

## PROPUESTA DE DICTAMEN TÉCNICO

### **INFORME FAVORABLE SOBRE LA SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE LA MODIFICACIÓN DE DISEÑO CORRESPONDIENTE AL USO DE LA PASTILLA “G” DE COMBUSTIBLE, JUNTO CON LOS CAMBIOS EN DOCUMENTOS OFICIALES DE EXPLOTACIÓN DEBIDO A LOS CAMBIOS METODOLÓGICOS, Y SOBRE LA SOLICITUD DE APRECIACIÓN FAVORABLE PARA EL USO DE LA NUEVA METODOLOGÍA PARA LOS ANÁLISIS DE SEGURIDAD DE LA RECARGA DE CN TRILLO**

#### **1. IDENTIFICACIÓN**

##### **1.1. Solicitante**

Solicitante: Centrales Nucleares Almaraz-Trillo AIE (CNAT).

##### **1.2. Asunto**

Solicitud de autorización de la modificación de diseño para la incorporación de la pastilla de combustible G (G-Pellet) y de aprobación de los cambios al Estudio Final de Seguridad (EFS) y a las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF), de la CN Trillo, en aplicación de la Instrucción del Consejo IS 21, sobre requisitos aplicables a las modificaciones de diseño de centrales nucleares.

Adicionalmente, CNAT solicita apreciación favorable del CSN para la aplicación de la nueva metodología en los análisis de seguridad del Informe de Seguridad de la Recarga, en cumplimiento del apartado 4.1.2 de la Instrucción del Consejo IS 02 por la que se regula la documentación sobre actividades de recarga en centrales nucleares de agua ligera.

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

Con fecha 13 de abril de 2016 (nº de registro 41694), se recibió en el CSN, procedente de la Dirección General de Política Energética y Minas (DGPEM) del Ministerio de Industria, Energía y Turismo (Minetur), la petición de informe sobre la solicitud de autorización de la modificación de diseño correspondiente al uso de la pastilla “G” de combustible y de aprobación de los cambios al Estudio Final de Seguridad (OCES 8373) y a las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF) de referencia PMB-4-16/002. Junto con esta solicitud se adjunta la siguiente documentación:

- “Proyecto de licenciamiento de la pastilla de combustible G de AREVA para CN Trillo”, de referencia CO-15/039 R1.
- “Evaluación de seguridad del documento anterior”, de referencia ES-T-SL-16/002.
- “CT 1, Safety- Related Boundary Conditions for Core Design and Operation”, de referencia A1C-1312713 (draft revision 3).

- “CT 1, Verification Status of the Key Safety Parameters”, de referencia A1C-1312714 (draft revision 4).

Asociada a la solicitud anterior, con fecha 4 de abril de 2016 (nº de registro 5682), se recibió en el CSN escrito de referencia ATT-CSN-010203 remitido por CNAT, solicitando apreciación favorable de uso de la nueva metodología de diseño de barra de combustible basada en el código CARO-E3 en los análisis de seguridad de los Informes de Seguridad de Recarga, de acuerdo con el apartado 4 de la Instrucción de Consejo IS 02. Esta nueva metodología se incorpora en la nueva propuesta de Especificación Marco (documentos de referencia A1C-1312713 y A1C-1312714, referidos anteriormente), e incluye cambios derivados de la nueva pastilla de combustible, así como otros ya aprobados anteriormente por la DGPEM.

Con fecha 15 de julio de 2016 (nº de registro 42967), se recibió en el CSN, procedente de la Dirección General de Política Energética y Minas (DGPEM) del Ministerio de Industria, Energía y Turismo (Minetur), documentación adicional que complementa la inicialmente presentada, en lo que se refiere a la propuesta PMB-4-16/02 de cambio a las ETF.

Con fecha 7 de abril de 2017 (nº de registro 6086) se recibió en el CSN el escrito de referencia ATT-CSN-010863 adjuntando la información adicional requerida mediante carta del DTSN de referencia CSN/PIA/CNTRI/TRI/1610/27.

Con fecha 12 de diciembre de 2017 (nº de registro 45443) se recibió en el CSN el escrito de referencia ATT-CSN-011291), con el compromiso del titular de corregir un error en la referencia del código termo mecánico CARO-E3.

#### **1.4. Documentos Oficiales**

Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF) y Estudio Final de Seguridad (EFS).

## **2. DESCRIPCIÓN Y OBJETO DE LAS PROPUESTA**

### **2.1. Antecedentes**

El titular en su informe justificativo explica las razones en las que se basa su solicitud.

De acuerdo con la información suministrada por éste, en el año 2010 AREVA presentó a CNAT el diseño de una nueva pastilla de combustible (G-Pellet) que contenía avances y mejoras en el comportamiento del combustible.

A partir de ese año, AREVA ha introducido este diseño de pastilla en todos los reactores alemanes y en el resto de las plantas a las que suministra combustible, obteniendo datos experimentales adicionales sobre el comportamiento de las nuevas pastillas en combustibles 17x17. En julio de 2015, CNAT presentó a técnicos del CSN el proyecto de nueva pastilla con el fin de introducir su uso en la CN Trillo.

Los objetivos que persigue CNAT y que motivan la utilización de la pastilla “G” de combustible en la CN Trillo, son los siguientes:

- Disponer de un diseño de pastilla de combustible menos susceptible [REDACTED], mejorando así la fiabilidad de la operación al disminuir el riesgo de daño [REDACTED].
- Adaptarse al actual diseño estándar de pastilla de AREVA y, por lo tanto, al proceso más actualizado de fabricación y sobre el que se aplican todas las potenciales mejoras identificadas por el fabricante.
- Aprovechar la experiencia operativa del resto de plantas a las que AREVA suministra combustible, ya que Trillo sería el último cliente de AREVA en introducir el diseño G de pastilla de combustible.

