

Centros regionales para el ciclo del combustible nuclear

por Vinay Meckoni*

Varios países proyectan actualmente imprimir un ritmo acelerado a sus programas de generación de energía nucleoelectrónica. Esos países deberán decidir también, en una de las primeras fases de sus programas, qué destino ha de darse al combustible agotado de sus reactores de potencia. ¿Almacenarlo simplemente o reelaborarlo?

La decisión en uno u otro sentido dependerá en todo momento de factores tales como:

- El tipo de reactores (de uranio natural o de uranio enriquecido) que los países hayan adoptado para su sistema de generación de energía.*
- El precio y disponibilidad del uranio.*
- El costo y disponibilidad de servicios de enriquecimiento.*
- El costo de reelaboración del combustible agotado y la disponibilidad de tales servicios.*
- El costo de fabricación de combustibles a base de mezcla de óxidos y la disponibilidad de tales servicios.*
- El precio del plutonio y la posibilidad de venderlo a aquellos países que ya hayan adoptado para sus reactores térmicos de potencia el reciclado del plutonio o que necesiten plutonio para sus reactores reproductores rápidos.*
- El costo de la gestión de desechos radiactivos y la existencia de posibilidades de evacuación.*
- Las tendencias de la oferta y de la demanda de combustible.*

Si, en último término la decisión es simplemente almacenar el combustible agotado, los problemas serán los correspondientes al almacenamiento a largo plazo de dicho combustible, problemas de relativa sencillez. Ahora bien, si la decisión es reciclar el combustible, es decir reelaborar el combustible agotado recuperando plutonio y uranio y fabricando elementos de combustible a base de mezcla de óxidos, como se muestra en la Figura 1, el problema será más complejo. Su solución requerirá la asimilación de varias tecnologías nuevas, la capacitación de personal local, la vigilancia de la seguridad de la planta, la aplicación de salvaguardias a los materiales fisionables, el financiamiento de varias instalaciones, además de la resolución de otros problemas conexos relacionados con la creación de instalaciones para el ciclo del combustible. Estas son las cuestiones con las que actualmente se enfrentan muchos países industrializados.

Parece que la mejor manera de resolver esta serie de problemas interrelacionados es gracias a la cooperación internacional sobre una base regional, a fin de coordinar eficazmente el desarrollo de todas las etapas del ciclo del combustible. No solo se obtendrían así beneficios económicos mediante la creación de grandes centros regionales sino que también se mejoraría la utilización de la mano de obra, las operaciones tecnológicas serían más eficaces, la gestión y evacuación de desechos radiactivos más fiables, mayor la seguridad en la manipulación de los materiales y más eficaces las salvaguardias internacionales que es necesario aplicar a las instalaciones de separación y almacenamiento del plutonio.

* Director del Proyecto del OIEA para el estudio de centros regionales para el ciclo del combustible nuclear.



Un reactor nuclear de 1200 MW(e) refrigerado y moderado por agua ligera necesita aproximadamente 200 elementos combustibles. Debido al aumento del número de centrales nucleares es esencial crear uno o más modelos del ciclo del combustible en que se tenga en cuenta todos los nuevos progresos obtenidos en esa esfera. Foto: KWU

