

## PROPUESTA DE DICTAMEN TÉCNICO

**INFORME FAVORABLE SOBRE LA SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE REFERENCIA SA-V/16-01 REVISIÓN 0, RELATIVA A LA UTILIZACIÓN DE LA ALEACIÓN ZIRLO OPTIMIZADO COMO MATERIAL DE VAINA EN EL COMBUSTIBLE EN LA CN VANDELLÓS II Y DE LAS PROPUESTAS DE CAMBIO PC-302 DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE FUNCIONAMIENTO Y PC-V/A195 DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD ASOCIADAS**

### 1. IDENTIFICACIÓN

#### 1.1 Solicitante:

Asociación Nuclear Ascó - Vandellós II A.I.E (ANAV).

#### 1.2 Asunto:

Solicitud de autorización para el uso de la aleación Zirlo optimizado como material de vaina combustible en CN Vandellós II y aprobación de las propuestas de cambio a Especificaciones Técnicas (ETF) y el Estudio de Seguridad (ES) asociadas.

#### 1.3 Documentos aportados por el Solicitante:

Solicitud de autorización de la modificación de diseño correspondiente a la utilización el uso de la aleación Zirlo optimizado como material de vaina combustible. Esta solicitud se adjunta a la petición de informe de la Dirección General de Política Energética (DGPEM) y de Minas del Ministerio de Industria, Energía y Turismo (Minetur) recibida en el CSN el 5 de mayo de 2016 (nº de registro 42017).

La solicitud viene acompañada por las propuestas de cambio PC-302 de las ETF y PC-V/A 195 del ES y del informe de referencia DST 2015-248-0, Revisión 0, *“Informe soporte de la solicitud de autorización para el uso de la aleación Zirlo optimizado como material de vaina combustible”*, justificativo de la citada solicitud y de los cambios de los documentos de explotación mencionados.

#### 1.4 Documentos de licencia afectados:

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE FUNCIONAMIENTO (ETF) Y ESTUDIO DE SEGURIDAD (ES) DE LA CN VANDELLÓS II.

- Respecto a las ETF se modifica la especificación 5.3.1. “Conjuntos combustibles”
- Respecto del ES las modificaciones afectan al capítulo 4 “Reactor” y capítulo 15 “Análisis de accidente”

## **2. ANTECEDENTES, OBJETO, DESCRIPCIÓN Y RAZONES DE LA PROPUESTA**

### **2.1 Antecedentes**

Actualmente los elementos combustibles frescos de recarga del núcleo de CN Vandellós II son del tipo 17x17 MAEF+IFM (rejillas intermedias mezcladoras de flujo de refrigerante del reactor) y del tipo MAEF-2012 (versión más avanzada) con los mismos componentes estandarizados utilizados por Westinghouse, con aleación ZIRLO estándar como material de vaina combustible.

El diseño del combustible MAEF-2012 está basado en el comportamiento satisfactorio de su predecesor, el combustible MAEF-2007 que tiene unos índices de fiabilidad elevados, incorporando nuevas prestaciones que proporcionan márgenes de diseño suficientes para las actuales condiciones de operación.

Con el propósito de mejorar dichas prestaciones para satisfacer futuras demandas, tanto de operación como requisitos reguladores, se propone la utilización de la vaina combustible de Zirlo Optimizado desarrollada por Westinghouse.

La aleación Zirlo Optimizado se ha desarrollado y licenciado en Estados Unidos por Westinghouse, a partir de la de Zirlo estándar, con el objeto de aumentar la resistencia a la corrosión.

Esta disminución de la corrosión se logra mediante la reducción del contenido en estaño, manteniendo el resto de propiedades idénticas a las del ZIRLO estándar, y con la modificación del tratamiento térmico final de la vaina combustible.

El mayor margen en corrosión permite al combustible MAEF-2012 con vaina de ZIRLO Optimizado aumentar sus márgenes de diseño en las condiciones actuales, de modo que se mantendría su excelente comportamiento en el futuro frente a condiciones de operación más severas o entornos reguladores más restrictivos.

