

Servicios de combustible

Humberto Marta - Pedro Álvarez - Jorge Jiménez

La recarga de combustible de una central nuclear es el eje de una serie de actividades de mantenimiento programadas con el fin de asegurar un funcionamiento fiable durante el siguiente ciclo y, a largo plazo, una planta más eficiente y segura. Si bien la mayor parte del trabajo durante la parada de la central se centra en la revisión de sus sistemas mecánicos y eléctricos, también el propio combustible es un componente crítico a tratar en cuanto a su manejo, inspección, limpieza y reparación.

ENUSA-ENWESA AIE realiza estas actividades de servicios de combustible en diversas plantas PWR desde 1995 y ha ido creciendo desde alcances limitados a la reparación de combustible hacia un servicio integrado que incluye el manejo del combustible fresco e irradiado, el cambio de inserts, la combinación de varias técnicas de inspección para detección de barras falladas, la limpieza superficial por ultrasonidos, la reparación de elementos dañados, y una amplia gama de ensayos e inspecciones relacionadas con la fiabilidad de los elementos mecánicos que forman el conjunto combustible, todo ello dentro de las especificaciones de calidad, prevención, protección radiológica y otros requisitos especiales aplicables en la industria nuclear.

Refuelling outages comprise a number of maintenance tasks scheduled long in advance to assure a reliable operation throughout the next cycle and, in the long run, a safer and more efficient plant. Most of these tasks are routine service of mechanical and electrical systems and likewise fuel can be considered a critical component as to handling, inspection, cleaning and repair.

ENUSA-ENWESA AIE has been working in this area since 1995 growing from fuel repair to a more integrated service that includes new and spent fuel handling, inserts, failed fuel rod detection systems, ultrasonic fuel cleaning, fuel repair and a comprehensive array of inspection and tests related to the reliability of the mechanical components in the fuel assembly, all this, performed in compliance with quality, safety, health physics and any other nuclear standard.

INTRODUCCIÓN

ENUSA-ENWESA AIE es una agrupación de empresas formada por ENUSA Industrias Avanzadas, Westinghouse Technology Services y ENWESA Operaciones, creada en base a los conocimientos y experiencia de estas empresas, cada una en su ámbito de actuación, en el diseño, fabricación y mantenimiento de combustible nuclear y en la prestación de servicios en central.

Empezó sus actividades 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 tales como inspección y caracterización de elementos combustibles. Recientemente se ha incorporado a la cartera de servicios de ENUSA-ENWESA AIE la tecnología de limpieza de elementos combustibles mediante

ultrasonidos, técnica muy novedosa en el mundo de la que se espera un crecimiento importante debido a sus contrastados beneficios.

ACTIVIDADES EN SERVICIOS DE COMBUSTIBLE

Manejo de Combustible

Es una actividad fundamental, común a todas las recargas y, en alguna de sus fases, realizada en camino crítico.

Comienza, semanas antes de la recarga, con la recepción del combustible fresco y su preparación para la carga del núcleo. Esta fase se desarrolla en tres etapas:

- Recepción y descarga de los contenedores de combustible, que han sido transportados en camión desde la fábrica.
- Extracción de los elementos combustibles y manipulación para almacenarlos en seco o bajo agua.



foto 1: descarga del núcleo

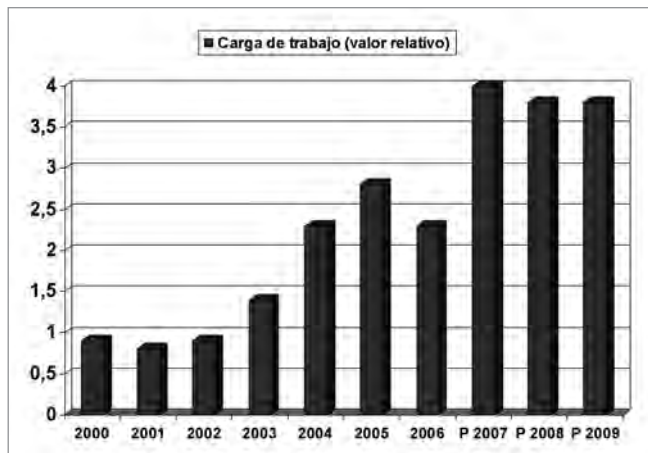


Gráfico 1: evolución servicio de combustible.

