

EL COMBUSTIBLE NUCLEAR

NUCLEAR FUEL IN COFRENTES NPP

El combustible tiene características de elemento esencial en el negocio de generación eléctrica nuclear por sus implicaciones directas en la seguridad, los costes de generación y en las condiciones y limitaciones operativas de la instalación.

La gestión del combustible en CN Cofrentes ha venido orientada hacia la optimización operativa, la mejora de la fiabilidad y la búsqueda del conocimiento en profundidad de los procesos de diseño y licenciamiento que permiten que Iberdrola, como explotador responsable, pueda ejercer un control independiente de los aspectos de seguridad relacionados con el combustible y le facilita el libre acceso a los mercados de fabricación.

Fuel is an essential element in the nuclear power generating business because of its direct implications on safety, generating costs and the operating conditions and limitations of the facility.

Fuel management in Cofrentes NPP has been targeted at optimized operation, enhanced reliability and the search for an in-depth knowledge of the design and licensing processes that will provide Iberdrola, as the responsible operator, with access to independent control of safety aspects related to fuel and free access to manufacturing markets.

① (De izquierda a derecha y de arriba a abajo)/ (From left to right and up to down). Andrés Galicia Saavedra, Pedro Mata Alonso, José Martín Picapiedra, Juan Serra Torres, Manuel Albendea Darriba, M^a Teresa López Carbonell, M^a Isabel Gómez Bernal, Luis García Delgado y Félix Castrillo Porres.



② (De izquierda a derecha)/ (From left to right). Fernando García Martínez, Manuel Continente Caro, Miguel Blanco Poveda, Matías Urrea Sánchez, Gabriel Mora Pavón y Adolfo Fernández López.

③ (De izquierda a derecha)/ (From left to right). Andrés Gómez, Consolación Montalvo, Alberto Ortego, José Melara, Marcos Manso, Pablo J. García Sedano, Javier Iglesias, Inés Gallego, José Manuel Dey, Rafael de la Fuente, Antonio Crespo, Raúl Orive e Inmaculada Tárrega.



Características y evolución del combustible en CN Cofrentes

Desde el comienzo de la operación comercial (1984), y de forma similar al resto de la flota BWR, las condiciones operativas de la central han ido evolucionando en busca de mejoras en la eficiencia de la instalación (ciclos más largos, ampliaciones de mapas de operación, aumentos de potencia), lo que ha supuesto crecientes exigencias a los diseños de combustible a las que los suministradores han venido respondiendo mediante la aportación de mejoras tecnológicas que se han traducido en ampliaciones de márgenes térmicos, materiales y aleaciones más resistentes, característi-

cas termohidráulicas, etc. Así, el aumento del número de varillas, la inclusión de varillas de longitud parcial, la optimización de las rejillas espaciadoras, los filtros antipartículas o los nuevos procesos de fabricación han marcado la evolución de los diseños en busca de una mejor eficiencia y respuesta a los requerimientos de fiabilidad total. La Tabla 1 resume las características más relevantes de los diseños de elementos combustibles cargados a lo largo de la vida de CN Cofrentes hasta la fecha, y la Tabla 2 los ciclos en que han estado en el núcleo cada uno de los diseños.

El diseño nuclear se ha ido adaptando a las exigencias operativas, lo que ha supuesto un incremento continuado de los enriquecimientos

Fuel Characteristics and Evolution in Cofrentes NPP

Similarly to other BWR plants, Cofrentes' operating conditions have, since the beginning of commercial operation (1984), been evolving towards improved efficiency of the facility (longer cycles, enlarged operating maps, power uprates). This has resulted in growing demands on fuel design, to which suppliers have been responding with enhanced technologies that have led to increased thermal margins, more resistant materials and alloys, enhanced thermo-hydraulic features, etc. Thus, a higher number of rods, inclusion of partial length rods, optimized spacer grids, anti-debris filters and new manufacturing process have marked the evolution of fuel designs in the search for enhanced efficiency and a response to total reliability requirements. Table 1 summarizes the most relevant design characteristics of the fuel assemblies loaded to date in Cofrentes NPP, and Table 2 shows which cycle each of the designs has been used for.

The nuclear design has been progressively adapted to operating requirements. This has involved continually increasing enrichments (Figure 1 shows the evolution), which have reached mean values of 4% that represent local enrichments of 4.95%. This means that the current upper limit established by the industry has been reached under current conditions.

Supply Management

A diversified fuel supply has been identified by Iberdrola as a strategic direction required to be in a position to access the manufacturing services market in order to benefit from all the most advanced technological options, the possibility of responding to eventual supplier problems, and the economic advantages derived from the acquisition of these services to the greatest possible extent in an environment of competition between suppliers.

