

# Centros nucleares modelo

por M. Osredkar\*

Los centros nucleares de Yugoslavia han reorientado parte de sus actividades hacia problemas no nucleares. Tres factores han contribuido al éxito de esta transición: condiciones de trabajo adecuadas y estimulantes; concentración de medios y de científicos e ingenieros con espíritu de dedicación; y la existencia de interrelaciones de las diferentes esferas científicas, así como la utilización para los trabajos de ciencias y tecnologías avanzadas.

En los años comprendidos entre 1947 y 1951 Yugoslavia estableció varios institutos de investigación para el desarrollo y aplicación de la energía nuclear en su sentido más amplio. Tres de ellos (Instituto Boris Kidrič en Vinča, cerca de Belgrado; Instituto Rudjer Bošković en Zagreb; e Instituto Jožef Stefan de Ljubljana) comenzaron con un programa bastante similar al de muchos otros centros nucleares del mundo; otros dos centros se dedicaron a un campo de actividades más limitado para realizar estudios geológicos y ocuparse de la tecnología de materiales nucleares básicos tales como el uranio.

La idea que inspiró el establecimiento de los tres centros nucleares fue aprovechar el potencial de los tres campus universitarios más importantes en aquel momento. Además, disponer de más de un centro nuclear correspondía al carácter federal del país. Las personalidades científicas a las que incumbió la principal función en la organización de los centros eran en muchos casos catedráticos de universidad, estableciéndose así íntimas relaciones entre las universidades y los institutos. Estos centros nucleares estaban bien dotados y gozaron por consiguiente de excelentes oportunidades para un sano desarrollo.

En los años 60 disminuyó gradualmente la importancia concedida al programa nuclear y a los centros nucleares, pues era cada día más evidente que no estaban justificadas las previsiones iniciales relativas a la energía nuclear en tanto que fuente simple y económica de electricidad, y que era esencial disponer de una estructura industrial fuerte y desarrollada para poder fabricar equipo nuclear e instalar centrales nucleares. Al mismo tiempo, el bajo precio y la disponibilidad del petróleo crearon en muchos círculos la impresión de que la energía nucleoelectrónica no era necesaria, y que si llegaba a serlo se dispondría de ella fácilmente en el mercado. También abundaba la opinión de que el "programa nuclear" debía ser un proyecto más limitado, que no comprendiese todas las "ciencias nucleares" en su sentido más amplio.

Por otro lado, debido al desarrollo del sistema político de Yugoslavia y a la consiguiente descentralización de

las funciones de gobierno, la labor de programar y la financiación de las actividades de los centros nucleares se transfirieron en parte a otros organismos encargados de trabajos de investigación. Pero no se adoptaron disposiciones para organizar de modo sistemático y total otros grandes proyectos necesarios para el desarrollo industrial que requerían la intervención de los centros nucleares. Todavía no se había establecido la planificación del desarrollo general y económico y, dentro de él, de la investigación. Por lo tanto, la responsabilidad de reorientar el programa de investigación y de encontrar los fondos necesarios para el mismo recayó en gran parte en los científicos de los propios institutos. Para facilitar este proceso, los institutos recibieron ayuda financiera durante un período de transición de varios años de modo que pudieran reorientar su labor hacia los problemas de investigación pertinentes.

No es cuestión sencilla establecer mutuas y continuas relaciones de cooperación con la industria y otros usuarios de la investigación. Sin entrar en detalles, los centros nucleares tenían más posibilidades de éxito que otros institutos debido a que:

- Disponían de personal técnico y científico capacitado y acostumbrado a trabajar en grupos interdisciplinarios, contaban con una cooperación internacional eficaz y estaban habituados a una actuación conjunta.
- Debido a las necesidades de su labor de investigación permanecían en contacto con las ciencias y tecnologías avanzadas.
- Habían adquirido buenos conocimientos científicos en disciplinas que no eran específicamente nucleares pero que podían aplicarse en muchas actividades industriales y en otras esferas.
- Estaban básicamente bien equipados para la investigación.
- Sus científicos se sentían dispuestos a demostrar la utilidad de la ciencia y de la investigación en el desarrollo industrial y poseían el necesario discernimiento para decidir en qué esferas podían ser aplicadas.

