

PROPUESTA DE DICTAMEN TÉCNICO

INFORME SOBRE LA SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE LA MODIFICACIÓN DE LOS LÍMITES P-T DEL PRIMARIO DE LA CENTRAL NUCLEAR ALMARAZ, UNIDAD I Y II, Y DE APROBACIÓN DE LAS PROPUESTAS DE CAMBIO PME-1/2-18/004, REVISIÓN 2, DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE FUNCIONAMIENTO Y OCES 5562, EDICIÓN 2 DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD

1. IDENTIFICACIÓN

1.1. Solicitante

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

1.2. Asunto

Solicitud de autorización de la modificación de los límites de presión y temperatura del sistema primario (en adelante límites P-T del primario) de la central nuclear Almaraz, unidad I y II, y de aprobación de las propuestas de cambio PME-1/2-18/004, revisión 2, de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF), asociados a dicha modificación.

1.3. Documentos aportados por el solicitante

Con fecha 27 de marzo de 2019, número de registro 41605 procedente de la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio para la Transición Ecológica (Miteco), se recibió en el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) petición de informe sobre la solicitud de autorización de la modificación de los límites P-T del primario de la central nuclear Almaraz, unidad I y II, y de aprobación de las propuestas de cambio PME-1/2-18/004, revisión 2, de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF), asociados a dicha modificación.

Con la presente solicitud se adjunta la siguiente documentación:

- PME-1/2-18/004 Rev.2. Actualización de las curvas P-T y la composición química de la vasija unidad I y II.
- AS-A-SL-18/001 Rev.2. Análisis de Seguridad de la PME-1/2-18/04. Actualización de las curvas P-T y la composición química de la vasija.
- OCES-0-5562 Ed.2 "Actualización de las curvas P-T por transferencia de las chapas de la virola superior entre las vasijas de ambas unidades".

Complementariamente a la solicitud referida en el párrafo anterior, CNAT ha enviado las cartas de referencia ATA-CSN-014501 de fecha 5 de junio de 2019 y ATA-CSN-014465 de fecha 22 de mayo de 2019 (nº de registro 42795 y 42589 respectivamente), con la siguiente documentación, relacionada específicamente con la validez de los puntos de tarado del sistema de protección contra sobrepresiones en frío:

- Propuesta de cambio a las BASES de las ETF de referencia PMB-1/2-19/02.

- Propuesta de cambio al Estudio de Seguridad OCES 0-5595. “Cambios al COMS por la actualización de las curvas P-T”.
- Análisis de la validez de los puntos de tarado del COMS de las válvulas del presionador (WENX 94-45 revisión 5 y WENX 02-40 revisión 3, para las unidades I y II, respectivamente) y de la validez del tarado de apertura de las válvulas de alivio del RHR (WENX 09-03 revisión 2, válido para ambas unidades).

1.4. Documentos de licencia afectados

Los documentos de licencia afectados por la modificación de los límites P-T del primario de CN Almaraz unidad II, son:

- Especificaciones Técnicas de Funcionamiento, ETF 3/4.4.9 “Límites de presión/temperatura” y su base 3/4.4.9.
- Estudio de Seguridad (ES). Los cambios que actualizan la información sobre las curvas P-T y la composición química de las vasijas de ambas unidades son los siguientes:

- Ind. Fig. Cap. 5 (i)	- Figura 5.2.4-3
- Página 5.2.4-1	- Figura 5.2.4-3a
- Tabla 5.2.4-1(1/2)	- Figura 5.2.4-3b
- Tabla 5.2.4-1(2/2)	- Figura 5.2.4-4
- Tabla 5.2.4-2(1/2)	- Figura 5.2.4-4a
- Tabla 5.2.4-2(2/2)	- Figura 5.2.4-4b
- Figura 5.2.4-2	- Figura 5.2.4-5
- Figura 5.2.4-2a	- Figura 5.2.4-5a
- Figura 5.2.4-2b	- Figura 5.2.4-5b

Los cambios propuestos a las ETF y al ES de CN Almaraz deben ser aprobados junto con la modificación, de acuerdo con la condición 3 de la Autorización de Explotación (AE) vigente y a la Instrucción del Consejo IS-21, sobre modificaciones de diseño en centrales nucleares.

2. DESCRIPCIÓN Y OBJETO DE LAS PROPUESTAS

2.1. Antecedentes

Durante la operación de los reactores nucleares es preciso respetar los límites P-T para garantizar que las vasijas de los mismos estén en todo momento en condiciones de presión y temperatura suficientemente lejanas a situaciones de potencial compromiso de la tenacidad de las mismas. Estos límites se implementan en la práctica mediante las denominadas curvas (límites) P-T, recogidas en las ETF, y que se establecen para evitar una posible rotura frágil de la vasija, determinando el límite permitido en las diferentes condiciones normales de operación del reactor (calentamientos, enfriamientos, prueba hidrostática, y operación con núcleo crítico).

Las curvas P-T recogidas en la actualidad en las ETF, tanto las de unidad I como las de unidad II de CN Almaraz, estaban limitadas a 32 años “equivalentes a plena potencia” (EFPY) o, más en concreto, a determinada fluencia neutrónica, que era la que se estimaba que se alcanzaría a los 32 EFPY. La vigencia de los límites P-T estaba prevista hasta principio de junio de 2019 para la unidad I y hasta principio de enero de 2020 para la unidad II, lo que hacía necesario revisar las curvas límite de P-T de la ETF 3/4.4.9 para un periodo extendido de operación, típicamente 54 EFPY.

Por este motivo, con fecha 21 de diciembre de 2018, número de registro 45443, procedente de la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio para la Transición Ecológica (Miteco), se recibió en el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) petición de informe sobre la solicitud de autorización de la modificación de los límites P-T del primario de la central nuclear Almaraz, unidad I y II, y de aprobación de las propuestas de cambio PME-1/2-18/004, revisión 0, de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF), asociados a dicha modificación.

Complementariamente, en los Planes Integrados de Evaluación y Gestión del Envejecimiento (PIEGE) de unidad I y II, enviados al CSN en cumplimiento del apartado dos de la Autorización de Explotación, se incluían nuevas curvas Presión-Temperatura para 54 EFPY (PME-1/2-17/01), calculadas con la misma metodología que las que se incluían en la solicitud mencionada anteriormente.

Sin embargo, los resultados del análisis del último (tercer) set de dosimetría externa (*ex-vessel*) de ambas unidades, pusieron de manifiesto una mayor acumulación de fluencia neutrónica que la anteriormente prevista; como consecuencia, el titular tuvo que llevar a cabo la revisión de la solicitud presentada en diciembre de 2018 para adecuarla a los valores de fluencia obtenidos.

El aumento del valor de fluencia neutrónica obtenido con respecto al valor previsto con el que se fijó la vigencia de los límites P-T de las ETF actuales, conllevaba, de facto, que la vigencia de dichos límites, prevista inicialmente para 32 EFPY, ya se había alcanzado, lo que motivó la apertura de sendas condiciones anómalas (CA), de referencias CA-AL1-18/032 rev. 3 y CA-AL2-18/024 rev. 3. La justificación de la operabilidad (evaluación de operabilidad, EVOP) recogida en estas condiciones anómalas se basa en la circunstancia de que los límites P-T de ETF (cuyo plazo de vigencia ya se ha superado, como se ha indicado) son más restrictivos que los propuestos en las PME-1/2-18/004. Estas condiciones anómalas se mantendrán abiertas hasta la aprobación de los nuevos límites P-T incluidos en dichas PME, adjuntas a la solicitud objeto de esta propuesta de dictamen.

Es por esto que, con fecha 27 de marzo de 2019, número de registro 41605 procedente de la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio para la Transición Ecológica (Miteco), se recibió en el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) petición de informe sobre la solicitud de autorización de la modificación de los límites P-T del primario de la central nuclear Almaraz, unidad I y II, y de aprobación de las propuestas de cambio PME-1/2-18/004, revisión 2, de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF), asociados a dicha modificación. Esta solicitud anula y sustituye la enviada previamente con fecha 21 de diciembre de 2018, número de registro 45443.

Complementariamente a la solicitud referida en el párrafo anterior, CNAT ha enviado las cartas de referencia ATA-CSN-014501 de fecha 5 de junio de 2019 y ATA-CSN-014465 de fecha 22 de mayo de 2019 (nº de registro 42795 y 42589 respectivamente), adjuntando la

documentación relacionada específicamente con la validez de los puntos de tarado del sistema de protección contra sobrepresiones en frío (propuesta de cambio a las BASES de las ETF de referencia PMB-1/2-19/02, cambio al Estudio de Seguridad OCES 0-5595 y los análisis de la validez de los puntos de tarado del COMS de las válvulas del presionador).

Cabe mencionar que, dado que los nuevos cálculos confirman la validez de los ajustes del sistema COMS, únicamente se modifican las bases de las ETF del sistema COMS, lo cual no requiere autorización.

2.2. Razones de la solicitud

La solicitud de autorización de la modificación de los límites P-T del primario de la central nuclear Almaraz, unidad I y II, que se recoge en el Estudio Final de Seguridad y de aprobación de las propuestas de cambio PME-1/2-18/004, revisión 2, de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF), es consecuencia de que las actuales las actuales curvas P-T tanto de la unidad I como de la unidad II han alcanzado su límite de validez, debido a que (según los últimos resultados de la dosimetría *ex-vessel*) se ha sobrepasado la fluencia máxima prevista en su desarrollo, estableciéndose sendas CA para acomodar esta situación.

Con la solicitud se actualizan las curvas P-T del primario para lo cual se modifican los análisis vigentes (ES) debido a que se introducen cambios en las bases de diseño actuales, al introducir una nueva metodología que incluye la *beltline* extendida, en vez de la *beltline* tradicional, siendo necesario el empleo de metodologías nuevas adicionales a las ya existentes. Asimismo, se modifica el dato de la fluencia supuesta en el análisis vigente como consecuencia de los nuevos resultados obtenidos de la dosimetría *ex-vessel*.

