

## ÍNDICE

	<u>Página</u>
<b>1. IDENTIFICACIÓN</b> .....	3
1.1. Solicitante .....	3
1.2. Asunto .....	3
1.3. Documentos aportados por el solicitante.....	3
1.4. Documentos oficiales.....	3
<b>2. DESCRIPCIÓN Y OBJETO DE LA PROPUESTA</b> .....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Motivo de la solicitud .....	5
2.3. Descripción de la solicitud .....	5
<b>3. EVALUACIÓN</b> .....	6
3.1. Informes de evaluación.....	6
3.2. Normativa y documentación de referencia .....	6
3.3. Resumen de la evaluación .....	6
3.3.1 Resultados de las campañas de inspección del combustible WSE 16x16.....	7
3.3.2 Análisis del comportamiento del combustible WSE 16x16 en CN Trillo en comparación con la base de datos global de reactores KWU.....	8
3.3.3 Conclusiones .....	10
3.4. Deficiencias de evaluación:.....	11
3.5. Discrepancias respecto de lo solicitado: .....	11
<b>4. CONCLUSIONES Y ACCIONES</b> .....	11
4.1. Aceptación de lo solicitado:.....	12
4.2. Requerimientos del CSN:.....	12
4.3. Otras actuaciones adicionales: .....	12
4.4. Compromisos del titular:.....	12
4.5. Recomendaciones del CSN: .....	12
<b>ANEXO</b> .....	13

## PROPUESTA DE DICTAMEN TÉCNICO

### SOLICITUD DE MODIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES ASOCIADAS A LA AUTORIZACIÓN DEL PROGRAMA DE CARGA DE ELEMENTOS COMBUSTIBLES DE DEMOSTRACIÓN WSE 16x16 DE LA CENTRAL NUCLEAR TRILLO

#### 1. IDENTIFICACIÓN

##### 1.1. Solicitante

Centrales Nucleares Almaraz-Trillo A.I.E. (CNAT).

##### 1.2. Asunto

Solicitud de autorización de modificación de las condiciones asociadas a la autorización del programa de carga de elementos combustibles de demostración WSE 16x16 de la central nuclear Trillo (CN Trillo).

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

Con fecha 26 de enero de 2022, nº de registro [40786](#), procedente de la Dirección General de Política Energética y Minas (DGPEM) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Miterd), se recibió en el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) petición de informe preceptivo sobre la solicitud de modificación de las condiciones asociadas a la autorización del programa de carga de elementos combustibles de demostración WSE 16x16 de la central nuclear Trillo.

Con la solicitud se adjuntan los siguientes documentos:

- [CO-21/029 rev. 0](#) “Informe soporte solicitud levantamiento condiciones al programa de elementos de demostración WSE 16x16 en C.N. Trillo”.
- [ES-T-SL-21/036 rev. 0](#) “Evaluación de seguridad”.

Con fecha 25 de enero de 2022 (nº de registro [40687](#)) CNAT remitió directamente al CSN la carta de ref. ATT-CSN-013854 que adjuntaba la siguiente documentación soporte, adicional a la incorporada a la solicitud presentada ante el Miterd:

- [WSE0014155 rev. 0](#) “WSE 16x16 LTAs in Trillo – Operating experience and comparison with WSE KWU database”.
- [WSE0005418 rev 0](#) “Westinghouse KWU PWR Operating Experience 2020”.
- [ITEC-002393 rev. 0](#) “Valoración de los resultados envoltantes de la campaña de inspecciones tras cuatro ciclos de irradiación de LTAs WSE 16x16 – ZIRLO optimizado CN Trillo, ciclo 33”.

##### 1.4. Documentos oficiales

N/A

## 2. DESCRIPCIÓN Y OBJETO DE LA PROPUESTA

### 2.1. Antecedentes

En previsión de posibles dificultades para el suministro de combustible nuclear de Framatome (AREVA) a CN Trillo ante el cierre del parque nuclear alemán, CNAT se planteó en 2012 la posibilidad de diversificar las fuentes de suministro de combustible a otros fabricantes.