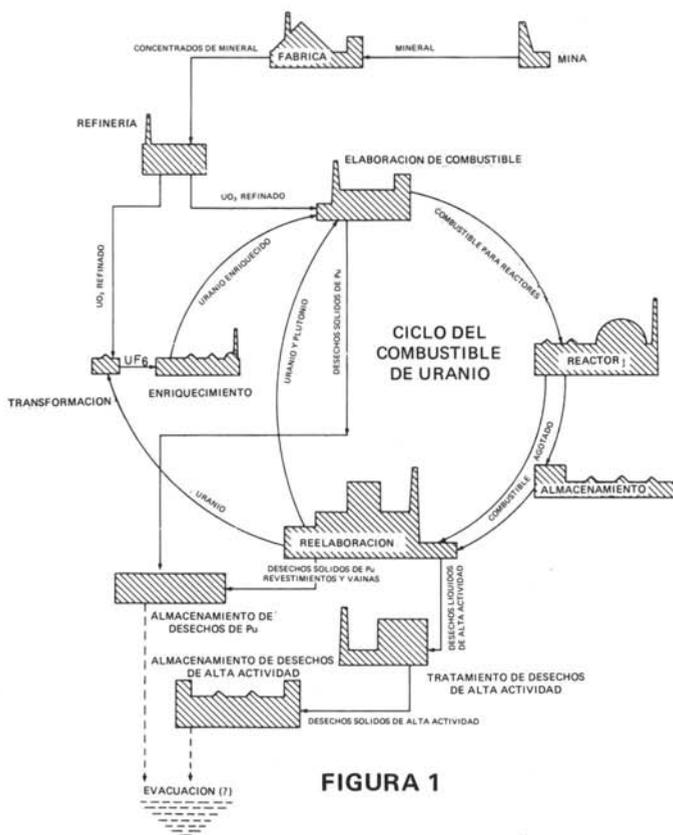


FIGURA 1

Basándose en los satisfactorios resultados de un estudio preliminar realizado por personal del Organismo para evaluar los beneficios económicos que podrían derivarse de un enfoque regional del establecimiento de instalaciones para el ciclo del combustible nuclear, el Comité Consultivo Científico del OIEA recomendó un proyecto para el estudio a fondo de este tema, recalcando que dicho estudio debería incluir los centros del combustible nuclear en un amplio contexto que comprenda las instalaciones de fabricación del combustible así como de reelaboración y gestión de desechos. En consecuencia, se estableció en el Organismo un grupo de estudio sobre el proyecto y se iniciaron las correspondientes actividades para realizarlo.

En la Declaración Final de la Conferencia de las Partes encargada del examen del Tratado sobre la no proliferación de las armas nucleares, se hicieron las siguientes recomendaciones al examinar el Artículo IV:

“La Conferencia reconoce que los centros regionales o multinacionales de transformación cíclica del combustible nuclear pueden ser un medio ventajoso de satisfacer, en condiciones de seguridad y económicamente, las necesidades de muchos Estados cuando inicien o amplíen programas de energía nuclear, y de facilitar al propio tiempo la protección física y la aplicación de las salvaguardias del OIEA y contribuir a la consecución de los objetivos del Tratado.

La Conferencia ve con agrado los estudios del OIEA en esta esfera y recomienda que se prosigan con la mayor celeridad posible. Considera que esos estudios deben abarcar, entre otros aspectos, la determinación de las complejas dificultades prácticas y de organización que habrán de solventarse en relación con tales proyectos.

La Conferencia encarece a todas las Partes en el Tratado que estén en situación de hacerlo que colaboren en estos estudios, en particular facilitando al OIEA, siempre que sea posible, datos económicos relativos a la construcción y el funcionamiento de instalaciones tales como plantas de regeneración química, plantas de producción de combustible de plutonio, instalaciones de tratamiento y evacuación de desechos y almacenamiento a largo plazo de combustible consumido, y prestando ayuda al OIEA para que éste pueda realizar estudios de viabilidad sobre el establecimiento de centros regionales de transformación cíclica del combustible nuclear en determinadas regiones geográficas.

La Conferencia espera que, si esos estudios conducen a resultados positivos y se procede al establecimiento de centros regionales o multinacionales de transformación cíclica del combustible nuclear, las Partes en el Tratado que estén en situación de hacerlo cooperarán en la elaboración y realización de tales proyectos y prestarán asistencia a tal fin".

En la decimonovena reunión ordinaria de la Conferencia General, celebrada en septiembre del año pasado, el Director General declaró que:

"La planificación a largo plazo y la cooperación internacional en relación con el ciclo del combustible nuclear es una consecuencia lógica de la expansión a escala mundial de la energía nucleoelectrónica. Si bien la mayoría de las modalidades de la producción nucleoelectrónica han alcanzado ya la etapa de su explotación comercial e industrial, no ocurre así con ciertos aspectos del ciclo del combustible nuclear como son la reelaboración del combustible y la gestión de desechos radiactivos. Por lo tanto es prudente que el OIEA examine estas esferas en las que existen posibles problemas. Con este objeto, el Organismo ha iniciado un estudio detallado de los centros regionales del ciclo del combustible".