El diseño de la pastilla de combustible tipo G (*Chamfered Pellet Design*) se enmarca dentro de un proceso global de AREVA desarrollado de acuerdo a la filosofía de cero tolerancia a fallos, AREVA ZTF (*Zero Tolerance for Failures*).

[REDACTED]

[REDACTED]

La metodología de diseño de varilla combustible que ha utilizado en el pasado CN Trillo procede de la ingeniería del suministrador principal AREVA. El Pleno del Consejo, en su reunión de 19 de mayo de 2004, informó favorablemente la utilización de una nueva metodología de diseño y análisis de núcleo, que fue aprobada mediante resolución de la Dirección General de Política Energética y Minas de fecha 25 de mayo de 2004. [REDACTED]

[REDACTED]

La evaluación del CSN consideró aceptable el tratamiento estadístico de Monte Carlo propuesto para establecer los límites de tolerancia de las variables de diseño, pero no evaluó el código CARO-E ni los modelos que incorporaban novedades importantes, limitándose a aprobar la aplicación que resultaba en el cumplimiento con los criterios de diseño de varilla, aceptando su validez sobre la base de que se trataba de métodos aprobados en otros países (Alemania, país de origen de la tecnología, Suecia y Suiza). También se evaluaron los cambios propuestos en los criterios de aceptación, aprobando los relativos al cálculo de la presión interna de varilla, rechazando el método de la integral de defecto [REDACTED]

Desde el año 2004, el titular no ha introducido variaciones en el diseño de varilla de su combustible hasta la presente solicitud para la aprobación del uso de la pastilla G. Sin embargo, la metodología de AREVA para el diseño de varilla de combustible sí ha evolucionado en este intervalo, por lo cual el nuevo diseño asociado a la G-Pellet objeto de esta propuesta de dictamen, se ha llevado a cabo con una metodología sensiblemente diferente de la revisada en 2004. El uso futuro de esta metodología en las recargas de CN Trillo también requiere de apreciación favorable del CSN según la IS 02, que así mismo es objeto de esta propuesta de dictamen.

## 2.2. Descripción de la solicitud

Los cambios de diseño de la pastilla de combustible tipo G, que consisten fundamentalmente [REDACTED]

[REDACTED] implican ligeras variaciones en parámetros termo-mecánicos de barra y pastilla:

[REDACTED]

Si bien las variaciones calculadas no son importantes, estos cambios en el diseño de pastilla han sido evaluados con la finalidad de identificar su potencial impacto en los cálculos de licenciamiento de diseño de barra, el análisis de LOCA grande (LB-LOCA) y los análisis de criticidad.

La evaluación de seguridad del combustible para la incorporación de la pastilla de diseño tipo G en CN Trillo ha sido realizada por AREVA, requiriendo la actualización de los siguientes análisis de seguridad:

- Análisis de diseño de barra.
- Análisis de LOCA grande (LB-LOCA).
- Análisis de criticidad.

**Metodología de diseño de barra:**

La metodología de diseño de barras de combustible con pastillas tipo G se basa en métodos estadísticos utilizando el código de diseño de barra CARO AREVA GmbH (Versión E3) y se aplican a los siguientes criterios de diseño, manteniéndose el resto de criterios con una evaluación similar a la actual:

- [Redacted]
- [Redacted]
- [Redacted]
- [Redacted]

La metodología de cálculo termo-mecánico de AREVA utilizada para el diseño de barra tiene las siguientes características:

[Redacted]

[Redacted]

Los criterios termomecánicos de seguridad (criterios de aceptación) que se comprueban en la metodología de diseño de barra AREVA, teniendo en cuenta los cambios indicados anteriormente e introducidos por la nueva pastilla, son los siguientes:

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]
[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]	[Redacted]

[Redacted text block]

[Redacted text block]

La justificación aportada por el titular en su solicitud de cambio de metodología se basa en demostrar lo siguiente:

[Redacted text block]

### Análisis de LOCA grande (LB-LOCA):

La introducción de la nueva pastilla de combustible supone cambios en los siguientes parámetros que intervienen en el análisis del accidente de pérdida de combustible (LOCA) grande licenciado:

La [REDACTED] en el combustible es importante para el análisis del comportamiento del mismo en caso de LOCA y, en particular, es fundamental para los escenarios de ebullición en película cuando la potencia del reactor es suficientemente alta, situación que se presenta durante un LOCA grande (LBLOCA). Por ello, la actualización de los análisis de LB-LOCA para Trillo son requeridos dentro del proceso de licenciamiento del nuevo diseño de pastilla de combustible.

La modificación de la pastilla hace necesario un nuevo análisis de LOCA grande que debe cumplir con los criterios de aceptación que se indican a continuación:

1. La temperatura pico de vaina (*Peak Cladding Temperature, PCT*), que es la temperatura máxima local de vaina calculada, no debe superar 1200 °C.
2. La máxima oxidación local (*Local Maximum Oxidation, LMO*), que es el máximo espesor calculado de capa de óxido en la vaina, no debe exceder 17% del espesor del revestimiento real.
3. La oxidación global del núcleo (*Core Wide Oxidation, CWO*), que es la fracción total calculada de vaina en el núcleo que se oxida, no debe superar el 1% del contenido total en el núcleo.
4. El número de barras combustibles que sufren estallido no debe exceder el 10% del total de barras en el núcleo.

5. El núcleo se mantiene refrigerable.
6. Está asegurada la eliminación, a largo de plazo, del calor de desintegración.

Dada la necesidad de recalcular los análisis de LOCA grande, CN Trillo ha aprovechado la oportunidad para actualizar la metodología aplicable de cálculo de AREVA a las versiones más actualizadas de los códigos involucrados (utilización del código de diseño de barra de combustible CARO-E3, modelo de vasija mejorado y la última versión disponible del código termohidráulico S- RELAP).

