

## PROPUESTA DE DICTAMEN TÉCNICO

### INFORME SOBRE LA SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE LA MODIFICACIÓN DE DISEÑO PARA LA IMPLANTACIÓN DE UN PROGRAMA DE DEMOSTRACIÓN PARA EL AUMENTO DEL QUEMADO MÁXIMO DE PASTILLA DEL ELEMENTO DE COMBUSTIBLE GNF2 DE LA CENTRAL NUCLEAR COFRENTES

#### 1. IDENTIFICACIÓN

##### 1.1. Solicitante

Iberdrola Generación Nuclear S.A.U., Central Nuclear Cofrentes (en adelante CNC).

##### 1.2. Asunto

Solicitud de autorización de la modificación de diseño para la implantación de un programa de demostración para el aumento, hasta 72,5 MWd/kgU, del quemado máximo de pastilla del elemento combustible GNF2, de CNC.

##### 1.3. Documentos aportados por el solicitante

La propia solicitud, enviada por el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital (MINETAD), y recibida en el CSN con fecha 14 de marzo de 2017 en su registro telemático, con número de registro de entrada 40908, que adjunta la solicitud de autorización nº 17/01 Rev. 0 "Programa de demostración para el aumento del quemado máximo de pastilla del elemento de combustible GFN2", de la central nuclear Cofrentes.

El documento contiene, entre otros apartados, la descripción de la solicitud, antecedentes, justificación y análisis de aspectos relevantes de seguridad, y los siguientes Anexos:

1. Anexo 1: IT-CONUC-413 "Análisis de seguridad del programa de demostración de aumento de quemado de pastilla del combustible GFN2".
2. Anexo 2: ITEC-2040 "GNF fuel operating experience and modelling al high exposures". February 2017.

Como consecuencia del proceso de evaluación el titular ha remitido al CSN, con fecha 23 de junio de 2017 y número de registro telemático de entrada 42932, información complementaria mediante el informe técnico IT-CONUC-417 "Programa de demostración de aumento de quemado de pastilla de elementos tipo GNF2".

##### 1.4. Documentos de licencia afectados

La solicitud no afecta a documentos oficiales de explotación de la central.

## 2. DESCRIPCIÓN Y OBJETO DE LA PROPUESTA

### Antecedentes y motivación

Mediante Resolución de la Dirección General de Política Energética y Minas de fecha 28 de febrero de 2012, fue autorizada la carga y operación en el núcleo de la central nuclear Cofrentes de elementos de combustible GNF2, con un quemado máximo de pastilla de 70 MWd/kgU.

Los diseños de ciclos de dos años con altos factores de operación permiten extraer mayor cantidad de energía del combustible. Actualmente los diseños de ciclo se ven condicionados por el límite de quemado de los elementos combustibles y, para no superarlo, la central se ve obligada a insertar las barras de control de posiciones periféricas donde están los elementos más quemados, por encontrarse en sus últimos ciclos de vida. Por otro lado, en el caso de CNC, la diferencia entre el quemado máximo de pastilla licenciado para el combustible Optima2 (71,5 MWd/kgU) y el GNF2 (70 MWd/kgU) puede llevar a un desequilibrio en el uso de los dos diseños que restrinja la flexibilidad de la operación.

CNC presenta esta solicitud para la implantación de un programa de demostración de aumento de quemado para mejorar la flexibilidad en el diseño del núcleo y de sus ciclos, y por considerarlo conveniente para apoyar una solicitud futura de aumento de quemado pico de la pastilla.

### Razones de la solicitud

CNC presenta esta solicitud de autorización de un programa de demostración para la central nuclear Cofrentes con elementos combustibles de diseño GNF2 para superar el quemado límite de pastilla para dicho diseño (actualmente en 70 MWd/kgU) con el fin de obtener datos del comportamiento del combustible a quemados hasta 72,5 MWd/kgU, que permitan solicitar la ampliación de dicho límite en un futuro próximo.

### Descripción de la solicitud

La solicitud presentada por CNC se refiere a la implantación de un programa de demostración de aumento de quemado hasta 72,5 MWd/kgU, para elementos combustibles de diseño GNF2. El programa de demostración inicialmente propuesto por CNC abarca los siguientes aspectos:

- Identificación del número máximo de elementos de demostración (LUA - Lead Use Assemblies).
- Posición en el núcleo, quemados máximos esperables.
- Alcance de la precaracterización.
- Plan de postcaracterización.
- Aprovechamiento de la experiencia operativa en otras centrales.

