

# PERSPECTIVAS DE LA ENERGIA NUCLEOELECTRICA EN FINLANDIA

A raíz de un estudio realizado conjuntamente por la Comisión de Energía Atómica de Finlandia y el OIEA, se ha publicado un informe sobre las "Perspectivas de la energía nucleoelectrica en Finlandia". En el informe se hace un examen preliminar de las condiciones en que sería técnica y económicamente posible instalar una central nucleoelectrica importante en Finlandia a partir de 1970.

El estudio se refiere solamente a las condiciones concretas existentes en Finlandia; no obstante, se formula en él la esperanza de que sea también útil para otros países, porque "el método seguido, los factores examinados y algunos de los datos proporcionados son lo suficientemente generales para que sean provechosos para diversos países, especialmente aquellos en que predomina el uso de la energía hidroeléctrica".

El estudio es parte de un programa iniciado por el OIEA para favorecer el desarrollo de la energía nuclear. El Sr. Sterling Cole, Director General del Organismo, escribe en el prefacio del informe: "Nuestros primeros estudios en esta esfera nos convencieron de que haría a menudo los aspectos económicos de la energía nucleoelectrica han sido examinados en términos generales y sin tener en cuenta el gran número de factores que condicionan cada caso concreto. Estimamos, por tanto, que para evaluar acertadamente el porvenir de la energía nucleoelectrica en el mundo entero es necesario basarse en una serie de estudios de casos concretos y que abarquen situaciones de la índole más diversa posible. La Conferencia General del Organismo, en su cuarta reunión ordinaria, aprobó una resolución pidiendo que se continúen los estudios sobre producción de energía nucleoelectrica en los Estados Miembros que lo soliciten". Con el envío de una misión del OIEA a las Filipinas se inició en octubre último un segundo estudio sobre la producción de energía nucleoelectrica en un país.

## Antecedentes

El 3 de diciembre de 1959, el Gobierno de Finlandia indicó al Organismo que quería llevar a cabo un estudio sobre la producción de energía nucleoelectrica y que deseaba aprovechar la especialización del Organismo, contribuyendo al mismo tiempo a la ejecución de su programa en pro del desarrollo de la energía nucleoelectrica. El 12 de enero de 1960, la Junta de Gobernadores del Organismo aprobó la participación del OIEA en dicho estudio.

La labor comenzó en marzo de 1960. La Comisión de Energía Atómica de Finlandia y la Secretaría del Organismo constituyeron un grupo mixto de estudio, con la cooperación de una compañía estatal productora de energía: la Imatran Voima Osakeyhtio. Dirigió la labor del Grupo el presidente de la Comisión, Profesor Erkki Laurila. El Organismo designó a uno de sus funcionarios técnicos para que le representara e hiciera de auxiliar especial del jefe del Grupo. Una vez terminada la fase preparatoria, participaron en las tareas del Grupo un consultor del Organismo y otros funcionarios de las divisiones técnicas interesadas. El Organismo ha celebrado también consultas con la División de Energía de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa.

En el siguiente pasaje del informe se exponen brevemente las circunstancias fundamentales que han estimulado el interés de Finlandia por la energía nucleoelectrica:

"En Finlandia, la principal fuente de energía ha sido y sigue siendo el potencial hidráulico. Sin embargo, es evidente que a la larga esta fuente no bastará para cubrir el creciente consumo de energía. Ya se está explotando aproximadamente la mitad del potencial hidráulico. Por tanto, el país se verá obligado a estudiar la conveniencia de recurrir en medida cada vez mayor a la energía térmica. En el país no hay yacimientos de carbón ni de petróleo. Por esta razón ha habido que investigar objetivamente las posibilidades que ofrece la energía nucleoelectrica".

## Alcance del informe

Dado que el rápido ritmo actual del desarrollo técnico de la energía nucleoelectrica impide pronosticar con mucha antelación la posibilidad de desarrollar en Finlandia un importante programa de producción de energía nucleoelectrica, el estudio persiguió un objetivo más limitado: "investigar los criterios y factores técnicos y económicos que condicionan la introducción de la energía nucleoelectrica en el programa energético del país dentro del decenio comprendido entre 1960 y 1970".

También limitó el alcance del estudio el propósito de investigar solamente la posibilidad de producir electricidad en grandes centrales. Por esa razón no se investigó el empleo de pequeños reactores generadores de energía capaces de producir calor industrial además de electricidad, ni la posibilidad de instalar centrales de pequeña potencia en regiones lejanas situadas en el norte del país.