La aleación de Zirlo Optimizado fue licenciada por primera vez en España en la CN Almaraz en el año 2011, para su uso como material de vaina combustible, y actualmente se ha completado la irradiación de un pequeño número de elementos combustibles; y otro pequeño subconjunto se encuentra operando en su tercer ciclo.

El ZIRLO Optimizado también ha sido licenciado en reactores PWR en EE.UU. y otros países europeos, y actualmente hay más de 61 regiones completas y 5 núcleos completos de ZIRLO Optimizado en operación en EE.UU.

En el año 2015 se ha licenciado el uso de la aleación Zirlo Optimizado como material de vaina en las dos unidades de la CN Ascó.

Como resumen de la experiencia operativa hasta el momento, del uso del ZIRLO Optimizado como material de vaina combustible, conviene indicar que no se ha evidenciado detrimento alguno de las propiedades de la barra o del elemento combustible. Se ha confirmado la mayor resistencia a la corrosión (que se puede cuantificar en un 30-40% respecto al ZIRLO estándar) y, en consecuencia, un aumento del margen para afrontar condiciones de operación más exigentes o cambios más restrictivos en los límites de operación licenciados para el combustible actual.

También se ha confirmado, para quemados altos (alrededor de 60 MWd/TmU) una potencial afectación por el fenómeno denominado "*Oxide Surface Peeling*" (OSP), que es una pérdida de capa de óxido en las aleaciones de alta resistencia a la corrosión y capa de óxido fina. Se ha observado este fenómeno en varias plantas con ZIRLO Optimizado.

La aprobación de la USNRC del uso del Zirlo Optimizado se realizó con una serie de condiciones debidas a cuestiones que en su mayor parte han sido resueltas. No obstante, se mantienen algunas de ellas y el CSN también ha propuesto establecerlas como condiciones a la aprobación del Zirlo Optimizado en las centrales españolas PWR.

Anteriormente, ya se había remitido al CSN por parte de ENUSA, documentación soporte relativa al ZIRLO Optimizado, con motivo del licenciamiento de este material en la CN Almaraz y en la C N Ascó.

## 2.2 Objeto

El titular solicita autorización para el uso de la aleación ZIRLO Optimizado como material de vaina combustible para antes de Modo 6 (aproximadamente el 22 de noviembre de 2016) en el proceso de arranque tras la Recarga 21 de la CN Vandellós II.

El cambio solicitado conlleva la necesidad de aprobar asimismo, cambios al Estudio de Seguridad (ES) y a las Especificaciones Técnicas de la CN de Vandellós II, asociados a la modificación del combustible.

## 2.3 Descripción y razones de la solicitud

### – Descripción del ZIRLO Optimizado

La única diferencia entre el MAEF-2012 actual y el nuevo combustible, es que se reemplazará la vaina de ZIRLO estándar por vaina de ZIRLO Optimizado.

Cada conjunto combustible MAEF-2012 consiste en un haz de 264 barras combustibles, cada una de las cuales contiene una columna de pastillas cilíndricas de dióxido de uranio o de dióxido de uranio con gadolinio, dispersado homogéneamente

en la red cristalina. Estas barras están dispuestas en una matriz de 17x17 posiciones, y están soportadas axialmente por doce rejillas, una superior, una inferior, seis intermedias, tres mezcladoras y una protectora. Las rejillas junto con 24 tubos guía, un tubo de instrumentación y dos cabezales en los extremos forman el esqueleto estructural del conjunto combustible. El tubo de instrumentación se encuentra situado en la posición central y proporciona un canal para la inserción de la instrumentación intranuclear cuando el conjunto combustible esté situado en una posición instrumentada del núcleo. Los tubos guía proporcionan canales para la inserción de las barras de control u otros componentes del núcleo, dependiendo de la posición del conjunto en el núcleo. Las barras combustibles se colocan en el esqueleto de forma que haya un huelgo adecuado entre sus extremos y los cabezales superior (elemento estructural que aloja parcialmente el conjunto de barras de control y otros componentes del núcleo) e inferior (elemento estructural inferior del conjunto combustible que dirige el refrigerante hacia el conjunto de barras de combustible).