2.3. Descripción de la solicitud

Para evitar la rotura frágil de la vasija de un reactor nuclear de material ferrítico, se establecen los denominados límites o curvas P-T, que determinan el límite de presión-temperatura permitido en las diferentes condiciones normales de operación del reactor. De esta manera, las curvas dividen el plano P-T en una región permitida y en otra prohibida, de manera que si las condiciones de presión y temperatura en la vasija se mantienen en la región permitida, se asegura que la operación se lleva a cabo en condiciones suficientemente alejadas de las que potencialmente podrían poner el material en un rango de comportamiento frágil.

Durante la operación del reactor, el material ferrítico sufre cambios que provocan que los límites P-T vayan evolucionando con el tiempo: la irradiación neutrónica producida por la operación del reactor ocasiona una serie de cambios en la estructura cristalina del acero al carbono que constituye la vasija, que causan ciertas variaciones en las propiedades estructurales del mismo, englobadas de manera general bajo el concepto de fragilización.

El seguimiento de las propiedades mecánicas se lleva a cabo analizando la evolución de la RT_{NDT} (temperatura de referencia de ductilidad nula ajustada, que equivale a la temperatura de referencia de transición dúctil-frágil) y de la USE (*upper shelf energy*), nivel máximo de energía del ensayo Charpy. La fragilización repercute en un aumento de la RT_{NDT} y una disminución de la USE.

Las curvas P-T se obtienen a partir de la RT_{NDT} , por tanto, a priori las curvas P-T son susceptibles de ser recalculadas cada vez que se modifican las condiciones de fluencia neutrónica de la vasija, se obtenga nueva información a partir de cápsulas de vigilancia que se extraigan, cambie la metodología de cálculo de las propias curvas, o se alcance el periodo de validez de las curvas licenciadas.

El seguimiento del fenómeno de fragilización en la vasija durante toda su vida útil (concepto que abarca tanto la vida de diseño original como la operación a largo plazo) es necesario para garantizar que en todo momento se mantiene a la vasija suficientemente lejos de condiciones en las que pudiera darse tal fallo de naturaleza frágil. Para ello se establecen una serie de requisitos, relacionados por una parte con la USE y con la RT_{NDT} , y por otra parte con las condiciones límite presión-temperatura (curvas P-T) dentro de las que se permite que funcione la vasija (ETF).

Tradicionalmente, durante la operación del reactor en su vida de diseño original, y también de acuerdo con lo establecido en los apéndices G "*Fracture Toughness Requirements*" y H "*Reactor Vessel Material Surveillance Program Requirements*" del 10 CFR 50, el control y el seguimiento de la fragilización en la vasija han estado limitados a la zona denominada de la "*beltline*", entendiéndose ésta como la que rodea directamente la altura efectiva del núcleo activo, incluyendo áreas adyacentes que pudieran sufrir irradiación neutrónica de importancia. En el año 2014, en el RIS 2014-11, titulado "*Information on licensing applications for fracture toughness requirements for ferritic reactor coolant pressure boundary components*", la NRC indica que es preciso entender la definición de *beltline* en un sentido más amplio, abarcando todas las regiones ferríticas de la vasija que superen una determinada fluencia umbral (que es la de 1×10^{17} n/cm², $E > 1$ MeV). Surge de esta manera el concepto de "*beltline extendida*", que incluye adicionalmente las zonas de las toberas de la vasija y la zona de la virola superior.

La presente solicitud de modificación, que tiene por objeto actualizar las curvas P-T de la vasija contenidas en el ES y en las ETF, consiste en la adaptación de la actual metodología de cálculo a una nueva metodología que incluye la *beltline* extendida, además de considerar los nuevos datos de fluencia neutrónica para garantizar los requisitos requeridos para la operación a largo plazo (OLP).

Así, de cara a la OLP, CN Almaraz establece los análisis asociados a la fragilización de la vasija no solo para el nuevo plazo de funcionamiento, sino también para las nuevas áreas de interés de la vasija (*beltline* extendida). Por ello, CN Almaraz presenta en su solicitud las nuevas curvas P-T, para una vida de 50 EFPY, teniendo en cuenta la *beltline* extendida, lo que implica introducir nuevas metodologías de análisis que abarquen las nuevas circunstancias.

Estos nuevos análisis y metodología quedan recogidos en la PME-1/2-18/004 Rev.2 y en los cambios al ES (OCES 0-5595).

A continuación se muestran las nuevas curvas propuestas, junto con las curvas actualmente recogidas en las ETF. En todos los casos se aprecia que las nuevas curvas propuestas son menos restrictivas que las actuales (se encuentran más arriba y a la izquierda en el plano T-P).

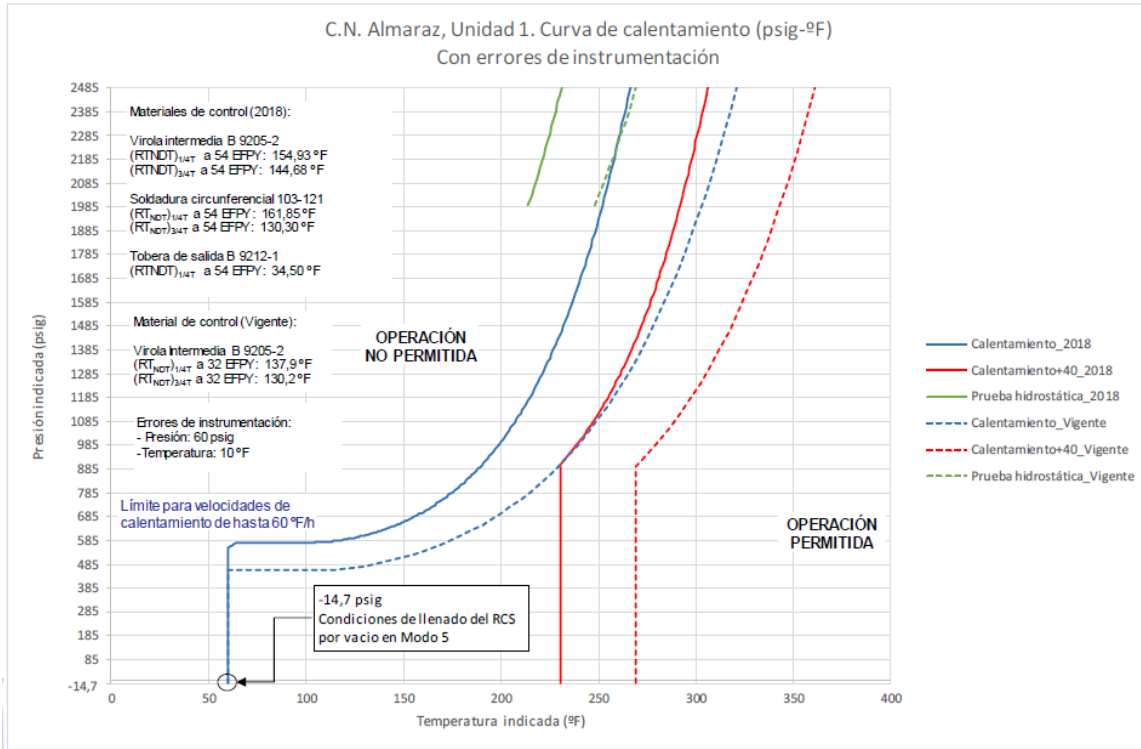


Fig. 1: Comparación entre curvas de calentamiento (curvas propuestas vs curvas actualmente recogidas en ETF), CNA unidad I.

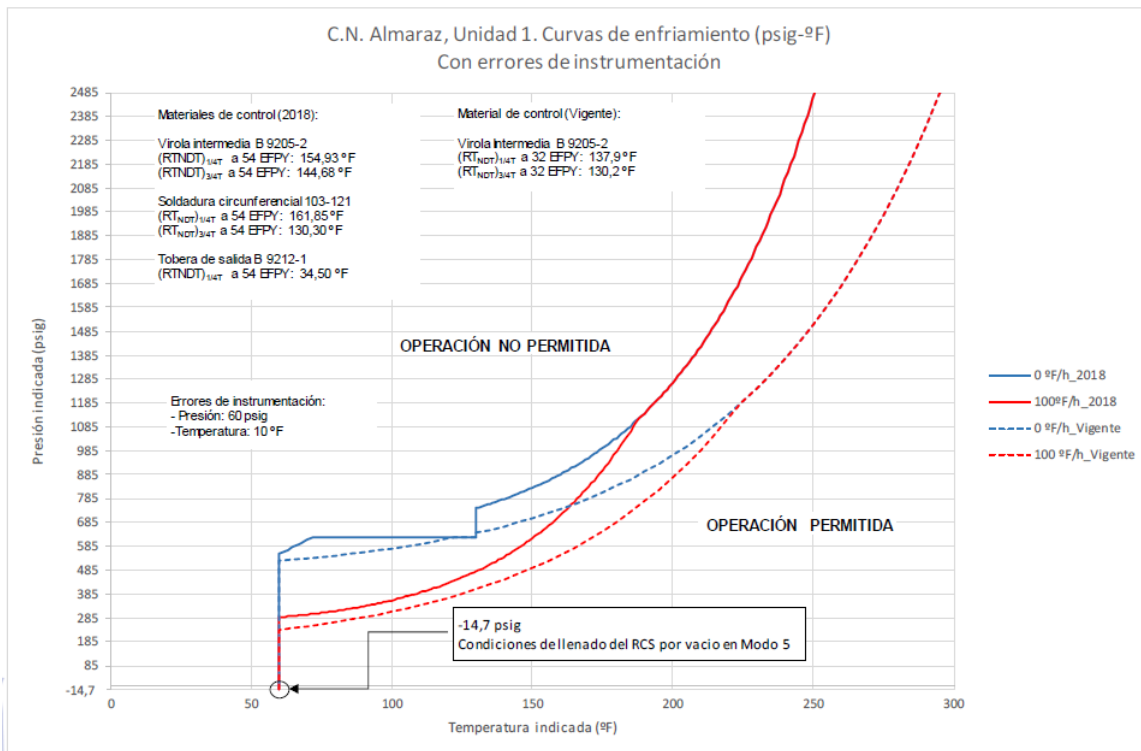


Fig. 2: Comparación entre curvas de enfriamiento (curvas propuestas vs curvas actualmente recogidas en ETF), CNA unidad I.