El informe tiene 14 capítulos. El primero consta de una introducción y de un resumen de las conclusiones. Los cinco capítulos siguientes estudian la situación energética en general, los actuales recursos e importaciones de combustible y la producción actual de energía. Los dos capítulos que siguen examinan las previsiones relativas al consumo de energía en 1970 y el programa energético destinado a cubrir las necesidades previstas. Un importante capítulo está consagrado a la evolución del papel de la energía termoeléctrica en el próximo decenio. Se estudian, desde el punto de vista de la transmisión de la energía, los posibles emplazamientos de una central nucleoelectrica para la carga fundamental intercalada en la red. En los tres capítulos siguientes se estudia el costo probable de la energía tradicional y nucleoelectrica en los próximos diez años. En el último capítulo se formulan conclusiones y recomendaciones acerca de la continuación del estudio.

### De un sistema hidráulico a otro hidrotérmico

De los resultados del estudio se desprende que hasta ahora la situación energética en Finlandia no ha sido propicia para la producción de energía nucleoelectrica rentable. En los años en que el caudal de los ríos es normal, la energía hidroeléctrica cubre, aproximadamente, el 85 por ciento de la demanda; en los años en que el caudal es inferior al normal, dicho porcentaje se reduce al 70 por ciento. Las centrales termoeléctricas complementan la producción de energía hidroeléctrica durante los meses de invierno, en que la demanda de energía es elevada y el caudal de los ríos disminuye. Las centrales térmicas utilizadas para estos fines son de poca potencia: 50 MW(e) o menos, y funcionan durante un período global que oscila entre 300 y 1 500 horas al año. Estas circunstancias son muy desfavorables para las centrales nucleoelectricas, las cuales, como se indica en el informe, "debido a sus gastos elevados de capital han de ser de gran potencia y tener elevados factores de utilización para que sean rentables".

Durante el decenio próximo puede preverse una evolución favorable a la introducción de la energía nucleoelectrica. Se estima que la energía hidroeléctrica está alcanzando ya en Finlandia el límite de su desarrollo. Se está explotando ya aproximadamente la mitad del potencial hidráulico. El aprovechamiento del potencial restante no bastará en modo alguno para cubrir la creciente demanda de electricidad, que desde 1948 viene aumentando a un ritmo medio del diez por ciento anual. Además, los restantes emplazamientos exigen centrales de menor potencia o de construcción mucho más complicada, por lo que cabe prever que los gastos de capital de las futuras centrales hidroeléctricas aumentarán considerablemente.

Se estima que, por todas esas razones, durante el decenio próximo el suministro de energía eléctrica en Finlandia perderá gradualmente su carácter "puramente hidroeléctrico" y será de tipo "mixto hidrotérmico", al mismo tiempo que comenzarán a construirse centrales térmicas de gran potencia para la explotación de la carga fundamental.



Central hidroeléctrica de Pyhäkoski, sobre el río Oulu, en la región central de Finlandia. En la actualidad, la mayor parte de la electricidad producida en Finlandia es de origen hidráulico, pero se estima que en el futuro las centrales térmicas desempeñarán un papel más importante

Así, a fines del próximo decenio se darán probablemente en Finlandia dos de las principales condiciones básicas para la introducción de la energía nucleoelectrica: el empleo de centrales de elevada potencia y la consecución de elevados factores de utilización. Por ejemplo, se estima que una central térmica con una capacidad de 250 MW (eléctricos) podría explotarse en 1970 con un factor de utilización superior al 75 por ciento.

### Comparación de los costos: Centrales de carbón y centrales nucleoelectricas

No obstante, sigue en pie otro problema, que es el de saber "si esta capacidad de carga fundamental podría lograrse a un precio más económico en una central nucleoelectrica que en una central de carbón".

Es evidente que en las circunstancias actuales la energía nucleoelectrica no es rentable. Uno de los factores más importantes es el coste del carbón, que puede adquirirse hoy en Finlandia a un precio medio "notablemente bajo": unos 500 marcos finlandeses (MF) por gigacaloría (Gcal)\* de calor suministrado. Este bajo precio se debe principalmente a que se dispone de carbón machacado de Polonia, país que desde 1950 ha suministrado cada año del 70 al 90 por ciento del carbón utilizado por Finlandia. No obstante, el precio ha fluctuado hasta ahora considerablemente y la cifra citada refleja la brusca disminución que se produjo en 1958. En la actualidad los gastos totales de producción de las centrales que utilizan carbón como combustible oscilan aproximadamente entre 2 y 2,5 MF (6,5 y 7,8 mills) por kilovatio hora, costo considerablemente inferior al de cualquier central nucleoelectrica en el estado actual de la técnica.

\* 1 dólar = 320 MF; 1 Gcal = 3,97 millones de unidades térmicas británicas (BTU). Por tanto, el coste citado asciende a unos 40 centavos de dólar por BTU.

