Pruebas de resistencia realizadas a las centrales nucleares españolas

Informe final

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN 5

1.1 Pruebas de resistencia adoptadas en el contexto europeo 5

1.2 Acciones desarrolladas en España 6

2. MÉTODO DE TRABAJO 7

2.1. Proceso seguido por los titulares 7

2.2. Proceso seguido por el CSN 8

3. DATOS GENERALES DE LAS INSTALACIONES Y USO DE LOS APS 11

3.1. Central nuclear de Trillo 12

3.2 Central nuclear Vandellós II 15

3.3 Central nuclear de Cofrentes 17

3.4 Central nuclear de Ascó 20

3.5 Central nuclear de Almaraz 23

3.6 Central nuclear de Santa María de Garoña 27

3.7 Central nuclear José Cabrera (en fase de desmantelamiento) 29

4. INFORMES DE LOS TITULARES Y EVALUACIÓN DEL CSN 31

4.1. Aspectos genéricos 31

4.1.a Sucesos naturales extremos 31

4.1.b Pérdida de funciones de seguridad 36

4.1.c Gestión de accidentes 39

4.2 Aspectos específicos de cada una de las instalaciones 46

4.2.1 Central nuclear de Trillo 46

4.2.2 Central nuclear Vandellós II 67

4.2.3 Central nuclear de Cofrentes 88

4.2.4 Central nuclear de Ascó 109

4.2.5 Central nuclear de Almaraz 131

4.2.6 Central nuclear de Santa María de Garoña 153

4.2.7 Central nuclear José Cabrera (en fase desmantelamiento) 174

5. CONCLUSIONES 181

6. LISTA DE ACRÓNIMOS 187

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Pruebas de resistencia adoptadas en el contexto europeo

Tras el accidente ocurrido el 11 de marzo de 2011 en la central nuclear de Fukushima Dai-ichi (Japón), todos los países europeos fueron tomando acciones para verificar las medidas de seguridad de sus centrales, pero muy rápidamente se planteó el abordar una respuesta coordinada, dentro de la Unión Europea, para asegurar que todas las centrales nucleares de estos países eran suficientemente robustas para afrontar situaciones semejantes a las ocurridas en dicha central.

El Consejo Europeo celebrado el 24 de marzo de 2011 acordó la realización de un plan para someter a todas las centrales nucleares europeas a un conjunto homogéneo de "pruebas de resistencia" que permitieran valorar su capacidad para soportar situaciones más allá de sus bases de diseño e identificar los márgenes de seguridad existentes frente a dichas bases, así como las potenciales medidas que se podrían implantar para mejorar su seguridad.

En una reunión celebrada en Bruselas el 15 de abril, con participación de la Comisión Europea (CE), los organismos reguladores de los países de la UE y representantes de la industria, se acordó que ENSREG con el soporte técnico de WENRA prepararan una propuesta que desarrollara el contenido técnico de las pruebas de resistencia y definiera el método para llevarlas a cabo.

La propuesta, preparada por WENRA, fue aprobada por ENSREG en su reunión de 12 de mayo y remitida a la CE. Finalmente fue aprobada por la comisión el 25 de mayo y presentada, posteriormente, al Consejo Europeo celebrado el 10 de junio.

El Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) ha participado de forma activa, y a varios niveles, en la discusión y elaboración de estos documentos, tanto en el marco de WENRA como en el de ENSREG.

El documento finalmente aprobado a nivel europeo define las pruebas de resistencia de las centrales nucleares como una reevaluación complementaria de los márgenes de seguridad de estas instalaciones a la luz de los eventos sucedidos en Fukushima. Es decir, considerando fenómenos naturales extremos que podrían poner en peligro las funciones de seguridad y que, eventualmente, podrían llevar a una situación de accidente con daño al combustible (accidente "severo").

Tal y como se recoge en dicho documento, los propios titulares de las instalaciones deben realizar estos análisis para cada emplazamiento. La revisión de los análisis deberá ser realizada de modo totalmente independiente por los correspondientes organismos reguladores de cada país, que consolidarán sus resultados en un informe nacional. Finalmente, todo el proceso será sometido a una revisión entre todos los organismos reguladores (*Peer Review*), con participación de la CE. Los resultados de estas revisiones serán publicados y discutidos en seminarios públicos tanto a nivel nacional como internacional, a los cuales serán invitadas las partes interesadas (*stakeholders*) de diferentes ámbitos, como los organismos reguladores, los titulares de las instalaciones y otros representantes de la industria, organizaciones no gubernamentales, etc.

En sintonía con los objetivos fijados por el Consejo Europeo, el documento recoge el siguiente calendario: los informes de progreso de los titulares debían ser presentados al organismo regulador de cada país el 15 de agosto y el informe final con los análisis realizados y las propuestas de mejora identificadas a lo largo del proceso, el 31 de octubre. Los organismos reguladores, a su vez, debían remitir a la CE el 15 de septiembre el informe nacional de progreso, y el 31 de diciembre el informe

final, con el resumen de los análisis y conclusiones de los titulares y la evaluación realizada por el propio regulador. Finalmente, las mencionadas revisiones entre pares (*Peer Reviews*) se llevarán a cabo entre enero y abril de 2012.

1.2 Acciones desarrolladas en España

A raíz del citado accidente de Fukushima, el CSN inició de modo inmediato la recopilación de toda la información disponible acerca de la evolución del mismo con dos objetivos: analizar posibles lecciones aprendidas del accidente e informar a la opinión pública española.

Las centrales nucleares españolas pusieron en marcha un conjunto de verificaciones y revisiones para asegurar que todas las medidas existentes para hacer frente a sucesos dentro y fuera de la base de diseño estaban operables, de acuerdo con las recomendaciones de WANO (World Association of Nuclear Operators). El día 25 de marzo, el CSN envió una carta a los titulares de las centrales nucleares para solicitar información sobre los resultados de las acciones ya adoptadas por los titulares y para requerir medidas complementarias a las puestas en marcha inicialmente.

El 25 de mayo, el CSN aprobó y remitió a todas las centrales nucleares unas Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) a las Autorizaciones de Explotación, en las que se les requería la realización de las pruebas de resistencia acordadas en el contexto de la Unión Europea. El informe con los resultados debía incluir una propuesta detallada de las medidas previstas y su correspondiente programación.

Adicionalmente, y de acuerdo con el alcance propuesto a nivel europeo, el CSN envió una ITC similar al titular de la central nuclear José Cabrera, actualmente en proceso de desmantelamiento, que mantiene en su emplazamiento un almacenamiento temporal de combustible gastado. El contenido de esta ITC es una adaptación del programa general de pruebas de resistencia a las especificidades y riesgos de la central en cuestión.

Por otro lado, y aunque fuera del marco estricto fijado a nivel europeo, el CSN también envió al titular de la fábrica de combustible nuclear existente en España, una ITC requiriendo la realización de pruebas de resistencia específicas, adaptadas a su diseño.

Finalmente, y en un proceso paralelo al de las pruebas de resistencia de las centrales nucleares españolas, y con el fin de reforzar aún más las capacidades de estas instalaciones para hacer frente a las situaciones excepcionales que pudieran ir mucho más allá de las Bases de Diseño consideradas, el CSN ha emitido posteriormente, a cada una de las centrales nucleares en operación, unas ITC en las que se les requiere la realización de un análisis para identificar las medidas adicionales necesarias para mitigar las consecuencias de sucesos que, provocados voluntaria o involuntariamente por la mano del hombre, pudieran suponer la ocurrencia de incendios o explosiones que llevaran a la pérdida de grandes áreas de la central. Los análisis requeridos deberán ser presentados por los titulares antes del 31 de diciembre de 2012, y en ellos se debe plantear un calendario de implantación de las medidas de mejora que hayan resultado de dichos análisis. Debido a que la información resultante de estos análisis podría contener información sensible para las instalaciones, el CSN decidió que la información que se generase en este proceso debía tener un tratamiento específico de confidencialidad.

2. MÉTODO DE TRABAJO

Este informe se ha elaborado con el objetivo de documentar la evaluación realizada por el CSN de la información presentada por los titulares de las centrales nucleares españolas en sus informes relativos a la realización de las denominadas "Pruebas de Resistencia" establecidas a nivel europeo. Estas pruebas consisten, esencialmente, en un análisis complementario de seguridad que incluye una reevaluación de los márgenes de seguridad de las centrales nucleares a la luz de los eventos sucedidos en la central nuclear japonesa de Fukushima el 11 de marzo de 2011.

De acuerdo con lo requerido, los titulares debían analizar para cada emplazamiento las capacidades actuales de la instalación para hacer frente a los siguientes sucesos:

- Sucesos de origen externo: terremotos, inundaciones y otros sucesos naturales.
- Pérdida de las funciones de seguridad, por pérdida de los diferentes escalones de suministro de energía eléctrica y del sumidero final de calor.
- Gestión de accidentes severos en el núcleo del reactor y accidentes con pérdida de inventario y/o refrigeración en las piscinas de combustible gastado.

En el caso de que en el emplazamiento exista algún otro tipo de almacenamiento de combustible gastado, se debía analizar también la robustez del mismo frente a los sucesos externos y la pérdida de funciones mencionados.

Para armonizar, en la medida de lo posible, los análisis a realizar por las centrales españolas y establecer el contenido de los informes a elaborar, durante los meses de junio y julio se mantuvieron diversas reuniones de coordinación entre el CSN y los titulares, así como reuniones internas de éstos últimos, en las que se abordaron aspectos técnicos relacionados con el alcance y el método de realización de los análisis requeridos. Así mismo, se han celebrado dos reuniones conjuntas con los titulares de las centrales y el operador de la Red Eléctrica Española (REE) para revisar las actuaciones y protocolos relativos a la fiabilidad de la red y la capacidad de recuperación del suministro eléctrico en los escenarios previstos en las pruebas de resistencia.

Siguiendo los plazos establecidos por ENSREG, el 15 de septiembre el CSN preparó un primer informe en el que se valoraban los análisis preliminar (*Progress Reports*) presentados por los titulares el 15 de agosto.

A continuación se describen los aspectos metodológicos seguidos tanto por los titulares como por el CSN en la elaboración de sus respectivos informes.

2.1. Proceso seguido por los titulares

Los análisis de los titulares han llevado a cabo de acuerdo con el siguiente esquema:

- Verificación del cumplimiento de la instalación con sus bases de diseño en los aspectos que entran dentro del alcance de las pruebas de resistencia, valorando la adecuación de dichas bases de diseño a la luz de los conocimientos técnicos actualmente disponibles.
- Evaluación de la respuesta de cada instalación a un conjunto de situaciones extremas, más allá de sus bases de diseño, tratando de valorar los márgenes de seguridad disponibles, de identificar aquellas situaciones límite (*cliff edge*) que pudieran desencadenar secuencias accidentales extremas y de analizar el comportamiento esperado de la instalación.

– Verificar la existencia de medidas preventivas y mitigadoras adecuadas y, en caso necesario, proponer la incorporación de mejoras apropiadas a las situaciones identificadas.

Para cada uno de los sucesos propuestos se han analizando las capacidades actuales de cada planta para hacer frente a los mismos, tanto en el diseño como en la organización y se trata de identificar la autonomía (rangos de tiempo disponibles) para hacer frente a la pérdida de las funciones de seguridad y los medios necesarios para evitar que un accidente grave llegue a tener consecuencias inaceptables para la población.

Estas evaluaciones se han abordado siguiendo la filosofía de *defensa en profundidad* propuesta en el documento de ENSREG, para el conjunto de situaciones que se proponen en dicho documento, asumiendo, bajo un enfoque determinista, la pérdida secuencial de las líneas de defensa existentes, independientemente de su probabilidad de ocurrencia.

El objetivo final planteado por los titulares en sus informes es confirmar el grado de robustez de las plantas frente a las situaciones propuestas, así como la idoneidad de las medidas de gestión de accidentes existentes y, finalmente, identificar las potenciales mejoras aplicables, tanto de equipos (fijos y portátiles) como organizativas: procedimientos, recursos humanos, organización de respuesta en emergencias y uso de recursos externos.

La documentación utilizada para la realización de estos análisis ha sido la incluida en el Estudio de Seguridad de la central, las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento, el Plan de Emergencia Interior, los procedimientos de operación incluyendo los procedimientos de operación de emergencia, las guías de accidentes severos, los análisis probabilistas de seguridad y otra documentación de proyecto, así como estudios específicos realizados expresamente para estas pruebas de resistencia.

Los titulares han realizado también diversas comprobaciones específicas en cada planta, e inspecciones y pruebas para verificar las capacidades reflejadas en sus informes.

Como conclusión de sus informes, los titulares plantean la implantación de numerosas mejoras en los diversos aspectos identificados, proponiendo el siguiente esquema temporal para la implantación: un corto plazo, en el que se iniciarían los estudios necesarios y se formarían los grupos de análisis previstos, considerando que concluirán entre junio y diciembre de 2012; un medio plazo para abordar diversas modificaciones de diseño, que finalizaría entre 2013 y 2014; y un largo plazo para modificaciones de diseño de gran envergadura y que impliquen nuevas construcciones o cambios importantes de los sistemas existentes, que finalizaría entre 2015 y 2016, y que incluso podría rebasarse en casos justificados.

2.2. Proceso seguido por el CSN

El CSN es un organismo regulador que cuenta con su propio cuerpo técnico. Las evaluaciones de las pruebas de resistencia presentadas por los titulares han sido abordadas internamente sin necesidad de recurrir a apoyos técnicos exteriores, aunque se ha contado con la colaboración puntual del operador de la Red Eléctrica Española (REE), tal y como se ha mencionado anteriormente, y del Centro de Estudios y Experimentación de obras públicas (Cedex), organismo público de reconocida solvencia, dependiente del Ministerio de Fomento, para la evaluación de los temas relativos a inundaciones externas. En este último caso, el asesoramiento se ha centrado en los análisis presentados por los titulares sobre la capacidad resistente de las presas situadas aguas arriba, en las cuencas fluviales en las que están ubicadas las instalaciones, y sus consecuencias en términos de inundación del entorno de los emplazamientos.

Para sistematizar el proceso de evaluación, el CSN ha editado una guía específica de evaluación, que detalla la metodología a aplicar, las unidades organizativas responsables de cada parte del proceso, las interacciones entre las mismas y el calendario previsto. Además, y teniendo en cuenta las limitaciones de tiempo disponible, se han mantenido reuniones semanales de coordinación en las que se han ido discutiendo las conclusiones preliminares que se iban obteniendo por las diversas unidades organizativas.

La evaluación del CSN ha consistido en una revisión de la documentación presentada por los titulares, centrada en los siguientes aspectos:

- Verificación de que los análisis presentados por los titulares cubren completamente el alcance requerido en las ITC del CSN que requerían la realización de las pruebas de resistencia, diferenciando aquellos aspectos en los que el titular indica que ya se han completado los estudios previstos, y para los que se describen las correspondientes acciones de mejora, de los que están pendientes o en curso de realización. También se han identificado aquellos otros que no se mencionan en los informes de los titulares y que deben ser analizados; todo ello con el objetivo de garantizar que los análisis de las pruebas de resistencia de las centrales españolas sean completos y, en la medida de lo razonable, homogéneos.
- Verificación de que los análisis se han realizado de un modo coherente y sistemático para tratar de identificar y establecer la importancia de las potenciales debilidades u oportunidades de mejora.
- Evaluación de las hipótesis y los métodos de análisis utilizados por los titulares en sus informes, comprobando la adecuación de los mismos al alcance y contenido previsto para las pruebas de resistencia.
- Verificación de que, para todos los aspectos analizados, los informes de los titulares han estudiado las posibles situaciones límite (*cliff edge*). Para esta verificación se han considerado aplicables aquellas situaciones que aunque tengan una probabilidad de ocurrencia muy baja no se pueden considerar imposibles.
- Verificación de que, para todos los aspectos estudiados y de acuerdo con los resultados de los análisis, los informes analizan la conveniencia o la necesidad de reforzar las capacidades existentes, tanto de diseño como organizativas, comprobando que se aporta una justificación razonada de las conclusiones obtenidas al respecto.
- Evaluación de la viabilidad y fiabilidad de las acciones de recuperación y mitigación referenciadas en los informes de los titulares. Ello supone que, en los casos en los que aplicaba, se ha verificado la realización de pruebas específicas y la elaboración de procedimientos escritos al respecto.

La información presentada se ha contrastado con la documentación de licencia y otra información disponible en el CSN, así como con los resultados de las inspecciones previamente realizadas. Dado el calendario establecido para la realización de estos informes, no ha sido posible, hasta este momento, una revisión completa y detallada de todos los cálculos de los titulares.

Además de la evaluación, el CSN ha mantenido diversas reuniones de carácter técnico con los titulares y ha realizado un total de 24 inspecciones (cuatro en cada una de las seis centrales nucleares en operación), en las que se han verificado diversos aspectos del contenido de los informes finales de los titulares, y entre ellos las capacidades de las centrales para hacer frente a:

- Terremotos (determinación de márgenes sísmicos).
- Potenciales inundaciones internas producidas por terremotos.
- Sucesos de pérdida total de la corriente alterna.
- Sucesos con pérdida del sumidero de calor.
- Accidentes severos en el reactor.
- Accidentes en piscinas de combustible gastado.

El CSN no ha podido completar la revisión de algunos aspectos de detalle en el tiempo disponible dentro del programa de pruebas de resistencia, por lo que este organismo va a continuar trabajando en estos temas y realizando aquellas verificaciones que considere necesarias. Así mismo, los titulares tendrán que realizar algunos estudios complementarios y diseñar en detalle las modificaciones propuestas. Adicionalmente, la nueva información que se vaya obteniendo sobre lo ocurrido en Fukushima podrá dar lugar a nuevas mejoras de seguridad a implantar en las centrales nucleares. Por todo ello, este informe no constituye un punto final, sino únicamente un paso más en el trabajo de mejora de la seguridad que están llevando a cabo el organismo regulador y las centrales nucleares españolas como consecuencia del accidente de Fukushima.

Tras la emisión de este informe, el CSN remitirá a cada titular una Instrucción Técnica Complementaria en la que se recogerán las conclusiones obtenidas, incluyendo las propuestas de mejora, otros aspectos identificados en la evaluación del CSN, y los análisis adicionales u otras mejoras que el CSN considera necesarias; también se incluirán los plazos de implantación asociados.

3. DATOS GENERALES DE LAS INSTALACIONES Y USO DE LOS APS

Tal y como se resume a continuación, el parque español de centrales nucleares en operación incluye actualmente seis emplazamientos y un total de ocho unidades. Además existe otro emplazamiento, el de una central actualmente en proceso de desmantelamiento, que mantiene un almacenamiento temporal de combustible gastado:

- Central nuclear de Trillo (KWU-tres lazos).
- Central nuclear Vandellós II (Westinghouse-tres lazos).
- Central nuclear de Cofrentes (GE-BWR6).
- Central nuclear de Ascó (Westinghouse-tres lazos, dos unidades).
- Central nuclear de Almaraz (Westinghouse-tres lazos, dos unidades).
- Central nuclear de Santa María de Garoña (GE-BWR3).
- Central nuclear José Cabrera en fase de desmantelamiento (Westinghouse-un lazo).

En este apartado se incluye una descripción general de cada una de estas instalaciones.

Uso de los APS dentro del proceso de pruebas de resistencia

Las centrales españolas disponen actualmente de Análisis Probabilistas de Seguridad (APS) que se mantienen actualizados y cuyo alcance incluye:

- APS de Nivel 1 de sucesos internos a potencia.
- APS de Nivel 1 de sucesos internos en otros modos de operación.
- APS de Nivel 1 de inundaciones internas a potencia.
- APS de Nivel 1 de incendios internos a potencia.
- APS de Nivel 2 de sucesos internos a potencia.
- APS de otros sucesos externos (IPEEE).
- Adicionalmente, algunas centrales han realizado análisis probabilistas de la piscina de combustible con la unidad en parada.

Desde el inicio del desarrollo de los estudios de APS, y como consecuencia de los aspectos más relevantes identificados en los mismos, los titulares han ido implantando modificaciones de diseño, procedimientos y prácticas de mantenimiento que han supuesto una mejora significativa de la capacidad de las centrales para responder a transitorios y a accidentes. Adicionalmente, los APS constituyen la base para el desarrollo de diversas aplicaciones informadas en el riesgo como la Regla de Mantenimiento o la gestión de mantenimiento mediante el uso de un "monitor de riesgo" como apoyo a la toma de decisiones.

El uso de los APS dentro de los análisis asociados a las Pruebas de Resistencia es el siguiente:

- Márgenes de seguridad frente a terremotos: las centrales han analizado el "margen sísmico" partiendo de los análisis de sucesos externos ya existentes (IPEEE), tal y como se describe en el apartado 4.1.a de este informe.
- Análisis de inundaciones debidas a roturas de equipos no sísmicos: los titulares han utilizado el análisis de APS de inundaciones internas para identificar tuberías no sísmicas susceptibles de generar sucesos iniciadores y de afectar a sistemas de mitigación, tal y como se describe en el apartado 4.2 de este informe.
- Análisis de "otros sucesos naturales extremos": los titulares han utilizado los resultados de su IPEEE para realizar un cribado de los sucesos extremos creíbles en el emplazamiento, tal y como se describe en el apartado 4.2 de este informe.

3.1. Central nuclear de Trillo

La central nuclear de Trillo es propiedad de las compañías Iberdrola Generación S.A., Gas Natural SDG S.A., Hidroeléctrica del Cantábrico S.A. y Nuclenor S.A.

a) Emplazamiento

La central nuclear de Trillo está ubicada en el paraje denominado Cerrillo Alto, término municipal de Trillo (Guadalajara), en la margen derecha del río Tajo. El emplazamiento dista, en línea recta, 93 km de Madrid y 47 km de Guadalajara y está situado al Este/Nordeste de Madrid y Guadalajara, siendo la altitud del nivel general de explanación de la central, con respecto al nivel medio del mar en Alicante, de 832,0 m. Dista, aproximadamente, 300 km del mar.

b) Descripción de la unidad

En el emplazamiento funciona un único reactor de producción de energía eléctrica del tipo *Pressurized Water Reactor* (PWR) de tres lazos y cuya potencia térmica nominal es 3027,0 Mwt, correspondiente a una potencia del reactor de 3010,0 Mwt. El diseño y suministro fue efectuado por la empresa alemana Kraftwerk Union Aktiengesellschaft (KWU). En la actualidad el "suministrador principal" es la empresa francesa AREVA. La primera criticidad del reactor fue alcanzada el 14 de mayo del año 1988.

- **Sistema de refrigeración del reactor**

El sistema de refrigeración del reactor está constituido por la vasija a presión, que alberga el núcleo del reactor, y tres lazos de refrigeración, cada uno con una bomba de refrigeración y un generador de vapor. Uno de los lazos incorpora, en la rama caliente, el presionador.

- **Otros sistemas relevantes**

Los principales sistemas que se referencian en estos análisis son los siguientes:

- Sistema de refrigeración de emergencia del núcleo.
- Sistema de agua de alimentación de emergencia.
- Sistema de aislamiento de la contención.

Los dos primeros sistemas constan básicamente de cuatro trenes redundantes, de los cuales es suficiente disponer de dos para poder llevar a cabo la función de seguridad asignada, y están diseñados como sistemas Categoría Sísmica I, por lo que soportan las cargas del Terremoto Base de Diseño (SE: *Safe Earthquake*). Estos tres sistemas se albergan en estructuras Categoría Sísmica I, que los protegen de los sucesos externos postulados en el emplazamiento.

El sistema de refrigeración de emergencia del núcleo (ECCS) comprende un sistema de inyección de media-alta presión (11 MPa-rel), un sistema pasivo compuesto por seis acumuladores de inyección a media-baja presión (2,5 MPa-rel), y con un volumen de agua borada de 35 m^3 cada uno, y un sistema de inyección de baja presión. Estos sistemas garantizan la integridad del combustible ante el accidente postulado de rotura del sistema de refrigeración del reactor (LOCA: *Loss of Coolant Accident*). La actuación del ECCS junto con la del Sistema de aislamiento de contención, que provoca el cierre de las líneas de transporte de fluidos que atraviesan la contención, garantiza además que, en caso de accidente postulado, no se superarán los límites de dosis establecidos.

La fuente de agua borada para los sistemas activos de refrigeración de emergencia la constituyen los cuatro tanques dobles de agua de borada (TAB), uno por cada redundancia, que contienen un volumen de agua borada de 260 m^3 cada uno.

El sistema de agua de alimentación de emergencia dispone de cuatro trenes dotados cada uno de un motor diesel, que mueve un generador eléctrico (de emergencia) y una bomba. Este sistema permite inyectar agua a los generadores de vapor y alimentar eléctricamente todas las cargas asociadas. Cada tren del sistema dispone de una piscina o "balsa" como fuente independiente de agua.

La refrigeración de la piscina de combustible gastado la realiza el sistema de refrigeración de emergencia del núcleo, el cual dispone de tres trenes para la realización de esta función, uno de ellos "dedicado".

Estos sistemas requieren para su operación de sistemas soporte (refrigeración/suministro de energía), diseñados también como Categoría Sísmica I.

- **Sistemas de alimentación eléctrica**

La central nuclear de Trillo dispone, para su consumo interno, de las siguientes vías de suministro: desde la red principal de 400 kV, que continúa disponible tras un disparo del generador gracias a la apertura del "interruptor de generación"; el generador principal para consumo propio (operación "en isla"); y la alimentación desde la red de reserva de 220 kV, en el caso de fallo de las dos vías de alimentación anteriores.

Adicionalmente a lo anterior, existe otra vía de alimentación para las redes de salvaguardia y emergencia desde una tercera red exterior de 132 kV, independiente de las alimentaciones de 400 kV y 220 kV, con capacidad para llevar y mantener la planta en condición segura.

Ante pérdida de suministro eléctrico exterior (LOOP: *Loss of Off-site Power*), la alimentación a las redes internas de salvaguardia y emergencia se realiza mediante el arranque automático de los cuatro generadores diesel de salvaguardias de 6130 kVA. Estos generadores están refrigerados por el sistema de agua de refrigeración esencial, el cual vierte su carga térmica al sumidero final de calor. En esta situación se dispone de procedimientos que contemplan el arranque priorizado de las centrales hidráulicas de Bolarque, Buendía y Entrepeñas.

En caso de pérdida total de corriente alterna (SBO: *Station Blackout*), es decir pérdida de las fuentes exteriores y de los generadores diesel de salvaguardias, se dispone de los ya mencionados generadores diesel de emergencia de 1500 kVA para mantener, en caso necesario, la alimentación eléctrica a diversos equipos relacionados con la seguridad. Estos generadores están refrigerados por el propio sistema de agua de alimentación de emergencia.

Tanto los generadores diesel de salvaguardias como los de emergencia, están diseñados como Categoría Sísmica I.

- **Sumidero de calor**

El sumidero principal de calor de la central nuclear de Trillo está constituido por el sistema de agua de circulación que consiste en un sistema cerrado con dos torres húmedas de tiro natural. Tras un disparo del reactor, el calor residual es extraído, a través de los generadores de vapor, en circuito cerrado que descarga al condensador.

El sumidero final para la evacuación del calor residual del núcleo del reactor en la parada, refrigeración de la piscina de combustible gastado y refrigeración de sistemas auxiliares, lo constituye el sistema de agua de servicios esenciales, que dispone de dos balsas de agua y torres de refrigeración de

tiro forzado. Las reservas de agua de las balsas de servicios esenciales están dimensionadas para garantizar la refrigeración durante 30 días sin necesidad de aporte externo tras el accidente base de diseño (LOCA), considerando el contenido de una sola de las dos balsas. Este sumidero está diseñado como Categoría Sísmica I y, como todo el emplazamiento, se encuentra protegido de las eventuales inundaciones del río Tajo al estar situado en una cota muy por encima del nivel normal del río.

- **Edificio de Contención**

El Edificio de Contención es del tipo denominado *Large Dry Contaiment* con un volumen libre aproximado de 59000 m^3. El edificio está formado por una esfera de acero *autoportante* envuelta por un edificio de hormigón armado ("anillo"), formando una contención doble. Este último edificio aloja diversos sistemas de seguridad de la central. La losa de cimentación es de hormigón armado y dispone de una cavidad donde se aloja la vasija del reactor.

La presión y la temperatura de diseño del Edificio de Contención son, respectivamente, 0,538 MPa-rel y 145ºC. En los análisis realizados en el marco del APS Nivel 2, se determinó que la capacidad última del Edificio de Contención es de 0,755 MPa-rel.

- **Almacenamientos del combustible gastado**

La central dispone de dos almacenamientos de combustible gastado: la piscina de combustible, situada en el interior del Edificio de Contención, y un almacén temporal individualizado de contenedores de combustible gastado, localizado dentro de la zona bajo control del titular.

- *Piscina de combustible gastado*

Las paredes de la piscina están hechas de hormigón armado que actúa como soporte de un revestimiento de acero austenítico (*liner*). La piscina tiene capacidad para almacenar 628 elementos combustibles, manteniendo la capacidad adicional para un núcleo completo (177 elementos combustibles). Los bastidores son de diseño compacto y con canales de acero borado. El diseño de la piscina, garantiza una constante de multiplicación efectiva no superior a 0,95 siempre que haya una determinada concentración de boro en el agua de la piscina, la cual es inferior a la requerida por las Especificaciones de Funcionamiento (2550 ppm).

- *Almacén temporal*

El almacén temporal individualizado de contenedores de combustible gastado es propiedad de la central así como el combustible almacenado en los contenedores, siendo éstos últimos propiedad de la Empresa Nacional de Residuos Radiactivos (Enresa). Cuando los contenedores se trasladen al futuro almacén centralizado, el combustible gastado almacenado en dichos contenedores pasará a ser propiedad de Enresa.

El almacén temporal se ha proyectado para una capacidad de 80 contenedores. El edificio en el que se encuentran alojados está diseñado con Categoría Sísmica I. El diseño pasivo del contenedor y del edificio asegura, mediante convección natural, la evacuación del calor residual generado en las condiciones previstas de almacenamiento.

- **Diferencias significativas de seguridad entre las unidades**

No aplica.

3.2 Central nuclear Vandellós II

La central nuclear Vandellós II es propiedad de las compañías eléctricas Endesa Generación S.A. (72%) e Iberdrola Generación S.A.U. (28%).

a) Emplazamiento

La central está situada en la provincia de Tarragona en la costa del mar Mediterráneo. El emplazamiento se encuentra localizado en la franja de terreno comprendida entre la autopista AP-7 y el mar, y queda dividido en dos partes por la línea férrea de Valencia a Barcelona y por la carretera N-340.

La zona es de clima mediterráneo y participa del clima suave propio de las costas nororientales de la Península Ibérica, aunque dada su proximidad a la cuenca del río Ebro, que constituye un canal para la circulación de vientos, se ve afectada por los mismos.

Junto al emplazamiento no existen cauces de agua permanente que alcancen el mar, sino pequeños torrentes de régimen intermitente que sólo llevan agua en caso de tormentas.

b) Descripción de la unidad

En el emplazamiento funciona un único reactor de producción de energía eléctrica del tipo *Pressurized Water Reactor* (PWR) de tres lazos, diseño Westinghouse, de potencia térmica nominal 2940,6 Mwt.

La central efectuó la primera carga de combustible en agosto de 1987. La criticidad inicial se llevó a cabo el 13 de noviembre de 1987 y la declaración de operación comercial el 8 de marzo de 1988.

- **Sistema de refrigeración del reactor**

El Sistema de refrigeración del reactor está constituido por la vasija a presión, que alberga el núcleo del reactor, y tres lazos de refrigeración, cada uno con una bomba de refrigeración y un generador de vapor. Uno de los lazos incorpora, en la rama caliente, el presionador.

- **Otros sistemas relevantes**

Los principales sistemas que se referencian en estos análisis son los siguientes:

- Sistema de refrigeración de emergencia del núcleo.
- Sistemas de despresurización y refrigeración de contención (rociado y unidades de enfriamiento).
- Sistema de aislamiento de la contención.
- Sistema de control del gases combustibles en contención.
- Sistema de agua de alimentación auxiliar.
- Sistema de habitabilidad de la sala de control.

Todos estos sistemas son sistemas de salvaguardias y constan de dos trenes redundantes, cada uno de los cuales es capaz de llevar a cabo la función de seguridad asignada y están diseñados como sistemas Categoría Sísmica I, por lo que soportan las cargas del Terremoto Base de Diseño (SSE: *Safe Shutdown Earthquake*). Estos sistemas se albergan en estructuras Categoría Sísmica I que los protegen de los sucesos externos postulados en el emplazamiento.

El Sistema de refrigeración de emergencia del núcleo (ECCS) comprende un sistema de inyección de alta presión, un sistema pasivo de inyección a media presión (tres acumuladores) y un sistema de inyección de baja presión. Estos sistemas garantizan la integridad del combustible ante el accidente postulado de

rotura del sistema de refrigeración del reactor (LOCA: *Loss of Coolant Accident*). La actuación del ECCS junto con el edificio de contención y sus sistemas de salvaguardias (sistema de aislamiento, sistema de rociado y unidades de refrigeración de contención) garantizan que, en caso de accidente postulado, no se superarán los límites de dosis establecidos.

La fuente de agua borada para los sistemas activos de refrigeración de emergencia la constituye el tanque de almacenamiento de agua de recarga (TAAR), cuyo inventario de agua es de 2891 m^3 (alto nivel).

Los Sistemas de Salvaguardias de la Contención tienen como objetivo la reducción de presión y temperatura en el Edificio de Contención tras la ocurrencia de los accidentes base de diseño de rotura del Sistema de Refrigeración del Reactor (LOCA) y rotura de Línea de Vapor Principal (MSLB), evitando que se alcance la presión y temperatura de diseño del edificio, y garantizando que los valores alcanzados se reducen a menos de la mitad en un intervalo de 24 horas. Por su parte, el Sistema de Aislamiento de Contención provoca el cierre de las líneas de transporte de fluidos que atraviesan la Contención.

El sistema de agua de alimentación auxiliar se diseña para inyectar agua a los generadores de vapor ante cualquier suceso que provoque la parada del reactor, permitiendo la extracción del calor sensible y residual del núcleo del reactor. Dispone de dos bombas accionadas eléctricamente y una turbobomba accionada por vapor. Cada una de las tres bombas, por sí sola, es capaz de proporcionar a los generadores de vapor el caudal necesario para la extracción de la potencia residual del núcleo del reactor. La fuente preferente de agua para el sistema la constituye el tanque de condensado (1850 m^3). Como alternativa se dispone del tanque de apoyo al agua de alimentación auxiliar con una capacidad de 4540 m^3.

La central dispone de un sistema específico para la refrigeración y limpieza de la piscina de combustible gastado.

Los sistemas de salvaguardias requieren para su operación de sistemas soporte (refrigeración/suministro de energía), diseñados también como Categoría Sísmica I.

- **Sistemas de alimentación eléctrica**

La central dispone de tres fuentes de alimentación eléctrica exterior independientes a través de tres líneas eléctricas que suministran energía a 400 kV, 220 kV y 110 kV. La alimentación de 400 kV es la línea preferente de alimentación a los servicios auxiliares de la central, y en parada, en operación normal y parada a través del transformador de la unidad, el cual alimenta todas las barras de 6.25 kV clase 1E y No-1E, a través de las barras de fase agrupadas, donde se conectan también las otras dos fuentes exteriores. La red de 220 kV alimenta al transformador auxiliar exterior y éste a las barras de 6,25 kV clase 1E y No-1E. La fuente de 110 kV se utiliza en caso de indisponibilidad de la red de 400 kV o de la red de 220 kV, fundamentalmente durante las paradas de recarga.

Ante la pérdida de suministro eléctrico exterior (LOOP: *Loss of Off-site Power*) las barras de salvaguardias se alimentan mediante su correspondiente generador diesel de emergencia de 7200 kVA. Estos generadores están dotados de aerorefrigeradores que vierten su carga térmica a la atmósfera. En estas condiciones, la línea de 220 kV, que proviene de la central hidráulica de Ribarroja, permitiría alimentar de modo dedicado (configuración isla) a las barras normales y de salvaguardias.

En caso de pérdida total de corriente alterna (SBO: *Station Blackout*), es decir pérdida de las fuentes exteriores y de los generadores diesel citados anteriormente, se dispone de un tercer generador diesel de 2814 kVA, el cual puede alimentar a los cargadores de baterías y a la bomba de prueba hidrostática, que permite mantener la inyección a los sellos de las bombas del sistema del refrigerante del reactor o reponer inventario a dicho sistema. Este generador también está dotado de aerorefrigeradores que vierten su carga térmica a la atmósfera.

- **Sumidero de calor**

El sumidero principal de calor de central nuclear Vandellós II está constituido por el mar Mediterráneo. La impulsión del agua del mar se realiza mediante dos bombas verticales de pozo húmedo pertenecientes al sistema de agua de servicios esenciales.

El sumidero de calor alternativo (sumidero final de calor, UHS) está constituido por dos torres de refrigeración de tiro forzado con dos sistemas redundantes de bombeo y distribución del agua de refrigeración, y una balsa de almacenamiento de agua que proporciona autonomía durante 30 días. Este sumidero es de Categoría Sísmica I y se encuentra protegido de las eventuales inundaciones marinas al estar situado a más de 20 m por encima del nivel del mar.

- **Edificio de Contención**

El Edificio de Contención es del tipo denominado *Large Dry Containment* con un volumen libre aproximado de 62000 m^3. El edificio está formado por una pared cilíndrica vertical (de 40 m de diámetro), cerrada en su parte superior por una cúpula semiesférica (63,40 m de altura interior) y está constituido por una estructura de hormigón armado, con un pretensado adicional de la pared cilíndrica y de la cúpula semiesférica mediante un sistema de tendones *postesos*. La losa de cimentación es de hormigón armado y dispone de una cavidad donde se aloja la vasija del reactor.

El paramento interior del Edificio de Contención está revestido de un *liner* (chapa de acero al carbono), para lograr la estanqueidad del recinto; las fugas admisibles deben ser inferiores al 0,2 % del volumen del edificio en 24 horas, a la presión de pico que se alcanzaría en el peor accidente postulado.

La cavidad del reactor es de tipo "seca", lo que significa que para lograr la entrada de agua en la misma es necesario descargar en la contención un volumen de agua superior al del TAAR.

La presión y la temperatura de diseño del Edificio de Contención son respectivamente 0,3796 MPa-rel y 148,9 ºC. En los análisis realizados en el marco del APS Nivel 2, se determinó que la capacidad última del Edificio de Contención (presión a la que se produciría el fallo de estanqueidad) es de 0,8667 MPa-rel.

- **Almacenamiento de combustible gastado**

El combustible ya quemado se almacena bajo agua en la piscina de combustible gastado ubicada, en el edificio de combustible, anexo al Edificio de Contención. La estructura del edificio, incluyendo la propia piscina y su sistema de refrigeración, se han diseñado como Categoría Sísmica I. La piscina de combustible gastado es de hormigón, revestida de acero inoxidable, contiene agua borada, tiene una capacidad de 1594 posiciones de almacenamiento, y los bastidores están fabricadas en acero inoxidable borado.