Varios Estados Miembros apoyaron también, en la última Conferencia General el proyecto del Organismo en relación con el citado estudio.

OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Los objetivos del estudio que proyecta el Organismo son:

- Desarrollar una metodología para la evaluación de las diferentes estrategias para la creación de centros regionales integrados del ciclo del combustible nuclear, de modo que puedan evaluarse sus ventajas e inconvenientes respecto a instalaciones dispersas del ciclo del combustible.
- Preparar un informe sobre la metodología, incluyendo ejemplos aclaratorios sobre procedimientos y sobre las ventajas para los Estados Miembros, para su utilización por aquellas organizaciones interesadas en la realización de actividades relacionadas con el ciclo del combustible nuclear.
- Proporcionar un mecanismo para el establecimiento de un foro en el que los Estados Miembros y otras partes interesadas puedan definir diferentes estrategias referentes a actividades relacionadas con el ciclo del combustible nuclear, así como crear el conjunto de principios adecuados a los aspectos institucionales, jurídicos y otros relacionados con el establecimiento de tales centros multinacionales del ciclo del combustible.

ALCANCE DEL ESTUDIO

El estudio abarcará el transporte, almacenamiento, elaboración y reciclado del combustible nuclear, a partir del momento en que el combustible gastado sale del reactor de potencia,

pasando por todas las etapas subsiguientes hasta su reciclado en forma de elementos combustibles, listos para su envío a un reactor.

No se incluyen la producción de nuevos combustibles de uranio ni las actividades de enriquecimiento, pero el estudio abarcará aquellas actividades que requieren la gestión de desechos radiactivos producidos en el ciclo del combustible.

Normalmente sería necesario un centro regional del ciclo del combustible nuclear cuando existe necesidad inmediata de reelaboración del combustible agotado descargado de las centrales nucleares de la región. Sin embargo, dicho centro, para ser económicamente viable deberá tener un determinado tamaño mínimo u óptimo. Basándose en estudios previos realizados por varios países, se considera que la capacidad óptima de una instalación de reelaboración de combustible situada en dicho centro debe hallarse en el intervalo de 750 a 3000 toneladas de uranio reelaboradas anualmente. Por ello se propone un análisis minucioso para estudiar inicialmente ese intervalo a deducir de la gráfica del incremento de la carga eléctrica y del programa de producción de energía nucleoelectrónica cuál será la fecha más próxima en que resulte necesario en cualquier región un centro del ciclo del combustible. Posteriormente, en los casos en estudio podría considerarse cuándo, dadas ciertas condiciones especiales, puede resultar oportuna la instalación de una planta de menor capacidad.

En el primer caso sería esencial elaborar uno o más modelos en que se tuviese en cuenta todas las etapas importantes del ciclo del combustible. Las diferentes instalaciones podrían diseñarse ajustándose a una serie de parámetros que podrían variar dentro de límites concretos; el modelo debe además reflejar la influencia de cada uno de estos parámetros sobre el conjunto general. Para ayudar a preparar esos modelos se presenta en la **Figura 2** el concepto de ciclo del combustible a que se refiere el presente estudio. En el **Cuadro 1** se indican algunos de los criterios e hipótesis básicos utilizados para la primera fase del estudio, de modo que éste sea relativamente sencillo.

Considerando la noción del ciclo del combustible como se indica en la **Figura 2**, se ha establecido una metodología conceptual analítico-económica a base de módulos del programa del ciclo del combustible. Sin embargo tal método no tiene en cuenta todas las consideraciones y limitaciones correspondientes, que tendrán que estudiarse también minuciosamente. El estudio comprenderá, por lo tanto, cuatro tipos básicos de actividades, a saber:

- Desarrollo de uno o más modelos matemáticos y de los correspondientes códigos *computadorizados para permitir el análisis del flujo de materiales en el ciclo del combustible nuclear desde la descarga del combustible agotado, pasando por el reciclado y la fabricación de elementos combustibles reciclados. Esos modelos deben permitir la evaluación y optimización de varias estrategias del combustible nuclear en lo que se refiere a la reelaboración, almacenamiento, transporte y gestión de desechos.*
- Estudio de los datos de entrada necesarios para el modelo. Esto requerirá la creación de cierto tipo de banco de datos, así como el estudio de los datos empíricos, procedentes de las mejores fuentes disponibles, tales como los costos de infraestructura operacionales de diferentes plantas de reelaboración en función de su tamaño.
- Creación de un sistema analítico para evaluar las estrategias óptimas, incluyendo la identificación de datos de entrada que puedan necesitarse posteriormente y realizando análisis adecuados de sensibilidad en función de datos de entrada variables con ayuda del modelo.
- Realización de varios estudios conexos para evaluar diferentes aspectos tales como los institucionales, jurídicos, administrativos, financieros, ecológicos, de salud pública y seguridad, etc. esenciales para la plasmación del concepto de centros regionales del ciclo del combustible nuclear.

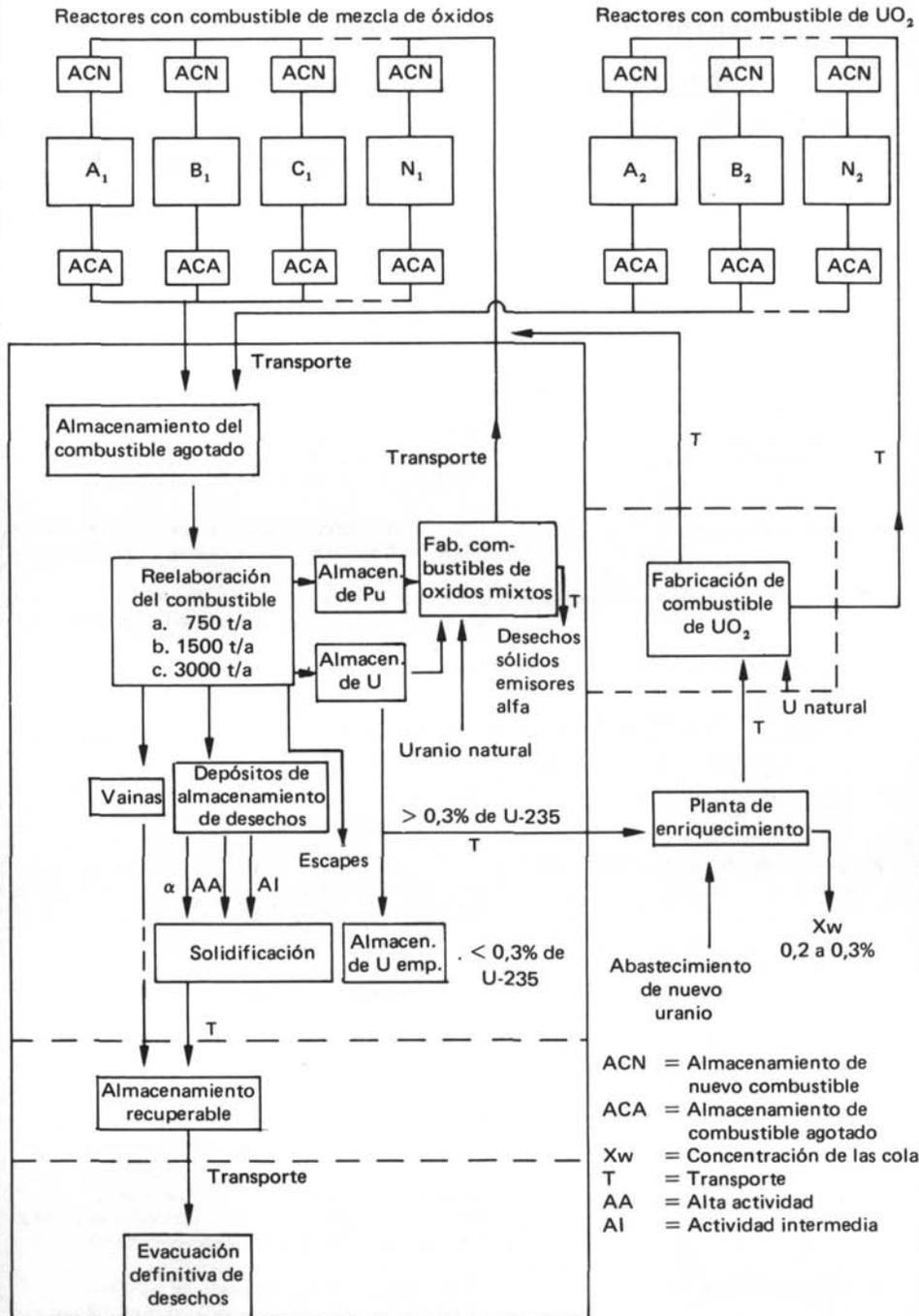


FIGURA 2

CUADRO 1
CENTRO REGIONAL DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR
CRITERIOS BASICOS – FASE I DEL ESTUDIO

TEMA:	HIPOTESIS SIMPLIFICADORAS:
1. Período de tiempo	1985 a 2000
2. Capacidad de las plantas de reelaboración	750 a 3000 t/a
3. Previsión de la capacidad del reactor basada en la utilización de combustible de mezcla de óxidos Tamaño de los reactores Número de reactores	200 MW(e) a 1200 MW(e) Determinado por la capacidad de la planta de reelaboración, y por el tamaño del reactor
4. Tipos de reactores	LWR – 80 a 100% de la capacidad total instalada HWR – 0 a 20% de la capacidad total instalada
5. Características del ciclo del combustible	Debe considerarse el reciclado del Pu También reelaboración diferida del combustible
6. Número de plantas de reelaboración	Inicialmente de 1 a 3 por región
