

Actividad de Enusa en servicios de combustible en recargas

M. Rodríguez Aycart y P. Álvarez Rodríguez

Las actividades de gestión de combustible para la recarga de una central nuclear requieren de un conjunto de actuaciones, equipos, tecnología y de un grupo de profesionales de muy alta cualificación. Enusa Industrias Avanzadas S.A. (en adelante Enusa) en su vocación de dar el mayor valor añadido posible a sus clientes y para complementar adecuadamente sus actividades de fabricación e ingeniería, está apostando fuertemente por los servicios de combustible, dotándose de las mejores tecnologías y equipos, y formando de forma progresiva a un conjunto de profesionales, capaces de satisfacer la demanda existente. El primer objetivo de Enusa con la prestación de sus servicios de combustible es garantizar el mejor comportamiento posible del producto, mediante las mejores prácticas operativas y con un alto nivel de calidad y seguridad en sus actuaciones, en línea con los requisitos y demandas específicas de las centrales.

Enusa viene realizando desde principios de la década de los noventa estas actividades de servicios de combustible en diversas plantas PWR y BWR y ha ido creciendo desde alcances limitados hacia un servicio integrado. Este servicio incluye el manejo del combustible fresco e irradiado, la combinación de varias técnicas de inspección para detección de barras falladas, la limpieza superficial por ultrasonidos, la reparación de elementos dañados, las inspecciones visuales, y una amplia gama de ensayos e inspecciones relacionadas con la fiabilidad de los elementos mecánicos que forman el conjunto combustible y el seguimiento de los programas de comportamiento del mismo.

The fuel management activities for the refueling of a nuclear power plant require a set of actions, equipment and technologies and a group of highly qualified specialists. Enusa Industrias Avanzadas S.A. (hereinafter Enusa), in order to provide the greatest added value possible to its customers and to adequately complement its manufacturing and engineering activities, is investing heavily in fuel services by acquiring the best technologies and equipment and progressively training a group of professionals who will be capable of satisfying the existing demand. When providing its fuel services, Enusa's first objective is to guarantee the best possible performance of the product through the best operating practices and a high level of quality and safety in its actions, in line with the specific requirements and demands of the plants.

Since the early 1990s, Enusa has been performing these fuel service activities in several PWR and BWR plants and has been evolving from limited scopes to an integrated service. This service includes the handling of fresh and irradiated fuel, the combination of various inspections techniques for detection of failed rods, ultrasonic surface cleaning, the repair of damaged assemblies, visual inspections and a wide range of tests and inspections related to the reliability of mechanical components of fuel assemblies and to the programs to monitor its performance.

INTRODUCCIÓN

En el año 1992 Enusa empezó sus actividades de servicios de combustible en centrales españolas, con un alcance limitado a la reparación de combustible para, pocos años después, extender su actividad geográfica por Francia, Bélgica y otros países, al mismo tiempo que aumentaba su capacidad de prestación de servicios mediante la incorporación de tecnologías de manejo, inspección y caracterización de elementos combustibles.

Enusa firmó un acuerdo en 1994 con Tectatom para el desarrollo y

comercialización de equipos de inspección y caracterización. Fruto de dicho acuerdo, que sigue plenamente en vigor, se han ido desarrollando siete equipos, llamados SICOM.

Un año más tarde se creó la AIE Enusa-Enwesa, organización dedicada a la prestación de servicios de combustible, y fundada por Enusa (50%), Enwesa (25%) y WTS (25%).

Entre 2004 y 2005 se adquirieron y cualificaron los mejores equipos para la detección de elementos y barras fugadas, mediante la combinación de las tecnologías de sipping en mástil y ul-



MARIANO RODRÍGUEZ AYCART

es ingeniero industrial por la Universidad Politécnica de Madrid y Máster por el Instituto de Empresa de Madrid. Comienza en 1990 su carrera profesional en Enusa Industrias Avanzadas, en el Departamento de Ingeniería del Producto. En 1994 se incorpora a la Unidad Comercial de Combustible. Dentro del Área Comercial tiene diversas responsabilidades hasta finales de 2007 en que asume la Jefatura de Desarrollo de Negocio y Comercial. Es miembro del Consejo de Administración de Enusa Enwesa AIE, del Board of Directors de GENUSA, y del Spanish Nuclear Group for China (SNGC), de la que en la actualidad es vicepresidente.



