

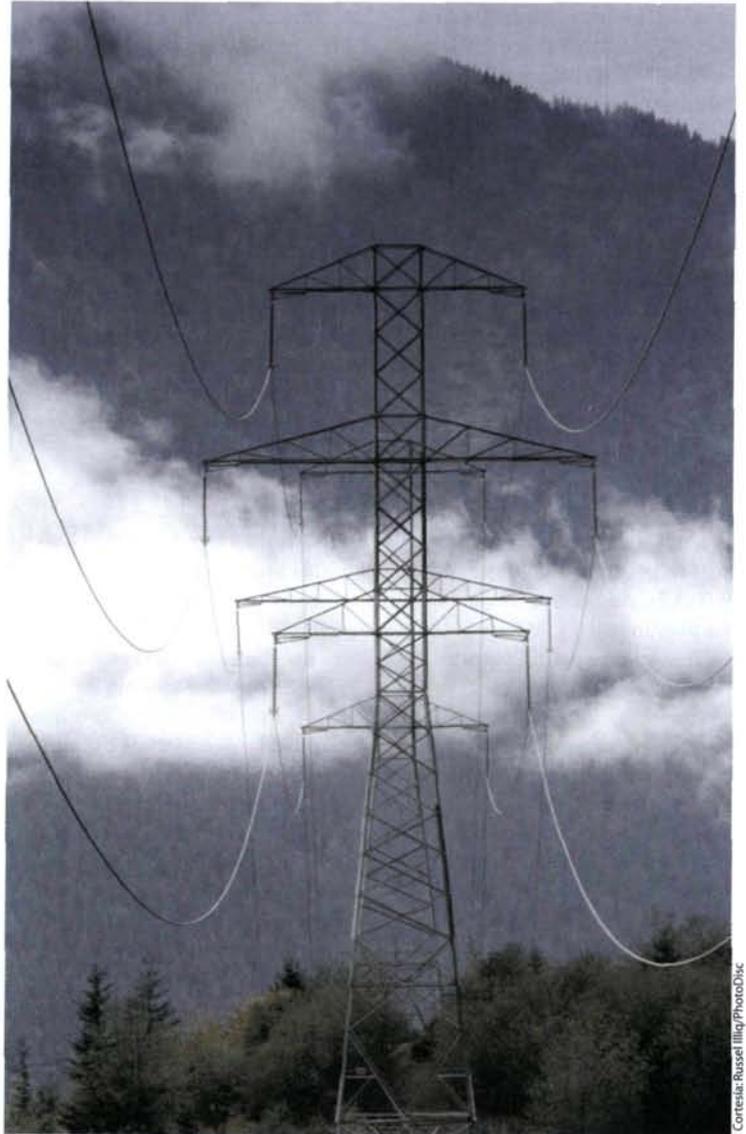
FOMENTO DE LA CAPACIDAD PARA LA EVALUACIÓN COMPARATIVA DE LA ENERGÍA AMPLIACIÓN DE LA BASE ENERGÉTICA

POR BRUCE HAMILTON, GUENTER CONZELMANN Y DUY THANH BUI

El análisis de los sistemas energéticos nacionales está alcanzando grados de complejidad sin precedentes. Además de la incertidumbre respecto de la demanda energética futura, el rendimiento y los costos de la tecnología, los planificadores y los encargados de adoptar decisiones se enfrentan a cuestiones como la protección del medio ambiente, el desarrollo sostenible, la desreglamentación y la liberalización del mercado. Al mismo tiempo, los fondos del sector público para proyectos de inversión en la esfera energética son objeto de reducciones progresivas.