7. Fabricación del combustible: a. Combustible a base de UO ₂ b. Combustible de mezcla de óxidos Capacidad de fabricación	En el centro y fuera del centro Solamente en el centro Determinada por la capacidad de producción eléctrica instalada
8. Necesidades de combustible: a. Uranio b. Planta de enriquecimiento	Necesidades anuales Necesidad total integrada Capacidad basada en: a. Reciclado del Pu b. Reelaboración diferida
9. Almacenamiento de combustible agotado: a. En el emplazamiento del reactor b. En el centro	1 a 10 años 1 a 10 años Apto para abastecer la capacidad óptima de reelaboración de combustible de la planta. O hasta que las necesidades de Pu exijan la reelaboración del combustible agotado, o sea hasta 1955 (es decir 10 años de almacenamiento)
10. Almacenamiento de Pu	Hasta 1955, si no hay reciclado de plutonio Después, no es necesaria capacidad suplementaria de almacenamiento para el Pu porque se utiliza en reactores reproductores

TEMA:**HIPOTESIS SIMPLIFICADORAS:**

11. Gestión de desechos radiactivos:	
a. Procedentes de la planta de reelaboración	Solidificación de desechos en el centro
b. De la planta de refabricación del combustible	Solidificación de desechos en el centro
c. De los reactores de potencia	Tratamiento en el emplazamiento del reactor. Por lo tanto no hay que tenerlo en cuenta.
12. Almacenamiento y evacuación de desechos	Almacenamiento recuperable en el centro o en cualquier otra parte después de la solidificación: a largo plazo El método más económico para el almacenamiento a corto plazo, hasta 10 años Evacuación definitiva en el centro o en un emplazamiento alejado
13. Transporte:	
a. Para combustible agotado	En cofres según el reglamento recomendado por el OIEA Por carretera, ferrocarril o vía marítima
b. Para desechos radiactivos y de AA	Según el reglamento recomendado por el OIEA Por carretera, ferrocarril o vía marítima
14. Porcentaje de descuento	10%

En este estudio, un centro "regional" supone un concepto flexible de modo que cualquier grupo de Estados Miembros puede crearlo en una región determinada sobre bases económicas, geográficas o sociopolíticas. Por tanto, el proyecto tiene por finalidad facilitar a los Estados Miembros un mecanismo para la coordinación y cooperación mutuas a fin de optimizar las estrategias del ciclo del combustible nuclear.