La introducción del ZIRLO Optimizado como material de vaina no supone ninguna modificación al resto de componentes del combustible. Por tanto, las pastillas de UO<sub>2</sub> o de UO<sub>2</sub>+Gd contenidas en las barras combustibles, las rejillas, los cabezales inferior y superior, los tubos guía y de instrumentación y el resto de componentes del conjunto combustible definido por el diseño actual (MAEF-2012) no se modifican por el efecto de cambiar el material del tubo combustible.

– Estudio soporte de la solicitud DST 2015-248-0, Revisión 0,

El informe soporte de titular está basado en el informe de ENUSA de referencia ITEC-1933 Rev. 0 “Evaluación de Seguridad del Combustible MAEF-2012 con Vaina de ZIRLO Optimizado para C. N. Vandellós II”. Diciembre 2015.

En dicho informe se incluye la revisión de la verificación de los criterios de diseño aplicables en las distintas áreas: mecánica, termomecánica, nuclear y termohidráulica así como en el análisis de seguridad de los accidentes de pérdida de refrigerante (LOCA) y no-LOCA del combustible MAEF-2012 con vaina de ZIRLO Optimizado.

– Propuesta de cambio PC-302 de las ETF

Se modifica la especificación 5.3.1. “Conjuntos combustibles” para indicar que las varillas de combustible en los elementos combustibles de diseño MAEF+IFM pueden incorporar también tubo de ZIRLO Optimizado, al igual que en los casos en los que se sustituya alguna barra de combustible.

La ETF modificada, quedaría redactada de la siguiente manera, con el cambio resaltado en negrilla:

*[...] Los elementos combustibles del tipo MAEF+IFM contienen 264 varillas de óxido de Uranio ligeramente enriquecido con una longitud activa nominal de*

*3657,6 mm y vainas de Zircaloy-4, Zirlo o Zirlo Optimizado, a no ser que se haya justificado mediante una evaluación específica del ciclo, que utilice la metodología descrita en el WCAP-13060-PA, la sustitución de un número limitado de barras de combustible por varillas de relleno de acero inoxidable, de Zircaloy-4, de Zirlo, o de Zirlo Optimizado”.*

– Propuesta de cambio PC-V/A195 al Estudio de Seguridad (ES)

Los cambios al Estudio de Seguridad que se proponen en este informe son debidos a la introducción del uso de la aleación Zirlo Optimizado como material de vaina combustible. Esta propuesta de cambio se encuentra realizada en base a la revisión 34 del ES de la CN de Vandellós II.

Los cambios presentados modifican el capítulo 4 “Reactor” del ES y responden a la mención a la aleación de Zirlo Optimizado como material de vaina combustible. Se actualizan las referencias al material de vaina.

En este capítulo 4 del ES, también se actualiza la lista de mejoras introducidas en el pasado en el diseño de las recargas, y, que, por razón no conocida, no se incorporaron en el ES, por lo que ahora se identifican y se añade la correspondiente referencia al estudio de seguridad aplicable.

Se corrigen algunos errores formales en la Sección 4.1.1 “Referencias”.

También se modifica el capítulo 15 “Análisis de accidente” para indicar que los análisis realizados para el Zirlo estándar como material de vaina de elementos combustibles también son aplicables a la nueva aleación ZIRLO Optimizado.

