

GESTIÓN DE COMBUSTIBLE EN ALMARAZ-TRILLO

M. NOVO

Desde el año 1999 las centrales de Almaraz y Trillo se gestionan conjuntamente. En este artículo se presentan las líneas y prácticas básicas de gestión del combustible en la nueva Asociación, comentándose brevemente la situación actual del comportamiento el combustible y la evolución prevista de los diseños que se utilizarían para cubrir necesidades futuras de operación.

The management of Almaraz and Trillo NPP was unified in 1999. This report presents the new AIE fuel management basics principles and practices including some comments about present fuel behaviour as well as foreseen fuel design modifications to fulfill future operation needs.

Se presentan, de forma resumida, las líneas principales de la gestión del combustible en la Asociación Almaraz-Trillo y la evolución prevista en los próximos años del diseño del combustible y de los ciclos.

A mediados de 1999 se unificó la gestión de las centrales de Almaraz y Trillo definiéndose los siguientes objetivos comunes para las dos centrales en el área de suministro de las recargas de combustible.

1. Asegurar el suministro del combustible y servicios asociados de recargas de tal forma que, cumpliendo todos los requisitos de seguridad, las centrales puedan operar los ciclos con las flexibilidades requeridas.

2. Conseguir y mantener una fiabilidad alta del combustible sin que se impongan restricciones innecesarias a la operación de la central, evitando la liberación de actividad al refrigerante y el consiguiente aumento de dosis.

3. Reducir los costes de generación mediante el empleo óptimo del combustible en las condiciones de operación fijadas.

4. Asegurar que el combustible mantiene una integridad suficiente para su manejo y tratamiento seguro tras su descarga definitiva del reactor, reduciendo, dentro de lo posible, el volumen de residuos generados.

Las centrales de Almaraz y Trillo son reactores de agua a presión que presentan diferencias tecnológicas importantes, especialmente en cuanto al control del reactor y sistemas de salvaguardias, diferencias que afectan de manera significativa a la gestión del combustible.

Asimismo, son diferentes algunos de los requisitos de licencia de las recargas que también resultan en diferencias de gestión.

En la tabla 1 se presentan algunos datos básicos de diseño para los dos reactores.

El acceso directo de la nueva Asociación a estas dos distintas tecnologías PWR supone una ventaja importante, ya que de la comparación se pueden extraer conclusiones que resulten en mejoras cruzadas entre ambas centrales.

En estas condiciones y para cumplir de la mejor manera los objetivos propuestos, se decidió organizar el departamento de combustible en tres áreas:

mecánica, neutrónica y termohidráulica, con responsabilidad sobre las dos centrales. Las tres áreas tienen el mismo peso, fuerte interdependencia y como queda dicho, deben ser capaces de conocer las dos tecnologías y aplicar las mejores prácticas entre suministradores.

Por otra parte, se consideró muy importante reforzar la colaboración, ya satisfactoria, con los suministradores de combustible ENUSA para Almaraz y FANP (antes SIEMENS-KWU), para Trillo.

A continuación se relacionan algunas de las prácticas básicas de gestión que se siguen en Almaraz-Trillo:

1. Evaluación de los cambios de diseño mecánico y supervisión de fabricación de los elementos combustibles de cada recarga.

2. Introducción gradual de modificaciones, tanto de productos como de métodos, procurando además que las

Tabla 1. Datos Básicos de Diseño de Almaraz-Trillo

CONCEPTO	ALMARAZ	TRILLO
Potencia Térmica del Núcleo (MWt)	2.686	3.010
Potencia Eléctrica (MWe)	973,50/982,61	1.066
Número de Elementos Combustibles	157	177
Número de Barras de Control	48	52
Tipo de EC	17X17-25	16X16-20
Masa de Uranio Nominal por EC (Kg)	463,8	473,2
Venenos Integrados	Gadolinio	-
Densidad de Potencia (KW/KgU)	36,9	35,9
Densidad Lineal (W/cm)	172,6	207,1
Presión de Operación (bara)	155	158
Caudal Másico del Primario (Kg/s)	14.310	16.601
Bypass del Núcleo	4,62%/4,59%	6,0%

mismas dispongan de suficiente experiencia real.

3. Realizar el seguimiento tanto del ciclo como de la operación del combustible, que permita confirmar el comportamiento esperado y realimentar a los diseños futuros.