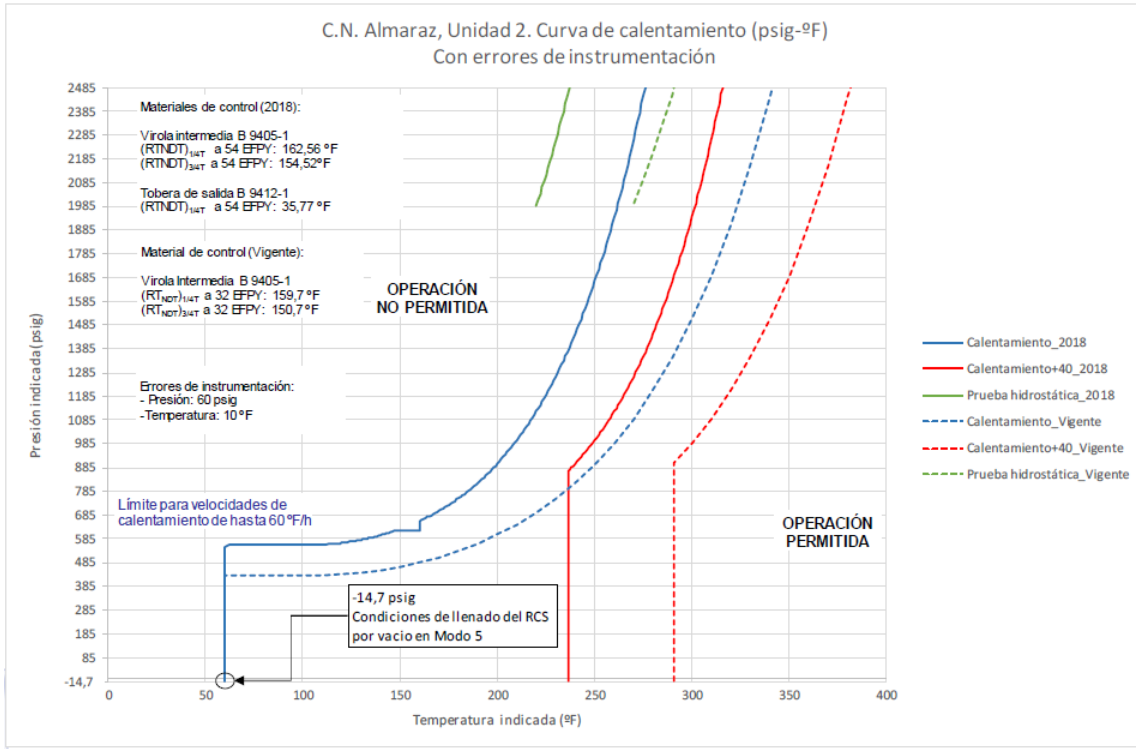


Fig. 3: Comparación entre curvas de calentamiento (curvas propuestas vs curvas actualmente recogidas en ETF), CNA unidad II.

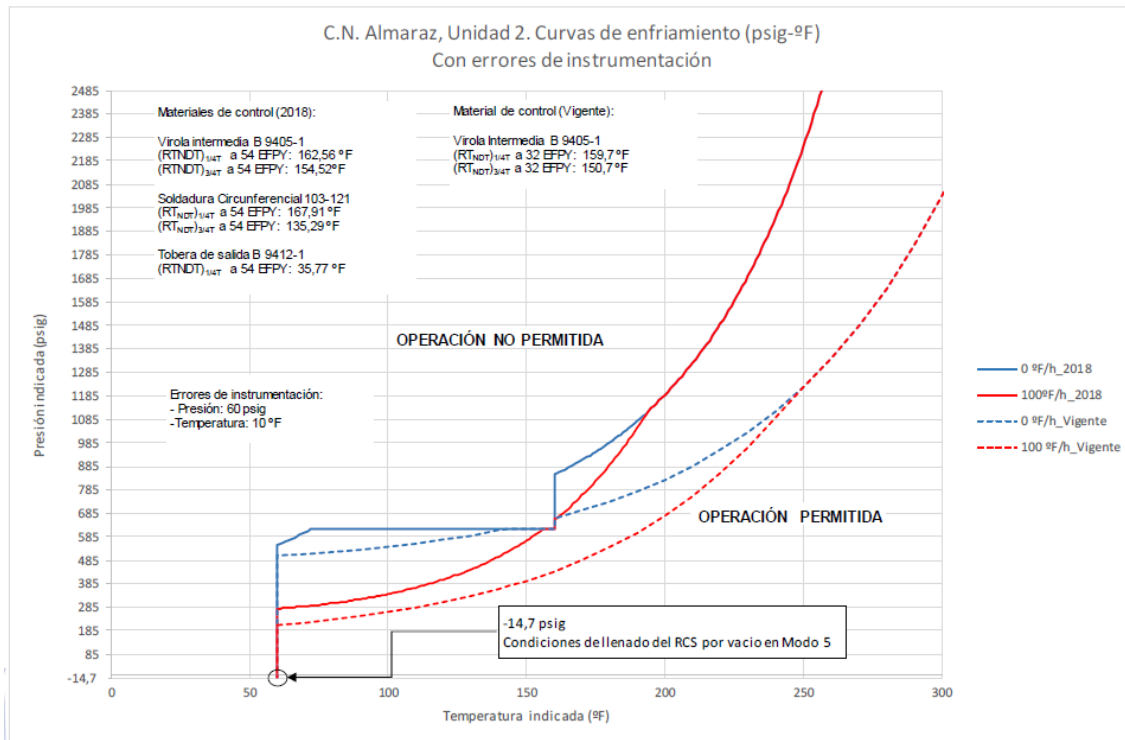


Fig. 4: Comparación entre curvas de enfriamiento (curvas propuestas vs curvas actualmente recogidas en ETF), CNA unidad II.

3. EVALUACIÓN

3.1. Referencia y título de los informes de evaluación:

- CSN/IEV/IMES/ALO/1902/1134: "Informe de Evaluación de la Solicitud de Autorización de Modificación de los límites P-T de la central nuclear Almaraz, Unidades I y II, para 50 EFPY, y de aprobación de las propuestas de cambio PME-1/2-18/004, revisión 2, de las ETF".
- CSN/IEV/INNU/ALO/1907/1155 "Solicitud de Autorización de la Modificación de los Límites P-T del primario de la central nuclear Almaraz, Unidades I y II. Evaluación del Cálculo de la Fluencia Neutrónica".
- CSN/IEV/INSI/ALO/1907/1161 "CN Almaraz 1 y 2. Solicitud de autorización de la modificación de los límites P-T del primario. Evaluación de los sistemas de protección contra sobrepresiones en frío".

3.2. Normativa aplicable y documentación de referencia

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

- Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas.
- Instrucción del Consejo IS-21, sobre requisitos aplicables a las modificaciones en las centrales nucleares, de 28 de enero de 2009.
- Instrucción del Consejo IS-32 de 16 de noviembre de 2011, sobre especificaciones técnicas de funcionamiento de centrales nucleares.
- Instrucción del Consejo IS-37 de 21 de enero de 2015, sobre análisis de accidentes base de diseño en centrales nucleares.
- Instrucción IS-32 del Consejo, sobre Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de centrales nucleares, de 16 de noviembre de 2011.
- 10 CFR Part 50 Apéndice G, "Fracture Toughness Requirements".
- 10 CFR Part 50 Apéndice H, "Reactor Vessel Material Surveillance Program Requirements".
- RIS 2014-11, "Information on licensing applications for fracture toughness requirements for ferritic reactor coolant pressure boundary components". US NRC, 2014.
- ASME BPVC, section XI, nonmandatory appendix G "Fracture toughness criteria for protection against failure", 2007 edition with 2008 addenda.
- ASME BPVC, section XI, nonmandatory appendix G "Fracture toughness criteria for protection against failure", 2013 edition.
- Guía Reguladora RG 1.99 rev. 2, "Radiation Embrittlement of Reactor Vessel Materials", USNRC, mayo de 1988.

- 10 CFR 50, part 50.61 "Fracture toughness requirements for protection against pressurized thermal shock events".
- Standard Review Plan 5.3.2 "Pressure - Temperature Limits, Upper Shelf Energy, and Pressurized Thermal Shock", NUREG 0800 rev. 2, marzo de 2007.
- Regulatory Guide 1.190 "Calculational and Dosimetry Methods for Determining pressure Vessel Neutron Fluence", march 2001. Nuclear Regulatory Commission.
- RIS 2014-11 "Information on Licensing Applications for Fracture Toughness Requirements for Ferritic Reactor coolant Pressure Boundary Components".

3.3. Resumen de la evaluación

La evaluación de la modificación de los límites P-T del primario y de aprobación de las propuestas de cambio PME-1/2-18/004, revisión 2, de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento y OCES 0-5562, Ed.2 al Estudio Seguridad (ES), de las unidades I y II de la CN Almaraz, ha sido realizada por las áreas especialistas del CSN, dentro del ámbito de sus competencias, de ingeniería mecánica y estructural (IMES), ingeniería del núcleo (INNU).

Los especialistas del área de ingeniería de sistemas (INSI), complementariamente a la evaluación efectuada por las dos áreas mencionadas han evaluado la documentación enviada por Almaraz relacionada específicamente con la validez de los puntos de tarado del sistema de sobrepresión en frío, que como ya se ha indicado, no requieren de autorización.