### **3.- Evaluación**

#### **3.1 Informes de evaluación:**

- **CSN/IEV/INNU/VA2/1609/718:** Evaluación de la solicitud de uso de ZIRLO Optimizado como material de vaina para el combustible de CN Vandellós II

#### **3.2 Normativa aplicable y criterios de aceptación**

Se han considerado como normativa aplicable y criterios de aceptación para esta evaluación del CSN los siguientes:

- IS-21 Requisitos aplicables a las modificaciones de diseño en centrales nucleares.
- IS-02 Instrucción por la que se regula la documentación sobre actividades de recarga en centrales nucleares de agua ligera.
- IS-32 Instrucción sobre especificaciones técnicas de funcionamiento de centrales nucleares.

- IS-37 Instrucción sobre análisis de accidentes base de diseño en CC.NN.
- IS-27 Instrucción sobre criterios generales de diseño de centrales nucleares
- Guía de Seguridad 1.11 sobre modificaciones de diseño.

Adicionalmente, se ha considerado la siguiente normativa del país de origen:

- 10 CFR 50.46 "Acceptance criteria for emergency core cooling systems for light-water nuclear power reactors".
- 10 CFR 50 App.K "ECCS evaluation models".

Asimismo, se emplean los criterios contenidos en:

- R.G. 1.70 "Standard format and contents of safety analysis reports of nuclear power plants".
- Capítulos 4 y 15 del NUREG-0800 "Standard Review Plan" y Guías Regulatoras asociadas.

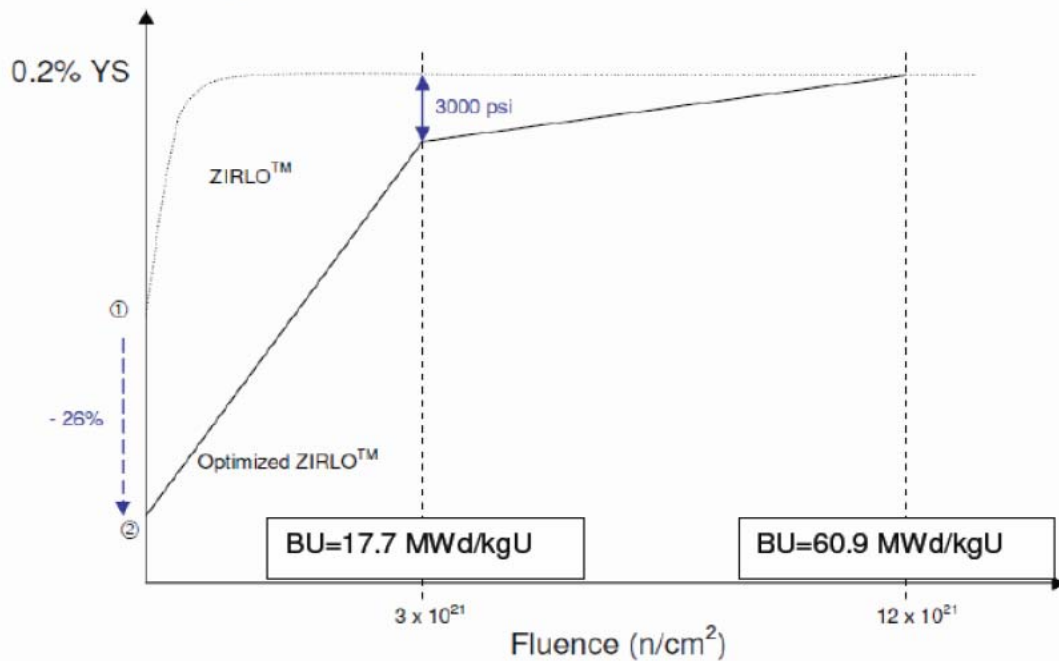
### 3.3 Resumen de la evaluación

***Aspectos evaluados por el CSN con motivo de la utilización del Zirlo Optimizado en las centrales Almaraz y Ascó. Condiciones de aprobación válidas para la CN Vandellós II.***

La mayor parte del trabajo de evaluación a realizar por el CSN para la CN Vandellós II es semejante al llevado a cabo para la autorizar las anteriores solicitudes idénticas de CN Almaraz (referencia CSN/IEV/INNU/AL0/1105/776 y CN Ascó CSN/IEV/INNU/AS0/1509/807), por lo no se repite en este informe, y se siguen manteniendo como válidas las conclusiones alcanzadas en las evaluaciones para estas dos centrales.