4. Realizar el seguimiento de la experiencia externa y tomar las acciones necesarias, para mejorar tanto los diseños como las prácticas que se consideren afectadas por las lecciones aprendidas de dicha experiencia.

5. Optimización conjunta con los suministradores del diseño de ciclos y evaluación independiente por Almaraz-Trillo, para asegurar tanto el mejor uso del combustible como la calidad del diseño.

6. Mantenimiento de modelos de planta que permitan evaluar los efectos en la dinámica de la misma, de cada nuevo núcleo y de otras modificaciones de diseño o de operación.

7. Evitar en lo posible la carga de combustible con fugas al comienzo de cada nuevo ciclo.

8. Participación en programas de desarrollo con el objetivo de mejorar los diseños a largo plazo, que permitan un uso óptimo del combustible sin afectar a los márgenes de seguridad.

ALMARAZ

Situación Actual

Las dos unidades de Almaraz operan en ciclos de 18 meses con 495 días efectivos a plena potencia, habiendo

iniciado la transición a este tipo de ciclos en el año 1988. El suministrador de las recargas es ENUSA.

A partir del año 1998, en el ciclo 12 de la unidad 2, se comenzó la introducción de un diseño mejorado, el MAEF, que incorpora una estructura más robusta y un material de vaina que pasa de Zircaloy avanzado a ZIRLO. Al año siguiente en el ciclo 14 de la unidad 1 se cambia también el material de la estructura a ZIRLO, además se incorpora una rejilla filtro protectora hasta llegar al diseño actual MAEF todo ZIRLO.

Este nuevo diseño mejora claramente el comportamiento del combustible en corrosión externa de la vaina por el refrigerante, en deformaciones del elemento y en fallos por partículas.

Al mismo tiempo se abandona gradualmente el uso de venenos consumibles tipo WABA y se pasa al empleo de venenos consumibles integrados de Gadolinio, al objeto de controlar tanto los picos de potencia como disminuir las necesidades de boro.

Paralelamente a la introducción de las modificaciones anteriores y para responder a la mejora de disponibilidad de ambas unidades (mejor factor de operación y paradas para recargas más cortas), así como a la mayor demanda de energía (menores alargamientos), se procede al aumento del enriquecimiento hasta el 4,25% manteniendo el lote de recarga en 64 elementos combustibles y alcanzando el quemado medio de descarga los 46,5 Mwd/KgU.

En la figura 1 puede verse un diseño representativo de los ciclos actuales de Almaraz. Estos ciclos se operan con una concentración de alrededor de 1.500 ppm de boro a principios de ciclo plena potencia y equilibrio de xenón.

El comportamiento del combustible MAEF, suministrado por ENUSA, está operando este tipo de ciclos sin fallos, y con buen comportamiento tanto en cuanto a corrosión externa de vaina como a deformaciones de la estructura.

Al objeto de mantener una alternativa tecnológica se cargaron en 1999 en la unidad 1, 4 elementos de demostración de diseño AFA-3G con vaina M5 de FRAGEMA. Estos elementos se encuentran operando su tercer y último ciclo tras el cual sufrirán la correspondiente inspección.

Evolución Prevista

Almaraz tiene previsto seguir operando en ciclos de 18 meses con mini aumentos de potencia a partir del año 2003. Al mismo tiempo se pretende seguir mejorando la disponibilidad de ambas unidades.

Para hacer frente a estos nuevos requisitos de energía, se aumentará el enriquecimiento hasta el 4,45% e introducirán rejillas mezcladoras intermedias (IFMs).

El lote de recarga se mantiene por el momento en 64 elementos combustibles, con lo que el quemado de descarga aumenta hasta 47,5 Mwd/KgU.

