

Objetivo: Aplicar e innovar tecnologías de medición continua e interpretación de datos de presión, producción y sismicidad en pozos y de laboratorio para diseñar, mediante modelos integrales de simulación numérica, el desarrollo eficiente de la reserva y producción de pozos y yacimientos de gas natural no asociado de la Cuenca de Burgos. Adicionalmente, aplicar tecnologías recientes de proceso de atributos sísmicos que permitan delimitar con mejor precisión los yacimientos de gas natural

*Temas:*

- 1.11.1 Instrumentación de pozos para optimizar los diseños de fracturamientos hidráulicos en pozos de gas
- 1.11.2 Investigación geomecánica experimental y de fluidos para la optimización de fracturamientos hidráulicos
- 1.11.3 Simulación integral de los yacimientos e instalaciones de campos de gas
- 1.11.4 Estrategias de desarrollo de campos de gas
- 1.11.5 Aplicación de nuevas técnicas de proceso y atributos sísmicos para el desarrollo de campos de gas.

### **Subárea 1.12 Exploración de yacimientos subsalinos**

Objetivo: Investigar y desarrollar tecnologías para la identificación de trampas subsalinas, que permitan definir y evaluar prospectos exploratorios

*Temas:*

- 1.12.1 Investigar el potencial de las tecnologías gravimétricas y sísmicas para definir espesor y distribución de la sal (procesos sísmicos de migración en profundidad, estudios experimentales del comportamiento de la sal)
- 1.12.2 Diseño de adquisición sísmica 3D (interpretación e integración de datos).

### **Subárea 1.13 Optimización del diseño, operación y mantenimiento de las instalaciones de producción**

Objetivo: Investigar y desarrollar tecnologías para procesos, transporte e infraestructura de producción de hidrocarburos con el fin de reducir las brechas tecnológicas existentes entre PEP y las compañías líderes de la competencia

*Temas:*

- 1.13.1 Deshidratación y estabilizado de crudo y acondicionamiento del gas
- 1.13.2 Medición de propiedades PVT y composición de fluidos en sitio
- 1.13.3 Simulación integral yacimiento-pozo-instalaciones
- 1.13.4 Mantenimiento de instalaciones

### **Subárea 1.14 Seguridad y salud ocupacional**

*Temas:*

- 1.14.1 Análisis de riesgos
- 1.14.2 Medio ambiente laboral
- 1.14.3 Análisis de flexibilidad de líneas
- 1.14.4 Aplicación de software especializado para reducir riesgos.

## Subárea 1.15 Protección al ambiente

*Temas:*

- 1.15.1 Monitoreo de emisiones e inmisiones
- 1.15.2 Manifiesto de impacto ambiental
- 1.15.3 Biorremediación de suelos contaminados
- 1.15.4 Estudio de reducción de impacto ambiental
- 1.15.5 Tratamiento de efluentes industriales
- 1.15.6 Evaluación del riesgo ambiental y en salud asociado con el uso del MTBE en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México
- 1.15.7 Aforestación, reforestación y conservación de bosques y selvas

## **Área 2. Mejoramiento del transporte de los recursos energéticos**

### Subárea 2.1 Transporte e infraestructura

*Temas:*

- 2.1.1 Uso de materiales no metálicos en tubería
- 2.1.2 Monitoreo de la producción en tiempo real vía SCADA
- 2.1.3 Mediciones de flujo en los activos (dependiente de la calidad de separación y deshidratación)
- 2.1.4 Optimización de la producción mediante estudios integrados (pozos a puntos de venta)
- 2.1.5 Simulación de la red de tuberías, incluyendo análisis dinámico.

### Subárea 2.2 Optimización del diseño, operación y mantenimiento de las instalaciones de producción

Objetivo: Investigar y desarrollar tecnologías para procesos, transporte e infraestructura de producción de hidrocarburos con el fin de reducir las brechas tecnológicas existentes entre PEP y las compañías líderes de la competencia

*Temas:*

- 2.2.1 Sistemas artificiales de producción bombeo neumático intermitente, bombeo electrocentrífugo y bombeo mecánico
- 2.2.2 Sistemas artificiales de producción en pozos profundos. Medición multifásica
- 2.2.3 Corrosión localizada asistida por microorganismos en el interior de oleoductos
- 2.2.4 Impacto de inhibidores de corrosión ecológicos altamente eficientes en instalaciones petroleras
- 2.2.5 Comportamiento de inhibidores de corrosión en superficies metálicas colonizadas por microorganismos