De las condiciones impuestas durante la evaluación de la NRC, y que se mantuvieron para las aplicaciones en CN Almaraz y CN Ascó, se consideran aplicables a CN Vandellós II las siguientes:

- i. El valor máximo de quemado medio de barra de ZIRLO Optimizado será de 62 GWd/TmU.
- ii. La temperatura máxima de vaina de ZIRLO Optimizado en el accidente de 15.4.4 del EFS (Rotor agarrotado de una sola bomba de refrigerante del reactor) no será superior a 1300°C.
- iii. El límite elástico aplicable al Zirlo Optimizado debe reducirse respecto del Zirlo estándar de acuerdo con la que se expone a continuación, en donde el límite se expresa en función de la fluencia, siendo los valores de quemado que aparecen representativos de los que se darían en CN Vandellós II en condiciones semejantes.



***Evaluación del límite de corrosión del combustible con vaina de Zirlo Optimizado. Condición para la CN Vandellós II***

En las anteriores solicitudes, el CSN no consideró el impacto del nuevo modelo de corrosión para combustible con ZIRLO Optimizado, puesto que se encontraba entonces en evaluación. Actualmente, éste aspecto ya ha sido evaluado (CSN/IEV/INNU/MCVAINAW/1509/01), revisándose en consecuencia los límites de corrosión establecidos actualmente para el combustible de la CN Vandellós II. En la evaluación del CSN sobre el nuevo modelo de corrosión de Westinghouse debía verificarse el cumplimiento del criterio termomecánico de corrosión a final de vida de la varilla para el Zirlo Optimizado.

Mediante carta CNV-L-CSN-6382 de 28 de junio de 2016, CN Vandellós II comunicó al CSN su intención de utilizar el modelo de corrosión "Integral Form" y en el informe CSN/NET/INNU/VA2/1607/501 "Límite de diseño para el espesor de corrosión de vaina en plantas Westinghouse" se determinó que el límite de espesor de óxido para vainas de Zirlo y Zirlo Optimizado quedaba fijado en 75 µm, derivado de la base de licencia de 600 ppm. Este aspecto fue transmitido al titular de la central mediante escrito de referencia CSN/C/DSN/VA2/16/35.

En base a lo anterior, y como condición de aprobación, para la barra de Zirlo Optimizado, se requiere que los valores máximos de corrosión en el lado del refrigerante, calculados con un modelo de mejor estimación, sean inferiores a 75 µm para el espesor de la capa de óxido y a 600 ppm de valor medio volumétrico para la concentración de hidrógeno.

***Nueva experiencia operativa. Condición para la CN Vandellós II***

Desde el licenciamiento del Zirlo Optimizado para CN Almaraz, la experiencia operativa de este material no ha variado significativamente. En general, la experiencia continúa siendo positiva de forma que este material se ha consolidado como material de vaina cumpliendo con la expectativa de sufrir una menor corrosión en especial a quemados cerca del límite de licencia.

Sin embargo, hay que indicar que ha aparecido un fenómeno desconocido durante el licenciamiento de la NRC o para CN Almaraz, consistente en la descamación superficial parcial de la capa de óxido (*OSP, Oxide Surface Peeling*)- fenómeno no exclusivo del ZIRLO Optimizado que aparece en aleaciones de circonio con alta resistencia a la corrosión, con espesores de óxido bajos después de operación, y que supone la pérdida local de una fracción superficial de la capa de óxido). El ZIRLO Optimizado, como aleación de alta resistencia a la corrosión, presenta cierta susceptibilidad a este fenómeno.