PEDRO ÁLVAREZ GONZÁLEZ

es ingeniero técnico en Química Industrial por la Escuela Politécnica Superior de Huesca y Máster en Dirección Técnica y de Producción por el Centro de Estudios Empresariales de Madrid. Comenzó su carrera profesional en Enusa en 1983, donde ha desempeñado varios puestos. Desde 2003 hasta 2005 fue presidente del Comité de Industrias Energéticas de la AEC. También desde 1992 a 2006 fue supervisor de la Instalación Nuclear de Juzbado. En la actualidad es el responsable de Servicios de Combustible en Enusa Industrias Avanzadas y Gerente de la AIE Enusa-Enwesa.

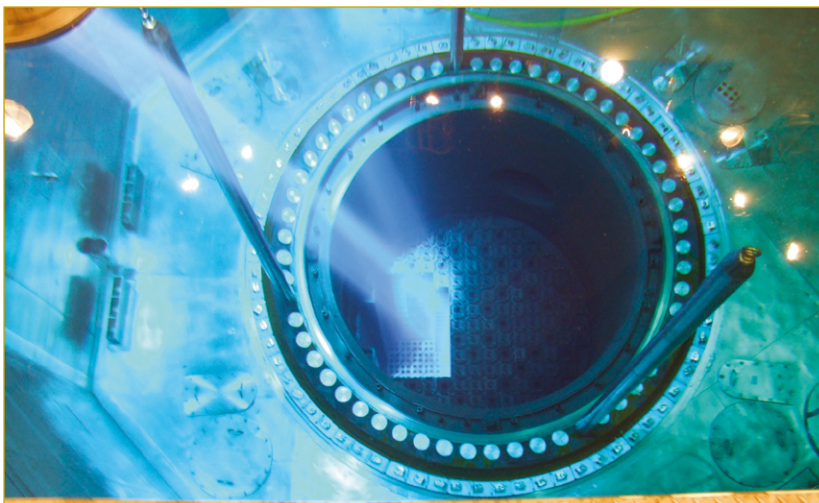


Figura 1. Descarga de combustible.

trasonidos respectivamente. También incorporó a la cartera de servicios de Enusa la tecnología de limpieza de elementos combustibles mediante ultrasonidos.

En 2005 se fundó la plataforma BWR para la prestación de servicios de combustible en centrales con dicha tecnología, organización en la que participan General Electric Hitachi (GEH) y Enusa.

En ese mismo año se constituye la UTE Enusa, Tecnatom, WTS, que se asocian para mejorar la prestación de los servicios en recarga y para desarrollar el llamado servicio integral de recarga, cuyas características están explicadas en otro artículo de esta revista.

Recientemente Enusa ha desarrollado y adquirido equipos para la inspección visual y la recuperación de objetos, aportando con ello las mejores tecnologías para colaborar en la consecución del objetivo de cero fallos de combustible en las centrales.

SERVICIOS Y ACTIVIDADES EN RECARGA

Manejo de combustible y actividades asociadas

La gestión del combustible durante una recarga es una actividad clave para las centrales; de hecho el cambio de combustible es lo que da nombre a la recarga, siendo su componente y objetivo fundamental.