### **Área 3. Procesos de refinación avanzados**

#### **Subárea 3.1 Optimización del diseño, operación y mantenimiento de las instalaciones de producción**

Objetivo: Investigar y desarrollar tecnologías para procesos, transporte e infraestructura de producción de hidrocarburos con el fin de reducir las brechas tecnológicas existentes entre PEP y las compañías líderes de la competencia

*Temas:*

- 3.1.1 Reducción de azufre en gasolinas
- 3.1.2 Disminución de azufre en diesel
- 3.1.3 Proceso de desintegración catalítica
- 3.1.4 Sistemas catalíticos
- 3.1.5 Simulación y optimización de proceso de hidrotratamiento
- 3.1.6 Características de comportamiento en la refinación del crudo Maya
- 3.1.7 Agotamiento con hidrógeno y destilación reactiva de crudo
- 3.1.8 Producción de crudo sintético por hidrotratamiento de crudo Maya
- 3.1.9 Sistemas catalíticos para proceso de reformación de naftas
- 3.1.10 Producción de gasolinas de alto octano a partir de olefinas ligeras.

#### **Subárea 3.2 Procesos de refinación**

*Temas:*

- 3.2.1 Asimilación tecnológica de alquilación, isomerización y H-Oil
- 3.2.2 Actualización tecnológica de hidrotratamiento y destilación de crudo
- 3.2.3 Adaptación de plantas industriales
- 3.2.4 Comportamiento de catalizadores en operación.

#### **Subárea 3.3 Simulación de procesos**

*Temas:*

- 3.3.1 Adecuación de simuladores específicos
- 3.3.2 Optimización de procesos de hidrotratamiento de destilados
- 3.3.3 Modelo integral de un centro de refinación
- 3.3.4 Simulación rigurosa de la refinería de Cadereyta.

#### **Subárea 3.4 Desarrollo de nuevos procesos y productos**

*Temas:*

- 3.4.1 Sistemas catalíticos para FCC
- 3.4.2 Aditivos para tratamiento de crudo Maya
- 3.4.3 Desarrollo de lubricantes.
- 3.4.4 Obtención de crudo ligero a partir del Maya
- 3.4.5 Aplicación de ultrasonido y microondas para conversión de residuales
- 3.4.6 Destilación reactiva de crudo
- 3.4.7 Reducción de asfaltanos por ultrasonido y microondas.

## **Área 4. Optimización de combustibles**

### **Subárea 4.1 Combustibles ecológicos**

*Temas:*

- 4.1.1 Opciones tecnológicas al MTBE y TAME
- 4.1.2 Nuevos esquemas de refinación
- 4.1.3 Gasolinas de alto octano a partir de olefinas ligeras C3-C5
- 4.1.4 Reducción de azufre en gasolina
- 4.1.5 Reducción de azufre en diesel.

### **Subárea 4.2 Desarrollo de procesos innovativos**

*Temas:*

- 4.2.1 Aditivos para gasolina y diesel
- 4.2.2 Catalizadores novedosos para reformación de naftas
- 4.2.3 Uso potencial de procesos biotecnológicos

### **Subárea 4.3 Combustible**

*Proyectos:*

- 4.3.1 Disponibilidad, costo y oportunidad
- 4.3.2 Sistemas de tratamiento de carbón
- 4.3.3 Sistemas de tratamiento de combustóleo y residuos de alto vacío
- 4.3.4 Sistemas de gasificación de combustibles sólidos y líquidos
- 4.3.5 Sistemas de licuefacción y almacenamiento de gas natural.
- 4.3.6 Desechos como combustible.

## **Área 5. Incremento de la eficiencia de los sistemas de generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica**

### **Subárea 5.1 Proceso de generación**

*Tema 5.1.1 Centrales generadoras*

*Proyectos:*

- 5.1.1.1 Incrementar la confiabilidad en la operación de centrales generadoras
- 5.1.1.2 Hacer más eficiente su mantenimiento
- 5.1.1.3 Incrementar la disponibilidad de los equipos de centrales generadoras
- 5.1.1.4 Reducción de pérdidas
- 5.1.1.5 Hacer más eficiente la relación costo de capital/KW instalado
- 5.1.1.6 Incrementar el ciclo de vida de centrales generadoras
- 5.1.1.7 Reducción del impacto ambiental
- 5.1.1.8 Incrementar la seguridad en centrales generadoras
- 5.1.1.9 Reducción en el uso de agua.