Tras un estudio de viabilidad, en 2014 se puso en marcha el proyecto para la fabricación y suministro de elementos combustibles de demostración de diseño del suministrador Westinghouse Sweden, modelo WSE 16x16, solicitando el titular en junio de 2015 autorización para el correspondiente programa de demostración, consistente en la introducción durante cuatro ciclos de operación de ocho elementos combustibles WSE 16x16 en el núcleo del reactor de CN Trillo, con objeto de irradiarlos e inspeccionar su comportamiento.

La citada solicitud fue autorizada por [Resolución de 30 de marzo de 2016](#) de la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio de Energía, Industria y Turismo, con las siguientes condiciones:

1. El valor para el máximo quemado medio de barra de Zirlo Optimizado será de 62 GWd/TmU.
2. El contenido máximo de hidrógeno en la vaina de Zirlo Optimizado al final de la irradiación será menor o igual a 600 ppm.
3. El espesor de óxido en la pared exterior de la vaina de Zirlo Optimizado será, a fin de vida de la barra combustible, menor de 75 µm.
4. CN Trillo incluirá en su programa de seguimiento e inspección del nuevo combustible con vainas de Zirlo Optimizado la posible aparición del fenómeno de "Oxide Surface Peeling".
5. En los estudios de seguridad de las recargas, correspondientes a los ciclos en los que existan elementos de demostración en el núcleo, deberá incluirse información clara del cumplimiento de los distintos criterios del combustible WSE 16x16, así como de la organización que ha realizado dicha comprobación.
6. La extensión por un quinto ciclo adicional, que se plantea en el programa de irradiación propuesto, queda condicionada a que los resultados de las inspecciones planificadas permitan verificar un adecuado comportamiento de los elementos de demostración según diseño.

Estas condiciones fueron verificadas por el titular ciclo a ciclo, remitiendo al CSN la información correspondiente.

El 9 de febrero de 2022 se mantuvo una reunión entre el CSN, CNAT, ENUSA y Westinghouse Sweden (WSE), documentada en el acta de ref. [TR-22/00001](#), en la que el titular explicó los términos de su solicitud de autorización para la irradiación de un quinto ciclo de los elementos de demostración WSE 16x16, aportando los resultados de las inspecciones correspondiente al cuarto ciclo de irradiación y el análisis de WSE de los citados resultados en comparación con la experiencia operativa global de su diseño WSE 16x16, de acuerdo a lo previsto en la condición (6).

Así mismo, en la citada reunión el titular explicó su solicitud para superar el quemado medio establecido como límite en la condición (1), con el fin de obtener más información adaptada a sus necesidades de próximos ciclos (hasta del orden de 70 GWd/TmU), en los que prevé un incremento del enriquecimiento. Los representantes del CSN preguntaron sobre algunos de los resultados de las inspecciones y sobre la superación del quemado máximo actualmente licenciado, solicitando a CN Trillo una estimación realista de sus necesidades en este sentido.

## 2.2. Motivo de la solicitud

El apartado 3.1.1 de la instrucción del Consejo IS-21, sobre modificaciones de centrales nucleares, establece que:

*“Se deberá solicitar autorización de la modificación si se produce alguna de las circunstancias...”,  
“...7. Se exceden o alteran los límites base de diseño de las barreras de los productos de fisión que se describen en el Estudio de Seguridad...”.*

En cumplimiento con lo anterior, CNAT presenta la solicitud de autorización de esta modificación en base a que la evaluación de seguridad de referencia ES-T-SL-21/036 rev.0 concluye que la modificación propuesta de las condiciones (1) y (6) asociadas a la Resolución de 30 de marzo de 2016 de la DGPEM altera los límites base de diseño de las barreras de productos de fisión que se describen en el Estudio de Seguridad.