Las rejillas IFM mejoran el mezclado de refrigerante y el comportamiento

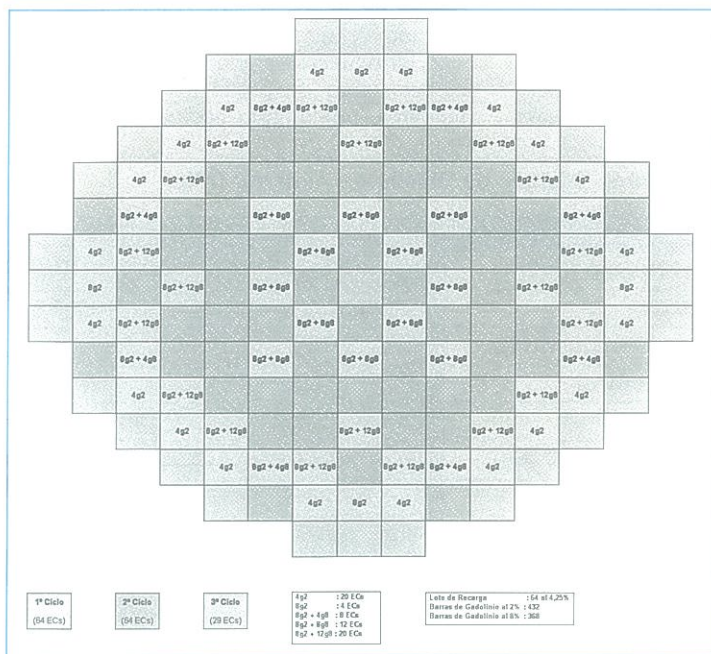


Figura 1. Esquema de Ciclo Típico en Almaraz.

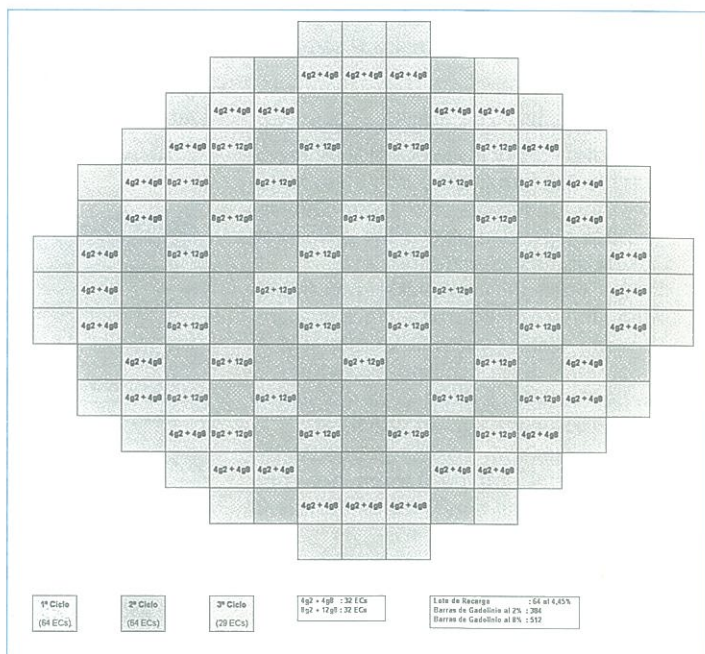


Figura 2. Esquema de Ciclo de Equilibrio Previsto en Almaraz para el Mini-Aumento de Potencia.

mecánico del elemento, lo que permite ganar márgenes térmicos.

Los esquemas de ciclo, de bajas fugas totales, se mantienen muy parecidos a los actuales, ver figura 2.

Se encuentran en estudio la introducción de otras mejoras tanto de producto como de métodos, que permitan continuar con los aumentos de potencia y de enriquecimiento, manteniendo unos márgenes satisfactorios en operación.

Este programa se acompaña de un plan de inspección del combustible, en colaboración con otras plantas españolas, que garantice la fiabilidad del combustible y la obtención de los datos necesarios para futuras mejoras.

TRILLO

Situación Actual

El combustible de Trillo es de tipo KWU 16x16-20, el núcleo consta de 177 elementos y 52 barras de control, además dispone de forma permanente de 36 detectores que controlan la distribución de potencia dentro del núcleo y que generan señales que son procesadas por el sistema de limitación, el cual de forma automática, toma acciones para mantener las distintas variables dentro de sus valores de diseño.

Trillo opera en ciclos anuales con 336 DEPP, con lote de recarga de 44 elementos frescos del 3,95% de enriquecimiento y quemados medios de descarga de 48,5 Mwd/KgU. Los diseños son de bajas fugas totales sin nece-

sidad de utilización de venenos consumibles, aunque se está licenciando el uso del gadolinio. En la figura 3 se incluye un esquema de ciclos típico actual.

El comportamiento del combustible suministrado por FANP, se puede calificar de satisfactorio, con pocos fallos y sin problemas significativos para la operación del reactor.