- **Diferencias significativas de seguridad entre las unidades**

No aplica.

3.3 Central nuclear de Cofrentes

La central nuclear de Cofrentes es propiedad al 100% de la compañía eléctrica Iberdrola Generación S.A.U.

a) Emplazamiento

La central está situada en la margen derecha del río Júcar, cerca de la cola del embalse de Embarcaderos, término municipal de Cofrentes, provincia de Valencia.

Se trata de una plataforma apoyada por el Este en la cadena montañosa que cierra el valle del Júcar y separada por el Oeste del cauce del río y de la cola del embalse por una península de casi 1 km de longitud. La altitud de la zona inmediatamente alrededor del emplazamiento es variable (Peña Lisa, Las Rochas, Loma de Serrano) pero está a más de 45 m sobre el nivel máximo del agua en el río y embalse (cota máxima 325,8 m).

El emplazamiento se encuentra a 2 km del pueblo de Cofrentes y a más de 3 km de Jalance. No existe población dispersa en los alrededores. La cota de explanación de la central se encuentra a una altitud de 372 m sobre el nivel del mar y está a unos 65 km de distancia de la costa del mar Mediterráneo.

Existen dos grandes presas aguas arriba del emplazamiento de la central: la presa de Alarcón, situada a 170 km sobre el río Júcar y con una capacidad de almacenamiento de 1182 hm^3, y la presa de Contreras a 106 km de distancia, en el río Cabriel, y con una capacidad de 852 hm^3. Ambas presas son del tipo "de gravedad".

b) Descripción de la unidad

En el emplazamiento funciona un único reactor de producción de energía eléctrica del tipo BWR-6 proyectado y suministrado por General Electric (GE), cuya potencia térmica actualmente licenciada es de 3237 Mwt.

El inicio de la construcción tuvo lugar en septiembre de 1975, la primera criticidad del reactor en agosto de 1984 y la primera conexión a la red eléctrica en octubre de este mismo año, alcanzándose el 100% de potencia en el mes de enero de 1985. La central nuclear de Cofrentes comenzó su operación comercial en el mes de marzo de 1985.

- **Sistema de refrigeración del reactor**

El sistema de refrigeración del reactor está constituido por la vasija a presión, que alberga el núcleo del reactor, y dos lazos de recirculación, dotado cada uno con una bomba.

- **Otros sistemas relevantes**

Los principales sistemas que se referencian en estos análisis son los siguientes:

- Sistema de refrigeración de emergencia del núcleo (ECCS).
- Sistema de rociado de la contención, que forma parte del LPCI (subsistema del ECCS).
- Sistema de enfriamiento de la piscina de supresión, que forma parte del LPCI.
- Sistema de aislamiento de la contención.
- Sistema de control de gases combustibles en contención.
- Sistemas de habitabilidad de la sala de control.
- Sistema de refrigeración del núcleo aislado(RCIC)

Todos estos sistemas, excepto el RCIC, son sistemas de salvaguardias, y constan de dos trenes redundantes, cada uno de los cuales es capaz de llevar a cabo la función de seguridad asignada y están diseñados como sistemas Categoría Sísmica I, por lo que soportan las cargas del terremoto base de diseño (SSE: *Safe Shutdown Earthquake*). Estos sistemas se albergan en estructuras Categoría Sísmica I que los protegen de los sucesos externos postulados en el emplazamiento.

El sistema de refrigeración de emergencia del núcleo (ECCS) está compuesto por los subsistemas de rociado del núcleo a alta presión (HPCS), de rociado del núcleo a baja presión (LPCS), de inyección a baja presión (LPCI) y de despresurización automática (ADS). La fuente de agua exterior para los

sistemas de refrigeración de emergencia la constituye el tanque de almacenamiento de condensado (TAC), con una capacidad mínima de de 701 m^3.

Los sistemas de salvaguardias de la contención tienen como objetivo la reducción de presión y temperatura en el Edificio de Contención tras la ocurrencia de los accidentes base de diseño de rotura en el Sistema de Refrigeración del Reactor (LOCA), incluyendo la rotura de Línea de Vapor Principal antes de sus válvulas de aislamiento, evitando que se alcance la presión y temperatura de diseño del edificio. Por su parte, el Sistema de Aislamiento de Contención provoca el cierre de las líneas de transporte de fluidos que atraviesan la Contención. La actuación del ECCS junto con el Edificio de Contención y sus sistemas de salvaguardias (Sistema de Aislamiento y Sistema de Rociado) garantizan que, en caso de accidente postulado, no se superarán los límites de dosis establecidos.

La central dispone de un sistema específico para la refrigeración y limpieza de la piscina de combustible gastado.

Los sistemas de salvaguardias requieren para su operación de sistemas soporte (refrigeración/suministro de energía), diseñados también como Categoría Sísmica I.

Además, la central dispone del sistema RCIC, sistema *monotren* dotado de una turbobomba que aspira del tanque de condensado, y que permite mantener el inventario del reactor.

- **Sistemas de alimentación eléctrica**

La central dispone de dos fuentes de alimentación eléctrica exterior independientes a través de las diversas líneas eléctricas que suministran energía a 400 kV y 138 kV, y que constituyen la fuente de energía preferente para el arranque y parada de la misma, así como para la alimentación de las barras normales de 6,3 kV (A1, A2, A3 y A4) y de salvaguardia (EA1 y EA2) cuando la unidad está parada.

Se dispone de un "interruptor de generación" que permite aislar al generador del resto del sistema permitiendo, en caso de disparo del generador principal, alimentar los servicios eléctricos de la central desde el parque de 400 kV a través del transformador principal (T1) y los transformadores auxiliares (T-A1 y T-A2).

Ante la pérdida de suministro eléctrico exterior (LOOP: *Loss of Off-site Power*), las barras de salvaguardias se alimentan mediante su correspondiente generador diesel de emergencia de 5509 kVA. Estos generadores están refrigerados por el sistema de agua de servicios esenciales, el cual vierte su carga térmica al sumidero final de calor. Además, se encuentra procedimentada la reposición preferente desde las centrales hidráulicas de Cofrentes, Millares II, Cortes II y La Muela, todas ellas con capacidad de arranque autónomo.

En caso de pérdida total de corriente alterna (SBO: *Station Blackout*), es decir pérdida de las fuentes exteriores y de los generadores diesel citados anteriormente, se dispone de un tercer generador diesel de 3000 kVA, el cual alimenta a la bomba del HPCS y sus equipos auxiliares, lo que permite mantener el inventario del sistema de refrigeración del reactor. Este generador está también refrigerado por el sistema de agua de servicios esenciales.

- **Sumidero de calor**

El sumidero principal de calor de la central nuclear de Cofrentes está constituido por dos torres de refrigeración de tiro natural, que extraen el calor del condensador principal, y de una batería de torres de tiro forzado que permiten eliminar la carga térmica de los sistemas auxiliares durante la operación normal.

El sumidero de calor alternativo (sumidero final de calor, UHS) está constituido por una balsa, y tres subsistemas de bombeo y distribución del agua de refrigeración, cuyo retorno se hace a través de un conjunto de boquillas aspersoras, que descargan sobre la propia balsa, permitiendo disipar las cargas térmicas en caso de accidente. La balsa proporciona autonomía durante 30 días. Este sumidero es Categoría Sísmica I y se encuentra protegido de las eventuales inundaciones del río Júcar al estar situado en una cota muy por encima del nivel normal del río.

- **Edificio de Contención**

El Edificio de Contención es del tipo GE Mark III, con capacidad de supresión de presión, y dotado de doble contención con una estructura de acero autosustentada, envuelta exteriormente por un edificio de hormigón armado. El volumen libre de la contención es aproximadamente 36000 m^3.

La presión y la temperatura de diseño del Edificio de Contención son respectivamente 0,103 MPa-rel y 85 ºC. En los análisis realizados en el marco del APS Nivel 2, se determinó que la capacidad última del Edificio de Contención (presión a la que se produciría el fallo de estanqueidad) es de 0,57 MPa-rel.

- **Almacenamiento de combustible gastado**

El combustible ya quemado se almacena bajo agua en dos piscinas (Piscina de Almacenamiento Este y Piscina de Almacenamiento Oeste) situadas en el Edificio de Combustible anexo al Edificio de Contención. La estructura del edificio, incluyendo las propias piscinas y su sistema de refrigeración, se han diseñado como Categoría Sísmica I. La piscina de combustible gastado es de hormigón, revestida de acero inoxidable y tiene una capacidad de 5404 posiciones de almacenamiento tras haberse llevado a cabo dos procesos de sustución de los bastidores originales por otros de tipo compacto.

- **Diferencias significativas de seguridad entre las unidades**

No aplica.

3.4 Central nuclear de Ascó

La unidad I de la central nuclear de Ascó es propiedad de la compañía eléctrica Endesa Generación S.A. (100%). Por su parte, la unidad II es propiedad de las compañías eléctricas Endesa Generación S.A. (85%) e Iberdrola Generación S.A. (15%).

a) Emplazamiento

El emplazamiento en el que se ubica la central ocupa una extensión aproximada de 243 Ha y está situado en la orilla derecha del río Ebro, entre las localidades de Flix y Ascó, en la provincia de Tarragona, y a 110 km de la desembocadura del río, en el mar Mediterráneo.

Los terrenos de la central están divididos en dos por la línea del ferrocarril. Entre el ferrocarril y la carretera se disponen la mayoría de las instalaciones de la central, a excepción de las estructuras de toma y descarga de agua de refrigeración, el parque de 380 kV y diversas torres de refrigeración de no seguridad.

Los terrenos circundantes son principalmente de aprovechamiento agrícola, con grandes extensiones de terreno no cultivado; la única instalación industrial destacable es una factoría electroquímica situada a unos 4 km de la central.

La población es muy reducida en las proximidades de la central. En un radio de 2 km se considera que la densidad es prácticamente nula. Hasta los 4 km de distancia, la densidad de población alcanza un valor de 130

habitantes por km^2, debida a las poblaciones de Flix, Ascó y Vinebre, pero en un radio superior a los 5 km la densidad decrece fuertemente, de modo que sobre un círculo de 40 km alcanza un valor cercano a los 26 habitantes por km^2. La población más importante dentro del radio de los 40 km, es Fraga con 14539 habitantes.

La zona es de clima mediterráneo, con inviernos suaves y veranos algo calurosos. En el régimen de vientos dominan los húmedos y cálidos.

El río Ebro a su paso junto al emplazamiento tiene un ancho de, aproximadamente, 150 m, su caudal medio durante el periodo de 68 años para el que se dispone de aforos es de 500 m^3/s, y el valor mínimo registrado es de 100 m^3/s. El cauce del río discurre a través del fondo del valle y constituye, en más de la mitad de su longitud total (700 km), un cauce de inundación que lamina las puntas de las avenidas; además, las presas construidas en su cuenca aumentan este efecto.

Existen tres presas importantes en el Ebro situadas a menos de 100 km aguas arriba del emplazamiento: éstas son las presas de Flix, con un embalse de 11,4 hm^3 (actualmente reducido a 6 hm^3) y situado a unos 10 km aguas arriba; la presa de Ribarroja, con un embalse de 267 hm^3 y a 30 km aguas arriba y la presa de Mequinenza, con un embalse de 1530 hm^3 a 70 km aguas arriba.

b) Descripción de las unidades

En el emplazamiento funcionan dos reactores de producción de energía eléctrica del tipo *Pressurized Water Reactor* (PWR) de tres lazos, diseño Westinghouse, de potencia térmica nominal 2940,6 Mwt cada uno que presentan pequeñas diferencias, las cuales no son relevantes desde el punto de vista de la seguridad.

La unidad I alcanzó su primera criticidad el 17 de junio de 1983, y la operación comercial el 10 de diciembre de 1984. La unidad II alcanzó su criticidad inicial el 11 de septiembre de 1985, y la operación comercial el 31 de marzo de 1986.

La descripción siguiente aplica a ambas unidades:

- **Sistema de refrigeración del reactor**

El sistema de refrigeración del reactor está constituido por la vasija a presión, que alberga el núcleo del reactor, y tres lazos de refrigeración, cada uno con una bomba de refrigeración y un generador de vapor. Uno de los lazos incorpora, en la rama caliente, el presionador.

- **Otros sistemas relevantes**

Los principales sistemas que se referencian en estos análisis son los siguientes:

- Sistema de refrigeración de emergencia del núcleo.
- Sistemas de despresurización y refrigeración de contención (rociado y unidades de enfriamiento).
- Sistema de aislamiento de la contención.
- Sistema de control de gases combustibles en contención.
- Sistema de agua de alimentación auxiliar.
- Sistema de habitabilidad de la sala de control.

Todos estos sistemas son sistemas de salvaguardias, y constan de dos trenes redundantes, cada uno de los cuales es capaz de llevar a cabo la función de seguridad asignada y están diseñados como sistemas Categoría Sísmica I, por lo que soportan las cargas del Terremoto Base de Diseño (SSE: *Safe Shutdown Earthquake*). Estos sistemas se albergan en estructuras Categoría Sísmica I, que los protegen de los sucesos externos postulados en el emplazamiento.

El sistema de refrigeración de emergencia del núcleo (ECCS) comprende un sistema de inyección de alta presión, un sistema pasivo de inyección a media presión (tres acumuladores) y un sistema de inyección de baja presión. Estos sistemas garantizan la integridad del combustible ante el accidente postulado de rotura del sistema de refrigeración del reactor (LOCA: *Loss of Coolant Accident*). La actuación del ECCS junto con el Edificio de Contención y sus sistemas de salvaguardias (sistema de aislamiento, sistema de rociado y unidades de refrigeración de contención) garantizan que, en caso de accidente postulado, no se superarán los límites de dosis establecidos.

La fuente de agua borada para los sistemas activos de refrigeración de emergencia la constituye el tanque de almacenamiento de agua de recarga (TAAR), cuyo inventario de agua es de 1500 m^3.

Los sistemas de salvaguardias de la contención tienen como objetivo la reducción de presión y temperatura en el Edificio de Contención tras la ocurrencia de los accidentes base de diseño de rotura del sistema de refrigeración del reactor (LOCA) y rotura de la línea de vapor principal (MSLB), evitando que se alcance la presión y temperatura de diseño del edificio, y garantizando que los valores alcanzados se reduzcan a menos de la mitad en un intervalo de 24 horas. Por su parte, el sistema de aislamiento de contención provoca el cierre de las líneas de transporte de fluidos que atraviesan la contención.

El sistema de sgua de slimentación suxiliar se diseña para inyectar agua a los generadores de vapor ante cualquier suceso que provoque la parada del reactor, permitiendo la extracción del calor residual del núcleo del reactor. Dispone de dos bombas accionadas eléctricamente y una turbobomba accionada por vapor. Cada una de las tres bombas, por sí sola, es capaz de proporcionar a los generadores de vapor el caudal necesario para la extracción de la potencia residual del núcleo del reactor. La fuente preferente de agua para el sistema la constituye el tanque de condensado (908 m^3). Como alternativa se dispone de la balsa de almacenamiento de agua de reposición a las torres (29774 m^3).

La central dispone de un sistema específico para la refrigeración y limpieza de la piscina de combustible gastado.

Los sistemas de salvaguardias requieren para su operación de sistemas soporte (refrigeración/suministro de energía), diseñados también como Categoría Sísmica I.

- **Sistemas de alimentación eléctrica**

La energía eléctrica para el arranque y para cargas de emergencia se toma del parque de 110 kV, el cual está interconectado a la red exterior de 220 kV y, mediante un transformador de 200 MVA, al parque de 400 kV. La alimentación exterior para los sistemas de salvaguardias se toma desde la red de 110 kV, a través de los transformadores auxiliares de arranque (TAA) de 62 MVA de los que existen dos transformadores por cada unidad.

Ante la pérdida de suministro eléctrico exterior (LOOP: *Loss of Off-site Power*) en una unidad, las dos barras de salvaguardias se alimentan mediante su correspondiente generador diesel de emergencia de 5625 kVA. Estos generadores están refrigerados por el sistema de agua de servicios de salvaguardias tecnológicas, el cual vierte su carga térmica al sumidero final de calor. En estas condiciones, la línea de 220 kV, que proviene de la central hidráulica de Ribarroja, permitiría alimentar a la central de modo dedicado (configuración en Isla).

En el caso de pérdida total de la corriente alterna (SBO: *Station Blackout*), es decir pérdida de las fuentes exteriores y de los Generadores diesel citados anteriormente, se dispone de un tercer generador diesel (compartido por ambas unidades) de 2600 kVA, el cual puede conectarse de forma manual a una de las barras de salvaguardia de cada una de las unidades. Este generador está refrigerado por un sistema cerrado dotado de torre de refrigeración, a través de la cual vierte su carga térmica a la atmósfera.

- **Sumidero de calor**

El sumidero principal de calor de la central nuclear Ascó I y II está constituido por el río Ebro, con varios sistemas de bombeo que proporcionan agua de refrigeración para la extracción de las cargas térmicas en operación normal.

El sumidero de calor alternativo (sumidero final de calor, UHS) está constituido, para cada una de las dos unidades de la central, por dos torres de refrigeración, dos subsistemas redundantes de bombeo y distribución del agua de refrigeración y una balsa de almacenamiento de agua, esta última común para ambas unidades, que proporciona autonomía durante 30 días. Este sumidero está diseñado como Categoría Sísmica I y se encuentra protegido de las eventuales inundaciones del río Ebro al estar situado al menos a 18 m por encima del nivel normal del río.

- **Edificio de Contención**

El Edificio de Contención es del tipo denominado *Large Dry Contaiment* con un volumen libre aproximado de 62000 m^3. La estructura externa del edificio está constituida por un cilindro recto vertical (de 40 m de diámetro interior y 59,06 m de altura interior) y una cúpula tórico-esférica con un anillo de refuerzo, ambos de hormigón armado con tendones para el postensado de la estructura. La losa de cimentación es de hormigón armado y dispone de una cavidad donde se aloja la vasija del reactor.

El paramento interior del Edificio de Contención está revestido de un *liner* (chapa de acero al carbono), para lograr la estanqueidad del recinto; las fugas admisibles deben ser inferiores al 0,2 % del volumen del recinto en 24 horas, a la presión de pico que se alcanzaría en el peor accidente postulado.

La cavidad del reactor es de tipo "seca", lo que significa que para lograr la entrada de agua en la misma es necesario descargar en contención un volumen de agua superior al del TAAR.

La presión y la temperatura de diseño del Edificio de Contención son respectivamente 0,37 MPa-rel y 148,9 ºC. En los análisis realizados en el marco del APS Nivel 2, se determinó que la capacidad última del Edificio de Contención (presión a la que se produciría el fallo de estanqueidad) es de 0,71 MPa-rel.

- **Almacenamiento de combustible gastado**

El combustible ya quemado se almacena bajo agua en las piscinas de combustible gastado ubicadas, para cada unidad, en el Edificio de Combustible, situado junto al Edificio de Contención. La estructura del edificio, incluyendo la propia piscina y su sistema de refrigeración, se han diseñado como Categoría Sísmica I. Las piscinas de combustible gastado son de hormigón, revestidas de acero inoxidable, contienen agua borada, tienen una capacidad de 1421 posiciones de almacenamiento y los bastidores están fabricados en acero inoxidable borado.

- **Diferencias significativas de seguridad entre las unidades**

Las dos unidades presentan pequeñas diferencias que, como ya se ha mencionado, no son relevantes desde el punto de vista de la seguridad.

3.5 Central nuclear de Almaraz

La central nuclear de Almaraz es propiedad de las compañías Iberdrola Generación S.A., Endesa Generación S.A. y Gas Natural SDG S.A.

a) Emplazamiento

La central nuclear de Almaraz está localizada en la margen izquierda del embalse del arroyo Arrocampo, en el término municipal de Almaraz (Cáceres), a 16,4 km al oeste-suroeste de Navalmoral de la Mata, a 68,8 km al este-noreste de la capital, Cáceres, y a 180 km al oeste-suroeste de Madrid. La altitud de la central respecto al nivel del mar es de 258 metros.

Existe una presa, Valdecañas, situada en el curso medio del río Tajo aguas arriba del emplazamiento de la central, con una capacidad de embalse de 1446 hm^3 a su nivel máximo normal.

b) Descripción de la unidad

En el emplazamiento funcionan dos reactores de producción de energía eléctrica del tipo *Pressurized Water Reactor* (PWR) de tres lazos, diseño Westinghouse, de potencia térmica nominal 2956,6 (unidad I) y 2955,8 MWt (unidad II) que presentan pequeñas diferencias en su diseño, que no son relevantes desde el punto de vista de la seguridad. La primera criticidad se alcanzó el 5 de abril de 1981 en la unidad I y el 19 de septiembre de 1983 en la unidad II.

La descripción siguiente aplica a ambas unidades:

- **Sistema de refrigeración del reactor**

El sistema de refrigeración del reactor está constituido por la vasija a presión, que alberga el núcleo del reactor, y tres lazos de refrigeración, cada uno con una bomba de refrigeración y un generador de vapor. Uno de los lazos incorpora, en la rama caliente, el presionador.

- **Otros sistemas relevantes**

Los principales sistemas que se referencian en estos análisis son los siguientes:

- Sistema de refrigeración de emergencia del núcleo.
- Sistema de despresurización y extracción de calor de la contención (rociado).
- Sistema de aislamiento de la contención.
- Sistema de control de gases combustibles en contención.
- Sistema de agua de alimentación auxiliar.
- Sistema de habitabilidad de la sala de control.

Todos estos sistemas son sistemas de salvaguardias, y constan de dos trenes redundantes, cada uno de los cuales es capaz de llevar a cabo la función de seguridad asignada y están diseñados como sistemas Categoría Sísmica I, por lo que soportan las cargas del terremoto base de diseño (SSE: *Safe Shutdown Earthquake*). Estos sistemas se albergan en estructuras Categoría Sísmica I, que los protegen de los sucesos externos postulados en el emplazamiento.

El sistema de refrigeración de emergencia del núcleo (ECCS) comprende un sistema de inyección de alta presión, un sistema pasivo de inyección a media presión (tres acumuladores) y un sistema de inyección de baja presión. Estos sistemas garantizan la integridad del combustible ante el accidente postulado de rotura del sistema de refrigeración del reactor (LOCA: *Loss of Coolant Accident*). La actuación del ECCS junto con el Edificio de Contención y sus sistemas de salvaguardias (sistema de aislamiento y sistema de rociado de la contención) garantizan que, en caso de accidente postulado, no se superarán los límites de dosis establecidos.

La fuente de agua borada para los sistemas activos de refrigeración de emergencia la constituye el tanque de almacenamiento de agua de recarga (TAAR), cuyo volumen útil mínimo es 1897 m^3.

Los sistemas de salvaguardias de la contención tienen como objetivo la reducción de presión y temperatura en el Edificio de Contención tras la ocurrencia de los accidentes base de diseño de rotura del sistema de refrigeración del reactor (LOCA) y rotura de la línea de vapor principal (MSLB), evitando que se alcance la presión y temperatura de diseño del edificio, y garantizando que los valores alcanzados se reducen a menos de la mitad en un intervalo de 24 horas. Por su parte, el sistema de aislamiento de contención provoca el cierre de las líneas de transporte de fluidos que atraviesan la contención.

El Sistema de agua de alimentación auxiliar se diseña para inyectar agua a los generadores de vapor ante cualquier suceso que provoque la parada del reactor, permitiendo la extracción del calor residual del núcleo del reactor. Dispone de dos bombas accionadas eléctricamente y una turbobomba accionada por vapor. Cada una de las tres bombas, por sí sola, es capaz de proporcionar a los generadores de vapor, el caudal necesario para la extracción de la potencia residual del núcleo del reactor. La fuente preferente de agua para el sistema la constituye el tanque de agua de alimentación, que dispone de un volumen mínimo de 487 m^3; tras su agotamiento se puede alinear manualmente al tanque de condensado o al sistema de agua de servicios esenciales.

La central dispone de un sistema específico para la refrigeración y limpieza de la piscina de combustible gastado.

Los sistemas de salvaguardias requieren para su operación de sistemas soporte (refrigeración/suministro de energía) diseñados también como Categoría Sísmica I.

- **Sistemas de alimentación eléctrica**

La energía eléctrica para el arranque y para situaciones de emergencia se toma del parque de 220 kV, el cual está interconectado a la red exterior de 220 kV mediante dos líneas. Un autotransformador enlaza el parque de 220 kV con el parque de intemperie del emplazamiento de 400 kV, al que llegan ocho líneas exteriores. La configuración del parque de 220 kV es "en anillo" y, en el caso de producirse un defecto en cualquiera de estos circuitos, se puede aislar la línea averiada sin que ello afecte al suministro de energía a los transformadores de arranque.

Ante la pérdida de suministro eléctrico exterior (LOOP: *Loss of Off-site Power*) en una unidad, las dos barras de salvaguardias se alimentan mediante su correspondiente generador diesel de emergencia, cuya potencia es de 5507 kVA. Estos generadores están refrigerados por el sistema de agua de servicios esenciales, el cual vierte su carga térmica al sumidero final de calor. En estas condiciones se dispone de diversas líneas que permitirían proporcionar suministro desde las centrales hidráulicas de Valdecañas, J. M. Oriol, Gabriel y Galán, Torrejón, Cedillo y Guijo.

En caso de pérdida total de corriente alterna (SBO: *Station Blackout*), es decir pérdida de las fuentes exteriores y de los cuatro generadores diesel citados anteriormente, se dispone de un quinto generador diesel de 6375 kVA, que puede conectarse de forma manual para reemplazar a cualquiera de los otros cuatro. Este generador tiene todos sus servicios autónomos, incluyendo baterías y refrigeración por aire, y dispone de la misma capacidad, requisitos de diseño y cualificación que el resto de los generadores diesel de emergencia. No obstante, la central está licenciada para ser capaz de hacer frente a un SBO durante al menos 4 horas.

- **Sumidero de calor**

El sumidero principal de calor de Almaraz I y II está constituido por el condensador y el sistema de agua de circulación que se refrigera con el agua del embalse de Arrocampo. Este sistema no tiene función de seguridad.

El sumidero final de calor (UHS), que sí realiza función de seguridad, está formado por el embalse de Arrocampo, el embalse de agua de servicios esenciales y el sistema de agua de servicios esenciales (ESW). Ambos embalses son comunes para las dos unidades. El embalse de Arrocampo dispone de varios sistemas de bombeo que proporcionan agua de refrigeración para la extracción de las cargas térmicas en operación normal, aunque también puede ser utilizado en caso de emergencia, a través del ESW, como alternativa al embalse de agua de servicios esenciales. Este último dispone de aspersores en las líneas de retorno del ESW. El UHS (incluyendo las presas y los componentes del ESW) es Categoría Sísmica I y se encuentra situado aproximadamente en la misma cota que el resto de edificios de la central.

- **Edificio de Contención**

El Edificio de Contención es del tipo denominado *Large Dry Containment* con un volumen libre aproximado de 60000 m^3. La estructura externa del edificio está constituida por un cilindro recto vertical y una cúpula semiesférica ambos de hormigón armado. La losa de cimentación es de hormigón armado y dispone de una cavidad donde se aloja la vasija del reactor.

El paramento interior del Edificio de Contención está revestido de un *liner* (chapa de acero al carbono), para lograr la estanqueidad del recinto; las fugas admisibles deben ser inferiores al 0,1 % del volumen del recinto en 24 horas, a la presión de pico que se alcanzaría en el peor accidente postulado en la base de diseño.

La cavidad del reactor es de tipo "seca", lo que significa que para lograr la entrada de agua en la misma es necesario descargar en contención un volumen de agua superior al del TAAR.

La presión y la temperatura de diseño del Edificio de Contención son respectivamente 0,37 MParel y 148,9 ºC. En los análisis realizados en el marco del APS Nivel 2, se determinó que la capacidad última del Edificio de Contención (presión a la que se produciría el fallo de estanqueidad) es de 0,83 MPa-rel.

- **Almacenamiento de combustible gastado**

El combustible ya quemado se almacena bajo agua en la piscina de combustible gastado la cual está ubicada, para cada unidad, en el Edificio de Combustible, anexo al Edificio de Contención. La estructura del edificio, incluyendo la propia piscina y su sistema de refrigeración, se han diseñado como Categoría Sísmica I. La piscina de combustible gastado es de hormigón, revestida de acero inoxidable, contiene agua borada y tiene una capacidad de 1804 posiciones de almacenamiento.

Los bastidores de almacenamiento de combustible son de alta densidad y están diseñados para asegurar que se tenga una constante de multiplicación efectiva (Keff) igual o menor a 0,95 incluso con los bastidores totalmente llenos de elementos combustibles con la reactividad más alta estimada, con el agua de la piscina con contenidos de boro inferiores a los requeridos en las Especificaciones de Funcionamiento y con una temperatura correspondiente a la de la más alta reactividad.

- **Diferencias significativas de seguridad entre las unidades**

Las dos unidades son esencialmente iguales. Las diferencias existentes entre unidades no resultan significativas desde el punto de vista de la seguridad. Las más destacables son:

– En la unidad I se dispone de una conexión al sistema de agua de servicios esenciales por donde poder inyectar agua al sistema de agua de alimentación auxiliar (AFW) o a la piscina de combustible gastado desde medios externos o conectando equipos existentes en la central, estando previsto realizar lo mismo en la unidad II en la próxima recarga.

– Unidad II: uno de los dos generadores diesel de emergencia es de un diseño diferente a los otros tres y está situado en un edificio independiente; en cuanto a los paneles de parada remota, estos están ubicados en salas diferentes y están siendo objeto actualmente de una importante modificación de diseño que afectará a las dos unidades.

3.6 Central nuclear de Santa María de Garoña

La central nuclear de Garoña es propiedad de la compañía eléctrica Nuclenor S.A., empresa participada al 50% por las compañías Iberdrola Generación S.A. y Endesa Generación S.A.

a) Emplazamiento

La central de Garoña está situada en la orilla del río Ebro, en un meandro del mismo que forma una península con una superficie aproximada de 37 Ha. Este meandro está a su vez situado en la cola del embalse de Sobrón, y próximo a los núcleos de población de Garoña y Santa María de Garoña, al Nordeste de la provincia de Burgos.

La central se encuentra a una altitud de 518 m. sobre el nivel del mar y a una distancia superior a 100 km de la costa más próxima.

A 158 km aguas arriba del emplazamiento se encuentra situada la presa del Ebro, con un embalse de 540 hm^3 de capacidad.

b) Descripción de la unidad

En el emplazamiento funciona un único reactor de producción de energía eléctrica del tipo BWR-3 proyectado y suministrado por General Electric, cuya potencia térmica actualmente licenciada es de 1381 Mwt.

La central alcanzó la primera criticidad del reactor el 5 de noviembre de 1970 y comenzó su operación comercial el 2 de marzo de 1971.

- **Sistema de refrigeración del reactor**

El Sistema de refrigeración del reactor está constituido por la vasija a presión, que alberga el núcleo del reactor, y dos lazos de recirculación, dotado cada uno con una bomba.

- **Sistemas relevantes**

Los principales sistemas que se referencian en estos análisis son los siguientes:

– Sistema de refrigeración de emergencia del núcleo (ECCS).
– Sistema de rociado de la contención, que forma parte del LPCI (subsistema del ECCS).
– Sistema de enfriamiento de la piscina de supresión, que forma parte del LPCI.
– Sistema de aislamiento de la contención.
– Sistemas de habitabilidad de la sala de control.
– Sistema del condensador de aislamiento (IC).

Todos estos sistemas, menos el IC, son sistemas de salvaguardias, y constan de dos trenes redundantes, cada uno de los cuales es capaz de llevar a cabo la función de seguridad asignada y están diseñados como sistemas Categoría Sísmica I, por lo que soportan las cargas del Terremoto Base de Diseño (SSE: *Safe Shutdown Earthquake*). Estos sistemas se albergan en estructuras Categoría Sísmica I, que los protegen de los sucesos externos postulados en el emplazamiento.

El sistema de refrigeración de emergencia del núcleo (ECCS) está compuesto por los subsistemas de inyección a alta presión (HPCI), de rociado del núcleo a baja presión (LPCS), de inyección a baja presión (LPCI) y de despresurización automática (ADS).

La fuente de agua exterior para los sistemas de refrigeración de emergencia la constituye el tanque de condensado, que dispone de un volumen de 1550 m^3 de agua.

Los sistemas de salvaguardias de la contención tienen como objetivo la reducción de presión y temperatura en el Edificio de Contención tras la ocurrencia de los accidentes base de diseño de rotura del sistema de refrigeración del reactor (LOCA) incluyendo la rotura de la línea de vapor principal antes de sus válvulas de aislamiento, evitando que se alcance la presión y temperatura de diseño del edificio. Por su parte, el sistema de aislamiento de contención provoca el cierre de las líneas de transporte de fluidos que atraviesan la contención.

Los sistemas de salvaguardias requieren para su operación de sistemas soporte (refrigeración/suministro de energía), diseñados también como Categoría Sísmica I.

El condensador de aislamiento (IC) está dotado de diversidad en sus sistemas de reposición, y su función es extraer el calor residual del núcleo sin pérdida de inventario de este.

La central dispone de un sistema específico para la refrigeración y limpieza de la piscina de combustible gastado.

- **Sistemas de alimentación eléctrica**

La central dispone de tres fuentes de alimentación eléctrica exterior independientes a través de las diversas líneas eléctricas que suministran energía a 400 kV, a 220 kV y a 138 kV, y que constituyen la fuente de energía preferente para el arranque y parada de la misma, así como para la alimentación de las barras normales y de salvaguardia cuando la unidad está parada.

Ante la pérdida de suministro eléctrico exterior (LOOP: *Loss of Off-site Power*) las barras de salvaguardias se alimentan mediante su correspondiente generador diesel de emergencia de 2100 kW de potencia nominal cada uno. Estos generadores están refrigerados por un sistema de agua en circuito cerrado que vierte su carga térmica a la atmósfera a través de aerorefrigeradores. En estas condiciones se encuentra procedimentada la reposición preferente de la alimentación eléctrica desde las centrales hidráulicas de C.H. Sobrón, C.H. Trespaderne y C.H. Quintana.

En caso de pérdida total de la corriente alterna (SBO: *Station Blackout*), se dispone del subsistema del ECCS-HPCI dotado de turbobomba que aspira del tanque de condensado, que permite mantener el inventario del reactor, y del condensador de aislamiento.

- **Sumidero de calor**

El sumidero de calor de la central de central nuclear de Santa María de Garoña está constituido por el río Ebro que, mediante diversos sistemas de bombeo y distribución de agua, permite extraer el calor del condensador principal y de las cargas auxiliares durante la operación normal y en caso de accidente. La capacidad de refrigeración que aporta el río está garantizada durante 30 días, incluso en el caso de rotura de la presa del embalse de Sobrón, situada aguas abajo de la central. Los sistemas de emergencia que aspiran del río son de Categoría Sísmica I y se encuentran protegidos de las eventuales inundaciones al estar situados en un cubículo de hormigón cuyo objetivo es protegerlo de subidas del nivel del agua.

- **Edificio de Contención**

La contención es del tipo GE Mark I, dotada de doble contención y con capacidad de supresión de presión. La contención primaria consta de dos volúmenes separados: el pozo seco, que es una vasija de acero rodeada por una estructura de hormigón armado; y el pozo húmedo, que alberga la piscina de supresión, y que está constituido por un recinto toroidal de acero al carbono. El volumen libre de la contención es de aproximadamente 6200 m^3 y, durante la operación a potencia del reactor, se encuentra inertizada con gas nitrógeno.

La presión y la temperatura de diseño del Edificio de Contención son respectivamente 0,43 MPa-rel y 138 ºC. En los análisis realizados en el marco del APS Nivel 2, se determinó que la capacidad última de la contención (presión a la que se produciría el fallo de la estanqueidad) es de 0,566 MPa-rel.

- **Almacenamiento de combustible gastado**

El combustible gastado de la central se almacena en una piscina situada dentro del Edificio del Reactor (contención secundaria) a una altura tal que es posible comunicarla directamente con la cavidad de recarga una vez que ésta se inunda. La estructura del edificio, incluyendo las propias piscinas y su sistema de refrigeración, se han diseñado como Categoría Sísmica I. La piscina de combustible gastado es de hormigón, revestida de acero inoxidable, y su capacidad de almacenamiento, tras el *rebastidoring* realizado en 1997, es de 2609 elementos.

- **Diferencias significativas de seguridad entre las unidades**

No aplica.

3.7 Central nuclear José Cabrera (en fase de desmantelamiento)

En febrero de 2010 la titularidad del emplazamiento de la central nuclear José Cabrera, actualmente en fase de desmantelamiento, fue transferida por la compañía eléctrica Gas Natural S.A. a la Empresa Nacional de Residuos S.A. (Enresa).

a) Emplazamiento

La central nuclear José Cabrera está situada en la localidad de Almonacid de Zorita, en la comarca de La Alcarria, en la margen izquierda del río Tajo entre las presas de Bolarque y Zorita, a unos 39 km al sur-oeste de la ciudad de Guadalajara y a unos 66 km al este de Madrid. La cota de operación está a 604 m sobre el nivel del mar.

En el emplazamiento funcionó hasta el 30 de abril de 2006 un reactor de producción de energía eléctrica del tipo *Pressurized Water Reactor* (PWR) de un lazo y cuya potencia eléctrica bruta era de 160 MW.

Existen tres presas importantes situadas a menos de 100 km aguas arriba del emplazamiento: Entrepeñas, Bolarque y Buendía.

b) Descripción de la instalación

La única instalación existente dentro del emplazamiento, y que es objeto de las pruebas de resistencia previstas en el contexto de la Unión Europea, es el almacenamiento del combustible gastado.

- **Almacenamiento de combustible gastado**

La central dispone de un único almacenamiento de combustible gastado: el Almacén Temporal Individualizado (ATI) de contenedores de combustible gastado, localizado dentro de la zona bajo control del titular.

Entre enero y septiembre de 2009 la totalidad del combustible gastado existente en el emplazamiento (100,3 toneladas de metal pesado) fue transferida a un sistema de almacenamiento en seco, en doce contenedores tipo Holtec lnternational HI-STORM 100Z. En esta instalación las funciones de seguridad se aseguran de forma pasiva.

El sistema consta de una cápsula multipropósito (MPC) de cierre doble, soldado, con capacidad para hasta 32 elementos combustibles y diseñado para poder evacuar de modo pasivo una potencia térmica residual de hasta 30 kW.