La evaluación realizada por las áreas especialistas se ha basado en verificar que:

- Los cambios en la metodología de análisis de la obtención de los límites presión-temperatura, y en el cálculo de las curvas P-T.
- La propuesta de cambio de ETF (PME-1/2-18/004, revisión 2,) es coherente con los nuevos análisis y con las nuevas curvas P-T.
- La propuesta de cambio al ES OCES-0-5562, Ed.2 es coherente con los nuevos análisis y con las nuevas curvas P-T.
- La revisión de los cálculos de fluencia, siendo la fluencia un dato de entrada para el cálculo de las curvas P-T.
- La revisión de la validez de los análisis de los puntos de tarado del COMS de las válvulas del presionador (WENX94-45 revisión 5 y WENX 02-40 revisión 3, para las unidades I y II, respectivamente) y de la validez del tarado de apertura de las válvulas de alivio del RHR (WENX 09-03 revisión 2, válido para ambas unidades) con las nuevas curvas P-T.
- Propuesta de cambio a las BASES de las ETF de referencia (PMB-1/2-19/02).
- Propuesta de cambio al Estudio de Seguridad OCES-0-5595.

Cabe mencionar que no forma parte del alcance de la presente evaluación el análisis de la USE (*upper shelf energy*, nivel máximo de energía del ensayo Charpy), de la ART (*adjusted reference*

temperatura, temperatura de referencia ajustada) o del PTS (*pressurized thermal shock*, choque térmico a presión). Los AEFT correspondientes, dentro de la documentación de la OLP, han sido evaluados en el informe de referencia CSN/IEV/IMES/ALO/1902/1133, “Evaluación del PIEGE de CN Almaraz: Revisión de los AEFT, capítulos 4.2 “Fragilización neutrónica de la vasija del reactor”, 4.6 “Análisis de fatiga en la contención”, y 4.7 “Otros AEFT específicos de CN Almaraz”, y algunos de sus resultados se emplean como datos de entrada para los análisis relacionados con el alcance de este informe.

A continuación se resumen los resultados de las evaluaciones realizadas:

3.3.1. Evaluación del área de Ingeniería Mecánica y Estructural (IMES)

Mediante el informe de evaluación de referencia CSN/IEV/IMES/ALO/1902/1134 el área IMES ha evaluado los cambios propuestos por el titular en las curvas P-T de la vasija derivados del uso de una nueva metodología que incluye la *beltline* extendida, en vez de la *beltline* tradicional, y del cambio en la fluencia neutrónica como consecuencia de los nuevos resultados analíticos del tercer (y último) set de dosimetría externa (ex vessel).

- El principal cambio de la base de diseño de la zona de la *beltline* tradicional de las curvas P-T consiste en la modificación de la tenacidad de referencia del material, pasando de K_{Ia} (tenacidad a la fractura en la detención de grieta) a K_{Ic} (tenacidad a la fractura estática).

Las curvas actualmente recogidas en las ETF, se basaron en el apéndice G de ASME XI, edición de 1995, con adenda hasta 1996, que aún empleaba como tenacidad de referencia K_{Ia} . Ésta se define como una envolvente inferior de ensayos de tenacidad, estáticos, dinámicos y de “parada de fisura”. En el año 1999 se publicó el Code Case N-640, que permitía el uso alternativo de K_{Ic} , en lugar de K_{Ia} como tenacidad de referencia. Esta propuesta fue aceptada por la NRC a principios del año 2000, pasando poco después a incorporarse al propio apéndice G de la sección XI del código ASME. El titular en el análisis soporte de la modificación propuesta utiliza, para la *beltline* tradicional, la edición de 2007 con adenda de 2008 del apéndice G de ASME XI. K_{Ic} se fundamenta en el límite inferior de los valores críticos de la tenacidad a la fractura estática, medidos en función de la temperatura, en probetas de aceros al carbono de baja aleación al manganeso-molibdeno, tipo SA-533 grado B clase 1, SA-508 clase 1, SA-508 clase 2 y SA-508 clase 3 (las vasijas de CN Almaraz están fabricadas con chapas curvadas y soldadas y piezas forjadas de acero tipo SA-533 grado B clase 1 para chapas o tipo SA-508 clase 2 o 3 para piezas forjadas).

- En cuanto a la *beltline* extendida, se incorporan nuevas metodologías que analizan dos zonas no tenidas en cuenta en las curvas actualmente recogidas en las ETF:
 - A) Zona de la virola superior: en esta zona el análisis es similar, en líneas generales, a la metodología de la envolvente tradicional, pero es preciso introducir en él el efecto de las tensiones de flexión que aparecen en la discontinuidad en dicha virola

(se trata de un cambio de espesor a media altura de la virola). El titular ha llevado a cabo un modelo de elementos finitos en ANSYS del que se han obtenido las distribuciones de temperatura y de tensiones en dicha discontinuidad.

B) Zona de las toberas de la vasija: para las toberas (para cada vasija, seis toberas; tres de entrada y otras tres de salida), el titular ha empleado una metodología introducida en la edición de 2013 del apéndice G de ASME XI, que permite tener en cuenta las cargas mecánicas de los apoyos de la vasija y las reacciones de las tuberías unidas a las toberas de la vasija. Al igual que en el caso anterior, ha empleado elementos finitos para calcular las distribuciones de temperatura y de tensiones en las complejas geometrías de las zonas donde se intersectan las toberas y la vasija.

- En cuanto al cambio de la fluencia, la tabla siguiente refleja el salto en la fluencia que se considera en las nuevas curvas propuestas. Los valores que se recogen son fluencias pico en la *beltline* tradicional en la pared interior de la vasija:

Unidad de CNA	Fluencia en curvas actualmente recogidas en ETF	Fluencia en curvas propuestas a 50 EFPY
1	$3,961 \times 10^{19} \text{ n/cm}^2$	$6,56 \times 10^{19} \text{ n/cm}^2$
2	$3,795 \times 10^{19} \text{ n/cm}^2$	$6,40 \times 10^{19} \text{ n/cm}^2$

La evaluación llevada a cabo se centra en la revisión de las curvas P-T presentadas por el titular, llevando a cabo en la mayoría de los análisis una comprobación o cálculo independiente, con objeto de verificar cuantitativamente la validez de los análisis realizados por el titular.

La evaluación se ha dividido en tres apartados: el primero recoge el examen asociado a la obtención de las curvas P-T en la envolvente o *beltline* tradicional, mientras que el segundo y tercero recogen aspectos relacionados con la *beltline* extendida.

Después, como las curvas P-T definitivas (compuestas) se construyen a partir de las curvas obtenidas tanto para la *beltline* tradicional como para la *beltline* extendida, mediante el procedimiento de tomar punto a punto la más limitante en cada momento, se ha incluido un apartado específico para el análisis de las curvas finales obtenidas. Asimismo en la evaluación se analizan las evaluaciones de seguridad efectuadas asociadas a la modificación, así como los cambios en los documentos oficiales de explotación (ETF y ES).

A continuación se resumen los apartados contenidos en el informe de referencia CSN/IEV/IMES/AL0/1902/1134 que contienen el análisis de las nuevas curvas P-T, los análisis de seguridad y la evaluación de los documentos oficiales de explotación:

a) Evaluación de las curvas P-T presentadas para la *beltline* tradicional

El área IMES, para estimar las curvas P-T debidas a la consideración de la *beltline* tradicional, ha llevado a cabo un cálculo independiente, denominado “de contraste”, obteniendo unas

curvas P-T propias. Para el cálculo de las curvas en la *beltline* tradicional se han empleado como datos de entrada la fluencia en la superficie interior de la pared de la vasija y la temperatura de referencia ajustada para la envolvente tradicional.

Partiendo de los datos de entrada anteriores, se obtienen las curvas P-T correspondientes a la envolvente tradicional (Curvas-CSN-*beltline* tradicional) siguiendo la metodología del apéndice G de ASME XI.

Este proceso ha quedado recogido en el anexo 1 del informe de evaluación “Comprobación de las curvas límite P-T para la *beltline* tradicional”, tanto para las curvas calentamiento y enfriamiento con núcleo no crítico (niveles de servicio A y B), como para la curva de prueba hidrostática y curva de calentamiento y enfriamiento con el núcleo crítico.

b) Evaluación de las curvas P-T presentadas para la virola superior

Los informes siguientes: AL1-16-36, Rev. 4 “Análisis de envejecimiento en función del tiempo (AEFT). AEFT 1.4 “Análisis de los Límites de Presión-Temperatura. Curvas P-T” de C. N. Almaraz unidad I y AL2-16-37, Rev. 4 “Análisis de envejecimiento en función del tiempo (AEFT). AEFT 1.4 “Análisis de los Límites de Presión-Temperatura. Curvas P-T” de CN. Almaraz unidad II” presentados por el titular para documentar el análisis de la *beltline* extendida en cumplimiento del RIS 2014-11, contienen el cálculo de las curvas P-T derivadas del análisis de la virola superior, para después obtener las curvas P-T derivadas del análisis de las toberas (de entrada y de salida) de la vasija.

La virola superior nunca había sido considerada para la obtención de los límites presión-temperatura, ya que presenta un cambio de espesor a media altura que constituye una discontinuidad provocadora de una concentración de tensiones. Debido a ello, se hace necesaria la consideración de las tensiones de flexión σ_b (=bending) para el cálculo de las curvas P-T, en consonancia con el artículo G-2222 de ASME XI; en lo que afecta a la consideración de las tensiones de flexión, estas diferentes ediciones del código son totalmente equivalentes. La metodología a seguir en la zona de la virola superior es similar, en líneas generales, a la metodología seguida para la *beltline* tradicional, solamente es necesario introducir una contribución al factor de intensidad de tensiones debido a la flexión mencionada (ello tanto en las tensiones primarias, que son las que produce la presión, como en las tensiones secundarias, que son las que produce el gradiente térmico).

El área IMES no ha considerado necesario llevar a cabo un modelo de elementos finitos completo. Las comprobaciones de detalle llevadas a cabo por este área para la obtención de las distintas curvas están recogidas en el anexo 2 “Comprobación de las curvas límite P-T para la virola superior” del informe de evaluación.

c) Evaluación de las curvas P-T presentadas para las toberas

Como segunda parte del análisis de la *beltline* extendida en cumplimiento del RIS 2014-11, en los informes mencionados anteriormente (AL1-16-36, Rev. 4 y AL2-16-37, Rev. 4) el titular obtiene las curvas P-T derivadas del análisis de las toberas (de entrada y de salida) de la vasija.