La gestión del combustible para la recarga comienza unos meses antes de la parada de la planta, desarrollándose un conjunto muy amplio de actividades de fabricación, ingeniería, gestión de los equipos, preparación de los servicios, etc. Enusa y sus socios (en adelante Enusa) y los clientes convocan varias reuniones de cara a evaluar el alcance detallado, el programa de trabajo, logística, documentación y un sinfín de actividades que sirven para preparar

adecuadamente todos los servicios que se desarrollan. Hay que hacer mención especial a los requisitos de formación y cualificación del personal que participa en los servicios, aspecto que en los últimos años se está cuidando especialmente y que supone disponer de un conjunto de profesionales muy preparados y cualificados, capaces de satisfacer estos requisitos, con continuidad y con capacidad para trabajar en varias plantas y tecnologías, frente a las actuaciones puntuales (cada doce, dieciocho o veinticuatro meses) que se realizaban en el pasado con personal propio de las centrales.

La primera actividad que se desarrolla antes de la parada para la recarga es la recepción del combustible fresco y su preparación para la carga en el núcleo.

Enusa realiza las actividades de interfase con la fábrica de elementos combustibles, con la empresa de transporte y con la central, acordando con cada uno el mejor programa de trabajo y las actividades fundamentales.

Tras la recepción del combustible

fresco comienzan las actividades de preparación de la recarga, con emisión de los planes de actuación, documentación aplicable, actividades de formación, mantenimiento y comprobación de equipos, etc. Es muy importante establecer un programa logístico sobre el transporte de los equipos y otros componentes a la central. Como pilares fundamentales para dicho programa logístico, Enusa cuenta con una instalación radiactiva para el almacenamiento de equipos, situada en la fábrica de Juzbado, y con ETSA, empresa del grupo Enusa, como operador logístico.

En las centrales donde es aplicable, es necesario realizar la instalación del equipo de limpieza por ultrasonidos. Dicho equipo contiene dos cestas para la limpieza, que se instalan normalmente en el pozo del cofre (aunque puede instalarse en otra ubicación), y el sistema de filtración.

En los últimos años, y fruto de las múltiples actuaciones de Enusa y de nuestros clientes, se ha reducido drásticamente el número de elementos combustibles fugados, aunque no por ello se ha relajado el mantenimiento y disponibilidad de los mejores equipos para la detección de elementos y barras falladas y para la reparación de combustible. De ahí, antes de la parada y dependiendo de los compromisos contractuales, Enusa transporta los equipos a la central, con objeto de asegurar la disponibilidad de los mismos y acometer cualquier contingencia que se pueda presentar antes o durante la recarga.

El mismo día de la parada, el cliente revisa los datos de la química del primario para evaluar el comportamiento de combustible y la posibilidad de que haya un elemento fugado. Con estos datos se activa o desactiva la dotación para inspección de fugas de combustible, que permanece disponible hasta dicho momento. En los días posteriores a la parada se incorpora progresivamente



Figura 2. Grúa de manejo de combustible.

el personal, aunque todos los datos y documentos necesarios se entregan con mayor antelación.

Las primeras actividades son de preparación: reuniones internas y con el cliente (*pre-job meeting*), actividades de formación en maqueta o en campo, montaje y preparación de equipos y herramientas, PPVV, IIRRVV, montaje y preparación de las cámaras y sistemas de grabación, etc.

La siguiente fase es la descarga del núcleo y el traslado a la piscina de combustible gastado, realizándose en su caso los controles e inspecciones aplicables.

Una vez realizada la descarga se procede con el cambio de componentes del núcleo, de forma que el combustible queda listo para el siguiente ciclo.

En las centrales donde es aplicable se realiza la limpieza por ultrasonidos. Con este sistema se eliminan productos de corrosión depositados en la superficie del conjunto combustible, mejorando el comportamiento del combustible en operación y reduciendo la tasa de dosis en el circuito primario, además de otras ventajas derivadas.

La limpieza se realiza introduciendo los elementos combustibles en una o varias cestas de limpieza, donde, mediante pulsos de alta frecuencia se separan los depósitos de la superficie de las barras quedando confinados mediante aspiración y filtrado.

Entre la descarga y carga de combustible se realizan todo un conjunto de inspecciones y actividades encaminadas a asegurar el comportamiento de combustible y su operación, que describiremos en los apartados posteriores.