El valor máximo de quemado de pastilla, actualmente autorizado, es de 70 MWd/kgU. El valor máximo de quemado de pastilla que se considera en la propuesta de CNC para el programa de demostración del GNF2 es de 72,5 MWd/kgU, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- No se va a superar en ningún caso el límite de quemado medio de varilla de 62 MWd/kgU.
- El tiempo de irradiación en el núcleo se limitará a 6 años como máximo.
- Existe experiencia operativa previa en la flota de centrales BWR con quemados de pastilla superiores al quemado objetivo de 72,5 MWd/kgU.
- Las posiciones de los 6 elementos que sobrepasarán su límite de quemado de pastilla serán periféricas.
- Solo se considerarán elementos de demostración (Lead Use Assemblies LUA) aquellos elementos que en la inspección visual de precaracterización tengan una evaluación favorable.

El planteamiento de CNC es definir como LUA elementos que entran en su tercer ciclo de operación al comienzo del próximo ciclo 22, para que superen su quemado límite a final de dicho ciclo, y solicitar la licencia para recargas completas durante el ciclo 23, una vez que se disponga con datos de las inspecciones realizadas a los LUA, tras el ciclo 22, con el objetivo de tener la aprobación general de alto quemado antes de la conclusión de dicho ciclo 23.

En respuesta a los comentarios de la evaluación del CSN, en cuanto a la falta de concreción de algunos aspectos de la propuesta y requisitos sobre la propuesta, transmitidos al titular en la reunión celebrada en abril de 2017 y mediante correo electrónico, CNC presentó información complementaria por medio del documento IT-CONUC-417 "Programa de demostración de aumento de quemado de pastilla de elementos tipo GNF2", remitido al CSN con fecha 23 de junio de 2017. A tenor de la información contemplada en el citado documento, el programa de demostración queda finalmente tal y como se recoge a continuación:

El número de LUA previsto es entre 3 y 6 elementos tipo GNF2, con un máximo de 6. Estos 6 elementos operarán en el ciclo 22, siendo su tercer ciclo de operación para todos ellos (sin exceder los 6 años de irradiación) y rebasarán su quemado máximo de pastilla límite (70 MWd/kgU) sin rebasar su quemado medio de varilla licenciado (62 MWd/kgU).

Con el criterio definido únicamente el 0.96 % de elementos superarían el valor máximo de licencia. La definición de un número máximo de elementos no implica que todos ellos vayan a superar los valores de quemado de pastilla licenciados, dado que esto será dependiente de la operación real del ciclo.

Los elementos seleccionados como candidatos son:

- 2 elementos GNF2 cargados en el ciclo 19 y descargados en el 20. Actualmente en piscina.
- 4 elementos GNF2 cargados en el ciclo 20 y que se cargarán de nuevo en el ciclo 22.

Los LUA se colocarán en posiciones en el núcleo en las que se consiga superar el valor máximo licenciado de quemado de pastilla, sin superar el valor máximo de quemado establecido en el programa de demostración de 72,5 MWd/kgU. Las posiciones en las que se coloque los LUA deberán ser representativas y cubrir la operación que puedan tener los elementos combustibles en el futuro.

Además, CNC hará uso de la experiencia operativa y de programas de demostración internacionales para poyar la validez de los códigos de análisis en el rango más amplio de quemado cubierto por su programa.

En este sentido, CNC incluye también documentación en la que se recopilan datos experimentales nuevos, útiles para completar la validación de los modelos del código termomecánico PRIME con el que se analiza el cumplimiento con la base de diseño de la varilla de combustible, ya que la validación original de los modelos (2010) no cubría quemados superiores a 70 MWd/kgU.

### **3. EVALUACIÓN**

#### **3.1. Referencia y título de los informes de evaluación**

En el proceso de evaluación se ha elaborado el siguiente informe:

- CSN/IEV/INNU/1707/1192 Rev. 0 “Evaluación de la solicitud de autorización de CN Cofrentes para un programa de demostración de quemado máximo de pastilla del combustible GNF2”.

#### **3.2. Normativa y documentación de referencia**

En el proceso de evaluación por parte del área especialista del CSN se ha tenido en cuenta, entre otra, la siguiente normativa y documentación de referencia:

- Instrucción del Consejo IS-02, sobre documentación de actividades de recarga en centrales de agua ligera.
- Instrucción del Consejo IS-21, sobre requisitos aplicables a las modificaciones de diseño en centrales nucleares.

Los criterios de aceptación del programa de demostración contemplados en la evaluación del CSN han sido los siguientes:

- El programa de demostración debe justificar, razonablemente, que el hecho de que se supere un límite de licencia durante la vigencia del mismo, no va a suponer un problema para la seguridad de la central, ni se espera que, como consecuencia del programa, se produzcan fallos en el combustible.
- El programa de demostración debe proporcionar la información necesaria para soportar el licenciamiento de recargas de combustible GNF2 en las condiciones de operación del programa de demostración. Si, como en el caso actual, lo que se está es ampliando la

ventana de quemado admisible, el programa de demostración deberá además suministrar información para validar los modelos que en los códigos simulan el comportamiento del combustible a estos mayores quemados.