Estas MPC están situadas dentro de un módulo exterior de blindaje, dejando un espacio anular con la cápsula para la circulación del aire de refrigeración. Este módulo consta de una virola exterior y otra interior de acero, que protegen una capa de 0,7 metros de espesor de hormigón de alta densidad. Teniendo en cuenta el enfriamiento progresivo del combustible nuclear gastado, la potencia térmica residual real por contenedor, a 30 de junio de 2011, varía entre 8,52 y 12,34 kW, por lo que existe un amplio margen frente a la capacidad de diseño.

Estos contenedores están localizados en una instalación de Almacenamiento Temporal Individualizado (ATI), situada en la cota 628 metros, que consta de una losa de diseño sísmico en la que se apoyan los contenedores. En su cercanía no existen otras estructuras cuyo colapso pudiera afectar a loscontenedores.

4. INFORMES DE LOS TITULARES Y EVALUACIÓN DEL CSN

El 31 de octubre de 2011 los titulares de la centrales nucleares españolas enviaron al Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) sus informes finales en respuesta a las Instrucciones Técnicas Complementarias a las autorizaciones de explotación, emitidas por este organismo, en las que se requería la realización del programa de pruebas de resistencia acordado a nivel europeo tras los sucesos de la central nuclear de Fukushima.

El parque español actual de centrales nucleares en operación incluye seis emplazamientos con un total de ocho unidades. Las instalaciones a las que iban dirigidas estas instrucciones son las seis centrales nucleares actualmente en operación y una central nuclear que, aunque se encuentra actualmente en fase de desmantelamiento, mantiene en su emplazamiento un almacenamiento temporal de combustible gastado (ATI).

De acuerdo con lo acordado a nivel europeo, el alcance de las evaluaciones de los titulares debía incluir lo siguiente:

- Sucesos naturales extremos: terremotos, inundaciones y otros sucesos naturales.
- Sucesos con pérdida de las funciones de seguridad, por pérdida de los diferentes medios de suministro de energía eléctrica o del sumidero final de calor.
- Gestión de accidentes severos en el núcleo del reactor, y accidentes con pérdida de inventario y/o refrigeración en las piscinas de combustible gastado. En caso de que en el emplazamiento existiera algún otro tipo de almacenamiento de combustible gastado, se debe analizar su robustez frente a los sucesos mencionados.

4.1. Aspectos genéricos

En este apartado se abordan los aspectos más destacables que los titulares han incluido en sus estudios y que son comunes a todas las instalaciones.

4.1.a Sucesos naturales extremos

- **Terremotos:**

En el diseño sísmico de las centrales nucleares españolas, y de acuerdo con la práctica de aplicación seguida en la normativa sísmica internacional, el terremoto se ha contemplado con dos niveles de severidad escalonados: un nivel máximo, que constituye realmente el *Terremoto Base de Diseño*' o DBE, y otro nivel más reducido que corresponde al *Terremoto Base de Operación*'. En la normativa de la NRC se denominan, respectivamente, *Safe Shutdown Earthquake* (SSE) y *Operating Basis Earthquake* (OBE).

El Terremoto Base de Diseño (DBE) es el máximo terremoto que, basándose en datos históricos y en las características del terreno, se considera que podría ocurrir razonablemente en un determinado emplazamiento, provocando el máximo movimiento del suelo que se adopta en el diseño de la instalación. Tiene una muy baja probabilidad de ser excedido durante toda la vida de explotación y se asocia a los máximos requisitos de seguridad. En caso de ocurrencia de este terremoto permanecerían en funcionamiento las estructuras, sistemas, equipos y componentes de la planta necesarios para garantizar la integridad de la barrera de presión del refrigerante del reactor, la capacidad de parada del reactor y su mantenimiento seguro, y también la capacidad de prevenir o mitigar accidentes que pudieran generar la liberación incontrolada de efluentes radiactivos.

El Terremoto Base de Operación (OBE) es el mayor terremoto que se espera razonablemente que ocurra en el emplazamiento a lo largo de la vida operativa de la planta y se asocia a los requisitos de seguridad exigibles para mantener la instalación en operación normal sin riesgo indebido. El valor que típicamente se le asigna es la mitad del correspondiente al DBE. Si ocurriera un terremoto que excediera el OBE, tendría que llevarse la instalación a una condición de parada segura de forma ordenada, siguiendo los procedimientos de actuación establecidos en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento de cada central, para ser sometida a un proceso específico de inspección que asegurase que no se habían producido daños en las estructuras, sistemas y componentes (ESC) de la central.

Todas las centrales han revisado sus bases de diseño de estructuras, sistemas y componentes ante terremotos. Las conclusiones obtenidas por los titulares indican que se cumplen adecuadamente dichas bases de diseño. Adicionalmente, los titulares han revisado los datos de los terremotos ocurridos en el entorno de las centrales, desde la fecha de corte considerada en los estudios para la definición del terremoto base de diseño hasta el primer semestre de 2011, y han concluido que, usando la metodología aplicada en los estudios iniciales, siguen siendo válidos los valores inicialmente adoptados, que se encuentran entre 0,1g y 0,2g.

Cabe destacar que, según indica la Norma Española de Construcción Sismorresistente (2002), la aceleración sísmica de cálculo aplicable en los emplazamientos de las centrales nucleares españolas se estima entre 0,05g y 0,08g; sin embargo, el valor que se utilizó como DBE en las distintas plantas españolas oscila entre 0,10g y 0,20g.

Las bases de diseño sísmico de las centrales establecen que las estructuras, sistemas y componentes (ESC) importantes para la seguridad deben estar diseñadas para soportar los efectos de fenómenos naturales sin perder la capacidad para realizar sus funciones de seguridad. La clasificación sísmica de las ESC importantes para la seguridad se realizó siguiendo los criterios de la USNRC RG 1.29 y del ANSI-N 18.2. Las ESC de Categoría Sísmica I (CS I) han sido diseñadas para soportar los efectos del DBE permaneciendo funcionales. Aquellas ESC no incluidas en la anterior categoría se denominan de Categoría Sísmica II (CS II) y han sido diseñadas de acuerdo con la normativa sismoresistente española; excepto aquellas cuyo eventual fallo ante una acción sísmica pudiera afectar a la función de alguna ESC de CS I, denominadas CS II/I (o CS IIA), que han sido diseñadas para soportar el DBE.

La evaluación del CSN considera aceptable el contenido de los informes de los titulares respecto de sus bases de diseño sísmicas.

Teniendo en cuenta los avances habidos en los últimos años en los métodos de caracterización sísmica de emplazamientos y la experiencia internacional acumulada, el CSN está considerando iniciar un programa de actualización de la peligrosidad sísmica siguiendo la normativa más reciente del OIEA.

Cabe destacar que los titulares disponen de procesos para asegurar la operabilidad de las ESC que se necesitan para alcanzar la parada segura, entre ellos los requisitos de vigilancia de ETFs, aplicación de la Regla de Mantenimiento a equipos y estructuras, Inspección en Servicio y requisitos de calificación sísmica y ambiental. Estos procesos están regulados por instrucciones del CSN dentro del sistema integrado de supervisión y control de centrales vigente en España.

Los informes de los titulares incluyen un análisis de los posibles efectos indirectos inducidos por un terremoto dentro de la instalación; para ello se han considerado explosiones e incendios, además de inundaciones internas provocadas por roturas de tuberías. El alcance esperado por el CSN para estos análisis, y que se ha transmitido a los titulares durante las reuniones mantenidas, es el siguiente:

- Incendios y explosiones: identificación de las bases de diseño de la instalación en lo que se refiere a la protección frente a incendios o explosiones originados por un sismo; identificación de almacenamientos de material combustible o explosivo en la planta, llevando a cabo un análisis de su capacidad sísmica y definiendo actuaciones viables para mejorar su comportamiento sísmico donde sea posible; en aquellos casos en que no se pueda justificar un margen sísmico adecuado, se verifica que los potenciales efectos no afectan a la capacidad de alcanzar y mantener la parada segura de la central y que no provocan consecuencias radiológicas inaceptables en el exterior.
- Inundaciones internas: identificación de las bases de diseño de la instalación en lo relativo al cumplimiento con la protección contra inundaciones internas derivadas de un sismo. Análisis de las fuentes de inundación no Categoría Sísmica I (tanto tanques como tuberías) identificando las barreras de inundación frente a roturas y analizando el comportamiento de las mismas en caso de sismo.

  Uso del análisis probabilístico de seguridad (APS) de inundaciones para identificar roturas susceptibles de generar sucesos iniciadores y de afectar a sistemas de mitigación, con el fin de identificar fuentes de inundación y barreras contra ellas, e incluirlas en los *walkdowns* de revisión de márgenes sísmicos.

  Identificación de posibles escenarios de inundación provocados por el fallo de estructuras o componentes que, aún siendo categoría sísmica I, contienen o conducen grandes masas de agua, y que podrían causar efectos no analizados previamente y afectar a otros edificios (como por ejemplo galerías que conducen tuberías de sistemas de refrigeración que succionan de estanques) y evaluación, desde el punto de vista sísmico, de las barreras de protección existentes contra estas inundaciones.

La evaluación del CSN ha identificado que, en algunos casos, el contenido de los análisis de los titulares no es completo, tal y como se detalla en los correspondientes apartados del capítulo 4.2 de este informe.

Además, y en cuanto a los equipos y estructuras de que actualmente se dispone en las centrales para hacer frente a las inundaciones, la evaluación del CSN considera que todos los titulares deben adoptar medidas adicionales para reforzar la capacidad de los mismos para soportar sismos. Entre dichos equipos y estructuras se deben considerar los siguientes: las barreras contra los efectos de las inundaciones (drenajes, válvulas antirretorno de los drenajes, etc.) y la instrumentación para su detección, así como el disparo de bombas no cualificadas sísmicamente y que pertenecen a sistemas cuya rotura por sismo podría provocar inundaciones.

Finalmente, y respecto de las bases de licencia contra inundaciones internas provocadas por sismos, el CSN ha identificado cierta dispersión en la normativa de referencia utilizada por las diversas centrales, por lo que se requerirá a los titulares modificar dichas bases para adaptarse a los estándares internacionales más actualizados, los cuales recogen explícitamente la consideración de sismos en los análisis de diseño para la protección frente a las consecuencias de roturas.

En cuanto a márgenes de seguridad frente a la ocurrencia de terremotos, se ha partido del hecho de que ya se disponía en España de análisis IPEEE (*Individual Plant Examinations for External Events*) sísmicos para todas las centrales en operación. Los análisis IPEEE están orientados a la identificación de vulnerabilidades de las plantas frente a sucesos externos más allá de las bases de diseño. De acuerdo con las metodologías aplicadas de márgenes sísmicos (de EPRI y de la NRC), se trata de determinar la capacidad sísmica de la central denominada de "alta confianza de baja probabilidad de fallo" (HCLPF). Para ello, en los análisis iniciales el CSN estableció un Terremoto Base de Comparación (RLE) correspondiente a una aceleración horizontal máxima del terreno de 0,3g (considerado un margen

adecuado de revisión para todas las plantas independientemente de su base de diseño sísmico), no siendo requerido el cumplimiento con dicho valor.

En los análisis IPEEE los titulares habían verificado si para dos sucesos iniciadores inducidos por el sismo (pérdida de suministro eléctrico exterior y pequeño LOCA), se puede asignar un margen sísmico igual o superior a 0,3g a las ESC necesarios para alcanzar y mantener la parada segura (durante 72 horas), incluyendo la función de refrigeración de emergencia del núcleo a largo plazo y la función de aislamiento del recinto de contención. En caso contrario, los titulares proponían medidas adicionales para cumplir este objetivo.

Dentro del programa de pruebas de resistencia se ha ampliado el alcance de los análisis de margen sísmico a las ESC necesarios para garantizar la integridad y refrigeración de la piscina de combustible gastado. También, entre las medidas para garantizar una mayor robustez de la planta frente a sucesos sísmicos, los titulares han revisado o propuesto la revisión de los márgenes de los equipos que se utilizan para hacer frente a una pérdida completa de alimentación eléctrica (SBO) y a una situación de accidente severo. En todos estos casos los titulares han verificado que a estas ESC se les puede asignar un margen sísmico igual o superior a 0,3g o, en caso contrario, proponen las medidas adicionales necesarias para su cumplimiento.

La evaluación del CSN considera en general aceptable el contenido de los informes de los titulares respecto de la valoración de los márgenes sísmicos existentes, con las salvedades y puntualizaciones que se detallan en los apartados correspondientes del capítulo 4.2 de este informe.

Los titulares incluyen en sus informes, en los casos en los que aplica, los resultados de sus análisis sobre los efectos de sismos en industrias próximas a los emplazamientos, obtenidos en los IPEEE. El CSN ha considerado válidos estos análisis así como sus conclusiones.

Otro aspecto analizado por los titulares ha sido el de la posible pérdida de agua en la piscina de combustible gastado, o en los estanques de los sumideros de calor cuando ello aplica, a causa del movimiento producido en el agua por el sismo (*sloshing*) determinándose que, para la intensidad de terremoto considerada, tanto el DBE como el margen sísmico de 0,3g, en ningún caso este efecto sería relevante.

En aquellos casos en que la central se encuentra en una cuenca fluvial con presas situadas aguas arriba del emplazamiento, los titulares han realizado un análisis de la resistencia estructural de las mismas para verificar que resisten un sismo de la misma intensidad que el sismo base de diseño de la central. También se ha analizado si dichas presas resisten terremotos superiores y se han cuantificado los márgenes sísmicos disponibles en cada presa.

Complementariamente, los titulares han abordado el análisis de las consecuencias que tendría para el emplazamiento la rotura de dichas presas. Para ello han realizado una evaluación de la propagación de la avenida que podría causar la rotura hasta alcanzar el emplazamiento de la central nuclear, con el fin de determinar la cota máxima de inundación creíble en la central por esta causa y el tiempo que tardaría en llegar el pico máximo de caudal.

Para la evaluación de estos estudios, el CSN ha contado con el apoyo específico de un centro de ámbito nacional (Cedex) de reconocida solvencia en este tipo de análisis. En los apartados correspondientes del capítulo 4.2 de este informe se detalla el contenido de cada evaluación.

- **Inundaciones**

Todas las centrales han revisado la base de diseño de la instalación ante inundaciones provocadas por sucesos naturales externos. Las conclusiones obtenidas por los titulares indican que se cumplen adecuadamente dichas bases. Adicionalmente, los titulares han valorado su adecuación al estado del conocimiento actual acerca de estos fenómenos, concluyendo que la magnitud de la inundación base de diseño elegida (DBF, *Design Bases Flooding*) sigue siendo válida.

La evaluación del CSN considera aceptable el contenido de los informes de los titulares en lo que respecta a bases de diseño de inundaciones externas.

Además de los análisis de inundaciones por rotura de presas que se abordan en el apartado anterior, los estudios de revisión contemplan inundaciones producidas por otras causas como precipitaciones locales intensas, avenidas en ríos y barrancos, maremotos, oleaje y sobreelevación del nivel del mar o de aguas subterráneas. En estos análisis se estudia el máximo suceso esperado y también los márgenes de seguridad existentes, estableciéndose diversas propuestas de mejoras aplicables a cada caso que se analizan en los apartados correspondientes del capítulo 4.2 de este informe, donde se indican observaciones de la evaluación realizada por el CSN.

- **Otros sucesos naturales**

Los análisis realizados por los titulares parten de un cribado previo, de tipo probabilista, en el que se ha hecho uso de los resultados disponibles de los IPEEE para tratar de establecer los sucesos externos, distintos de sismos e inundaciones, que pudieran tener algún impacto de seguridad en cada emplazamiento. Se han considerado, entre otros, los sucesos externos siguientes: vientos fuertes, tormentas eléctricas, pedrisco, nevadas, temperaturas extremas (altas y bajas), heladas, sequía e incendios forestales.

Para cada uno de estos sucesos los titulares han revisado la base de diseño original y comprobado que las estructuras de la central y los componentes en áreas exteriores están adecuadamente diseñados. Adicionalmente se ha tratado de verificar la existencia de márgenes de seguridad más allá de las bases de diseño en los sucesos que resultan creíbles en cada emplazamiento, y se han establecido diversas medidas de refuerzo a implantar.

La evaluación del CSN considera en general aceptable el contenido de los informes de los titulares respecto de estos sucesos, con las salvedades y puntualizaciones que se detallan en los apartados correspondientes del capítulo 4.2 de este informe.

No obstante, en la evaluación del CSN se ha identificado que los potenciales impactos en la seguridad de algunas combinaciones posibles de los sucesos naturales considerados en cada emplazamiento, como el caso de precipitación de nieve húmeda coincidente con viento fuerte, no han sido documentados en los informes finales presentados. El CSN requerirá que se completen adecuadamente los análisis realizados por los titulares.

Por otra parte, en el año 2010, antes de las pruebas de resistencia en curso y con el propósito de avanzar, según el desarrollo del conocimiento, en los análisis de riesgos potenciales asociados a los factores meteorológicos del emplazamiento, el CSN abordó en colaboración con la Agencia Estatal de Meteorología un estudio específico para elaborar una *climatología* sobre la ocurrencia de tornados en las áreas próximas a las instalaciones nucleares. Este estudio está en desarrollo actualmente y pone de manifiesto que en España hay muy pocos registros históricos reales de tornados, insuficientes para su tratamiento estadístico riguroso. Un primer avance de resultados preliminares muestra que

la probabilidad de ocurrencia de tornados en los emplazamientos de centrales nucleares sería 'baja' o 'muy baja'; pero no es posible cuantificarla todavía en cada central, ni tampoco caracterizar un posible tornado que pudiera ocurrir en cada emplazamiento. A la vista de los resultados finales que se obtengan al concluir este estudio, el CSN considerará la conveniencia de requerir acciones adicionales a las plantas con el alcance que corresponda en cada caso.

4.1.b Pérdida de funciones de seguridad

- **Pérdida de energía eléctrica**

Los informes presentados por las centrales contienen un resumen detallado de los sistemas de suministro eléctrico de corriente alterna, incluyendo las redes de distribución y las fuentes disponibles, tanto exteriores como interiores. Así mismo se describen de modo detallado las secuencias que podrían ocurrir en caso de pérdida sucesiva de la alimentación exterior (LOOP) y de las fuentes interiores de corriente alterna (SBO), tanto de emergencia como auxiliares, los tiempos disponibles para poder tomar acciones y los procedimientos de actuación aplicables. En todos los casos se incluye también el análisis de agotamiento de baterías.

Para el diseño de los sistemas eléctricos de las centrales de diseño americano, el CSN consideró, en su momento, aplicables los criterios contenidos en la normativa de la USNRC. Entre ella y referido al diseño de estos sistemas se puede resaltar el Criterio General de Diseño número 17 (*Electric power systems*), la Regulatory Guide 1.9 (*Application and Testing of Safety-Related Diesel Generators in Nuclear Power Plants*) y el IEEE Std 387, la Regulatory Guide 1.32 (*Criteria for power systems for Nuclear Power Plants*) y el IEEE Std 308. Para el Station Blackout (SBO), se aplicó el contenido del 10CFR50.63 (*Loss of all alternating current power*) y de la Regulatory Guide 1.155 (*Station Blackout*).

- **Pérdida de energía eléctrica exterior (LOOP)**

La pérdida de energía eléctrica exterior es un suceso contemplado en las bases de diseño de las centrales nucleares españolas. En cuanto a la pérdida, adicional, de los generadores diesel de salvaguardias, es asimismo un suceso contemplado en las bases de diseño de las cinco centrales nucleares españolas de diseño americano, pues se incluyó como una extensión de la base de diseño inicial durante el proceso de cumplimiento de la reglamentación sobre *Station Blackout* (SBO). El SBO para Trillo, al igual que en Alemania, se abordó dentro del marco general de requisitos para reducir la vulnerabilidad de las plantas a los accidentes severos.

Con respecto a la capacidad resistente de las líneas de alimentación exterior, los criterios son aplicables por igual a todas las redes de suministro de las centrales españolas, de acuerdo con la información aportada por el operador de la red (REE). Las hipótesis aplicables en España a día de hoy en el diseño de torres, cables y todo tipo de accesorios de líneas aéreas de alta tensión tienen como objetivo evitar fallos bajo condiciones climatológicas adversas (viento, hielo), pero no frente a sismos; sin embargo, el diseño frente a cargas originadas por viento y hielo aporta una resistencia mecánica significativa. Dichas hipótesis, de forma resumida, son:

- Cargas por viento de 120 km/h (según el reglamento de 1968).
- Cargas por viento 140 km/h (según el reglamento de 2008).
- Cargas provocadas por *manguitos* de hielo.
- Cargas combinadas de viento y hielo (según el reglamento de 2008).

Los fenómenos meteorológicos extraordinarios registrados hasta la fecha en España han tenido poca afectación en la red de transporte. Por otra parte la existencia en España de un importante mallado de la red de transporte, y de unos criterios de operación rigurosos, disminuyen de forma significativa el riesgo de pérdida de suministro eléctrico en el caso de fallo de algún componente de la red de transporte.

En aspectos de fiabilidad de la red exterior y de las líneas de suministro eléctrico exterior a las centrales, en España se emprendió un proceso de aplicación de la Generic Letter 2006-02, (*Grid reliability and the impact on plant risk and the operability of offsite power*) de la NRC, constituyéndose en el año 2006 un grupo de trabajo mixto entre el REE, UNESA (Asociación Española de la Industria Eléctrica) y el CSN. De los trabajos del mismo se derivó un plan de actuación con el doble objetivo de establecer un protocolo de comunicación del estado de la red en todo momento y de actualizar los análisis dinámicos de estabilidad de la red que se realizaron para cada central en la década de los 90 en el denominado proyecto ESCENRED.

Desde el 1 de enero de 2008 está en vigor en el Centro de Control de la red de Red Eléctrica Española el protocolo que establece las configuraciones mínimas en las conexiones exteriores de las centrales, dentro de la denominada "red de influencia", y la necesidad de comunicar a las centrales cualquier anomalía. En sentido inverso, se adaptaron los procedimientos de todas las centrales de comunicación con los despachos delegados, para requerir la comunicación a REE de disminuciones significativas en la fiabilidad de la generación.

Como consecuencia de los trabajos de actualización del proyecto ESCENRED, se han revisado los análisis de estabilidad de la red y la interacción con cada central, con modelos actualizados de los componentes de la central y de la red, y con las previsiones de geometría y distribución de la generación a 2011. Se han simulado contingencias severas (cortocircuitos trifásicos próximos, con fallos de protecciones, o descargos de red y pérdidas de generación), analizando conjuntamente entre REE y la ingeniería de cada central el comportamiento de la red y las alimentaciones exteriores, teniendo en cuenta los ajustes de las protecciones en los sistemas internos de la central. En los análisis en cada central se ha hecho especial énfasis en el comportamiento de las fuentes preferentes de alimentación exterior. Está previsto que se concluyan en breve plazo los trabajos de este grupo.

Como resultado de estas actividades realizadas en los últimos años, se ha producido un incremento del conocimiento de la situación de la red y de la respuesta dinámica de la misma, lo que supone un aumento de la fiabilidad de las alimentaciones eléctricas a las centrales.

Ante una situación de cero de tensión en la red, REE dispone de procedimientos para la reposición del servicio que asignan prioridad a la alimentación eléctrica de las centrales nucleares. La reposición de energía eléctrica a los parques de las centrales nucleares se realizaría preferentemente desde centrales hidráulicas con arranque autónomo, ubicadas en las proximidades de cada una de las centrales.

- **Pérdida de energía eléctrica exterior e interior (SBO)**

La normativa aplicable en España, en centrales de diseño americano, para el SBO establece un tiempo (*coping duration*) que puede ser de 2, 4, 8 ó 16 horas fijado en función de tres parámetros: la susceptibilidad de pérdida de energía exterior (debida a características atmosféricas, de la red y del parque exterior), el grado de redundancia de fuentes internas de corriente alterna de emergencia, y el nivel de fiabilidad de tales generadores. Para tal tiempo se consideró en su momento la idoneidad de la respuesta de la planta, teniendo en cuenta los siguientes aspectos: la disponibilidad de agua de condensado, la capacidad de las baterías, la disponibilidad de aire comprimido, la pérdida de la ventilación, la integridad de la contención y la capacidad de mantener el inventario del sistema primario. Todo ello debía ser considerado tras haber elegido una de las dos opciones básicas siguientes:

- Opción 1, independencia de la corriente alterna: esto es, mediante sistemas cuyo funcionamiento no requiere suministro eléctrico de corriente alterna.
- Opción 2, disponibilidad de una fuente alternativa de corriente alterna (generalmente conocida como generador diesel de SBO) para la alimentación de determinados sistemas.

En el caso de la central de Trillo, cuyo NSSS fue suministrado por la compañía alemana Siemens-KWU, el diseño incluye cuatro generadores diesel de salvaguardia y cuatro generadores diesel de emergencia, y está realizado cumpliendo las normas KTA aplicables y con las mejoras definidas por la RSK alemana para reducir la vulnerabilidad de las plantas a los accidentes severos; actualmente está disponible la capacidad de "purga y aporte" del sistema secundario y está en fase de diseño la capacidad para realizar la "purga" del sistema primario, cuya implantación está prevista para el año 2013.

Adicionalmente a lo requerido por el CSN en sus ITC, los informes de los titulares analizan los escenarios que se producirían en caso de agotamiento de las baterías y pérdida completa de la corriente continua, detallando las actuaciones manuales que se podrían llevar a cabo, así como las mejoras que proponen para reforzar las capacidades de respuesta ante esta situación.

- **Mejoras propuestas por los titulares ante sucesos de pérdida de energía eléctrica**

Todos los titulares proponen medidas adicionales para mejorar la robustez de las plantas en estos escenarios con el objetivo primero de disponer de autonomía total para hacer frente a sucesos tipo SBO durante al menos 24 horas, con los equipos existentes en el emplazamiento, y 72 horas recurriendo sólo a equipos ligeros aportados desde el exterior. Adicionalmente son relevantes las medidas propuestas para mejorar la capacidad de recuperación del suministro eléctrico exterior desde centrales hidráulicas cercanas, y para el refuerzo del suministro interior de energía eléctrica con equipos autónomos.

Como aspecto destacable se incluyen también medidas para reforzar la alimentación de corriente continua a los controles e instrumentación necesarios para mantener las condiciones de seguridad de la planta en tal situación. Así mismo se proponen medidas adicionales para alargar el tiempo hasta el agotamiento de baterías y para abordar situaciones que incluyan la pérdida total de las mismas. Los titulares manifiestan que, asociado a estas mejoras, se desarrollarán los procedimientos de actuación correspondientes y se impartirá la adecuada formación del personal para la ejecución de los mismos.

Las siguientes propuestas de mejora aplican a todas las instalaciones:

- Mejorar los protocolos de alimentación eléctrica dedicada desde centrales hidráulicas cercanas al emplazamiento y realización de pruebas periódicas al respecto.
- Disponer en el emplazamiento de generadores eléctricos autónomos.
- Analizar, y en su caso probar y procedimentar, la capacidad de alimentar al primario/secundario a través de turbobombas (en caso de que existan en el diseño de la central), incluso en el caso de no disponer de alimentación de corriente continua para el control de las mismas.
- Disponer en el emplazamiento de motobombas autónomas para poder inyectar agua en el sistema primario y/o secundario y para poder hacer reposiciones de agua o de combustible en tanques críticos.
- Instrumentación portátil adicional para poder realizar las maniobras manuales de control necesarias en caso de pérdida total de las baterías.
- Mejoras en los sistemas de comunicaciones (exteriores e interiores) para hacer frente a sucesos que supongan la pérdida de los correspondientes sistemas de alimentación eléctrica.
- Mejoras en los sistemas de iluminación para hacer frente a sucesos de pérdida prolongada de la alimentación eléctrica.
- Modificaciones de diseño necesarias para disponer de puntos de conexión para los equipos autónomos eléctricos y mecánicos.

El CSN considera básicamente adecuados los análisis de los titulares y las medidas de mejora propuestas.

En cuanto a los accidentes que pudieran iniciarse en situación de parada de la unidad, la evaluación del CSN ha identificado la necesidad de analizar, con carácter general, una potencial mejora adicional para abordar situaciones en las que se pudiera producir la pérdida total de energía eléctrica en tales condiciones; por ello, los titulares deben analizar la capacidad de cierre de la contención, en aquellos casos en los que su integridad al inicio del accidente no esté establecida, identificando las posibles medidas adicionales necesarias para tratar de garantizar la capacidad de recuperación de dicha integridad.

- **Pérdida del sumidero de calor**

Los informes de los titulares identifican, en primer lugar, los diversos sumideros de calor existentes en las instalaciones y sus características de diseño más relevantes.

A continuación, los informes analizan la pérdida sucesiva de los mismos y sus posibles consecuencias, incluyendo los sistemas existentes para mantener la planta en una condición segura y los tiempos disponibles para poder adoptar las acciones aplicables.

Los análisis realizados por los titulares concluyen que estos escenarios están envueltos por el de pérdida total de corriente alterna (exterior e interior), por lo que las propuestas de mejora indicadas para dicho suceso cubren esta eventualidad.

La evaluación del CSN considera aceptable esta conclusión.

- **Pérdida simultánea del suministro eléctrico y del sumidero de calor**

Todos los titulares analizan en sus informes esta situación. La conclusión que, en general, han obtenido los titulares es que esta situación es equivalente a las cubiertas en los dos epígrafes anteriores y, por tanto, las acciones de mejora ante las potenciales situaciones límite son las mismas que se han descrito anteriormente.

La evaluación del CSN considera aceptable esta conclusión.

4.1.c Gestión de accidentes

- **Planificación de la gestión de accidentes**

Los informes presentados por los titulares detallan los aspectos organizativos y los medios materiales de que disponen, de acuerdo con sus respectivos Planes de Emergencia Interior (PEI). Cada titular ha revisado la capacidad de respuesta de su central ante emergencias, tanto en lo relativo a medios materiales como humanos; también ha revisado el contenido de su PEI correspondiente para tener en cuenta las lecciones aprendidas de Fukushima.

Tal y como se detalla en el apartado 2 de este informe, los informes plantean plazos escalonados (corto, medio y largo) para la implantación de las diversas propuestas de mejora. En este caso las propuestas tratan de aumentar la robustez de sus organizaciones de respuesta ante emergencias, en los diversos aspectos relevantes identificados y que ya se evidenciaron en los informes preliminares.

Los titulares indican que han constituido un grupo de trabajo de todas las centrales para analizar los medios humanos necesarios para reforzar sus organizaciones de emergencia. Para ello indican que van a tener en cuenta los siguientes aspectos:

- La viabilidad de afrontar las funciones requeridas en escenarios como los postulados en las pruebas de resistencia.
- Las potenciales interferencias por duplicidades de funciones del personal.

- El personal necesario para llevar a cabo las nuevas estrategias de prevención y mitigación.
- La realización de actividades de *benchmarking* para analizar la idoneidad de la organización actual.
- Los cambios necesarios en la documentación de planta (PEI, procedimientos, etc.).
- Los medios de transporte apropiados para la efectiva incorporación del personal.

Además indican que, una vez finalizado este análisis conjunto, llevarán a cabo en el plazo medio las acciones que del mismo se deriven.

El CSN considera que la propuesta es adecuada, aunque con las siguientes consideraciones adicionales:

- Las centrales con más de una unidad en el emplazamiento deben considerar la ocurrencia de accidente simultáneo en ambas unidades.
- Se debe estudiar en detalle la viabilidad de realizar las acciones locales que se han identificando en estos análisis mediante el uso de equipos portátiles, teniendo en cuenta entre otros aspectos la accesibilidad a los lugares en que se tienen que realizar las acciones, los tiempos disponibles para ello y la disponibilidad de los recursos humanos adecuados. En caso de que no se demuestre su viabilidad, se deberá optar por la implantación de equipos fijos.
- Se deberá revisar la viabilidad de asignar a un puesto concreto de la organización de emergencia más de una función a realizar, probablemente de modo simultáneo.
- Dada la importancia de disponer de los recursos humanos adecuados para la correcta gestión de una emergencia, y en especial de un accidente severo, en el plazo de un año cada titular deberá elaborar y presentar al CSN para su aprobación un informe que contenga los planes de mejora y refuerzo de la organización de emergencia, teniendo en cuenta todas las consideraciones anteriores.

Los titulares han decidido reforzar los centros actualmente disponibles para la gestión de emergencias, con un nuevo Centro Alternativo de Gestión de Emergencias (CAGE) en el emplazamiento, diseñado sísmicamente y con medios de protección contra las radiaciones, con objeto de facilitar las operaciones de emergencia en situaciones extremas como las analizadas. Para este fin se creará un grupo de trabajo, del que formarán parte todos los titulares de las centrales nucleares españolas, que a corto plazo definirá las características del mismo. La finalización de la construcción o modificación de las estructuras existentes está prevista a largo plazo (2015-2016).

El CSN considera que la propuesta es adecuada, aunque el plazo de implantación será revisado valorando adecuadamente en detalle tanto la importancia de esta acción como las dificultades asociadas a su completa implantación. En cualquier caso, los titulares deberán presentar al CSN medidas provisionales a corto-medio plazo, de forma que se disponga de mejores capacidades, aunque sean parciales, antes de las fechas de implantación completa de esta modificación.

Los titulares proponen también establecer un Centro de Apoyo en Emergencia (CAE), común para todas las centrales, con equipos de respaldo ubicados en un almacén centralizado dispuestos para ser implantados y operados por una unidad de intervención lista para actuar en los emplazamientos en 24 horas. Los informes indican que dicho centro estaría operativo a medio plazo.

El CSN considera que la propuesta es adecuada y requerirá a los titulares la presentación de una especificación detallada, indicando los medios disponibles, la gestión de éstos y del propio CAE, la formación del personal que lo integre y cómo se recogerá dicho centro en sus respectivos PEI y en los procedimientos de desarrollo de éstos; también debe incorporar las garantías para su activación y funcionamiento. Todos estos aspectos deberán definirse acorto plazo y su resolución, con la puesta en servicio del CAE, deberá realizarse a medio plazo.

Las centrales disponían ya de un procedimiento de ayuda mutua para el caso de que se produzca una situación de emergencia; los titulares indican que este procedimiento será revisado y actualizado paraadaptarlo a las nuevas necesidades de apoyo e intercambio de medios humanos y materiales derivados de estos análisis. Además informan de que los miembros de WANO (World Association of Nuclear Operators) han decidido promover a escala mundial una estrategia integrada de respuesta a emergencias.

Respecto a la capacidad de acceso al emplazamiento, tanto de personas como de equipos auxiliares, todos los titulares han analizado, aunque con diferente alcance, esta problemática para los casos más limitantes (sismo severo e inundación), estableciendo los itinerarios que quedarían disponibles en estas circunstancias. En el apartado 4.2 de este informe se detalla, para cada central, el contenido de la evaluación realizada por el CSN sobre este tema.

Finalmente, y en relación con la disponibilidad de medios de comunicación, tanto internos como externos, de voz y datos, ante sucesos como los considerados en estas "pruebas de resistencia", los titulares indican que a corto plazo desarrollarán un análisis exhaustivo de los mismos, teniendo en cuenta criterios tales como redundancia, independencia y autonomía, con el objetivo de asegurar la disponibilidad de los sistemas de comunicación en los escenarios postulados en las presentes pruebas de resistencia. Las conclusiones del citado análisis se coordinarán por parte de las centrales para definir de forma conjunta las mejoras identificadas, que serán implantadas a largo plazo.

El CSN considera que la propuesta es adecuada, aunque los titulares deberán estudiar e informar de la incorporación de medidas provisionales a corto-medio plazo, de forma que se disponga de mejores capacidades, aunque sean parciales, antes de las fechas de implantación de las medidas de largo plazo.

En cuanto a los niveles de dosis de referencia para el personal que intervenga en una emergencia las propuestas de los titulares no son totalmente homogéneas, refiriéndose algunos a lo indicado en el TECDOC 953 del OIEA y en las recientemente aprobadas BSS también del OIEA, mientras que otros utilizan los niveles de referencia establecidos en la ICRP-103 (inferiores a los anteriores) y, por último, un titular plantea mantener los valores actualmente recogidos en sus procedimientos. El CSN considera que, para compatibilizar la protección individual de los trabajadores con la viabilidad de realizar acciones de mitigación, se debe establecer un valor único a nivel nacional; por ello, el CSN emitirá requisitos específicos que armonicen dichos niveles de referencia.

- **Gestión de accidentes severos (en el reactor)**

Los informes de los titulares presentan los diferentes procedimientos de operación disponibles actualmente en cada central para hacer frente a situaciones accidentales y, en concreto, los Procedimientos de Operación de Emergencia (POE) y las Guías de Gestión de Accidentes Severos (GGAS). El objetivo fundamental de los POE es tratar de evitar el daño al núcleo, mientras que el de las GGAS es mitigar sus consecuencias, incluyendo el mantenimiento de la integridad de la contención y la prevención y/o mitigación de la liberación de productos de fisión al exterior.

La implantación de las GGAS en las centrales españolas de diseño americano, tanto para reactores de agua a presión (PWR) como para Reactores de Agua en Ebullición (BWR), siguió un proceso paralelo en el tiempo, de modo que todas estas centrales disponen de GGAS desde el año 2001. Esta implantación se realizó siguiendo las prácticas del país de origen del proyecto (EE.UU.), aplicando el criterio de utilizar únicamente equipos ya disponibles en las centrales.

En el caso específico de CN Trillo, la única central española de diseño alemán, la implantación de estos procedimientos (Manual de Operación y Manual de Accidentes Severos) se realizó siguiendo también

las prácticas del país de origen de la tecnología. Ello ha supuesto que el alcance de estos manuales se centre más en el refuerzo de las estrategias tendentes a evitar el daño al núcleo que en la mitigación de sus consecuencias.

Tanto los POE como las GGAS han sido objeto en el pasado de requisitos específicos del CSN, por lo que ya formaban parte del sistema regulador español. Entre estos requisitos se incluyen los relativos a la formación y entrenamiento del personal actuante en emergencias según lo establecido en la Instrucción del Consejo IS-12 (*Requisitos de cualificación y formación del personal sin licencia, de plantilla y externo, en el ámbito de las centrales nucleares*). El desarrollo y mantenimiento de estos procedimientos y guías está incluido actualmente en el alcance de los procesos de supervisión sistemáticos de este organismo.

En relación con el control de hidrógeno en la contención, los titulares indican que para realizar una gestión del hidrógeno que cubra los rangos de las concentraciones esperables en un accidente severo, y mejorar la robustez de la planta, van a proceder a la instalación de recombinadores autocatalíticos pasivos (PAR) en aquellas zonas de la contención que pueden presentar riesgo de acumulación de hidrógeno. La central de Trillo ya dispone de estos equipos y la contención primaria en la central de Garoña está "inertizada" con nitrógeno durante la operación a potencia, por lo que prevé instalarlos en la contención secundaria.

Algunos titulares han analizado también la posible acumulación de hidrógeno en otros edificios colindantes con la contención, y otros indican que lo van a llevar a cabo a corto plazo.