El OIEA ofrece a sus Estados Miembros un amplio programa de asistencia y cooperación técnicas, que abarca múltiples esferas diversas relacionadas con la utilización de la energía nuclear con fines pacíficos. En la esfera de la evaluación comparativa de la energía, esta asistencia tiene por objeto fortalecer la capacidad nacional para elaborar modalidades sostenibles de suministro y utilización de energía. La asistencia se presta de tres formas, a saber:

- distribución de metodologías de avanzada e instrumentos para la adopción de decisiones, adaptados a las necesidades especiales de los países en desarrollo;
- capacitación en la aplicación de los modelos, la interpretación de los resultados y su utilización para la adopción de decisiones o la formulación de políticas; y
- realización de estudios nacionales en cooperación con los Estados Miembros solicitantes.



Cortesía: Russel Illing/PhotoDisc

El Sr. Hamilton y el Sr. Bui son funcionarios de la Sección de Estudios Económicos y Planificación del Departamento de Energía Nuclear del OIEA.

El Sr. Conzelmann es Director de la Sección de Estudios Nacionales e Internacionales del Laboratorio Nacional de Argonne de los Estados Unidos de América.

Foto: El OIEA presta asistencia a muchos países en lo tocante a planificar la ampliación de sus sistemas de generación de electricidad.

METODOLOGIAS E INSTRUMENTOS PARA EL ANALISIS ENERGETICO

El OIEA tiene una larga historia de suministro de datos, información e instrumentos analíticos adecuados para la adopción de decisiones fundamentadas sobre cómo atender mejor a las necesidades energéticas de un país.

Planificación de costo mínimo en los decenios de 1970 y 1980.

A principios de los años setenta, el OIEA comenzó a apoyar el establecimiento y la aplicación de instrumentos de análisis de los sistemas de electricidad, para uso de los Estados Miembros, a fin de que éstos evaluaran el posible papel de la energía nucleoelectrica. Dado que la demanda de electricidad proyectada para el futuro constituye un importante factor determinante de las necesidades en materia de energía nucleoelectrica, los esfuerzos iniciales incluyeron la creación del Modelo para el análisis de la demanda de energía (MAED), que los países en desarrollo utilizan para elaborar pronósticos de la demanda de electricidad compatibles con los objetivos y las posibilidades de su desarrollo económico e industrial.

El OIEA creó el MAED en colaboración con el Instituto de Asuntos Económicos y Jurídicos relacionados con la Energía (IEJE, Grenoble, Francia) y el Instituto Internacional de Análisis Aplicado de Sistemas (IIAAS, Laxenburg, Austria). El modelo proporciona un marco de simulación flexible para explorar la influencia de los cambios sociales, económicos, tecnológicos y de política en la evolución de la demanda energética a largo plazo. Se hace especial hincapié en el pronóstico de la demanda de electricidad, no sólo desde el punto de vista de las necesidades anuales totales, sino también de la distribución horaria de la demanda energética en todo el año. Esos resultados representan

una contribución esencial al análisis de la ampliación de cualquier sistema de electricidad.

El Lote de programas Wien para la planificación de sistemas automáticos (WASP) se diseñó para determinar la ampliación a largo plazo de un sistema de generación de electricidad en condiciones económicas óptimas. El modelo WASP fue creado en 1972 por el Organismo gestor del Valle del Tennessee (TVA, Estados Unidos) para el OIEA, y desde entonces, ha sido el preferido y el más duradero de los instrumentos del OIEA para la planificación en el sector de la electricidad.

Es importante señalar que el WASP se creó en momentos en que la mayoría de los países consideraba la electricidad como un servicio estratégico, y establecieron una empresa nacional única y verticalmente integrada que se ocupara de la generación, transmisión y distribución de la electricidad. Ese tipo de estructura del sistema eléctrico permite analizar de manera muy directa el funcionamiento y la ampliación del sistema; elaborar modelos de distribución por unidad sobre la base del costo variable más bajo; incorporar los requisitos de fiabilidad del sistema como limitaciones; planificar la ampliación a partir del valor actualizado descontado de costo mínimo a nivel de todo el sistema; y determinar el papel de la energía nucleoelectrica y otras opciones de generación sobre la base de los costos relativos de su ciclo de vida útil.