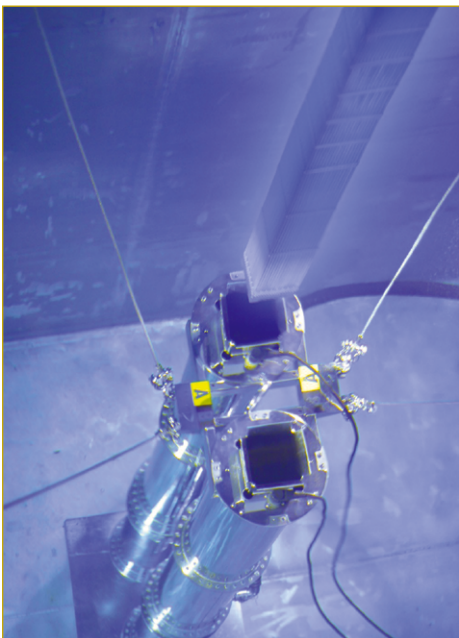


Figura 3. Limpieza de combustible por ultrasonidos.

Después se desarrolla la fase de carga del núcleo con las operaciones anteriores y posteriores de comprobación.

La descarga y carga de combustible se realizan trabajando a turnos que cubren las 24 horas del día, lo que requiere un amplio equipo técnico con la capacitación necesaria y unos procedimientos de trabajo suficientemente detallados para conseguir un trabajo sincronizado.

Acompañando al manejo de combustible, se realizan inspecciones visuales de diferente naturaleza:

- De la placa del núcleo y otros lugares en el circuito primario para comprobar la ausencia de cualquier objeto que pudiera dificultar el asentamiento de las toberas inferiores de los elementos.
- De los elementos en piscina y en el núcleo para identificarlos, asegurar su correcta ubicación y descartar la presencia de cualquier objeto extraño.
- Comprobaciones en línea con la descarga del combustible, para verificar su estado.
- Mapa del núcleo y comprobación del huelgo entre cabezales.
- Mapa de piscina tras la parada para recarga y con el objetivo de comprobar el inventario de combustible y de otros componentes en la piscina de combustible.

Enusa cuenta con los mejores equipos y tecnologías de inspección visual: cámaras y accesorios, sistemas de grabación, fibroscopio, equipos de recuperación de objetos, destacando el equipo ART-FO-SAR, y todo un conjunto de utillaje necesario para el uso de los sistemas anteriores, que son utilizados habitualmente en todas las recargas y también en los programas de inspección y caracterización de combustible. Estos sistemas están aportando información muy valiosa y un adecuado control visual y de trazabilidad en todas las actuaciones.

Detección de Barras con Fuga

Como se comentaba en los párrafos anteriores, en los últimos años se ha reducido drásticamente el número de elementos combustibles fugados, sin por ello relajar el mantenimiento:

- La inspección por sipping es una técnica basada en la detección de productos de fisión ($Xe-133$ y $Kr-85$) presentes en el interior de las barras de combustible que se liberan al elevar el elemento combustible desde su posición en el núcleo. De manera progresiva Enusa ha ido desarrollado mejoras en la técnica de detección del equipo de sipping, mediante la implantación de procesadores digitales de última generación y la incorporación en paralelo de un sistema de detección gamma.
- Una vez detectado el elemento con

fuga, el sistema de inspección por ultrasonidos identifica la barra fallada. Esta operación se realiza en la piscina de combustible cuando ha finalizado la descarga del núcleo.

Reparación de combustible

Se entiende como reparación de combustible los siguientes alcances:

- MFRS (Multipurpose Fuel Repair System)

Este equipo sirve para la sustitución de un esqueleto dañado de un elemento por otro nuevo, proceso que se denomina reconstrucción. Esta reparación se hace extrayendo el cabezal inferior y trabajando en posición invertida para lo que hay que voltear el elemento combustible así como el esqueleto nuevo y transferir una a una todas las barras de un elemento a otro.