#### **Análisis de Criticidad:**

Los análisis de criticidad vigentes son aplicables al caso de la pastilla G (cubren a ambos tipos de pastilla) siempre que se garantice que el peso de uranio por elemento de combustible esté por debajo del valor envolvente de 482.674 KgU/EC utilizado en los análisis. Este valor límite aparece tanto en la Especificación Marco como en las ETFs asociadas. El peso de uranio por elemento de combustible es un parámetro que se controla durante la fabricación.

Los cambios metodológicos incluidos en la solicitud del titular implican adicionalmente los siguientes cambios, que también requieren aprobación:

#### **Cambios al EFS:**

Los cambios en el diseño de la pastilla de combustible implican revisar el análisis de los accidentes con pérdida de refrigerante causados por rotura en guillotina en el sistema de refrigeración del reactor (LOCA grande) en la Sección 6.6.4 del EFS para demostrar que se siguen cumpliendo los criterios de aceptación del sistema de refrigeración de emergencia del núcleo, siendo despreciable su impacto en los análisis de LOCA pequeño e intermedio vigentes. Este nuevo análisis de LOCA grande considera la potencia térmica nominal del reactor de 3010 MW con una sobrepotencia del 6%. Los cambios se identifican en la propuesta OCES 8373.

#### **Cambios a las ETF:**

Como consecuencia de la modificación de diseño relativa al uso de la pastilla G de combustible, en el que se han revisado los análisis de accidente correspondientes al LBLOCA (LOCA grande), es necesario modificar las bases de ciertas ETF, según se recoge en la PMB-4-16/02.

#### **Metodología de análisis de seguridad de las recargas - Especificación Marco:**

En relación con la metodología de análisis de seguridad de las recargas, CN Trillo viene utilizando desde el año 1988 un documento interno conocido como Especificación Marco que consiste en documentos genéricos de referencia A1C-1312713 y A1C-1312713 cuyo objetivo es reunir la información necesaria para que no sea necesario repetir ciertos análisis de seguridad cada ciclo, proporcionando una guía que garantice la validez de los sucesivos núcleos de recarga de CN Trillo, desde el punto de vista de la seguridad, sin más que

comprobar que un cierto conjunto de parámetros se mantienen dentro de los márgenes allí recogidos.

Los cambios a la Especificación Marco relacionados con el nuevo diseño de varilla con pastilla G recogen, en la parte de la tabla de parámetros de seguridad para barra combustible, que cada recarga se verifica el núcleo, también a nivel de diseño de barra, con las historias de potencia reales a ciclo terminado.

Adicionalmente, como ejemplo de los cálculos que realizará en cada recarga con la nueva metodología propuesta, el titular ha presentado una aplicación hipotética de uso de la nueva metodología a su ciclo de operación 28, con el fin de comprobar la tasa de fallos del combustible que se obtiene y que ha sido evaluada en el ámbito de esta solicitud.

### **2.3. Motivo de la solicitud**

La modificación de diseño correspondiente al uso de la pastilla “G” de combustible introduce cambios en los métodos de evaluación descritos en el EFS de la CN Trillo, por lo que de acuerdo con la Instrucción del Consejo IS 21, requiere autorización de la Administración.

La aplicación de la nueva metodología en los análisis de seguridad del informe de seguridad de la recarga, requieren apreciación favorable del Consejo, en cumplimiento del apartado 4.1.2 de la Instrucción del IS 02 por la que se regula la documentación sobre actividades de recarga en centrales nucleares de agua ligera.

## **3. EVALUACIÓN**

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

- CSN/IEV/INNU/TRI/1802/867 “Introducción de combustible con “G-Pellet” en CN Trillo: Evaluación de la metodología de diseño de barra combustible”.
- CSN/IEV/INNU/TRI/1802/869 “Evaluación de la introducción de combustible con “G-Pellet” en CN Trillo”.
- CSN/NET/INNU/TRI/1803/369 “Evaluación del análisis de criticidad asociado al licenciamiento de la pastilla de combustible tipo G-pellet de en C.N. Trillo”

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

En la evaluación se han considerado los requisitos y criterios de aceptación considerados en las normas y referencias siguientes:

- IS-02 “Instrucción sobre documentación de actividades de recarga en centrales nucleares de agua ligera”.

- IS-21 “Instrucción sobre requisitos aplicables a las modificaciones de diseño de centrales nucleares”.
- IS-27 “Instrucción sobre criterios generales de diseño de centrales nucleares”.
- IS-37 “Instrucción sobre análisis de accidentes base de diseño en centrales nucleares”.
- GS-1.11 “Modificaciones de diseño en centrales nucleares”.
- NUREG-0800 “Standard Review Plan – Chapter 4.2 Fuel System Design”, USNRC, MAR 2007.
- NUREG-0800 1981 01/07/1981 STANDARD REVIEW PLAN (FORMERLY NUREG 087-1975): Límite de diseño de la deformación tangencial total de la vaina de combustible. YM EFS 04.02.01 SRP Sección 4.2.
- BMU–30/03/15 “Safety Requirements for Nuclear Power Plants”, 03 March 2015.
- RSK-385 “Requirements for LOCA safety analyses” 20/21 de julio de 2005 (385th meeting).

### 3.3. Resumen de la evaluación

La incorporación del diseño de pastilla G-pellet al combustible de CN Trillo lleva aparejado un nuevo diseño de barra combustible que, a su vez, conlleva una nueva metodología de diseño así como un nuevo análisis de LOCA en la condiciones del nuevo diseño de varilla combustible. Así mismo, dicha incorporación lleva asociada cambios al Estudio de Seguridad (ES) y a las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF) de CN Trillo.