Análisis financiero, evaluación de las cargas ambientales y análisis integrado de los sistemas energéticos en el decenio de 1990. La captación de inversiones destinadas a aumentar la capacidad de generación de electricidad en mercados eléctricos y financieros cada vez más liberalizados, puede diferir mucho de las estrategias de inversión que aplican las empresas estatales de servicios públicos en condiciones de monopolio. A fin

de ayudar a satisfacer las necesidades en evolución de los planificadores del sector energético y los encargados de la adopción de decisiones, el OIEA trabajó con funcionarios del banco Credit Lyonnais (París, Francia) y la Comisión Pakistán de Energía Atómica (PAEC, Islamabad, Pakistán) en la creación de un soporte lógico (software) para el análisis financiero, denominado FINPLAN.

El FINPLAN se utiliza para evaluar las consecuencias financieras de un programa de ampliación de la electricidad a partir de determinados "coeficientes" que las instituciones financieras tienen en cuenta al calcular la solidez de un proyecto o programa de inversión. Asimismo, el FINPLAN ayuda a determinar el precio de venta de la electricidad que permitiría recuperar la inversión. En los pronósticos realizados con el modelo se tienen en cuenta la sensibilidad del precio a los tipos de cambio, las fluctuaciones de la demanda y las tasas de inflación previsible tanto en moneda nacional como en divisa. Asimismo, el modelo incorpora elementos de tributación simplificados, que incluyen el cálculo de los ingresos correspondientes a las deducciones de las tasas de interés, las pérdidas notificadas en el pasado, la posible amortización y las tasas de impuestos proporcionales.

En 1993 se inició la preparación de un conjunto de instrumentos de informática para el análisis energético y ambiental en el marco del programa conjunto entre organismos del OIEA sobre bases de datos y metodologías para la evaluación comparativa de diferentes fuentes de energía para la producción de electricidad (DECADES). Estos instrumentos constan de bases de datos y de un soporte lógico analítico que pueden emplearse para evaluar la relación de compensación existente entre los aspectos técnicos, económicos y ambientales de diferentes

EVALUACION COMPARATIVA ANALISIS DE LOS FUTUROS ENERGETICOS EN VIET NAM

Mediante un proyecto de cooperación técnica del OIEA iniciado en 1997, un equipo de trabajo nacional de Viet Nam utilizó diversos instrumentos de informática para analizar el desarrollo energético del país. El equipo aplicó el programa de evaluación eléctrica y energética (ENPEP), a fin de pronosticar la demanda de energía y electricidad (con el Modelo para el análisis de la demanda energética, o MAED); determinar la ampliación óptima a largo plazo del sistema de generación de electricidad (con el Lote de programas Wien para la planificación de sistemas automáticos, o WASP); y estimar las cargas ambientales asociadas a la generación de energía eléctrica (con un módulo del programa ENPEP denominado IMPACTS).

Viet Nam está pasando rápidamente de una economía agrícola a una economía industrial y en los últimos años ha experimentado un considerable crecimiento económico que se espera continúe hasta el año 2020. Se ha proyectado que aumente rápidamente la demanda de electricidad, al mismo tiempo que se acelera la urbanización, se eleva el nivel de vida y aumentan los gastos de consumo. Especialistas nacionales del sector eléctrico estiman que la carga máxima anual del sistema interconectado crecerá de 2,75 GWe en 1995 a 24,32 GWe en 2020. Se prevé que la tasa media de crecimiento anual sea de 9,1%, y que los niveles más altos (hasta el 11,5%) se registren al principio del período estudiado y los más bajos (6,7%) al concluir éste. Ello se debe fundamentalmente al rápido crecimiento de la demanda de electricidad en la industria, los servicios y los hogares urbanos.