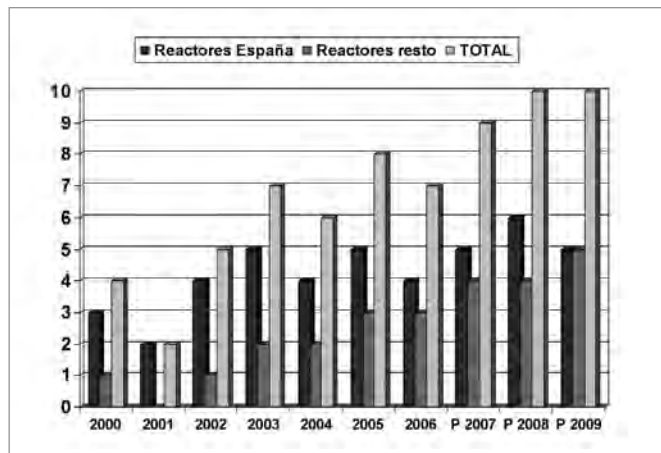


Gráfico 2: evolución número plantas.

- Envío de los contenedores de vuelta a la fábrica de combustible.

El manejo del combustible en recarga se inicia con la revisión de los equipos y montaje de los sistemas de inspección (visual, sipping, ultrasonidos).

La secuencia habitual dentro de esta actividad es:

- Desenganche de ejes de accionamiento de barras de control.
- Descarga del núcleo.
- Cambio de componentes.
- Carga del núcleo.
- Enganche de ejes.

La descarga de combustible se realiza en unas 48 horas en la mayoría de los reactores PWR y la carga se realiza en un tiempo ligeramente superior; en ambos casos trabajando a turnos que cubren las 24 horas del día, lo que requiere un amplio equipo técnico con la capacitación necesaria y unos procedi-

mientos de trabajo suficientemente detallados para conseguir un trabajo sincronizado y evitar pausas entre turnos.

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

- De la placa del núcleo 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 y asegurar su correcta ubicación.
- En ocasiones se realizan comprobaciones adicionales en línea con la descarga del combustible, para verificar su estado.

Detección de Barras con Fuga

La detección de barras falladas se realiza utilizando dos sistemas complementarios:

- 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. Al elevar el elemento combustible desde su posición en el núcleo, la presión hidrostática disminuye facilitando la liberación de estos isótopos. El sistema toma muestras de agua de forma continua, separa los gases disueltos y los analiza. En definitiva se consigue una gran sensibilidad y especificidad es decir, buena capacidad de detección y pocos falsos rechazos, sin afectar al camino crítico de la descarga del núcleo ya que realiza las medidas durante el recorrido del elemento hacia el canal de transferencia.

- Una vez detectado el elemento con fuga, el sistema de inspección por ultrasonidos identifica la barra fallada. Esta operación se realiza cuando



Foto 2: manejo de combustible

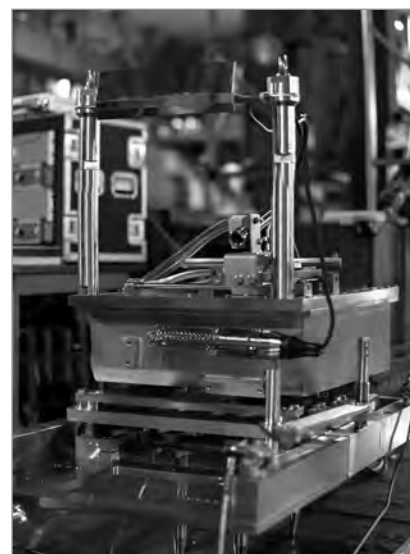


Foto 3: equipo inspección UT.

