

ESTRATEGIAS PARA UN COMBUSTIBLE NUCLEAR COMPETITIVO

J. M. ÁLVAREZ - L. REBOLLO

En el nuevo marco de generación eléctrica, la operación de las Centrales Nucleares por las empresas eléctricas se basa en los criterios de competitividad requeridos por un mercado cada vez más liberalizado y desregulado, en el que con frecuencia se plantea una rivalidad entre las estrategias de innovación y de estandarización. Por una parte, la innovación promueve el uso de nuevas tecnologías, productos y/o procesos en búsqueda de la reducción de costes basada en el aumento de los márgenes operativos, en tanto que, por otra parte, la estandarización se apoya en tecnologías, productos y/o servicios bien conocidos y consolidados en búsqueda del máximo beneficio derivado de la experiencia operativa previa acumulada.

Para evaluar la estandarización frente a la innovación, se propone un análisis de "riesgos y oportunidades" de cada una de estas estrategias aplicadas a la industria del combustible nuclear. Como resultado, se sugiere una estrategia combinada "innovación + estandarización" basada en la integración complementaria de ambas estrategias básicas, de forma que las desventajas de cada una se compensa con las ventajas de la otra. De esta forma se consigue minimizar el riesgo total, maximizar las oportunidades globales y garantizar el objetivo de lograr el máximo beneficio de su combinación, propiciando el suministro de un combustible nuclear competitivo.

In the new framework of electricity generation, Nuclear Power Plants are operated by the electric utilities based on the competition required by an increasingly deregulated and liberalised market so that there is frequently a competition between the strategies of innovation and standardisation. On one hand, innovation promotes the use of new technologies, products and/or processes looking for a reduction of costs based on the increase of the operating margins, while, on the other hand, standardisation promotes the use of well known and consolidated technologies, products and/or processes looking for getting the maximum benefit from the accumulated previous operating experience.

In order to evaluate the standardisation versus the innovation, an analysis of "risks and opportunities" of each of these strategies applied to the industry of the nuclear fuel has been suggested. As a result of it, a combined strategy "innovation + standardisation" based on the integration of both basic strategies in a complementary mode, has been suggested, the disadvantages of each of these strategies being compensated with the advantages of the other one. In this way, the total risk is minimised, the global opportunities are maximised, and the main overall objective of getting the maximum

benefit of the combination of both strategies looking for a competitive nuclear fuel is guaranteed.

INTRODUCCIÓN

En el nuevo marco de generación de electricidad, las compañías eléctricas operan sus centrales nucleares bajo la presión de la competitividad creciente requerida por la desregulación y liberalización del mercado cambiante, por lo que puede concluirse que la energía nuclear tendrá éxito en el futuro o fracasará, entre otras cosas, en función de su relativa competitividad frente a las demás fuentes de generación.

En este contexto, en el que la competencia abierta obliga a mejorar sistemáticamente la eficiencia económica, la reducción de los costes de generación pasa a ser imperativa. Para alcanzar este objetivo, las compañías eléctricas vienen procediendo a la subida sistemática de la potencia nominal de sus centrales nucleares y a la definición de nuevas estrategias de gestión presupuestaria para mejorar su margen de beneficio en el área de generación.

En lo que respecta a la tecnología y gestión del ciclo de combustible nuclear, incluyendo tanto la gestión "in-core" como la gestión "out-of-core", este nuevo escenario económico sugiere emprender las siguientes acciones:

- Mejorar la utilización del combustible, sobre la base a una gestión ópti-

ma del inventario en el reactor y en la piscina;

- Aumentar el rendimiento del combustible, sobre la base de aumentar el quemado de descarga;
- Mejorar los márgenes termohidráulicos; y
- Añadir flexibilidad operativa.

Como resultado se espera que la economía del ciclo de combustible, basada en una gestión más eficiente de éste y en unas mejores condiciones operativas de las centrales nucleares, mejore sensiblemente, reduciendo los costes de generación de la electricidad de origen nuclear.

Por otra parte, la mejora de la fiabilidad y el aumento de la seguridad del combustible nuclear, a altos quemados, y la reducción de las dosis radiológicas al personal de explotación son también condiciones requeridas para garantizar la aceptación pública de la energía nuclear, como fuente de generación de electricidad, basada en la reducción sistemática del riesgo.