Parahacer un cálculo comparativo de lo que costará producir electricidad en Finlandia, dentro de diez años, en una central nucleoelectrica y en una central de carbón, habrá que tener en cuenta toda una serie de imponderables. No obstante, cabe discernir ciertas tendencias favorables a la energía nucleoelectrica.

Una de las tendencias se relaciona con la importación de carbón. Puede suponerse, calculando con moderación, que durante los diez próximos años la producción de electricidad aumentará a un ritmo del 8 por ciento anual, en vez de hacerlo, como en los últimos tiempos, a un ritmo del 10 por ciento; entonces, con arreglo a los planes actuales de desarrollo hidroeléctrico, en un año de precipitaciones normales sólo se generaría hidráulicamente el 60 por ciento de la energía. Para suministrar el resto sería necesario importar 2 500 000 toneladas de carbón o una cantidad equivalente de otros combustibles, cifra diez veces superior a la actual. En el informe se dice que "no conviene en absoluto aumentar exageradamente la importación de los elementos energéticos necesarios en un país cuyo comercio exterior desempeña un papel tan importante en la economía. Por tanto, el vivo interés que suscitan actualmente las perspectivas de la energía nucleoelectrica en Finlandia está enteramente justificado por las circunstancias económicas nacionales". Esto es tanto más cierto cuanto que los escasos trabajos de prospección de combustibles nucleares realizados hasta hoy "dejan entrever la posibilidad de que la producción nacional llegue a cubrir la demanda de tales combustibles".

Otro factor favorable al empleo de la energía nucleoelectrica es el hecho de que probablemente su tecnología se perfeccionará durante los diez próximos años con mayor rapidez que la de las centrales eléctricas tradicionales.

En el informe se cotejan estos diversos factores en una serie de comparaciones entre el costo de la energía producida en centrales nucleoelectricas y en centrales de carbón en 1960, 1965 y 1970. El costo de la energía nucleoelectrica se refiere a los reactores de uranio natural refrigerados por gas y de agua hirviendo, seleccionados a causa de sus condiciones "reconocidas", aun cuando en el informe no se excluye la posibilidad de que un descubrimiento tecnológico "ponga de relieve la conveniencia de emplear otros tipos de reactores".

El cálculo del costo se efectúa dando diversos valores a algunas variables importantes. Por ejemplo, el costo de la energía tradicional se calcula basándose en dos precios del carbón: uno corresponde al costo del calor suministrado, que es en la actualidad muy bajo (unos 500 MF/Gcal en la costa); el otro corresponde a un costo de 750 MF/Gcal. Los cálculos relativos a las dos clases de centrales: de carbón y nucleoelectricas, se efectúan suponiendo, sucesivamente, tipos de interés del 6 y del 8 por ciento, así como factores de utilización de las centrales del 50, 60, 70 y 80 por ciento. Se supone que la potencia máxima de las centrales generadoras será

de 150 MW(e) en 1965, pero que en 1970 será de 250 MW(e), por lo que con respecto al último año mencionado los cálculos se refieren a ambas potencias.



Componentes principales del grupo de estudio organizado conjuntamente por Finlandia y el OIEA, que se reunió en Helsinki. De izquierda a derecha: Sr. L. Nevanlinna, Ingeniero de Redes de la Imatran Voima; Sr. M. Laurila, Director del Departamento Eléctrico de la Imatran Voima; Profesor E. Laurila, Presidente de la Comisión de Energía Atómica de Finlandia; Dr. C. Erginsoy, Oficial de Planificación del OIEA; Sr. R. Tuuli, Ingeniero Nuclear de la Imatran Voima

## Conclusión

Se reconoce que la comparación correspondiente a 1965 es hipotética, "dado que la situación energética no permitirá probablemente construir más centrales térmicas para la carga fundamental que las ya iniciadas". No obstante, se señala que la comparación basada en una planta de 150 MW(e) indica que los costos nucleares "distan mucho de ser rentables" si se admiten los factores de utilización, tipos de interés y costos del carbón supuestos.

En cambio, una de las bases de comparación utilizadas para 1970 indica que una central nucleoelectrica puede resultar rentable si la central tiene una potencia de 250 MW(e), el tipo de interés es del 6 por ciento, el coste del calor obtenido en las centrales de carbón es de 750 MF/Gcal, y el factor de utilización es del 80 por ciento.

No sería sorprendente que el costo del calor obtenido en centrales de carbón pasara de 500 a 750 MF/Gcal, ya que en los diez últimos años el precio del carbón ha pasado de "algo menos de 500 MF/Gcal al doble de esta cifra". Análogamente, el tipo de interés ha pasado últimamente en Finlandia del 6,5 al 8 por ciento para las transacciones interiores y al 5,5 por ciento para las transacciones con el exterior. Ya se ha hecho referencia al cálculo que indica que una central de 250 MW(e) de potencia, sería rentable con un factor de utilización del 80 por ciento.