To achieve this objective, on one hand all potential suppliers must be qualified, and on the other, if the benefits of this situation are to be made the most of, the technological barriers raised by suppliers to protect their markets must be eliminated. Examples of the latter are the logical restrictions on the exchange of certain data between competitors and core monitoring systems.

The goal, therefore, is to have the ability to use fuel manufactured by any of the active suppliers on the BWR market, and achieving this goal is greatly facilitated if there are core design and tracking tools and methods available that are independent of suppliers and are sufficiently verified and validated.

With this vision, human and technological resources were prepared to assimilate the design expertise and develop thermal-hydraulic neutronic and safety analyses methods. This resulted, on one hand, in the formation of stable taskforces located in Iberdrola's Nuclear Fuel and Safety department and in IBERINCO's Nuclear Fuel Engineering department, and on the other in the establishment of the GIRALDA methodology as a series of methods, models and procedures that were

Características/Characteristics	GE-6	GE-7B	GE-10	GE-11	GE-12	SVEA96
Geometría/ Geometry	8X8	8x8	8x8	9x9	10X10	10x10
Nº de varillas de agua/ No. of water rods	2	2	1	2	2	1 central- 4 alas/wings
Nº de v.combustibles ocupadas por varillas de agua/ No. of fuel rods occupied by water rods	2	2	4	7	8	4
Nº de varillas de longitud parcial/ No. of partial length rods	0	0	0	8	14	0
Material de vaina/ Cladding material	Zr2	Zr2	Zr2	Zr2 / P6	Zr2 / P7	Zr2 LK2+/LK3
Nº de espaciadores/No. of spacers	7	7	7	7	8	8
Tipo de canal/ Type of canal	Uniforme Uniform	Uniforme Uniform	Interactivo Interactive	Interactivo Interactive	Interactivo Interactive	Uniforme Uniform
Tipo de espaciador/ Type of spacer	De jaula ovalada Oval cage	De jaula ovalada Oval cage	Ferrule	Ferrule	Ferrule	Ferrule

T 1. Principales características de los elementos combustibles cargados en CN Cofrentes hasta el Ciclo 14/ Main Characteristics of Fuel Assemblies Loaded in Cofrentes NPP up to Cycle 14.

Ciclo Cycle	% Potencia	GE-6B	GE-7B	GE-10	GE-11 LUAS	GE-11	GE-12 LUAS	SVEA LUAS	SVEA-96	GE-12
ciclo1/cycle1	100	F=624								
ciclo2/cycle2	100	F=180								
ciclo3/cycle3	100		F=200							
ciclo4/cycle4	102		F=184							
ciclo5/cycle5	102	*2837	F=196							
ciclo6/cycle6	102		F=200							
ciclo7/cycle7	102			F=224	F=4					
ciclo8/cycle8	102					F=196				
ciclo9/cycle9	102					F=184	F=4	F=4		
ciclo10/cycle10	102				43028	F=188				
ciclo11/cycle11	104.2					F=192	4750	37967	33447	
ciclo12/cycle12	104.2								F=184	
ciclo13/cycle13	104.2								F=128	F=120
ciclo14/cycle14	110.0								F=76	F=120

* Quemado máximo de lote alcanzado por tipo de combustible v ciclo en el que se descargó (MWD/MT)

F= Nº de elementos frescos de ese tipo cargados en ese ciclo

* Maximum batch burn-up achieved by type of fuel and cycle in which it was unloaded (MWD/MT).

F=NO. of fresh elements of this type loaded in that cycle

T 2. Distribución de los elementos combustibles en los ciclos / Fuel assembly distribution by cycles.

submitted to the CSN's review and that, after approval, have been used for designing and licensing the last two reloads in Cofrentes NPP. Table 3 summarizes the calculation codes on which the GIRALDA methods are based.

Availability of the GIRALDA methodology has been the fundamental element that has permitted entry of a first alternative fuel supplier, after a demo program was carried out to verify the viability of the process and confirm the qualifications of the new supplier and design. With this reference framework, there have been two bid tenders for the supply of fuel manufacturing services, each with a scope of three refuelings. Bids were submitted in the first tender (for cycles 12, 13 and 14) by Genusa, the only supplier up to that point, with its GE12 design and by ABB Atom, the new entrant, with design SVEA96. In the second tender (held in

Método/Method	Código/Code
Diseño de celda/ elemento <i>Lattice/assembly desing</i>	CASMO-4
Diseño de núcleo <i>Core desing</i>	SIMULATE-3
Transitorios <i>Transients</i>	RETRAN
LOCA	TRACBF1/APK
Estabilidad <i>Stability</i>	LAPUR-5

T 3. Métodos de cálculo / Computing methods.