El área el área de Ingeniería de Núcleo (INNU) ha evaluado la nueva metodología de diseño de barra de combustible, la aplicación de esta nueva metodología al diseño de varilla combustible con la pastilla-G para CN Trillo a un ciclo hipotético, los resultados del nuevo análisis de LOCA presentado y la idoneidad de los cambios propuestos por el titular a su ES y sus ETF.

Durante el proceso de evaluación se realizó una inspección en Alemania (acta de referencia CSN/AIN/TRI/17/929) entre los días 22 y 23 de noviembre de 2017 y fue requerida información adicional, mediante carta de la DTSN de referencia CSN/PIA/CNTRI/TRI/1610/27, la cual fue remitida al CSN mediante escrito de referencia ATT-CSN-010863 de 7 de abril de 2017 (nº de registro 6086). Los resultados de la inspección, así como la información adicional suministrada por CN Trillo, se han tenido en cuenta en la evaluación.

#### 3.3.1. Evaluación de la metodología de diseño de barra de combustible

La evaluación de la metodología de diseño de barra de combustible ha sido realizada en el informe de referencia CSN/IEV/INNU/TRI/1802/867.



La evaluación ha revisado los siguientes aspectos, relativos a la metodología de diseño de la varilla de combustible:

- Criterios de aceptación para los parámetros de diseño y seguridad de la varilla.
- Cálculos termo-mecánicos.
- Código CARO-E3.
- Tratamiento de incertidumbres.

### **3.3.1.1. Criterios de aceptación para los parámetros de diseño y seguridad de la varilla**

La solicitud incluye un cambio en los criterios termomecánicos de seguridad (criterios de aceptación para los cálculos que se comprueban en la metodología de diseño de varilla de AREVA) entre el anterior diseño de varilla (2001) y el actual. La modificación consiste en relajar el requisito   


La evaluación considera que los datos y argumentos aportados por AREVA para relajar   
 no son suficientes para garantizar que la varilla mantendrá su ductilidad a esas deformaciones, puesto que el razonamiento se basa en ciertos ajustes teóricos con hipótesis cuya aplicabilidad a vainas actuales y situación de reactor a potencia no está justificada.

### **3.3.1.2. Cálculos termo-mecánicos**

La evaluación ha revisado el cumplimiento con los siguientes criterios termomecánicos de seguridad que aplican a la varilla combustible:







[REDACTED]

La evaluación considera que los cálculos termomecánicos previstos en la metodología de AREVA son adecuados para la comprobación del cumplimiento de los límites de diseño de la varilla combustible para los niveles de seguridad 1 y 2.

### 3.3.1.3. Código CARO-E3

El código CARO-E calcula el comportamiento de la varilla a lo largo de su tiempo de residencia en el núcleo del reactor como función [REDACTED]

[REDACTED]

La evaluación considera que los modelos y correlaciones del código termo-mecánico CARO-E3 (versión 2008 congelada) recogen de manera realista el comportamiento de la varilla combustible en condiciones de operación normal y transitorios previstos (AOO) y son capaces de simular adecuadamente la fenomenología asociada al combustible actual [REDACTED] concluyendo que es aceptable para análisis del comportamiento de la varilla combustible y para los cálculos implicados en las comprobaciones de los criterios de diseño y seguridad que aplican a la varilla combustible de CN Trillo.

La validación del código CARO-E3 está basada en ciertos conjuntos de medidas experimentales cuyos resultados se consideran relevantes para validar/calibrar determinados modelos. Se han considerado las siguientes validaciones: [REDACTED]

[REDACTED]

La evaluación del CSN considera parte de la metodología, tanto la validación del código CARO-E3 como las bases de datos experimentales utilizadas, ya que se utilizan para el ajuste de los modelos y la determinación de sus respectivas incertidumbres. Por lo tanto, cualquier incremento futuro de la base de datos de los modelos que AREVA pretenda utilizar para

nuevos ajustes de los mismos o de las distribuciones de probabilidad de sus parámetros de ajuste deberá tratarse como una modificación de la metodología.

#### 3.3.1.4. Tratamiento de incertidumbres

La metodología de diseño de barra combustible es del tipo “realista con cálculo de incertidumbres”; es decir, una metodología BEPU (“Best Estimate Plus Uncertainty”). En lo que se refiere al tratamiento de incertidumbres se ajusta a los siguientes criterios:

[REDACTED]

[REDACTED]

La evaluación del CSN concluye que:

- a. Los límites de diseño para cálculos a largo plazo son aceptables. Sin embargo, los niveles de tolerancia para los límites de diseño a largo plazo del 99.9% con el 95% de confianza son insuficientes para garantizar que no existe expectativa de fallo por defectos de diseño en la operación normal de la central.
- b. Para los cálculos a largo plazo, debe aplicarse el criterio de que el número esperado de barras que excedan el límite de diseño sea menor o igual a 1 con el 95% de confianza. Una condición para que se cumpla este criterio es que se lleven a cabo 3N simulaciones, (donde N es el número de varillas en el núcleo) de Monte Carlo puro (basado en muestreo aleatorio simple) y que el resultado de todas ellas esté cubierto por el límite de diseño.
- c. Tanto los límites de diseño como los niveles de tolerancia de cumplimiento de criterios de diseño para canal caliente definidos en la metodología son aceptables.

##### 3.3.1.4.1 Asignación de distribuciones de probabilidad a parámetros de entrada

Los parámetros de entrada a la metodología se dividen en tres bloques básicos:

[REDACTED]

Las fuentes de información para la asignación de incertidumbre son:

[REDACTED]

La evaluación del CSN concluye lo siguiente:

- a. Considera aceptables las distribuciones de probabilidad asignadas a los parámetros de fabricación del combustible, y considera además que son parte de la metodología.
- b. Considera aceptables las distribuciones de probabilidad asignadas a los parámetros de modelo, y considera además que son parte de la metodología.
- c. Considera aceptable el tratamiento de las historias de potencia en la metodología.