EL MERCADO DE COMBUSTIBLE NUCLEAR

Como consecuencia del nuevo escenario económico de generación eléctrica, los suministradores de combustible nuclear compiten en un mercado sometido a la presión creciente de sus clientes que buscan una respuesta rápida a sus estrategias en

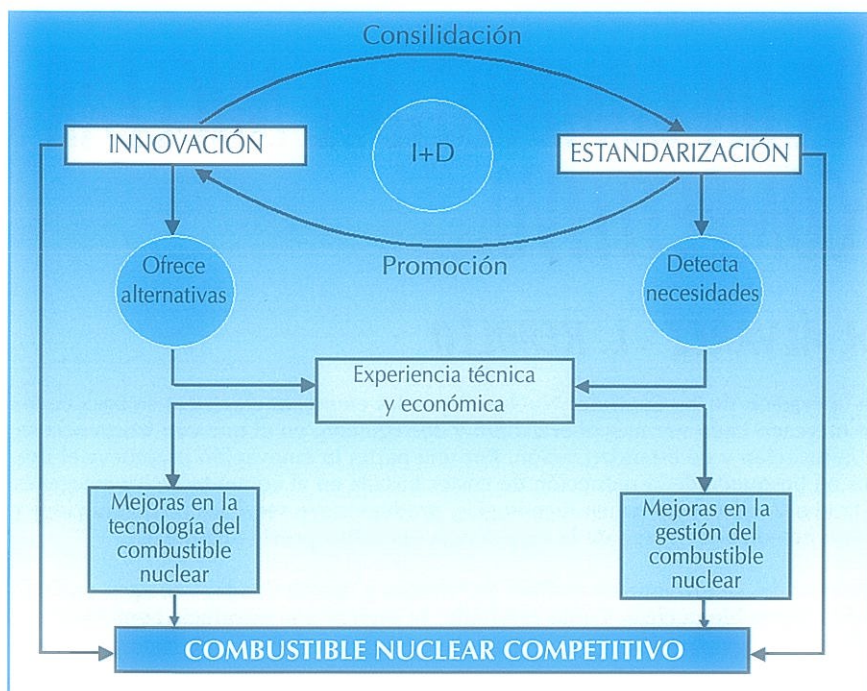


Figura 1. Metodología de análisis de riesgos y oportunidades para evaluar la idoneidad de la estandarización y de la innovación del combustible nuclear.

cuanto a reducción del coste de combustible, mayor flexibilidad derivada de los márgenes operativos adicionales, mayor simplicidad en el proceso de licenciamiento, y superiores quemados de descarga. En este contexto, los actuales elementos combustibles ofertados por los suministradores como productos consolidados para reactores PWR y BWR, basados en una experiencia amplia y bien conocida, no pueden afrontar los nuevos requisitos de los explotadores, por lo que se precisa el desarrollo de una estrategia orientada a productos innovadores.

Para alcanzar el objetivo de la competitividad, la visión de las compañías eléctricas considera la innovación tecnológica y la estandarización como dos elementos estratégicos básicos para mejorar la fiabilidad, la seguridad, la flexibilidad y la economía de la operación de las centrales nucleares. Sin embargo, en el proceso de toma de decisiones, se presenta frecuentemente una disyuntiva entre ambas estrategias que se suelen considerar como "alternativas" ya que, por una parte, la innovación promueve el uso de nuevas tecnologías, productos y/o procesos en busca de una reducción de costes basada en el aumento de los márgenes operativos, en tanto que, por otra parte, la estandarización promueve el uso de tecnologías, productos y/o procesos consolidados y bien conocidos en busca de mejorar el beneficio económico basándose en la experiencia operativa previa acumulada.

ESTANDARIZACIÓN DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR

Para reducir riesgos y eliminar incertidumbres se precisan proyectos fiables y maduros basados en una operación previa segura y económica, por lo que la estandarización del combustible nuclear surge, en primera aproximación, como la mejor manera de mejorar la fiabilidad, la seguridad y la economía de las centrales nucleares.

