

PROPUESTA DE DICTAMEN TÉCNICO

INFORME FAVORABLE SOBRE LA SOLICITUD DE CAMBIO A LAS ETFM DE CN COFRENTES EN RELACIÓN CON SEGUIMIENTO DE ANOMALÍAS DE REACTIVIDAD Y DEFINICIÓN DE MARGEN DE PARADA

1. IDENTIFICACIÓN

1.1. Solicitante

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

1.2. Asunto

Propuesta de modificación de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento Mejoradas (ETFM) PC-01-14 Rev. 0, "Seguimiento de la anomalía de reactividad y modificación de la definición de margen de parada", de CNC.

1.3. Documentos aportados por el solicitante

La propia solicitud, enviada por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, y recibida en el CSN con fecha 19 de marzo de 2014 en su registro telemático, con número de registro de entrada 40939, que adjuntaba la solicitud de autorización de la propuesta de modificación de las ETFM PC-01-14 Rev. 0 "Seguimiento de la anomalía de reactividad y modificación de la definición de margen de parada", de la central nuclear de Cofrentes.

El documento contiene una descripción general del cambio, antecedentes, la justificación y análisis de aspectos relevantes para la seguridad, el impacto en documentos oficiales de explotación, y los siguientes Anexos:

- Hojas Propuestas de las ETFM.
- Hojas Marcadas de las ETFM.
- Documentación Complementaria (Hojas Propuestas y Hojas Marcadas de las Bases de las ETFM).

1.4. Documentos de licencia afectados

La solicitud presentada afecta a las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento Mejoradas, para la cual presenta la propuesta de revisión PC-01-14 Rev. 0 "Seguimiento de la anomalía de reactividad y modificación de la definición de margen de parada".

En concreto, la solicitud afecta a los apartados CLO 3.1.2, RV 3.1.2.1, y apdo. 1.1 DEFINICIONES de las ETFM.

Adicionalmente, la solicitud presentada afecta a las Bases de las ETFM, de acuerdo con los cambios propuestos a las mismas en la citada propuesta de revisión.

2. DESCRIPCIÓN Y OBJETO DE LA PROPUESTA

Antecedentes y motivación

Cuando CNC dio el paso de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento tradicionales a las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento Mejoradas, cuya revisión 0 fue aprobada por Resolución de la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Economía de fecha 12 de febrero de 2001, CNC decidió mantener la vigilancia de anomalías de reactividad mediante la densidad de barras de control en lugar de hacerlo por la Kefectiva (Keff) calculada por el sistema de monitorización del núcleo, que era el método contemplado en el NUREG-1434 "Standard Technical Specification General Electric BWR/6 Plants", si bien no era obligatorio el paso al mismo.

Con la evolución a ciclos de 24 meses y combustibles más modernos de mayor rendimiento energético resulta posible que a finales de ciclo pudiese superarse el límite de quemado del combustible autorizado por el CSN, para evitar lo cual sería necesaria la inserción de barras de control periféricas de cara a limitar el quemado de pastilla en elementos que se encuentran ya en su tercer ciclo de operación. Las barras periféricas tienen muy poco valor en reactividad y no afectan prácticamente a la K crítica, es decir, al seguimiento de la anomalía de reactividad tomando como base la Keff, pero si al seguimiento de la anomalía de reactividad mediante el método de la densidad de barras usado hasta ahora, por lo cual CNC plantea esta solicitud para sustituir este método por la utilización de la Keff calculada con el programa informático de monitorización del núcleo, considerando que es un método más preciso para determinar la anomalía de reactividad que el método por densidad de barras de control.

En la central nuclear de Santa María de Garoña el anterior cambio tampoco se implementó en su paso de las ETF tradicionales a las ETFM, pero sí posteriormente en un paquete de cambios a las ETFM que Nuclenor solicitó para incorporar al comienzo de su ciclo 25 de operación, propuesta que en su momento (2007) fue evaluada y aprobada por el CSN.