La estrategia de ciclo de la CN Vandellós II es, como para CN Ascó, la operación con inyección de zinc, para la cual la experiencia es limitada. Además, los datos de corrosión del Zirlo Optimizado, si bien favorables, aún son pocos a los quemados más altos y es previsible que las estrategias de operación de las plantas acaben por aprovechar los márgenes actualmente existentes, alcanzándose condiciones de operación para las que la base de datos actual de corrosión del Zirlo Optimizado no está completa.

Por todo lo anterior, la evaluación del CSN considera que es necesario establecer como condición de aprobación de la solicitud, que el titular de la CN Vandellós II lleve a cabo un programa de seguimiento e inspección del nuevo combustible con vainas de ZIRLO Optimizado, de manera que se compruebe el alcance e importancia de la aparición de OSP para los criterios de diseño termomecánico asociados, en particular para la corrosión, así como la posible influencia de la operación con inyección de zinc. Los resultados de este programa de seguimiento e inspección se deberán presentar al CSN cada 2 años

**Cambios a las Especificaciones Técnicas y al Estudio de Seguridad**

La evaluación del CSN ha revisado los cambios propuestos de ETF y del ES, con el siguiente resultado:

- La evaluación del CSN considera aceptable los siguientes cambios propuestos:
  - La modificación de la Especificación Técnica 5.3.1 “Elementos Combustibles” para incluir este material en la misma.
  - La modificación del Estudio de Seguridad para introducir la descripción del nuevo material (en el capítulo 4), añadiendo el nuevo material de vaina y las



referencias al apartado 4.1.1 de referencias correspondientes, que contienen todo la información de licencia del nuevo material.

- La actualización de algunas referencias, obsoletas en el texto actual del ES, a los combustibles presentes en la central así como también en el apartado de referencias, no directamente relacionadas con la introducción del Zirlo Optimizado.
- Respecto del la revisión del capítulo 15 para reflejar que son válidos para el Zirlo Optimizado los análisis contenidos en dicho capítulo para Zirlo estándar, así como para incluir la limitación de temperatura de vaina a 1300 °C en el transitorio de rotor agarrotado, la evaluación del CSN argumenta que, debido a que la experimentación de oxidación del Zirlo Optimizado se ha realizado a temperaturas inferiores a 1300°C (frente a los 1482°C del Zirlo estándar), la máxima temperatura aceptable en este accidente debe ser 1300°C, lo cual es asumible para la CN Vandellós II, ya que la máxima temperatura que se alcanza en el análisis de rotor agarrotado o suelto es de 1003.9°C, inferior al nuevo límite.

De acuerdo con lo anterior, este límite de temperatura debe quedar como nueva condición para este accidente, y hace que sea necesario modificar el Estudio de Seguridad para recogerla en el apartado 15.3.3 “Agarrotamiento del rotor de la bomba de refrigerante del reactor (rotor bloqueado)” del capítulo 15 del ES.