Antes de llegar a la situación actual hubo que resolver y superar muchos problemas y dificultades. Una indicación del éxito de la reorientación de los institutos nucleares es el volumen de investigación realizado en virtud de contratos para la industria y para otros usuarios. Mientras que hace unos diez años la cooperación suponía un diez por ciento — proporción prácticamente insignificante — y consistía principalmente en introducir o desarrollar métodos "nucleares" o en la utilización de isótopos, técnica que actualmente se ha convertido en un instrumento habitual, la cooperación actual con la industria se refiere casi exclusivamente a problemas no nucleares y aporta en algunos institutos hasta el 50% o más de todos sus ingresos. Los ingresos restantes, invertidos principalmente en investigaciones fundamentales y proporcionados por fundaciones con fines científicos, son de gran importancia para la investigación fructífera en virtud de contratos, dado que facilitan el

\* El Sr. Osredkar es catedrático de Física e Ingeniería de reactores en la Universidad de Ljubljana y Exdirector del Instituto Jožef Stefan (Apartado de Correos 199, Ljubljana, Yugoslavia). Este artículo se basa en un discurso pronunciado por el Sr. Osredkar en la Sesión científica de la Conferencia General del OIEA de 1981.

## Evolución de las investigaciones nucleares

continuo aumento de los conocimientos científicos básicos necesarios para la aplicación con éxito de las investigaciones.

### La labor realizada para la industria

En la lista adjunta figuran algunos de los trabajos que han realizado los institutos en la esfera no nuclear utilizando las técnicas y los conocimientos adquiridos en las investigaciones nucleares. Por ejemplo, los materiales concebidos para su utilización industrial proceden de los laboratorios que anteriormente se dedicaban principalmente a trabajos relacionados con el combustible nuclear: muchos de los materiales se están produciendo o se producirán en un próximo futuro a escala industrial; varios han sido patentados y se han vendido licencias de otros. Aunque los trabajos sobre transferencia de masa y calor representan principalmente aplicaciones de métodos conocidos — desarrollados en laboratorios que solían trabajar en cuestiones de transferencia de calor y refrigeración de reactores — en la esfera de la transferencia de masa se ha realizado algún trabajo original y el proceso resultante se ha patentado.

Los laboratorios que trabajaban principalmente en física y química nucleares han pasado a investigar sobre cuestiones ambientales. Reviste particular interés la labor desarrollada en calidad de consultores sobre evaluación de las repercusiones ambientales, labor que ha tenido influencia directa sobre las decisiones relativas a las inversiones. Hasta ahora, se han realizado más de 200 de dichas evaluaciones. Nuestros centros nucleares tienen también una participación importante en la rápidamente creciente utilización de la electrónica y de las computadoras. Su equipamiento de dotación lógica es de los mejores y más avanzados.

Gran parte de la labor mencionada en la lista adjunta se ha aplicado ya a escala industrial, mientras que el resto se encuentra en diversas etapas del proceso conducente a su aplicación.

### Universidades

Al tratar de la utilización con fines no nucleares de los centros nucleares de Yugoslavia conviene no pasar por alto su relación con la enseñanza universitaria. Al principio, los principales investigadores y el personal

### Algunos resultados de los estudios dedicados a problemas no nucleares

#### Materiales para utilización industrial

Cerámica dieléctrica para elementos y circuitos electrónicos  
Material cerámico magnético  
Material cerámico duro para herramientas mecánicas  
Material cerámico refractario para usos diversos  
Material cerámico refractario poroso para aislamientos térmicos  
Aleaciones de cobre de elevada conductividad  
Aleaciones de cobre de elevada resistencia mecánica  
Herramientas antichispas  
Filtros metálicos  
Aleaciones de aluminio  
Aleaciones de níquel  
Materiales compuestos  
Revestimientos y fibras de carbono  
Revestimientos metálicos para conferir resistencia a la abrasión  
Cristales líquidos  
Ensayos no destructivos