Las vasijas de ambas unidades disponen, en su parte superior, de seis toberas: tres toberas de entrada en los azimuts 95° , 215° y 335° , y tres toberas de salida en los azimuts de 25° , 145° y 265° :

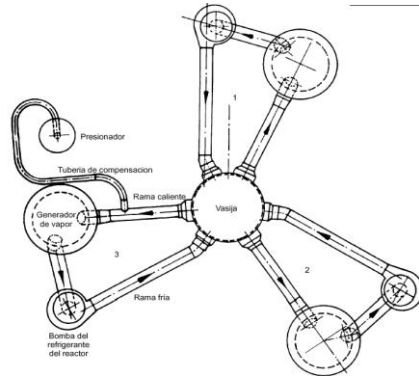


Fig. 5: Disposición de las toberas, vista en planta

Las seis toberas se encuentran en la zona de la virola superior donde el espesor es de 10 in (es decir, por encima de la discontinuidad analizada anteriormente), y a través de ellas la vasija completa queda apoyada en sus soportes, que transmiten la carga al hormigón del blindaje primario:

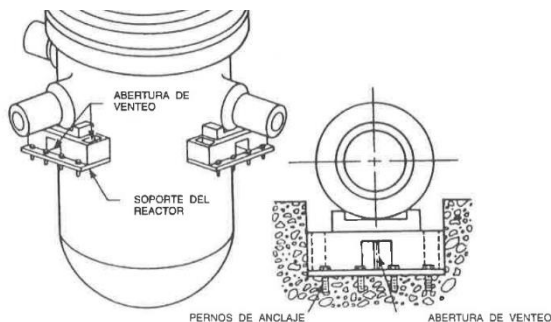


Fig. 7: Soportes de la vasija

En su edición de 2013, el apéndice G de ASME XI introdujo, en su artículo G-2223 “Toughness requirements for nozzles”, una metodología relacionada con la zona de las toberas para el establecimiento de unos límites P-T gobernados por esta zona. Es precisamente este artículo el que usa el titular como referencia. Según el artículo G-2223 (a), como defecto de referencia para las toberas se considera un defecto interior y circular, de una profundidad “a” igual a $\frac{1}{4}$ del espesor de la zona de interés, definida sobre un radio que forma 45° con el eje de la tobera:

De acuerdo a G-2223 (b), las contribuciones de importancia a la hora de afrontar el análisis son las siguientes: presión interna de la vasija, cargas mecánicas provenientes de los apoyos de la vasija y de las acciones de las tuberías unidas a las toberas y cargas derivadas del gradiente térmico.

Para tener en cuenta estas contribuciones, el titular ha establecido, de nuevo, modelos de elementos finitos, con los que obtiene las diferentes tensiones que aparecen en las toberas.

El área IMES no ha considerado necesario llevar a cabo modelos similares, llevando a cabo comprobaciones basadas en consideraciones tanto cualitativas como cuantitativas, deducidas tanto de los propios informes del titular como de otro tipo de justificaciones. Estas comprobaciones han quedado recogidas en el anexo 3 del informe de evaluación “Comprobación de las curvas límite P-T para las toberas”.

d) Evaluación de las curvas finales presentadas

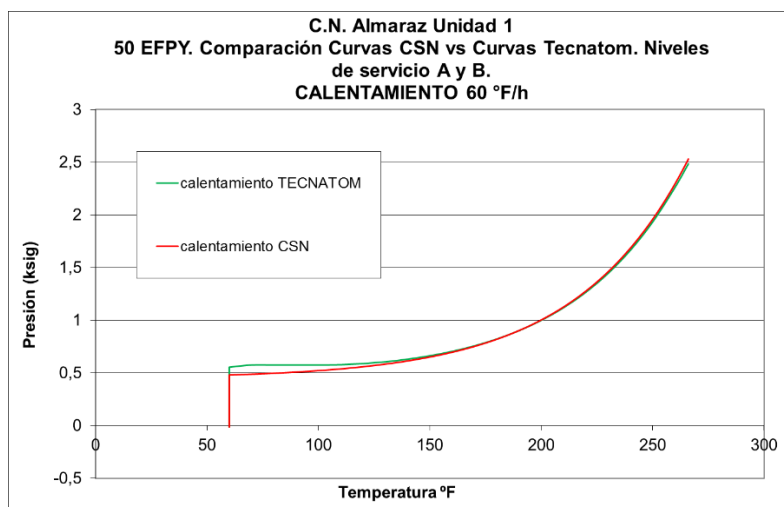
En este apartado se presentan las curvas límite presión-temperatura finales obtenidas por el área IMES (curvas CSN), y se lleva a cabo su comparación con las curvas finales presentadas por el titular.

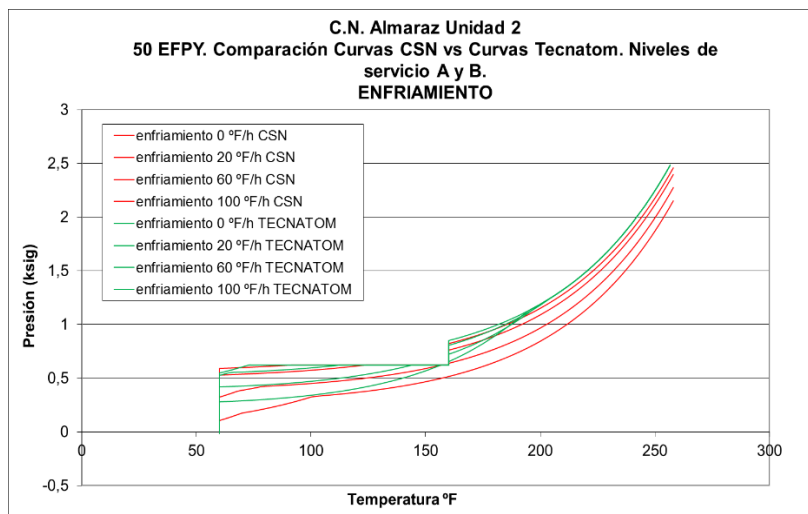
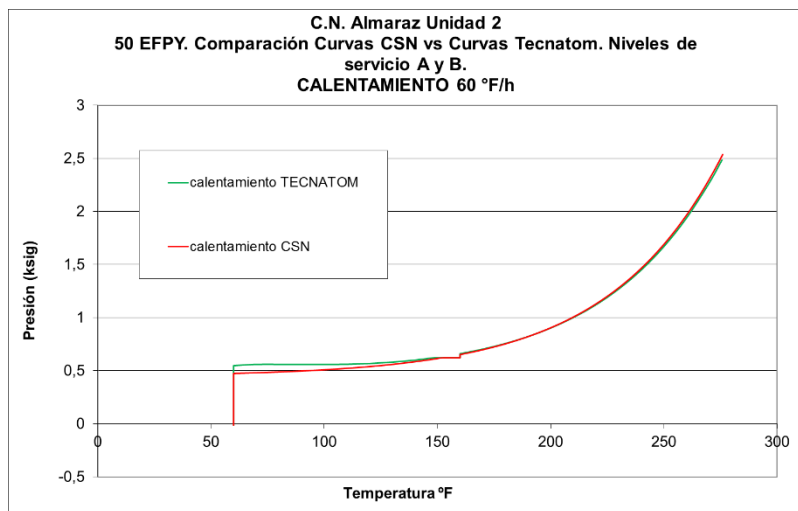
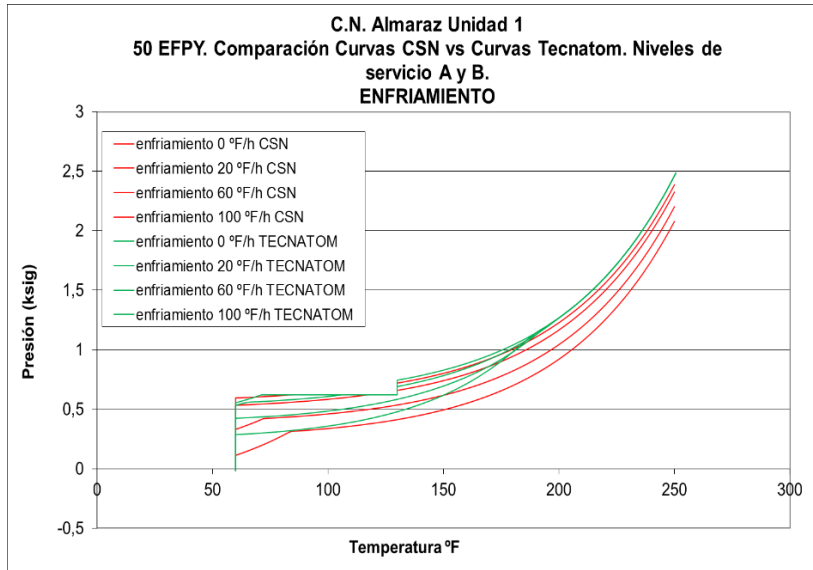
Para ello, primeramente en la evaluación se componen entre sí las curvas halladas para cada una de las diferentes zonas (*beltline* tradicional; virola superior; y toberas), consistiendo esta composición en tomar, punto a punto, el valor más limitante (la curva P (T) que arroje la menor presión, para cada temperatura dada).

Asimismo, de manera previa, es necesario añadirle a las curvas CSN obtenidas en los anexos 1, 2 y 3 del informe de evaluación las correcciones por errores de instrumentación y por las limitaciones impuestas por el apéndice G del 10 CFR 50.

El proceso se lleva a cabo tanto para las curvas correspondientes a los niveles de calentamiento y enfriamiento con núcleo no crítico, para las de prueba hidrostática, y también se obtiene la curva para funcionamiento con núcleo crítico.

A continuación se muestran los resultados de las curvas del CSN en comparativa con las presentadas por el titular para los niveles de servicio A y B.





En las curvas anteriores, tanto para calentamiento como para enfriamiento, se observan, en ambas unidades, ciertas discrepancias entre las curvas CSN y las curvas del titular.