El titular considera que las condiciones (1) y (6) de la citada Resolución no son compatibles con la gestión de ciclos actuales en CN Trillo, y condicionarían la introducción en el futuro de combustible WSE 16x16 en tamaño de lotes de recarga ( $\approx 1/5$  del núcleo), que es la principal razón del proyecto de demostración, y por tanto el motivo de su interés en prorrogar la duración del mismo a un quinto ciclo de irradiación.

## 2.3. Descripción de la solicitud

El titular justifica en el “Informe soporte solicitud levantamiento condiciones al programa de elementos de demostración WSE 16x16 en C.N. Trillo”, ref. CO-21/029, su propuesta de modificación de las condiciones (1) y (6), necesaria para poder completar el programa de elementos de demostración y consistente en elevar el valor para el máximo quemado medio de barra hasta 70 GWd/TmU, y poder introducir los elementos combustibles en un quinto ciclo de irradiación.

CNAT considera razonable el valor de quemado medio máximo de barra de 70 GWd/TmU, por los siguientes motivos:

- Existe experiencia de irradiación en otros reactores con combustible similar, quemados por encima de 73 GWd/TmU en barras de demostración de una planta suiza similar a CN Trillo.
- Existe experiencia de licenciamiento en otros países con centrales similares a CN Trillo:
  - o Alemania: límite de 72 GWd/TmU
  - o Suiza: límite de 70 GWd/TmU
- El diseño de barra WSE justifica valores de quemado de hasta 76 GWd/TmU.

- El límite propuesto es compatible con las previsiones de CN Trillo en cuanto a quemados máximos alcanzables ( $\approx 68$  GWd/TmU) cuando se complete la transición a enriquecimientos superiores.

Con respecto a los resultados del programa de irradiación e inspección, el titular considera que las medidas realizadas sobre el combustible tras dos, tres y cuatro ciclos de irradiación, tanto dimensionales como de corrosión, confirman el buen comportamiento esperado según diseño, en las condiciones específicas del núcleo de CN Trillo y en línea con la experiencia de WSE con este combustible en otras centrales de diseño similar, todo ello en coherencia con lo requerido en la condición (6).

### **3. EVALUACIÓN**

#### **3.1. Informes de evaluación**

- [CSN/IEV/INNU/TRI/2210/1005](#) "Evaluación de la solicitud de CN Trillo de modificación de las condiciones del programa de demostración de elementos de combustible WSE 16x16".

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

La normativa de obligado cumplimiento que aplica a esta solicitud es la siguiente:

- Instrucción del Consejo IS-21, sobre requisitos aplicables a las modificaciones en las centrales nucleares.
- Instrucción del Consejo IS-02, sobre regulación de la documentación sobre actividades de recarga en centrales nucleares.
- Instrucción del Consejo IS-26, sobre requisitos básicos de seguridad nuclear aplicables a las instalaciones nucleares.
- Instrucción del Consejo IS-27, sobre criterios generales de diseño de centrales nucleares.
- Instrucción del Consejo IS-32, sobre especificaciones técnicas de funcionamiento de centrales nucleares.
- Instrucción del Consejo IS-37, sobre análisis de accidentes base de diseño en centrales nucleares.

#### **3.3. Resumen de la evaluación**

La solicitud de autorización de la modificación de las condiciones asociadas a la autorización del programa de elementos combustibles de demostración WSE 16x16 ha sido evaluada por el área de ingeniería del núcleo (INNU) del CSN. En concreto, se han evaluado los siguientes aspectos:

- Resultados de las campañas de inspección del combustible WSE 16x16 irradiado en CN Trillo durante cuatro ciclos.
- Análisis del comportamiento del combustible WSE 16x16 en CN Trillo en comparación con la base de datos global de reactores KWU.