Los resultados del estudio sobre la ampliación del sistema de generación de electricidad demuestran que, según el escenario de referencia, la energía hidroeléctrica y el gas natural satisfarán la mayor parte de las necesidades de electricidad del país. Sin embargo, en el período comprendido entre 1995 y 2020 se prevé una disminución considerable de la parte correspondiente a la energía hidroeléctrica, el petróleo y el carbón, en comparación con el gas natural y la energía nucleoelectrica. La energía hidroeléctrica se reduce de aproximadamente 70% a un 52% de la capacidad instalada total. La capacidad de generación de petróleo disminuye de cerca del 9% al 2%, mientras que el carbón experimenta un decrecimiento del 16% al 9%. Por otra parte, se prevé que las unidades alimentadas con gas natural de ciclo combinado registren un crecimiento del 5% al 29%. Este significativo crecimiento se basará en las reservas de gas natural del país, que dispone de reservas comprobadas estimadas en 6 billones de pies cúbicos (Bpc) y reservas probables que alcanzan los 10 Bpc. Se prevé que la primera unidad nuclear se empiece a explotar en 2017, y que en 2020, alcance un total de unos 2500 MWe, nivel que representa el 7,7% de la capacidad total instalada de generación de electricidad.

El equipo nacional también estimó las futuras emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de la generación de electricidad, mediante la transferencia de la configuración óptima de ampliación del sistema eléctrico del programa WASP al módulo ambiental del programa ENPEP denominado IMPACTS. El módulo permite calcular las liberaciones de contaminantes atmosféricos sobre la base del consumo de combustible proyectado mediante el WASP y los factores de emisión normales disponibles en una de sus bases de datos. Los resultados muestran un drástico aumento de las emisiones de CO₂ relacionadas con la generación de electricidad. Con la

ampliación inicial de la generación de electricidad a partir del carbón, las emisiones provenientes de las unidades de generación alimentadas con carbón aumentarán hasta el año 2007.

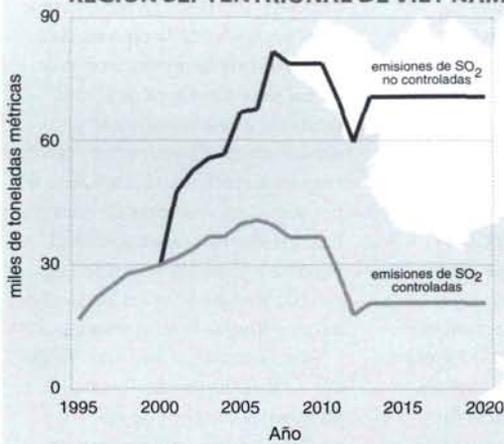
Esta tendencia cambiará notablemente en la segunda mitad del período estudiado, cuando se retiren las unidades existentes de generación de electricidad a partir del carbón y se espera que entren en funcionamiento un número importante de proyectos hidroeléctricos y unidades alimentadas con gas natural de ciclo combinado, junto con la explotación de la primera unidad nuclear en el año 2017. En 2020, el gas natural representará el 61% de las emisiones de CO₂ provenientes del sector energético en Viet Nam.

Existe una marcada diferencia entre las proyecciones de las emisiones correspondientes a la región meridional y a la región septentrional del país. La mayoría de las unidades alimentadas con carbón de Viet Nam están ubicadas en el norte, donde se encuentra la mayor parte de las reservas de carbón del país, lo que explica que las emisiones de SO₂ se concentren en la región septentrional (83% en 2020). El retiro y la sustitución de las antiguas e ineficientes unidades alimentadas con carbón después de 2007 explica la considerable disminución de las emisiones de SO₂ en el norte, durante la segunda mitad del período estudiado. Por otra parte, las reservas de petróleo y gas se encuentran en la región meridional (en su mayoría, mar adentro), lo que asegura un gran aumento de la generación de electricidad a partir de gas. Esa situación explica por qué se prevé que en el año 2020 el sur genere cerca del 62% de las emisiones de CO₂ y el 70% de las emisiones de NO_x.