En cuanto a las curvas de calentamiento, tanto para la unidad I como para la unidad II se observa una buena coincidencia entre las curvas CSN y las curvas del titular, en las zonas de temperaturas superiores a aproximadamente 120 o 130 °F. A temperaturas más bajas la curva del titular resulta algo menos conservadora. En lo que respecta a las curvas de enfriamiento, se observa que las curvas obtenidas por el CSN son más conservadoras que las del titular.

Para explicar estas diferencias, es preciso atender al hecho de que el titular ha llevado a cabo unos cálculos más detallados, en los que se tiene en cuenta el punto del comienzo del transitorio de calentamiento, y la manera en que éste se desarrolla. Asimismo, el CSN ha establecido en sus análisis ciertos conservadurismos que influyen también en este resultado.

El análisis detallado de las diferencias encontradas, así como la interpretación completa de las curvas anteriores se ha recogido en el anexo 4, "Análisis de las diferencias entre las curvas P-T de Tecnomat y del CSN, para calentamiento y enfriamiento para los niveles de servicio A y B".

La conclusión de los análisis llevados a cabo por el área evaluadora es que, para las curvas de calentamiento y enfriamiento para los niveles de servicio A y B, el enfoque del titular es más exacto que el del CSN y se considera correcto. Todas las discrepancias han sido analizadas satisfactoriamente. Por tanto, los límites P-T propuestos se consideran válidos.

En el informe de evaluación se analizan también el resto de curvas para la prueba hidrostática y para el reactor crítico, siendo todos los resultados satisfactorios.

e) Evaluación de las evaluaciones de seguridad efectuadas por CNA de acuerdo a la IS-21

En el informe del CSN se analizan las evaluaciones de seguridad llevadas a cabo por el titular siguiendo la IS-21, con objeto de comprobar la corrección de las mismas. Las evaluaciones de seguridad que se evalúan son: PME/PMB/SEE 1-18/04, "Actualización de las curvas P-T y la composición química de la vasija U1", y PME/PMB/SEE 2-18/04, "Actualización de las curvas P-T y la composición química de la vasija U2", ambas en rev. 3.

En ellas, el titular responde afirmativamente a la pregunta 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*" por lo cual ha solicitado autorización de la modificación al CSN conforme a lo requerido en la IS-21.

Sin embargo, la pregunta 8, "*Se modifican los métodos de evaluación descritos en el Estudio de Seguridad, que han sido utilizados para establecer las bases de diseño o realizar los análisis de seguridad*", se contesta de manera negativa. Los seis puntos anteriores (del 1 al 6) también los contesta de manera negativa.

En relación con este asunto, la evaluación considera que con las nuevas curvas P-T se modifica la base de diseño, ya que conllevan la inclusión de, además de la zona de la *beltline* tradicional, la zona de la envoltura "extendida" que incluye la virola superior, (con sus tres soldaduras longitudinales y la soldadura circunferencial entre la virola superior y la intermedia), así como las toberas de entrada y salida de la vasija (con las soldaduras de dichas toberas a la virola

superior). Por tanto, además de tener en cuenta el material más limitante de la vasija (normalmente la envolvente del núcleo con las temperaturas de referencia más altas), se deben considerar los niveles de tensión debidos a las discontinuidades estructurales, tal como un cambio de espesor en la virola superior o la intersección de una tobera con la generatriz cilíndrica de la vasija, donde se dan condiciones de tensión que, aunque el material pudiera presentar una fluencia neutrónica inferior, podrían dar lugar a límites P-T más restrictivos, tal y como se efectivamente se ha visto.

En relación a los métodos de cálculo utilizados, los informes soporte del titular distinguen tres metodologías, dos de las cuales suponen cambios metodológicos respecto al WCAP 14040-A rev. 4, "*Methodology used to develop Cold Overpressure Mitigating System Setpoints and RCS Heatup and Cooldown Limit Curves*", utilizado hasta la fecha, por lo que la evaluación considera que requieren de aprobación.

Teniendo en cuenta todas estas apreciaciones, se considera que la respuesta dada por el titular a la cuestión 8 no es correcta.

Por tanto, la evaluación concluye que el hecho de no haber contestado afirmativamente a la pregunta 8 del apartado 3.1.1 de la IS-21 constituye una deficiencia de evaluación, de acuerdo al procedimiento del CSN PG.IV.08 rev. 2. En consecuencia, se ha dado de alta, en la base de datos prevista al efecto en el CSN (base de datos de deficiencias de evaluación), una entrada que recoge las circunstancias expuestas.

f) Cambios en los documentos oficiales de explotación (DOE)

La evaluación ha revisado los cambios propuestos en las ETF PME-1-18/004, rev. 2 y PME-2-18/004, rev. 2, así como la Orden de cambio al Estudio Final de Seguridad OCES nº 0-5562 ed. 2, comprobando su compatibilidad con la modificación llevada a cabo:

- **Cambios a las ETF 3/4.4.9 "Límites de presión/temperatura" y sus bases 3/4.4.9.**

En este apartado se analizan las propuestas de cambio PME-1-18/004, rev. 2 y PME-2-18/004, rev. 2 que recogen todos los cambios introducidos en las ETF y en las bases como consecuencia de la modificación. Los nuevos cambios se resumen a continuación:

- Cambios derivados de la actualización de la virola superior: la virola superior de la unidad II está formada por las chapas B9204 -1/2/3, mientras que la virola superior de la unidad I está formada por las chapas B9404-1/2/3, al contrario de lo que indican las ETF actuales, que las asignan a unidades contrarias. En la propuesta de cambio de ETF se corrige este error: en concreto, se corrigen los códigos de la virola superior de la vasija, así como la composición química (porcentajes de Cu, P y Ni) y las propiedades mecánicas asociadas, en la tabla B3/4.4-1 (página B 3/4.4-12).
- Cambios derivados de la propia actualización de las curvas P-T: se actualizan las curvas de Presión-Temperatura, que indican los límites de calentamiento y enfriamiento del sistema de refrigeración del reactor, ajustadas a 50 años de vida útil a plena potencia efectiva. La evaluación ha comprobado que las figuras 3.4-2 y 3.4-3 de las ETF propuestas (páginas 3/4.4-29a y 3/4.4-29b) se corresponden con las figuras correspondientes de los informes de referencias AL1-16-36, Rev. 4 y AL2-16-37, Rev. 4 para la unidad I y II respectivamente, que contienen las curvas P-T calculadas por el titular.

- Cambios en las bases B 3/4.4.9 para actualizar la vida útil a plena potencia efectiva a 50 años (página B 3/4.4-9).

La evaluación concluye que los cambios propuestos en las PME-1/2-18/004 rev,2 son aceptables, y se corresponden con los resultados de los análisis realizados por el titular y evaluados con resultado satisfactorio por el CSN, como ya se ha expuesto en la presente propuesta de dictamen.

- **Cambios al Estudio Final de Seguridad (OCES nº 0-5562 ed. 2)**

La orden de cambio al Estudio Final de Seguridad OCES nº 0-5562 ed. 2, recoge todos los cambios a introducir en el ES como consecuencia de la modificación.

Se ha revisado la propuesta de cambio del ES desde el punto de vista de las curvas P-T en relación con el apartado 5.2.4 del ES "Resistencia a la rotura que se encuentra dentro de 5.2 "Integridad de la envolvente a presión del refrigerante del reactor". El titular propone llevar a cabo la actualización de todos aquellos apartados, tablas y figuras relativas a la introducción de los nuevos límites de presión-temperatura, haciéndolos además coherentes con los cambios propuestos en las ETF. En particular, el titular propone actualizar las gráficas que recogen las curvas P-T. Los cambios en concreto son los siguientes:

- Actualización del índice del capítulo 5.
- Actualización del texto de pág.5.2.4-1 a las figuras correctas y a 50 EFPY.
- Tablas 5.2.4-1 (unidad I) y 5.2.4-2 (unidad II): actualización de las chapas correctas de la virola superior, así como de propiedades.
- Creación de las figuras Figura 5.2.4-2 (calentamiento unidad I), 5.2.4-3 (enfriamiento unidad I), 5.2.4-4 (calentamiento unidad II) y 5.2.4-5 (enfriamiento unidad II), con los nuevos límites P-T correspondientes a las curvas a 50 EFPY evaluadas favorablemente en el apartado 5.4 de este IEV, compatibles con los cambios propuestos en las ETF.
- Eliminación de las figuras 5.2.4-2a, 5.2.4-2b, 5.2.4-3a, 5.2.4-3b, 5.2.4-4a, 5.2.4-4b, 5.2.4-5a y 5.2.4-5b, correspondientes a límites P-T anteriores para 32 y 54 EFPY.

La evaluación ha revisado los cambios propuestos y considera que son consistentes con los resultados de los análisis realizados por el titular, por lo que se consideran aceptables.

Conclusiones de la evaluación realizada por el área IMES

De la evaluación realizada por el área IMES a la solicitud de autorización de la modificación de los límites P-T de CNA, unidades I y II, para 50 EFPY y de los resultados de las mismas se concluye que:

- CN Almaraz presenta por primera vez unos límites P-T para operar más allá de la vida de diseño original. De acuerdo a las referencias normativas aplicables, el titular ha tenido en cuenta para el desarrollo de dichos límites, además de la envolvente tradicional del núcleo, otras zonas de la vasija, conocidas como envolvente extendida, donde se han aplicado nuevas metodologías en las que intervienen tanto la fluencia acumulada como las características tensionales particulares que se dan en estas nuevas zonas. Así, se han obtenido curvas de calentamiento y enfriamiento para reactor no crítico, de prueba hidrostática, y para operación con el núcleo crítico.