### *Tema 5.1.2 Combustión*

#### *Proyectos:*

- 5.1.2.1 Optimización del sistema de combustión
- 5.1.2.2 Sistemas de bajo NOx
- 5.1.2.3 Cámaras de combustión de quemado secuencial
- 5.1.2.4 Generadores de vapor de lechos fluidizados (atmosféricos y presurizados).

### *Tema 5.1.3 Eficiencia en la generación*

#### *Proyectos:*

- 5.1.3.1 Análisis de causas de indisponibilidad de las CTE operación/diseño
- 5.1.3.2 Análisis de incremento de la eficiencia
- 5.1.3.3 Monitoreo de régimen térmico en línea
- 5.1.3.4 Controles fiscales de generación en línea (medidores másicos y medidores inteligentes).
- 5.1.3.5 Estimación de vida residual de elementos
- 5.1.3.6 Modernización y repotenciación de CTE
- 5.1.3.7 Análisis de alternativas a unidades de retiro programado
- 5.1.3.8 Cogeneración: vapor a proceso industrial; agua destilada; agua caliente; calor; etc.
- 5.1.3.9 Generación distribuida
- 5.1.3.10 Regulación de velocidad y estatismo en AGC (control automático de generación)
- 5.1.3.11 Simulación de control fuera de línea (tiempo real)
- 5.1.3.12 Autodiagnóstico y predicción de eventos
- 5.1.3.13 Sistemas expertos de control avanzado, redes neuronales
- 5.1.3.14 Análisis de confiabilidad y control de sistemas dinámicos
- 5.1.3.15 Mantenimiento: modelo de control predictivo y proactivo (implementación, seguimiento y control)
- 5.1.3.16 Ciclos CHAT (Inyección de Humedad y Enfriamiento en Cascada) para turbogas.

### *Tema 5.1.4 Ambiental*

#### *Proyectos:*

- 5.1.4.1 Bancos de datos de ecosistemas para nuevas ubicaciones de CTE
- 5.1.4.2 Sistemas de tratamiento de emisiones de las CTE
- 5.1.4.3 Invisibilidad de la pluma de los gases de chimeneas por oquedad en residuos
- 5.1.4.4 Programa, regulaciones y situación actual en materia del medio ambiente en campos geotérmicos y centrales GTE.

### *Tema 5.1.5 Costos*

#### *Proyectos:*

- 5.1.5.1 Análisis y evaluación de costos de CTE mediante simuladores digitales
- 5.1.5.2 Desarrollo de metodologías para proyección de costos de generación.

## Subárea 5.2 Proceso de transmisión

### *Tema 5.2.1 Líneas de transmisión*

#### *Proyectos:*

- 5.2.1.1 Incrementar la confiabilidad en la operación de la red de transmisión
- 5.2.1.2 Incrementar el mantenimiento de líneas de transmisión
- 5.2.1.3 Nuevas tecnologías de transmisión de energía eléctrica:
  - Corriente directa
  - Superconductividad
- 5.2.1.4 Reducción de pérdidas
- 5.2.1.5 Hacer más eficiente la relación costo de capital/KVA instalado
- 5.2.1.6 Incrementar el ciclo de vida
- 5.2.1.7 Reducir el impacto ambiental en los elementos de líneas de transmisión
- 5.2.1.8 Incrementar la seguridad de las líneas de transmisión
- 5.2.1.9 Nuevas tecnologías para reducción de derechos de vía.