La evolución de los diseños de combustible se acomodó a los aumentos de quemado que se han realizado para reducir los costes de la primera parte del ciclo, y disminuir el número de elementos descargados al año, de tal forma que se aproveche mejor la capacidad de la piscina.

La capacidad de almacenamiento de la piscina de Trillo, que está dentro de contención, es de únicamente 806 posiciones, pequeña, comparada con las 1.800 posiciones de almacenamiento de cada piscina de Almaraz.

Los cambios de diseño mecánico más significativos han consistido en:

- Mejora del material de vaina frente a la corrosión del refrigerante, que pasa del Zircaloy estándar del primer núcleo a Zircaloy avanzado con bajo contenido en estaño de tipo PCA1 y PCA2 y desde la 7ª recarga a vaina tipo DUPLEX ELS 0.8. Esta vaina es en su mayor parte Zircaloy con una capa externa de unas 150 µm de Zircaloy con contenido de estaño, por debajo del límite marcado en la especificación ASTM para Zircaloy.

El comportamiento de estos materiales se ha ido comprobando con distintas campañas de inspección tras irradiación.

- Mejoras de las rejillas que pasan de todas Inconel a las internas bimetálicas, primero sin y después con aletas mezcladoras.
- Incorporación de un filtro antipartículas integrado en la tobera inferior del elemento.

En el caso de Trillo es relevante destacar que en el año 2002 se han cargado para su almacenamiento en seco los dos primeros contenedores DPT de ENRESA-ENSA, cada uno de ellos con capacidad para 21 elementos gastados.

Tanto en el diseño del elemento como en su operación, se tienen en cuenta las condiciones mecánicas al final de vida, de tal forma que se garantice la manejabilidad del elemento y la integridad de la vaina en condiciones de almacenamiento a largo plazo.

Como en el caso de Almaraz y por las mismas razones, se inició un programa de elementos de demostración, en este caso de ENUSA, que incorporan ZIRLO como material de vaina. Estos elementos entrarán en el ciclo 16, que comenzará en junio de 2003, en su cuarto y último período de irradiación tras el cual sufrirán una inspección final.

Evolución Prevista

En el caso de Trillo, se ha previsto el aumento gradual del quemado de

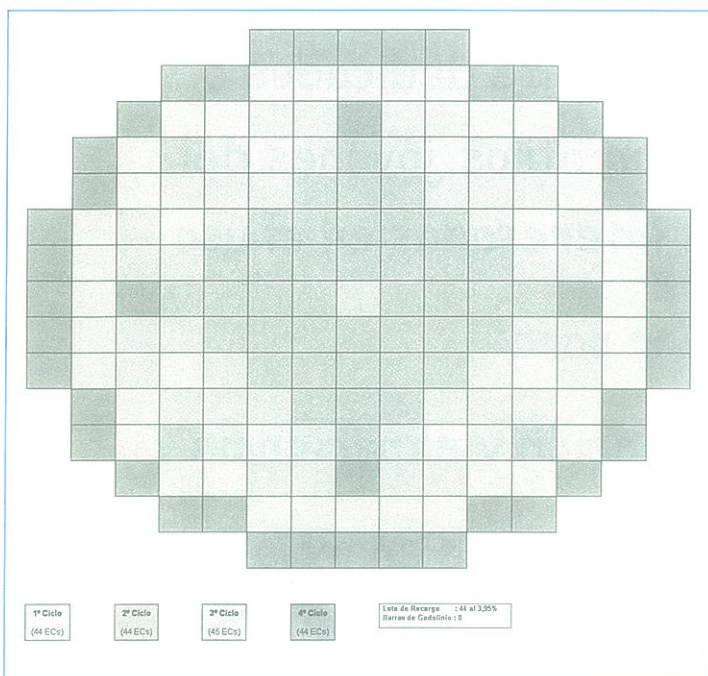


Figura 3. Esquema de Ciclo Típico en Trillo.