Fig. 1. Enriquecimiento medio % U-235 / Average enrichment %U-235.

con una evolución que se representa en la Figura 1, habiéndose llegado a valores medios del 4% que suponen enriquecimientos locales del 4,95%, lo que implica alcanzar el techo establecido en la industria en las condiciones actuales.

La gestión del suministro

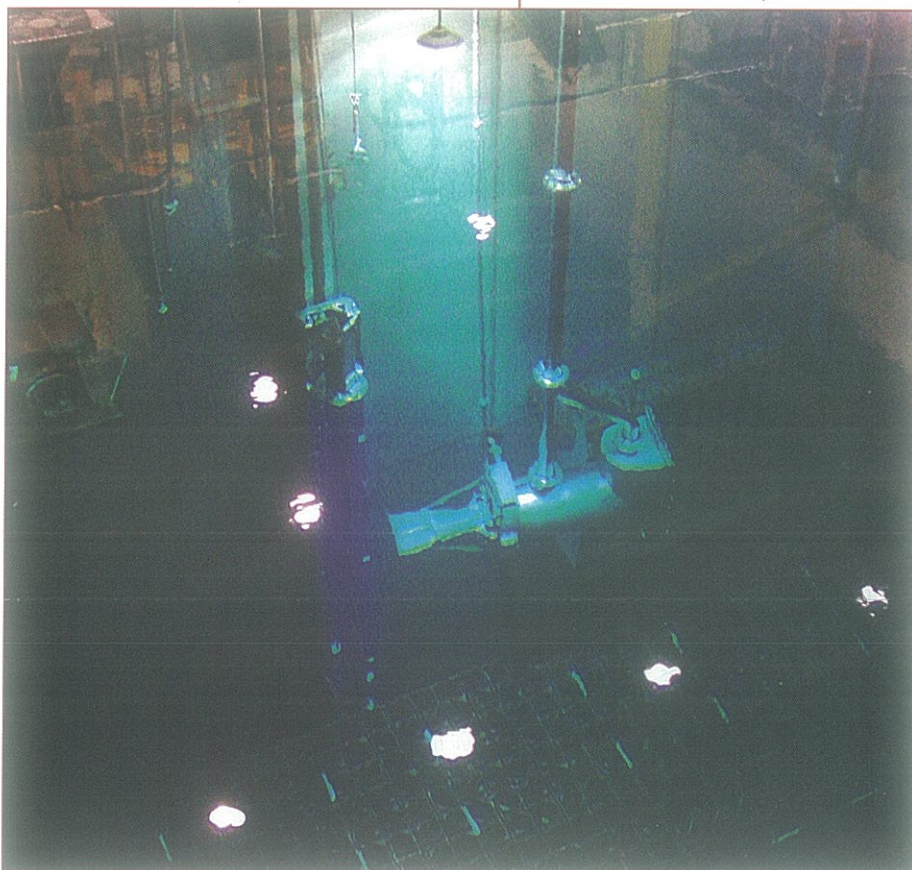
La diversificación en el suministro del combustible ha sido identificada dentro de Iberdrola como una línea estratégica, con el objetivo de estar en disposición de acceder al mercado de servicios de fabricación de forma que se pueda disponer de todas las opciones tecnológicas más avanzadas, de la posibilidad de res-

puesta ante eventuales problemas de un suministrador y de las ventajas económicas que se derivan de la adquisición de estos servicios en un régimen, en la medida de lo posible, de competencia entre los suministradores.

Para conseguir este objetivo es necesario, por un lado, tener cualificados a todos los suministradores potenciales, y, por otro, si se quieren aprovechar al máximo los beneficios de esta situación, eliminar las barreras tecnológicas que crean los propios suministradores para proteger su mercado. Ejemplos de estas últimas son la lógica restricción al intercambio de ciertos datos entre competidores y los sistemas de vigilancia del núcleo.

El objetivo, por tanto, ha sido el de tener la capacidad de utilizar combustible fabricado por cualquiera de los suministradores activos en el mercado BWR, y su consecución se facilita enormemente si se tienen disponibles herramientas y métodos de diseño y seguimiento del núcleo que sean independientes de los suministradores y que estén suficientemente validados y contrastados.