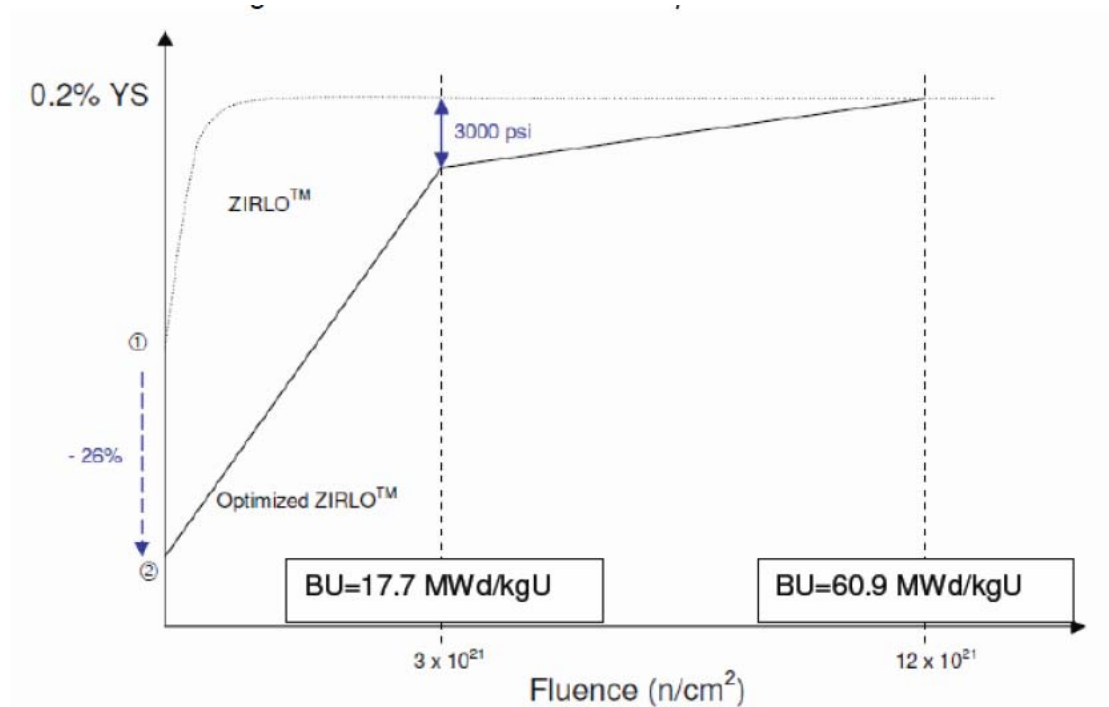
### 3.4 Deficiencias de evaluación: No

### 3.5 Discrepancias respecto de lo solicitado: No

## 4. CONCLUSIONES Y ACCIONES

La solicitud de autorización de referencia SA-V/16-01 revisión 0, relativa a la utilización de la aleación Zirlo optimizado como material de vaina combustible en la CN Vandellós II se considera aceptable con las condiciones siguientes:

- i. El valor máximo de quemado medio de barra de Zirlo Optimizado será de 62 GWd/TmU.
- ii. La temperatura máxima de vaina de Zirlo Optimizado en el accidente analizado en el apartado 15.4.4 del ES (Rotor agarrotado de una sola bomba de refrigerante del reactor) no será superior a 1300°C.
- iii. El límite elástico aplicable al ZIRLO Opt debe reducirse respecto del Zirlo estándar de acuerdo con la que se expone a continuación, en donde el límite se expresa en función de la fluencia, siendo los valores de quemado que aparecen representativos de los que se darían en CN Vandellós II en condiciones semejantes.



- iv. Para la barra de Zirlo Optimizado, los valores máximos de corrosión en el lado del refrigerante, calculados con un modelo de mejor estimación, serán inferiores a 75  $\mu\text{m}$  para el espesor la capa de óxido y a 600 ppm de valor medio volumétrico para la concentración de hidrógeno.
- v. Se llevará a cabo un programa de seguimiento e inspección del nuevo combustible con vainas de Zirlo Optimizado, de manera que se compruebe el alcance e importancia de la aparición de OSP "*Oxide Surface Peeling*" para los criterios de diseño termomecánico asociados, así como la posible influencia de la operación con inyección de zinc.

Los resultados de este programa de seguimiento e inspección se deben presentar al CSN cada 2 años.

Respecto de las propuestas de cambio PC-302 de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento Y PC-V/A195 del Estudio de Seguridad asociadas, se consideran aceptables los cambios que incluyen, al ser coherentes con el alcance y contenido de la citada solicitud.

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

**4.2 Requerimientos del CSN: Sí.** Los especificados en el apartado 3.3 –Resumen de la evaluación, de este informe.

**4.3 Recomendaciones del CSN: No.**

**4.4 Compromisos del Titular: No.**