Por otro lado, en noviembre de 2010 GNF emitió una carta advirtiendo que con algunos diseños de combustibles actuales puede darse que el momento de máxima reactividad en frío del ciclo (que debe cumplir con el margen de parada exigido por las ETFM) no se produzca a la temperatura de 20° C, que es la que se vigilaba tradicionalmente ya que es la más fría del moderador y, por lo tanto, la que mayor reactividad tienen normalmente asociada. Los combustibles BWR deben partir por su diseño, a principio de vida, de una condición inframoderada. Sin embargo, para el combustible GNF, a partir de su diseño GNF-2, esta inframoderación de partida se ha reducido y puede darse que, en algún momento del ciclo, se obtenga la máxima reactividad del núcleo a temperaturas mayores de 20° C. Este aspecto puede afectar también al combustible de Westinghouse SE (Optima2), que en este sentido es similar al GNF-2. En base a lo anterior, siendo estos modelos de combustible utilizados en la central nuclear de Cofrentes, CNC plantea en su propuesta la modificación de la definición del Margen de Parada para requerir que el cálculo del mismo en frío se haga a las temperaturas del moderador correspondientes al estado más reactivo del núcleo durante todo el ciclo de operación, y no solo a 20° C, como se requiere en las ETFM actuales. Este tema ha sido ya tratado entre el CSN e Iberdrola en auditorias de Recargas pasadas.

Razones de la solicitud

CNC presenta esta solicitud de autorización de modificación de las ETFM para sustituir el actual método de vigilancia de anomalías de reactividad basado en densidad de barras de control por la utilización de la Keff calculada con el programa informático de monitorización del núcleo, por ser más preciso y además se corresponde con lo contemplado en el NUREG-1434.

Asimismo, se presenta esta solicitud de cara a modificar la definición del Margen de Parada en las ETFM para requerir que el cálculo del mismo en frío se haga a las temperaturas del moderador correspondientes al estado más reactivo del núcleo durante todo el ciclo de operación, y no solo a 20° C, como se requiere en las ETFM actuales.

Descripción de la solicitud

La solicitud presentada por CNC tiene por objeto la aprobación de la revisión de las ETFM para la incorporación de dos cambios: la sustitución del término “Densidad de Barras de Control” por el de K efectiva (Keff) en la Condición Limitativa para la Operación (CLO) de “Anomalías de Reactividad”, de manera que la evaluación de la anomalía de reactividad se realice por la diferencia entre la Keff calculada por el sistema de monitorización del núcleo y la Keff pronosticada en lugar del actual método basado en densidad de barras de control, y la modificación de la definición de “Margen de Parada (SDM)” de manera que se requiera realizar el cálculo de SDM a temperaturas del moderador correspondientes al estado más reactivo durante todo el ciclo de operación (20° C o más).

En la práctica, el alcance de tales cambios en las ETFM se plasma en las siguientes modificaciones, las tres primeras de las cuales están asociadas al primer cambio citado y la última al segundo:

- Sustitución del texto actual de la CLO 3.1.2, *“La equivalencia en reactividad de la diferencia existente entre la DENSIDAD DE BARRAS real y la DENSIDAD DE BARRAS pronosticada no excederá el 1% $\Delta K/k$ ”*, por *“La diferencia de reactividad existente entre la Keff calculada por el sistema de monitorización y la Keff pronosticada no excederá el 1% $\Delta K/k$ ”*.
- Sustitución del texto actual del Requisito de Vigilancia 3.1.2.1, *“Verificar que la equivalencia en reactividad de la diferencia existente entre la DENSIDAD DE BARRAS real y la DENSIDAD DE BARRAS pronosticada no excede el 1% $\Delta K/k$ ”*, por *“Verificar que la diferencia de reactividad existente entre la Keff calculada por el sistema de monitorización y la Keff pronosticada no excederá el 1% $\Delta K/k$ ”*.
- Eliminación de la definición de “DENSIDAD DE BARRAS DE CONTROL”, del apartado 1.1 DEFINICIONES.
- Modificación de la definición actual de “MARGEN DE PARADA” en el apartado 1.1 DEFINICIONES:
“MARGEN DE PARADA es la cantidad de reactividad por la cual el reactor es o podría ser subcrítico suponiendo que todas las barras de control están totalmente insertadas, excepto la barra de mayor valor de reactividad que se supone totalmente extraída, que el reactor está libre de Xenón

y que la temperatura del moderador es de 20°C (68°F). Si una barra de control no puede ser totalmente insertada, se tendrá en cuenta el valor de reactividad de dicha barra en la determinación del MARGEN DE PARADA”

por el siguiente texto:

“MARGEN DE PARADA es la cantidad de reactividad por la cual el reactor es o podría ser subcrítico durante todo el ciclo suponiendo que todas las barras de control están totalmente insertadas, excepto la barra de mayor valor de reactividad que se supone totalmente extraída, que el reactor está libre de Xenón y que la temperatura del moderador es $\geq 20^{\circ}\text{C}$ ($\geq 68^{\circ}\text{F}$) correspondiente al estado de máxima reactividad. Si una barra de control no puede ser totalmente insertada, se tendrá en cuenta el valor de reactividad de dicha barra en la determinación del MARGEN DE PARADA”

3. EVALUACIÓN

3.1. Referencia y título de los informes de evaluación:

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

- CSN/IEV/INNU/COF/1408/1093 Rev. 0 “Evaluación de la solicitud PC-01-14 de cambio de ETFM de C.N. Cofrentes sobre anomalías de reactividad y margen de parada”.

