

“

Es un privilegio contar en España con una fábrica como la de Juzbado, que asegura una fabricación cercana y de altísima calidad

”

LORENZO FRANCIA

Jefe de Tecnología e Ingeniería de CEN-Foro Nuclear

Texto: MATILDE PELEGRÍ Fotos y vídeo: GRUPO SENDA

EL COMBUSTIBLE. UN TEMA CLAVE

La gestión del combustible en todo su recorrido, desde la extracción del mineral, el enriquecimiento de uranio y la fabricación de los elementos combustibles pasando por su utilización en las centrales nucleares y el posterior almacenamiento una vez agotado en los reactores, implica la participación de distintos actores. ¿Cómo se coordinan todas las entidades implicadas: Enusa, Enresa, las centrales nucleares?

Las empresas eléctricas y las centrales nucleares españolas, de forma individual o a través de órganos sectoriales de gestión y coordinación, se ocupan de los asuntos de las centrales en lo relativo a la explotación y gestión del combustible nuclear en sus diferentes etapas del ciclo de combustible, tanto en lo que se refiere a la primera parte del ciclo (*Front-End*) en la que se cuenta con la Comisión de Aprovisionamiento de Uranio (CAU) formada por las empresas eléctricas con el apoyo de Enusa como gestor de compras; como en la segunda parte del ciclo (*Back-End*) junto con Enresa a través de la Comisión Paritaria Empresas Eléctricas-Enresa para seguimiento y control de cumplimiento de los Contratos-Tipos Central-Enresa, ahora denominados Especificaciones Técnico-Administrativas, que tiene por objeto establecer los términos y condiciones en que Enresa presta a cada central

los servicios de gestión de residuos radiactivos incluyendo las soluciones para el combustible gastado y el desmantelamiento. Hay que destacar que estas dos partes del ciclo del combustible están cada vez más interrelacionadas.

En lo que se refiere a los aspectos de la fabricación de elementos combustibles, Enusa realiza la fabricación del combustible de diseño Westinghouse de los 5 reactores PWR (Almaraz 1 y 2, Ascó 1 y 2, y Vandellós II) y parcialmente de C.N. Cofrentes. Es un privilegio contar en España con una fábrica como la de Juzbado, que asegura una fabricación cercana y de altísima calidad. Enusa adicionalmente proporciona el diseño y licenciamiento de combustible de los 5 PWR. La coordinación de Enusa con los dos titulares, CNAT y ANAV, y las empresas propietarias se realiza a través de un comité de coordinación en el que se tratan los temas estratégicos y de innovación.

Por su parte, el combustible para la C.N. Trillo lo fabrica Framatome en Lingen, y está a punto de finalizar el programa de demostración de combustible fabricado por Westinghouse para asegurar su suministro, mientras que C.N. Cofrentes tiene cualificado como suministradores de combustible a Genusa en su fábrica de Juzbado, a Westinghouse en Suecia y a Framatome en Lingen.

¿Qué papel tiene Foro Nuclear en este esquema?

El Grupo de Combustible, enmarcado en el Comité de Energía Nuclear (CEN) de Foro Nuclear y compuesto por representantes de las empresas eléctricas y centrales nucleares, se ocupa y desarrolla sectorialmente un conjunto de actividades en esta área de interés común y de coordinación respecto a terceros, entre las que destacan el seguimiento de programas internacionales, la definición de las prácticas y criterios para mantener un alto grado de fiabilidad del combustible y el establecimiento de bases comunes para la aplicación de la regulación específica que aplica al combustible nuclear, así como las actividades de gestión del combustible usado para etapas posteriores a las de su almacenamiento en las piscinas de las centrales.

APROVISIONAMIENTO

El uranio enriquecido utilizado en los elementos combustibles se adquiere en diversos mercados internacionales. ¿Cómo se realiza la gestión de esta compra?

Las cuatro empresas eléctricas propietarias de las centrales nucleares españolas (Endesa Generación Nuclear, Iberdrola Generación Nuclear, Naturgy y EDP-España) realizan a través de la Comisión de Aprovechamiento de Uranio (CAU) la gestión de los abastecimientos de uranio y deciden la estrategia y toman las decisiones de compra. La CAU está formada por miembros de estas empresas y de Enusa, que actúa como agente encargado del acopio, almacenamiento, garantía y control de calidad, transporte, conversión, enriquecimiento y notificación de salvaguardias, así como todo lo necesario para la entrega final del uranio enriquecido.