Adicionalmente, el 26 de enero de 2023 se mantuvo una reunión entre el CSN (áreas INNU e IMES) y CNAT, documentada en el acta de ref. [TR-23/00001](#), en la que el CSN expuso su interés en disponer de la máxima información posible del comportamiento de los elementos combustibles WSE 16x16 a altos quemados, en particular frente a corrosión. El titular indicó que en el diseño del quinto ciclo está previsto poder reinsertar un elemento WSE 16x16 en la posición central, con el objetivo de disponer de medidas de corrosión en un rango de quemados elevado, aproximadamente de 67-68 GWd/TmU.

### 3.3.1 Resultados de las campañas de inspección del combustible WSE 16x16

Las campañas de inspecciones realizadas por CNAT/ENUSA dentro del programa de demostración llevado a cabo durante los últimos ciclos de CN Trillo se resumen en la siguiente figura:

Irradiación de los Elementos de Demostración						
Año	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022
Ciclo	29	30	31	32	33	34
Elementos en el núcleo	8 <sup>0</sup>	8 <sup>1</sup>	4 <sup>2</sup>	4 <sup>2</sup>	4 <sup>3</sup> 4 <sup>3</sup>	-
Elementos en piscina	-	-	4 <sup>2</sup>	4 <sup>3</sup>	-	4 <sup>3</sup> 4 <sup>4</sup>
Estrategia de inspecciones						
Inspección durante recarga	VISI (8 -1C)	VISI (4 -2C)		VISI (4-3C)	32R3 (Jun'2020)	
Inspección fuera de la recarga	28R3 (2017)	29R3 (2018)	VISD (4-2C) DIM (4-2C) COR (4-2C)	VISD (4-3C) DIM (4-3C) COR (4-3C)		VISD (4-4C) DIM (4-4C) COR (4-4C) DES (3- 4C)
			Feb'2019	Jul'2019		> 33R3

A<sup>B</sup>: A indica el numero de ECs y B el numero de ciclos que han operado en el momento de entrada al núcleo o piscina

Leyenda:

VISI: Inspección visual de integridad (en recarga)  
 VISD: Inspección visual de detalle (fuera de recarga)  
 DIM: Inspección dimensional (crecimiento de barra / esqueleto)  
 COR: Inspección de corrosión  
 DES: Inspección de desgaste (barra-rejilla)

Ultima campaña (Jul-Ago'2021)

Se ha realizado un seguimiento del fenómeno denominado *oxide surface peeling* (OPS) y, aunque se han observado marcas aisladas en algunos vanos de algunas barras, no son extensas y están dentro de la experiencia del zirlo optimizado. CNAT y ENUSA consideran que el fenómeno OSP no tiene repercusiones de seguridad para la barra.

De las inspecciones dimensionales se observa que, en lo relativo a crecimiento de barra, esqueleto y rejillas, no hay comportamientos fuera de lo normal.

En relación al arqueado, inclinación y torsión de barras también el comportamiento observado fue, en general, dentro de lo normal, salvo que se detectó en uno de los elementos una reducción de canal entre las barras T01 y T02 (cara 4) en el vano 1, con un impacto termohidráulico mínimo.

Los resultados de las inspecciones de corrosión también arrojan, en general, valores dentro de lo esperado con valores máximos medidos dentro de la experiencia operativa para WSE16x16 con vaina de zirlo optimizado. La evolución con el quemado es la esperada y las medidas permanecen

envueltas por los valores calculados en el diseño; en el caso de una barra se obtuvo una medida de espesor de óxido de 55 µm, más alta que el resto de las barras medidas en la misma campaña, con medidas de óxido por debajo de 40 µm.

Por parte de ENUSA se considera que es habitual en las campañas de medida de corrosión encontrar alguna medida local por encima de los valores predominantes; no obstante, aunque la mayoría de las barras medidas tengan un espesor de óxido por debajo de 40 µm, se considera prudente no descartar esta medida como espuria.