Con esta visión, se prepararon los recursos humanos y tecnológicos para asimilar las habilidades de diseño y el desarrollo de métodos de análisis neutrónico termohidráulico y de seguridad, que dio lugar, por un lado, a la formación de equipos estables de trabajo, ubicados en la sección de Combustible y Seguridad Nuclear de Iberdrola y en la sección de Ingeniería del Combustible Nuclear de IBERINCO, y, por otro, al establecimiento de la metodología GIRALDA como conjunto de métodos, modelos y procedimientos, que fueron sometidos a la revisión del CSN y que, tras su aprobación, han sido empleados para el diseño y licenciamiento de la dos últimas recargas de combustible en CN Cofrentes. La **tabla 3** resume los



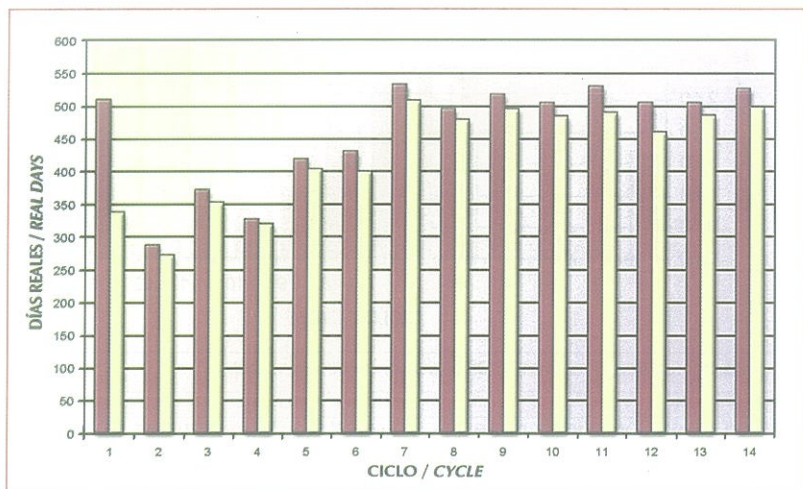


Fig. 2. Longitud del ciclo/ Cycle length.

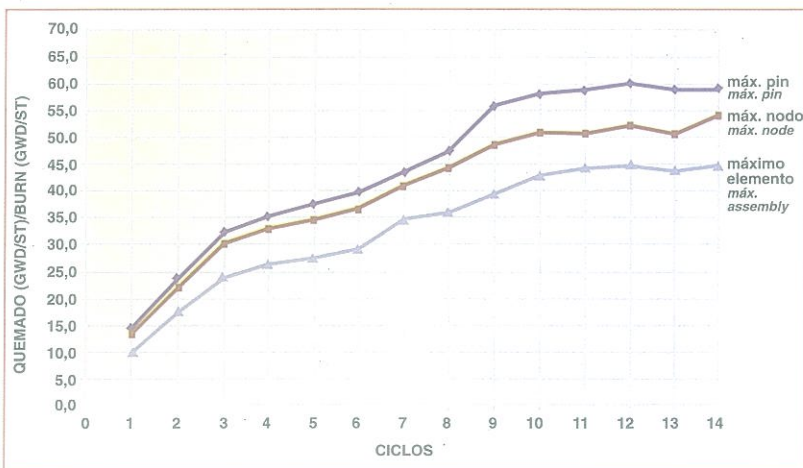


Fig. 3. Evolución del quemado en el elemento por ciclos/ Evolution of burn-up in the assembly by cycles.

códigos de cálculo que son base de los métodos englobados en GIRALDA.

La disponibilidad de la metodología GIRALDA ha sido la pieza fundamental que ha permitido la entrada de un primer suministrador alternativo de combustible, tras un programa de demostración para verificar la viabilidad del proceso y confirmar la cualificación del nuevo suministrador y diseño. Con este marco de referencia se han realizado dos licitaciones para el suministro de los servicios de fabricación del combustible, cada una con un alcance de tres recargas. En la primera licitación (para los ciclos 12, 13 y 14) participaron Genusa, suministrador único hasta ese momento, con el diseño GE12, y ABB Atom, suministrador entrante, con el diseño SVEA96. En la segunda licitación (celebrada en el año 2001 para los ciclos 15, 16 y 17) han participado Genusa, con el diseño

GE14, Westinghouse Atom AB (antes ABB Atom), con el diseño Óptima2, y Framatome ANP con el diseño Atrium10.