La evaluación del CSN considera aceptable el contenido de los informes de los titulares respecto del control de hidrógeno en la contención. En el apartado 4.2 de este informe se detalla el contenido de cada evaluación.

En relación a la prevención de la sobrepresión en la contención, los titulares de las centrales PWR indican que van a instalar un venteo filtrado como mejora adicional para proteger la contención. La implantación del venteo filtrado proporciona una protección adecuada ante el riesgo de fallo del edificio de contención por sobrepresión y, adicionalmente, reduce las limitaciones radiológicas que implica el venteo no filtrado.

En el caso de las centrales BWR, éstas ya disponen de un sistema de venteo "duro" que, en caso de que se realice desde el pozo húmedo, lleva implícita una acción de lavado de los productos de fisión a su paso por la piscina de supresión (procedentes del pozo seco o de las válvulas de alivio y seguridad). Los titulares han verificado además que los sistemas actuales disponen de un margen sísmico de 0,3g y proponen incorporar las modificaciones necesarias para mejorar su operabilidad en condiciones de SBO. Adicionalmente, proponen acciones para estudiar o implantar un sistema de filtración en la línea existente de venteo de la contención.

La evaluación del CSN considera muy conveniente la implantación de venteos filtrados de contención en todas las centrales nucleares en operación, por lo que valora positivamente estas propuestas.

En relación con la reducción/mitigación de la liberación de productos de fisión al exterior, y además del venteo filtrado de contención, los titulares están analizando la estrategia de rociado externo de la contención, o de cualquier otro edificio que pudiera tener fugas radiactivas significativas, mediante un rociado con agua desde el exterior a los puntos de la estructura del edificio que constituyera la fuente de las emisiones. El desarrollo final de esta estrategia junto con la identificación de los medios para el confinamiento/tratamiento de los residuos radiactivos líquidos producidos en el accidente, se está llevando a cabo en el marco de la respuesta a la Instrucción Técnica Complementaria del CSN, que

se menciona en el apartado 1.2 de este informe, relativa al desarrollo de medidas de mitigación para responder a sucesos más allá de la base de diseño relacionados con la pérdida potencial de grandes áreas de las centrales nucleares.

Los titulares proponen también diversas acciones, específicas de cada instalación, para mejorar la habitabilidad de la sala de control durante el transcurso de un accidente severo, para incrementar la disponibilidad de la instrumentación en caso de SBO prolongado y para proporcionar vías alternativas, basadas en equipos portátiles y conexiones a sistemas, para inyectar agua a la vasija, a la contención y a los generadores de vapor (PWR). Estas mejoras se detallan en el apartado 4.2.

En cuanto a la realización de análisis de accidentes severos que se pudieran iniciar con la central en parada, los titulares indican en sus informes que los van a realizar dentro de su programa de actualización de los Análisis Probabilísticos de Seguridad (APS). El CSN considera adecuada la realización de estos análisis en el contexto de los APS, pero con la salvedad de que deberán estar finalizados antes del 31 de diciembre de 2012 (excepto en el caso de la central de Trillo, donde los análisis se integrarán dentro de la mejora prevista relativa al desarrollo de las guías para la gestión de los accidentes severos, que tiene un plazo de ejecución específico); además, en esa fecha los titulares deberán presentar una valoración de los mismos incluyendo las potenciales propuestas de mejora que pudieran derivarse.

La evaluación detallada del CSN sobre estos aspectos se encuentra en los apartados correspondientes del capítulo 4.2 de este informe.

- **Gestión de accidentes con pérdida de inventario y/o refrigeración en la piscina de combustible gastado**

En este caso, los titulares identifican los medios disponibles, normales y alternativos, para la refrigeración y aporte de agua a las piscinas de combustible gastado (PCG).

Los titulares presentan, además, un análisis de tiempos disponibles hasta la ebullición y hasta que se alcanzan diferentes niveles de agua (hasta el descubrimiento de los elementos combustibles) en caso de pérdida total de la refrigeración y para diferentes cargas térmicas en la PCG. También han analizado la problemática de la posible recriticidad del combustible, en el caso de que las piscinas contengan agua borada y la reposición tuviera que hacerse con agua sin borar. El CSN considera aceptables estos análisis.

El CSN considera además que para hacer frente a los accidentes de pérdida prolongada de UHS y de energía eléctrica, la instrumentación de temperatura y nivel de la PCG debe tener un rango adecuado (en el caso de la de nivel, hasta el fondo de la PCG), debe ser clase de seguridad y sísmica y debe disponer de indicación en la sala de control: además, debe existir instrumentación portátil para el caso de pérdida de todas las fuentes de energía eléctrica. En líneas generales, las propuestas de los titulares cumplen estos requisitos y, por tanto, se consideran adecuadas. Los titulares deberán completar su plan de mejora en los casos en los que alguna de las características arriba indicadas no esté suficientemente cubierta.

En cuanto a otras medidas de mejora a implantar, los titulares plantean dotar a las centrales de equipos portátiles para reponer el inventario de agua de la piscina y de instrumentación portátil requerida para un adecuado control de estas maniobras. Algunos titulares mencionan también que están estudiando la posibilidad de incorporar medios para permitir el rociado de los elementos de combustible gastado en caso de que quedaran descubiertos.

En el apartado siguiente se menciona la propuesta de los titulares en relación con el análisis de los fenómenos de degradación del combustible en la piscina.

- **Aspectos de protección radiológica**

Los titulares han realizado una estimación de las dosis al personal de la sala de control y del Centro de Apoyo Técnico (CAT) en los escenarios analizados en las presentes pruebas de resistencia, con objeto de identificar las medidas de protección necesarias para garantizar que las dosis recibidas no superen los niveles de intervención en emergencias.

En todos los casos, salvo en la central de Cofrentes, los titulares han estimado de forma preliminar que las condiciones en los centros de apoyo a la emergencia distinto de la sala de control y CAT obligarían en determinados escenarios de accidente severo a su evacuación.

En relación con el seguimiento y control de las dosis a los trabajadores y de las emisiones radiactivas, los titulares han evaluado los medios disponibles concluyendo que los procedimientos, medios humanos y materiales de los que se dispone son en general adecuados, si bien consideran conveniente analizar posibles mejoras para reforzar la respuesta ante escenarios de accidente severo. Los análisis se completarán de forma conjunta por todas las centrales y están prevista su finalización en junio de 2012.

Entre las propuestas presentadas destacan la realización de un análisis detallado de los medios y equipos de protección radiológica adicionales de los que sería conveniente disponer para hacer frente a un accidente severo, y la construcción de un centro alternativo de gestión de emergencias (CAGE) en el emplazamiento con posibilidad de control radiológico de los trabajadores para garantizar su permanencia en condiciones adecuadas.

El CSN valora positivamente estas propuestas. En relación con el análisis de medios y equipos de protección radiológica adicionales, la evaluación realizada por el CSN concluye que se considera necesario verificar que el alcance del estudio previsto sobre medios y equipos adicionales para hacer frente a un accidente severo, abarca los distintos aspectos identificados por cada planta para el adecuado control radiológico de los trabajadores, y que se analizan alternativas a la falta de la instrumentación de protección radiológica fija para vigilar las condiciones radiológicas en la planta. En relación con la construcción de un CAGE se concluye que los titulares deberán plantear alternativas ante la necesidad de evacuación por condiciones radiológicas de centros de apoyo a la emergencia en tanto el CAGE, no esté operativo.

El CSN considera que los informe finales presentados por los titulares representan un avance respecto a lo indicado en los informes preliminares en relación con la identificación de situaciones en las que las condiciones radiológicas podrían impedir la realización de acciones manuales locales. No obstante, existen diferencias en el enfoque y el grado de desarrollo de los análisis realizados por las distintas centrales que se detallan en los apartados específicos de cada central.

Como conclusión general de la evaluación, el CSN considera necesario unificar criterios entre las plantas sobre el alcance definitivo de las situaciones a analizar (abarcando las acciones manuales actualmente contempladas en GGAS y las adicionales que surgen como consecuencia de estas pruebas de resistencia), la metodología para el análisis (considerando liberaciones a la atmósfera y, en determinados casos, contribuciones directas prevenientes de sistemas y/o componentes); y las estrategias, organización y medios de los titulares para limitar y optimizar las dosis recibidas en estas acciones (analizar posibilidades de actuaciones remotas, reducción de tiempos de intervención y personal necesarios para garantizar dosis en concordancia con los niveles de referencia establecidos).

En relación con los accidentes de pérdida de refrigeración en piscinas, los titulares han calculado las tasas de dosis en el borde de la piscina en función del nivel de agua por encima de los elementos de

combustible para identificar la pérdida de la capacidad de blindaje y su repercusión en la accesibilidad para realizar acciones de recuperación.

De forma general, el CSN solicitará que, teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se incorporen en procedimientos los aspectos de protección radiológica a considerar en las actuaciones manuales locales que se prevean rn accidentes con pérdidas de refrigeración en la piscina, se identifiquen las condiciones (nivel de agua o tiempo) que comprometan la realización de intervenciones manuales, y contemplen las actuaciones específicas para reducir dosis en las actuaciones manuales locales previstas.

En relación con los fenómenos asociados a los procesos de degradación del combustible en piscinas tras su descubrimiento, los titulares indican que van a participar en las actividades y análisis que va a llevar a cabo el EPRI sobre el tema durante los años 2012 a 2014 con el fin de profundizar en el conocimiento de la fenomenología y las posibles liberaciones que se producirían tras este suceso. El CSN considera adecuado no establecer en este momento ninguna mejora adicional al respecto, dado que es conveniente avanzar antes en el análisis de estos fenómenos.

- **Otras instalaciones de almacenamiento de combustible gastado**

Actualmente existen en España dos emplazamientos, Trillo y José Cabrera, en los que se cuenta con un Almacenamiento Temporal Individualizado (ATI) de combustible gastado, fuera de las piscinas. En ambos casos se trata de almacenamientos en seco basados en un concepto de refrigeración pasiva, para los que se dispone de contenedores de acero.

En sus análisis, los titulares identifican las bases de diseño aplicables frente a sucesos externos y los márgenes de seguridad existentes, así como las medidas adicionales que se podrían implantar para mejorar la seguridad de estas instalaciones frente a este tipo de sucesos. En la descripción de los temas específicos de estas dos instalaciones, que se incluyen en el apartado 4.2, se desarrollan con más detalle estos temas.

- **Plazos de implantación de las acciones de mejora**

Los titulares plantean en sus informes la implantación de las propuestas de mejora identificadas de acuerdo con el siguiente esquema temporal:

- Corto plazo: formación de los grupos de análisis y realización de los estudios previstos. Finalización entre junio y diciembre de 2012.
- Medio plazo: implantación de diversas modificaciones de diseño. Finalización entre 2013 y 2014.
- Largo plazo: implantación de modificaciones de diseño de gran envergadura que impliquen nuevas construcciones o cambios importantes de los sistemas existentes. Finalización entre 2015 y 2016; estos plazos podrían incluso rebasarse en casos excepcionales.

El CSN considera globalmente adecuado este calendario, aunque algunas fechas concretas de las propuestas de los titulares podrían ser finalmente modificadas. Además, y en los casos concretos que se identifican en este informe, se requerirán acciones de mejora a implantar a corto plazo como medida compensatoria hasta que estén implantadas las medidas propuestas por los titulares a largo plazo. Estos requisitos se incluirán en las Instrucciones Técnicas Complementarias que el CSN tiene previsto emitir como resultado de su evaluación de las pruebas de resistencia de las centrales nucleares españolas y que se mencionan en el apartado 2.2 de este informe.

4.2 Aspectos específicos de cada una de las instalaciones

4.2.1 Central nuclear de Trillo

4.2.1.a Sucesos naturales extremos

- **Terremotos**

- *Posición del titular*

El diseño sísmico de la central nuclear de Trillo se realizó según los procedimientos utilizados por la norma alemana KTA 2201.1 y se obtuvieron con metodología determinista los dos niveles de terremoto de diseño en ella establecidos: el *terremoto de seguridad* (considerado como DBE) y el *terremoto de diseño* (similar al OBE de la normativa NRC). De acuerdo con la práctica alemana el *terremoto de seguridad* que debía adoptarse era de 0,10g; sin embargo, como requisito de la autorización de construcción de la planta, se elevó finalmente la componente horizontal de aceleración máxima a 0,12g, fijando este valor como DBE en Trillo. Para el *terremoto de diseño* se adoptó un valor mitad del DBE.

En el estudio sismológico del emplazamiento de la central se han considerado también los sismos que pueden ser inducidos por actividades de explotación minera y por el embalse de agua en grandes presas de la región, como los pantanos de Entrepeñas y Buendía. El titular ha examinado los nuevos sucesos sísmicos acaecidos en un periodo más amplio que el considerado en el diseño original, extendiéndolo desde 1982 a 2011. Los terremotos ocurridos son de intensidad bastante menor que los considerados en el diseño y no modifican el DBE. Se deduce, por tanto, que las bases de diseño sísmicas establecidas en la fecha de licencia de la planta son totalmente válidas y conservadoras en fecha actual.

La protección de la planta frente al DBE se basa en los requisitos de diseño sísmico de ESC de acuerdo a su clasificación según criterios equivalentes a los de la RG 1.29, y al mantenimiento, a través de los procesos establecidos en las bases de licencia, de la calificación sísmica y del correcto estado de ESC, así como de sus modificaciones y repuestos.

La central dispone de un sistema de vigilancia sísmica que cumple con las recomendaciones de la norma alemana KTA 2201.5 y la guía reguladora americana RG 1.12. La instrumentación de este sistema, que se recoge en las especificaciones técnicas de funcionamiento de la planta y cuenta con sus requisitos de vigilancia, proporciona información sobre las aceleraciones originadas por movimientos sísmicos con el fin de evaluar si se ha excedido el terremoto de diseño, como requiere la condición límite de operación establecida. En caso de excedencia de dicho terremoto se activaría el Plan de Emergencia Interior de la central de acuerdo con los procedimientos establecidos.

Se dispone asimismo de un conjunto de procedimientos de actuación que permiten hacer frente a las potenciales consecuencias de un sismo. No obstante, como mejora prevista a corto plazo, el procedimiento general de inspección post-sismo se desdoblará en dos procedimientos más específicos: uno dedicado a la inspección inmediata y previa a la parada; el otro incluirá las actividades de la inspección previa al arranque.

En caso de sismo se ha considerado la pérdida del suministro eléctrico exterior durante, al menos, las 72 horas siguientes al terremoto y se ha constatado que no hay necesidad de equipos exteriores al emplazamiento. También se ha analizado la viabilidad de acceso al emplazamiento tras un sismo superior al DBE y se ha concluido que existen tres itinerarios con posibilidad de transportar los equipos de emergencia necesarios.

El cumplimiento con las bases de licencia actuales en relación al comportamiento sísmico se garantiza con la aplicación periódica de procedimientos, requisitos de vigilancia y actuaciones encaminadas a

mantener adecuadamente las ESC y el sistema de vigilancia sísmica, así como sus modificaciones de diseño y repuestos asociados. No existen equipos móviles fuera de las instalaciones que hayan sido incluidos en los procedimientos de emergencia para terremoto.

La central nuclear de Trillo ha dado respuesta a lo requerido por el CSN y a las recomendaciones emitidas en relación con las consecuencias del accidente de Fukushima (WANO SOER 2011-2). Tras las verificaciones efectuadas hasta la fecha no se ha encontrado en la planta ninguna vulnerabilidad significativa.

El titular evalúa el margen sísmico de la planta utilizando los trabajos que ya había realizado mediante la metodología desarrollada por la NRC y EPRI (terremoto de revisión 0,3g - *focused scope*), y complementándolos, en el contexto de las pruebas de resistencia, mediante la realización de nuevas inspecciones y la ampliación del alcance. El estudio de márgenes sísmicos se había actualizado identificando los nuevos elementos necesarios para la parada segura que fueron instalados con modificaciones de diseño en el periodo 2001-2011, así como los equipos ya existentes que se habían modificado en dicho periodo, confirmando su capacidad frente al DBE y estimando su margen sísmico.

De acuerdo con los estudios de márgenes sísmicos realizados el titular asigna actualmente a la planta un valor mínimo de capacidad HCLPF de 0,20g, asociado a algunos componentes de la red de alimentación eléctrica de salvaguardia; identifica los componentes de la planta con un HCLPF inferior a 0,3g y propone modificaciones para aumentar la capacidad mínima de la central hasta 0,3g. El titular también ha determinado, para el mantenimiento de la refrigeración y la integridad del combustible un margen sísmico mínimo de 0,24g, asociado a los depósitos de agua de sellado de las bombas del sistema de refrigeración de emergencia del núcleo, que en la central de Trillo es también el encargado de refrigerar la piscina de combustible gastado. Con las mejoras propuestas este margen se verá aumentado hasta 0,30g. Para la integridad de la función de confinamiento de la contención, determina un HCLPF mínimo de 0,3g. Para la integridad y confinamiento del combustible gastado del ATI, el titular determina una capacidad HCLPF de 0,3g como mínimo, asociado a la posibilidad de vuelco del contenedor ENSA-DPT21.

Para la integridad de la función de confinamiento de la contención, determina un HCLPF mínimo de 0,3g. Para la integridad y confinamiento del combustible gastado del ATI el titular determina una capacidad HCLPF de 0,3g como mínimo, asociado a la posibilidad de vuelco del contenedor ENSA-DPT21.

El titular ha estimado que la probabilidad de que ocurra un sismo en el emplazamiento de 0,20g es inferior a un suceso cada 220000 años; mientras que un terremoto que supere el margen de 0,3g sería un suceso cada 675000 años.

En el contexto de las pruebas de resistencia también se ha determinado si la capacidad sísmica de los siguientes equipos, considerados en las estrategias para hacer frente a una situación de SBO y gestión de accidentes severos coincidentes con un sismo, es superior a 0,3g y, en caso contrario, se proponen medidas para alcanzar este valor: equipos del PCI sísmico; bomba del *Bleed and Feed* del secundario y estructura adyacente; equipos de los sistemas de ventilación de las salas de baterías del edificio eléctrico, sistema de filtrado y presurización de la sala de control principal; recombinadores pasivos autocatalíticos, y equipos alternativos para la refrigeración y reposición de inventario en la piscina.

En relación con la posibilidad de que se pudieran producir efectos internos inducidos como consecuencia de un sismo, el informe de la central nuclear de Trillo indica lo siguiente:

- Incendios y explosiones: Trillo identifica su base de diseño y señala que el diseño hace muy poco probable la ocurrencia de un incendio o explosión en caso de sismo, además los componentes con más riesgo de provocarlos en los edificios de seguridad son de diseño sísmico. El titular identifica las principales cargas

combustibles y fuentes de explosión confirmando que, por diseño, no existen ESC no sísmicamente cualificados que, perdiendo su integridad, puedan causar daños en equipos de parada segura.

– Inundaciones internas: Trillo señala que dispone de un análisis de inundaciones que responde a la base de licencia en la que se consideran roturas catastróficas en tuberías y recipientes no sísmicos, bajo premisas conservadoras. Los casos analizados justifican como aceptables los efectos de las inundaciones en base a la existencia de barreras diversas. Adicionalmente, el titular ha analizado tuberías, tanques y depósitos no sísmicamente cualificados que pudieran causar un suceso iniciador y daños en sistemas de mitigación, identificando como caso a analizar la rotura del sistema PCI en el edificio del "anillo". Para este caso el titular describe la instrumentación, acciones de aislamiento, y barreras en general para hacer frente a la misma. El alcance para la evaluación de márgenes sísmicos es el indicado en párrafos anteriores, incluyendo en su análisis los elementos que constituyen la barrera de inundación de grandes fuentes de agua cuya rotura podría llevar a inundación de otras zonas de la central. El titular no identifica la necesidad de implantar otras acciones adicionales.

Además, se han analizado los efectos de un sismo de aceleración horizontal 0,3g sobre la superficie libre del agua de la piscina de combustible gastado y de las balsas de agua esencial. Los resultados han puesto de manifiesto que no existe derrame significativo de agua ni en la piscina ni en las balsas, por lo que no se ve comprometida la refrigeración del combustible gastado y tampoco la de ningún equipo significativo.

Finalmente, el titular también ha analizado el posible impacto de la rotura de presas cercanas como consecuencia de un sismo y ha concluido que no suponen riesgo alguno de inundación externa para la planta.

- *Evaluación del CSN*

Las bases de diseño sísmico de la central son las mismas que las licenciadas para el diseño original y se encuentran recogidas en su Estudio de Seguridad. Su aceptabilidad respecto a los requisitos exigidos por el CSN a lo largo del tiempo ha sido comprobada en los procesos de evaluación sísmica desarrollados antes de conceder las sucesivas autorizaciones de explotación, mediante análisis específicos efectuados en las revisiones periódicas de seguridad, y también a través de las diversas inspecciones realizadas, unas periódicas y otras puntuales, dentro de los procesos de supervisión y control del CSN.

El titular ha considerado adecuadamente en su revisión el sistema de vigilancia sísmica que tiene instalado como medio para proteger la central frente a la ocurrencia de terremotos; así como el conjunto de procedimientos disponibles y actuaciones previstas, de operación o de emergencia, para mitigar las consecuencias de un sismo. Este sistema, que ya estaba previamente implantado en la central, había sido revisado por el CSN y resulta aceptable.

Los valores de HCLPF estimados por el titular se consideran justificados de acuerdo a la metodología de EPRI; aunque algunos valores se encuentran actualmente en revisión por parte del CSN, como es el caso del valor 0,3g asignado a los bastidores de combustible irradiado. También están pendientes de verificación las acciones de mejora propuestas por el titular para aumentar el valor HCLPF de los equipos identificados con un margen inferior a 0,3g.

De modo general, se considera que las acciones propuestas resultan eficaces para mejorar la robustez de la planta frente a la ocurrencia de terremotos más allá de la base de diseño. También se consideran razonables los plazos de implantación previstos para estas acciones.

En relación con la posibilidad de que se pudieran producir efectos inducidos como consecuencia de un sismo, y además de las conclusiones genéricas del apartado 4.1.a, se concluye lo siguiente:

– Incendios y explosiones: la evaluación del CSN considera adecuado el alcance del análisis realizado, identificando las posibles fuentes de explosión o incendio.
– Inundaciones internas: la evaluación del CSN considera que el titular ha realizado un análisis amplio, incluyendo la propuesta de incrementar el margen sísmico de algunos equipos.

- **Inundaciones**

- *Posición del titular*

La altitud del nivel general de explanación de la central es 832,0 m y el nivel máximo de avenidas, para 10000 años de período de retorno en la presa de la Ermita en el río Tajo, alcanzaría la cota de 725,57 m; dada esta gran diferencia de cotas, no se ha considerado la posibilidad de inundaciones por avenidas en el emplazamiento. No obstante, el titular ha realizado nuevos análisis con datos actualizados, y se confirma que el nivel máximo de avenidas con periodos de retorno de un millón de años estaría muy alejado de la cota de explanación de la central (margen superior a 100 m).

Al no existir situaciones límite por inundaciones debidas a avenidas, no se identifican posibles mejoras que aumenten la robustez de la instalación frente a inundaciones.

Respecto de la posibilidad de inundaciones externas debidas a obstrucciones por hielo, la central nuclear de Trillo concluye que es muy improbable que se pudiera formar suficiente hielo como para producir una obstrucción o inundación.

En el suceso de inundaciones locales como consecuencia de lluvias torrenciales, el diseño de los drenajes de pluviales de la central (viales y cubiertas) se realizó de acuerdo con la normativa española vigente en el momento de su construcción. El titular ha realizado un nuevo análisis para considerar los datos meteorológicos disponibles hasta el año 2010 y la nueva normativa actual vigente. La red de drenaje del emplazamiento dispone de tres puntos de evacuación independientes, con una capacidad de evacuación de más del 170% respecto a la precipitación máxima probable. Por tanto, se dispone de amplios márgenes frente a potenciales inundaciones por lluvias torrenciales. No obstante, el titular indica que se van a realizar mejoras para evitar la posibilidad de formación de pequeños encharcamientos locales en zonas concretas.

El titular ha analizado también la capacidad de drenaje de las cubiertas de los edificios de la central, pero incluye los resultados obtenidos en el apartado siguiente, correspondiente a "otros sucesos naturales extremos".

En cuanto al efecto de posibles ascensos del nivel freático, el nivel colgado superior, según los datos del programa de vigilancia de la central, se sitúa por debajo de la cota de cimentación de los principales edificios de la central de Trillo. Estos se encuentran protegidos mediante un sistema de impermeabilización y disponen de una red de drenaje. Las galerías subterráneas más profundas están cimentadas a una cota superior al nivel freático y disponen de un canal de drenaje en la solera. Teniendo en cuenta estas consideraciones, una eventual subida del nivel freático no tendría impacto sobre las edificaciones, ya que las posibles infiltraciones serían recogidas por el sistema de drenaje.

Para evitar los posibles efectos debidos a fenómenos meteorológicos adversos, la central dispone de procedimientos de vigilancia asociados a los sistemas de drenaje. En ellos se establecen las inspecciones visuales que deben llevarse a efecto, su periodicidad y las actuaciones administrativas asociadas. Además, el Plan de Emergencia Interior se activa en caso de lluvias con intensidad horaria superior a 150 l/m^2 medidos en la torre meteorológica de la central, lo que lleva asociada la ejecución de los procedimientos ya establecidos.

Se cumple con la normativa recogida en la actualidad en las bases de licencia relativa a inundaciones externas sin ser identificadas desviaciones.

Se dispone de un estudio de viabilidad de acceso al emplazamiento en caso de inundaciones por lluvias de excepcional intensidad y, para el caso de rotura de embalses, que pudieran afectar a los itinerarios de acceso a la central. La conclusión es que siempre quedarían itinerarios abiertos no afectados; y, además, los afectados podrían ser rehabilitados en un periodo de tiempo relativamente corto, mediante el uso de pasos provisionales.

- *Evaluación del CSN*

Las bases de diseño de inundaciones son las mismas que las licenciadas para el diseño original y han sido aceptadas por el CSN. Además, las protecciones existentes para estos fenómenos, tanto los sistemas de drenaje como los procedimientos de actuación, han sido objeto de inspección periódica en los programas de supervisión del CSN.

El titular ha analizado el efecto de un posible ascenso del nivel freático sobre edificios, galerías subterráneas y otras ESC, constatando que no tendría impacto significativo sobre la seguridad, ya que las posibles infiltraciones se recogerían por los sistemas de drenaje. En la evaluación del CSN se ha identificado que el titular no ha documentado el análisis de los efectos debidos al posible fallo de los sistemas de drenaje, por lo que el CSN requerirá que se aporte información complementaria de este análisis.

Se considera razonablemente justificada la robustez de la central frente a inundaciones externas y las medidas propuestas para mejorar la evacuación de agua por lluvias torrenciales contribuirán a incrementar esa robustez. La implantación de dichas mejoras se considera aceptable. En cuanto a la viabilidad de accesos en caso de inundación, su evaluación se incluye en el apartado de "Planificación de la gestión de accidentes".

- **Otros sucesos naturales extremos**

- *Posición del titular*

Los sucesos naturales que, en la central de Trillo, han pasado el proceso de cribado con la metodología utilizada del IPEEE, para descartar aquellos cuyo impacto fuera despreciable, son las lluvias torrenciales, las cargas de nieve y los vientos fuertes. Además de estos, el titular ha revisado otros sucesos creíbles en el emplazamiento, aunque hubieran sido descartados previamente, a saber: tormentas eléctricas, subida del nivel en aguas subterráneas, incendios forestales, pedrisco, sequía y temperaturas extremas (máximas y mínimas).

Respecto a las lluvias torrenciales y el drenaje de pluviales en las cubiertas de los edificios, su capacidad de evacuación es mayor de lo que exige el actual Código Técnico de la Edificación español. El titular ha revisado los cálculos de capacidad de desagüe en los principales edificios con datos meteorológicos actualizados y para un periodo de retorno de 10000 años. Dado el número de elementos de evacuación en las cubiertas y dado que la central tiene establecidos trabajos de revisión y mantenimiento que garantizan el estado de conservación de los mismos, puede concluirse que la central de Trillo no tiene ninguna vulnerabilidad a las inundaciones de las cubiertas por precipitaciones intensas.

La consideración del drenaje del emplazamiento y de los efectos de la subida de nivel en aguas subterráneas ya se ha abordado en el apartado anterior de "inundaciones".

En el diseño se consideró una carga de nieve sobre superficie horizontal de 100 kg/m^2; la carga que podría afectar a la capacidad estructural de las cubiertas está por encima de 184 kg/m^2, que equivale a una capa de 1,53 m de nieve, lo que el titular considera impensable en este emplazamiento.

En cuanto a vientos fuertes, la velocidad del viento considerada para el diseño de los edificios y estructuras de la central fue de 144 km/h. Se ha reevaluado la carga debida a vientos con datos meteorológicos actualizados y con la normativa actualmente vigente, concluyéndose que existen márgenes superiores al 100% en las estructuras de seguridad.

Tanto la ocurrencia de vientos fuertes como las nevadas intensas son sucesos contemplados como iniciadores en el Plan de Emergencia Interior, que se activaría de acuerdo con los procedimientos de actuación ya establecidos para minimizar los posibles efectos de una emergencia.

Se han revisado las condiciones de diseño, y también las actuaciones de mantenimiento asociadas, en relación con tormentas eléctricas, incendios forestales, pedrisco y sequía, concluyendo que son adecuadas según la normativa aplicable y que aseguran amplios márgenes respecto a sucesos creíbles en el emplazamiento.

También ha revisado el titular el tratamiento dado a las temperaturas ambientales en relación al sumidero final de calor y al resto de ESC de la planta, valorando los requisitos de la normativa aplicable y los registros históricos de la estación meteorológica de la central.

La conclusión final del análisis indica que la central nuclear de Trillo dispone de amplios márgenes de diseño respecto a potenciales sucesos naturales extremos, pues puede soportar situaciones meteorológicas muy superiores a las que históricamente se han producido en el emplazamiento.

- *Evaluación del CSN*

El cribado de sucesos externos realizado para establecer las bases de diseño se basa en una probabilidad muy baja de ocurrencia (10^{-5} por año), de acuerdo con las metodologías probabilistas que recoge la normativa aplicable del IPEEE.

Los análisis realizados por el titular han extendido su alcance respecto a los realizados previamente, antes de las pruebas de resistencia, e incluso a los documentados en su informe preliminar. En general, los resultados aportados se consideran adecuadamente justificados. Los criterios de diseño aplicados y los márgenes estimados son razonables, aunque con las dos salvedades siguientes:

- El CSN no ha concluido la evaluación de la estimación de márgenes aportada respecto a temperaturas extremas, tarea actualmente en curso.
- Como se ha indicado en el apartado anterior, el CSN requerirá al titular información complementaria respecto al análisis de efectos debidos al posible fallo de los sistemas de drenaje.

El titular dispone de procedimientos de actuación ante la ocurrencia de condiciones meteorológicas severas en el emplazamiento, que han sido objeto de inspección en los programas de supervisión y control del CSN.

Salvo las mejoras ya citadas para evitar posibles encharcamientos locales en zonas concretas del emplazamiento, que se consideran aceptables, el titular no plantea otras medidas de refuerzo potencial ante los sucesos externos aquí tratados. Tras concluir el CSN su evaluación en curso en los puntos indicados, se determinará la conveniencia o no de adoptar medidas adicionales.

4.2.1.b Pérdida de funciones de seguridad

- **Pérdida de energía eléctrica exterior (LOOP)**

- *Posición del titular*

La central nuclear de Trillo describe las interconexiones con la red y las vías de alimentación eléctrica disponibles (y la posibilidad de funcionar en isla), concluyendo en su alta robustez y fiabilidad y en que proporcionan elevada confianza en la capacidad de restablecer prontamente una pérdida de la red exterior.

La central referencia los procedimientos del operador de la red eléctrica nacional para la reposición de tensión en caso de un cero en la red, los cuales dan prioridad a la alimentación de las centrales nucleares, en particular a la de Trillo.

En una situación de LOOP, la alimentación a los equipos de salvaguardia y emergencia se realiza mediante el arranque automático de los cuatro generadores diesel de salvaguardias. Como medida de respaldo se dispone de otros cuatro generadores diesel de emergencia, que permiten mantener la alimentación eléctrica a los equipos requeridos para llevar la planta a parada segura. Todos estos generadores diesel están diseñados como Clase de Seguridad y Categoría Sísmica I.

Los generadores diesel de salvaguardia están situados en el edificio diesel, con separación física y funcional en cuatro trenes; los de emergencia están situados en el edificio de agua de alimentación de emergencia, asimismo con separación física y funcional en cuatro trenes.

Ambos edificios están separados por una distancia de aproximadamente 200 metros, y se encuentran además interpuestos entre ellos otros edificios. Los sistemas soporte requeridos para el funcionamiento de los diesel son independientes, no se comparten sistemas soporte entre las redes de salvaguardia y de emergencia.

La autonomía de funcionamiento de los generadores diesel de salvaguardia, sin necesidad de apoyo externo a la central, es superior a las 72 horas consideradas en la normativa.

En cuanto a los generadores diesel de emergencia, el almacenamiento propio de combustible permite su funcionamiento durante 24 horas y, mediante el trasvase desde el tanque del diesel de salvaguardia de su redundancia, pasaría a ser de unos 25 días.

La central dispone de almacenamiento de aceite de lubricación, para un tiempo de funcionamiento simultáneo de los todos los generadores diesel, del orden de tres días. Este tiempo es muy superior cuando solo funcionan los de emergencia.

La refrigeración de los generadores de salvaguardia se realiza a través del sistema de agua de servicios esenciales, y las reservas existentes en las balsas permiten realizar las funciones de seguridad durante un tiempo bastante superior a los siete días; en tanto que en los de emergencia se lleva a cabo mediante reservas de agua existentes en las piscinas (durante al menos 10 horas) situadas en el interior del propio edificio de agua de alimentación de emergencia. Existen conexiones para reponer agua a las piscinas desde otros sistemas internos a la central, que garantizarían por mucho tiempo la función de refrigeración de los generadores y, por tanto, la función de evacuación de calor residual a través de los generadores de vapor.

- *Evaluación del CSN*

El LOOP está dentro de las bases de diseño de la central, con una duración de al menos tres días, que es la autonomía requerida por la normativa para los generadores diesel.

Las líneas exteriores tienen orígenes y recorridos diferentes; esta independencia aporta fiabilidad al suministro. Las transferencias entre alimentaciones han venido funcionando satisfactoriamente. El operador de la red dispone de procedimientos de recuperación por zonas que tienen en cuenta la alimentación preferente para las centrales nucleares.

Los cuatro generadores diesel de salvaguardia y los cuatro de emergencia, sin aparentes fallos de modo común, todos ellos diseñados sísmicamente, aportan un nivel de seguridad muy significativo.

La central hace una detallada justificación de la autonomía de los generadores diesel, tanto en cuanto a gasoil como en cuanto a aceite de lubricación y a refrigeración, que demuestra satisfactoriamente que iría más allá de los tres días considerados. En el supuesto de funcionamiento con los generadores de emergencia este tiempo superaría los siete días.

La central tiene de un programa de mantenimiento de la disponibilidad y fiabilidad de los generadores diesel que se gestiona dentro de la Regla de Mantenimiento.

Los aspectos indicados por la central, antes resumidos, aparecen expuestos en los documentos de licencia aplicables, y han sido inspeccionados repetidas veces por el CSN a lo largo de la vida de la central, por todo lo cual no existen objeciones reguladoras a los mismos.

- **Pérdida total de corriente alterna (SBO)**

- *Posición del titular*

En caso de pérdida de energía eléctrica exterior (LOOP) y pérdida de las fuentes normales de respaldo (generadores diesel de salvaguardia), se mantendría la capacidad de alimentación a la red interna de emergencia mediante la operación de los generadores diesel de emergencia. Ello permite disponer de los consumidores de corriente alterna y corriente continua asignados a la red de emergencia, así como de los consumidores de corriente continua y servicio ininterrumpido en salvaguardia, y quedarían garantizadas las funciones de seguridad requeridas.

En el escenario planteado, el agotamiento de las baterías en la red de salvaguardia no implicaría un cambio en las condiciones de refrigeración, al quedar ésta garantizada mediante equipos asignados a la red de emergencia.

En la hipotética situación de una pérdida de energía eléctrica exterior (LOOP) con pérdida de las fuentes normales de respaldo, más pérdida de cualquier otra fuente adicional de respaldo (esto es, de los cuatro generadores diesel de emergencia), las fuentes de alimentación eléctrica que se mantendrían disponibles serían las baterías de +/- 24 V en salvaguardia y emergencia, y las baterías de 220 V en salvaguardia.

Ello permite mantener la alimentación a los sistemas de distribución de corriente continua de 48/24 V en las redes de salvaguardia y emergencia, a los sistemas de distribución de corriente continua de 220 V de salvaguardia y en la red de distribución de corriente alterna 380 V de servicio ininterrumpido de la red de salvaguardia.

Los estudios de autonomía realizados, sin considerar desconexión de cargas, determinan los tiempos de descarga de baterías, que para los trenes de salvaguardia están comprendidos entre tres horas y cinco horas 20 minutos, para 220 V, y entre aproximadamente tres y diez horas, para 24 V; para las baterías de 24 V de emergencia dichos tiempos varían entre límites aproximados de tres y seis horas. Con un procedimiento de desconexión de cargas innecesarias en 220 V, los tiempos de descarga de estas baterías aumentarían significativamente.

Desde el punto de vista de la refrigeración del núcleo, la principal característica de una situación como la considerada sería la pérdida de la función de alimentación a los generadores de vapor. Para evitar esta evolución del suceso, se dispone de forma procedimentada de la posibilidad de recuperar prontamente esta función, mediante la despresurización del lado secundario de los generadores de vapor por descarga a través de una de las estaciones de alivio de vapor principal (ello consigue restablecer parcialmente la refrigeración mediante la utilización del contenido de agua existente en las líneas de agua de alimentación principal) y, de forma paralela, mediante la conexión, en puntos ya previstos a través de líneas del sistema de agua de alimentación de emergencia, de una motobomba diesel permanentemente instalada junto al edificio de agua de alimentación de emergencia.

La realización de la despresurización de los generadores de vapor por debajo de aproximadamente 12 bar permite la inyección con esta motobomba, la cual inicialmente tomaría agua de las piscinas del sistema de agua de alimentación de emergencia.

Con los medios disponibles internos a la planta, se ha estimado que es posible realizar las acciones necesarias en un plazo del orden de 25-30 minutos desde el inicio del suceso.

El titular tiene monitorizado/vigilado el comportamiento operativo de la motobomba diesel del circuito secundario mediante la Regla de Mantenimiento.