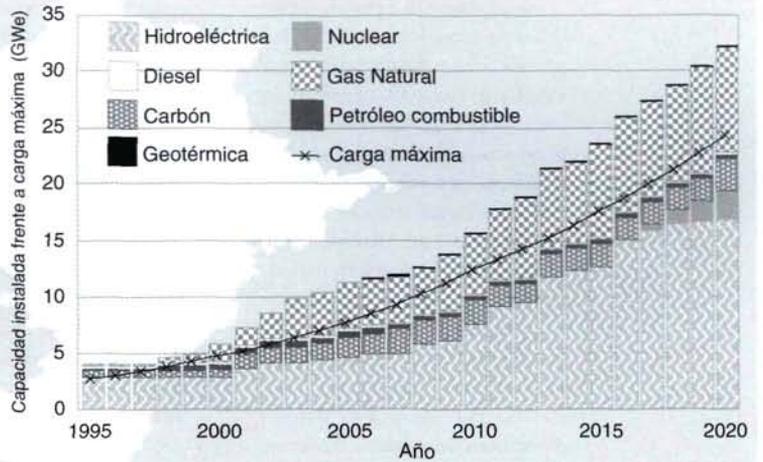
El equipo nacional también analizó los efectos del cumplimiento de las normas vietnamitas relativas a la contaminación atmosférica para limitar las emisiones de materia en forma de partículas (MP) y de dióxido de azufre. Para controlar la MP, el equipo consideró la conveniencia de utilizar precipitadores electrostáticos con un rendimiento de 97% para las unidades existentes y de 99% para las unidades nuevas. A fin de observar el límite máximo de emisión de SO₂ de las nuevas unidades de generación a base de carbón, los expertos nacionales estudiaron la desulfuración del gas de combustión seco con un rendimiento de 70% para las nuevas unidades alimentadas con carbón que queman carbón antracitoso nacional de bajo contenido de azufre (es decir, 0,52% de azufre), y un rendimiento de 90% para las unidades nuevas que utilizan carbón bituminoso importado con un contenido medio de azufre de 1,62%. Después, se utilizó el módulo IMPACTS para estimar los costos a nivel de todo el sistema del cumplimiento de la norma atmosférica.

Un tema central del análisis fueron los efectos proyectados del cumplimiento de las restricciones de la emisión de SO₂ en la región septentrional de Viet Nam. Los resultados demostraron que, al concluir el período estudiado, las emisiones se reducen de 71 000 a 21 300 toneladas métricas. A lo largo del período, se evita un total de 858 000 toneladas métricas de SO₂ en todo el país gracias a las tecnologías de reducción instaladas. Esas reducciones tienen lugar a un costo total descontado de 180,4 millones de dólares de los EE.UU. (a una tasa de descuento del 10%), lo que equivale aproximadamente a 210 dólares por tonelada de SO₂ evitada. Con respecto a la MP y al SO₂, el costo total descontado del cumplimiento de las normas ambientales se estima en 282 millones de dólares.

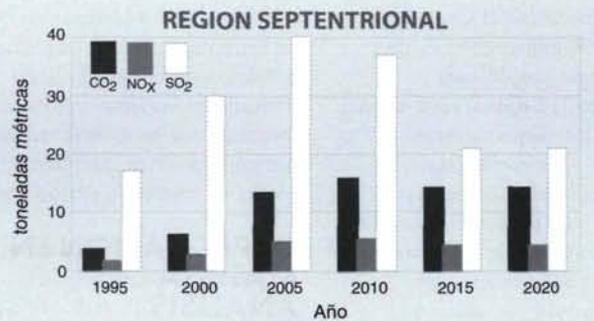
EMISIONES DE SO₂ CON Y SIN CONTROLES AMBIENTALES EN LA REGION SEPTENTRIONAL DE VIET NAM