### *Tema 5.2.2 Subestaciones y subestaciones de subtransmisión*

#### *Proyectos:*

- 5.2.2.1 Incrementar la confiabilidad de las subestaciones
  - Incrementar el mantenimiento de las subestaciones
  - Incrementar la disponibilidad de los equipos de las subestaciones
    - ▶ Transformadores
    - ▶ Reactores shunt
    - ▶ Interruptores
    - ▶ Subestaciones aisladas en gas
    - ▶ Aislamiento externo
- 5.2.2.2 Incrementar la automatización + control + protección + medición + operación y mantenimiento
  - Redes
  - Subestaciones
- 5.2.2.3 Modernizar los sistemas de protecciones, comunicaciones y control en las subestaciones de la red troncal en 400 KV y 230 KV
- 5.2.2.4 Nuevas tecnologías de electrónica de potencia
  - CEV's
  - FACT's
  - Phase Shifters
- 5.2.2.5 Incrementar la seguridad de las subestaciones
- 5.2.2.6 Hacer más eficiente la relación costo de capital/KVA instalado
- 5.2.2.7 Incrementar el ciclo de vida de las subestaciones
- 5.2.2.8 Reducir el impacto ambiental.

## Subárea 5.3 Proceso de Distribución

### *Tema 5.3.1 Comercialización*

#### *Proyectos:*

5.3.1.1 Calidad de suministro

5.3.1.2 Sistemas de medición inteligentes

- Menor relación costo de capital + operación (proceso de medición)/KWH facturado

5.3.1.3 Modernizar los sistemas de facturación y cobranza

5.3.1.4 Nuevas tecnologías de atención de quejas

5.3.1.5 Nuevas tecnologías en atención de nuevas solicitudes de servicio de energía eléctrica

5.3.1.6 Nuevas tecnologías para mejorar la calidad de suministro

5.3.1.7 Desarrollo de nuevos sistemas de gestión.

### *Tema 5.3.2 Redes de distribución de energía eléctrica aéreas y subterráneas*

#### *Proyectos:*

5.3.2.1 Incrementar la confiabilidad de las redes de distribución

5.3.2.2 Incrementar el mantenimiento de las redes de distribución

5.3.2.3 Reducción del impacto ambiental

5.3.2.4 Incrementar la seguridad de las redes de distribución

5.3.2.5 Mejorar la automatización de la operación de las redes de distribución

5.3.2.6 Hacer más eficiente la relación costo de capital/KVA instalado

5.3.2.7 Incrementar el ciclo de vida de las redes de distribución.

### *Tema 5.3.3 Cables subterráneos de potencia*

#### *Proyectos:*

5.3.3.1 Incrementar la confiabilidad en la operación de cables subterráneos

- Incrementar el mantenimiento de cables subterráneos
- Nuevas tecnologías de transmisión subterránea de energía eléctrica
- Incrementar la seguridad en la operación de los cables subterráneos.

## Subárea 5.4 Infraestructura Común

### *Tema 5.4.1 Modernización de instalaciones de desarrollo y prueba*

#### *Proyectos:*

5.4.1.1 Laboratorio de pruebas para equipos de alta potencia

5.4.1.2 Laboratorio de pruebas para equipos de baja tensión

5.4.1.3 Laboratorio de pruebas para equipos de distribución

5.4.1.4 Laboratorio de simulación dinámica de sistemas eléctricos para evaluación de relevadores

- 5.4.1.5 Laboratorio de automatización
- 5.4.1.6 Laboratorio de tribología y tribotécnica (sistemas de lubricación)
- 5.4.1.7 Laboratorio de análisis de vibraciones de roto maquinaria
- 5.4.1.8 Laboratorio de túnel aerodinámico para turbo maquinaria
- 5.4.1.9 Laboratorio de análisis de flujos en 2 fases.
- 5.4.1.10 Sala de simuladores geotérmicos
- 5.4.1.11 Laboratorio de metrología
- 5.4.1.12 Talleres de fabricación de tableros
- 5.4.1.13 Nuevas tecnologías para fabricación de elementos precolados.