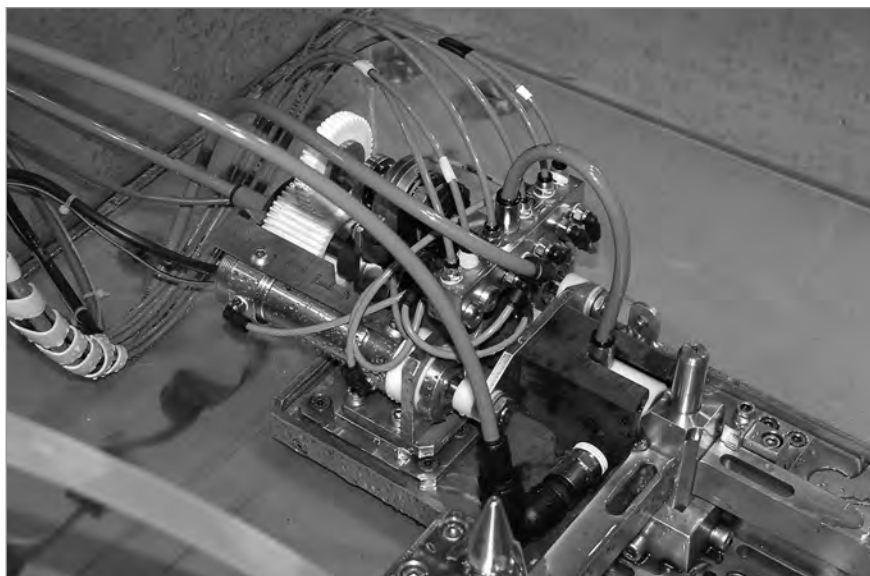


Foto 4: equipo EDM.



Foto 5: limpieza de combustible.

ha finalizada la descarga del núcleo, con el equipo montado en la piscina de combustible gastado y mediante el análisis de pulsos de ultrasonidos, que pierden amplitud cuando hay agua en el interior de la barra, indicio claro de una fuga. El sistema utiliza palpadores que recorren todas las barras a diferentes alturas, siempre en la parte inferior del elemento. Es un sistema rápido, que permite analizar elementos tipo 17 x 17 en tiempos del orden de cuatro minutos.

Reparación de combustible

Se entiende como reparación de combustible los siguientes alcances:

MFRS (Multipurpose Fuel Repair System)

Se sustituye un esqueleto dañado de un elemento por otro nuevo. Puede ir acompañado de la sustitución de barras de combustible dañadas por otras nuevas o por varillas de acero inoxidable. 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.

En este y otros procedimientos, se realiza una inspección visual de la zona dañada antes y después de la reparación.

RRTN (Repair Removable Top Nozzle)

En este caso se trata de sustituir una o varias barras de combustible dañadas

por otras nuevas o, con más frecuencia, por varillas de acero inoxidable, accediendo desde la parte superior del elemento, después de desmontar la tobera.

El sistema es mucho más sencillo que el descrito anteriormente y su uso más frecuente.

Este mismo equipo se utiliza para sustituir la tobera 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 las toberas para su posterior análisis químico y metalográfico y la eliminación de elementos estructurales, tales como los pasadores de pines en elementos tipo XLR.

Los equipos utilizados son, por lo general diseñados ad hoc puesto que en cada aplicación es importante definir el equilibrio entre velocidad del proceso, tamaño de las partículas y acabado superficial.

Caracterización de combustible

Comprende uno o varios de los siguientes ensayos:

- Inspección visual.
- Inspección de corrosión.
- Control dimensional.
- Otras pruebas y ensayos.
 - Fuerza de inserción de barras de control.
 - Respuesta (carga vs desplazamiento) de muelles de cabezales.

Estos ensayos son cada vez más frecuentes y normalmente están ligados a modificaciones de diseño o programas de investigación sobre materiales.

Limpieza de combustible por ultrasonidos

Con este sistema, desarrollado por EPRI y utilizado en plantas PWR y BWR, 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.

Por otro lado la limpieza de combustible por ultrasonidos mitiga el efecto de la distribución asimétrica axial en el combustible, conocido como AOA (Axial Offset Anomaly).

Otras aplicaciones de la limpieza de combustible son la mejora de las condiciones de inspección de las barras combustibles y la reducción de riesgos de contaminación durante el almacenaje en seco.

La limpieza se realiza introduciendo los elementos combustibles en cámaras estancas, donde, mediante pulsos de alta frecuencia se separan los depósitos

de la superficie de las barras quedando confinados mediante aspiración y filtrado.

La operación se realiza normalmente durante o justo después de la descarga del núcleo y supone un tiempo estándar de 14 minutos por elemento aunque la experiencia demuestra tiempos de ejecución mucho menores.