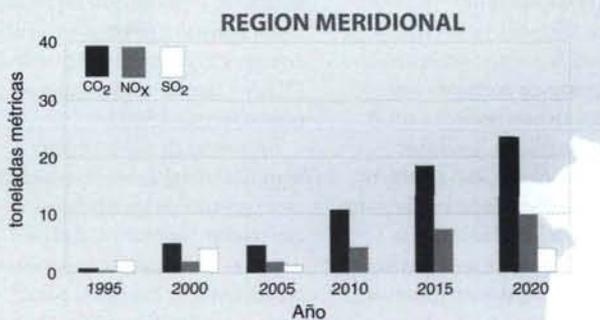
AMPLIACION DEL SISTEMA ELECTRICO DE VIET NAM (ESCENARIO DE REFERENCIA)



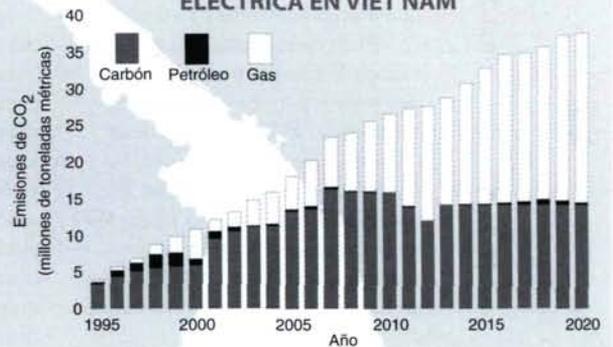
PROYECCION DE LAS EMISIONES REGIONALES DE LA GENERACION DE ELECTRICIDAD EN VIET NAM



CO₂: por 10⁻⁶ toneladas
 NO_x: por 10⁻³ toneladas
 SO₂: por 10⁻³ toneladas



PROYECCION DE LAS EMISIONES DE CO₂ PROVENIENTES DEL SECTOR DE LA ENERGIA ELECTRICA EN VIET NAM



PROYECCION DE LOS COSTOS DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS AMBIENTALES EN VIET NAM (MATERIA EN FORMA DE PARTICULAS Y SO₂)



tecnologías, cadenas y sistemas de generación de electricidad.

Se crearon dos tipos de bases de datos tecnológicos, a fin de proporcionar información amplia, fidedigna y actualizada sobre las cadenas energéticas para la generación de electricidad. La base de datos tecnológicos de referencia contiene datos técnicos, económicos y ambientales sobre instalaciones típicas con cadenas energéticas que utilizan combustibles fósiles, energía nucleoelectrica y fuentes de energía renovables para generar electricidad. La base de datos específicos por países almacena datos relativos a determinado país o región para realizar estudios de caso utilizando el soporte lógico analítico DECADES.

El Laboratorio Nacional de Argonne (ANL) creó el Programa de evaluación eléctrica y energética (ENPEP) en los Estados Unidos, y luego lo transfirió al OIEA para que se distribuyera a los Estados Miembros. El ENPEP contiene un conjunto de instrumentos analíticos que se emplean en la planificación del sistema integrado de electricidad/energía y la cuantificación de las cargas ambientales. Uno de sus módulos, denominado BALANCE, se utiliza para vigilar el flujo de energía en todo el sistema energético, incluidos la extracción de los recursos, su procesamiento y conversión, con miras a satisfacer las necesidades de energía útil (por ejemplo, calefacción, transporte y artefactos eléctricos) mediante un enfoque de simulación basado en el mercado con el que se proyecta el equilibrio entre el suministro y la demanda de energía futuros. Posteriormente, los resultados de ese análisis pasan a otro módulo, denominado IMPACTS, a fin de calcular las cargas ambientales (por ejemplo, contaminación atmosférica, generación de desechos sólidos, uso de la tierra, contaminación del agua) asociadas

a diferentes escenarios de desarrollo del sector energético.

La versión más reciente de este programa, destinada a computadoras personales, proporciona una interfaz gráfica de usuario mejorada considerablemente para visualizar y modificar en la pantalla una red energética representativa. También ha permitido mejorar las capacidades para evaluar la reducción de los gases de efecto invernadero (GHG).