- La evaluación ha llevado a cabo una serie de comprobaciones fundamentadas en cálculos independientes, empleando conservadurismos adicionales a los aplicados por el titular, y efectuando en algunos casos simplificaciones basadas en resultados de los modelos de elementos finitos presentados, concluyendo lo siguiente:
 1. Los materiales tomados como más críticos (material de control) para las diferentes zonas examinadas tanto en la *beltline* tradicional como expandida, y cuya RT_{NDT} se emplea como dato de entrada para los análisis, se consideran aceptables.
 2. Las diferentes metodologías empleadas son coherentes con la normativa aplicable y se consideran aceptables.
 3. En el marco de las comprobaciones efectuadas, se ha comprobado que las curvas P-T finales obtenidas por el solicitante son algo menos conservadoras que las obtenidas por el CSN. Sin embargo, se ha llevado a cabo el análisis de estas discrepancias, con la conclusión de que todas ellas se deben a la mayor precisión y exactitud en los cálculos del titular, o a los conservadurismos adicionales tomados por el CSN, de tal manera que, de no haber tomado estos conservadurismos, las curvas propuestas y las obtenidas serían equivalentes. De esta manera se llega a la conclusión final de que los límites presión-temperatura propuestos para 50 EFPY, para ambas unidades, se consideran aceptables.
 4. Se considera que el texto y las figuras propuestas para el cambio de ETF y sus BASES son aceptables.
 5. Se considera aceptables los cambios propuestos al ES.

Finalmente, aunque fuera del alcance de la evaluación de este informe, conviene destacar que la reducción de 54 a 50 EFPY de la vigencia de las curvas P-T propuestas por CNA, debido al aumento de la fluencia prevista tras los nuevos resultados de dosimetría *ex-vessel*, conlleva una actualización del AEFT correspondiente, limitando su alcance temporal y con ello la validez del PIEGE evaluado en el informe de referencia CSN/IEV/IMES/ALO/1902/1133, "Evaluación del PIEGE de CN Almaraz: Revisión de los AEFT, capítulos 4.2 "Fragilización neutrónica de la vasija del reactor", 4.6 "Análisis de fatiga en la contención", y 4.7 "Otros AEFT específicos de CN Almaraz." de febrero de 2019, de manera que la OLP se verá reducida desde 54 a 50 EFPY. Esta reducción será tenida en cuenta en la revisión de la evaluación del PIEGE que va a llevar a cabo el CSN.

3.3.2. Evaluación del área de Ingeniería del Núcleo (INNU)

El área INNU ha documentado en el informe de evaluación de referencia CSN/IEV/INNU/ALO/1907/1155 la evaluación de los cálculos de fluencia neutrónica que sirven como dato de entrada para la elaboración de las nuevas curvas P-T de la vasija propuestas por el titular en su solicitud.

El titular, como paso inicial y necesario para el establecimiento de las curvas P-T de la vasija del reactor, ha realizado un cálculo para la determinación de la fluencia de neutrones rápidos en la vasija del reactor, considerando la operación de la central hasta los 60 años.

En esta evaluación se ha verificado del cumplimiento con los requisitos establecidos en la normativa aplicable (R.G. 1.190 “Calculational and Dosimetry Methods for Determining Pressure Vessel Neutron Fluence”), y se han revisado los siguientes documentos, relacionados con la fluencia neutrónica:

- AL1-15-42, Rev. 3. Plan de Gestión de Vida de la central nuclear de Almaraz. Análisis de Envejecimiento en función del tiempo (AEFT). AEFT 1.1 “Fluencia neutrónica” de CN Almaraz I.
- AL2-15-68, Rev. 1. Plan de Gestión de Vida de la central nuclear de Almaraz. Análisis de Envejecimiento en función del tiempo (AEFT). AEFT 1.1 “Fluencia neutrónica” de CN Almaraz II.

Los cálculos específicos de la fluencia neutrónica utilizada en estos documentos, se encuentran en los siguientes informes de Westinghouse: WCAP-18408-NP, Rev 0, Ex-Vessel Neutron Dosimetry Program for Almaraz Unit 1. Cycles 23 through 25. Noviembre 2018 y WCAP-18424-NP, Rev 0, Ex-Vessel Neutron Dosimetry Program for Almaraz Unit 2. Cycles 21 through 24. Febrero 2019.

La determinación y verificación de la fluencia neutrónica se ha realizado siguiendo las directrices establecidas en la guía reguladora RG 1.190 “Calculational and Dosimetry Methods for Determining Pressure Vessel Neutron Fluence”.

Esta guía reguladora establece la metodología a seguir para la determinación de la fluencia de neutrones rápidos ($E > 1$ MeV), en las zonas y con las orientaciones más desfavorables, la cual se obtiene a su vez a partir del cálculo del flujo neutrónico para el tiempo de operación de la central y su impacto en la vasija del reactor utilizando códigos de transporte neutrónico.

La metodología descrita en esta guía tiene carácter best-estimate, más realista y por tanto menos conservadora o envolvente. Por esta razón, y por la dificultad añadida asociada a estos cálculos, los resultados obtenidos en el cálculo analítico deben ser contrastados y validados con medidas reales del flujo neutrónico. Con este fin, la central debe disponer de un programa de vigilancia de la vasija con cápsulas in-vessel y ex-vessel cuya finalidad es la medición del flujo neutrónico real en las localizaciones de interés. La comparación entre los resultados obtenidos de los cálculos y las medidas realizadas puede servir para estimar posibles errores e incertidumbres en los cálculos. Igualmente se debe de recoger información relativa a programas de medida realizados por la industria de forma que la validación del método utilizado sea lo más amplia y fiable posible.

La metodología de determinación de la fluencia neutrónica en la vasija del reactor comprende los siguientes pasos:

- *Determinación de los parámetros del núcleo necesarios para el cálculo, que deben ser específicos de CN Almaraz.*

El titular utiliza datos específicos de la planta en relación con la geometría de las distintas regiones del reactor y la composición de los materiales presentes. Igualmente emplea datos nominales específicos de la planta de las historias de operación del reactor (niveles y distribuciones de potencia, temperaturas, densidad del moderador, etc.) y cantidades y tipos de elementos combustibles irradiados a lo largo de todos los ciclos de operación del reactor.

Para modelar la operación futura de la planta, a partir del ciclo 25 de la unidad I y del ciclo 24 de la unidad II, se suponen las características actuales de este último ciclo. En estas condiciones se obtienen predicciones de fluencia a distintos tiempos de operación que cubren hasta una vida de 60 años de operación (equivalente a 54 EFPY, *Effective Fuel Power Years*).

La evaluación considera correcto el proceso seguido por CN Almaraz para la determinación y tratamiento de datos de entrada al cálculo, ya que cumple con la RG 1.190.

- *Cálculo del flujo neutrónico y estimación de la propagación del mismo desde el núcleo hasta las partes de la vasija implicadas.*

CN Almaraz ha llevado a cabo la estimación de la fluencia neutrónica en la beltline tradicional mediante el código de transporte de ordenadas discretas en tres dimensiones RAPTOR-M3G, versión 2.0. La librería de secciones eficaces utilizada se denomina BUGLE-96 y ha sido desarrollada a partir de la de datos nucleares de la librería ENDF/B-VI para su aplicación en reactores de agua ligera. Tanto el código RAPTOR-M3G como la librería BUGLE-96 cumplen con los requisitos establecidos en la RG 1.190, por lo que su uso se considera correcto.

Para la beltline extendida no hay ninguna metodología de cálculo neutrónico validada por la NRC. Esto es debido a que, al no existir cápsulas dosimétricas en esta zona, no se pueden obtener medidas de la fluencia neutrónica en la misma que permitan validar el resultado del cálculo analítico.

El titular ha optado por proyectar los valores de fluencia neutrónica a partir del cálculo de la distribución de la fluencia en estas zonas, derivada de la aplicación factores que tienen en cuenta la atenuación de la fluencia pico de la vasija con la distancia axial al núcleo activo. Como punto de partida se dispone de la curva de atenuación de la fluencia a través de toda la vasija, obtenida de datos preoperacionales específicos de la planta, la cual se combina con la atenuación obtenida con el código de transporte RAPTOR en el interior de la envoltura del núcleo (beltline tradicional).

El área INNU considera que la metodología de estimación de la fluencia neutrónica propuesta por CN Almaraz en la zona beltline extendida es aceptable.

- *Comparación del valor calculado obtenido a fecha de retirada de las probetas o cápsulas de vigilancia dosimétrica de la vasija frente a los valores de fluencia medidas en cada una de ellas.*

Para cumplir con este requisito CN Almaraz tiene establecido un programa de dosimetría para la vigilancia de la fluencia en la vasija con varios sets de cápsulas dosimétricas que sirven para estimar el flujo neutrónico a partir de medidas reales de las mismas. La activación de estas cápsulas se mide tras ser retiradas del interior de la vasija.

En el caso de CN Almaraz se midieron las cápsulas del programa de vigilancia in-vessel durante los primeros ciclos de operación. Posteriormente, se han realizado tres campañas de medida de cápsulas del programa de vigilancia ex-vessel, que se suma a la campaña de dosimetría in-vessel realizada anteriormente.

La relación entre los valores predichos o calculados y los valores medidos muestran un buen ajuste. En ambas unidades los valores medidos han sido inferiores a los calculados.

- *Estimación de la incertidumbre de la fluencia, cuyo valor no debe exceder del 20%.*

El titular ha realizado la recopilación, y posterior análisis, de datos provenientes de dos programas experimentales, el programa experimental *Pool Criticality Assembly (PCA)* de ORNL y un programa de medidas realizado por la central nuclear H.B: Robinson.

La incertidumbre obtenida en cada caso ha sido del 3% para la unidad I y del 3% y 5% para unidad II, respectivamente. Esto confirma el buen ajuste realizado con esta metodología del diseño de este tipo de plantas.

La incertidumbre obtenida en el análisis de la sensibilidad analítica deriva de las incertidumbres asociadas a los parámetros que forman parte del cálculo analítico. La combinación de las incertidumbres asociadas a cada parámetro arroja un valor final del 11% en ambas unidades. Adicionalmente se añade una incertidumbre del 5% con la finalidad de contabilizar otros posibles errores que considerados de forma individual no tienen entidad.

La incertidumbre combinada deriva de la suma en cuadratura de las incertidumbres anteriores, obteniéndose un valor final del 13% para las dos unidades.