REALIZACION DEL ESTUDIO

Desde el punto de vista de realización, el estudio se dividirá en cuatro fases, según se muestra en la Figura 3. La fase I comprende la preparación del modelo inicial y del código para computadora. La fase II comprende la prueba inicial del modelo y del código. En la fase III se finaliza la preparación de un informe detallado del desarrollo y aplicación del concepto de centros regionales para el ciclo del combustible nuclear, abarcando el correspondiente modelo, el código para computadora, los datos de entrada y los estudios ilustrativos; al final de esta fase III deberá ser posible realizar estudios de investigación de diferentes estrategias para centros regionales en comparación con centros nacionales dispersos. De cualquier modo, durante la fase IV, que abarcará la evaluación completa de cualquier propuesta de creación de un centro regional concreto, será necesario realizar estudios técnicos de viabilidad empleando la información proporcionada por arquitectos e ingenieros consultores para obtener datos locales, información de costos y sobre otras cuestiones para determinar así los costos definitivos de construcción y funcionamiento. Esta fase abarcará también la elaboración de estructuras institucionales más concretas necesarias para los acuerdos regionales. De todos modos, para esto será necesario iniciar previamente consultas entre los Estados Miembros y el OIEA, mediante las cuales se tratará de identificar cuestiones de primordial importancia referentes a los