La gestión conjunta del uranio enriquecido para los siete reactores españoles permite a la CAU solicitar un volumen significativo y negociar unas condiciones adecuadas del suministro en lo que se refiere a la seguridad del suministro, precio, y flexibilidad de entregas.

La CAU establece una estrategia de compras que se revisa de forma periódica considerando los diferentes condicionantes que aparecen en el mercado del uranio, especialmente convulso en el último año, determina los volúmenes de concentrados y servicios de conversión y de enriquecimiento que son necesarios para cubrir las necesidades de los reactores y tras un proceso de ofertas selecciona los suministradores más adecuados considerando su reputación, fiabilidad de los mismos y verificándose que cumplen los requisitos de Responsabilidad Social Corporativa.

El plan de coberturas satisface en todo momento las necesidades del parque nuclear español de servicios de concentrados, conversión y enriquecimiento para los próximos años.

¿Qué influencia está teniendo la guerra en Ucrania en el abastecimiento de uranio y en su precio?

La crisis de Ucrania está creando una fuerte tensión en el abastecimiento de uranio enriquecido, especialmente en los servicios de conversión y enriquecimiento, en los que Rusia ha venido cubriendo un 40 % de las necesidades mundiales. Varios países que tradicionalmente han recibido el combustible nuclear de Rusia, tanto el uranio enrique-



PERFIL PROFESIONAL

Lorenzo Francia es ingeniero industrial por la Universidad Politécnica de Madrid, y diplomado en Negocio Energético por ICADE.

Tras unos primeros años en la Cátedra de Tecnología Nuclear de la UPM, se incorporó en 1990 a la Dirección Nuclear de UNESA, primero en el área de gestión de residuos radiactivos, y posteriormente en la de operaciones y explotación de centrales nucleares.

En el año 2000 asumió la responsabilidad del área de tecnología e ingeniería. Desde 2018 forma parte del CEN, en el Foro Nuclear.

Pertenece y participa en grupos de trabajo y comités internacionales de EPRI, OIEA y NEA-OECD. Es miembro de la SNE.

“El Grupo de Combustible, enmarcado en el CEN de Foro Nuclear desarrolla actividades como el seguimiento de programas internacionales, la definición de criterios para mantener la fiabilidad del combustible y el establecimiento de bases para la aplicación de la regulación específica, así como la gestión del combustible usado en etapas posteriores a las de su almacenamiento.”

cido como la fabricación, han decidido buscar una nueva fuente de suministro y ello ha aumentado fuertemente las demandas de servicios de enriquecimiento, que en Europa pueden suministrar Urenco y Orano, y de servicios de fabricación de combustible, especialmente para Westinghouse y Enusa.

Este aumento de la demanda ha creado fuerte tensión en los precios de los servicios de conversión y de enriquecimiento, que se han duplicado desde que se inició la crisis de Ucrania.

El impacto en el suministro del uranio enriquecido de nuestras centrales está siendo limitado por disponer de una amplia cartera de suministradores y contratos con flexibilidades, que han permitido asegurar el suministro de uranio para los próximos años, aun en el caso de que no fuese posible recibir uranio enriquecido de origen ruso.

OPERACIÓN

La optimización de las recargas es un objetivo claro en la gestión del combustible, tanto para optimizar el quemado como para la extensión del ciclo del elemento de combustible. ¿Cuáles son las principales líneas de desarrollo en la optimización de recargas?

Al abordar la optimización de recargas una pieza clave en el proceso es considerar el coste de combustible y el impuesto sobre el combustible gastado, que, por cierto, es superior al propio coste del combustible.

Dicho esto, las líneas fundamentales que se están llevando a cabo para la optimización de las recargas se enfocan al:

- Ajuste de los ciclos de operación al calendario de cese de actividad de las centrales nucleares españolas conforme al protocolo acordado entre ENRESA y los propietarios de las centrales en marzo de 2019.
- Desarrollo de diseños mecánicos avanzados de combustible.
- Aumento del enriquecimiento dando lugar a la reducción del número de elementos de combustible introducidos en cada recarga y ciclo.
- Optimización del diseño de combustible para considerar la operación flexible.

Otro aspecto fundamental que se persigue es mantener y mejorar continuamente la fiabilidad del combustible. Aspectos como la implantación de prácticas de exclusión de materiales extraños y de diseños avanzados de filtros anti-partículas contribuyen a un excelente comportamiento del combustible durante su operación en todos los reactores, con su impacto en el ciclo de combustible, la producción eléctrica, la reducción de dosis, etc.