#### 3.3.1.4.2 Propagación de incertidumbres a través del código

La propagación de incertidumbres se realiza [REDACTED]

La evaluación del CSN ha revisado [REDACTED]

[REDACTED] y concluye que el procedimiento utilizado para propagación de incertidumbres es aceptable. El tamaño de muestra utilizado permite la comprobación estadística del cumplimiento de los criterios de diseño.

#### 3.3.1.4.3 Obtención de distribuciones de probabilidad de las magnitudes de diseño

[REDACTED]

La evaluación del CSN considera que el cálculo de las magnitudes de diseño, incluidas sus incertidumbres, es aceptable. El procedimiento para verificar estadísticamente el cumplimiento de los criterios de diseño se considera así mismo aceptable.

#### **3.3.1.5. Conclusiones de la evaluación de la nueva metodología**

Como resultado de la evaluación de nueva metodología de diseño de barra combustible presentada en la solicitud del titular de CN Trillo se concluye lo siguiente:

1. Se considera que la metodología propuesta calcula correctamente las magnitudes de diseño sujetas a criterios de aceptación, incluidas sus incertidumbres y se considera así mismo aceptable el procedimiento estadístico para verificar el cumplimiento de los criterios de diseño.
2. Se considera aceptable el código termo mecánico CARO-E3 (versión de 2008 congelada) para análisis del comportamiento de la barra de combustible y para los cálculos implicados en las comprobaciones de los criterios de diseño y seguridad que aplican al combustible de CN Trillo.
3. Se considera aceptable la validación realizada del código CARO-E3. Las bases de datos experimentales utilizadas se consideran parte de la metodología de diseño de barra de AREVA, ya que se utilizan para el ajuste de los modelos y la determinación de sus respectivas incertidumbres, por lo que cualquier modificación futura de la base de datos de los modelos que AREVA pretenda utilizar para nuevos ajustes de los mismos o de las distribuciones de probabilidad de sus parámetros de modelo deberá tratarse como una modificación de la metodología y sujeta por tanto a aprobación.
4. Se consideran aceptables los límites de diseño para cálculos a largo plazo. Sin embargo, de acuerdo a la normativa aplicable a CN Trillo, los niveles de tolerancia para dichos límites de diseño a largo plazo del 99.9% de probabilidad con el 95% de confianza son insuficientes para garantizar que no existe expectativa de fallo por defectos de diseño en la operación normal de la central, por lo que debe aplicarse el criterio de que el número esperado de barras que violen el límite de diseño debe ser menor o igual 1, con el 95% de confianza. Un procedimiento aceptable para cumplir este criterio es realizar 3N simulaciones de Monte Carlo puro y comprobar que el resultado de todas cumple el límite de diseño.
5. Se consideran aceptables los límites de diseño y los niveles de tolerancia de cumplimiento de criterios de diseño para canal caliente definidos en la metodología.
6. Se considera que los límites de diseño y los niveles de tolerancia exigidos en su cumplimiento son parte de la metodología de diseño de barra de AREVA. Cualquier cambio en estos parámetros se deberá considerar como una modificación de la metodología y sujeta por tanto a aprobación.
7. No se considera aceptable la solicitud de relajación del límite de diseño/seguridad de [REDACTED] pasando del [REDACTED] actual al [REDACTED] ya que los datos y argumentos aportados por el titular para relajar dicho límite de diseño no son suficientes para garantizar que la varilla mantendrá su ductilidad a esas deformaciones y la base de datos experimental de apoyo no se considera suficiente.

### 3.3.2. Evaluación de la introducción de combustible G-Pellet en CN Trillo

La introducción de la pastilla G en CN Trillo implica ligeras variaciones en el comportamiento del combustible. En concreto, cambia la [REDACTED] en el combustible. Este hecho hace necesaria una actualización del análisis de LOCA/ECCS, como parte del licenciamiento de la modificación de diseño.

La evaluación de la aplicación de la metodología de diseño de barra a CN Trillo ha sido realizada por INNU en el informe CSN/IEV/INNU/TRI/1802/869 y comprende los siguientes aspectos:

- Diseño de varilla combustible con pastilla-G
- Análisis de LOCA /ECCS

### 3.3.2.1. Diseño de varilla combustible con pastilla-G

Los criterios de diseño/seguridad a comprobar para un nuevo diseño de varilla con la nueva metodología de diseño basada en el código termo-mecánico CARO-E3 se detallan en el apartado 2.2 de la presente propuesta de dictamen.

Como ya se ha indicado (apartado 3.3.1.1 de la presente propuesta de dictamen), el límite de [REDACTED] debe ser el [REDACTED] ya que no ha sido considerada aceptable su relajación al [REDACTED] solicitada como parte de la nueva metodología de diseño de barra para CN Trillo.

En los análisis se comprueban dos tipos de criterios de diseño: a largo plazo y de canal caliente. Para ambos tipos de criterios se requieren diferentes niveles de probabilidad de cumplimiento.

#### 3.3.2.1.1 Cálculos a largo plazo

[REDACTED]

CN Trillo presenta, como ejemplo de los cálculos que realizará en cada recarga con la nueva metodología propuesta, una aplicación hipotética a su ciclo 28 en la que se comprueba la tasa de fallos del combustible que se obtiene. De los resultados obtenidos de los cálculos a largo plazo se constata que para el verdadero nivel de probabilidad requerido (*one fuel rod quantile*: el número esperado de barras que violen un límite de diseño debe ser menor que 1 con 95% de confianza), se cumplen el criterio de presión y el de corrosión, pero no el criterio de deformación equivalente de vaina, cuyo máximo muestral supera el límite de diseño [REDACTED]

La evaluación del CSN considera aceptable la forma de aplicar la nueva metodología de diseño de barra combustible en el ejemplo presentado. No obstante, será necesario verificar que todas las aplicaciones para recarga de estos análisis cumplan con los criterios aprobados por el CSN.