Además de lo anterior, este equipo se utiliza para la extracción de barras implicadas en los programas de I+D+i, bien para su caracterización y posterior reinserción o bien para su envío a un laboratorio de celdas calientes.

- RRTN (Repair Removable Top Nozzle)

En este caso se trata de sustituir una o varias barras de combustible dañadas por varillas de acero inoxidable, proceso que se denomina reconstitución, accediendo desde la parte superior del elemento, después de desmontar el cabezal superior.

Este mismo equipo se emplea también en la sustitución del cabezal superior, cuando por daños o modificación de diseño es requerido.

- Trabajos de electroerosión (EDM)

La opción más segura para cortar o taladrar sobre los cabezales de los elementos, es la electroerosión, ya que permite un control preciso sobre el proceso, no genera partículas grandes que puedan afectar a la integridad de las barras de combustible y se adapta bien a las condiciones bajo agua.

Las aplicaciones más comunes de esta técnica son el corte de fragmentos en los cabezales para su posterior análisis químico y metalográfico y la eliminación de elementos estructurales, tales como los pasadores de pines en elementos tipo XLR.

- Conjunto de herramientas y utillaje de reparación para elementos combustibles BWR

La reparación de conjuntos combustibles BWR se realiza en la máquina de preparación de combustible mediante el desmontaje del cabezal superior y extracción de las barras dañadas. La reparación se complementa mediante técnicas de inspección visual, corrientes inducidas y ultrasonidos, que permiten la identificación de la barra fallada y

también aportar las garantías necesarias para que el elemento reparado pueda continuar su operación.

Caracterización de combustible; equipos SICOM y otros equipos

Comprende uno o varios de los siguientes ensayos:

- Inspección visual.
- Inspección de corrosión.
- Control dimensional.
- Gamma escáner de barras y de elementos combustibles.
- Otras pruebas y ensayos.

Estos ensayos son cada vez más frecuentes y están ligados por un lado a la necesidad de controlar mejor las operaciones y por otro lado a los cambios en el diseño de los productos y programas de investigación sobre materiales. También hay que considerar en este apartado las actividades de caracterización de combustible necesarias para realizar una adecuada gestión del combustible irradiado.

En la actualidad, y fruto del acuerdo entre Enusa y Tecnatom, están disponibles y se están utilizando habitualmente los siguientes equipos SICOM:

- SICOM-COR, para la inspección de corrosión en barras periféricas y para la inspección visual de dichas barras como método para determinar el huelgo entre barras y entre barras y el cabezal superior.
- SICOM-DIM, para la inspección dimensional de elementos combustibles: longitud, torsión, arque, inclinación, espaciado entre rejillas y cabezales, anchura de rejillas, etc.
- SICOM-LIM, para preparación de la superficie de las barras que luego se van a inspeccionar mediante el SICOM-COR y con ello evitar la influencia del crudo en la medida del espesor de la capa de óxido de las barras.
- SICOM-ROD, para la inspección de barras individuales: corrosión, perfilometría, y caracterización de defectos superficiales mediante corrientes inducidas (sonda circular y rotatoria).
- SICOM-FA-NG, para la caracterización gamma y neutrónica de los elementos combustibles, con el objetivo de realizar verificaciones del grado de quemado, tiempo de enfriamiento y su composición isotópica principal. Este equipo permite obtener un perfil con las características indicadas anteriormente, con lo que puede evaluarse el comportamiento nuclear del elemento combustible.
- SICOM-FR-G, para la caracterización gamma de las barras combustibles, con el objetivo de realizar verificaciones de quemado y tiempo de enfriamiento y además medir presión interna de la barra mediante la de-

terminación del Kr-85. Este equipo permite obtener un perfil con las características indicadas anteriormente, con lo que puede evaluarse el comportamiento nuclear de la barra y determinar posibles defectologías en la columna de pastillas.

Los dos equipos de gamma escáner suponen un avance tecnológico muy importante y novedoso en este campo, ya que permiten realizar estas determinaciones de forma rápida, efectiva y segura, muy integrados con los equipos y sistemas de la central.