La estandarización del combustible nuclear se basa en el siguiente conjunto de características:

- Énfasis en la simplificación del diseño, licenciamiento, fabricación y operación de productos bien conocidos;
- Búsqueda de mejoras en seguridad y fiabilidad basándose en la experiencia operativa previa; y
- Garantía de costes consolidados basados en la economía de escala que se deriva de series grandes.

Sin embargo, la estandarización de combustible nuclear no puede conseguir simultáneamente el nuevo conjunto de objetivos económicos y tecnológicos de las compañías eléctricas, mencionados en los dos apartados anteriores. Además, la estandarización del combustible nuclear es incapaz de afrontar y resolver los problemas recientes asociados a la operación del combustible nuclear, que se citan a continuación:

- Comportamiento del combustible de alto quemado operando en condiciones de transitorio;
- Corrosión y crecimiento acelerado;
- Insertabilidad de la barras de control;
- Estratificación del refrigerante en la rama caliente;
- Anomalías en la distribución axial de potencia nuclear;
- Aplicabilidad limitada de los análisis genéricos; y
- Diseños incorrectos de rejillas mezcladoras.

Como resultado se concluye la necesidad de desarrollar nuevos diseños del combustible nuclear, de tipo innovador, basados en I+D, para conseguir los nuevos objetivos comerciales y técnicos del ciclo de combustible nuclear.

INNOVACIÓN DEL COMBUSTIBLE NUCLEAR

Como una alternativa a la estandarización, surge la innovación del combustible nuclear, basada en I+D, como una estrategia importante para evitar la obsolescencia tecnológica de las series estándar en operación. En una primera fase, la innovación del combustible nuclear promueve la actualización periódica de las series estándar y su transición a series mejoradas. A continuación en una segunda fase, la innovación del combustible nuclear garantiza la generación de nuevas series mejoradas que incorporan tanto avances tecnológicos como "lecciones aprendidas" del diseño, fabricación, operación, inspección y reparación de series estándar previas y de series mejoradas.

Como el desarrollo y la consolidación de nuevos modelos de combustible nuclear resulta imperativa para afrontar el desafío del mercado cambiante, la innovación promueve programas ambiciosos de desarrollo tecnológico para diseñar nuevos materiales y componentes, así como nuevos conceptos de elementos combustibles avanzados para el futuro inmediato. Como consecuencia de ello, la innovación del combustible nuclear concentra su atención en la extensión del quemado de descarga y en la mejora de los márgenes operativos, con énfasis en los siguientes conceptos:

- Robustez en el diseño nuclear, termodinámico, mecánico y funcional;
- Procedimientos de fabricación optimizados;

- Fabricación de pastillas de combustible empleando tanto Uranio natural enriquecido como Uranio enriquecido procedente de reprocesamiento (ERU) y óxidos mixtos Uranio-Plutonio (MOX);

- Empleo de barras combustibles de longitud parcial;

- Nuevos materiales avanzados que permitan alcanzar mayores quemados de descarga, minimizando los problemas de arqueo, corrosión y crecimiento del combustible, así como los de hidruración de las rejillas, de los tubos guía de las barras de control y del tubo de instrumentación;

- Nuevo diseño de rejillas con menor pérdida de carga y mayor eficiencia de mezclado termohidráulico;

- Nuevo diseño de filtros integrales antipartículas para reducir la probabilidad del daño al combustible por "fretting";

- Optimización de la operación del combustible en el núcleo del reactor;

- Verificación del comportamiento del núcleo diseñado con alta densidad de potencia al operar con altos quemados de descarga;

- Modelización del comportamiento del combustible;

- Análisis de la respuesta del combustible en operación con seguimiento de carga y en condiciones de transitorio o accidente;

- Análisis de los fallos del combustible y de la operación optimizada del reactor con combustible fallado;

- Control de la reactividad y monitorización del núcleo; así como

- Inspección del combustible y técnicas de reparación.

Como resultado de la innovación en el combustible nuclear, se dispondrá de nuevos tipos de elementos combustibles, de nuevas estrategias de operación y de nuevas estrategias de gestión, basadas en la reducción del inventario de combustible almacenado en las centrales nucleares y de los plazos de entrega de las recargas de combustible fresco que permitirán mejorar el coste del combustible en operación.