Se ha desarrollado un proceso para la evaluación de las ofertas recibidas, utilizando los métodos independientes de GIRALDA, en el que se reproducen con un mismo código las propuestas presentadas por los competidores con el fin de verificar el cumplimiento de los criterios o condiciones de contorno impuestos en la Especificación de Ofertas, pudiendo imponer penalizaciones sobre las propuestas (comunicando esta circunstancia al ofertante) hasta asegurar el cumplimiento de estos criterios, y evaluando de forma cuantitativa los múltiples aspectos que permiten la comparación de las propuestas como son la eficiencia, márgenes, coste, licenciabilidad, fiabilidad, etc. Con este proceso se asegura una comparación homogénea "con

2001 for cycles 15, 16 and 17), Genusa, Westinghouse Atom AB (formerly ABB Atom) and Framatome ANP took part with designs GE14, Optima2 and Atrium10, respectively.

A process was developed to evaluate the bids received based on the use of the independent GIRALDA methods. This process reproduces with the same code the proposals submitted by the competitors in order to verify that the criteria or conditions stipulated in the Bid Specification are met. Penalties could be imposed on the proposals (communicating this circumstance to the bidder) until it was ensured that these criteria were met, and the multiple aspects used to compare the proposals, such as efficiency, margins, cost, licensability, reliability, etc., were quantitatively evaluated. This process ensures a homogenous comparison "with the same measuring rod" and encourages bidders to submit truly optimized proposals.

The two tenders ended in awards divided between various bidders. This will help complete the diversification process, maintain competitive costs and keep available all current options in today's changing market of nuclear fuel manufacturing.

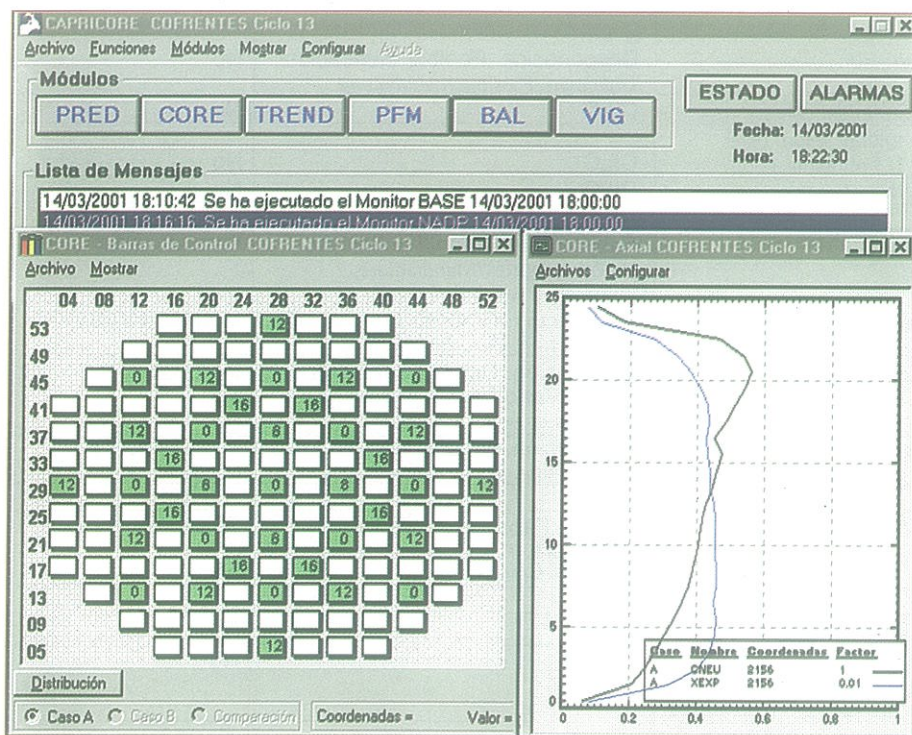
In-Core Fuel Management

Management of each operating cycle is planned in the core design phase on the basis of the energy needs defined in the unit's Energy Utilization Plan. Cycle duration has evolved from 12 months (cycles 1 to 6) to 18 months (cycles 7 to 14), and it is currently in the process of being transitioned to around 24 months depending on the capacity of advanced fuel designs and economic efficiency. Cycle duration includes an extension stage that involves two phases: one phase in which the core's thermal power is maintained by continuous reduction of the feedwater temperature, and a second coastdown phase. Figure 2 shows the historic evolution of Cofrentes NPP cycle lengths: total length and effective days at full power (DEPP). Figure 3 shows the evolution of the burn-ups achieved by the fuel assemblies, with a continuous tendency towards improved energy use.

Core tracking is done, on one hand, with the Monitoring System (on-line), which verifies that Thermal Limits based on the parameters measured during operation are met. On the other hand, the design methods (off-line) are used to keep models updated and contrast the predicted design evolution against actual plant measurements, thus providing a continuous "benchmarking" for these models.