TENDENCIAS Y FUTURO A MEDIO PLAZO

El parque nuclear está demandando cada vez en mayor medida una cartera de servicios especializados con equipamiento de última tecnología y con personal de alta cualificación y experiencia en estas actividades. Esta necesidad se está cubriendo mediante empresas especializadas, como ENUSA-ENWESA AIE, que por su composición empresarial y también por su evolución en el mercado, cuenta con los recursos

adecuados y con la experiencia para aportar valor añadido al mercado de los servicios de combustible.

En los últimos años se ha evolucionado, en esta y otras áreas del mantenimiento, hacia la integración de servicios, dando lugar a un campo de acción más amplio y más valor añadido, todo esto acompañado de un mayor nivel de exigencia por parte de las Centrales Nucleares, donde aparte de la capacidad técnica, cobran cada día más protagonismo la seguridad nuclear, laboral y física.

Siguiendo esta tendencia, ENUSA-ENWESA AIE también ha evolucionado, integrando sus alcances en servicios de combustible a medida que éstos crecían, lo que ha permitido ofrecer servicios más competitivos y mejor ejecutados tanto desde el punto de vista de resultados como de seguridad.

A medio plazo, la tendencia parece mantenerse, por lo que es necesario

mantener un crecimiento equilibrado en base a:

- La integración de servicios, mejorando con ello la coordinación con clientes, suministradores y empresas afines.

- El crecimiento hacia el exterior, no solo por razones comerciales sino también para mejorar el conocimiento de las diferentes plantas, sistemas y métodos de trabajo, lo que permite desenvolverse con facilidad en una actividad fuertemente basada en la experiencia.

- La gestión de los recursos, con especial atención la formación y cualificación del personal en todos los aspectos: técnicos, prevención, protección radiológica, calidad, imprescindible considerando todo lo anterior.



Jorge Jiménez Rodríguez es Ingeniero Industrial, especialidad Técnicas Energéticas, por la Universidad Politécnica de Madrid. Se incorpora a ENWESA en 1992 participando en actividades de recarga de centrales nucleares y organización de proyectos. Durante tres años trabaja como ingeniero residente en las instalaciones de Westinghouse en Pittsburgh, integrado dentro de su grupo de Ingeniería del Reactor. Actualmente es Director de Operaciones de ENWESA y de ENUSA-ENWESA AIE y Gerente de la UTE ENWESA-MAESSA.



Humberto Marta Gómez es Ingeniero Industrial (especialidad Técnicas Energéticas) por la ETSII Madrid (1972). Executive MBA por el Instituto de Empresa (1985). Dos años en el departamento mecánico en Empresarios Agrupados. 32 años en Westinghouse desempeñando distintas disciplinas y responsabilidades: Ingeniero de componentes primarios, Ingeniero de Proyecto, Jefe de Garantía de Calidad y Operaciones, Jefe del grupo de Ingeniería de Apoyo a CCNN Vandellós y Asco, Residente de Westinghouse Nuclear Fuel en Enusa. Actualmente, en representación de Westinghouse Technology Services S.A., es Director Técnico de Enusa-Enwesa, AIE, agrupación dedicada a servicios de combustible en central (movimiento, inspección y reparación).



Pedro Álvarez González, es responsable de Servicios de Combustible en ENUSA Industrias Avanzadas y Gerente de ENUSA-ENWESA AIE. Comenzó su carrera profesional en ENUSA en el año 1983, donde ha desempeñado varios puestos, desde Responsable del Laboratorio Químico y Espectrográfico en los primeros años de su vida profesional, pasando por el Dpto. de Gestión de Calidad, donde ha sido primero responsable de Fábrica y luego de Calidad Corporativa de ENUSA y Director de Calidad de la empresa GENUSA. Desde el año 2003 hasta el año 2005 fue Presidente del Comité de Industrias Energéticas de la AEC. También desde el año 1992 es Supervisor de la Instalación Nuclear de Juzbado. Pedro Álvarez es Ingeniero Técnico en Química Industrial por la Escuela Politécnica Superior de Huesca y Master en Dirección Técnica y de Producción por el Centro de Estudios Empresariales de Madrid.