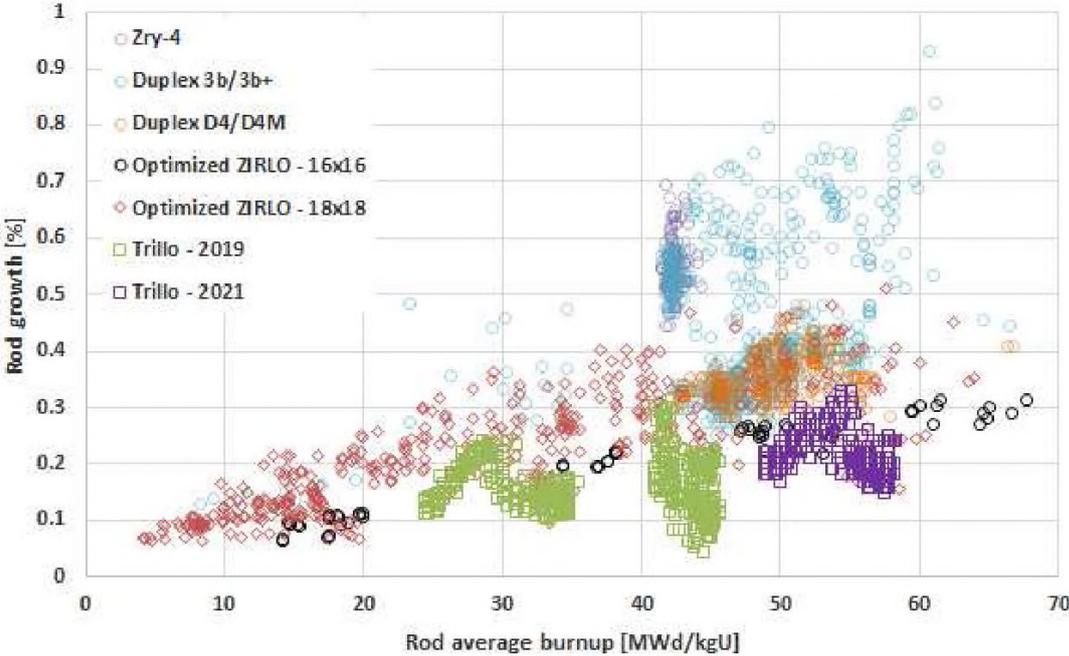
El resto de medidas y observaciones realizadas en las inspecciones están dentro de lo esperado, concluyendo el titular que los resultados obtenidos confirman el correcto comportamiento del combustible, manteniendo los elementos combustibles su integridad y pudiendo recargarse en el núcleo de CN Trillo para un quinto ciclo de irradiación.

### 3.3.2 Análisis del comportamiento del combustible WSE 16x16 en CN Trillo en comparación con la base de datos global de reactores KWU

La evaluación realizada por INNU del comportamiento del combustible WSE 16x16 en CN Trillo, tras cuatro ciclos de irradiación, se ha basado en comparar los resultados obtenidos en las campañas de inspección frente a la base de datos global para combustible equivalente de reactores KWU, específicamente los parámetros de crecimiento de las barras de combustible, comportamiento frente a corrosión y concentración de hidrógeno en las vainas del combustible.