The Thermal Operating Limits contained in the corresponding Report (ILON) for each cycle are established and verified in terms of the safety analyses included in the Reload Safety Evaluation, where the bounding transients and accidents are reproduced by using the GIRALDA methodology. It should be noted that the use of an independent methodology allows for the design and tracking of mixed cores (fuels of differing design and manufacturer) without any limitations with respect to availability of experimental data and correlations inherent in each design, which are normally not shared between competitors when one supplier is responsible for reload design and licensing functions.

Fuel management requires full integration and synchronization of the human teams responsible for design, operating and engineering activities. In this respect, experience has shown that when people work together as a single team, the common goals



Sistema de vigilancia del núcleo CAPRICORE/ CAPRICORE core monitoring System

are successfully achieved in a natural way. In Cofrentes NPP, taskforces are formed by members from Nuclear Fuel and Safety (COSNU) and Technical Operation Support (SOTEX) to define detailed operating strategies (rod management and operating margins), to coordinate the reception and inspection of fuel assemblies, to track core conditions, to plan handling operations, and in general to rapidly and effectively address any eventuality that may arise during fuel cycle operation. For fuel engineering activities, the taskforces are completed by engineers from IBERINCO's Nuclear Fuel Engineering division, which plays a fundamental role in performing refueling Safety Evaluation. Preparation of specific Quality Plans for each refueling facilitates the coordination and quality assurance of all work performed.

No less important are the contributions of other Nuclear Production Management (PRONU) organizations to fuel management. The Quality Assurance (GARCA) division takes part in tracking both manufacturer quality and internal COSNU processes, the In-Plant Technical Support (APTEC) division integrates nuclear fuel engineering into the rest of the Cofrentes NPP project, and the Licensing (LIPRO) division coordinates and manages licensing and permits with the regulatory authorities.

Reliability

In Cofrentes NPP, failures (rod breaks) have occurred in the fuel assemblies in 10 of the 14 operating cycles that have taken place to date. Table 4 summarizes the failures that have occurred in each cycle, with indication of the root cause and consequences. Most failures are due to a generalized accelerated corrosion phenomenon (CILC: Crud Induced Localized Corrosion) caused by copper deposits on the rods. As of Cycle 5,

la misma vara de medir" y se promueve el interés de los ofertantes en presentar propuestas realmente optimizadas.

La dos licitaciones se han resuelto con adjudicaciones compartidas entre los ofertantes que permitirá completar el proceso de diversificación, el mantenimiento de unos costes competitivos y la disponibilidad de todas las opciones actuales en el actual mercado cambiante de la fabricación de combustible nuclear.

La gestión del combustible en el núcleo

La gestión de cada ciclo de operación se planifica en la fase de diseño del núcleo en base a las necesidades energéticas definidas en el Plan de Utilización de la Energía de la unidad. La duración de los ciclos ha evolucionado de los 12 meses (ciclos 1 a 6) a los 18 meses (ciclos 7 a 14) estando actualmente en un proceso de transición a longitud del orden de 24 meses, en función de la capacidad de los diseños avanzados de combustible y de la eficiencia económica. La duración del ciclo incluye una etapa de extensión que se realiza en dos fases, una fase en la que se mantiene la potencia térmica del núcleo mediante la reducción continua de la temperatura de agua de alimen-

tación y un fase de "coastdown". La figura 2 recoge la evolución histórica de la longitud de los ciclos de CN Cofrentes: longitud total y días efectivos a plena potencia (DEPP). La figura 3 recoge la evolución de los quemados alcanzados por los elementos combustibles con una tendencia continuada de mejora en su aprovechamiento energético.

El seguimiento del núcleo se realiza, por un lado, con el Sistema de Vigilancia ("on line") con el que se verifica el cumplimiento de los Límites Térmicos a partir de los parámetros medidos durante la operación, y, por otro, con los métodos de diseño ("off line") con el fin de mantener actualizados los modelos y contrastar la evolución prevista en el diseño con la realidad medida en la planta y disponer de una "calibración" continua de dichos modelos.

Los Límites Térmicos de Operación que se recogen en el correspondiente Informe (ILON) de cada ciclo, se establecen y verifican en función de los análisis de seguridad que se incorporan en la Evaluación de Seguridad de la Recarga donde se reproducen los transitorios y accidentes más limitantes haciendo uso de la metodología GIRALDA. Merece la pena destacar que el uso de una metodología independiente permite la realización del diseño y seguimiento de núcleos mixtos (combustibles de distinto diseño y fabricante) sin limitaciones respecto a la disponibilidad de datos experimentales y correlaciones propias de cada diseño que normalmente no son compartidos entre competidores cuando un suministrador se responsabiliza de las funciones de diseño y licenciamiento de las recargas.