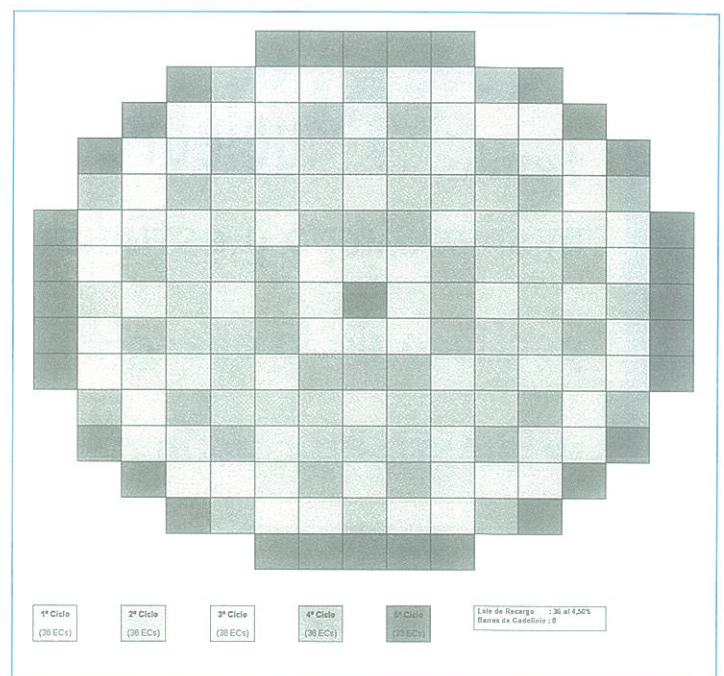


Figura 4. Esquema de Ciclo de Equilibrio Previsto en Trillo.

descarga sin modificaciones significativas en cuanto a la operación.

El primer paso en 2004 consistirá en reducir el lote de recarga a 40 EC, aumentando el enriquecimiento hasta el 4,20%, con lo que los quemados medios de descarga alcanzarán los 53 Mwd/KgU.

En un paso posterior se reducirá el lote a 36 EC del 4,50%, con lo que se operaría en fracciones de 1/5 de núcleo y quemados medios de descarga en torno a los 58 Mwd/KgU. En la figura 4 se ha incluido un diseño de equilibrio con 36 EC sin venenos consumibles. Es de señalar que la dispersión de quemado de los elementos sobre la media es pequeña, lo que reporta ventajas técnicas y económicas importantes.

Para acometer el primer paso, el combustible actual FOCUS-DUPLEX presenta márgenes suficientes y probados.

Para la reducción a 36 EC se ha previsto la mejora tanto del material de vaina como de la estructura, en base a un diseño ya probado en centrales KWU. Las mejoras afectarán a la vaina con la introducción del DUPLEX-D4, y a la estructura con una rejilla de tipo HTP que mejora claramente el com-

portamiento, sobre todo en cuanto a desgastes de barra por rozamiento.

CONCLUSIONES

El combustible de Almaraz y Trillo está operando con alta fiabilidad y con unos costes razonables.

En el futuro se pretende seguir mejorando los costes del combustible al mismo tiempo que se opera en condiciones más demandantes, por ejemplo, aumentos de potencia, aumentos de longitud de ciclo, mayor disponibilidad, mejoras de eficiencia térmica, etc. Este objetivo sólo puede alcanzarse con mejoras técnicas, tanto del producto como de los métodos de diseño que ya se están introduciendo en colaboración con los suministradores de las recargas.

Tanto en el caso de Almaraz, ENUSA, como en el de Trillo, FANP, han demostrado una excelente disposición y prestado un importante apoyo para lograr las metas propuestas.

Por otra parte en nuestra experiencia, las inspecciones del combustible tras irradiación y la participación en proyectos de desarrollo, son también

fundamentales para conseguir diseños que puedan operar con fiabilidad alta en dichas nuevas condiciones de operación.

Por último, señalar que la gestión conjunta de las dos centrales supone la oportunidad de acceso directo a dos tecnologías y prácticas distintas y, por tanto, la posibilidad de adaptar las más convenientes en cada caso particular.



Manuel NOVO SANJURJO es Licenciado en Ciencias Físicas. Diplomado en Ingeniería Nuclear por la JEN. Trabajó en Sener y en la CN Regodola. Desde 1984 es responsable del departamento de combustible de CN Trillo, y desde 1999 de las centrales nucleares de Almaraz-Trillo.



• Jóve **N**es profesionalmente dedicados a temas **Nucleares**, buscan otros jóvenes del mismo campo o estudiantes interesados en el uso pacífico de la energía nuclear para:

➡ Puesta en común de información y experiencia

➡ Divulgación de conocimientos sobre energía nuclear

Interesados, dirigirse a:

jovenes-nucleares@sne.es



www.sne.es/comisiones.htm