La limitación de fugas de refrigerante primario, a través de líneas de conexión al circuito, se realiza mediante:

- El cierre autoactuado de las válvulas de alivio del presionador.
- El cierre automático al inicio del suceso de la extracción del sistema de control de volumen, mediante las válvulas de regulación de las estaciones reductoras de alta presión.
- El cierre de válvulas de aislamiento de contención, en líneas pequeñas del sistema de toma de muestras, de forma automática al activarse los criterios de refrigeración de emergencia (CRE, esto es, bajo nivel del presionador, baja presión del primario y, en su caso, alta actividad en contención, que se alcanzarían antes del agotamiento de las baterías).
- El cierre de otras líneas de conexión al circuito primario mediante dispositivos de retención.

Tras esto, pueden permanecer fugas a través de las líneas de salida de los sellos de las bombas de refrigeración del reactor (que se estiman en 0,22 kg/s por bomba) y a través de líneas de pequeño diámetro en el sistema de drenajes de equipos. Estas fugas quedarían confinadas dentro de la contención por el cierre de los aislamientos por válvulas actuadas desde barras de servicio ininterrumpido.

Para la reposición del refrigerante primario, de forma que se compensen en parte las fugas y la contracción consecuencia del enfriamiento, se dispone del contenido de los acumuladores, que se aportará cuando la presión del RCS descienda suficientemente; los análisis termohidráulicos del titular indican que, para mantener unas condiciones adecuadas de refrigeración del núcleo a través de los generadores de vapor y mediante circulación natural en el primario, no se requeriría la inyección con sistemas activos, ni tampoco el aislamiento de los acumuladores para evitar la entrada de N2 al circuito primario, que pudiera comprometer la transferencia de calor a través de los generadores de vapor

Una vez estabilizada la operación de B&F del circuito secundario, ante el posible agotamiento de las baterías, no queda comprometido el funcionamiento de la motobomba de alimentación a generadores de vapor por ser éste totalmente autónomo.

Las válvulas motorizadas en el camino de aporte a los generadores de vapor quedarían en la posición que tuvieran en el momento de perderse la alimentación desde las baterías (abiertas las válvulas de

aislamiento, abiertas en posición intermedia las válvulas de regulación) manteniéndose la posibilidad de accionamiento manual de las mismas de manera local en el edificio del anillo.

Respecto de situaciones límite, la central indica que la temperatura de 500 ºC a la salida de los elementos combustibles en el núcleo del reactor, que es el criterio validado como límite para el inicio de la despresurización de los generadores de vapor en la operación de B&F del secundario, se alcanzaría en t ≈ 103 minutos tras el inicio del escenario, en una situación de SBO con fallo de los generadores diesel de emergencia, si no se realizasen medidas correctivas.

En cuanto a la posibilidad de prolongar la autonomía de las baterías de 220 V c.c., el titular considera tres posibles niveles procedimentados de reducción de cargas; con el mayor nivel de reducción, los tiempos pasarían a estar entre 16 y 18 horas.

En cuanto a efectos de la pérdida de ventilación, la instrumentación puede funcionar sin ventilación durante al menos 10 horas. En las acciones de mejora se ha previsto la utilización de un generador diesel portátil para uso en el edificio de alimentación de emergencia.

En 24 Vc.c. no se considera viable intentar la desconexión de cargas para prolongar la autonomía de las baterías, ya que se trata de armarios de I&C y es compleja la valoración de los efectos de su desconexión. Se ha decidido que es conveniente recurrir a usar acciones de mejora que permitan mantener la alimentación.

- *Evaluación del CSN*

La pérdida total de corriente alterna exterior e interior en cuanto a los generadores diesel de salvaguardia (SBO) está dentro de las bases de diseño de la central. Las bases de diseño de los generadores diesel de emergencia están consideradas en los documentos de licencia aplicables, y por lo tanto ya han sido evaluadas con anterioridad, e inspeccionadas en ocasiones precedentes.

En el caso, sumamente improbable, de considerarse una pérdida conjunta de los generadores diesel de salvaguardia y de emergencia, se dispondría de las baterías de corriente continua, con valores de autonomía extendidos que serían adecuados para permitir la puesta en funcionamiento de la alimentación alternativa a los generadores de vapor.

El CSN realizó, previamente a las pruebas de resistencia, una inspección para verificar que los tiempos indicados para el alineamiento y operación de la motobomba diesel de alimentación alternativa a los generadores de vapor son los previstos por la central. Asimismo, y con posterioridad a la emisión del informe preliminar, se ha realizado una inspección a la central sobre aspectos de dicho informe considerados relevantes. El CSN considera que es una notable fortaleza que se pueda contar con la operación de la motobomba diesel en manual, si tras haberse realizado el alineamiento de dicha motobomba se agotasen las baterías antes de que se hubiesen conectado los generadores portátiles previstos en las acciones de mejora.

El CSN no tiene observaciones a la información aportada por la central y, tras las verificaciones realizadas, la considera aceptable.

- **Mejoras propuestas por la central nuclear de Trillo ante sucesos de pérdida de energía eléctrica**

La central expone previsiones que se resumen en lo siguiente:

– Incorporar un generador diesel portátil, con punto de conexión a 380 Vca de emergencia, para alimentación de baterías, ventilación y actuadores de válvulas.

- Incorporar una bomba eléctrica portátil para inyección a primario y piscina de combustible gastado, y otra bomba eléctrica portátil para trasvases de agua, así como un generador diesel portátil para alimentar a dichas bombas.
- Mejorar la resistencia sísmica de la motobomba diesel de alimentación a los generadores de vapor para alcanzar un margen de 0,3g.
- Incorporar medios portátiles de iluminación y comunicaciones.
- Incorporar alimentaciones portátiles para la instrumentación.
- Incorporar reservas de aceite de lubricación de generadores diesel.
- Procedimentar pruebas periódicas de centrales hidráulicas, y una prueba especial de la motobomba diesel de alimentación a los generadores de vapor en condiciones de ausencia de corriente continua.

Las previsiones aportadas por la central, en la etapa de desarrollo actual, se consideran válidas, aunque la viabilidad de utilizar equipos portátiles estará sujeta a los resultados del análisis específico de disponibilidad de personal que se requiere en el apartado 4.1.c de este informe.

Con la implantación de estas medidas los tiempos de las situaciones límite quedarían ampliados y pasarían a ser función de la autonomía de los equipos portátiles.

- **Pérdida del sumidero final de calor (UHS)**

- Posición del titular

El sumidero principal de calor está constituido por el sistema de agua de circulación que consiste en un sistema cerrado con dos torres húmedas de tiro natural. Tras un disparo del reactor, el calor residual es extraído, a través de los generadores de vapor, en circuito cerrado descargando al condensador.

La pérdida de función del condensador, conduce a la refrigeración, a través del circuito secundario, en circuito abierto mediante descarga de vapor principal a la atmósfera, que constituye el método alternativo al sumidero principal de calor para la evacuación de calor residual. En este modo de operación aún se mantiene la alimentación a los generadores de vapor mediante las bombas de arranque/parada aspirando del depósito de agua de alimentación. Hay que destacar que los equipos involucrados en esta función disponen de la posibilidad de alimentación eléctrica desde los generadores diesel de salvaguardia. Las reservas de agua disponibles en este modo de operación (reservas de agua en el depósito de agua de alimentación más las reservas en las piscinas del sistema de distribución de agua desmineralizada) permiten el enfriamiento de la planta hasta condiciones para entrada de los sistemas de evacuación de calor residual, o en caso necesario permiten prolongar dicha evacuación de calor residual a través de los generadores de vapor.

En caso de indisponibilidad de la alimentación a los generadores de vapor con las bombas de arranque/parada, se dispone de las bombas del sistema de agua de alimentación de emergencia accionadas mecánicamente por los generadores diesel de emergencia.

El sumidero final para la evacuación de calor residual del núcleo del reactor en la parada, refrigeración de la piscina de combustible gastado y refrigeración de sistemas auxiliares, lo constituye el sistema de agua de servicios esenciales (VE), que dispone de dos balsas de agua y torres de refrigeración de tiro forzado. Las reservas de agua de las balsas de servicios esenciales están dimensionadas para garantizar la refrigeración durante 30 días sin necesidad de aporte externo tras el accidente base de diseño (LOCA), considerando el contenido de una sola de las dos balsas.

El sistema dispone de equipos asignados a la red de distribución eléctrica de salvaguardia. También dispone de equipos asignados a la red de distribución eléctrica de emergencia. Tanto los equipos

de salvaguardia como los de emergencia son capaces de garantizar la evacuación de calor residual del núcleo del reactor en situación de parada fría y la evacuación de calor residual de la piscina de combustible gastado. Para ello es suficiente la operación de un tren para cada una de las dos funciones y, en caso extremo, se dispone de un modo de refrigeración alternante por el cual, con un solo tren, sería posible cubrir ambas funciones de refrigeración (núcleo y piscina).

Existe separación física y funcional entre ambas balsas y las respectivas estructuras de toma de agua para las bombas del sistema, por lo que, con la pérdida de una de las balsas aún se garantiza la disponibilidad final de una cadena de evacuación de calor residual mediante equipos de la red de salvaguardia.

Considerando solo equipos asignados a la red de emergencia, con esta misma situación de pérdida de función en una de las dos balsas, es posible mantener la función de una cadena de evacuación de calor residual.

El fallo completo de este sistema durante la operación a potencia no tendría repercusiones sobre la capacidad de refrigeración del núcleo del reactor. Todas las funciones de seguridad relacionadas con la refrigeración del núcleo quedarían garantizadas con la operación de sistemas de emergencia de forma independiente a este sistema, con la salvedad de no poder alcanzar parada fría debiendo mantenerse la evacuación de calor a través de los generadores de vapor. Por esta razón no se prevén mejoras adicionales a las indicadas en el apartado de SBO.

Para las situaciones de parada:

- En caso de contar con una sola cadena de evacuación de calor residual de salvaguardia o emergencia y estando el primario abierto y comunicado con la piscina de combustible gastado (PCG), la central ha estudiado analíticamente con resultado satisfactorio un modo de refrigeración simultánea del primario y la PCG (denominado "en tándem"). Se elaborarán los procedimientos de operación necesarios en los que se detalle esta maniobra.
- Si se pierde totalmente la capacidad de extracción de calor residual a través del UHS, se pueden dar varios casos:
  - En caso de que el sistema primario esté cerrado y lleno o con nivel reducido, la refrigeración del núcleo se podría llevar a cabo a través de un generador de vapor (circulación natural en una fase o, para bajo nivel, por reflujo por condensación de vapor en los tubos).
  - En caso de que el sistema primario esté abierto con nivel reducido, la pérdida de UHS conduciría a la ebullición del agua en el primario. Sería posible reponer el inventario desde los acumuladores del RHR (proporcionaría del orden de 13 horas) o desde los tanques de almacenamiento de agua borada (proporcionaría del orden de 70 horas).
- Está previsto (mejoras para SBO) disponer de medios alternativos para la inyección de agua borada al circuito primario.

- *Evaluación del CSN*

Ver la evaluación del apartado siguiente

- **Pérdida del sumidero final de calor combinado con SBO**

- *Posición del titular*

El escenario de pérdida del sumidero final de calor con SBO partiendo de una situación de operación a potencia es análogo al descrito para SBO, con la diferencia de que la posible recuperación del suministro

eléctrico exterior a través de la tercera red, y de forma supeditada a las condiciones ambientales que pudieran prevalecer de manera especial en las salas de electrónica relacionadas con equipos de salvaguardia, únicamente podría permitir el restablecimiento de la alimentación a los generadores de vapor mediante las bombas de arranque/parada, siendo necesario recuperar la operación del sistema de agua de servicios esenciales para posibilitar alcanzar la parada fría y para normalizar la refrigeración de la piscina de combustible gastado.

En cualquier caso, si debido a las condiciones ambientales que afectan a largo plazo a salas con equipos eléctricos o electrónicos de salvaguardia no fuera posible recuperar la alimentación a los generadores de vapor mediante las bombas de arranque/parada, aún se podría mantener la refrigeración del núcleo vía generadores de vapor, mediante la alimentación con las bombas de alimentación de emergencia o con la motobomba autónoma.

En caso de pérdida de UHS con SBO en situación de parada con el primario abierto no se dispondría de bombas para inyectar el contenido de los depósitos de almacenamiento de agua borada. Solamente se podrían inyectar los acumuladores del RHR, pero para ello sería necesario abrir las válvulas de aislamiento de manera manual local dentro del edificio de contención. Para posibilitar su apertura remota es preciso dotar de alimentación eléctrica alternativa a dichas válvulas. En caso de usar el agua de los acumuladores se dispondría de 13,4 horas de refrigeración del RCS.

La central nuclear de Trillo considera que las medidas de mejora analizadas y propuestas para el SBO son válidas y adecuadas para este escenario y además identifica las siguientes mejoras adicionales:

- Utilización de otras fuentes de agua ante la pérdida del VE mediante conexiones embridadas, bombas portátiles y mangueras (VC, UC3, DAA, depósitos centro de información).
- Aporte de agua de esenciales (VE) a piscinas de agua de alimentación de emergencia (RS) mediante motobomba portátil de gasoil.
- Prever en los procedimientos la posibilidad de actuación local de las válvulas de entrada a los generadores de vapor situadas en salas del edificio del anillo ZB elev. +6,0.
- Modificación de diseño para mantener cerradas las válvulas de baipás de las de retención de émbolo, durante la operación de RHR, para evitar potenciales fugas en la línea de aspiración del RHR.
- Dotar de alimentación eléctrica alternativa desde barras de servicio ininterrumpido a las válvulas de los acumuladores.
- Para garantizar la apertura de las válvulas de aislamiento de alivio de vapor principal a bajas presiones estando sin corriente que permita accionar sus válvulas piloto, se va a mejorar el sistema neumático de apoyo existente para permitir inyectar aire desde botellas independientes de aire comprimido.

- *Evaluación del CSN*

En este apartado se evalúa la pérdida del UHS, con y sin SBO.

El titular ha proporcionado una descripción adecuada de las provisiones existentes en el diseño para evitar la pérdida del UHS y ha analizado la situación a la que conduciría la pérdida del UHS con y sin SBO con un alcance adecuado.

La información relativa a la base de diseño del UHS ha sido evaluada y licenciada por el CSN en etapas anteriores. Adicionalmente, los equipos y procedimientos relacionados han sido objeto de inspeccionados por el CSN en repetidas ocasiones.

El titular ha realizado cálculos realistas para estimación de tiempo de agotamiento de las fuentes de agua actualmente disponibles para el sistema de agua de alimentación de emergencia (RS). El resultado es que el tiempo disponible con las piscinas del RS es mayor de 24 horas en el modo de inyección con la motobomba diesel de inyección a los generadores de vapor. Las maniobras de actuación manual de la motobomba serán probadas por el titular cuando disponga de la instrumentación portátil relevante para el *bleed and feed* del secundario. Asimismo deberá realizarse una prueba de la actuación manual de las válvulas de alivio de los generadores de vapor.

Las propuestas de mejora presentadas por el titular se consideran aceptables.

4.2.1.c Gestión de accidentes

- **Planificación de la gestión de accidentes**

- *Posición del titular*

El titular de la central de Trillo indica mejoras específicas en el apartado de comunicaciones para robustecer la capacidad de comunicación de la central que propone implantar a medio plazo. De forma coherente con la puesta en marcha del nuevo Centro Alternativo de Gestión de Emergencias, plantea otra serie de mejoras en comunicaciones de mayor alcance, cuyo análisis concluirá a corto plazo, y que propone implantar a largo plazo.

En relación con las rutas de acceso a la instalación, el titular indica la existencia de tres rutas viables de acceso al emplazamiento en caso de sismo severo; también analiza cómo se verían afectadas las vías de acceso al emplazamiento por inundaciones de diversa índole.

El titular establece nuevos niveles de dosis de referencia para el personal que intervenga en una emergencia, indicando que serán trabajadores voluntarios, e informados. Estos niveles de dosis se corresponden con los establecidos en la ICRP-103.

- *Evaluación del CSN*

La propuesta del titular en el apartado de capacidad de comunicación de la central se considera aceptable, si bien el titular deberá estudiar e informar al CSN de la incorporación de medidas provisionales a corto-medio plazo, de forma que se disponga de mejoras de capacidades, aunque sean parciales, antes de las fechas de implantación de largo plazo.

En relación con las rutas de acceso a la instalación, se considera que el análisis realizado por el titular para el caso de sismo es aceptable, pero el titular deberá completar su estudio para el caso de inundación, analizando el tiempo en que las vías de acceso se mantendrían inutilizables y qué medidas compensatorias se prevén para este plazo.

En cuanto a los niveles de dosis de referencia para el personal que intervenga en una emergencia, y tal y como ya se ha mencionado en el apartado 4.1.c de este informe, el CSN considera necesario establecer unos niveles de referencia homogéneos para todas las centrales nucleares españolas. No obstante, el titular deberá considerar a corto plazo un marco que garantice tanto la protección individual como la factibilidad de acometer las actuaciones de mitigación de la emergencia tal y como se contempla en el TECDOC 953 y en las BSS del OIEA.

- **Medidas de gestión de accidentes en el reactor**

- *Posición del titular*

Al igual que el resto de las centrales, el titular describe las medidas existentes a nivel de equipos, procedimientos y personal para prevenir, mitigar y gestionar accidentes severos. El titular analiza para

ello las diversas estrategias contenidas en su Manual de Operación y en su Manual de Accidentes Severos, que tratan de mantener o recuperar la función de refrigeración del núcleo. Además, la central de Trillo señala que actualmente está en la fase de diseño para la implantación de un sistema de despresurización y alimentación del primario (*Bleed&Feed*), que permitirá la realización de esta acción. Trillo dispone de un sistema de recombinadores de hidrógeno pasivos instalados en el interior de la contención.

Además, Trillo propone diversas actuaciones para aumentar la robustez de la instalación frente a los accidentes severos. Así, y además de lo indicado en el apartado general respecto de un nuevo Centro de Apoyo de Emergencias centralizado, anuncia que dispondrá de un Centro Alternativo de Gestión de Emergencias, reforzará los medios humanos de la organización de la emergencia y analizará los sistemas de comunicación, teniendo en cuenta criterios tales como redundancia, independencia y autonomía ante SBO.

Las siguientes medidas adicionales que se mencionan en los apartados de pérdida de funciones de la seguridad, también mejoran la robustez de la instalación frente a accidentes severos:

- Dotar a la central de los siguientes equipos portátiles:
  - Un generador diesel portátil para alimentar a equipos del tipo de baterías, ventilación y actuadores de válvulas.
  - Una bomba portátil eléctrica ubicada en el edificio del anillo y alimentada desde un diesel portátil exterior, para la inyección al primario desde los depósitos de agua borada del sistema de refrigeración de emergencia. Esta bomba también podría inyectar a la piscina de combustible gastado.
  - Una segunda bomba portátil eléctrica alimentada desde un diesel portátil exterior para reponer inventario a los depósitos del sistema de refrigeración de emergencia desde los sistemas de almacenamiento y tratamiento del refrigerante primario.
  - Una motobomba diesel para llevar agua desde las piscinas de agua desmineralizada hasta los depósitos del sistema de refrigeración de emergencia, una vez que se hayan agotado las reservas de agua borada. El titular indica que cuenta con una reserva de ácido bórico en sacos de, aproximadamente, 900 kg en el edificio auxiliar y de más de 5000 kg en almacenes generales.
- Utilizar alimentaciones portátiles para la instrumentación y control (I&C) relevante para el aporte y purga del secundario, reactor y sistema primario.
- En relación con la estrategia de despresurización y alimentación del secundario para hacer frente a una situación de pérdida de la función de alimentación a los generadores de vapor como consecuencia de una situación de SBO, la central de Trillo propone las siguientes mejoras:
  - Mejorar la resistencia al sismo de la motobomba diesel de aporte a los generadores de vapor.
  - Procedimentar y realizar una prueba especial de aporte al secundario con la motobomba diesel de aporte a los generadores de vapor simulando condiciones de ausencia de corriente continua (control manual).
  - Aporte de agua de esenciales a las piscinas de agua de alimentación de emergencia mediante la motobomba diesel portátil.
  - Mejora del sistema de apoyo para la apertura de las válvulas de aislamiento de alivio de vapor principal.

Las actuaciones específicas propuestas por Trillo para mejorar la robustez de la instalación frente a los accidentes severos son las siguientes:

- Desarrollo de unas guías de gestión de accidente severo basadas en síntomas, para la mitigación de las consecuencias del accidente severo y mantener la integridad de la contención. Dentro de

este marco, la central de Trillo analizará la posibilidad de que toda la instrumentación y sistemas necesarios para llevar a cabo las estrategias incluidas en estas guías soporten las condiciones ambientales derivadas del accidente severo. Asimismo se analizará la posibilidad de que los sistemas de mitigación y de I&C, a los que se dé crédito en las guías, soporten las cargas de terremoto, incluyendo sus sistemas soporte.

- Implantación del venteo filtrado de la contención como última barrera para evitar el fallo por sobrepresión en contención.
- Mejora de la instrumentación para la monitorización del estado de la contención en accidente severo.

Adicionalmente la central nuclear de Trillo ha verificado que el margen sísmico de los recombinadores catalíticos pasivos de hidrógeno es de 0,3 g.

El titular ha hecho el mismo ejercicio para el sistema de filtrado de la sala de control llegando a la conclusión de que con una mejora en su soportado se alcanzaría el margen sísmico de 0,3 g. Además la central de Trillo propone su alimentación desde la red de salvaguardias.

Para estimar las potenciales acumulaciones de hidrógeno fuera de la contención en caso de accidente severo, y a pesar de disponer ya de recombinadores pasivos en la contención, la central de Trillo ha partido conservadoramente de la máxima cantidad de hidrógeno que se puede generar y ha tenido en cuenta la tasa de fugas máxima permitida por las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento, extrapolada desde la presión de diseño hasta la presión última de contención; en el cálculo el titular no ha considerado la acción de los recombinadores. En estas condiciones la central de Trillo concluye que el margen entre la máxima cantidad de hidrógeno liberado al anillo (8 kg/día) y la cantidad típica de hidrógeno necesaria para que exista riesgo por combustión (100 kg) es elevado y, por tanto, la masa fugada está muy alejada de un valor típico de riesgo por combustión.

El titular incluye en su informe, para secuencias de accidente severo, los tiempos en que se producirían determinados eventos (situaciones límite). Los cálculos se han realizado utilizando los códigos RELAP5 y MAAP-3. Para el escenario extremo de un SBO en el que no estuviera ningún sistema de refrigeración ni de reposición al núcleo desde el comienzo del suceso, el descubrimiento del núcleo se produciría a las 1,45 horas y la rotura de la vasija a las 3,3 horas. En caso de que estuviera disponible la motobomba diesel de alimentación alternativa a los generadores de vapor (y tras la despresurización de los mismos a través de las válvulas de alivio) se garantizarían unas condiciones adecuadas de refrigeración del núcleo durante más de 24 horas.

En cuanto a la gestión de accidentes severos que se producen desde los estados de funcionamiento de parada, la central nuclear de Trillo manifiesta que llevará a cabo estudios relativos a este aspecto en el marco de desarrollo integral de los APS.

- *Evaluación del CSN*

Tanto el Manual de Operación, que contiene estrategias para los accidentes dentro de la base de diseño, como las guías o instrucciones contenidas en el Manual de Accidentes Severos han sido comprobados por el CSN a través de inspecciones y evaluaciones, considerándose adecuados para llevar a cabo su función en relación con los accidentes.

El titular ha incluido en las medidas adicionales de refuerzo las relacionadas con equipos portátiles para llevar a cabo una inyección alternativa al primario con el fin de prevenir o minimizar el daño al

combustible. Todas estas medidas de mejora se consideran positivas dado que permiten hacer frente a una situación prolongada de SBO con mayores garantías.

Las mejoras propuestas por la central de Trillo sobre el sistema de despresurización y alimentación del secundario se consideran positivas dado que permiten hacer frente a una situación prolongada de SBO con mayores garantías.

La instalación de un venteo filtrado en la contención, como última barrera para evitar el fallo por sobrepresión en contención, se considera una medida positiva dado que refuerza la capacidad de la instalación para prevenir el fallo de la contención y para minimizar la liberación de productos radiactivos en caso de accidente.

Adicionalmente, dentro del marco del programa de desarrollo de las guías para la gestión de accidentes severos, Trillo analizará la posibilidad de que toda la instrumentación y sistemas necesarios para llevar a cabo las estrategias incluidas en estas guías soporten las condiciones ambientales derivadas del accidente severo y soporten las cargas de terremoto. Esta medida se considera positiva dado que mejora la capacidad de la instalación para hacer frente a los accidentes severos.

En cuanto al desarrollo de unas guías de gestión de accidente severo basadas en síntomas, se considera que la medida es positiva. Dado que se trata de una mejora a implantar en el largo plazo, se considera necesario que el titular desarrolle en detalle el calendario del proyecto y lo remita al CSN en el corto plazo.

En relación con el cálculo de la centralnuclear de Trillo para estimar las potenciales acumulaciones de hidrógeno fuera de la contención en caso de accidente severo, se considera que, a priori, las hipótesis utilizadas por el titular para la obtención de la máxima cantidad de hidrógeno generado son adecuadas; sin embargo, para la extrapolación de la tasa de fugas a la presión última de contención, el titular deberá tener en cuenta, adicionalmente, la influencia de las condiciones generadas por un accidente severo sobre el aislamiento de la contención (deterioro del sellado de las penetraciones, de los cierres de las válvulas, posible venteo de la contención cuando el sistema esté disponible, etc.). Este análisis deberá considerar la dinámica de propagación en las diversas salas de los edificios anexos a la contención teniendo en cuenta su geometría, para estimar posibles concentraciones locales que, aunque de corto tiempo de permanencia, podrían conducir a la superación de concentraciones peligrosas.

En cuanto a la gestión de los accidentes severos que se producen desde los estados de funcionamiento de parada, Trillo propone llevar a cabo unos estudios que se realizarán dentro del marco de desarrollo integral de los APS. El CSN considera que es razonable vincular esta tarea al APS pero que, en cualquier caso, estos estudios deberán integrarse en el proyecto de elaboración de las guías de gestión de accidente severo.

Adicionalmente, se considera que el titular debe incorporar a su lista de mejoras el análisis de la capacidad de estanqueidad de las válvulas de aislamiento de la contención y de las penetraciones bajo las condiciones de presión, temperatura y radiación del accidente severo. Se considera que la central de Trillo deberá analizar este aspecto para obtener una estimación de la fuga y, en su caso, para identificar e implantar potenciales mejoras.

Las medidas propuestas por el titular para mejorar el sistema de filtrado de la sala de control (mejora del soportado para alcanzar el margen sísmico de 0,3 g y alimentación desde la red de salvaguardias) se consideran positivas.

- **Pérdida de inventario y/o refrigeración de las piscinas de combustible**

- Posición del titular

La función de refrigeración de la piscina de combustible gastado, ubicada dentro de la contención, está cubierta en el diseño por la disponibilidad de tres trenes independientes de refrigeración equipados con bombas alimentadas desde la red de salvaguardia y, en dos de ellos de forma diversa también, con bombas alimentadas desde la red de emergencia. Esta misma configuración de trenes existe en sus sistemas soporte, incluido el sumidero final de calor constituido por el sistema de agua de servicios esenciales.

Adicionalmente, se dispone de un procedimiento de aporte de agua a la piscina de combustible mediante las bombas fijas del sistema de protección contra incendios (PCI). Los aportes a la PCG con agua no borada del sistema de PCI se realizarían de manera cíclica, entre 10 y 11 metros siguiendo la correspondiente instrucción de operación. Con ello, entre otros objetivos, se evita el rebose de la PCG, con el borde en los 12,65 metros, y la posible dilución del refrigerante. Cualquier nueva estrategia de inyección alternativa a la PCG con agua no borada que se diseñe debe tener en cuenta este factor, de forma que si se permite un rebose de la PCG se hayan realizado los pertinentes análisis de criticidad.

La localización de la piscina de combustible gastado dentro del edificio de la contención, permite que la liberación de productos de fisión e hidrógeno como consecuencia de un potencial descubrimiento y daño del combustible gastado quede confinada dentro de este edificio. Con respecto a la generación de hidrógeno, el sistema pasivo de recombinación de hidrógeno tiene márgenes de diseño suficientes para recombinar el hidrógeno liberado como consecuencia del daño al combustible del núcleo y de la piscina de combustible gastado.

El origen de un escenario que suponga la pérdida total de la capacidad de refrigeración y reposición a la piscina de combustible gastado pasa, necesariamente, por la pérdida de todos los sistemas de mitigación en esta situación, sin que ninguno de los escenarios contemplados en las bases de diseño por sí solo pudiese dar lugar a la misma. Solo escenarios más allá de las bases de diseño, o una combinación de los mismos, podrían ocasionar la pérdida de toda la capacidad de evitar la degradación del combustible en la piscina. La función de evacuación de calor de la piscina de combustible gastado está garantizada, sin toma de acciones, en el peor de los casos, para un tiempo superior a 24 horas.

Como instrumentación de monitorización se dispone de instrumentos de temperatura y nivel del agua de la piscina de combustible gastado, integrantes de la instrumentación post-accidente, cualificados desde el punto de vista sísmico y ambiental para las condiciones de accidente base de diseño (LOCA grande), con indicación/registro tanto en la sala de control principal como en la sala de control de emergencia. Para su funcionamiento necesita corriente continua de la red de emergencia.

El titular incluye en el informe cálculos de tiempos disponibles hasta la ebullición y hasta diferentes niveles de agua (hasta el descubrimiento de los elementos combustibles) en caso de pérdida total de la refrigeración. Partiendo del nivel mínimo en la piscina establecido en las Especificaciones de Funcionamiento (11,85 m) y con condiciones desfavorables en cuanto a la temperatura inicial y el calor residual a evacuar (situación de recarga con todo el núcleo en la piscina de combustible gastado y ésta aislada de la cavidad del reactor), se obtienen tiempos de 4,5 horas para ebullición y 37 horas hasta el descubrimiento de la parte activa del combustible. Además, se cuenta con un tiempo límite de 45 minutos desde el inicio de la ebullición para la accesibilidad al interior de la contención donde se encuentra ubicada la PCG. En el caso de la carga térmica correspondiente al final de una recarga tipo, el tiempo hasta la ebullición sería de 23,5 horas y de 193 horas hasta que el nivel alcanzara la cota superior de los elementos combustibles

El titular ha analizado el fenómeno de *sloshing* en la PCG y llega a la conclusión de que el vertido que se produciría sería despreciable y no llevaría aparejado un descenso de nivel en la instalación de almacenamiento.

En relación con el posible vaciado accidental de la piscina de combustible gastado:

- Las juntas de inflado y su sistema neumático (hasta la válvula de aislamiento) tienen una capacidad HCLPF de 0,3 g.
- La disposición de las tuberías en las paredes permite que, en caso de rotura de la línea más desfavorable, se conserve el nivel de agua necesario para el blindaje.

Con objeto de mejorar la ejecución de las estrategias de refrigeración alternativa de la piscina y aumentar su robustez, la central de Trillo propone realizar las siguientes modificaciones de diseño:

- Establecer un camino para aportar agua a la piscina de combustible gastado independiente de las bombas del sistema de PCI, mediante bomba portátil autónoma (motobomba diesel) aspirando del sistema de PCI sísmico o de las piscinas de agua desmineralizada en caso de SBO o por un suceso de pérdida de sumidero final de calor junto con LOOP.
- Disponer de medios alternativos de inyección a la PCG y aspersión sobre los elementos de combustible gastado de agua borada mediante:
  - Bomba eléctrica portátil en el edificio del anillo y conexiones de manguera al sistema de evacuación de calor residual, para inyectar o rociar a la PCG (vía rociadores ya existentes para limpieza del *liner* de la PCG pertenecientes al mismo sistema TH). En el análisis de detalle de esta modificación se verá la idoneidad de estos rociadores para cumplir la nueva función o, en caso contrario, la necesidad de instalar nuevas cabezas rociadoras. La bomba se alimentará desde el exterior mediante generador diesel portátil
  - Disponer de un generador portátil para la recuperación de la corriente continua de emergencia y parte de la corriente alterna de emergencia para disponer de la instrumentación de la piscina de combustible gastado y posibilitar el accionamiento remoto de válvulas.
  - Dotar de alimentación desde servicio ininterrumpido a la válvula de aislamiento del tercer lazo del sistema de refrigeración de la piscina de combustible gastado con respecto a los sistemas auxiliares.
  - Disponer de instrumentación portátil para la monitorización de la PCG (temperatura, nivel) mediante carros con baterías y *display* digital.

Adicionalmente, el titular menciona que participará en el seguimiento de los trabajos en EPRI sobre el estudio de los fenómenos asociados a las fases más severas de la degradación del combustible en la piscina.

- *Evaluación del CSN*

El titular incluye la información relativa a la base de diseño de la piscina de combustrible gastado y sus sistemas asociados de refrigeración. Estos aspectos han sido evaluados y licenciados en etapas anteriores de la central. Adicionalmente, los equipos y procedimientos relacionados han sido inspeccionados por parte de CSN en repetidas ocasiones.

El titular describe las medidas actualmente disponibles para hacer frente a los escenarios de pérdida de refrigeración de la PCG que, para el caso de la central de Trillo, se encuentra dentro del edificio de contención. Las medidas propuestas por el titular, encaminadas a fortalecer la capacidad de refrigeración en caso de SBO y de pérdida del sumidero final de calor se consideran positivas y necesarias.

El CSN considera aceptable la conclusión obtenida por el titular respecto del fenómeno de *sloshing* en la PCG.

- **Aspectos de protección radiológica**

- *Posición del titular*

El diseño de la sala de control de la central nuclear de Trillo permite la habitabilidad en caso de accidente y está dotada de equipos de protección para el personal que allí se ubica. El centro alternativo a la sala de control es la sala de control de emergencia. El CAT, por su ubicación y características, tiene las mismas condiciones radiológicas que la sala de control en caso de accidente.

La sala de control cuenta con un sistema de ventilación que puede funcionar en modo de recirculación aislado del exterior, alimentado desde las barras de salvaguardias y diseñado para su funcionamiento tras el terremoto de seguridad. La sala de control de emergencia también cuenta con un sistema de ventilación con similares características pero alimentado desde corriente de emergencia.

Dentro de las mejoras introducidas en la planta para la gestión de accidentes más allá de las bases de diseño, se implantó el sistema de filtración de aire de la envolvente de la sala de control como complemento al anterior, con objeto de facilitar una permanencia más prolongada del personal de operación en la sala de control y en el CAT. Este sistema de filtración se conecta a la red de alimentación normal y sus componentes fueron diseñados sólo para garantizar su estabilidad después del sismo.

Para aumentar la robustez de la planta, la central de Trillo tiene previsto, a medio plazo, dotar de alimentación eléctrica de salvaguardia al sistema de filtrado de la sala de control lo que permitiría su funcionamiento en caso de LOOP y además mejorar su soportado para alcanzar un margen sísmico de 0,3 g.

El titular ha analizado la conveniencia y viabilidad de implantar un sistema de filtrado para la sala de control de emergencia, similar al que existe en la sala de control principal, sin que en su informe se haya recogido una decisión definitiva sobre su implantación.

Trillo ha estimado la dosis que recibiría el personal que se encuentre en la sala de control y en la sala de control de emergencia en un escenario de accidente severo con pérdida prolongada de energía eléctrica y en el que se requiera el venteo filtrado de contención. El análisis pone de manifiesto que utilizando equipos de protección personal, las dosis estimadas son inferiores a los niveles de intervención en emergencias.

La central de Trillo ha estimado también que las condiciones de habitabilidad en el Centro de Apoyo Operativo (CAO) son limitadas en caso de accidentes con liberación de actividad a la atmósfera, ya que no dispone de ventilación filtrada adecuada y plantea como alternativa redirigir al personal de retén al CAT. El titular propone la construcción de un centro alternativo en el emplazamiento para la gestión de la emergencia disponible en 2015, con posibilidad de control radiológico de los trabajadores para garantizar su permanencia en condiciones adecuadas. Esta propuesta se abordará de forma sectorial.

En relación a los medios disponibles para el seguimiento y control de las emisiones radiactivas en caso de accidente, la central de Trillo cuenta con el Sistema de Vigilancia de la Radiación, que incluye monitores y toma de muestras post-accidente, el Plan de Vigilancia Radiológica en Emergencia (PVRE) y dispone de procedimientos para determinar la actividad vertida.

El titular ha analizado los sistemas de vigilancia y muestreo radiológico post-accidente, teniendo en cuenta el rango de la instrumentación y las cualificaciones sísmica y eléctrica, y ha concluido que estos sistemas estarían disponibles hasta el agotamiento de las baterías en los escenarios de accidente severo contemplados en el presente informe y que, con las medidas de mejora que se implantarán para la

consideración del SBO, la disponibilidad de esta instrumentación de vigilancia estaría garantizada a largo plazo.

El titular cuenta además con medios de protección personal, dosímetros y equipos portátiles para el control radiológico de los trabajadores, y de los niveles de radiación y contaminación.

Para aumentar la fortaleza de la planta en los escenarios estudiados, la central nuclear de Trillo ha identificado la necesidad de mejoras y medios para la realización del PVRE en condiciones adversas.

Además, se van a analizar junto con el resto de titulares, posibles equipos adicionales y mejoras en los actuales medios de protección radiológica para adecuarlos a las potenciales condiciones existentes en los escenarios analizados. Este análisis está previsto que finalice en junio de 2012 y a partir de ese momento será necesario implantar las mejoras identificadas.

En relación con la identificación de condiciones radiológicas que impedirían llevar a cabo acciones manuales locales, la central nuclear deTrillo ha estimado las dosis que se recibirían, los tiempos de ejecución y los medios de protección requeridos en las actuaciones previstas en su Manual de Accidentes Severos y las asociadas a las mejoras propuestas y la dosis que se recibiría en la toma de muestras del PASS (toma de muestras liquidas sin desgasificar). En todos los casos concluye que no se superarían los niveles de intervención establecidos. Trillo propone el futuro desarrollo de guías de gestión de accidentes severos (GGAS) y el establecimiento, en los procedimientos de emergencia, de instrucciones de actuación en casos de alta radiación, así como señalizar los itinerarios para actuaciones locales.

En relación con las piscinas de combustible gastado, el titular ha establecido un límite de 3 m por encima de los elementos de combustible como criterio de éxito para la inundación, e indica que proporcionaría un blindaje suficiente para tomar acciones locales no previstas a priori de corta duración (dosis máxima en el punto más desfavorable de 1 Sv/h). La central de Trillo identifica como situación límite que las acciones de recuperación deben haberse realizado antes de 45 minutos desde el inicio de la evaporación, ya que en caso de accidente en el reactor y en la piscina, la accesibilidad a la contención viene condicionada de forma más restrictiva por las condiciones ambientales. En las estrategias de refrigeración alternativa de la piscina no se contempla la necesidad de tomar acciones locales en su entorno después de que el nivel de agua descienda significativamente.