En la actualidad se están desarrollando nuevos equipos SICOM y nuevas aplicaciones de los mismos, que en los próximos años serán utilizados habitualmente en la caracterización del combustible.

Otras actuaciones

Otras actuaciones que se realizan entre descarga y carga de combustible son las siguientes:

- Extracción de probetas irradiadas para su envío a celdas calientes
- Rascado de barras para la toma de muestras de crudo
- Inspección de barras de control mediante corrientes inducidas
- Corte de aletas y otras partes de las rejillas para su análisis en el laboratorio

Cierre de los servicios, conclusiones y lecciones aprendidas

Una vez que finalizan las actividades en campo se emiten los informes correspondientes, incluyendo todos los detalles necesarios así como la información de trazabilidad y registros generados. Cada vez con mayor extensión se entregan junto con el informe un conjunto de DVD que contienen las imágenes y grabaciones realizadas durante los servicios.

Pasadas unas semanas se convoca la reunión de cierre de los servicios, donde se revisan con detalle las actuaciones y se acuerdan las acciones correctivas y de mejora y su programa de implantación.

TENDENCIAS Y FUTURO

La industria nuclear está demandando cada vez más una cartera de servicios especializados con equipamiento de última tecnología y con personal de alta cualificación y experiencia en estas actividades. En el futuro muy próximo esta demanda se va a ver incrementada como consecuencia de las nuevas instalaciones, equipos y procesos que se requieren para la gestión del combustible irradiado, con la necesaria reordenación del esquema industrial, que actualmente está en vigor en España.

En los últimos años se ha evolucionado hacia la integración de servicios, dando lugar a un campo de acción más amplio y con más valor añadido, todo esto acompañado de un mayor nivel de exigencia por parte de las centrales nucleares, donde además de la capacidad técnica, cobran cada día más protagonismo la seguridad nuclear, laboral y física.

Siguiendo esta tendencia Enusa, sus socios y filiales también han evolucionado y seguirán evolucionando, integrando las demandas y necesidades de los clientes en servicios de combustible, lo que ha permitido y permitirá ofrecer servicios más competitivos y mejor ejecutados, tanto desde el punto de vista de resultados como de seguridad y calidad.

Para terminar este artículo queremos incluir un párrafo de agradecimiento a la organización de Servicios de Combustible de Enusa y otras organizaciones de Enusa que trabajan habitualmente con nosotros, y también por supuesto a nuestros clientes y socios por estos años de duro trabajo, en los que entre todos hemos sido capaces de llevar adelante este proyecto dentro de un clima de colaboración y trabajo en equipo que deben ser nuestra referencia para el futuro. ■

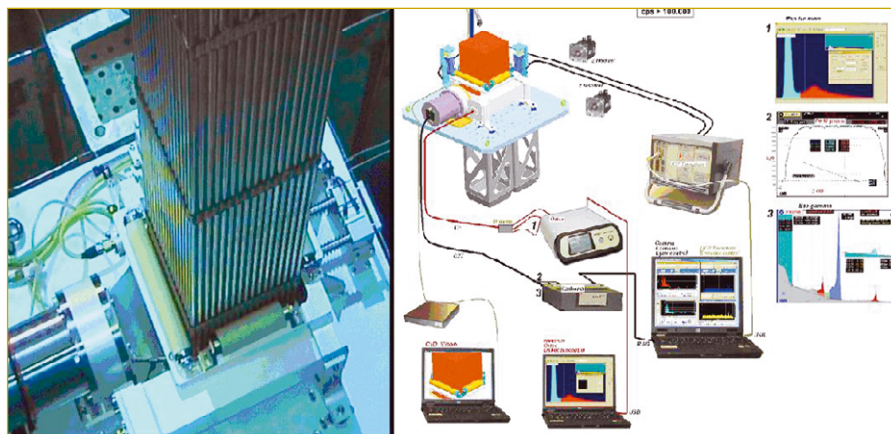


Figura 4. Gamma escáner de elemento combustible.