#### Crecimiento de la barra de combustible WSE 16x16 de CN Trillo vs. base de datos de reactores KWU

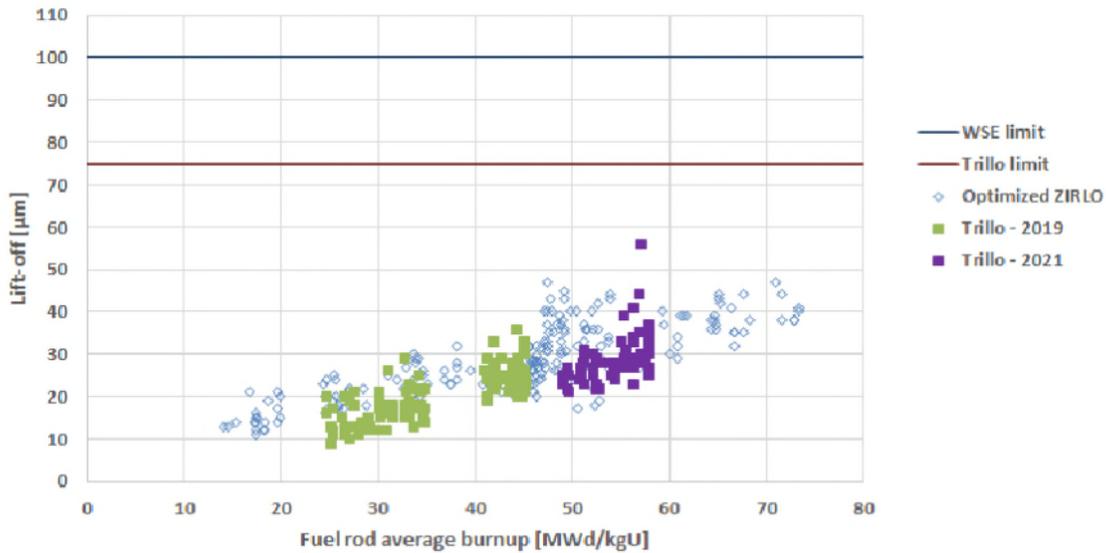
El crecimiento de las vainas del combustible de CN Trillo comparado con las del combustible equivalente de zirlo optimizado de la base de datos de reactores KWU, en función del quemado medio, se refleja en la siguiente figura, en la que se puede apreciar que el combustible demo de CN Trillo alcanza y supera los puntos de la base de datos (círculos negros), y lo hace a quemados inferiores. Los datos de esta variable apuntan a que la demanda de CN Trillo sobre el zirlo optimizado pudiera ser superior a lo recogido en la base de datos global para combustible, si bien no parece comprometedor para el funcionamiento del combustible.



Corrosión de la barra de combustible demo WSE 16x16 de CN Trillo vs. base de datos de reactores KWU

En el siguiente gráfico se muestra la comparación del espesor de óxido del combustible demo WSE 16x16 de CN Trillo frente al del combustible equivalente de la base de datos de KWU, en función del quemado medio, y en el que se puede apreciar que los valores alcanzados para CN Trillo a los quemados más altos (50-60 GwD/TmU) son equivalentes a los máximos reportados para la flota KWU con zirlo optimizado y que alcanzan quemados de entre 70 y 75 GwD/TmU. En cualquier caso, el espesor máximo de óxido medido para CN Trillo es de 55 µm tras el cuarto ciclo de irradiación, lejos del límite de 75 µm fijado.

Copia Documento Electrónico del CSN Ref: CSN/PDT/CNTRI/TRI/2302/311  
Original disponible en <http://intranet/firmadigital/index.htm?Localizador=15346-74144-52331-24566>



Para garantizar que no se superará el citado límite de 75 µm tras los previstos aumentos de enriquecimiento y quemados, por parte de WSE se ha realizado un cálculo predictivo mediante el que se estima la corrosión esperada tras un quinto ciclo de irradiación. El cálculo utiliza historias de potencia representativas de un futuro quinto ciclo, y a partir de los datos obtenidos en los ciclos anteriores obtiene un valor estimado de 62 µm de espesor de óxido, para el quemado licenciado actualmente de 62 GWd/TmU, y de 68 µm para el quemado de 65 GWd/TmU que se espera alcanzar tras el quinto ciclo de irradiación, inferior al límite de 75 µm de espesor de óxido, aunque próximo.

#### Contenido de hidrógeno en las vainas del combustible

El cálculo realizado por WSE predice una concentración de hidrógeno en las vainas de combustible a final del quinto ciclo de irradiación de 376 ppm, por debajo del límite de diseño establecido en 600 ppm.