Por otra parte, los nuevos requisitos para la gestión del ciclo de combustible nuclear obligan a los suministradores de combustible y a las compañías eléctricas a revisar la ingeniería, el licenciamiento, la operación, la seguridad, el impacto medioambiental y la economía del combustible, tanto en la primera como en la segunda parte del ciclo, para definir los objetivos y alcan-

ces de la nueva I+D y de los proyectos emergentes de innovación tecnológica. En consecuencia, se prevé el incremento de los márgenes operativos y económicos de forma que las actuales limitaciones a la esperada y deseada competitividad puedan ser superadas con garantía de éxito.

RIESGOS Y OPORTUNIDADES

Para evaluar la idoneidad de la estandarización y de la innovación del combustible nuclear, la figura 1 sugiere una metodología de análisis de riesgos y oportunidades para cada una de ambas opciones. Como resultado se desarrolla una estrategia combinada "innovación + estandarización" (I+S) basada en la integración complementaria, con realimentación, de ambas estrategias básicas, de forma que la innovación y la estandarización pasen a jugar el papel de herramientas de mejora y consolidación continua, respectivamente.

Como consecuencia de la integración, las principales desventajas de cada una de dichas estrategias quedan compensadas con las ventajas esenciales de su complementaria, de forma



Juan Manuel ÁLVAREZ es ingeniero superior de Minas por la Escuela de Oviedo (Asturias, 1973), diplomado en Planificación y Administración de Empresas por la Universidad Politécnica de Madrid (1976), y titulado en el Programa de Dirección General del IESE (Madrid, 1998).

Inicio su actividad profesional en las áreas de Construcción y Consultoría (1973), incorporándose en 1977 a la Central Nuclear José Cabrera de Unión Fenosa como responsable del área de Mantenimiento, pasando a ser, posteriormente, responsable del área de Explotación en la Subdirección de Producción Nuclear de Unión Fenosa (1988). Ha desempeñado el cargo de responsable del área de Seguridad en Unión Fenosa (1990-1994), ocupando actualmente el cargo de director de Combustibles de Unión Fenosa. Es socio de la Sociedad Nuclear Española, del Club Español de la Energía y representante de España en el Coal International Advisory Board en la Agencia Internacional de la Energía.



Luis REBOLLO es ingeniero industrial (Técnicas Energéticas) por la Universidad del País Vasco (Bilbao, 1978), diplomado en Ingeniería Nuclear por la JEN (Madrid, 1979), y doctor ingeniero industrial (Madrid, 1991) y diplomado en Tecnología Energética (Madrid, 1992) por la Universidad Politécnica de Madrid, habiendo finalizado los estudios de Doctorado en Economía en el Instituto de Administración y Dirección de Empresas de la Universidad Autónoma de Madrid (1997).

Inicio su actividad profesional en el Departamento de Diseño Nuclear de ENUSA (1980), incorporándose en 1981 a la Subdirección de Producción Nuclear de UNIÓN FENOSA como responsable del área de Termohidráulica, pasando a ser, posteriormente, jefe de Ingeniería Nuclear y Combustible (1989). Ha desempeñado el cargo de jefe de Investigación y Nuevas Tecnologías (1995-96) en la Subdirección de Estudios, Investigación y Control de Gestión, ocupando actualmente el de jefe de Aprovisionamiento y Gestión del Combustible Nuclear en la Dirección de Combustibles.

Ha participado en diversos proyectos de I+D nuclear, entre los que cabe destacar OECD-LOFT, ICAP, PHEBUS-SFD, LOBI y CAMP, siendo autor de numerosas publicaciones y ponencias a nivel nacional e internacional.

Desde 1992 ha venido complementando su labor profesional con la docente como profesor del Departamento de Ingeniería Energética de la E.T.S. de Ingenieros Industriales de la Universidad Politécnica de Madrid y como profesor del Curso Master en Energía Nuclear (Universidad Autónoma de Madrid - CIEMAT). Es socio de la Sociedad Nuclear Española, del Club Español de la Energía y de la International Association for Energy Economics.