- El programa de postcaracterización, y el de precaracterización, en cuanto que fija las condiciones iniciales, deben ser los necesarios para cubrir las demandas de información que permitan contribuir a una adecuada base de datos, teniendo en cuenta la experiencia ya existente para licenciar códigos y metodologías en las nuevas condiciones de operación.

### 3.3. Resumen de la evaluación

La evaluación realizada por el CSN ha tenido por objeto verificar la aceptabilidad de la aplicación del programa de demostración de aumento del quemado máximo de pastilla de combustible GNF2 recogido en la solicitud de CNC.

En el marco del proceso de evaluación, el área evaluadora planteó y comunicó a CNC los requisitos que el titular habría de tener en cuenta en lo que concierne a su solicitud inicialmente presentada:

- a) La necesaria identificación en su solicitud de los elementos que formarán parte del programa, sobre los que el titular deberá llevar a cabo una campaña de inspecciones para caracterizar perfectamente su situación, previamente a su inclusión en el núcleo como LUA del programa.
- b) La limitación del quemado máximo admisible en el programa demo a 71,5 MWd/KgU, valor máximo actualmente licenciado en CNC para el combustible Óptima 2.
- c) Con vistas al futuro proceso de licenciamiento de recargas completas con aumento de quemado local de GNF2 y, dado que la licencia del código PRIME lleva una limitación de aplicabilidad a 70 MWd/kgU de quemado pico de pastilla, CNC deberá previamente presentar a aprobación una revisión de la metodología PRIME que permita cualificar el código para su uso de licencia en combustibles con quemados pico iguales o superiores a 71,5 MWd/kgU, manteniendo el límite de 62 MWd/kgU para el quemado medio máximo de varilla actual.

En respuesta a todo lo anterior, CNC remitió información complementaria mediante el documento IT-CONUC-417 en el que, tal y como ya se ha reflejado en el apartado Descripción de la solicitud del presente informe, se da respuesta a lo requerido por la evaluación del CSN.

En relación con el apartado a), en este documento se han identificado 14 varillas (del máximo de 16) que se prevé, según diseño, que superen el quemado pico de licencia, situadas en las caras alejadas de barra de control de los 6 LUA seleccionados. Se aclara también que la precaracterización se realizará a través de una inspección visual de la parte externa de todas varillas que forman parte de las caras opuestas a barra de control de los 6 elementos tipo GNF2 identificados en el programa, entre las cuales se encuentran las 14 candidatas identificadas, ya que, según se desarrolle la operación real del ciclo 22, podrían ser esas 14 u otras (hasta 16) las que finalmente sobrepasen su quemado límite de pastilla (70 MWd/kgU).

El objetivo de la inspección de precaracterización es identificar el margen existente en relación a los límites de diseño y determinar, considerando el comportamiento esperado del combustible en base a los modelos existentes y a la experiencia operativa, el valor alcanzado al final del programa de demostración. El programa prevé, en el caso de que durante la inspección de un elemento de combustible previamente seleccionado como LUA se detectara alguna causa que desaconsejara su reinserción en el núcleo (presencia de debris, rejilla dañada...) o que no se pudiera realizar la inspección por algún motivo, este dejaría de considerarse como LUA y en su lugar se introducirá como LUA otro elemento que satisfaga los criterios establecidos para el programa demo.

Teniendo en cuenta que, para añadir otro tipo de medidas (espesor de óxido) a la precaracterización, la varilla debe extraerse del elemento y ello introduce un riesgo de daño en la varilla durante su cepillado y manipulación y también riesgos de daño en la rejilla, la evaluación del CSN considera aceptable el alcance de la precaracterización planteado por el titular, para el limitado aumento de quemado que se prevé en el programa de demostración.

En cuanto a la postcaracterización, al hacerse sobre elementos de tercer ciclo que no volverán a ser cargados en el núcleo, se podrá hacer pasado el periodo de la recarga. Se realizará tras finalizar la operación del ciclo 22 y sobre los elementos que hayan sobrepasado su límite de quemado de pastilla. La postcaracterización estará formada por una inspección visual de la parte externa de las varillas que sobrepasen su quemado límite de pastilla de los 3-6 elementos identificados como LUA, de medidas de espesor de corrosión y de longitud sobre las varillas que superen el quemado.