La gestión del combustible requiere una total integración y sincronización de los equipos humanos que tienen asignadas responsabilidades en las actividades de diseño, operación e ingeniería, y a este respecto la experiencia ha demostrado que cuando se trabaja como un único equipo los objetivos comunes se alcanzan con éxito de forma natural. En CN Cofrentes se forman equipos de trabajo con miembros de Combustible y Seguridad Nuclear (COSNU) y Soporte Técnico de Explotación (SOTEX) para la definición de estrategias detalladas de operación (gestión de barras y márgenes operativos), la coordinación de la recepción e inspección de los

Ciclo/ Cycle	# Fallos/ # Failures	Diseño/ Design	Historia/History	Causa Raíz/Root Cause	Degradación/ Degradation
1	1	GE 6	Fresco/Fresh	Desconocida. Posible fabricación/ Unknown. Possibly manufacture	No
2	1	GE 6	Núcleo inicial/Initial core	CILC	No
3	21	GE 6	18 núcleo inicial/ initial core 3 recarga 1/3 refueling 1	CILC	No
4	2	GE 6	Recarga 1/Refueling 1	CILC	No
5	0	-	-	-	-
6	2	GE 7B	Fresco/Fresh	Fabricación. Defecto soldadura tapón superior/Manufacture. Upper plug welding defect.	Parcial/Partial
		GE 7B	Recarga 3/Refueling 3	Fabricación. Proceso de extrusión Manufacture. Extrusion process.	Importante/Major
7	1	GE 10	Fresco/Fresh	Fabricación. Defecto soldadura tapón inferior/ Manufacture. Lower plug welding defect.	Importante(*)/ Major (*)
8	1	GE 11	Fresco/Fresh	Fabricación. Defecto de soldadura Manufacture. Welding defect.	Importante (*)/ Major (*)
9	0	-	-	-	-
10	1	GE 11	Recarga 7/Refueling 7	Posible Fabricación. Defecto en soldadura /Possibly manufacture. Welding defect.	Si/Yes
11	0	-	-	-	-
12	1	GE11	Recarga 10/Refueling 10	(**)	No
13	3	1 GE11 2 SVEA96	GE11 recarga 10/GE11 refueling 10 S-96 recarga 11/S-96 refueling 11 S-96 recarga 12/S-96 refueling 12	(**)	No
14	En operación In operation				

T 4. (*) Parada a mitad de ciclo - (**) Aún no inspeccionado / (*) Shutdown in mid-cycle - (**) Still not inspected

elementos combustibles, el seguimiento de las condiciones del núcleo, la planificación de maniobras, y en general para dar respuesta rápida y eficaz a cualquier eventualidad que se presente en la operación del ciclo de combustible. En las actividades de ingeniería del combustible los equipos se completan con la participación de los ingenieros de la sección de Ingeniería del Combustible Nuclear de IBERINCO, que constituye una pieza fundamental para la realización de Análisis de Seguridad de las recargas. La preparación de Planes de Calidad específicos para cada recarga facilita la coordinación y asegura la calidad en los trabajos realizados.

No menos importantes son las aportaciones de otras organizaciones de la Dirección de Producción Nuclear (PRONU) a la gestión del combustible, así la sección de Garantía de Calidad (GARCA) participa tanto en el seguimiento de la calidad de los fabricantes como en la de los procesos internos de COS-NU, la sección de Apoyo Técnico en Planta (APTEC) integra la ingeniería del combustible nuclear en el resto del proyecto de CN Cofrentes, y la sección de Licenciamiento (LI-PRO) coordina y gestiona el licenciamiento y las autorizaciones con las autoridades reguladoras.

Fiabilidad

En CN Cofrentes se han producido fallos (rotura de varillas) en los elementos combustible en 10 de los 14 ciclos de operación transcurridos hasta la fecha. La **Tabla 4** resume los fallos habidos en cada ciclo con indicación de la causa raíz y consecuencias. El mayor número de fallos corresponde a un fenómeno generalizado de corrosión acelerada (CILC: Crud Induced Localized Corrosion) inducida por la deposición en las varillas de cobre procedente del condensador. A partir del Ciclo

failures have been primarily due to manufacturing defects, and in some cases there have been major secondary degradations that required shutdowns to repair damaged assemblies. On some occasions, the failed assembly has been identified by causing local power disturbances with the control rods (flux tilt) and subsequently reducing power to the suspect assemblies, in order to minimize the possibility of secondary degradation from local hydridation.