#### 3.3.2.1.2 Cálculos de canal caliente

Los cálculos de canal caliente se llevan a cabo para chequear el comportamiento del diseño de la varilla frente a transitorios que se traducen, [REDACTED]. Estos análisis se llevan a cabo para [REDACTED].

[REDACTED]

La evaluación del CSN considera que los resultados para condiciones de canal caliente, equivalentes a transitorios operacionales de condición II (o nivel de seguridad 2 en CN Trillo) para el combustibles con pastilla G y vaina DX-D4 de CNT cumplen con los requisitos de diseño/seguridad aplicables, por que, el diseño de varilla recogido en la documentación presentada se considera aceptable. Se considera necesario que la aplicación de la nueva metodología en todas las recargas, cumpla con los criterios aprobados por el CSN.

### 3.3.2.2. Análisis de LOCA/ECCS

En la metodología de AREVA con la que se han venido realizando los análisis de LOCA/ECCS en CN Trillo, y en particular los ahora están vigentes, se utiliza el código SRELAP5. Los resultados que se obtienen con esta metodología son envolventes (i.e. conservadores), porque un conjunto de condiciones iniciales y frontera del cálculo se han puesto en valores pesimistas.

En relación con el análisis LOCA y con objeto de cuantificar el conservadurismo de la metodología utilizada para la CN Trillo, CNAT deberá realizar un seguimiento de las revisiones que el regulador alemán haga de la metodología BEPU de análisis LOCA/ECCS de AREVA y de su aplicación a la validación de la metodología "Best Estimate" utilizada en CN Trillo e informar al CSN de su evolución con periodicidad anual en el primer trimestre de cada año.

Los nuevos análisis de LOCA se han realizado, al igual que los vigentes, con un modelo de planta para el código S-RELAP5. [REDACTED]

Se ha elegido en el análisis LOCA/ECCS de Trillo la peor condición [REDACTED]

[REDACTED] y se busca el peor resultado.

El análisis de LOCA debe abarcar todo el rango de quemados del combustible. También se ha considerado la hipótesis de peor fallo único y un sistema en mantenimiento.

Los análisis deben demostrar el cumplimiento de todos los criterios de aceptación para todo posible LOCA.

El núcleo de reactor considerado en los análisis consiste en [REDACTED]

La evaluación del CSN considera aceptable la forma en que se ha realizado el análisis LOCA para CN Trillo con combustible con pastilla G. Se considera aceptable el procedimiento seguido para obtener los valores limitantes de temperatura pico de vaina, máximo espesor local de oxidación de vaina y oxidación total de vaina en el núcleo. Los valores calculados de estos

parámetros están por debajo de sus límites de licencia, con lo que los resultados del análisis de LOCA son aceptables.

La actualización de los análisis de diseño de barra y de análisis de LOCA grande con la metodología basada en el código de diseño de barra CARO-E3, exigen la actualización de las verificaciones específicas necesarias para cada ciclo de operación, con el objetivo de asegurar para un diseño determinado de ciclo el cumplimiento de los criterios de diseño barra y del LOCA grande, así como el criterio adicional relativo al máximo número esperable de fallo de barras de combustible en caso de LOCA grande.

Como ya se ha indicado, CN Trillo ha presentado un ejemplo de aplicación de las verificaciones específicas para el ciclo 28 de Trillo, que son requeridas para asegurar el cumplimiento de los tres criterios anteriormente mencionados (diseño de barra, LOCA grande, tasa de fallos de barras de combustible). La comprobación explícita e individualizada para cada una de las 41.772 barras se ha realizado tanto para principio (BOL) como para final de vida (EOL).

La evaluación del CSN considera que el análisis presentado por el titular cumple los límites de licencia y que el cumplimiento del criterio de tasa de fallo de varillas garantiza la refrigeración del núcleo de CN Trillo durante el LOCA grande.

### 3.3.2.3. Análisis de criticidad

El diseño de la pastilla G presenta un

[REDACTED]. Este aumento de la densidad tiene impacto en la criticidad. Sin embargo, desde el punto de vista de la criticidad, el valor máximo de uranio por elemento de combustible está controlado por las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de CN Trillo, en los términos siguientes:

#### 7.2.1 *“La masa inicial de uranio por elemento de combustible no será superior a 482,664 kg*

La evaluación del CSN considera que dado que la única diferencia en los elementos combustibles con la pastilla G, desde el punto de vista de los análisis de criticidad, es el aumento de uranio por elemento y la cantidad máxima de uranio por elemento de combustible está limitada por la especificación 7.2.1, se considera aceptable la introducción de la pastilla G desde el punto de vista de seguridad frente a criticidad.

### 3.3.2.4. Conclusiones de la evaluación de la introducción de combustible G-Pellet en CN Trillo

En relación con la aplicación de la nueva metodología de análisis de barra de combustible con la nueva pastilla G-Pellet, la evaluación del CSN concluye:

1. El ejemplo de aplicación a CN Trillo de la metodología de barra no cumple el criterio de [REDACTED] con el nivel de probabilidad exigido por la normativa alemana. La aplicación para cada futura recarga de esta metodología deberá cumplir todos los criterios especificados en la aprobación de la metodología por parte del CSN.
2. En cuanto a los análisis LOCA grande realizado para CN Trillo con pastilla G:
  - Se considera aceptable la forma en que se ha realizado el análisis LOCA.
  - Se considera aceptable el procedimiento seguido para obtener los valores limitantes de temperatura pico de vaina, máximo espesor local de oxidación de vaina y oxidación total de vaina en el núcleo. Los valores calculados de estos parámetros están por debajo de sus límites de licencia, con lo que los resultados del análisis de LOCA se consideran aceptables.
  - Se considera aceptable para al cálculo de la tasa de barras falladas en el caso de LOCA la metodología [REDACTED], pues proporciona valores de entrada termo mecánicos para dicho cálculo suficientemente conservadores. La tasa de fallos calculada en esta aplicación está por debajo de su límite de licencia, y por tanto se considera aceptable.
  - Se considera aceptable la demostración de la refrigerabilidad a largo plazo y del mantenimiento de una geometría refrigerable en el núcleo de CN Trillo en caso de LOCA.
  - De acuerdo con la aprobación realizada en 2014, se mantiene el requerimiento del seguimiento de las revisiones que el regulador alemán haga de la metodología BEPU de análisis LOCA/ECCS de AREVA y de su aplicación a la validación de la metodología “Best Estimate” utilizada en CN Trillo e informar al CSN de su evolución con periodicidad anual en el primer trimestre de cada año.
3. Desde el punto de vista de la criticidad, se considera aceptable la introducción de la pastilla G en los elementos combustible porque está limitada la cantidad máxima de uranio por elemento en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento.

### **3.3.3. Evaluación de los cambios propuestos al Estudio Final de Seguridad (EFS). Propuesta OCES 8373**

La modificación de diseño relativa al uso de la pastilla “G” de combustible hace necesario revisar el análisis de los accidentes con pérdida de refrigerante causados por rotura en doble guillotina en el sistema de refrigeración del reactor (LOCA grande) en la Sección 6.6.4 del EFS de CN Trillo, para demostrar que se siguen cumpliendo los criterios de aceptación del sistema de refrigeración de emergencia del núcleo, siendo despreciable su impacto en los análisis de LOCA pequeño e intermedio vigentes. Este nuevo análisis de LOCA grande considera la potencia térmica nominal del reactor de 3010 MW con una sobrepotencia del 6%.

Los cambios a introducir en EFS son los siguientes:

- Páginas 1.4.0-33a, 1.4.0-35a y 1.4.0-76a



La evaluación del CSN considera estas modificaciones se consideran aceptables.

- Páginas 4-xiv y 4-xv del Índice de Figuras del Capítulo 4



La evaluación del CSN considera estas modificaciones se consideran aceptables, pero se deberá especificar el código termomecánico como CARO-E3.

- Páginas 4.1.2-24, 4.1.2-24a y 4.1.2-41



La evaluación del CSN considera estas modificaciones aceptables.

- Páginas 4.2.1-4/11/16/19/24/27



La evaluación del CSN considera estas modificaciones aceptables, salvo la sustitución del valor del límite de deformación del 2.5 % por el 3.5% que no se considera aceptable

- Figuras 4.2.1-7/8/11/12/13/14/15/16/18/24/25/28/29



La evaluación del CSN considera estas modificaciones aceptables.

- Página 6-vi del Índice de Materias del Capítulo 6



La evaluación considera estas modificaciones aceptables.

- Páginas 6-i, 6-iii, 6-iv y 6-vi del Índice de Tablas del Capítulo 6



La evaluación considera estas modificaciones aceptables.

- Páginas 6-xii, 6-xiii, 6-xix, 6-xx y 6-xxi del Índice de Figuras del Capítulo 6

[REDACTED]

La evaluación considera estas modificaciones aceptables.

- Tabla 6.0.1-1 Hoja 10

[REDACTED]

La evaluación del CSN considera estas modificaciones aceptables.

- Páginas 6.0.3-1 y 6.0.3-2, Tablas 6.0.3-2 Hojas 1 y 2 y 6.0.3-3 Hojas 1 y 2 y Figura 6.0.3-1

[REDACTED]

La evaluación considera estas modificaciones aceptables.

- Páginas 6.0.8-1/2/3/5

[REDACTED]

La evaluación del CSN considera estas modificaciones aceptables, salvo que deberá especificarse la versión del código termo mecánico como "CARO-E3" en lugar de "CARO E".

- Páginas 6.6.4-1/2/3/4/5/6/7/8/9/10/11/21/22/23

[REDACTED]

La evaluación considera estas modificaciones aceptables.

- Tablas 6.6.4-1/2/7/10/18/19/20/21/22/23/24/25/47/48/49/50/51/52/53/54/55/56/57

[REDACTED]

La evaluación del CSN considera estas modificaciones aceptables.

- Figuras 6.6.4-3/5/6/7/8/9/10/129/130/131/132/133/134/135/136/137/138/139/140/  
141/142/143/144/145/146/147/148/149/150/151/152/153/154/155/ 156/157/158/  
159/160/ 161/162/163/164/165/166

[REDACTED]

La evaluación del CSN considera estas modificaciones aceptables.

CNAT, mediante escrito de referencia ATT-CSN-011291 (nº de registro 45443 de 12 de diciembre de 2017), se ha comprometido a corregir el error en la referencia del código termomecánico “CARO E3” en el EFS, ya que lo referencia en la propuesta presentada como “CARO E”.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los resultados de la evaluación realizada y el compromiso indicado en el párrafo anterior, la evaluación del CSN considera aceptables todas las modificaciones propuestas al EFS, excepto las menciones al [REDACTED] que deberá mantenerse en el [REDACTED]

La evaluación ha verificado también que la información relativa al accidente de LOCA grande recogida en el EFS de CN Trillo cumple con los requisitos del artículo cuarto de la IS-37.

### **3.3.4. Evaluación de los cambios en las bases de las ETF (propuesta PMB-4-16/02)**

Como consecuencia de la modificación de diseño relativa al uso de la pastilla G de combustible, en el que se han revisado los análisis de accidente correspondientes al LOCA grande, es necesario modificar las bases de ciertas ETF.