#### 3.3.3 Conclusiones

Como resultado de la evaluación realizada, el área INNU concluye lo siguiente:

- Los resultados de las inspecciones planificadas han permitido verificar que el comportamiento del combustible WSE 16x16 tras los cuatro ciclos de irradiación no ha superado los límites de diseño, aunque los valores de algunas variables, especialmente la corrosión, han resultado superiores a los correspondientes del combustible equivalente de la base de datos de KWU, por lo que se considera conveniente conocer los valores que se alcanzarán para altos quemados tras los cinco ciclos que en CN Trillo puede ser irradiado un elemento combustible en operación normal de la planta.
- Se considera aceptable, dentro del programa de demostración, la superación del límite de quemado actualmente licenciado de 62 GWd/TmU para poder evaluar el comportamiento del combustible en situaciones parecidas a los lotes de recarga que se carguen en el futuro y su

cumplimiento con los límites de diseño; el análisis del comportamiento de los elementos combustible de demostración tras un quinto ciclo de irradiación proporcionará al CSN argumentos claros para autorizar o no un hipotético aumento de quemado para lotes de recargas. CN Trillo espera alcanzar quemados en torno a 67-68 GWd/TmU cuando complete el proceso de aumento de enriquecimiento. Los límites de quemado licenciados en Suiza y en Alemania para el mismo tipo de combustible WSE 16x16 son de 70 GWd/TmU y 72 GWd/TmU, respectivamente.

- El conocimiento de los resultados del programa de inspecciones tras el quinto ciclo de irradiación en CN Trillo, que deberá ser del programa detallado, y hasta el quemado que se determine, permitirá al CSN poder establecer el valor de quemado máximo para futuras recargas con combustible WSE 16x16 de manera que se garantice el cumplimiento de los criterios de diseño del combustible a lo largo de toda su vida en el núcleo (cinco posibles ciclos).

Por tanto, el área INNU considera que pueden modificarse las condiciones (1) y (6) del programa de demostración de combustible WSE16x16 en los términos solicitados por el titular, e irradiarse dicho combustible un quinto ciclo hasta un quemado medio de barra de 70 GWd/TmU.

Este cambio de las condiciones no aplica a la solicitud de autorización de la modificación del método para el diseño de recargas de CN Trillo con combustible WSE 16x16 en tamaño de lotes de recarga recibida en el CSN con fecha 8 de marzo de 2021 (nº de registro [41751](#)) y que se encuentra actualmente en fase de evaluación por parte del CSN. Se destaca que el quemado máximo admisible para lotes de recarga de combustible WSE 16x16 podrá fijarse tras la valoración de los resultados del programa de inspecciones que el titular llevará a cabo una vez finalizado el quinto ciclo de irradiación de los elementos combustibles de demostración.

**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 modificación de las condiciones asociadas a la autorización del programa de carga de elementos combustibles de demostración WSE 16x16 de la central nuclear Trillo permitiendo la introducción de los elementos combustibles para que puedan irradiarse un quinto ciclo, con las siguientes condiciones:

- 1) El valor del máximo quemado medio de barra de Zirlo Optimizado para el quinto ciclo de irradiación de los elementos combustibles de demostración WSE 16x16 será de 70 GWd/TmU.
- 2) Tras el quinto ciclo de irradiación de los elementos combustibles de demostración WSE 16x16, el titular deberá llevar a cabo un programa de inspecciones equivalente al paquete de inspecciones de detalle aprobado en la autorización del programa de carga de elementos

combustibles de demostración WSE 16x16 de la central nuclear Trillo, y remitir al CSN el correspondiente informe con los resultados del mismo y su comparación con los resultados previstos en el diseño para las mismas barras.

**4.1. Aceptación de lo solicitado:**

Sí

**4.2. Requerimientos del CSN:**

Sí, tal y como se recoge en el apartado 4. Conclusiones y acciones

**4.3. Otras actuaciones adicionales:**

No

**4.4. Compromisos del titular:**

No

**4.5. Recomendaciones del CSN:**

No

**ANEXO**

Escrito de ref. CSN/C/P/MITERD/TRI/23/01