- *Evaluación del CSN*

La exposición a la radiación del personal de la sala de control y de la sala de control de emergencia de la central de Trillo durante cualquiera de los accidente base de diseño no excede los límites de dosis para los trabajadores expuestos establecidos en el Reglamento de Protección Sanitaria contra las Radiaciones Ionizantes.

El CSN considera positiva la mejora prevista por Trillo en el sistema de filtrado de la sala de control, para dotarlo a medio plazo de alimentación eléctrica de salvaguardia y mejorar su soportado para alcanzar un margen sísmico de 0,3 g.

El CSN considera que el análisis de habitabilidad realizado por el titular en caso de accidente severo presenta incertidumbres importantes (fugas de la contención, características y eficiencia del venteo filtrado a implantar, condiciones atmosféricas, caudal de entrada de aire a la sala de control, tiempos de permanencia, etc.). En consecuencia, con objeto de dar una mayor fortaleza a la central, el titular deberá analizar, a corto plazo, la implantación de un sistema para dotar de suministro alternativo de energía

eléctrica al sistema de filtración de la sala de control en caso de SBO. En este mismo sentido, y teniendo en cuenta que para los escenarios analizados los operadores posiblemente tengan que permanecer o trasladarse a la sala de control de emergencia para realizar algunas operaciones, el titular deberá profundizar en el análisis de la implantación de un sistema de filtración para esta sala que esté también disponible en caso de SBO.

Se valora positivamente la propuesta de construcción de un CAGE. Resulta de aplicación la conclusión que a este respecto se ha indicado en el apartado 4.1.c.

En relación con los medios disponibles para el seguimiento y control de las emisiones radiactivas, se considera conveniente que la central nuclear de Trillo implante, a medio plazo, una red de vigilancia en continuo con recepción automática de los datos en la sala de control, CAT y sala de emergencia del CSN.

El CSN valora positivamente el análisis sectorial que se va a realizar sobre los medios y equipos de protección radiológica que sería conveniente disponer en los escenarios analizados, así como las medidas de mejora identificadas por el titular. En el caso de la central de Trillo, el análisis deberá contemplar, al menos, la disponibilidad del sistema de toma de muestras en escenarios de SBO prolongado y el correcto funcionamiento de los monitores de radiación post-accidente en las condiciones de accidente severo. Resulta de aplicación también la conclusión indicada en el apartado 4.1.c.

En relación con el análisis de impedimentos por condiciones radiológicas para la realización de acciones manuales locales, el análisis realizado por Trillo (a partir de las condiciones en operación normal de la planta) no resulta válido en caso de accidente con daño al núcleo. Se valora positivamente la propuesta de mejora de establecer en los procedimientos de emergencia instrucciones de actuación en casos de alta radiación, y el CSN solicitará que se asocien a cada una de las GGAS en función de las dosis esperables. En el apartado 4.1.c se han avanzado las conclusiones generales respecto al análisis de impedimentos por condiciones radiológicas para la realización de acciones manuales locales.

La metodología, códigos de cálculo y datos de partida utilizados por el titular para el cálculo de las tasas de dosis en función del nivel de agua en la piscina, se consideran adecuados. Se solicitará que el titular incorpore en procedimiento los aspectos de protección radiológica a considerar en las actuaciones manuales locales que se prevean. En el apartado 4.1.c se han avanzado las conclusiones generales a este respecto. La central nuclear de Trillo deberá revisar el criterio de nivel de agua por encima de los elementos de combustible que impediría la realización de actuaciones próximas a la piscina.

- **Almacenamiento Temporal Individualizado (ATI) de combustible gastado**

La central de Trillo dispone de un Almacén Temporal Individualizado (ATI) de contenedores de combustible gastado, localizado dentro de la zona bajo control del titular. El informe del titular incluye el estudio del ATI dentro de sus análisis generales.

4.2.2 Central nuclear Vandellós II

4..2.2.a Sucesos naturales extremos

- **Terremotos**

- *Posición del titular*

La aceleración horizontal máxima de la superficie del terreno para el terremoto DBE (SSE) adoptado en el diseño sísmico de la central nuclear Vandellós II es 0,20g, calculado con metodología determinista. También se consideró en el diseño otro nivel menor de solicitación sísmica, que corresponde al

Terremoto Base de Operación (OBE) y cuya aceleración horizontal máxima del suelo es 0,10g. El proceso básico para establecer el terremoto DBE ha sido valorar el máximo terremoto histórico con impacto en el emplazamiento y luego incrementarlo con un cierto margen estimado para definir la máxima intensidad sísmica posible y la aceleración local del suelo correspondiente.

Para analizar la validez actual del terremoto DBE se han revisado los terremotos ocurridos dentro de la zona de 300 km alrededor de la central a partir del año 1981, que es la fecha límite del catálogo utilizado en la definición del DBE, y hasta el 17 de mayo de 2011 utilizando el catálogo del Instituto Geográfico Nacional (IGN). Se ha concluido que no ha ocurrido ningún terremoto en ese periodo de tiempo y en ese radio que supere la sismicidad máxima asociada a las zonas sismogénicas consideradas para la determinación del DBE; por tanto, siguen siendo válidas las bases de diseño sísmico inicialmente consideradas.

La protección de la planta frente al DBE se fundamenta en los requisitos de diseño sísmico de las estructuras, sistemas y componentes (ESC), de acuerdo a su clasificación según la RG 1.29 de la NRC, y en las prácticas de mantenimiento para la calificación sísmica y el correcto estado de las ESC, a través de los procesos establecidos en las bases de licencia, así como de sus modificaciones y repuestos.

Para la detección de terremotos, la central dispone de un sistema de instrumentación específico, que satisface los requisitos de la RG 1.12 de la NRC y que consta de seis acelerómetros triaxiales, ubicados uno en el campo libre y el resto en los edificios de contención y de control a diferentes elevaciones. Cuando cualquiera de los acelerómetros detecta una aceleración superior a 0,015g se inicia el registro del evento y se activa el sistema de vigilancia sísmica. Este sistema genera, además de alarmas propias de diagnóstico, una alarma de excedencia del OBE con señal en la sala de control. Si se detecta la superación del OBE, se activa el Plan de Emergencia Interior de la central y se lanzan una serie actuaciones, como el análisis de los registros de la instrumentación sísmica y los procedimientos de inspección de los equipos en la planta; todo ello orientado a la verificación de la disponibilidad de los equipos requeridos para llevar a cabo una parada de la central de forma segura, garantizando las funciones de control de reactividad, control de presión en el primario, control de inventario en el primario y capacidad de evacuación del calor residual.

El titular ha evaluado el margen sísmico de la planta utilizando los trabajos que ya había realizado para el IPEEE sísmico mediante la metodología desarrollada por la NRC (terremoto de revisión 0,3g - *full scope*), y complementándolos, en el contexto de las pruebas de resistencia, mediante la ampliación del alcance original y la realización de nuevas inspecciones al considerar las funciones de confinamiento del combustible en los análisis de margen sísmico.

Desde la realización de los primeros análisis de márgenes en 1994 hasta la última revisión del IPEEE sísmico, en octubre de 2009, incluyendo las modificaciones de diseño introducidas durante la explotación de la central, el titular ha realizado acciones que han permitido obtener como resultado final un margen sísmico para la central en su conjunto con valor HCLPF de 0,3g. También se asigna un margen sísmico de 0,3g para la integridad y función de aislamiento de la contención, determinado por la capacidad de las válvulas de aislamiento como componentes más sensibles frente al sismo.

Respecto a la integridad del confinamiento, en lo que afecta al combustible en la piscina de combustible gastado, tras los nuevos análisis e inspecciones realizados, y a falta de la confirmación de los resultados de algún análisis en curso, se asigna una capacidad HCLPF de 0,3g. El sistema de refrigeración de la piscina de combustible gastado, al no encontrarse dentro del alcance de los IPEEE originales, ha sido objeto de un nuevo análisis y recorrido (*walkdown*) de inspección específico para poder asignarle un HCPLF de 0,3g.

Para incrementar la robustez sísmica de la central, el titular propone realizar el análisis de la vulnerabilidad sísmica de los equipos de SBO y de los equipos más relevantes involucrados en las Guías de Gestión de Accidentes Severos, que no estén contemplados en el IPEEE actual, para determinar la acciones adecuadas que garanticen un margen sísmico de al menos 0,3g en todos las ESC requeridos.

El titular ha analizado, mediante tres métodos alternativos, la pérdida de inventario tanto de la piscina de combustible gastado como de la balsa de salvaguardias tecnológicas, ante un suceso sísmico de hasta 0,30g, concluyendo que la pérdida de inventario en ambos casos es irrelevante y que no se produciría ningún tipo de impacto en sistemas relacionados con la seguridad.

El cumplimiento con las bases de licencia actuales en relación al comportamiento sísmico se garantiza con la aplicación periódica de procedimientos, requisitos de vigilancia y actuaciones encaminadas a mantener adecuadamente las ESC y el sistema de vigilancia sísmica.

En relación con la posibilidad de que se pudieran producir efectos internos inducidos como consecuencia de un sismo, el informe de la central nuclear Vandellós II indica lo siguiente:

- Incendios y explosiones: Vandellós identifica su base de diseño y señala que el cumplimiento con las bases de diseño, las protecciones y los medios de extinción proporcionanbarreras para el control de los sucesos de incendio en el emplazamiento. Como medida adicional frente a sucesos de origen sísmico,el titular ha realizado un inventario de almacenamientos de productos inflamables o explosivos y está prevista la realización de un análisis, desde el punto de vista sísmico, de estas ESC.
- Inundaciones internas: Vandellós señala que dispone de un APS de inundaciones internas donde se identifican las tuberías que pudieran ser origen de inundación y durante el análisis del IPEEE se realiza la verificación del estado de las tuberías en recintos con equipos de parada segura. El titular propone un nuevo alcance de inspección de resistencia a sismos, que incluya tuberías no sísmicamente cualificadas que podrían producir un suceso iniciador y pérdida de sistemas de mitigación; de éstas se analizarán los efectos de la rotura en aquellas que pudieran afectar a equipos relacionados con la seguridad.

En cuanto a efectos en industrias próximas, los potenciales efectos de la acción sísmica sobre las industrias próximas, ya se había analizado antes de estas "pruebas de resistencia" y en el contexto de los estudios IPEEE para Otros Sucesos Externos. La central nuclear Vandellós II ha analizado la Central Térmica de Ciclo Combinado (CTCC) de Plana del Vent, a unos 800 m de la central. Concluyendo que para la rotura más limitativa y sobrepresión inducida por la deflagración de la nube inflamable a la distancia que se produce, el más limitativo de los sucesos analizados no tiene afectación a Vandellós II. En cuanto al riesgo de liberación de productos tóxicos en la CTCC, se determinó que en caso de liberación accidental sólo el hidróxido amónico podría llegar con concentraciones relevantes a las tomas de aire de la sala de control, sin embargo, la cantidad máxima almacenada hace que la concentración del tóxico en las tomas sea inferior al límite de toxicidad, aun en las condiciones meteorológicas más desfavorables.

- *Evaluación del CSN*

Las bases de diseño sísmico de la central son las mismas que las licenciadas para el diseño original. Su aceptabilidad respecto a los requisitos exigidos por el CSN a lo largo del tiempo ha sido comprobada en los procesos de evaluación sísmica desarrollados antes de conceder las sucesivas autorizaciones de explotación; mediante análisis específicos efectuados en las revisiones periódicas de seguridad, y también a través de las diversas inspecciones realizadas dentro de los procesos de supervisión y control del CSN.

El sistema de vigilancia sísmica ya estaba implantado en la central antes de las pruebas de resistencia, había sido revisado por el CSN y resulta aceptable. Está incluida en las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento una condición límite de operación por excedencia de OBE, con sus acciones, requisitos de vigilancia y procedimientos de actuación correspondientes.

Los valores de capacidad HCLPF estimados por el titular se consideran justificados de acuerdo a la metodología de márgenes sísmicos de la NRC y EPRI; aunque el valor de 0,3g asignado a los bastidores de combustible irradiado se encuentra actualmente en revisión por parte del CSN. También están pendientes de verificación los análisis de algunos anclajes y las posibles acciones correctoras que proponga el titular para aumentar el valor HCLPF, en el caso de que se identifiquen equipos con un margen inferior a 0,3g en los estudios propuestos para aumentar la robustez sísmica de la planta.

No se identifican situaciones límite en el comportamiento de la central ante la ocurrencia de terremotos. Dado que el margen sísmico que resulta de los análisis coincide con el valor adoptado del terremoto de revisión, la metodología de análisis no permite cuantificar un margen mayor. Si se aplicaran otros métodos de revisión, podría resultar un margen sísmico superior a 0,3g.

Se considera que las actuaciones ya propuestas resultan eficaces para mejorar la robustez de la planta frente a la ocurrencia de terremotos más allá de la base de diseño. Al concluir los análisis en curso que está completando el titular, podrían resultar convenientes algunas medidas adicionales.

En relación con la posibilidad de que se pudieran producir efectos inducidos como consecuencia de un sismo, y además de las conclusiones genéricas del apartado 4.1.a, se concluye lo siguiente:

Incendios y explosiones: la evaluación del CSN considera adecuado el alcance del análisis realizado tanto en la identificación de las posibles fuentes de explosión o incendio, como para la acción propuesta.

Inundaciones internas: la evaluación del CSN considera que se debe ampliar el alcance del análisis que el titular tiene previsto realizar para incluir tuberías no sísmicamente cualificadas y cuya rotura pudiera producir un suceso iniciador y la pérdida de los sistemas de mitigación en escenarios no cubiertos por los ya analizados. Por otro lado la central de Vandellós deberá analizar si existen efectos debidos a inundaciones provocadas por otras grandes fuentes de agua que pudieran generar inundación, y en ese caso las barreras disponibles frente a ellos.

Efectos en industrias próximas: la evaluación del CSN considera que los análisis realizados por la central de Vandellós en el marco del cumplimiento de los análisis derivados del IPEEE y sus conclusiones son aceptables en el marco de la evaluación de este informe.

- **Inundaciones**

- *Posición del titular*

Los sucesos considerados en el diseño de la central nuclear Vandellós II que pueden dar lugar a inundaciones en el emplazamiento son los siguientes: precipitación local intensa, avenida máxima probable (AMP) en corrientes y barrancos, oleaje y sobreelevación del nivel del mar, maremoto en el Mediterráneo y elevación del nivel en aguas subterráneas.

El valor de diseño adoptado para precipitación local intensa es de 140 mm/h durante 10 minutos, superior al calculado como precipitación máxima a partir de los datos meteorológicos registrados en el emplazamiento. La capacidad de evacuación de los drenajes del emplazamiento se ha comprobado que puede soportar una intensidad de precipitación de 266 mm/h.

Las protecciones frente a precipitaciones locales intensas están constituidas básicamente por la red de drenaje del emplazamiento, los drenajes de las cubiertas de losedificios, los sellados de las penetraciones entre galerías exteriores y edificios, y la altura sobre la cota del emplazamiento de los accesos a edificios. Se ha verificado que para la precipitación base de diseño ninguna de estas protecciones se ve superada, por lo que son adecuadas y se cumple con la base de diseño.

Adicionalmente a las barreras físicas y características del emplazamiento, se llevan a cabo actividades de mantenimiento, pruebas e inspecciones. Con la revisión periódica del IPEEE se llevan a cabo actividades de actualización de los valores de la precipitación máxima probable, que llevan asociados recorridos de inspección (*walkdown*) para la verificación del adecuado estado de conservación de las protecciones. El Plan de Emergencia Interior se activa en caso de precipitación intensa medida en la estación meteorológica de la central, lo que lleva asociada la ejecución de los procedimientos ya establecidos.

El nivel de agua que se alcanzaría en el punto más próximo del emplazamiento como consecuencia de la avenida máxima probable no llega a alcanzar la cota del emplazamiento (cota 100 m), por lo que éste no se vería afectado (este nivel equivale a la cota 89,5 m, con un margen de 10,5 m respecto a la cota del emplazamiento). La metodología empleada en la determinación de la ola de diseño conduce a un máximo de 5,6 m y, teniendo en cuenta la ubicación del sistema de salvaguardias tecnológicas como sumidero de calor, la altura de la ola requerida para que un potencial tsunami pudiera afectar a la instalación tendría que superar los 23,25 m, lo que no se considera creíble en el emplazamiento.

En cuanto a las aguas subterráneas no cabe esperar alteraciones notables del nivel freático, ya que depende básicamente del nivel del mar. No se considera creíble una sobreelevación del nivel del mar mantenida del orden de los 11 metros de margen existente entre el nivel freático máximo y la cota de cimentación más baja de los edificios. Además, existe un sistema de vigilancia de aguas subterráneas con el que se miden periódicamente los niveles en diversos sondeos.

No se identifican situaciones límite como consecuencia de sucesos de inundaciones en el emplazamiento. El titular concluye que dispone de un elevado margen sobre la máxima altura de inundación en las condiciones correspondientes a la base de diseño, y mantiene un margen suficiente sobre la altura de inundación en el peor escenario creíble más allá de la base de diseño.

No obstante lo anterior, y para incrementar la robustez de la planta frente a inundaciones externas, el titular identifica las siguientes actuaciones:

- Se ha desarrollado un modelo de la red de drenajes del emplazamiento para verificar la capacidad de la red y las características del emplazamiento para llegar a soportar una intensidad de lluvia de 620 mm/h durante 10 minutos.
- Se ha verificado la capacidad de evacuación de la red de drenaje para una lluvia prolongada durante 1 hora de 260 mm/h.
- Se ha iniciado el desarrollo de un modelo que incluya la capacidad de drenaje superficial del emplazamiento para evaluar la necesidad o no de actuaciones para incrementar la robustez frente al fenómeno de precipitaciones locales intensas.
- Se ha realizado una campaña de revisión de todos los sellados en las galerías que conectan con edificios que contienen equipos relacionados con la seguridad. Se está procediendo a dotar a dichos sellados de la resistencia hidrostática adecuada para garantizar su estanqueidad.
- Está en curso de realización el diseño del refuerzo del muro que canaliza el barranco de Malaset, para garantizar que no se produzca en ningún caso la entrada de agua en el emplazamiento.

- *Evaluación del CSN*

La información recogida por el titular respecto a los sucesos que pueden dar lugar a inundaciones en el emplazamiento es un resumen de lo incluido en el Estudio de Seguridad de la central nuclear Vandellós II, que es un documento oficial de explotación. El conjunto de bases de diseño descritas se considera razonable y adecuado a las características del emplazamiento.

Desde que se modificó el sumidero final de calor y se implantó el nuevo sistema de salvaguardias tecnológicas, el maremoto se ha descartado como base de diseño, ya que no es creíble que pueda afectar a los sistemas de seguirdad.

Las estimaciones de capacidad máxima de la red de drenaje del emplazamiento que aporta el titular serán revisadas por el CSN mediante los procesos establecidos de evaluación e inspección.

Se considera razonablemente justificada la robustez de la central frente a inundaciones externas. Las actuaciones propuestas para incrementar esa robustez se consideran correctas y pertinentes. Los resultados de las medidas en curso de realización requerirán comprobaciones adecuadas por parte del CSN a través de los procesos establecidos de evaluación e inspección.

- **Otros sucesos naturales extremos**

- *Posición del titular*

Además de los sucesos externos relacionados con inundaciones, y mencionados en el apartado anterior, el titular ha revisado adicionalmente por el titular los siguientes sucesos: vientos fuertes, granizo, temperaturas extremas, incendios forestales y tormentas eléctricas.

De acuerdo con los análisis del titular, el único suceso natural extremo significativo es el de vientos fuertes, siendo la base de diseño una velocidad de 204 km/h para las ESC relacionados con la seguridad. Durante la última revisión del IPEEE (2009) se ha realizado un análisis de peligrosidad de viento con los datos disponibles desde 1968 a 2008, obteniendo una curva de peligrosidad correspondiente al 97,7% de confianza. De acuerdo con esta curva, la frecuencia de excedencia del viento de diseño es de unos 500 años. Se han evaluado los márgenes tanto de estructuras como de tanques situados en exteriores y se concluye que los vientos fuertes no constituyen un riesgo significativo en la central nuclear Vandellós II. No se identifican situaciones límite y no se proponen medidas para incrementar la robustez de la planta.

Se ha analizado la respuesta de la central ante precipitaciones de granizo y tormentas eléctricas, concluyendo que no suponen riesgos significativos para el emplazamiento. También se ha evaluado la respuesta ante incendios forestales, concluyendo que la planta se encuentra adecuadamente protegida con los procedimientos de actuación establecidos. En ninguno de los casos anteriores se requieren medidas adicionales de protección o refuerzo.

Respecto a temperaturas extremas, se están realizando análisis estadísticos de los registros obtenidos en el emplazamiento; a partir de los resultados que se obtengan se establecerá la necesidad o no de medidas adicionales de protección. En todo caso, de la experiencia operativa de la planta, resulta extremadamente improbable el riesgo de congelación y de temperaturas altas extremas que puedan afectar a la función de seguridad de refrigeración.

- *Evaluación del CSN*

Los análisis realizados por el titular han ampliado su alcance respecto a los realizados antes de las pruebas de resistencia y los resultados se consideran satisfactorios; excepto en el caso de temperaturas extremas, cuyo estudio está en curso por parte del titular.

El titular dispone de procedimientos de actuación ante la ocurrencia de condiciones meteorológicas severas en el emplazamiento, que ya habían sido objeto de inspección en los programas de supervisión y control del CSN.

El CSN considera que los criterios de diseño aplicados y los márgenes estimados son razonables.

4.2.2.b Pérdida de funciones de seguridad

- **Pérdida de energía eléctrica exterior (LOOP)**

- *Posición del titular*

La central nuclear Vandellós II describe las interconexiones con la red y las vías de alimentación eléctrica exterior disponibles, y concluye que las alimentaciones exteriores tienen alta robustez y fiabilidad y que proporcionan confianza en la capacidad de restablecer prontamente una pérdida de la red exterior.

La central referencia los procedimientos del operador del sistema eléctrico para la reposición de tensión en caso de un cero en la red, los cuales dan prioridad a la alimentación de las centrales nucleares, en particular a la central de Vandellós. Está prevista, de forma preferente, la alimentación de la central en isla desde la central hidráulica de Ribarroja; existen tres posibles modos para la formación de la isla (automático, por telemando y manual), que se prueban periódicamente.

La alimentación eléctrica interior para los sistemas de salvaguardia está constituida por los generadores diesel de emergencia, las baterías y cargadores del sistema de corriente continua y los inversores para barras vitales y de instrumentación clase 1E. Además se dispone de un generador diesel GD-N adicional, que se trata en el apartado de SBO.

En caso de LOOP la alimentación de los sistemas de salvaguardia se realiza mediante el arranque, conexión y secuencia de cargas automáticos de los dos generadores diesel de emergencia (GDE), los cuales son Clase 1E y Categoría Sísmica I y están albergados en salas separadas del Edificio Diesel con Categoría Sísmica I.

La autonomía de los GDE operando al 100 % de carga es superior a siete días, considerando combustible, lubricación y refrigeración, de modo que se puede soportar sin ningún medio de apoyo adicional más de siete días una situación de LOOP. Se considera como una fortaleza adicional de los GDE la refrigeración por aero-refrigeradores, independiente de los sistemas de sumidero final de calor.

Respecto al aporte de agua de alimentación auxiliar se concluye que también está garantizado por más de siete días, con el inventario existente en el tanque de condensado y en el de apoyo al agua de alimentación auxiliar.

El titular menciona el proyecto en curso de instalación de un tercer generador diesel de emergencia, con los mismos requisitos de diseño y cualificación que los dos existentes, y con capacidad para sustituir a cualquiera de ellos.

La central incluye un análisis de la pérdida de funciones de seguridad en todos los modos de operación de la planta, considerando el estado operativo del primario y de la contención, describiendo la evolución operativa y los mecanismos y estrategias de respuesta.

- *Evaluación del CSN*

El LOOP está dentro de las bases de diseño de la central, con una duración de al menos siete días y, por tanto, ha sido evaluada y licenciada en etapas anteriores de la vida de la central, y en sus diversos aspectos ha venido siendo inspeccionada por el CSN.

Las descripciones aportadas por el titular se consideran correctas. Las alimentaciones exteriores tienen orígenes y recorridos diferentes, y esta independencia aporta fiabilidad al suministro frente a eventualidades como la postulada (LOOP). Las transferencias entre alimentaciones han venido funcionando satisfactoriamente. El operador de la red dispone de procedimientos de recuperación por zonas que tienen en cuenta la alimentación preferente a las centrales nucleares. La realización de pruebas periódicas de recuperación de la energía exterior desde la central hidráulica de Ribarroja, aumenta la fiabilidad del suministro exterior a partir de esta fuente.

La evaluación del CSN considera que la respuesta esperable de la central en caso de LOOP es segura y conforme a lo previsto, y puede soportar este escenario sin ningún medio de apoyo adicional más de siete días considerando la autonomía de los GDE y el inventario de agua para inyección a los generadores de vapor.

La central dispone de un programa de mantenimiento de la disponibilidad y fiabilidad de los generadores diesel que se gestiona dentro de la Regla de Mantenimiento.

La instalación de un tercer generador diesel, proyectada con anterioridad a las pruebas de resistencia, supondrá una mejora en la disponibilidad y fiabilidad de la alimentación de emergencia.

En caso de sucesos en otros modos de operación, y como medida para aumentar su robustez, se prevé que mediante equipos móviles de bombeo pueda ser rellenado, desde fuentes de agua alternativas, el tanque de almacenamiento de agua de recarga.

- **Pérdida total de corriente alterna (SBO)**

- *Posición del titular*

El análisis realizado por el titular señala que como consecuencia del requisito regulador asociado a la regla de *Station Blackout* (SBO) se dispone de un generador diesel adicional (GDN), con capacidad de alimentación a las cargas necesarias para este escenario. Este generador está ubicado en un edificio diseñado con Categoría Sísmica I, separado de los GDE, con sistemas soporte diferentes y refrigerado por aero-refrigeradores. Respecto a la sismicidad del GDN está en curso un análisis para identificar vulnerabilidades y dotarle de mayor capacidad sísmica.

Con el aumento del nivel vigilado en el tanque de almacenamiento de gasoil desde el que se alimenta su tanque diario, la autonomía del GD-N es superior a siete días.

La central dispone de cálculos de la evolución de la temperatura en las salas en caso de pérdida de la ventilación durante 24 horas, sin considerar medidas pasivas de mitigación. Se concluye que los resultados demuestran que no se alcanzan temperaturas que supongan situación límite para los equipos.

En este escenario la central es capaz de resistir sin ningún medio de apoyo adicional más de siete días.

La central expone los medios de respuesta en casos de sucesos que puedan ocurrir en otros modos de operación, en los cuales las demandas de respuesta de seguridad de la planta son menos limitativas, si bien la central menciona la previsión de disponer de una bomba portátil para reponer agua al tanque de recarga.

En situación de pérdida de todas las fuentes normales y de las adicionales de respaldo (GD-N) quedarían solamente las baterías como fuente de suministro eléctrico.

Por diseño, cada una de las cinco baterías clase 1E (dos asociadas a cada tren y una al control de la turbobomba TBAFW), con función en los escenarios analizados, dispone de capacidad para alimentar a las cargas requeridas asociadas durante al menos dos horas.

Se ha realizado un reanálisis de la autonomía de las baterías que da como resultado autonomías mayores de 24 horas. Esta autonomía resulta principalmente del amplio margen de capacidad disponible, la consideración de las cargas actuales, consideración de consumos más realistas, y una nueva estrategia de desconexión selectiva de cargas no imprescindibles, en 1 hora.

Igualmente para este caso de pérdida adicional del GD-N, la central también analiza la respuesta en otros modos de operación distintos del de potencia.

Se concluye que, para determinadas situaciones, de no incorporarse acciones de mejora, no sería posible mantener el inventario del circuito primario a largo plazo, debido a las fugas a través de los sellos de las bombas de refrigerante primario.

El titular incluye los tiempos en que se producirían las situaciones límite: agotamiento de baterías (24 horas), secado de los generadores de vapor (31,9 horas), descubrimiento del núcleo (32,6 horas), fallo de la vasija (35 horas) y fallo de la contención (mayor de tres días), en caso de no tomarse acciones correctivas frente a dichas situaciones. Teniendo en cuenta estos análisis, el titular propone dotarse de equipos portátiles para la generación de energía eléctrica para aumentar la autonomía de baterías a más de 72 horas y alimentación a otras cargas, dotar de una estrategia de inyección alternativa a los generadores de vapor y posibilitar la inyección alternativa al primario a alta y baja presión.

Para las medidas de prevención de fallo de vasija y contención, la central remite al apartado de Accidentes Severos.

Frente a una situación en que se hubiese perdido, además del suministro de las fuentes de corriente alterna, el de las baterías, el titular indica que en esta situación quedaría la posibilidad de la operación manual de la TBAFW y del alivio de los generadores de vapor. Expone que, al igual que en el escenario anterior la evolución del incidente estaría gobernada por la capacidad de enfriamiento y despresurización por el secundario y por la fuga por los sellos de las bombas de refrigerante primario, siendo estas fugas las que determinarían el momento de descubrimiento del núcleo aunque se mantuviese la capacidad de evacuación del calor residual por el secundario.

Se plantea la realización de la prueba de operación en manual de la TBAFW en la próxima recarga de 2012, y periódicamente, y se menciona que se ha probado la actuación manual de una válvula de alivio en el taller.

- *Evaluación del CSN*

La pérdida total de la corriente alterna interior y exterior (SBO), es un suceso que se incorporó a las Bases de Licencia tras la publicación de la regulación 10CFR50.63, desarrollada en la *Regulatory Guide* 1.155. La

duración (*coping time*) del SBO en la central de Vandellós es de ocho horas; la situación licenciada es la de LOOP y pérdida de los generadores diesel de emergencia manteniendo la disponibilidad del GD-N.

Con motivo de la normativa citada, se incorporó la capacidad de alimentar, mediante dicho GD-N, al tren A y consecuentemente la capacidad para alimentar a las cargas requeridas para hacer frente a la situación de LOOP y pérdida de los GDE, con lo cual la corriente continua y la corriente alterna 120 V del tren A estarían disponibles.

La evaluación del CSN concluye que el generador diesel esencial GD-N es una fortaleza ya que está ubicado en un edificio separado de los GDE, con sistemas soporte diferentes y se refrigera por aire.

Para ampliar a siete días el tiempo que la central es capaz de soportar el SBO, únicamente se requiere aumentar la reserva de combustible en el tanque de almacenamiento (con el nivel actualmente vigilado la autonomía es de 4,1 días).

En cuanto a la función de inventario del primario, en situación de SBO, la bomba de prueba hidrostática aspirando del tanque de agua de recarga permite reponer el inventario perdido a través de los sellos de las bombas de refrigeración del reactor (BRR) durante más de 10 días.

La inyección alternativa a baja presión al primario y el rellenado del tanque de almacenamiento de agua de recarga (TAAR) para los sucesos identificados que puedan ocurrir en otros modos de operación son medidas adecuadas. Se prevé, adicionalmente, que la bomba de prueba hidrostática, si no estuviese inyectando a sellos, sea utilizada para inyección a primario.

Las medidas propuestas para conseguir una autonomía del GD-N de más de siete días, consistentes en modificación de procedimientos, se consideran adecuadas.

En el supuesto de pérdida adicional del generador diesel esencial GDN, la central haría frente a la situación con ayuda de los sistemas que eléctricamente requieren solamente alimentación de corriente continua (alimentación a los generadores de vapor por medio de la turbobomba de agua de alimentación auxiliar y despresurización de los generadores de vapor mediante las válvulas de alivio de los mismos). La central ha descrito los análisis realizados para este escenario, que se consideran adecuados, y propone acciones de mejora que aportan una fortaleza adicional frente a esas situaciones.

Los cálculos de la autonomía de las baterías han sido revisados por el CSN, en sus aspectos generales de planteamiento, hipótesis y método de cálculo, con resultado satisfactorio.

El titular incluye los tiempos en que se producirían las situaciones límite (descubrimiento del núcleo, fallo de la vasija y fallo de contención) en esta situación.

Con posterioridad a la emisión del informe preliminar se ha realizado una inspección a la central sobre aspectos de dicho informe considerados relevantes.

La estrategia de operación manual (TBAFW y válvulas de alivio) será objeto de comprobación adicional por parte del CSN, cuando el titular realice la prueba prevista.

Como resultado de las actuaciones realizadas, el CSN concluye que las previsiones y propuestas de la central son aceptables.

- **Mejoras propuestas por la central nuclear Vandellós II ante sucesos de pérdida de energía eléctrica**

Con objeto de mejorar la robustez de la central frente a este tipo de situaciones, el titular propone abordar las siguientes actuaciones:

- Previsión de grupos diesel para la alimentación de los cargadores de las baterías, bomba de prueba hidrostática y otras cargas.
- Previsión de motobombas para la inyección a primario, generadores de vapor y reposición de agua al tanque de agua de recarga.
- Elaboración de procedimientos para realizar las operaciones manuales previstas tanto con el equipo de planta como portátil.
- Realización de pruebas periódicas de la turbobomba TBAFW; previsión del equipo portátil (instrumentación) para disponer de la información necesaria para la operación manual de dicha turbobomba.
- Implantación de un nuevo tipo de sello en las bombas de refrigerante primario (si finalmente llega a demostrarse su adecuado desarrollo y cualificación).
- Previsión de las modificaciones de diseño que pudieran precisarse para la utilización de los equipos portátiles: definición de la ubicación de estos equipos y refuerzo de la iluminación y las comunicaciones con los nuevos grupos portátiles.
- Completar los análisis sobre respuesta sísmica del GD-N.

Las previsiones de mejora propuestas por la central, en la etapa de desarrollo actual se consideran válidas, aunque la viabilidad de utilizar equipos portátiles está sujeta a los resultados del análisis específico de disponibilidad de personal que se requiere en el apartado 4.1.c de este informe.

Con la implantación de estas medidas los tiempos de las situaciones límite quedarían ampliados y pasarían a estar en función de la autonomía de los equipos portátiles.

- **Pérdida del sumidero final de calor (UHS)**

- *Posición del titular*

La central nuclear Vandellós II dispone del sumidero de calor constituido por el mar Mediterráneo (a efectos de este informe se denomina sumidero de calor primario). La impulsión del agua del mar se puede realizar mediante dos bombas verticales de pozo húmedo pertenecientes al sistema de agua de servicios esenciales (EF), situadas en la casa de bombas aguas abajo de las rejillas móviles de la estructura de toma general de la central, lo que evita el riesgo de la introducción de cuerpos extraños que hagan peligrar el buen funcionamiento de las bombas e intercambiadores de calor o un deterioro acelerado de sus circuitos. Las dos bombas están ubicadas en la casa de bombas en cámaras separadas e independientes (cota 77,6, a 1 m sobre el nivel del mar).

El sistema EF, constituido por circuitos independientes con capacidad del 100 %, refrigera a su vez al sistema de agua de refrigeración de componentes (EG). El sistema EG consta de dos trenes cada uno de 100 % de capacidad, está ubicado en el Edificio de Componentes de Categoría Sísmica I y sus componentes son clase IE. Dicho sistema refrigera a su vez a las cargas de los sistemas de salvaguardias que protegen al núcleo, la integridad de la contención y la piscina de combustible gastado.

Además, Vandellós II dispone de un sumidero final de calor (UHS), sistema EJ, que está constituido por un sistema de bombeo, dos torres de refrigeración y un almacenamiento de agua que proporciona autonomía de refrigeración durante 30 días sin aportes externos. El sumidero alternativo es Categoría Sísmica I y se encuentra protegido de las eventuales inundaciones desde el mar Mediterráneo por situarse todos los equipos relacionados en la elevación 100 del emplazamiento, aproximadamente 24 m

por encima del nivel normal del mar. Asimismo, la fuente de agua para este sumidero alternativo es la balsa de salvaguardias, estructura diseñada como Categoría Sísmica I, y situada también en la elevación 100 m, muy por encima de cualquier elevación creíble provocada por sucesos en el mar.

El sistema EJ está constituido por dos trenes independientes entre sí. Cada tren dispone de dos bombas, situadas en paralelo, capaces de suministrar el 100 % del caudal necesario cada una. Sus torres de refrigeración disipan la potencia térmica absorbida en el cambiador de calor a la atmósfera.

La central nuclear Vandellós II considera una fortaleza la existencia de dos sumideros de calor y sus correspondientes cadenas de extracción de calor residual. También considera una fortaleza que los sistemas de agua enfriada esencial (sistema GJ), cuya función es suministrar agua fría a las unidades de enfriamiento ubicadas en las salas donde hay equipos de salvaguardias y de generadores diesel de emergencia (sistema KJ), tienen como foco frío la atmósfera al disponer de un sistema de agua independiente con aerorefrigerantes, ubicados en la cubierta del edificio CAT-Diesel (cota 114, ubicada a 37,40 m sobre nivel del mar).

El titular ha analizado el impacto de la pérdida de los distintos sumideros de calor tanto en operación normal como en otros modos de operación y para ello ha establecido tres grupos de estados diferenciados:

- Grupo 0: engloba los Modos 1, 2, 3, 4 y 5 con RCS cerrado y contención cerrada e inventario de en los generadores de vapor con capacidad de reposición y de alivio de vapor a la atmósfera.
  - La pérdida del sumidero de calor primario, con disponibilidad de energía eléctrica exterior producirá el disparo de la turbina, el disparo del reactor, el arranque del sistema AFW y el arranque de los dos trenes del sistema EJ.

    En esta situación la central Vandellós II considera que no existen situaciones límite a tener en cuenta. Como actuaciones para aumentar la robustez de la planta, el titular mantiene en curso un análisis para mejorar la gestión del inventario de los tanques, a fin de mantenerlos, dentro de lo posible, en la máxima capacidad útil, de forma que se incrementen las reservas de agua.
  - Ante la pérdida del sumidero final de calor, durante la operación normal de la planta, en aplicación de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento, se puede llevar la planta a parada fría debido a que estarían disponibles los generadores de vapor y el RHR, refrigerado por el sistema EF. Los procedimientos utilizados en esta situación son los de una parada normal.