La evaluación del CSN ha revisado todo los cambios a las bases de las ETF incluidos en la propuesta PMB-4-16/02, considerándolos aceptables.

### **3.3.5. Evaluación de los cambios a la “Especificación Marco” utilizada en el Informes de Seguridad de la Recarga**

Con fecha 4 de abril de 2016 se recibió en el CSN, remitida por CNAT, la solicitud (carta ref. ATT-CSN-010203) de apreciación favorable de la metodología de los análisis de seguridad de los Informes de Seguridad de Recarga, de acuerdo con el apartado 4 de la Instrucción de Consejo IS 02. Esta nueva metodología se incorpora en la nueva propuesta de Especificación Marco (documentos de referencia A1C-1312713 y A1C-1312714), e incluye cambios derivados de la nueva pastilla de combustible, así como otros ya aprobados anteriormente por la DGPEM.

La Especificación Marco de CN Trillo consiste en dos documentos genéricos (A1C-1312713 y A1C-1312714), no específicos de ciclo, cuyo objetivo es reunir la información necesaria para que no repetir ciertos análisis de seguridad cada ciclo, proporcionando una guía que garantice la validez de los sucesivos núcleos de recarga de CN Trillo, desde el punto de vista de la seguridad, sin más que comprobar que un cierto conjunto de parámetros se mantienen dentro de los márgenes allí recogidos.

El objetivo de estos documentos es demostrar las características de seguridad de los diferentes núcleos de recarga de CN Trillo por adelantado, independientemente de que estas

características puedan variar de ciclo a ciclo dentro de unos márgenes. De esta forma todos los esquemas de carga del núcleo que cumplen con el estatus válido de las condiciones de contorno relacionadas con la seguridad pueden tomarse automáticamente como aceptables desde el punto de vista de la seguridad. Se debe verificar, pues, este punto sobre la base de los documentos detallados de diseño para cada categoría implicada (neutrónica, LOCA, diseño de barra, termohidráulica, dinámica del sistema y diseño estructural del elemento) y para cada nivel de seguridad (1 -operación normal, 2 - transitorios operacionales, 3 – accidentes base de diseño y 4 – ATWS).

Los cambios a la Especificación Marco, relacionados con el nuevo diseño de varilla con pastilla G, incluyen, en la parte de la tabla de parámetros de seguridad para barra combustible, cambios que recogen que cada recarga se verifica el núcleo también a nivel de diseño de barra pues, debiéndose verificar el diseño de varilla con las historias de potencia reales a ciclo terminado. Por la parte del análisis de LOCA [REDACTED] pero se mantiene la misma verificación.

La evaluación del CSN considera aceptables los cambios recogidos en la Especificación Marco para CN Trillo, derivados de la incorporación de combustible con la pastilla G, con la excepción del valor del límite de [REDACTED] que aparece en el Apéndice A-FR del documento A1C-1312714 Rev.4 con el valor del [REDACTED] que deberá mantenerse en el [REDACTED]

#### **3.4. Deficiencias de evaluación: No**

**3.5. Discrepancias respecto de lo solicitado: Sí,** según se indica en el apartado de conclusiones

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

Como resultado de las evaluaciones realizadas por el CSN se propone:

a) Informar favorablemente la solicitud de autorización de la modificación de diseño relativa al uso de la pastilla G de combustible, junto con los cambios propuestos al EFS (OCES 8373) y a las ETF (PMB-4-16/02), derivados de la modificación de diseño, con las siguientes condiciones:

1. Las bases de datos experimentales utilizadas para la validación del código CARO-E3, se considerarán parte de la metodología de diseño de barra, ya que se utilizan para el ajuste de los modelos y la determinación de sus respectivas incertidumbres, por lo que cualquier modificación futura de dichas bases de datos, deberá tratarse como una modificación de la metodología y estará sujeta a aprobación.
2. Los niveles de tolerancia de los límites de diseño, para cálculos a largo plazo, del 99.9% de probabilidad, con el 95% de confianza son insuficientes para garantizar que no existe expectativa de fallo por defectos de diseño en la operación normal de la central, por lo que debe aplicarse el criterio de que el número esperado de barras que violen el límite

de diseño debe ser menor o igual 1, con el 95% de confianza. Un procedimiento aceptable para cumplir este criterio es realizar 3N simulaciones de Monte Carlo puro y comprobar que el resultado de todas cumple el límite de diseño.

3. Los límites de diseño y los correspondientes niveles de tolerancia exigidos se considerarán parte de la metodología de diseño de barra. Cualquier cambio en estos parámetros se deberá considerar como una modificación de la metodología y estará sujeta a aprobación.
4. El límite de diseño/seguridad de [REDACTED], se mantendrá en el [REDACTED] actual, ya que los datos y argumentos aportados por el titular para relajar dicho límite de diseño al [REDACTED] no son suficientes para garantizar que la varilla mantendrá su ductilidad a esas deformaciones y la base de datos experimental de apoyo no se considera suficiente.

b) Apreciar favorablemente la metodología de los análisis de seguridad de los Informes de Seguridad de Recarga, que se incorpora a la propuesta de Especificación Marco (documentos A1C-1312713 Rev.3 y A1C-1312714 Rev.4), de acuerdo con la solicitud del titular, presentada con carta ref. ATT-CSN-010203, con la siguiente condición:

El límite de diseño/seguridad de [REDACTED], incluido en el Apéndice AFR del documento A1C-1312714 Rev.4, se mantendrá en el [REDACTED] actual.

- 4.1. **Aceptación de lo solicitado: Sí.**
- 4.2. **Requerimientos del CSN: Sí.**
- 4.3. **Recomendaciones del CSN: No**
- 4.4. **Compromisos del Titular: Sí,** según se indica en escrito de referencia ATT-CSN-011291 (nº de registro 45443 de 12 de diciembre de 2017).