Satisfacción de las necesidades cambiantes en el año 2000 y más adelante. Se requieren esfuerzos continuados para satisfacer las necesidades en evolución de los Estados Miembros del OIEA; en particular, para abordar cuestiones importantes como la elaboración de estrategias energéticas sostenibles en el contexto del Programa 21, la desreglamentación del mercado y la privatización.

En el año 2000, el Organismo concluirá la preparación de una metodología simplificada (denominada B-Glad) para estimar y valorar los costos externos asociados a la generación de electricidad. El programa está diseñado para países en desarrollo que no disponen de información detallada y no pueden pagar análisis costosos, se utiliza en computadoras personales y requiere una cantidad mínima de datos de entrada. Mientras los otros modelos energéticos del OIEA permiten estimar el nivel de las cargas ambientales asociadas a las diferentes opciones energéticas, el modelo B-Glad se emplea para analizar la dispersión y el transporte de contaminantes, estimar los efectos sobre la salud y el medio ambiente y valorar estos efectos. El B-Glad también contiene un módulo de ayuda para la adopción de decisiones, que permite aplicar técnicas de análisis de decisiones basadas en criterios múltiples al comparar las diversas opciones energéticas.

Por último, el OIEA ha emprendido la renovación de la

metodología para la planificación de la ampliación del programa WASP, a fin de que responda a los cambios ocurridos recientemente en el mercado de la electricidad. En virtud de la reestructuración de los sistemas de electricidad ocurrida a escala mundial, se privatizan en diverso grado las empresas eléctricas nacionales, se permite a productores de energía independientes tener acceso al sistema y se abren mercados de electricidad basados en licitaciones para estimular la competencia.

Actualmente, el modelo WASP del OIEA no puede abordar fácilmente muchos de los problemas que se presentan en los mercados reestructurados. A finales de 1999, el Organismo inició la elaboración de instrumentos de planificación del sistema de electricidad, más apropiados para ayudar a los países a dar respuesta a cuestiones relacionadas con la forma en que las centrales nucleares existentes pueden competir en el nuevo mercado de la electricidad y la forma en que las nuevas unidades nucleares podrán insertarse en los planes de desarrollo a largo plazo.

CAPACITACION EN MATERIA DE ANALISIS ENERGETICO

La capacitación es parte esencial de las actividades de fomento de la capacidad del Organismo. Desde 1978, más de 1000 expertos de 73 países han participado en cursos de capacitación regionales e interregionales sobre planificación energética, organizados por el OIEA. Tres de estos cursos se ofrecieron en 1999.

En virtud de un proyecto regional (Asia) sobre la evaluación comparativa de las opciones de generación de electricidad, se organizó un curso de capacitación en Islamabad, Pakistán, para apoyar la planificación y adopción de decisiones sólidas en el sector eléctrico, a la luz de una mayor participación del sector privado

y del aumento de las limitaciones financieras en el sector de la electricidad. La capacitación se centró en cómo los instrumentos de planificación del sistema de electricidad del OIEA pueden utilizarse para analizar diferentes tecnologías de generación y los contratos de los productores independientes de electricidad (PEI) en el proceso de determinación de planes de ampliación del sistema de electricidad de bajo costo, viables desde el punto de vista financiero y que cumplan los límites nacionales respecto de las emisiones de contaminantes atmosféricos.

En Trieste, Italia, se organizó un curso de capacitación regional (Europa) titulado, "Evaluación comparativa de la energía nucleoelectrica y otras opciones y estrategias de generación de electricidad en apoyo del desarrollo energético sostenible". La capacitación se centró en la realización de un estudio de evaluación comparativa por cada equipo nacional participante. Entre los principales elementos del estudio figuran: 1) el establecimiento de una base de datos específicos por países con las características técnicas, económicas y ambientales de las instalaciones y los combustibles energéticos; 2) la caracterización de las cadenas energéticas completas de generación de electricidad desde el punto de vista de los costos asociados, las emisiones de contaminantes atmosféricos, la generación de desechos sólidos y el uso de la tierra; 3) la formulación de planes de ampliación del sistema de electricidad de costo mínimo; y 4) la estimación del nivel de las cargas ambientales asociadas a diferentes estrategias de ampliación del sistema de electricidad.