El informe termina recomendando que se prosigan los estudios sobre las perspectivas de la energía nucleoelectrica en Finlandia. Por lo que respecta a las

centrales generadoras de gran potencia, los estudios que se recomiendan abarcarían las necesidades de cambio interiores y con el extranjero, los costos del ciclo del combustible, la potencia óptima de las centrales, y los costos de la producción de energía en muchos y muy diversos sistemas de reactores. También se recomienda que se investigue el empleo de reactores para suministrar calor y la instalación de

pequeñas centrales en las zonas septentrionales más remotas. Para más adelante el informe recomienda que se hagan estudios sobre "un programa importante de producción de energía nucleoelectrónica", si fueran positivos los resultados de los nuevos estudios que se realicen sobre las condiciones básicas necesarias para la introducción de la energía nucleoelectrónica.

---

## EL SIMPOSIO SOBRE LOS EFECTOS QUIMICOS DE LAS TRANSFORMACIONES NUCLEARES CELEBRADO EN PRAGA

En vista de que muchos países tienen ya en funcionamiento o pondrán pronto en servicio pequeños reactores de investigación que, además de servir para otros fines, pueden utilizarse como fuentes de radiación para estudiar las transformaciones nucleares, el Organismo Internacional de Energía Atómica ha reunido recientemente un Simposio internacional sobre los efectos químicos de las transformaciones nucleares.

En el Simposio, que se celebró en Praga (Checoslovaquia) del 24 al 27 de octubre de 1960, participaron 180 científicos de 25 países, y dos organizaciones internacionales.

Las transformaciones nucleares son reacciones en las que se modifica la composición o el estado energético de los núcleos. La captura neutrónica, la transición isomérica y la emisión de radiaciones alfa, beta y gamma constituyen ejemplos importantes de esas transformaciones. La considerable cantidad de energía que suele liberarse en el curso de las mismas destruye a menudo la molécula a la que va ligado el átomo que reacciona. Estas transformaciones suelen denominarse "efectos de los átomos calientes" por la elevada energía de los átomos que reaccionan, y la ciencia que estudia todos los fenómenos de esta índole recibe a veces el nombre de "química de los átomos calientes".

Los participantes en el simposio presentaron y examinaron unas 85 memorias, agrupadas por materias. Entre éstas cabe citar los aspectos teóricos de la química de los átomos calientes, el estudio de los productos de retroceso en fase gaseosa, los efectos químicos de la captura radiactiva de neutrones en los compuestos orgánicos líquidos y en los haluros de alquilo, los efectos químicos de las transformaciones nucleares en los sólidos, la química de re-

troceso del carbono y del tritio, los efectos de la desintegración beta, de los procesos  $(n, p)$ ,  $(d, n)$ , y de otras reacciones y las aplicaciones de la química de los átomos calientes.

Actuaron de presidentes de las siete sesiones del Simposio los eminentes hombres de ciencia siguientes: R. Brdicka (Checoslovaquia), J. I. Vargas (Brasil), J. E. Willard (Estados Unidos), Sra. K. E. Siekierska (Polonia), B. M. Shukla (India), G. Harbottle (Estados Unidos), N. Saito (Japón), W. Herr (República Federal de Alemania), F. Cacace (Italia), A. P. Wolf (Estados Unidos), G. N. Walton (Reino Unido), V. Nefedov (Unión Soviética), R. Leveque (Francia) y A. N. Nesmeyanov (Unión Soviética).

El Profesor A. G. Maddock (Reino Unido) y el Dr. O. Suschny (Organismo Internacional de Energía Atómica) desempeñaron función de secretarios científicos del Simposio.

El Simposio puso de relieve que el interés despertado por la materia dista mucho de ser puramente académico. Aunque gran número de memorias se referían a aspectos teóricos, se señaló que las reacciones de los átomos calientes permiten preparar cómodamente gran cantidad de isótopos radiactivos y de compuestos marcados, prácticamente exentos de sus homólogos inactivos. Estas preparaciones, denominadas libres de portador, son muy solicitadas por sus aplicaciones industriales, médicas y científicas.

Las deliberaciones pusieron de manifiesto que para poder aprovechar eficazmente la energía nucleoelectrónica es imprescindible conocer en detalle las características de los daños provocados por las radiaciones. Las transformaciones nucleares en los sólidos constituyen un medio de provocar esos daños, a la vez que dan origen a productos radiactivos que