    Vandellós II no identifica situaciones límite en esta situación ni considera necesarias actuaciones adicionales para aumentar la robustez de la planta. Se han realizado cálculos para la estimación del tiempo de agotamiento de las dos fuentes de agua de alimentación auxiliar cuyo resultado es que el agotamiento se produce en un tiempo superior a 10 días.
  - Ante la pérdida simultánea del sumidero de calor primario y del sumidero final de calor (ambos sumideros están separados físicamente) se dispone del sistema AFW y del alivio de vapor por los generadores de vapor para la extracción del calor residual del núcleo y la disminución de la presión en el primario. También se dispone de la bomba de prueba hidrostática para inyección a los sellos de las RCP. La central nuclear Vandellós II es capaz de mantener condiciones adecuadas sin ningún medio de apoyo adicional durante más de siete días en esta situación.
- Grupo 1: corresponde al Modo 6 con RCS abierto y contención cerrada.
  - En caso de pérdida del sumidero de calor primario o bien del sumidero final de calor, se sigue disponiendo de la reposición de inventario al primario, debido a que se mantiene el RHR. Sería una situación límite el alcanzar el vaciado del TAAR, disponiéndose de tiempo suficiente para iniciar su rellenado o la inyección alternativa al primario. Se dispone en el emplazamiento

de suficientes fuentes de agua para asegurar un suministro con una duración superior a siete días. Como medida para aumentar la robustez de la planta frente a este suceso, se dispondrán reservas de ácido bórico así como equipos móviles de bombeo en el emplazamiento para las estrategias de rellenado del TAAR o de inyección alternativa al primario, de forma que se garantice la concentración de boro necesaria.

- En la situación de pérdida simultánea del sumidero de calor primario y del sumidero final de calor, no se dispone de capacidad de extracción de calor a través del RHR. Se dispone de la reposición de inventario al primario por gravedad desde el TAAR. En este caso, debido a las cotas del TAAR y del RCS, se podría introducir aproximadamente un 58 % de volumen del tanque. La posterior reposición al primario, si fuese necesaria, se puede realizar con la futura bomba móvil alternativa de inyección o bien con la estrategia de rellenado del TAAR en cuyo caso se dispondrá de reservas de ácido bórico en el emplazamiento para garantizar la subcriticidad. Las válvulas motorizadas que existen en el camino de inyección fallan en posición y se pueden abrir con volante si fuera necesario. Las situaciones límite y las actuaciones para aumentar la robustez son las mismas que se han mencionado en párrafos anteriores.

– Grupo 2: corresponde al Modo 5 con primario suficientemente abierto y contención cerrada, cuando está abierta la tapa de hombre del presionador.
  - En el caso de la pérdida del sumidero de calor principal o del sumidero final de calor, la evolución operativa es análoga a la del Grupo 1 con la diferencia de que el excedente de agua que se repone al primario se liberaría por el presionador hacia los sumideros de la contención en vez de hacia la cavidad de recarga. Las situaciones límite y las medidas propuestas para esta situación son las mismas que ya se han indicado para el Grupo 1.
  - Para el caso de que se pierdan ambos sumideros de calor, lo indicado para el Grupo 1 es válido excepto que el rellenado por gravedad del TAAR, dadas las cotas existentes, será menos efectivo en cuanto a la posible duración del mismo, y se tendrá que optar por la estrategia de inyección alternativa al primario. Las situaciones límite y las medidas propuestas para esta situación son las mismas que ya se han indicado para el Grupo 1.

- *Evaluación del CSN*

Ver la evaluación del apartado siguiente.

- **Pérdida del sumidero final de calor combinado con SBO**

- *Posición del titular*

Para este escenario, en todas las situaciones (Grupo 0, 1 y 2), la evolución operativa, las situaciones límite y las actuaciones propuestas para mejorar la robustez de la instalación son las mismas que se presentan en los apartados de LOOP y de pérdida total de corriente alterna.

- *Evaluación del CSN*

En este apartado se evalúa la pérdida del UHS, con y sin SBO.

El titular ha proporcionado una descripción adecuada de las provisiones existentes en el diseño para evitar la pérdida del UHS y ha analizado la situación a la que conduciría la pérdida del UHS con y sin SBO con un alcance adecuado.

La información relativa a la base de diseño del UHS ha sido evaluada y licenciada por el CSN en etapas anteriores. Adicionalmente, los equipos y procedimientos relacionados han sido objeto de inspeccionados por el CSN en repetidas ocasiones.

En los casos de pérdida del UHS, con y sin SBO, el titular identifica y propone mejoras para aumentar la robustez de la planta. Dichas medidas son las mismas que se han identificado en el apartado de pérdida de energía eléctrica, dado que la pérdida del UHS conduciría a una situación de planta en la que, para proteger las funciones de seguridad, se contaría con los mismos sistemas que para la situación de pérdida de energía eléctrica.

El titular ha realizado cálculos realistas para la estimación del tiempo de agotamiento de las dos fuentes de agua de alimentación auxiliar (tanque de almacenamiento de condensado y tanque de apoyo al sistema de agua de alimentación auxiliar) resultando un tiempo disponible superior a 10 días. Se considera que las maniobras de actuación manual de la turbobomba del sistema de AFW y de alivio de los generadores de vapor deberán ser probadas en la próxima parada de recarga.

La evaluación del CSN considera adecuadas las propuestas de mejora presentadas por el titular.

En relación con la habitabilidad de la sala de la turbobomba de AFW, el titular ha presentado un cálculo para el dimensionamiento de la entrada y salida de aire para la ventilación natural en caso de SBO que demuestra que se mantienen los 40 ºC en el interior de la sala. Se considera necesario que el titular justifique que, en caso de SBO prolongado (24 horas), la sala no alcanzará unos valores de temperatura que impidan las actuaciones manuales de control de la turbobomba.

4.2.2.c Gestión de accidentes

- **Planificación de la gestión de accidentes**

- *Posición del titular*

Además del análisis comprometido, a nivel de todas las centrales, sobre los recursos humanos necesarios para hacer frente a una emergencia, el titular de la central nuclear Vandellós II propone incorporar, a lo largo de 2012, un auxiliar de operación adicional, a turno cerrado, que desempeñará funciones de supervisor de auxiliares.

El titular propone mejoras específicas en el apartado de las comunicaciones para robustecer la capacidad de comunicaciones referidas a la ampliación de la instalación del sistema TETRA que proporcionará cobertura en todo el emplazamiento y que propone implantar a corto plazo.

De forma coherente con la puesta en marcha del nuevo Centro Alternativo de Gestión de Emergencias (CAGE) plantea otra serie de mejoras en las comunicaciones de mayor calado, cuyo análisis concluirá a corto plazo y propone implantar a largo plazo.

En relación con las rutas de acceso a la instalación, el titular ya había reflejado en su informe preliminar la existencia de dos rutas viables de acceso al emplazamiento en caso de sismo severo, y de al menos dos rutas viables en caso de inundación.

El titular establece nuevos niveles de dosis de referencia para el personal que intervenga en una emergencia, indicando que serán trabajadores voluntarios e informados. Estos niveles de dosis se corresponden con los establecidos en la ICRP-103.

- *Evaluación del CSN*

La propuesta del titular de incorporar en 2012 un nuevo auxiliar de operación se considera adecuada como acción a corto plazo para reforzar su capacidad de hacer frente a una emergencia.

El titular plantea analizar a corto plazo medios adicionales para incrementar la robustez en el área de comunicaciones, lo que se considera aceptable. La implantación de los medios adicionales que se identifiquen se deberá realizar a medio plazo. En cuanto a las mejoras de mayor calado que irán asociadas a la puesta en marcha del nuevo CAGE, ello se considera aceptable, si bien el titular deberá estudiar e informar al CSN de la incorporación de medidas provisionales a corto-medio plazo, de forma que se disponga de mejoras de capacidades, aunque sean parciales, antes de las fechas de implantación de largo plazo.

En relación con las rutas de acceso a la instalación, se considera aceptable el análisis presentado.

En cuanto a los niveles de dosis de referencia para el personal que intervenga en una emergencia, y tal y como ya se ha mencionado en el apartado 4.1.c de este informe, el CSN considera necesario establecer unos niveles de referencia homogéneos para todas las centrales nucleares españolas. No obstante, el titular deberá considerar a corto plazo un marco que garantice tanto la protección individual como la factibilidad de acometer las actuaciones de mitigación de la emergencia tal y como se contempla en el TECDOC 953 y en las BSS del OIEA.

- **Medidas de gestión de accidentes en el reactor**

- *Posición del titular*

Al igual que el resto de las centrales, el titular describe las medidas existentes a nivel de equipos, procedimientos y personal humano para prevenir, mitigar y gestionar accidentes severos.

La central nuclear Vandellós II analiza también las diversas estrategias contenidas en sus guías de gestión de accidentes severos y su capacidad de proteger la contención y mitigar liberaciones al exterior, concluyendo que, con los medios ya existentes se tomarán las medidas encaminadas a recuperar equipos o funciones que permitan mitigar o paliar las consecuencias de los accidentes.

Con las medidas actualmente contempladas en las GGAS y con las mejoras que se proponen en los capítulos anteriores, el titular indica que dispone de capacidad suficiente para hacer frente a accidentes severos. Así aunque el objetivo inicial de las medidas propuestas de mejora para SBO sea el de evitar la degradación del núcleo, si esto no fuese posible, parte de las mismas permitirán hacer frente a las estrategias de accidentes severos.

En concreto, y con el objetivo de aumentar la robustez de la instalación, la central nuclear Vandellós II indica que dispondrá de equipos portátiles en la central que permitirán, habilitando las conexiones adecuadas con los sistemas disponibles, hacer frente a escenarios de accidentes severos en el hipotético caso de pérdida total y simultánea de todas las medidas actualmente implantadas. Adicionalmente plantea, tal y como se indica en el apartado general, el disponer de un nuevo Centro de Apoyo de Emergencias (CAE) centralizado.

Esto permitirá, junto con otras medidas de mejora encaminadas al control del hidrógeno y de sobrepresión en la contención, dotar de mayor redundancia de equipos a la planta para realizar las estrategias definidas en las GGAS. Las medidas que propone el titular (algunas de ellas ya descritas en el apartado de pérdida de funciones de seguridad) son:

- Dotar de grupos diesel para la alimentación de cargas, entre ellas la bomba de prueba hidrostática y los cargadores de las baterías.
- Disponer de grupos de motobombas la para inyección al primario, a los generadores de vapor y la reposición al TAAR.

- Disponer de capacidad adicional, con equipos portátiles para inyectar a la contención, bien para alimentar al sistema de rociado de la contención, como para inyectar a través del sistema de recirculación.
- Análisis de la alimentación alternativa a las unidades de filtración de la sala de control.
- Disponer de capacidad para el rociado externo de la contención y de otros edificios para mitigar la liberación de productos de fisión.

La planta tiene previsto dotar adicionalmente a la central de PAR (recombinadores de hidrógeno pasivos autocatalíticos), encaminadas a mejorar el control de hidrógeno, aún en elcaso de un SBO prolongado.

En relación con la acumulación de hidrógeno en otros edificios, la central anuncia en su informe que llevará a cabo, a corto plazo, un análisis para determinar las concentraciones de hidrógeno en los recintos anexos al de contención, en los que se considere la posibilidad de fugas de gases desde la contención, para determinar los riegos de inflamabilidad existentes.

En lo que se refiere a posibles mejoras en el control de presión en la contención y para dotar a la central de distintas alternativas capaces de mitigar un accidente severo con presurización de la contención, Vandellós II instalará un sistema de venteo filtrado de lacontención, anunciando previamente la realización de un análisis con las alternativas tecnológicas existentes para el venteo de la contención y la especificación de la solución adoptada.

Asimismo, con respecto a la implantación de la estrategia de inundación de la cavidad del reactor el titular indica que presentará a finales de año un análisis para determinar las ventajas e inconvenientes decidiendo en función de esto su aplicación (que podría implicar alguna modificación de diseño física).

En cuanto a la instrumentación, el titular indica que, para aumentar la robustez de la central, además de los instrumentos portátiles necesarios en las estrategias en fase de desarrollo, existen de manera adicional guías específicas para la recuperación de las variables que se consideran más significativas en la fase de prevención: presión de vapor, nivel de los generadores de vapor, presión del primario y temperatura de termopares del núcleo.

La central Vandellós II indica que ningún equipo relevante de las GGAS se vería afectado para la cota de inundación establecida en el estudio de cualificación ambiental de equipos para los accidentes base de diseño.

El titular ha analizado, para un conjunto de secuencias de accidente severo, los tiempos en que se producirían determinados eventos (situaciones límite). Los cálculos se han realizado con MAAP-4. Para el caso en que las baterías de corriente continua estuvieran disponibles durante 24 horas (permitiendo la refrigeración del núcleo con el sistema de AFW), el descubrimiento del núcleo se produciría a las 32,6 horas y la rotura de la vasija a las 35 horas.

- *Evaluación del CSN*

Tanto los procedimientos de operación de emergencia, (POE), como las guías de gestión de accidentes severos (GGAS), se han incorporado en esta central a partir de los estándares del grupo de propietarios de Westinghouse, PWROG. Se consideran adecuados para llevar a cabo su función y han sido comprobados por el CSN mediante inspecciones y evaluaciones.

El titular incluye en las medidas adicionales de refuerzo las relacionadas con los equipos portátiles para prevenir o minimizar el daño al combustible. Todas estas medidas de mejora se consideran positivas dado que permiten hacer frente a una situación prolongada de SBO con mayores garantías.

En cuanto a la prevención frente a secuencias de daño al núcleo con alta presión en el primario, la estrategia manual de alivio de vapor principal se considera positiva. Adicionalmente, se considera que el titular debería analizar y, en caso necesario, implantar alguna mejora sobre la posibilidad de actuación de las válvulas de alivio del presionador en el escenario de accidente severo coincidente con sismo y pérdida total de fuentes de energía eléctrica (incluidas las de continua).

Las medidas propuestas por la central para los accidentes severos relativas al control de hidrógeno (instalación de PAR) y a la despresurización de la contención (instalación de un sistema de venteo filtrado y medidas para inyectar agua a la contención mediante equipos portátiles) se consideran todas ellas positivas.

La estrategia de inyección alternativa a la contención, que está desarrollando actualmente el titular, se basa en el uso del agua de la balsa de salvaguardias mediante equipos portátiles. Por otro lado, la central Vandellós II no ha dado crédito a la inyección alternativa de la contención por gravedad desde el TAAR debido a que deja de ser viable para una presión en la contención de 1,50 kg/cm^2. El planteamiento del titular se considera adecuado.

En relación a la inundación de equipos e instrumentos como consecuencia de la inyección a contención, la central indica que, según su análisis para los accidentes base de diseño, ningún equipo relevante para las GGAS se ve afectado. Se considera que el titular deberá reanalizar este aspecto teniendo en cuenta las posibles cotas de inundación que se podrían alcanzar a través de las estrategias actuales y futuras de las GGAS, teniendo en cuenta los medios de inyección actuales y los mencionados en las mejoras.

En lo que se refiere a la inyección a la cavidad del reactor con anterioridad al fallo de la vasija, se encuentra en curso un análisis para valorar los aspectos positivos y negativos de esta inyección y poder tomar una decisión al respecto. A partir de las conclusiones de este análisis, el titular establecerá si el balance entre aspectos positivos y negativos hace recomendable implantar la capacidad de inyectar a la cavidad (que podrían conllevar una modificación de diseño). Este planteamiento se considera adecuado.

Las estrategias de venteo de la contención que actualmente están presentes en las GGAS de la central Vandellós II son medidas de último recurso dado que los caminos de mayor eficacia (desde el punto de vista de la despresurización de la contención) tienen una baja presión de diseño y los caminos de baja eficacia no son filtrados ni son conducidos a la chimenea. Esta es, como ya se ha indicado, una medida de último recurso para proteger la rotura de la contención ante un riesgo inminente de rotura. La capacidad de venteo mejorará sustancialmente con la instalación de un nuevo sistema de venteo filtrado.

Adicionalmente, en relación con la instrumentación, el titular indica que dispondrá de grupos electrógenos portátiles para mantener, entre otras, las funciones de instrumentación necesarias para conocer el estado de la planta. Por otra parte, Vandellós II ha identificado aquella instrumentación necesaria para la gestión de accidentes severos (contenida en las GGAS) y ha analizado tanto si existe indicación de ese parámetro en el Panel de Parada Remota, como la factibilidad de toma de datos en local. Para cada variable se detallan aquellos aspectos necesarios para poder recuperar la indicación de dicha variable en caso requerido. Para ello, Vandellós II tiene previsto elaborar guías específicas. El titular indica en el informe que tiene previsto incorporar estas mejoras. Sin embargo, no incluye dicha medida, ni el listado de instrumentos afectados por esta mejora en la tabla que resume la lista de mejoras. El titular deberá completar este aspecto.

La central nuclear Vandellós II indica que llevará a cabo un análisis de potencial riesgo de hidrógeno en los edificios anexos a la contención. En el contexto del análisis de riesgo de hidrógeno en los edificios anexos, el titular deberá analizar las posibles vías de escape del hidrógeno (venteo, fallo de las líneas

de venteo, fugas en las penetraciones a alta presión en el interior de la contención) y la dinámica de propagación en las diversas salas anexas a la contención teniendo en cuenta su geometría, para estimar posibles concentraciones locales que, aunque de corto tiempo de permanencia, podrían conducir a la superación de concentraciones peligrosas.

La medida de mejora propuesta de evaluar la necesidad de dotar a la central de conexión a un generador portátil de las unidades de filtración de emergencia de la sala de control, para garantizar la habitabilidad de esta sala en caso de accidente severo, se considera positiva.

Adicionalmente, se considera que el titular debe incorporar a su lista de mejoras el análisis de los siguientes aspectos (cuyas conclusiones podrían derivar en modificaciones de diseño a procedimientos de la central):

- Gestión de los accidentes severos que se producen desde los estados de funcionamiento de la parada.
- Capacidad de la instrumentación asociada a parámetros críticos para las estrategias de accidentes severos de proporcionar información fiable bajo las condiciones de los accidentes severos en la contención (por ejemplo, la presión de contención, la presión del RCS o la concentración de hidrógeno en la contención).
- Capacidad de estanqueidad de las válvulas de aislamiento de la contención y de las penetraciones bajo las condiciones de presión, temperatura y radiación del accidente severo. Se considera que la planta deberá analizar este aspecto para obtener una estimación de la fuga y, en su caso, para identificar e implantar potenciales mejoras.

- **Pérdida de inventario y/o refrigeración de piscinas de combustible**

- *Posición del titular*

La refrigeración de la Piscina de Combustible Gastado (PCG) se lleva a cabo mediante el sistema de refrigeración y purificación del foso de combustible gastado (sistema EC) que es un sistema clase IE, diseñado para permanecer funcional durante y después de un terremoto de parada segura (SSE) o de otros riesgos postulados tales como incendio, proyectiles internos o rotura de tuberías.

Cada tren del sistema EC es del 100 % de capacidad y está alimentado de las barras de salvaguardias que reciben tensión de las fuentes de energía eléctrica externa así como de los generadores diesel de emergencia en caso de LOOP. El cambiador de calor del sistema EC está refrigerado por sistema EG que a su vez puede estar refrigerado tanto por el sistema EF (sumidero de calor primario) en operación normal, o por el sistema EJ (sumidero final de calor) en operación de emergencia.

Suponiendo la operación de un solo lazo, el sistema es capaz de mantener la temperatura del agua en la piscina de combustible irradiado como máximo a 60 ºC con la carga térmica definida como carga térmica temporal máxima.

En caso de pérdida total de la refrigeración de la PCG, para mantener el inventario de la PCG se realizaría aportación de las tres fuentes de agua disponibles: por gravedad desde el TAAR; tanque de almacenamiento de condensado; y tanque de almacenamiento de agua de reposición al refrigerante del reactor. Está en revisión el Procedimiento de Operación en Fallo POF-0307 "Fallo en la refrigeración del Foso de Combustible Gastado" para incluir como fuente alternativa el sistema contraincendios. Se dispondrán en el emplazamiento de reservas de ácido bórico para su uso en caso de que la fuente de agua utilizada para la reposición sea de agua no borada.

En la sala de control se dispone de indicación y alarma de nivel y de temperatura del agua de la PCG. La instrumentación de nivel tiene un rango de 1,80 m y la de temperatura de 0 ºC a 100 ºC.

El titular ha analizado la pérdida de inventario que se produciría como consecuencia de la acción sísmica en la PCG (*sloshing*) y llega a la conclusión de que se produciría un vertido de 0,22 m^3 de agua de la piscina como consecuencia de este fenómeno, lo que no afecta a las conclusiones de los escenarios analizados.

El titular incluye en el informe cálculos de tiempos disponibles hasta la ebullición y hasta diferentes niveles de agua (hasta el descubrimiento de los elementos combustibles) en caso de pérdida total de la refrigeración y para diferentes cargas térmicas en la PCG. El caso más desfavorable es el de carga térmica temporal máxima (todos los elementos combustibles en la PCG), nivel inicial 7 m por encima de los elementos combustibles y temperatura inicial en piscina 60 ºC; en este caso se obtienen tiempos de 5,1 horas para ebullición, y 51,95 horas hasta el descubrimiento de los elementos combustibles. Si se considera una temperatura inicial de 64 ºC los tiempos disponibles se reducen en unas tres horas en el caso de la carga térmica normal En el caso de la carga térmica correspondiente al final de una recarga tipo el tiempo hasta la ebullición sería de 14,33 horas, y de 114,38 horas hasta que el nivel alcanza la cota superior de los elementos combustibles.

En relación con el posible vaciado accidental de la PCG:

- Las juntas de inflado y su sistema neumático (*tubing* y válvulas de retención) tienen una capacidad HCLPF de 0,3g.
- Las tuberías del sistema de refrigeración de la aspiración y del retorno tienen una capacidad HCLPG de 0,3g. La piscina está diseñada de manera que se evite el vaciado inadvertido de la misma por debajo de la elevación de aproximadamente 5 metros sobre el los elementos combustibles.

El titular propone las siguientes mejoras relacionadas con la pérdida de la capacidad de enfriamiento y reposición de inventario a la piscina de combustible:

- Procedimientos: desarrollo de guías para implantar estrategias de inyección alternativa a la PCG y rociado externo a la misma.
- Analizar las potenciales mejoras de la instrumentación de la PCG.
- Adquisición de equipos portátiles en el emplazamiento para la inyección y rociado de la PCG.
- Modificaciones de diseño: mejoras en la instrumentación de la PGC.

- *Evaluación del CSN*

El titular incluye la información relativa a la base de diseño de la PCG y sus sistemas asociados de refrigeración. Estos aspectos han sido evaluados y licenciados en etapas anteriores de la central. Adicionalmente, los equipos y procedimientos relacionados han sido inspeccionados por el CSN en repetidas ocasiones.

El titular describe las medidas actualmente disponibles para hacer frente a los escenarios de pérdida de refrigeración de la PCG. Las alternativas actuales de refrigeración y reposición de agua a la PCG no estarían disponibles en caso de SBO, excepto el sistema de protección contra incendios que cuenta con una bomba diesel (actualmente no sísmica). La mejora propuesta por el titular, relativa a la adquisición de equipos portátiles para inyectar y rociar a la PCG, se considera positiva y necesaria.

El titular ha analizado la pérdida de inventario que se produciría como consecuencia de la acción sísmica en la PCG (*sloshing*) y llega a la conclusión de que se produciría un vertido de 0,22 m^3 de agua de

la piscina como consecuencia de este fenómeno. Dado que esta pérdida de volumen está en el entorno del 0,017 % del volumen total de la piscina, se considera que el efecto no es significativo.

- **Aspectos de protección radiológica**

- *Posición del titular*

La envolvente de la sala de control de la central Vandellós II, en la que se encuentra el CAT, cuenta con un sistema de ventilación de emergencia que asegura las condiciones de habitabilidad en caso de accidente químico y/o radiológico. Estos centros están dotados de equipos de protección en número adecuado para el personal que se reúne allí.

El titular ha estimado la dosis que recibiría el personal que se encuentre en la envolvente de la sala de control en caso de un accidente severo coincidente con una pérdida prolongada de la alimentación eléctrica y en el que se requiere el venteo de la contención. El análisis pone de manifiesto que, en el supuesto de que el venteo sea filtrado, estableciendo turnos y utilizando equipos de protección personal, las dosis estimadas son inferiores a los niveles de intervención en emergencias. Adicionalmente, para aumentar la robustez de la habitabilidad de la sala de control, el titular tiene previsto a corto plazo analizar el suministro alternativo de energía eléctrica a las unidades de filtración de emergencia de la sala de control y a la batería de calefacción para mantener la efectividad de los filtros, mediante equipos portátiles.

En relación con las condiciones radiológicas en otros centros de apoyo a la emergencia, la central nuclear Vandellós II ha estimado, para diferentes situaciones de daño al núcleo y contención, las limitaciones en tiempo de permanencia y protecciones personales requeridas, identificando que sería necesario establecer la evacuación del CAO en caso de venteo de la contención. El titular propone la construcción de un centro alternativo en el emplazamiento para la gestión de la emergencia disponible en 2015 con posibilidad de control radiológico de los trabajadores y que garantizará su permanencia en condiciones adecuadas. Esta propuesta se abordará de forma sectorial.

En relación a los medios disponibles para el seguimiento y control de las emisiones radiactivas en caso de accidente, Vandellós II cuenta con el sistema de vigilancia de la radiación, que incluye monitores y toma de muestras post-accidente, la Red de Vigilancia Radiológica Ambiental en Continuo (RVRAC), el Plan de Vigilancia Radiológica en Emergencia (PVRE) y procedimientos para el cálculo de la actividad vertida.

Además de las actuaciones previstas para aumentar la robustez de la planta ante un SBO, la central está desarrollando un análisis exhaustivo de los sistemas de comunicación, entre los que se encuentra la RVRAC y el PVRE, con el objetivo de asegurar su disponibilidad en los escenarios postulados en las presentes pruebas de resistencia.

Adicionalmente, se van a analizar junto con el resto de titulares, posibles equipos adicionales y mejoras en los actuales medios de protección radiológica para adecuarlos a las potenciales condiciones existentes en los escenarios analizados. Este análisis está previsto que finalice en junio de 2012 y a partir de ese momento será necesario implantar las mejoras identificadas.

En relación con la identificación de las condiciones radiológicas que impedirían llevar a cabo acciones manuales locales, Vandellós II ha estimado, para diferentes situaciones de daño al núcleo y contención, las limitaciones del tiempo de permanencia y protecciones en diversas localizaciones donde se llevarían a cabo acciones manuales de recuperación identificadas en estas pruebas de resistencia. La estimación se ha realizado teniendo en cuenta liberaciones de actividad al aire. Se requerirían controles estrictos de

tiempo en caso de daño al núcleo, siendo los tiempos de realización máximos de minutos en caso de venteo de la contención. Dichas condiciones mejorarían, permitiendo permanencias de varias horas, una vez implementado el venteo filtrado de la contención.

- *Evaluación del CSN*

El diseño actual de la envolvente de la sala de control de la instalación ha sido evaluado y aceptado por el CSN y garantiza que la exposición a la radiación del personal que en ella se encuentre, durante cualquier accidente base de diseño, no excede los límites del Criterio General de Diseño 19, del Apéndice A del 10 CFR 50 de la NRC.

El CSN considera que el análisis de habitabilidad realizado por el titular en caso de accidente severo presenta incertidumbres importantes (fugas de contención, características y eficiencia del venteo filtrado a implantar, condiciones atmosféricas, caudal de entrada de aire a la sala de control, tiempos de permanencia, etc.). En este sentido se considera positiva la propuesta del titular de analizar, a corto plazo, el suministro alternativo de energía eléctrica a las unidades de filtración de emergencia de la sala de control y a la batería de calefacción para mantener la efectividad de los filtros, mediante equipos portátiles.

Se valora positivamente la propuesta de construcción de un CAGE. En el apartado 4.1.c se han avanzado las conclusiones generales a este respecto.

En relación con los medios disponibles para el seguimiento y control de las emisiones radiactivas, se considera como una fortaleza que Vandellós II disponga de una Red de Vigilancia Radiológica Ambiental en Continuo, con recepción automática de los mismos en la sala de control, CAT y en la sala de emergencias del CSN.

Asimismo, se considera positivo el análisis que van a realizar conjunta y coordinadamente todos los titulares de las centrales españolas sobre los medios y equipos de protección radiológica que sería conveniente disponer en los escenarios analizados. En el caso de Vandellós II, el análisis deberá contemplar, al menos, la disponibilidad de los monitores de radiación y del sistema de toma de muestras post-accidente en escenarios de SBO prolongado y su correcto funcionamiento en las condiciones de accidente severo. Resulta de aplicación también la conclusión indicada en el apartado 4.1.c.

En relación con el análisis para la identificación de las condiciones radiológicas que impedirían llevar a cabo acciones manuales locales, la central deberá ampliar el estudio para incluir determinadas acciones manuales actualmente contempladas en las GGAS. En el apartado 4.1.c se han avanzado las conclusiones generales a este respecto. El CSN solicitará el desarrollo de guías de actuación para cada una de las GGAS con los aspectos de protección radiológica a tener en cuenta en función de las dosis esperables.

Se solicitará al titular la revisión de los cálculos de tasas de dosis en función del nivel de agua en la piscina puesto que las hipótesis utilizadas no resultan conservadoras y la metodología de cálculo debería ser más precisa. Se solicitará que el titular incorpore en procedimiento los aspectos de protección radiológica a considerar en las actuaciones manuales locales que se prevean. En el apartado 4.1.c se han avanzado las conclusiones generales a este respecto.

4.2.3 Central nuclear de Cofrentes

4.2.3.a Sucesos naturales extremos

- **Terremotos**

- *Posición del titular*

El Terremoto Base de Diseño (DBE) adoptado para el diseño sísmico de la central nuclear de Cofrentes tiene una aceleración horizontal en el campo libre de 0,17g, calculado con metodología determinista. También se considera en el diseño otro nivel menor de solicitación sísmica, que corresponde al Terremoto Base de Operación (OBE) y cuya aceleración horizontal es la mitad del DBE.

El titular ha realizado una revisión de las bases de diseño sísmico de la planta para determinar su validez actual. Para ello ha ampliado la fecha de corte (1972) originalmente considerada y la ha extendido hasta el 30 de junio de 2011 aplicando el catálogo del Instituto Geográfico Nacional (IGN), comprobando que no se ha superado la sismicidad máxima asociada a las zonas sismogénicas utilizadas para determinar el DBE. Por tanto, concluye que las bases de diseño sísmico siguen siendo válidas.

La protección de la planta frente al DBE se basa en los requisitos aplicables al diseño sísmico de lasESC de acuerdo a su clasificación según la RG 1.29 de la NRC, y al mantenimiento, a través de los procesos establecidos en las bases de licencia, de la calificación sísmica y del correcto estado de las ESC, así como de sus modificaciones y repuestos.

Para la detección de terremotos, la central dispone de un sistema de vigilancia sísmica que cumple con las recomendaciones de las USNRC RG 1.12 y la RG 1.166. La instrumentación suministra indicación inmediata en la sala de control, cuando se hayan excedido las aceleraciones prefijadas. El sistema está compuesto por seis sensores triaxiales de movimientos fuertes, localizados en distintas ubicaciones del emplazamiento, sistema de reproducción y registro asociado, y análisis del espectro.

El titular evalúa el margen sísmico de la planta utilizando los trabajos que ya había realizado mediante la metodología desarrollada por la NRC y EPRI (con RLE de 0,3g y *full scoped*). Durante la parada para recarga de 2011 se ha completado una revisión del IPEEE, iniciada con el objetivo de evaluar los nuevos equipos relacionados con modificaciones de diseño y confirmar que se mantienen los márgenes sísmicos del estudio inicial. En el contexto de las pruebas de resistencia se ha complementado el IPEEE mediante la realización de nuevas inspecciones y la ampliación del alcance para considerar la función de confinamiento relacionada con el combustible gastado en la piscina.

De acuerdo con los estudios realizados, el titular asigna a las funciones de seguridad necesarias para alcanzar y mantener la parada segura un valor mínimo de capacidad HCLPF de 0,28g. Este valor viene limitado por una serie de relés para los que durante la recarga de 2011 no se pudo justificar una capacidad HCLPF superior. Se identifica un margen sísmico de 0,3g para la integridad del combustible gastado almacenado en la piscina y de 0,5g para la integridad de la contención, lo que es considerado por el titular como una robustez adicional de la Planta.

El titular ha evaluado el margen sísmico disponible en una serie de equipos utilizados en la gestión del *Station Blackout* (SBO) y en las guías de gestión de accidentes severos. El alcance ha sido:

- Tuberías y válvulas para inyección a la vasija y a la piscina de combustible mediante el Programa Contra Incendios (PCI).
- Turbobomba del RCIC y válvulas en la aspiración y descarga de la turbobomba.
- Válvulas y tuberías para el accionamiento en manual del venteo de la contención primaria.

Se ha evaluado la capacidad de la planta para soportar simultáneamente un terremoto que excediera su DBE y una inundación exterior que sobrepase su inundación base de diseño, como se analiza en el capítulo de inundaciones.

En el Estudio de Seguridad de la planta se encuentra evaluado el fallo simultáneo de las presas de Alarcón y Contreras debido a un terremoto, concluyéndose que este suceso no se considera creíble debido, entre otras razones a la distancia existente entre ellas y a la sismicidad de la zona. Esta conclusión fue verificada mediante un estudio de probabilidad de rotura simultánea de las dos presas por cualquier causa, de modo que se superpusieran las ondas de avenida en el emplazamiento, obteniendo una probabilidad de 10^{-12}/año. En el apartado siguiente de *inundaciones* se aportan valoraciones adicionales sobre este suceso.

El cumplimiento con las bases de licencia actuales en relación al comportamiento sísmico se garantiza con la aplicación periódica de procedimientos, requisitos de vigilancia y actuaciones encaminadas a mantener adecuadamente las ESC y el sistema de vigilancia sísmica, así como sus modificaciones de diseño y repuestos asociados.

En relación con la posibilidad de que se pudieran producir efectos inducidos como consecuencia de un sismo, el informe de la central indica lo siguiente:

- Incendios y explosiones: el titular verifica el cumplimiento con la base de diseño actual. El cumplimiento con las medidas de protección para almacenamientos de materiales combustibles en el interior de la central, las medidas de protección contra incendios, así como las evaluaciones realizadas para el análisis de riesgos de incendios indican que en caso de una explosión o incendio no se vería afectada la parada segura de la instalación. Asimismo señala que durante los recorridos de inspección se han revisado los posibles focos identificados en el estudio de protección contra incendios, concluyendo que los que podrían afectar al camino de parada segura presentan un margen superior a 0,3g.
- Inundaciones internas: el titular identifica su base de diseño actual en la que no se consideran roturas circunferenciales en tubería no sísmicamente cualificadas, aunque sí se analizan los caminos de parada segura para los tamaños solicitados en la base de diseño. Con la elaboración del Manual de Protección contra inundaciones internas se justifica la existencia de barreras, medidas de vigilancia y medidas para el mantenimiento de barreras que garantizan niveles de riesgo bajo en caso de una inundación. El titular propone analizar, desde el punto de vista del comportamiento sísmico, tuberías no Categoría Sísmica I identificadas en el APS de inundaciones como susceptibles de generar sucesos iniciadores y afectar a sistemas de mitigación. Adicionalmente, el titular ha analizado los escenarios más allá de la base de diseño que cubren las posibles roturas en sistemas con grandes fuentes de agua existentes en el emplazamiento, concluyendo que las barreras existentes son adecuadas y que en ninguno de los casos se impediría la parada segura de la instalación, si bien se identifica la necesidad de implantar medidas adicionales sobre la casa de bombas de PCI para hacer frente a una potencial rotura del embalse de servicios esenciales.

- *Evaluación del CSN*

Las bases de diseño sísmico de la central de Cofrentes son las licenciadas en el diseño original de la instalación, se encuentran recogidas en el Estudio de Seguridad y han sido evaluadas e inspeccionadas periódicamente por el CSN.

Los valores de HCLPF estimados por el titular se consideran justificados de acuerdo a la metodología de EPRI, aunque algunos valores, como el 0,3g asignado a los bastidores, se encuentran actualmente en revisión por parte del CSN. También están pendientes de verificación las acciones correctoras

propuestas por el titular para aumentar el valor HCLPF de los equipos identificados con un margen inferior a 0,3g, así como la evaluación de los márgenes de algunos sistemas utilizados en escenarios de SBO y GGAS.

El titular ha analizado el comportamiento sísmico de las presas aguas arriba de Alarcón y Contreras, comprobando que ambas disponen de capacidad resistente más allá del DBE de la central. También ha realizado una estimación de la capacidad sísmica de cada presa, concluyendo que la de Alarcón podría resistir hasta un terremoto de 0,26g y la presa de Contreras hasta 0,44g. Estos resultados se consideran válidos en cuanto a la valoración realizada de los márgenes sísmicos; no obstante, en el apartado siguiente de *inundaciones* se aportan comentarios adicionales en la evaluación del CSN.

Las actuaciones propuestas se consideran adecuadas para mejorar la robustez de la planta frente a la ocurrencia de terremotos más allá de la base de diseño.

En relación con la posibilidad de que se pudieran producir efectos inducidos como consecuencia de un sismo, y además de las conclusiones genéricas del apartado 4.1.a, se concluye lo siguiente:

- Incendios y explosiones: se considera que el análisis realizado por el titular es adecuado y completo.
- Inundaciones internas: la evaluación del CSN considera que con los análisis de que se dispone, junto con la propuesta de análisis y revisión de márgenes para elementos identificados en el APS, la central cubre el alcance necesario para el análisis de potenciales efectos de inundaciones. Se considera adecuada la propuesta del titular sobre la casa de bombas del sistema de PCI, si bien esta propuesta no ha sido incluida entre sus propuestas de mejora, identificadas en el capítulo 6 de su informe.

- **Inundaciones**

- *Posición del titular*

La base de diseño frente a inundaciones considera la rotura catastrófica de la presa de Contreras (situada 106 km aguas arriba en el río Cabriel), coincidente con una avenida provocada por lluvia torrencial de magnitud equivalente a la mitad de la Precipitación Máxima Probable (PMP), y teniendo además en cuenta el efecto de vientos de 65 km/h que provocarían oleaje en la masa de agua. Con esta combinación de sucesos la altura máxima de la superficie del agua llegaría a la cota 367,41, por debajo de la cota de explanación (372 m), por lo que, aún en estas condiciones, sería posible llevar el reactor a parada fría y mantener la refrigeración de las piscinas de combustible.

Adicionalmente, se ha calculado el nivel de inundación por la rotura instantánea de la presa de Contreras, suponiendo que estuviera llena hasta su cota máxima. La cota máxima del agua alcanzada en el emplazamiento es 361,99 m, que al considerar el oleaje producido por el viento, llegaría a 363,49 metros.

En todos los casos se perdería el parque eléctrico de 400 kV, situado en la cota 348,7, lo que provocaría, según diseño, la parada de la planta, no viéndose afectados las ESC localizadas en la cota de explanación de la central. El parque eléctrico de 138 kV se encuentra en la cota 372, por lo que no se vería afectado. Así mismo, se ha analizado el trazado fuera del emplazamiento de las líneas de 138 kV que llegan a la central, concluyendo que, aún en el caso de la máxima inundación prevista por diseño, esta línea estaría disponible.