La evaluación ha analizado todos estos pasos basándose en el análisis del cumplimiento de los requisitos establecidos en la RG 1.190, encontrándose aceptables los cálculos de fluencia neutrónica asociados a la solicitud por los siguientes motivos:

- 1) Tanto la metodología de cálculo de la fluencia como la realización de medidas dosimétricas cumplen con lo establecido en esta guía.
- 2) CN Almaraz ha realizado una estimación de incertidumbres basada en las directrices establecidas en la guía, que incluye comparaciones con valores de referencia actualmente aceptados, análisis de sensibilidad de los cálculos neutrónicos y comparación con las medidas dosimétricas realizadas en la propia planta. Los valores de incertidumbres obtenidos entran dentro de los valores válidos establecidos en la guía reguladora.
- 3) Los valores obtenidos mediante medidas dosimétricas de la fluencia neutrónica arrojan valores inferiores a los calculados.
- 4) La comparación de los valores medidos en la última campaña de medidas dosimétricas frente a la anterior arroja valores superiores, lo que se puede interpretar como una deriva al alza en los mismos. CN. Almaraz ha optado por tener en consideración este incremento en las dos últimas medidas, que es del 1%. En lugar de aumentar en ese porcentaje la fluencia neutrónica, CN Almaraz ha calculado los años efectivos a plena potencia a los cuales el flujo neutrónico disminuye en ese mismo porcentaje, obteniendo un tiempo de 53.3 EFPY para la Unidad I y de 52 EFPY para la Unidad II. De forma conservadora CN Almaraz ha reducido a 50 EFPY el periodo de validez de los cálculos de la fluencia neutrónica. De esta forma se mantiene el valor de la fluencia neutrónica y no se requiere la repetición de los cálculos que utilizan este valor como input.

- 5) De todo lo anterior se concluye que la metodología seguida en la determinación de la fluencia de neutrones rápidos cumple con los requisitos exigidos en la normativa aplicable, siendo por tanto aceptable.

3.3.3. Evaluación del área de Ingeniería de sistemas (INSI)

Mediante el informe de evaluación de referencia CSN/IEV/INSI/ALO/1907/1161, el área INSI ha evaluado la validez de los puntos de tarado vigentes del sistema de protección contra sobrepresiones en frío (COMS) con las nuevas las nuevas curvas P-T de la vasija propuestas por el titular en su solicitud.

Para ello en la evaluación se analiza la documentación complementaria enviada con posterioridad a la solicitud mediante cartas de referencia ATA-CSN-014501 y ATA-CSN-014465 adjuntando los siguientes documentos:

- PMB-1/2-19/02, revisión 0 propuesta de modificación de la BASE de la ETF 3/4.4.9 “Sistema de protección contra sobrepresiones”.
- OCES 0-5595 “Cambios al COMS por la actualización de las curvas P-T”.
- Análisis de la validez de los puntos de tarado del COMS de las válvulas del presionador (WENX 94-45 revisión 5 y WENX 02-40 revisión 3, para las unidades I y II, respectivamente) y de la validez del tarado de apertura de las válvulas de alivio del RHR (WENX 09-03 revisión 2, válido para ambas unidades).

Cabe mencionar que, dado que los nuevos cálculos confirman la validez de los ajustes del sistema COMS, únicamente se modifican las bases de las ETF del sistema COMS, lo cual no requiere autorización por parte del CSN. No obstante, la evaluación ha verificado, en la documentación enviada, que se usa la curva P-T correcta como dato de entrada para el cálculo de los puntos de tarado del COMS de las válvulas de alivio del presionador y del tarado de las válvulas del RHR recogidos en los WENX mencionados anteriormente. Asimismo, se verifica que los resultados obtenidos soportan adecuadamente la propuesta de cambio de BASES y del ES.

A continuación se describen los resultados de esta evaluación:

a) Resultados de los nuevos cálculos (WENX 94-45 revisión 5, WENX 02-40 revisión 3, y WENX 09-03 revisión 2.

En relación con los puntos de tarado de las válvulas de alivio del presionador la evaluación ha verificado los nuevos cálculos de los WENX 94-45 revisión 5 y WENX 02-40 revisión 3, para las unidades I y II respectivamente, que demuestran que los “programas de P-T” (programas de puntos de tarado) para la apertura de las válvulas de alivio del presionador son adecuados.

Asimismo, ha verificado que los valores incluidos actualmente en las actuales BASES de las ETF 3.4.9.3 de unidad I y II son los que se proponen en los nuevos cálculos de los WENX 94-45 revisión 5 y WENX 02-40 revisión 3 y, por tanto, no es necesaria su modificación ni en las ETF ni físicamente.

En relación con los puntos de tarado de válvula alivio RHR (Sistema de evacuación de calor residual) se ha comprobado que las curvas P-T de enfriamiento estacionario usadas en el

cálculo WENX 09-03 revisión 2 son las que se derivan de los informes AL1-16-56 revisión 3 y AL2-16-57 revisión 3.

El cálculo WENX 09-03 revisión 2 demuestra que, con la única modificación de las curvas P-T de enfriamiento estacionario para 50 EFPY, las válvulas de alivio del RHR protegen adecuadamente tanto las líneas del RHR (esta protección no cambia con las nuevas curvas P-T) como el RCS frente a las sobrepresiones debidas a los transitorios postulados.

Por tanto, se concluye lo siguiente para la unidad I y para la unidad II:

- El punto de tarado de las válvulas de alivio del RHR sigue siendo válido para las nuevas curvas P-T de 50 EFPY.
- El programa vigente de puntos de tarado de las válvulas de alivio del presionador (COMS) sigue siendo válido para las nuevas curvas P-T de 50 EFPY.

b) Evaluación de la propuesta de cambio a las BASES de las ETF (PMB-1/2-19/02)

En la propuesta de cambio de Bases de la ETF 3.4.9.3, el titular propone modificar la temperatura a la que tiene que estar disponible el COMS. Esta nueva temperatura se basa en la aplicación de lo indicado en el Code Case N-641 incorporado en la sección XI del ASME.

Según este Code Case, la temperatura de armado deber ser la suma de la RT_{NDT} (temperatura de transición de dúctil a frágil), la incertidumbre de la instrumentación y 22,3 °C (40 °F). En la revisión vigente, que sigue lo indicado en la BTP 5-2, la temperatura de armado debe ser la suma de la RT_{NDT} , la incertidumbre de la instrumentación y 50 °C (90 °F).

Por tanto, aunque la RT_{NDT} para 50 EFPY es superior a la de 32 EFPY, la diferencia fundamental consiste en la aplicación del margen que pasa de 50 °C a 22,3 °C.

Se hace notar que la aplicación de la nueva metodología (uso de Code Case N-641 de la sección XI del ASME) está fuera del alcance de la evaluación de INSI, pero ha sido aceptada en el informe CSN/IEV/IMES/ALO/1902/1134.

INSI ha revisado los valores usados en los WENX 94-45 y WENX 02-40 y WENX 09-03, así como los valores que se reflejan en la PMB-1/2-19/02 y concluye que éstos son correctos.

Dado que la temperatura de armado calculada en base al RT_{NDT} es inferior al valor indicado en la aplicabilidad de la ETF 3.4.9.3, la propuesta de cambio PMB-1/2-19/02 se considera aceptable.

En PMB-1-19/02 se introduce un cambio adicional con el objeto de eliminar la revisión del WENX al que se alude. Este cambio es de carácter formal y se considera aceptable.

c) Evaluación de la propuesta de cambio al Estudio de Seguridad (OCES-0-5595)

En el apartado 5.2.2.4 del ES se describe el control de presión del sistema de refrigeración del reactor a bajas temperaturas, actualmente en revisión AC25.

Con motivo del cambio de los límites P-T del primario a 50 EFPY, y en relación con el sistema de mitigación de sobrepresiones en frío, el titular ha enviado la propuesta de cambio al ES de referencia OCES-0-5595. En dicha propuesta se incluyen los siguientes cambios:

- Cambio de 32 a 50 EFPY

- Cambio de las revisiones de los WENX 94-45 y WENX 02-40 y WENX 09-03 en el apartado de referencias.
- En la página 5.2.2-3, introducción de un nuevo párrafo en el que se indican los aspectos que se tienen en cuenta en el cálculo de los puntos de consigna del COMS.

El apartado 5.2.2.4 del ES es coherente con los análisis que se han realizado que confirman que las provisiones actuales para hacer frente a sobrepresiones del RCS en frío siguen siendo válidas con las nuevas curvas P-T. Por tanto, la OCES-05595 se considera aceptable.

Finalmente, en relación a la documentación adicional relativa a esta solicitud que afecta al sistema de protección contra sobrepresiones en frío, tras la evaluación realizada de los documentos enviados por la central, se considera que la PMB-1/2-19/02 y la OCES-05595 son aceptables.

3.4. Deficiencias de evaluación: Sí

Se ha abierto una entrada en la base de datos de deficiencias de evaluación del CSN en consonancia con el procedimiento PG.IV.08, rev. 2, debido a que las evaluaciones de seguridad llevadas a cabo por el titular no se consideran correctas al no haber contestado afirmativamente a la pregunta 8 del apartado 3.1.1 de la IS-21.

3.5. Discrepancias respecto de lo solicitado: No

4. CONCLUSIONES Y ACCIONES

De acuerdo con las evaluaciones realizadas, se propone informar favorablemente la solicitud de autorización de la modificación de los límites P-T del primario de la central nuclear Almaraz, unidad I y II, y de aprobación de las propuestas de cambio PME-1/2-18/004, revisión 2, de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento (ETF), y OCES 5562, edición 2, asociados a dicha modificación.

Asimismo, en relación con la documentación complementaria relativa al sistema de protección contra sobrepresiones en frío (COMS) enviada con posterioridad a la solicitud mediante cartas de referencia ATA-CSN-014501 (05/06/2019) y ATA-CSN-014465 (22/05/2019) se considera que la PMB-1/2-19/02 revisión 0 y la OCES-05595 son aceptables.

Dado que se confirma la validez de los ajustes del sistema COMS, únicamente se modifican las bases de las ETF de dicho sistema y el Estudio de Seguridad (ES), lo cual no requiere autorización.

Aceptación de lo solicitado: Sí

Requerimientos del CSN: No

Recomendaciones del CSN: No

Compromisos del Titular: No