¿Qué avances se llevan a cabo para la regulación de carga, con el fin de reducir la potencia en función de la demanda del mercado?

Los reactores están preparados para la operación flexible; considerándose para ello diseños del ciclo de operación y de los elementos de combustible, con un factor de operación menor para prever las solicitudes de reducción de



carga requeridos por el sistema. Y estos diseños y procesos están respaldados con los correspondientes análisis de seguridad para cubrir la operación en esas condiciones de potencia reducida.

Los combustibles avanzados (*Advanced Technology Fuel*) están centrando el interés de las empresas en el ámbito internacional. ¿Cuáles son las principales características de estos nuevos diseños de combustible nuclear?, ¿qué mejoras presentan?

El objetivo del desarrollo de estos combustibles avanzados se basa entre otros aspectos en:

- Aumentar la seguridad, aumentando las temperaturas de fusión, disponiendo de mayor tiempo para refrigeración en caso de accidente;
- Mejorar la fiabilidad, al emplear unos materiales de vaina más robustos, que redundan en una resistencia a la abrasión por rozamiento; e,
- Incrementar las prestaciones del combustible, al considerar mayor grado de enriquecimiento, mayor quemado y mejor aprovechamiento del uranio.

¿Qué países están trabajando en los ATF y qué participación tiene España en este grupo?

Se puede decir que el combustible que están utilizando los reactores españoles ya incorporan características de combustibles avanzados, en términos de consideración de materiales y diseño. Además, en este contexto, se debe indicar que estos diseños de combustible avanzado cumplen con uno de los requisitos establecidos en los mecanismos de la taxonomía europea.

Por último, hay que decir que España está siguiendo activamente estos desarrollos, subrayando la participación de las entidades interesadas en el grupo europeo de 'nucleareurope', y el grupo ATF (Combustibles Avanzados) de Ceiden.

EL ALMACENAMIENTO

La gestión de los elementos combustibles gastados actualmente en España se realiza almacenándolos en ATI individuales en las propias centrales nucleares. ¿En qué consiste la clasificación y caracterización de los elementos para su carga en los contenedores de los ATI? ¿Cómo se está implantando en las centrales nucleares españolas?

Para la caracterización y clasificación de los elementos de combustible se sigue una metodología desarrollada de forma consensuada entre las centrales nucleares y Enresa, cumpliendo la normativa vigente.

La caracterización se hace para un sistema de contenedor de almacenamiento en seco determinado y se procede elemento a elemento, siguiendo la realización de dos análisis fundamentales: el análisis de fugas, y la integridad y compatibilidad mecánica.

El primero se realiza mediante el análisis histórico de seguimiento de la radioquímica de los diferentes ciclos en los que operó el elemento, las inspecciones por ultrasonidos, y los resultados de pruebas de 'sipping' realizados al elemento en cuestión.



El análisis de integridad incluye el historial y la experiencia operativa propia y la aplicación de la externa a los fenómenos de degradación que puedan haber afectado a la integridad del elemento, analizando e identificando la defectología asociada al mismo.

Adicionalmente, se realizan inspecciones visuales en recorrido axial de las 4 caras del elemento combustible, para completar y verificar los dos tipos de análisis anteriores.

Del resultado de la caracterización se procede a la clasificación del elemento de combustible en no dañado, dañado o pendiente de clasificación para posteriores análisis o inspecciones. En posteriores etapas, en su caso, se procederá a la reparación y acondicionamiento del combustible gastado, y en cualquier caso se realizará una inspección para completar o revisar el estado de los elementos antes de su carga en el contenedor. Señalar por último que se han definido entre las centrales nucleares y Enresa los criterios y métodos de aceptación para la carga.

¿Cómo se implanta la gestión de vida de los ATI? ¿Y de los contenedores? ¿Cómo se integra en el Plan de gestión de vida de las centrales?

En su momento, se requirió y acordó un plan de acción para la elaboración, por un lado, del Plan de Gestión de Vida del Contenedor por parte de los titulares de los diseños de contenedores y, por otro, de un Plan de Gestión de Vida Integrado, de ATI más Contenedor, por parte de las centrales nucleares.