T 5. Principales características de los elementos combustibles previstos para cargar en CN Cofrentes en los ciclos 15, 16 y 17. / Main characteristics of fuel assemblies due to be loaded in Cofrentes NPP in cycles 15, 16 and 17.

Características/ Characteristics	GE-14	Optima-2	Atrium-10
Geometría/Geometry	10x10	10x10	10x10
Nº de varillas de agua/No. of water rods	2	1 central 4 alas/wings	1 central
Nº de v.combustibles ocupadas por varillas de agua/ No. of fuel rods occupied by water rods	4	8	9
Nº de varillas de longitud parcial/ No. of partial length rods	12	14	8
Material de vaina/ Cladding material	Zr2 / P7	Zr2 / LK3	Zr2 / LTP
Nº de espaciadores/No. of spacers	7	8	8
Tipo de canal/Type of canal	Uniforme Uniform	Interactivo Interactive	Interactivo Interactive
Tipo de espaciador/Type of spacer	Ferrule	Ferrule	Ferrule

At present, thanks to improvements in manufacturing processes and cladding materials, the probability of rod failures is primarily associated with the potential inclusion of foreign particles in the coolant. To minimize this risk, all designs incorporate an anti-particle filter at the entrance to the fuel assemblies.

Future Challenges

For the forthcoming cycles in Cofrentes NPP, the aim is to increase cycle length to 24 months, with operation at uprated thermal power and including recovery of the inaccuracy margin in the feedwater flow measurement. This involves exacting demands on the fuel, which are being addressed with new advanced fuel assembly designs (see Table 5) that are due to be loaded in cycles 15, 16 and 17. These new designs being developed by manufacturers include the best of their proven, contrasted technologies, and they will be gradually incorporated into the Cofrentes NPP core through a timely process of adaptation of models and methods and of licensing. On a more long-term basis, it is expected that the results of programs such as "Robust Fuel" will be incorporated into commercial products, providing access to a new generation of fuel designs capable of addressing the demands for efficiency, use, reliability and safety that will help achieve the goal of excellent operation of our plants.

5 los fallos se han debido fundamentalmente a defectos de fabricación, y en algunos casos tuvieron degradaciones secundarias importantes que obligaron a paradas para sustitución de elementos dañados. En algunas ocasiones se ha identificado el elemento fallado realizando perturbaciones de potencia locales con las barras de control (flux tilt) y reduciendo posteriormente la potencia de los elementos sospechosos con el fin de minimizar la posibilidad de degradación secundaria por hidruraciones locales.

En la actualidad, las mejoras en los procesos de fabricación y en los materiales de las vainas hacen que la probabilidad de fallos en varillas esté fundamentalmente asociada a la potencial inclusión de partículas extrañas en el refrigerante, y, para minimizar este riesgo, todos los diseños incorporan un filtro antipartículas a la entrada de los elementos combustibles.

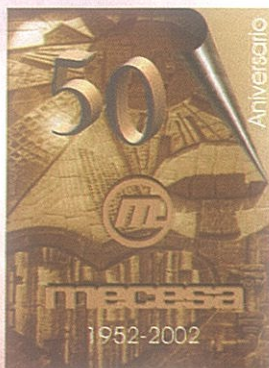
Los retos del futuro

Los próximos ciclos de CN Cofrentes están orientados a incrementar su longitud hacia los 24 meses, con

operación a potencia térmica aumentada, incluyendo la recuperación del margen de imprecisión en la medida del caudal de agua de alimentación, lo que supone una demanda exigente para el combustible, a la que se está haciendo frente con los nuevos diseños de elementos combustibles avanzados (ver **Tabla 5**) que se prevé cargar en los ciclos 15, 16 y 17. Estos nuevos diseños son la respuesta evolutiva de los fabricantes a la que han incorporado lo mejor de sus tecnologías probadas y contrastadas y que se irán incorporando al núcleo de CN Cofrentes a través del oportuno proceso de adaptación de métodos y modelos y de su licenciamiento. A más largo plazo se espera que los resultados de programas como el de "Combustible Robusto" se incorporen en los productos comerciales y permitan acceder a una nueva generación de diseños de combustible capaces de dar respuesta a las exigencias de eficiencia, aprovechamiento, fiabilidad y seguridad que permita una mejor aproximación al objetivo de excelencia operativa de nuestras centrales.



Válvulas y accesorios para la industria química y petroquímica



MECANICA EGARENSE, S.A. - MECESA
Joan Monpeó,35 - 08223 Terrassa (Barcelona)
Tel. 93 736 35 00 - Fax 93 783 24 62
www.mecesa.com - E-mail: mecesa@mecesa.com

DELEGACIONES: Madrid - Tarragona - Huelva - Bilbao