3.2. Resumen de la evaluación

En la evaluación del CSN se ha considerado la normativa y documentación siguiente, de la que se derivan los criterios de aceptación aplicables:

- Instrucción de Seguridad IS-27 del CSN de junio de 2010, sobre requisitos generales de diseño de centrales nucleares.
- Instrucción de Seguridad IS-32 del CSN de noviembre de 2011, sobre Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de centrales nucleares.
- NRC/ NUREG-1434 Rev. 3.0, junio 2004, “Standard Technical Specifications General Electric BWR/6 Plants”, Volume 1 Specifications & Volume 2 Bases.

La evaluación del CSN ha revisado la aceptabilidad de los dos cambios propuestos por CNC, cambio de sustitución del término de Densidad de Barras de Control por el de K efectiva (Keff) de manera que la evaluación de la anomalía de reactividad se realice por la diferencia entre la Keff calculada por el sistema de monitorización y la Keff pronosticada en lugar de por el seguimiento de la densidad de barras de control, y cambio de modificación de la definición del Margen de Parada (SDM), de manera que se requiera realizar el cálculo de SDM a temperaturas del moderador correspondientes al estado más reactivo durante todo el ciclo de operación (20° C o más), verificando que los métodos que se introducen como novedad para implementar las medidas o cálculos que alimentan las CLO y los RV son adecuados y sus resultados o bien no alteran los que proporcionaban los

anteriores métodos o mantienen un margen de seguridad suficiente para garantizar que el cumplimiento con CLO y RV garantizan en todo momento la operación segura de la planta. Asimismo, se comprueba que la redacción propuesta para las ETFM refleja correctamente y en los apartados necesarios del documento los cambios que se proponen, sin alterar el nivel de exigencia de los apartados afectados.

En cuanto al cambio asociado a la vigilancia de anomalías de reactividad, los criterios generales de diseño requieren que la reactividad esté bajo control de forma que el reactor se mantenga subcrítico en frío y que no se superen los límites de diseño específicos aplicables al combustible en operación normal y transitorios previstos. La vigilancia de la anomalía de reactividad contribuye a satisfacer los mencionados criterios de diseño al verificar que la reactividad del núcleo permanece dentro de los valores esperados y predichos.

Se define como anomalía de reactividad a la diferencia en reactividad entre el esquema de barras de control real y el previsto en los cálculos de diseño del ciclo. Los análisis determinan que esta anomalía no debe superar nunca el $\pm 1\%$ de $\Delta K/K$ durante la operación a potencia. En caso de superarse, el reactor debe pararse hasta que se encuentre la causa y se adopten medidas correctoras por mandato de la CLO 3.1.2 de las ETFM, porque ello es indicio de que algo en el proceso de diseño del núcleo, de la fabricación del combustible o de la operación de la planta está siendo diferente de lo supuesto. En la situación actual, para demostrar el cumplimiento con la CLO 3.1.2, la configuración de barras de control existente se expresa en términos de “densidad de barras de control”, que es la relación en tanto por ciento entre el número de muescas insertadas y el número total de muescas de todas las barras de control. Este método estaba recogido en el documento NUREG-123 “Standard Technical Specification Boiling Water Reactors (GE-STs)”, Rev. 2 de agosto de 1979, y se adoptó en la central nuclear de Cofrentes desde el comienzo de la operación.

Esta vigilancia de la anomalía de reactividad empieza por el valor previsto de K_{eff} en condiciones nominales y su configuración de barras asociada determinada en el diseño del ciclo. Se calcula el número de muescas insertadas en esta configuración de barras y el número de muescas que equivaldría a un cambio del $\pm 1\%$ de $\Delta K/K$ alrededor de K_{eff} . Este número de muescas se pasa a densidad de barras y se dibuja la correspondiente curva frente al quemado del ciclo, rodeada por una franja superior e inferior correspondiente a los incrementos del $\pm 1\%$ de $\Delta K/K$. Esta curva es la que se utiliza para predecir la densidad de barras a lo largo del ciclo. En definitiva, se trata de un método de comparación indirecta de la K_{eff} a partir de la posición de barras, que se ha venido utilizando porque los sistemas de monitorización originales de la central no calculaban los valores de la K_{eff} crítica para su comparación con el diseño, por lo que era necesario un método indirecto como este.