Considerando la normativa y metodologías de referencia, en temas de gestión del envejecimiento y el transporte tras almacenamiento prolongado, tanto en el marco regulador es-

“ El combustible que están utilizando los reactores españoles ya incorporan características de combustibles avanzados, en términos de consideración de materiales y diseño ”

pañol como en el internacional, el desarrollo e implantación de los planes de gestión de vida se ha estructurado en varias fases. Estas fases van desde la definición y evaluación del alcance a considerar en los planes, los análisis de revisión de mecanismos de envejecimiento y del envejecimiento en función del tiempo, la elaboración de los catálogos y manuales de los programas de gestión del envejecimiento, y finalmente la elaboración del plan de seguimiento de la experiencia operativa de los planes de gestión de vida. Actualmente, este plan de acción ya está en sus últimas fases de desarrollo.

Los Estudios de Seguridad de los Contenedores se han revisado para incluir un apartado específico con las referencias a su Gestión de Vida, y el Plan de Gestión de Vida integrado del conjunto ATI y contenedor se referencia o incluye como anexo en el plan de gestión de vida de la central.

ENRESA ha cerrado un contrato para el suministro de un contenedor homogéneo para todas las centrales. ¿Cuáles son las implicaciones del licenciamiento frente al CSN?

Para garantizar, en primer lugar, la operación de las centrales hasta las fechas de cese definidas en el Protocolo de intenciones antes aludido y también reflejadas en la versión

actual del PNIEC y, en segundo lugar, el vaciado de las piscinas de combustible gastado en menos de tres años tras su cese, efectivamente ENRESA ha optado por una solución de ampliación de capacidad de los ATI de todas las centrales (excepto las centrales de Trillo y Sta. María de Garoña que tiene capacidad con el ATI actual) y la adopción de un modelo de contenedor estandarizado basado en sistemas de cápsula soldada, y sistemas de hormigón para el almacenamiento.

La implantación de esta nueva solución requiere en torno a 5 años de diseño, licenciamiento, fabricación de las primeras unidades de contenedores y construcción de los ATI de capacidad total (ATI-100), siendo necesario disponer de estos, así como de un número suficiente de contenedores, a lo largo del año 2026.

Estas actuaciones requieren de la evaluación y la emisión de las correspondientes autorizaciones por parte del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). La adopción de una solución de contenedor estandarizado y de ATI-100 asociado plantea la posibilidad de compartir y trabajar conjunta y coordinadamente, lo que permitirá y facilitará el proceso de evaluación y licenciamiento por el CSN. Por ello, es necesario que las solicitudes de autorización del sistema de contenedor de almacenamiento y transporte (responsabilidad de Enresa) y de los ATI de capacidad total (responsabilidad de las centrales nucleares) se presenten al CSN de acuerdo a las fechas previstas y con la calidad requerida, con el objetivo de que el proceso de evaluación del regulador se realice de acuerdo a la planificación acordada.

De acuerdo con el VII Plan General de Residuos Radiactivos, pendiente de aprobación definitiva, el combustible gastado se almacenará en almacenes temporales descentralizados, ATD. ¿Qué características tendrán los ATD?, ¿cómo variará la gestión desde el ATI al ATD?

En la versión revisada del 7º Plan General de Residuos Radiactivos, elaborada por ENRESA y publicada por el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico en noviembre de 2022, se considera inviable la estrategia básica para la gestión del combustible gastado basada en un Almacén Temporal Centralizado (ATC), tal como se preveía en planes anteriores, por lo que contempla la construcción de Almacenes Temporales Descentralizados (ATD) en cada emplazamiento, como vía de gestión del combustible gastado tras el cese y desmantelamiento de las centrales y hasta la disponibilidad de un Almacenamiento Geológico Profundo (AGP) como solución definitiva de almacenamiento.

Una vez estén disponibles los sistemas de contenedor estandarizado y los ATI de capacidad total en cada emplazamiento, la opción de adoptar y transformar los siete ATI-100 en siete ATD, requeriría dotar a los ATI de capacidades de intervención y recuperación de los contenedores de combustible, para el caso de que se dieran esas contingencias, mediante unas instalaciones adecuadas para tal fin.

Con la anterior vía para la gestión del combustible gastado expuesta, sería conveniente adelantar la fecha de entrada en operación del AGP, inicialmente prevista para el año 2073, al año 2050 y de esta manera minimizar el uso y duración de la operación de los ATD, optimizar de forma centralizada la seguridad nuclear y física, y también optimizar los costes asociados a la gestión global.■