Los resultados de la postcaracterización serán comparados con la base de datos de comportamiento del suministrador para comprobar el adecuado comportamiento del diseño de combustible tras la operación hasta el valor aumentado de quemado de pastilla, se verificará que no se han superado los criterios de diseño aplicables y que existe margen suficiente para justificar el aumento del quemado de pastilla de licencia. La evaluación del CSN considera este planteamiento de postcaracterización aceptable.

Con respecto al apartado b) planteado por el CSN, CNC ha propuesto alcanzar un valor  $< 72,5$  MWd/kgU en el programa de demostración aunque finalmente solo se solicite el valor de  $71,5$  MWd/kgU para recargas. Para apoyar esta solicitud, CNC presenta los argumentos siguientes:

Es necesario disponer dentro del programa demo de un margen adicional como contingencia para cubrir posibles incertidumbres durante el ciclo de prueba. Es técnicamente imposible realizar un programa de demostración aprobando un valor máximo de  $71,5$  MWd/kgU y pedir autorización para aplicar ese mismo valor para recargas completas. Está prácticamente garantizado que en algunas varillas se van a alcanzar quemados ligeramente mayores (lo que llevaría a un incumplimiento del programa) o menores (lo que imposibilitaría pedir autorización para un mayor valor). Por lo tanto, la aprobación de un programa demo hasta  $71,5$  MWd/kgU imposibilitaría una autorización posterior formal hasta ese valor. Por otro lado, la evaluación de seguridad que acompaña a la solicitud de autorización justifica que ningún criterio de diseño de varilla se incumple por exceder el quemado de varilla localmente hasta  $72,5$  MWd/kgU, considerando el alcance limitado del programa de demostración.

En relación a la solicitud futura de extensión del quemado pico de pastilla para el combustible GNF2, el apartado c) planteado por la evaluación del CSN menciona la necesidad de ampliar la validación de algunos modelos del código termomecánico PRIME. Para ello, Iberdrola hará uso de los resultados del programa que ahora presenta y de los de otros programas internacionales y ampliaciones de la base de datos experimentales en el periodo desde la licencia original de PRIME (2010 en EE.UU. 2011 en España). Como parte del condicionamiento de la licencia de PRIME, a los 5 años de la misma, GNF prepararía un informe (MFN 15-060, NEDC-33257P Supplement 1 “The PRIME Model for Analysis of Fuel Rod Thermal-Mechanical Performance 2015 5-Year Update” August 2015) actualizando la experiencia y las bases de datos experimentales que apoyan sus modelos. Del citado informe se extraen los nuevos datos que aporta el titular en el Anexo II de su solicitud.

Los modelos específicos, cuyas predicciones no se consideraban validadas a quemados pico superiores a 70 MWd/kgU, son los siguientes:

- Modelo de hinchamiento de la pastilla
- Modelo de crecimiento de la vaina por irradiación
- Modelo de deformación de la vaina ante rampas de potencia
- Modelo de corrosión y captura de hidrógeno de la vaina

Como ya se ha indicado, en la solicitud del titular se aportan datos experimentales nuevos (con valores medidos frente a predichos por PRIME) sobre porcentajes de gases de fisión liberados y presión interna de las varillas (relacionados con el hinchamiento de la pastilla), sobre deformación diametral de la vaina, sobre crecimiento de la misma y sobre espesor de corrosión y captura de hidrógeno. Los nuevos datos son compatibles con la base de datos anterior lo que corrobora el buen comportamiento de los modelos. Se alcanzan quemados superiores al límite de licencia, si bien, en algunos casos, al venir expresados en la gráfica frente al quemado medio de varilla, no frente al pico de pastilla, se hace difícil determinar qué rango de quemado pico se está cubriendo.

Los datos presentados, con buen comportamiento en general del diseño GNF2 para quemados superiores al de licencia, unidos a la limitación en número de los LUA y que la ampliación del quemado solicitado por CNC está cubierta por los nuevos datos, permiten concluir a la evaluación del CSN que el programa de demostración solicitado por CNC no supone un riesgo para la operación de la central nuclear Cofrentes y se considera, por lo tanto, aceptable.

### **3.4 Deficiencias de evaluación: NO**

### **3.5 Discrepancias respecto de lo solicitado: NO**

#### **4. CONCLUSIONES Y ACCIONES**

Se propone informar favorablemente la solicitud de autorización de la modificación de diseño para la implantación de un programa de demostración para el aumento del quemado máximo de pastilla del elemento combustible GNF2, de la central nuclear Cofrentes.

##### **Enumeración de las conclusiones**

**4.1. Aceptación de lo solicitado: SI**

**4.2. Requerimientos del CSN: NO**

**4.3. Recomendaciones del CSN: NO**

**4.4. Compromisos del Titular: NO**