Éste no es el caso en la actualidad ya que, desde hace un tiempo, los programas informáticos de monitorización del núcleo de las centrales son capaces de calcular los valores de K_{eff} de forma directa, usando, en muchos casos, el mismo software que se utiliza para el diseño.

Por otra parte, el actual método de densidad de barras presenta limitaciones para la estimación de la reactividad puesto que no todas las inserciones de barras (barras

periféricas, barras poco o muy insertadas, barras centrales) tienen el mismo impacto en la reactividad del núcleo (suposición implícita en el método ya que solo se cuenta el número de muescas).

El método ahora propuesto por CNC para realizar la evaluación de la anomalía de reactividad se trata del cálculo directo de la Keff por medio del programa de monitorización del núcleo (CAPRICORE) y su comparación con la previsión que figura en el Informe de Gestión del Ciclo (IGC) para la situación de que se trate. Para la realización del IGC se simula el ciclo completo en pasos de quemado que permiten seguir toda la evolución del mismo, incluyendo los cambios de secuencia de barras, hasta la fase final con todas las barras fuera y la extensión con caudal incrementado. Dentro de la metodología GIRALDA, utilizada en CNC para el diseño nuclear del ciclo, y aprobada por el CSN, esto se realiza con el simulador nodal SIMULATE-3 que recoge individualmente cada elemento combustible y barra de control del núcleo de la central nuclear de Cofrentes y se plasma en la gráfica que aporta las bandas permitidas del $\pm 1\%$ de $\Delta K/K$ sobre la predicción de la K crítica.

La monitorización del núcleo mediante CAPRICORE lee los datos del núcleo de las variables de planta y sensores durante el ciclo, periódicamente, guardando la información detallada de la situación en cada momento, lista para su comparación frente a los límites térmicos que aplican cuando sea requerida. CAPRICORE también hace uso del mismo programa, SIMULATE-3, pero utilizando un método adaptativo para los cálculos, usando, cuando es posible, los datos de la operación real del ciclo para corregir la simulación cuando ésta se desvía de lo previsto en el IGC de forma que, en todo momento, se guarda un reflejo exacto de la historia neutrónica y termohidráulica del ciclo. Estos datos reales se comparan periódicamente y cuando sea requerido con los límites que figuran en el ILON del ciclo y en el IGC y, en particular, frente a la curva de la anomalía de reactividad permitida. El cálculo de la Keff, por tanto, recoge toda la información detallada de la distribución de potencia real del ciclo, aportada por SIMULATE y corregida con la información de LPRMs, y otra instrumentación. Por tanto, éste método es más preciso que el porcentaje de muescas de las barras de control, sobre todo en momento o situaciones en que las muescas de las barras tienen poco valor, por ser periféricas o estar el ciclo cerca de su final, con todas las barras fuera.

Por lo anterior, el método propuesto carece de las limitaciones y es más preciso que el método de densidad de barras de control, es técnicamente más sólido y más sencillo de implementar, ya que la simulación del núcleo es completa en las 3 dimensiones (cada elemento y cada barra están simulados), y su cálculo bajo demanda es inmediato. El cambio propuesto por CNC no afecta a los análisis de transitorios y accidentes ya que sólo cambia el método de vigilar la anomalía de reactividad, y ésta se va a seguir revisando con la misma frecuencia que antes y por un método técnicamente más sólido que el actual. Por consiguiente, las hipótesis de reactividad del núcleo asumidas en los análisis de seguridad continúan siendo verificadas de forma adecuada y no se reduce ningún margen de seguridad.

En base a lo previamente expuesto, la evaluación del CSN considera aceptable el cambio de método propuesto por CNC para el seguimiento de las anomalías de reactividad. Asimismo, las modificaciones propuestas a las ETFM como consecuencia del citado

cambio, recogidas en el apartado *Descripción de la solicitud* del presente informe, se consideran coherentes con el mismo y por lo tanto aceptables.

En relación con el cambio propuesto de modificación de la definición del margen de parada, en noviembre de 2010 GNF (Global Nuclear Fuel) emitió la carta de referencia MFN 10-221 en la que advertía que el cálculo del margen de parada en frío, que tradicionalmente se hace a la temperatura mínima del moderador de 20°C, pudiera ser que no estuviera considerando la condición más reactiva del núcleo, tal como exigen los criterios de diseño, porque podía ser que hubiera situaciones en que la peor temperatura fuese superior a ésta. La carta aclaraba que la situación puede darse con diseños de elementos de combustible a partir del modelo GNF-2, y otros diseños modernos que parten de una condición a principio de vida menos inframoderada que los anteriores, y tiene más probabilidad de presentarse a mitad de ciclo con el absorbente neutrónico (Gd) ya quemado. En esta situación, la temperatura de mayor reactividad en frío para estos combustibles con mayor moderación podría ser superior a 20°C.