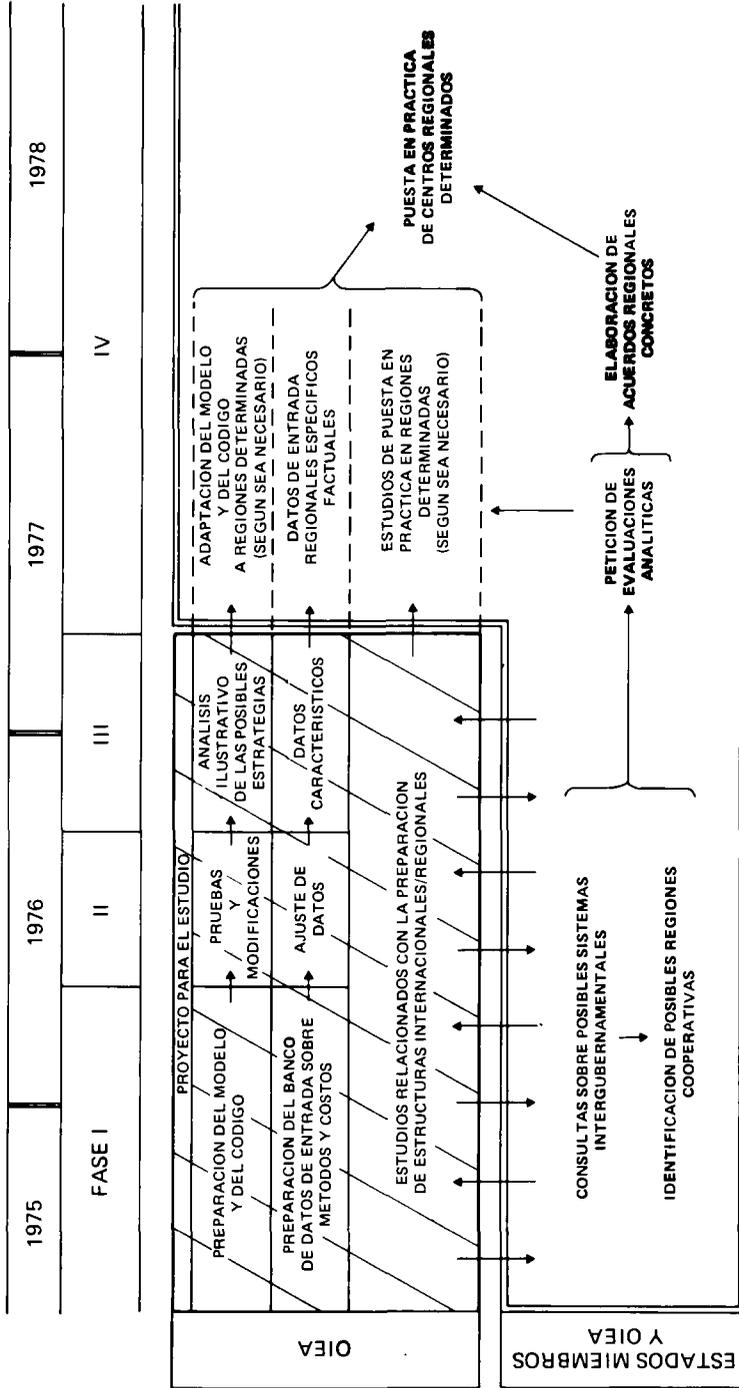


FIGURA 3

diferentes intereses de los Estados Miembros, de modo que pueda conseguirse una amplia gama de posibles sistemas intergubernamentales. Se proyecta presentar los resultados obtenidos a lo largo de estos estudios a la Conferencia sobre la energía nucleoelectrica y su ciclo del combustible del OIEA que se celebrará en Salzburgo (Austria) del 2 al 13 de mayo de 1977.

Con ayuda del sistema analítico preparado para este estudio y de la información correspondiente acopiada por el OIEA como parte de sus actividades referentes al estudio del mercado de la energía nucleoelectrica en los países en desarrollo, y en conjunción con otros programas en vías de realización, será posible evaluar las necesidades en materia de almacenamiento y reelaboración de combustibles agotados en las diferentes regiones del mundo durante el periodo 1975-2000. Parte de la información pertinente que podría recogerse y que puede ser útil para análisis más amplios encaminados a planificar la estrategia del ciclo del combustible es la siguiente:

- Previsiones en cuanto a reelaboración y almacenamiento de combustibles agotados, necesidades de fabricación de combustible y gestión de desechos, incluido el transporte de combustibles nuevos y agotados y de desechos radiactivos.
- Previsiones sobre la influencia sobre la oferta y la demanda de las diferentes estrategias en materia de almacenamiento o reelaboración de combustibles agotados, y repercusiones de tales estrategias en la gestión de desechos radiactivos.
- Determinación de la distribución y tamaño óptimos económicamente viables de tales centros del ciclo del combustible teniendo en cuenta a la curva de incremento de la carga.
- Análisis amplio de los diferentes factores para identificar una serie de posibilidades utilizables para la formulación de una estrategia adecuada para cada región.

Finalmente, el estudio examinará y analizará también la experiencia de otras operaciones análogas de colaboración internacional con vistas a presentar estrategias para estructurar adecuadamente los aspectos institucionales, jurídicos, administrativos, financieros, ecológicos y otros relacionados con la creación de tales centros regionales.

COOPERACION DE LOS ESTADOS MIEMBROS

Un tal estudio de un centro para el ciclo del combustible tendrá valor únicamente cuando los correspondientes datos de entrada se basen en hechos reales. El estudio debe determinar y acopiar los datos correspondientes sobre métodos y de costos que permitan que el análisis del sistema y los estudios de sensibilidad puedan realizarse como parte de la evaluación total de la estrategia del ciclo del combustible para cualquier región determinada. También será necesario disponer de la información sobre los aspectos institucionales, jurídicos, administrativos, financieros, ecológicos y otros de este estudio, procedente de los resultados de experiencias análogas, para poder preparar estrategias respecto a las estructuras más adecuadas para operaciones multinacionales de este tipo que posean la suficiente flexibilidad para permitir participar en ellas tanto a los países industrializados como en desarrollo. Como parte de este estudio, el Organismo pedirá a los Estados Miembros que proporcionen información y ayuda concretas por medio de expertos que participen con el Organismo en reuniones encaminadas a acopiar y evaluar los correspondientes datos de entrada.

Hasta ahora se han proyectado para este año reuniones de consultores sobre las siguientes esferas: Modelos matemáticos y códigos para computadoras, reelaboración de combustibles, fabricación de combustibles a base de mezcla de óxidos, gestión de desechos, almacenamiento de combustibles, transporte de combustibles, aspectos institucionales, jurídicos y financieros del estudio.

Para obtener los máximos beneficios de este proyecto es esencial cooperación y apoyo totales por parte de los Estados Miembros.