#### *Tema 5.4.2 Desarrollo sustentable*

##### *Proyectos:*

- 5.4.2.1 Tecnologías para implantar el concepto de desarrollo sustentable de la energía eléctrica
- 5.4.2.2 Eficientar la relación «Reducción impacto ambiental vs. Costo de capital por KW o KVA instalado»
- 5.4.2.3 Centro de desarrollo sustentable para estudio de las posibilidades energéticas del país, en proyectos geotermoeléctricos.
- 5.4.2.4 Análisis comparativo de los riesgos ambientales y en salud causados por las emisiones de las diferentes plantas termoeléctricas del país:
  - determinar cuáles plantas deben seleccionarse para quemar combustóleo en vez de gas natural cuando por la falta de este último hidrocarburo se requiera incrementar temporalmente el consumo de combustóleo
  - identificar aquellas plantas a combustóleo que actualmente causan el mayor impacto ambiental y en la salud para tratar de acelerar su sustitución por plantas modernas de ciclo combinado que utilicen gas natural
- 5.4.2.5 Evaluación del potencial de reducción de emisión de contaminantes de algunos aditivos y emulsiones de diesel/combustóleo en algunas plantas termoeléctricas
- 5.4.2.6 Aforestación, reforestación y conservación de bosques y selvas
- 5.4.2.7 Evaluar los impactos ambientales de las emisiones de mercurio y de otros metales pesados provenientes de plantas termoeléctricas, así como elaborar un inventario de sitios que pudieran estar contaminados con bifenilos policlorados.

#### *Tema 5.4.3 Informática*

##### *Proyectos:*

- 5.4.3.1 Gestión del conocimiento
- 5.4.3.2 Seguridad informática
- 5.4.3.3 Planeación
- 5.4.3.4 Groupware
- 5.4.3.5 Modernizar redes informáticas.

#### *Tema 5.4.4 Telecomunicaciones*

##### *Proyectos:*

- 5.4.4.1 Fibra óptica
- 5.4.4.2 Digital Power Line Carrier
- 5.4.4.3 Planeación de sistemas de comunicación
- 5.4.4.4 Redes
- 5.4.4.5 Nuevas tecnologías de telecomunicaciones.

### **Área 7. Fuentes alternas y fuentes renovables de energía**

#### **Subárea 7.1 Ahorro de energía**

##### *Temas:*

- 7.1.1 Fuentes alternas de energía
- 7.1.2 Implantar proyectos de cogeneración
- 7.1.3 Análisis de redes de intercambio de calor
- 7.1.4 Uso racional del agua en refinerías
- 7.1.5 Actualización de redes de vapor y redes eléctricas
- 7.1.6 Modernización de hornos y calentadores.

#### **Subárea 7.2 Fuentes alternas de energía**

##### *Proyectos:*

- 7.2.1 Unidades solares 50-100 MW
- 7.2.2 Unidades eólicas 5-10 MW
- 7.2.3 Unidades mareomotriz 1-5 MW
- 7.2.4 Unidades micro hidráulicas 1-5 MW
- 7.2.5 Unidades micro turbo-gas 0.5-1 MW
- 7.2.6 Unidades celdas combustibles y en ciclos combinados
- 7.2.7 Unidades de presión deslizantes con operación cíclica/base por by-pass
- 7.2.8 Unidades almacenadoras de energía (rebombeo)
- 7.2.9 Unidades ciclo binario en geotérmicas
- 7.2.10 Sistemas de enfriamiento secos/semi-húmedos
- 7.2.11 Regeneración de campos geotérmicos
- 7.2.12 BAAC accionadas por TV contrapresión condensación
- 7.2.13 Motores de velocidad variables
- 7.2.14 Nuevas tecnologías en equipos
- 7.2.15 Ciclos combinados con gasificación de líquidos
- 7.2.16 Ciclos combinados con gasificación sólida integrada (IGCC)
- 7.2.17 Generación híbrida inteligente, 300-1000 KW (eólica-diesel-solar-batería)
- 7.2.18 Perforación geotérmica exploratoria de pequeño diámetro
- 7.2.19 Tomografía sísmica para detección de zonas productoras de fluidos geotérmicos
- 7.2.20 Eliminación de incrustaciones de silicatos y carbonatos en líneas de conducción de fluidos geotérmicos
- 7.2.21 Reconocimiento exploratorio de la vulcanología y estructuras caldéricas del país con fines geotermoeléctricos
- 7.2.22 Aprovechamiento de las sales de la salmuera geotérmica de Cerro Prieto.
- 7.2.23 Aprovechamiento del sílice para construcción
- 7.2.24 Aplicaciones industriales del calor residual



Esta primera edición del *Programa de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector Energía 2002-2006*, estuvo a cargo de la Dirección General de Investigación y Desarrollo de Tecnología y Medio Ambiente, Sener. La producción editorial estuvo a cargo de Adriana Castillo Rosales. Se tiraron 1,000 ejemplares.