Esta problemática tiene su origen en que en el caso de que se produzca un aumento de la relación de moderación (proporción entre hidrógeno moderador y uranio fisionable), cosa que ha venido sucediendo en la evolución del combustible según se adaptaba a mayores requisitos de energía y ciclos más largos, el reactor puede pasar a una condición de sobremoderación, en cuyo caso la eficiencia del moderador aumenta con la temperatura, lo que conlleva un aumento de potencia que, a su vez, se traduce en una realimentación al alza en la temperatura. Esto puede llevar a que el menor margen de parada no se dé con la temperatura más fría (20°C) sino a temperaturas más altas. Como el criterio de diseño y la propia metodología de recargas exige determinar el menor margen de parada alcanzable en todas las circunstancias del ciclo, debe extenderse el cálculo a temperaturas más altas hasta encontrar ese valor. La propia carta de GNF recomendaba, para corregir la situación, una batería de cálculos barriendo la temperatura hasta encontrar la que da el menor margen de parada.

Consciente de este tema, en el ciclo 18 de la central CNC realizó un análisis para evaluar el impacto de utilizar diferentes temperaturas (entre 20 y 93,3 °C) en el margen de parada, tomando como referencia el IGC del ciclo 18, primer ciclo en el que se cargaba en la planta combustible GNF2. Los resultados obtenidos indicaron que a lo largo de todo el ciclo la temperatura de 20°C determinaba los valores más conservadores del margen de parada, por lo que los valores reportados en el IGC del ciclo 18 no se vieron modificados.

Para cubrir el impacto de esta situación en futuros ciclos, CNC revisó la documentación afectada y, en particular, el procedimiento CONUC-PROC-029 "Analysis of cold shutdown margin", en el que quedó recogida la necesidad de realizar el análisis del margen de parada cubriendo el rango de temperaturas entre 20 y 93,3 °C. Este procedimiento, así como su aplicación a la Recarga 19, fue objeto de revisión durante la inspección del CSN a la evaluación de seguridad de recarga, apreciándose que se había aplicado en los ciclos 19 y 20 y se cubrían, por lo tanto, los análisis necesarios para garantizar que la central siempre había reflejado en sus IGC el mínimo margen de parada del ciclo.

La propuesta de cambio presentada a este respecto por CNC viene a formalizar la práctica ya adquirida por CNC de comprobar todo el rango de temperaturas accesible (previo al comienzo de la aparición de huecos) a la hora de determinar el margen de parada en frío en

los arranques de la central. Estos análisis cubren la situación con los combustibles actuales de la central nuclear de Cofrentes (GNF-2 y Optima2) de alta relación de moderación.

Este cambio en la determinación del margen de parada en frío se plasma en la propuesta de CNC de modificación de la redacción actual de la definición del Margen de Parada incluida en las ETFM, en el sentido descrito en el apartado *Descripción de la solicitud* del presente informe.

La nueva redacción recoge exactamente la propuesta realizada por el Grupo de Propietarios de centrales nucleares americano (TSTF-535 Technical Specifications Task Force Traveler “Revised Shutdown Margin Definition to Address Advanced Fuel Designs”), y aprobada por la NRC, y expresa adecuadamente los análisis que se han de realizar para garantizar el margen de parada que, a su vez, Iberdrola ha recogido en su procedimiento interno CONUC-PROC-029 desde su revisión 4 de marzo de 2010.

Este cambio, por otra parte, garantiza el cumplimiento con el criterio general de diseño nº 26, Capacidad y diversidad de los sistemas de control de la reactividad, asegurando la capacidad para alcanzar la subcriticidad en todo momento y situación del ciclo, así como que los accidentes de reactividad analizados siguen estando convenientemente cubiertos por los análisis vigentes.

En base a lo previamente expuesto, la evaluación considera aceptable el cambio propuesto por CNC.

- **Deficiencias de evaluación: NO**
- **Discrepancias respecto de lo solicitado: NO**

4. CONCLUSIONES Y ACCIONES

Se propone informar favorablemente sobre la solicitud de revisión de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento Mejoradas PC-01-14 Rev. 0, “Seguimiento de la anomalía de reactividad y modificación de la definición de margen de parada”, de la central nuclear de 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**