#### Transferencia de calor y de masa

Diseño de torres de enfriamiento y verificación experimental (tamaños pequeños y medios)  
Evaluación, verificación y supresión de la contaminación térmica  
Cinética del secado y diseño de instalaciones en el caso de productos agrícolas  
Caracterización de carbones para su combustión óptima  
Problemas de incrustación y depósito de cenizas en hornos  
Depósitos en la superficie interior de tubos de calderas  
Caracterización y estandarización en termofísica de materiales metálicos y no metálicos  
Diseño y verificación experimental de hornos industriales  
Minimización del consumo de combustibles líquidos en centrales térmicas  
Combustión de carbón, esquistos y biomasa en lechos fluidificados  
Transporte de polvos, materiales granulares y granos en lechos fluidificados

#### Medio ambiente

Mediciones y control de la contaminación: inorgánica (por metales pesados), orgánica (radiactiva)  
Instrumental y sistemas automáticos para el acopio y proceso de datos en el control de la contaminación  
Medición y control de la contaminación marina  
Labores de consultoría sobre evaluación de las repercusiones ambientales de las instalaciones de producción industrial existentes y futuras para su utilización por la administración y los bancos

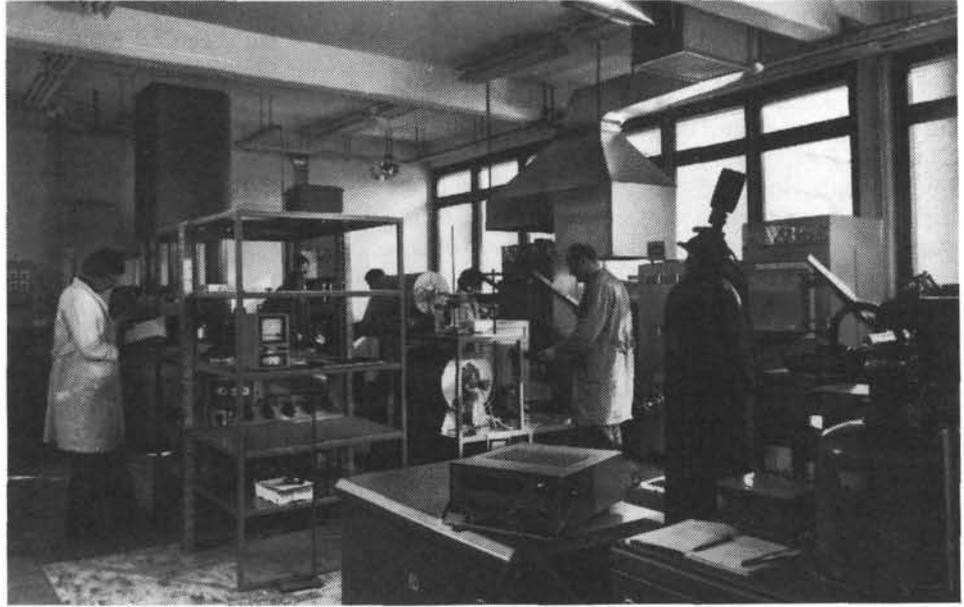
#### Química

Elaboración y adaptación de tecnologías relativas a desechos industriales (sulfatos, desechos farmacéuticos, gases de escape, etc)  
Realizaciones para la industria farmacéutica (síntesis, ensayos, proteínas, antibióticos, producción de enzimas)  
Esterilización por irradiación  
Tratamiento por irradiación (curado) de polímeros (tubos encogibles)

#### Electrónica y computadoras

Elaboración de modelos matemáticos  
Instrumental y control de procesos  
Sistemas computadorizados de datos y control para utilización industrial  
Sistemas de microporcesadores para diferentes aplicaciones en procesos y equipo (fermentación, fabricación de hormigón, iluminaciones técnicas, servicios para hoteles, etc.)  
Redes de microprocesadores (vigilancia meteorológica y ambiental, comunicaciones, etc.)  
Redes de computadoras (centros de investigaciones radiológicas, universidades, etc.)  
Sistemas de información computadorizados (gobierno, agencias de prensa, asamblea federal)  
Optoelectrónica  
Biocibernética y estimulación eléctrica de músculos  
Robotónica  
Sistemas de dotación lógica