En el Laboratorio Nacional de Argonne (ANL), Estados Unidos, se ofreció un curso de capacitación interregional sobre el estudio de la planificación de la energía y la energía nucleoelectrica mediante el

Programa de evaluación eléctrica y energética (ENPEP). El curso estuvo dedicado a capacitar a expertos de los Estados Miembros en desarrollo en las metodologías para la planificación integrada de la energía/electricidad y la cuantificación de las cargas ambientales asociadas a diferentes escenarios de desarrollo del sector energético. Entre las principales materias del curso figuran las siguientes: reseña de los conceptos y la terminología relacionados con la planificación del sistema energético nacional; caracterización de las cadenas energéticas; interrelación entre la planificación energética, económica y ambiental; posibilidades de reducir la demanda energética mediante medidas de conservación; evaluación de las necesidades de recursos y los efectos ambientales de los sistemas energéticos; métodos para evaluar la reducción de los gases de efecto invernadero; realización de estudios nacionales con el uso del ENPEP; y elaboración y presentación de un informe sobre el estudio.

Además de esas actividades de capacitación, se organizó en Viet Nam un Seminario nacional sobre el mecanismo para un desarrollo limpio y la energía nucleoelectrica, a fin de que se conozcan mejor en ese país los mecanismos flexibles establecidos en virtud del Protocolo de Kyoto, y se explore la posible idoneidad de la energía nucleoelectrica como tecnología del mecanismo de desarrollo limpio en Viet Nam. Con ese mismo fin, se organizó en la República Checa un seminario regional sobre el mecanismo de aplicación conjunta del Protocolo de Kyoto y, en Viena, un seminario informativo para las misiones permanentes ante el OIEA.

ESTUDIOS NACIONALES SOBRE ENERGÍA

En la Estrategia de Cooperación Técnica del OIEA, establecida en 1997, se declara que la cooperación

técnica con los Estados Miembros promoverá cada vez más efectos socioeconómicos tangibles mediante una contribución directa y eficaz en función de los costos a la consecución de las principales prioridades de desarrollo sostenible establecidas por cada país.

Varios Estados Miembros han solicitado al OIEA apoyo para mejorar las capacidades nacionales en la esfera del desarrollo energético sostenible. En 1999, se prestó asistencia al Brasil, Bulgaria, Croacia, Egipto, Eslovenia, Lituania, México, Moldova, Polonia, la República Checa, el Sudán y Viet Nam. (*Véanse el recuadro y los gráficos de las páginas 10 y 11*) mediante proyectos nacionales de evaluación del papel de la energía nucleoelectrica y otras opciones energéticas en la futura ampliación de sus sistemas de suministro eléctrico, teniendo debidamente en cuenta los aspectos técnicos, económicos y ambientales. En Europa, Asia oriental y el Pacífico, se ejecutan proyectos regionales que también abordan las necesidades de los Estados Miembros en la esfera de la evaluación comparativa del desarrollo energético sostenible.

A principios de los años noventa, la mayor parte de los proyectos se centraban en determinar el papel de la energía nucleoelectrica en la estrategia de ampliación del sistema de electricidad de un país en condiciones económicas óptimas. Más recientemente, se han incluido estudios de sistemas energéticos basados en el mercado y una evaluación de las cargas ambientales. Se espera que los proyectos futuros en esta esfera se centren, de manera creciente, en una contabilidad que se base en los costos totales de las opciones de generación de electricidad mediante la estimación de los costos externos; la evaluación de las ventajas de la energía nuclear para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero; y el análisis del papel de la energía nucleoelectrica en los mercados de electricidad privatizados. □