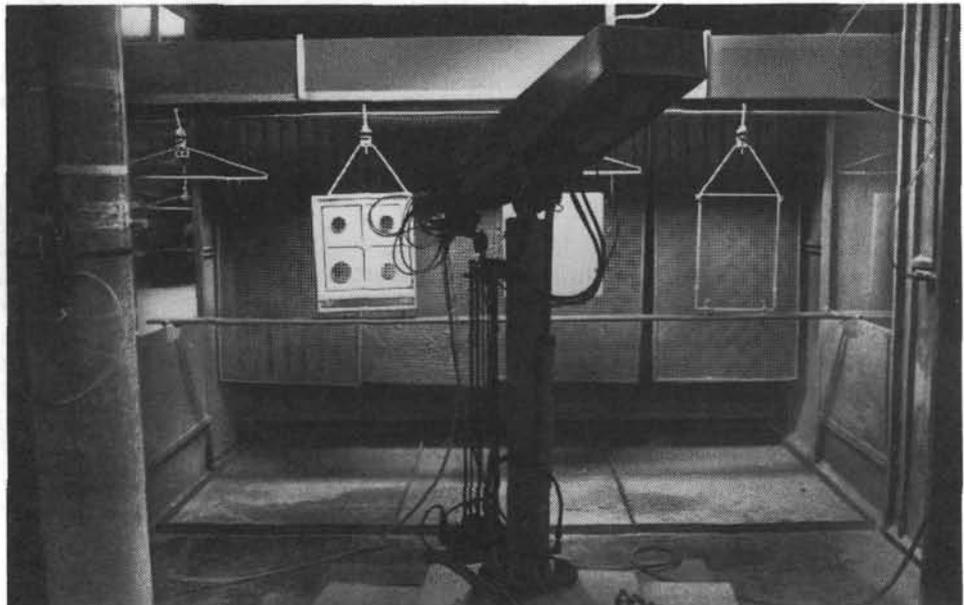
Vista del laboratorio del Instituto Jožef Stefan dedicado a la elaboración de materiales cerámicos.



Microscopio electrónico de exploración utilizado en el laboratorio de materiales cerámicos.



Un robot industrial para pintar componentes metálicos de aparatos domésticos (frigoríficos, etc.), diseñado y construido en el Instituto Jožef Stefan.



científico superior de los centros eran en gran parte catedráticos de universidad, ya que en aquel momento se disponía de escaso personal científico de otras procedencias. Estos científicos universitarios transfirieron sus investigaciones a los centros o comenzaron investigaciones allí donde las circunstancias eran más favorables. Con el tiempo, los científicos de los centros nucleares llegaron a ser numerosos y adecuadamente cualificados para conseguir cargos universitarios. Una vez situados en las universidades, muy a menudo continuaron sus investigaciones en los centros nucleares e incrementaron notablemente la cooperación y relaciones mutuas con los mismos. También se crearon medios para que los universitarios y postgraduados utilizaran para su formación científica las posibilidades y materiales de los centros. Mediante este proceso, los centros nucleares de Yugoslavia contribuyen a la formación universitaria, principalmente a nivel de postgraduación, y han adquirido cierto sentido en la categoría de escuelas para postgraduados o instituciones similares. El número de científicos de nuestro país que comenzaron su carrera en centros nucleares y son hoy profesores universitarios es superior a 300, y existe un número aproximadamente igual de postgraduados que han trabajado en centros nucleares (en el Instituto Jožef Stefan hay actualmente unos 100 postgraduados en un personal formado por 300 científicos). La contribución de los centros de Yugoslavia al desarrollo y crecimiento de las universidades del país es notable.

La reorientación hacia ciertas esferas no nucleares no significa que los institutos no hayan permanecido activos en la esfera nuclear. Todavía hoy realizan importantes investigaciones nucleares, aunque en gran parte en virtud de contratos a corto plazo, en especial en la esfera de la seguridad nuclear, y desempeñan una función importante como parte del órgano reglamentador en materia de aplicaciones de la energía nuclear en Yugoslavia. Dichos centros intervienen en la evaluación de la seguridad de la primera central nuclear del país y han proporcionado la mayor parte del personal y de los conocimientos técnicos utilizados en tal tarea. La técnica empleada para la producción en ciclo cerrado de torta amarilla a partir de mineral de uranio se elaboró en los centros nucleares. La utilización de la tecnología habitual, sugerida por consultores extranjeros, hubiese deteriorado el medio ambiente en la zona minera. Mientras que, según parece, la mayor parte de la minería y tratamiento de minerales en el mundo se realiza en desiertos, en Yugoslavia esas operaciones tienen lugar en un hermoso valle utilizado con fines agropecuarios y para recreo.

También se está desarrollando la labor relacionada con la gestión y el ciclo del combustible para la central nuclear, así como los trabajos referentes a problemas de evacuación de desechos radiactivos y dosimetría. Reviste especial importancia para las centrales nucleares la formación y capacitación de personal técnico y de operadores, labor que finalmente podría conducir al establecimiento de un centro de capacitación y formación en tecnología nuclear para cubrir las necesidades nacionales y atender a otros servicios. Reviste igual-

mente importancia la labor de consultoría realizada para el gobierno, para organismos gubernamentales y otras entidades.

### Los centros modelo

¿Qué conclusiones pueden deducirse de la experiencia de Yugoslavia? Aunque las ideas y previsiones prevalentes en el momento de la creación de los centros nucleares no eran muy realistas, como puede comprobarse hoy, en aquel tiempo las posibilidades en Yugoslavia de la energía nuclear que indujeron a la creación de los centros constituían el único estímulo capaz de acelerar el desarrollo de las ciencias físico-naturales y la tecnología nuclear. Este hecho puede comprobarse perfectamente comparando el desarrollo de los institutos nucleares con el desarrollo anterior de otros institutos y universidades. Hoy las "ciencias nucleares" en Yugoslavia y en cualquier otra parte del mundo no pueden desempeñar la misma función que desempeñaron hace 30 años. Es difícil sostener actualmente lo que muchos pensaban hace 30 años: por ejemplo, que la labor en física nuclear en general es esencial para el desarrollo de la energía nucleoelectrónica en un país.

No obstante, el ejemplo de los centros nucleares de Yugoslavia, su función en el pasado y especialmente su función actual pueden ser significativas e instructivas para aquellos países que se encuentren hoy en condiciones similares a las existentes en Yugoslavia hace 30 años y que deseen crear y fomentar su infraestructura científica, tan importante para el desarrollo social y económico. Es esencial para ellos crear los medios necesarios adaptados a las circunstancias y tradiciones específicas del país, para establecer condiciones favorables, superiores al promedio general, y concentrar medios para la investigación, así como grupos de científicos experimentados y creativos y de jóvenes investigadores, con el correspondiente equipamiento necesario. Es esencial crear condiciones estimulantes para los científicos y los ingenieros, que les ofrezcan un medio activo, y fecundador y les faciliten el contacto con los trabajos más avanzados que se realicen en otros lugares; en otras palabras: crear en el seno de universidades u otras instituciones los que pudiéramos llamar "Centros modelo" para trabajar en algunos sectores interesantes de investigación relacionados con el desarrollo nacional. Ciertamente no es ello una tarea fácil, y resultará especialmente difícil encontrar para los cargos rectores de dichos centros personal que, además de su eficacia como científicos y pedagogos establecer y dirigir la organización necesaria. Es muy importante señalar que tales centros, con independencia del país de que se trate, han estado siempre expuestos a ataques por parte de muchos sectores y necesitan una protección adecuada. No obstante, creo que ningún tipo de investigación diseminada, como se encuentra a menudo en las universidades puede conseguir, incluso a niveles superiores, los mismos resultados que los centros que ofrezcan oportunidades para desarrollar las relaciones mutuas entre diferentes esferas de investigación y entre científicos de elevada preparación y alto espíritu de dedicación.