En relación con la situación del nivel freático y su posible ascenso por lluvias e inundaciones, el nivel máximo de diseño es de 362 m. Se ha estimado que para que el nivel freático bajo los edificios, debido a infiltraciones originadas por la inundación de proyecto, alcance la cota de cimentación de los

mismos, es necesario que el nivel de crecida permanezca durante seis meses. El nivel freático es vigilado mensualmente.

Se postula como "situación límite" una inundación, sin causa conocida, que alcance la cota de explanación de la central (372 m). En esta situación se perdería la alimentación eléctrica desde el exterior, por inundación del parque de 138kV, pasando a depender la central de los generadores diesel de emergencia. El reactor se podría llevar a parada fría y mantener la refrigeración de las piscinas de combustible gastado, ya que la cota de inundación de los edificios relevantes para la seguridad se encuentra, como mínimo, en la cota 372,20 m. No se espera que la duración de una inundación comprometa los márgenes previstos para que la central mantenga sus funciones de seguridad sólo con alimentaciones interiores.

El titular describe las acciones establecidas en el Plan de Emergencia Interior en caso de inundaciones por avenida o lluvias. Finalmente, concluye que la disposición natural del emplazamiento junto con las protecciones existentes en el diseño garantiza que los edificios, galerías y equipos en intemperie están protegidos frente a precipitaciones intensas. Las cubiertas de los edificios se han diseñado de tal forma que pueden soportar las máximas cargas debidas a precipitación y además impiden las filtraciones hacia el interior del edificio. Las cubiertas son objeto de un programa de mantenimiento periódico para garantizar su estado adecuado permanentemente.

- *Evaluación del CSN*

Las bases de diseño relativas a los diferentes sucesos que podrían provocar la inundación del emplazamiento se encuentran recogidas en el Estudio de Seguridad y han sido evaluadas y aceptadas por el CSN. El CSN ha realizado también inspecciones específicas para verificar lo previsto en dichas bases.

Respecto a los efectos de la rotura potencial de las presas aguas arriba del emplazamiento, los análisis del titular plantean hipótesis diferentes de las contempladas en los planes de emergencia de presas dentro de la práctica española, debido a que la posibilidad de rotura catastrófica combinada de ambas presas se considera muy improbable. No obstante, al diferir los planteamientos que realiza el titular de los que se postulan en los planes de emergencia de presas, deberán adoptarse las acciones necesarias para compatibilizar ambos planteamientos. Como consecuencia de estas acciones, el titular deberá revisar los estudios realizados y adoptar las medidas que de ello se deriven

El titular afirma que no espera que la duración de la inundación considerada como "situación límite" comprometa los márgenes previstos para que la central mantenga sus funciones de seguridad sólo con alimentaciones interiores. Esta conclusión se considera razonable con la información aportada, aunque algunos aspectos de la misma, como los efectos locales del aumento del nivel freático y las medidas de mejora para la evacuación de aguas en galerías sin drenaje, requieren comprobaciones adicionales por parte del CSN, que se hallan en curso.

- **Otros sucesos naturales extremos**

- *Posición del titular*

La central ha analizado la posible ocurrencia de sucesos producidos por otros fenómenos de origen externo, identificando los vientos fuertes como los únicos relevantes. La velocidad de viento de diseño en la central es de 150 km/h, calculada a partir de estudios de vientos máximos en la zona con tiempo de recurrencia de 1000 años, así como aplicando criterios de las normas de edificación española MV-101. La velocidad máxima de viento medida hasta la fecha en el emplazamiento ha sido de 119 km/h.

La capacidad de resistencia de las estructuras supera los 150 km/h, debido a los conservadurismos propios de este tipo de cálculos de cargas y a la consideración de otros criterios en el diseño (p.ej. criterios sísmicos).

Adicionalmente, se ha valorado el potencial impacto de otras situaciones extremas de origen meteorológico que pudieran presentarse en el emplazamiento (caída de rayos, congelación del río, corrimientos de tierra, heladas y temperaturas extremas, incendios forestales, nieve, nivel alto del río, sequía, tornados, pedrisco). Se concluye que la central dispone de las protecciones adecuadas para hacer frente a estos sucesos.

- *Evaluación del CSN*

El cribado de sucesos externos realizado para establecer las bases de diseño se basa en una probabilidad muy baja de ocurrencia (10^{-5} por año), de acuerdo con las metodologías probabilistas que recoge la normativa aplicable del IPEEE.

El titular ha ampliado el alcance de sus análisis respecto a lo documentado en su informe preliminar y ha abordado razonadamente otros sucesos creíbles en el emplazamiento. Las conclusiones aportadas se consideran razonables en general, aunque el CSN no ha concluido todavía la evaluación de detalle en lo que se refiere a temperaturas extremas, que está en curso de realización.

4.2.3.b Pérdida de funciones de seguridad

- **Pérdida de energía eléctrica exterior (LOOP)**

- *Posición del titular*

La central de Cofrentes describe las interconexiones con la red y las vías de alimentación eléctrica exterior existentes, concluyendo en su alta fiabilidad y en que proporcionan elevada confianza en la capacidad de restablecer rápidamente una pérdida de la red exterior.

La central referencia los procedimientos del operador de la red eléctrica para la reposición de tensión en caso de un cero en la red, los cuales dan prioridad a la alimentación de las centrales nucleares y en particular a CN Cofrentes. En el caso de esta central se establece la reposición preferente desde las centrales hidráulicas de Cofrentes, Millares II, Cortes II y La Muela, todas ellas con capacidad de arranque autónomo, algunas de las cuales ya han sido probadas.

La alimentación eléctrica interior para los sistemas de salvaguardia de cada una de las divisiones está constituida por un generador diesel y una batería de corriente continua. Existen tres divisiones eléctricas, las divisiones I y II son totalmente redundantes, el diseño garantiza la parada segura ante un suceso de LOOP con una única de estas divisiones en servicio; la división III corresponde al sistema de aspersión del núcleo a alta presión (HPCS).

En caso de LOOP, la alimentación de los equipos de seguridad se realiza automáticamente mediante el arranque, conexión y secuencia de carga de los generadores diesel de división I y II siendo suficiente uno cualquiera de ellos para mantener la alimentación eléctrica a los equipos requeridos para llevar la planta a parada segura. El tercer generador diesel de seguridad (GD-HPCS) no será necesario en caso de LOOP.

Los tres generadores diesel están diseñados como Clase de Seguridad y Categoría Sísmica I y las estructuras que los contienen están diseñadas para soportar los efectos del terremoto SSE sin pérdida de la capacidad para realizar su función de seguridad, así mismo están protegidos contra los efectos de otros fenómenos naturales, tales como vientos, inundaciones, etc., por el edificio que los contiene.

La central relaciona las pruebas periódicas y de mantenimiento preventivo que se realizan a los generadores diesel a fin de verificar la fiabilidad de los mismos.

Por diseño, la autonomía de cada uno de los tres generadores diesel es de siete días, considerando el combustible, la lubricación y la refrigeración. La refrigeración se realiza mediante el sistema de agua de servicios esenciales.

- *Evaluación del CSN*

Las descripciones aportadas por el titular se consideran correctas. Existe base para considerar fiable el sistema de alimentaciones exteriores debido a que las alimentaciones exteriores tienen orígenes y recorridos diferentes y esta independencia aporta fiabilidad al suministro frente a eventualidades como la postulada (LOOP), además tanto el interruptor de generación como las transferencias entre alimentaciones han venido funcionando satisfactoriamente. La fiabilidad de la alimentación eléctrica exterior se ve reforzada por el hecho de que el operador de la red dispone de procedimientos de recuperación, por zonas geográficas, que tienen en cuenta la alimentación preferente a las centrales nucleares y la realización de pruebas de recuperación desde centrales hidráulicas cercanas. La propuesta de realizar periódicamente estas pruebas aumentara la fiabilidad del suministro eléctrico exterior.

El LOOP está dentro de las bases de diseño de la central, con una duración de al menos siete días. Por tanto, la situación considerada en este subapartado ha sido evaluada y licenciada en etapas anteriores de la vida de la central, y en sus diversos aspectos ha venido siendo inspeccionada por el CSN.

En caso de inundación externa, la central podría perder la disponibilidad del parque de 400 kV, manteniendo la del parque de 132 kV, no alcanzándose por tanto una situación de LOOP.

No existen observaciones en cuanto a la respuesta de la central en caso de pérdida de las alimentaciones exteriores. El CSN considera que la respuesta esperable de la central en caso de LOOP sería segura y conforme a lo previsto, dado que la central ante esta situación dispone de tres generadores diesel de emergencia, que arrancan por pérdida de tensión en las barras de emergencia y alimentan automáticamente a las cargas necesarias para la parada segura. En este escenario la central puede soportar sin ningún medio de apoyo adicional más de siete días.

Las previsiones que menciona la central para prolongar la autonomía de los generadores diesel posibilitando el trasvase de gasoil desde el subsistema de calderas auxiliares aportarán autonomía adicional.

Son destacables las previsiones relativas a la reposición de alimentación eléctrica exterior, y las relativas a pruebas periódicas de alimentación desde centrales hidráulicas cercanas.

- **Pérdida total de corriente alterna (SBO)**

- *Posición del titular*

En caso de pérdida de energía eléctrica exterior (LOOP) y pérdida de las fuentes normales de respaldo (GD-A, GD-B), la central aportó en su momento la justificación de la seguridad de la planta para el caso de la situación de SBO entonces considerada, de duración de cuatro horas, disponiendo de la energía eléctrica procedente de las baterías y sin que sea necesario contar con el apoyo del tercer generador existente en la central (GD-HPCS), ni por tanto con el sistema HPCS.

El sistema de corriente continua relacionado con la seguridad está organizado en tres divisiones, cada una con una batería y dos cargadores de batería (uno de ellos de reserva). Cada subsistema está localizado

en un área separada física y eléctricamente de los otros subsistemas. Los cálculos demostraron una autonomía de las baterías superior a las cuatro horas consideradas.

La central incluye la descripción de la secuencia de sucesos que tendrían lugar tras la ocurrencia de un suceso de SBO, así como los sistemas disponibles para garantizar el cumplimiento de las funciones requeridas.

Para una situación de SBO prolongada más allá de las cuatro horas citadas, aunque no es una situación base de diseño, se cuenta con la alimentación eléctrica aportada por el citado tercer generador, asignado a la División III de los equipos de seguridad. La conexión del generador GD-HPCS, que sería alineado hacia las divisiones I ó II, siguiendo el procedimiento previsto al efecto, permitiría igualmente disponer del sistema HPCS, de inyección de alta presión (estando asimismo disponible el sistema RCIC), y alimentar las cargas necesarias para el funcionamiento de los sistemas, incluyendo los cargadores de baterías y las propias baterías, que con ello pasarían a no tener limitación de autonomía.

Tanto el sistema HPCS como el sistema RCIC tienen como fuente preferente de toma de agua para inyección a la vasija al tanque de almacenamiento de condensado (CST).

En caso de pérdida de energía eléctrica exterior (LOOP) y pérdida de las fuentes normales de respaldo (GD-A, GD-B), más pérdida de cualquier fuente de corriente alterna adicional de respaldo (GD-HPCS), esto es, una situación de SBO en la que, en lo que a fuentes de corriente alterna se refiere, se suponga adicionalmente el fallo del generador diesel de la División III, la refrigeración del núcleo tendría lugar mediante el sistema RCIC, descargando el vapor a la piscina de supresión (SP), por lo que la evacuación de calor de la piscina de supresión se realizaría mediante la apertura controlada del venteo de contención

Se mantendría la disponibilidad de la corriente continua, fundamentalmente para control de la operación del sistema RCIC, actuación de las válvulas SRV cuando se requiera la despresurización de la vasija y alimentación de la instrumentación, mientras lo garantice la autonomía de la batería (y en tanto no se le aportase suministro desde un generador portátil). Los procedimientos de la central, para SBO, relacionan las cargas de corriente continua que deben ser desconectadas para alargar la duración de las baterías. Dado que las baterías A y B han sido sustituidas por otras de mayor capacidad, se han realizado nuevos cálculos de autonomía, resultando para la batería "A", 20 h 46 min, y para la batería "B", 25 h 4 min.

En caso de fallo del sistema RCIC, se llevaría a cabo una despresurización del sistema primario con las válvulas SRV previstas al efecto quedando como sistema disponible para inyección a la vasija del reactor el sistema PCI una vez alineado para esa función, despresurizándose previamente el sistema primario con las válvulas SRV previstas al efecto, siguiendo los procedimientos existentes.

La central expone que para la inyección a vasija, si hubiesen fallado los sistemas HPCS y RCIC y tras la despresurización de la misma con las SRV, el tiempo límite es de 30 minutos. El tiempo límite para realizar el venteo de la contención para eliminar calor de la SP en tales condiciones sería de 30 horas.

Para el caso extremo de un escenario con fallo de todas las fuentes de corriente alterna y con pérdida de las baterías sin que hubiesen llegado a conectarse generadores portátiles, la central está desarrollando un procedimiento de utilización del sistema RCIC totalmente en manual, esto es, sin corriente continua. En dicha situación, se ha comprobado la disponibilidad de volantes de accionamiento manual de las válvulas de venteo de la contención.

- *Evaluación del CSN*

Tal como se ha mencionado en el apartado 4.1.b, el *Station Blackout* (SBO) definido como la pérdida total de corriente alterna interior y exterior, es un suceso más allá de las bases de diseño de las centrales en operación, que se incorporó en su momento a las bases de licencia de la central.

Dentro de las dos opciones planteadas como posibles en la RG 1.155 (independencia frente a la corriente alterna, disponibilidad de una fuente de corriente alterna alternativa), la central de Cofrentes optó por la primera de ellas, basada en la utilización, en cuanto a alimentaciones eléctricas, de fuentes de corriente continua; la duración del SBO entonces considerada ("coping time"), a efectos de los análisis aplicables, fue de cuatro horas. La evaluación ha verificado que el generador diesel de la División III no fue considerado a efectos de cumplir, en su momento, con la normativa de SBO.

Las previsiones de alineamiento para un SBO más allá de las cuatro horas (hasta las 72 horas) en el contexto actual, del generador diesel GD-HPCS y de las cargas a ser alimentadas, se consideran correctas, la autonomía del GD es de al menos siete días.

Para el caso de que el SBO fuese completo (pérdida adicional del GD-HPCS), el CSN ha revisado los cálculos de autonomía de baterías realizados por la central, y los considera correctos.

La descripción aportada por la central de la secuencia de sucesos que tendrían lugar tras la ocurrencia de un suceso de SBO, en el contexto actual (tanto completo como prolongado) así como de los sistemas disponibles para garantizar el cumplimiento de las funciones requeridas, es adecuada.

Los tiempos límite que expone la central están referidos a una situación de indisponibilidad conjunta de todos los sistemas de seguridad, lo que corresponde a situaciones de accidente severo. Los tiempos límite a que aluden las instrucciones técnicas complementarias serían los de agotamiento de las baterías teniendo en cuenta su autonomía extendida.

La central dispone de cálculos de autonomía de baterías en SBO que justifican los valores incluidos en el informe. Se ha revisado el cálculo nuevo elaborado para las actuales baterías A y B, con resultado satisfactorio.

Respecto de la eliminación del calor de la SP, el CSN considera que la central debería realizar un análisis complementario que considere la viabilidad y las ventajas de una alternativa distinta al venteo de contención para reducir la temperatura de la citada SP.

La central ha instalado bridas en las tuberías del sistema de agua de servicios esenciales, cercanas al propio sumidero final de calor, a fin de permitir conectar bombas portátiles, utilizando el agua para diferentes destinos, entre ellos la refrigeración de los generadores diesel en caso de indisponibilidad de las bombas del sistema de agua de servicios esenciales. Ello se considera una medida positiva.

Respecto al desarrollo de un procedimiento para la operación manual del sistema RCIC, dadas las dificultades de la misma incluyendo el riesgo radiológico asociado, la central debe demostrar su viabilidad, contrastándolo a ser posible con centrales equivalentes, y valorando la posibilidad de realizar alguna modificación de diseño y algún tipo de verificación mediante prueba real en condiciones que no impliquen riesgo radiológico a los operadores.

Dos aspectos en los que la central deberá presentar documentación complementaria son los relativos a los posibles efectos de la pérdida de ventilación en sucesos SBO totales que se extiendan más allá de las cuatro horas, y a las previsiones de utilización de fuentes de agua complementarias al CST para uso en los sistemas HPCS y RCIC.

Se concluye que, con las consideraciones recogidas en este apartado, las previsiones de la central son adecuadas. El CSN ha realizado una inspección para revisión de temas relacionados con pérdida de energía eléctrica, perdida de sumidero de calor, piscina de combustible gastado y accidentes severos.

- **Mejoras propuestas por la central de Cofrentes ante sucesos de pérdida de energía eléctrica**

La central expone sus propuestas de mejora que se resumen en lo siguiente:

- Desarrollar un procedimiento para alimentar las divisiones I ó II desde el GD-HPCS
- Ampliar la autonomía de las baterías divisionales, mediante grupo electrógeno.
- Añadir grupos compresores para ampliar la disponibilidad de SRV, válvulas de venteo de contención y sellado de compuertas de piscina de combustible.
- Desarrollo de un procedimiento para la operación manual del RCIC, en caso de indisponibilidad de energía eléctrica.
- Previsión de grupos de bombeo, desde las distintas fuentes de agua existentes, para poder inyectar a la vasija, a la piscina de supresión, rociado de contención y suministro alternativo hacia piscina de combustible.
- Grupo electrógeno para asegurar el funcionamiento de ignitores de hidrógeno de divisiones I y II, y para mantener la presurización de la sala de control.
- Previsión de realizar pruebas periódicas de recuperación de energía eléctrica desde centrales hidráulicas cercanas.
- Instalación de un sistema PCI sísmico.
- Mejoras en comunicaciones.
- Procedimiento para lectura de parámetros críticos de planta en caso de pérdida total de energía eléctrica.

Las previsiones de mejora propuestas por la central, en la etapa de desarrollo actual se consideran válidas, con las precisiones y/o consideraciones que se incluyen en los apartados precedentes; al respecto, se señala la consideración relativa a la presentación de un análisis complementario sobre la posibilidad de incorporar un método alternativo para extraer calor de la SP y las posibles mejoras necesarias para dar crédito a la operación manual de la turbobomba del RCIC. Además, la viabilidad de utilizar equipos portátiles está sujeta a los resultados del análisis específico de disponibilidad de personal que se requiere en el apartado 4.1.c de este informe.

Con la implantación de estas medidas los tiempos de las situaciones límite quedarían ampliados y pasarían a ser función de la autonomía de los equipos portátiles.

- **Pérdida del sumidero final de calor (UHS)**

- *Posición del titular*

Durante la operación normal a potencia de la central el foco frío del ciclo de turbina consiste en un condensador enfriado por el sistema de agua de circulación, el cual constituye el sumidero de calor primario. Mediante este sistema el reactor puede permanecer en condición de operación de parada caliente. Durante la parada del reactor (parada fría y recarga), el calor se extrae a la balsa del sumidero de calor último o final (UHS) a través del sistema de agua de servicios esenciales (P40).

En caso de pérdida de energía eléctrica exterior (LOOP) y otros transitorios, el calor residual del reactor se extrae, bien directamente o bien enfriando la piscina de supresión, al UHS a través del sistema P40. Este sistema es también el diseñado para extraer el calor en caso de accidente base de diseño (LOCA), en el que se postula que concurre un LOOP.

Por fallo del sistema P40 o, en general, de la capacidad de extraer el calor del reactor al UHS, este calor se irá vertiendo a la piscina de supresión, lo que producirá un aumento en la presión y temperatura de la contención. En estos casos, el calor puede ser transferido a la atmósfera a través del sistema de venteo dedicado que comunica la atmósfera de la contención con el medio ambiente. En el medio plazo, la operación del venteo puede requerir reposición de agua a la piscina de supresión, para evitar un descenso de nivel excesivo en ella.

Respecto a las piscinas de almacenamiento de combustible gastado, en condiciones normales, el calor residual del combustible es cedido, a través de su sistema de refrigeración, al sistema de agua de servicio de planta (P41) que dispone de un método activo de transferencia de calor (torres de tiro forzado). Este sistema constituye el sumidero de calor primario para el calor residual generado en las piscinas de almacenamiento. Este sistema es No Clase de Seguridad, No Categoría Sísmica y tiene alimentación eléctrica de emergencia en caso de LOOP y otros transitorios. En caso de accidente base de diseño (LOCA) coincidente con LOOP no se permite su acceso al generador diesel; en estos casos, o en el de fallo del propio sistema P41, el calor residual del combustible se transfiere al UHS vía sistema P40. En caso de LOCA la refrigeración es transferida automáticamente al sistema P40.

Conforme a las Bases de Diseño, el sistema P40 está diseñado para proporcionar agua de refrigeración para la evacuación de calor de equipos requeridos para alcanzar y mantener la parada segura de la planta, tanto en condiciones de operación normal como de accidente, y está diseñado con suficiente redundancia para que su función de seguridad pueda realizarse suponiendo un fallo único coincidente con una pérdida de la energía eléctrica exterior. El sistema y las estructuras que lo contienen están diseñados para soportar los efectos de los terremotos sin pérdida de la capacidad del sistema para realizar su función de seguridad. El sistema está protegido contra los efectos de otros fenómenos naturales, tales como vientos, inundaciones externas, etc.

El sistema consta de un estanque de enfriamiento por aspersión (sumidero final de calor) y tres sistemas independientes de refrigeración, uno por división. El agua de enfriamiento aspirada del sumidero final del calor, mediante las bombas situadas en la estructura de toma de agua del estanque de enfriamiento por aspersión, se distribuirá a los componentes esenciales por intermedio de los tres circuitos mencionados. El agua del sistema, después de enfriar a los componentes, retorna al estanque por medio de tres colectores, separados, cuyos tramos finales van provistos de una serie de aspersores con boquillas acopladas.

La pérdida de UHS está directamente relacionada con la refrigeración del combustible e, indirectamente, con la pérdida de confinamiento de la radiactividad. A continuación se describe el impacto de este evento sobre dichas funciones de seguridad:

- Impacto en la refrigeración del combustible en el reactor.:
  - Durante la operación a potencia, la pérdida del sumidero final de calor de emergencia (UHS) como suceso iniciador no afecta al sumidero normal de calor, ya que son completamente independientes: el sistema P40 que transfiere el calor al estanque del UHS es un sistema en reserva, no refrigera sistemas necesarios para la operación a potencia de la central. Por ello, su pérdida no tiene impacto en el corto plazo. Su coincidencia con sismo, inundación, pérdida de energía exterior o cualquier otra causa que inhabilite al sumidero normal de calor conduce a una situación en que el calor residual será extraído a la atmósfera a través del venteo dedicado de la contención.

    La pérdida del sumidero alternativo de calor en emergencia (venteo dedicado de contención) durante la operación a potencia no tiene ningún impacto, por ser completamente independiente del sistema normal de extracción de calor.

- En condiciones normales de operación en recarga, la extracción de calor se realiza mediante uno de los dos lazos del sistema RHR al UHS. En caso de pérdida del UHS se produciría una pérdida total de extracción de calor que conduciría a un calentamiento del refrigerante hasta su ebullición en un plazo de 9 h 50 min, en la situación más probable que corresponde a la cavidad y vasija llenas y comunicadas (1 hora y 8 minutos en la situación más limitante correspondiente al inicio de apertura de la vasija del reactor). A partir de este momento, la refrigeración del combustible se conseguiría aportando refrigerante a medida que éste se va evaporando. Los sistemas con capacidad de reposición a la vasija son HPCS, LPCS y LPCI, sísmicos y con alimentación eléctrica desde los generadores diesel, y sistema de distribución de condensado y de PCI, no sísmicos y con alimentación normal. Adicionalmente, el sistema de PCI dispone de bomba diesel que lo hace independiente del suministro eléctrico.
- En caso de que la pérdida del UHS se produzca en una situación de accidente o transitorio en la que la central esté dependiendo de su funcionamiento, la pérdida de UHS conduciría a la pérdida de los tres generadores diesel por fallo de refrigeración.
- Si la planta se encontraba en situación de LOOP, éste evolucionaría a SBO: ningún sistema del ECCS estaría disponible para inyectar refrigerante a la vasija. La capacidad del RCIC, que no depende de alimentación de corriente alterna, es suficiente para enfriar el combustible pero está limitada en el tiempo por las condiciones de la piscina de supresión, a la que su turbina descarga el vapor de su escape. Siguiendo los POE, deberían relajarse las condiciones en la piscina de supresión y contención primaria utilizando el venteo dedicado de contención, lo que, en principio, permitiría continuar la operación del RCIC. El venteo dedicado no depende de corriente alterna y dispone de baterías de corriente continua y de aire de accionamiento dedicados. Si el origen del LOOP ha sido un sismo, entonces la operabilidad del venteo está garantizada mediante el accionamiento manual de sus válvulas y actuaría como UHS alternativo y se podría reponer agua a la piscina de supresión mediante el sistema de PCI, alineado manualmente impulsando agua mediante la bomba diesel.
- Si la pérdida de UHS no coincide con LOOP, el impacto sería mucho menor pues todos los sistemas esenciales de la central estarían siendo alimentados desde las fuentes de alimentación exteriores, los cargadores de batería estarían en funcionamiento y cualquier fenómeno asociado a la pérdida de refrigeración (refrigeración de equipos, sistema de ventilación, etc.) sería mucho más lento.

– Impacto en la refrigeración del combustible en las piscinas de combustible gastado.
  - La pérdida del sumidero normal de calor de las piscinas de combustible gastado, sistema deaAgua de servicio (P41), con torres de refrigeración de tiro forzado, obliga a transferir la extracción de calor al UHS a través del sistema de agua de servicio esencial (P40), que puede realizar esta función indefinidamente. La coincidencia de ésta pérdida con sismo, pérdida de energía exterior o inundación no agrava la situación planteada.
  - Si por algún motivo operacional se estuviese extrayendo el calor de las piscinas al UHS y se produjese la pérdida de éste, la refrigeración se realizaría con el P41, excepto en caso de sismo. No obstante, el titular indica que esta no es una situación límite ya que se dispone de entre 10 horas y varios días, según las condiciones iniciales, hasta la ebullición del refrigerante de la piscina lo que daría tiempo a alinear sistemas de reposición de refrigerante (sistemas de PCI, distribución de condensado, distribución de agua desmineralizada).

- *Evaluación del CSN*

Ver la evaluación del apartado siguiente.

- **Pérdida del sumidero final de calor combinado con SBO**

- *Posición del titular*

Una característica de la central de Cofrentes es que los generadores diesel de emergencia se refrigeran mediante el sistema P40, transfiriendo el calor al UHS. Las bombas del sistema P40 se alimentan, a su vez, de los generadores, en caso de pérdida de energía exterior. Por ello, la coincidencia de pérdida de UHS no agrava la situación de SBO.

Esta central considera que las medidas de mejora analizadas y propuestas para el SBO son válidas y adecuadas para este escenario, por lo que no se identifican medidas adicionales.

Algunas de dichas propuestas están encaminadas a disponer de capacidades adicionales de extracción de calor residual, tanto de las piscinas de combustible gastado como de la vasija.

- *Evaluación del CSN*

En este apartado se evalúa la pérdida del UHS, con y sin SBO.

El titular ha proporcionado una descripción adecuada de las provisiones existentes en el diseño para evitar la pérdida del UHS y ha analizado la situación a la que conduciría la pérdida del UHS con y sin SBO con un alcance adecuado.

En ambos casos (pérdida del UHS con y sin SBO) el titular identifica y propone mejoras para aumentar la robustez de la planta. Dichas medidas se consideran positivas y son las mismas que se han identificado en el apartado de pérdida de energía eléctrica dado que la pérdida del UHS conduciría a una situación de planta en la que, para proteger las funciones de seguridad, se contaría, con los mismos sistemas que para la situación de pérdida de energía eléctrica.

La modificación de diseño realizada en el sistema de agua de servicios esenciales (instalación de bridas aguas abajo de las bombas del sistema P40) permitirá disponer de una fuente adicional en el corto plazo para aportar agua a la vasija, refrigerar los generadores diesel o inyectar agua a las piscinas de combustible gastado. Esta modificación se considera positiva.

En el caso de la central en situación de parada, la pérdida de UHS con LOOP (que conduciría a un SBO en el caso de Cofrentes) llevará a una situación de pérdida de refrigeración de la vasija en la que es preciso aportar agua en un tiempo entre, aproximadamente, 8 horas y 75 horas (tiempos de descubrimiento del núcleo, en función del estado inicial del nivel de agua en vasija-cavidad). La central en su descripción detalla con qué sistema o sistemas intentaría refrigerar el núcleo en esta situación. Sin embargo no detalla cuál de las mejoras propuestas proporcionarían una capacidad de refrigeración alternativa para este caso. Se considera que al menos las siguientes medidas (identificadas por el titular) podrían fortalecer el comportamiento de la central ante esta situación: PCI sísmico, grupos de bombeo portátiles para inyectar a la vasija aspirando del UHS; grupo electrógeno para bomba del P11 (sistema de distribución de condensado) para inyectar a la vasija desde el TAC. El titular deberá tener en cuenta la situación de parada en el desarrollo de los futuros procedimientos que hagan uso de los equipos a implantar.

El titular no ha incluido en su informe cálculos realistas para estimación de tiempo de agotamiento de las fuentes de agua actualmente disponibles para el sistema de refrigeración en circuito cerrado (RCIC). La actuación manual de la turbobomba del RCIC propuesta por el titular presenta las dificultades de ejecución ya comentadas, por lo que no han sido probadas por el titular; además éste indica que no tiene

evidencia de la existencia de experiencia operativa ajena al respecto. La central deberá analizar posibles mejoras en el sistema RCIC que faciliten su actuación manual así como la posibilidad de llevar a cabo algún tipo de prueba en una situación lo más realista posible sin comprometer la seguridad de la central y la protección radiológica.

4.2.3.c Gestión de accidentes

- **Planificación de la gestión de accidentes**

- Posición del titular

El titular de la central de Cofrentes, para el caso de SBO prolongado, indica mejoras específicas en el apartado de comunicaciones, que se encuentran en proceso de evaluación, y que incrementarían la duración de los sistemas de comunicación actualmente existentes.

El titular, igualmente plantea reforzar los centros actualmente disponibles para la gestión de emergencias, con un nuevo centro en el emplazamiento que, salvo su denominación como Centro de Respuesta en Emergencias (CRE), coincide en todo con el CAGE planteado por el resto de titulares.

De forma coherente con la puesta en marcha de este nuevo centro de gestión de emergencias, Cofrentes plantea otra serie de mejoras en comunicaciones de mayor calado, cuyo análisis concluirá en el corto plazo y propone implantar en el largo plazo.

En relación con las rutas de acceso a la instalación, el titular concluye que existe una ruta viable en caso de sismo de intensidad menor que el SSE que incluye una estructura de paso del rio Jalance (puente número 3) con luces inferiores a un metro. En la información gráfica suministrada de esta estructura y en el resto de la información aportada por el titular, se indica que dicha estructura no cumple criterios sismo resistentes. En caso de inundación provocada por la rotura de la presa de Contreras, coincidente con precipitación correspondiente a ½ PMP y el efecto de oleaje de 1,5 m, el titular identifica que existiría una ruta viable aunque de recuperación lenta.

El titular establece que para los trabajadores expuestos que participen en labores de emergencia para mitigar las consecuencias iniciales del accidente, salvar vidas o mitigar efectos deterministas o evitar condiciones catastróficas que puedan afectar a las personas de la población o al medio ambiente, se limitarán las dosis por debajo de 500 mSv. Este límite se corresponde con lo establecido en el TECDOC 953 del OIEA y en las recientemente aprobadas BSS del OIEA.

- Evaluación del CSN

La propuesta del titular en relación con las mejoras específicas en el área de comunicaciones se considera aceptable. En cuanto a las mejoras de mayor calado que irán asociadas a la puesta en marcha del nuevo CRE, se consideran aceptables, si bien el titular deberá estudiar, e informar al CSN, la posible incorporación de medidas provisionales a corto-medio plazo, de forma que se disponga de mejora de capacidades, aunque sean parciales, antes de las fechas de implantación de largo plazo.

En relación con las rutas de acceso a la instalación, la evaluación del CSN considera que no se ha identificado ningún itinerario viable en caso de sismo severo. En caso de inundación provocada por la rotura de la presa de Contreras, coincidente con precipitación correspondiente a ½ PMP y el efecto de oleaje de 1,5 m tampoco se identificado alguna ruta viable al emplazamiento, por lo que el titular deberá analizar y proponer propuestas de mejora para ambos casos. El análisis debe incluir el tiempo en que las vías de acceso se mantienen inutilizables tanto por sismo como por inundación y qué medidas compensatorias se prevén para este plazo.

En cuanto a los niveles de dosis de referencia para el personal que intervenga en una emergencia, y tal y como ya se ha mencionado en el apartado 4.1.c de este informe, el CSN fijará unos niveles de referencia homogéneos para todas las centrales nucleares españolas. No obstante, y dado que el valor propuesto garantiza tanto la protección individual como la viabilidad de acometer las actuaciones de mitigación de la emergencia, estos se consideran aceptables en el corto plazo.

- **Medidas de gestión de accidentes en el reactor**

- *Posición del titular*

El titular describe las medidas existentes a nivel de equipos, procedimientos y personal humano para prevenir, mitigar y gestionar accidentes severos; además especifica las estrategias a seguir en guías y procedimientos a medida que se van degradando las condiciones de la planta. Como conclusión de su análisis, la central propone diversas actuaciones para aumentar la robustez de la instalación frente a este tipo de suceso mediante la incorporación de una serie de mejoras.

Con relación al hidrógeno en contención, tanto en Procedimientos de Operación de Emergenci (POE) como en Guías de Gestión de Accidentes Severos (GGAS) se gestiona monitorizando la concentración de hidrógeno presente en el pozo seco y la contención, y vigilando que se mantenga en valores que no supongan una amenaza estructural de la contención. Los mecanismos de control del hidrógeno en el pozo seco se basan en la mezcla de hidrógeno y en el venteo y purga del mismo. En la contención se basan en el uso de recombinadores y de ignitores de hidrógeno, así como del venteo dedicado de la contención.

Los ignitores de hidrógeno controlan las tasas de hidrógeno que se generan en un accidente severo mediante combustiones controladas a bajas concentraciones minimizando la amenaza sobre la integridad de la contención. El funcionamiento en SBO se asegura por disponer la División II de una alimentación alternativa desde una UPS de servicios diversos. Con el fin de asegurar el funcionamiento de los ignitores más allá de la duración de la batería dedicada para la UPS, la planta dispondrá de un grupo electrógeno. Como medida adicional para mejorar la robustez de la planta, se instalarán recombinadores pasivos en aquellas zonas de contención y pozo seco que puedan presentar riesgo de acumulación de hidrógeno.

Con relación a la potencial acumulación de hidrógeno en otros edificios fuera de la contención, el titular indica que no se alcanzarían valores típicos de riesgo de combustión, más de 100 kg según el documento IAEA-TECDOC-1661. Según resultados de MAAP-4, en un escenario de accidente severo con fallo de vasija y generación de hidrógeno con presurización de contención hasta la máxima permitida para el venteo de 3,21 kg/cm^2, la cantidad fugada desde contención no superaría los 5 kg en 24 horas y no se dirigiría únicamente a un edificio. El titular no propone ninguna medida a este respecto.

En cuanto a medidas de último recurso para evitar la posibilidad de daño al combustible en secuencias de alta presión, el titular ha especificado en su informe las medidas de que dispone para la despresurización de la vasija durante la gestión del accidente en este escenario. Adicionalmente, el titular propone una serie de medidas de mejora relativas a las válvulas de alivio y seguridad (SRV) para garantizar la operación prolongada en caso de SBO de larga duración, que consistiría en la adquisición de un grupo electrógeno que permitiera la energización de las solenoides, la calificación sísmica de sus botellas de N_2 para que puedan ser funcionales en caso de sismo y la adquisición de un grupo compresor de aire para accionamiento neumático alternativo.

La capacidad última de resistencia de la contención de la la central es de 5,81 kg/cm^2 y supera en más de cinco veces el valor de su presión de diseño. En un escenario con pérdida de la refrigeración de la

piscina de supresión y sin aportación alguna a la misma, el nivel de la piscina se mantendría durante más de 24 horas por encima de la primera línea de los venteos, aislando el pozo seco de la contención y la descarga de las SRV se mantendría cubierta de agua más allá de 72 horas, manteniéndose la función de filtrado en la piscina de supresión.

En cuanto a la prevención contra sobrepresión en la contención además del venteo a través de los sistemas normales y de riego del pozo seco, se dispone del venteo dedicado de la contención que dispone de una línea preferente desde la contención, con dos válvulas neumáticas de aislamiento. Este camino de venteo permite aprovechar la retención de posibles productos radiactivos en la piscina de supresión, evitando su salida al exterior. Dispone de capacidad de evacuar un caudal máximo de vapor saturado de hasta 20 kg/s sin superar la presión de diseño de la contención, a una altura de 52,4 metros, lo que facilita la dispersión de las emisiones y evita concentraciones de radiactividad e hidrógeno a nivel de suelo, eliminando potenciales amenazas sobre las instalaciones de la central. En un escenario limitante en presión, el tiempo límite de actuación del venteo podría alcanzarse antes de las 24 horas.

El titular va a modificar la cota de aspiración del sistema de venteo para posibilitar la inundación de contención hasta la parte superior del combustible activo (TAF) en caso de accidente severo, esta modificación ha sido requerida por el CSN. Adicionalmente, analizará la posibilidad de instalar un filtrado que complemente la acción de lavado de los productos de fisión que ya realiza la piscina de supresión, limitando el vertido al exterior y las dosis en otros edificios de la central, siempre que no se dificulte la funcionalidad del venteo existente en todo el rango de presiones y estrategias establecidas en los POE/GGAS. Asimismo, propone realizar modificaciones para mejorar la operabilidad del venteo en situaciones de pérdida de corriente continua. Para ello va a desarrollar un procedimiento de apertura manual de las válvulas de la línea de venteo dedicado de contención. Otras mejoras son el rediseño del suministro de nitrógeno a válvulas de venteo de contención para que pueda ser funcional en caso de sismo, y la adquisición de un grupo compresor de aire que permita la apertura de válvulas de venteo en caso de SBO prolongado que derive en el consumo total de las botellas de nitrógeno. Además tiene previsto acometer las mejoras que resulten del trabajo conjunto con el BWROG sobre este tema.

Con relación a la prevención de recriticidades, el titular expone las estrategias de las que dispone actualmente para confirmar la parada del reactor entre las que se consideran métodos de boración adicional, reponiendo agua borada al tanque del sistema de líquido de control de reserva, y adición de boro al tanque de almacenamiento de condensado para inyectar a la vasija mediante el sistema HPCS. Para ello se dispone en almacén de 3220 kg de ácido bórico y 5500 kg de bórax.

Con relación a la prevención de la penetración de la losa de contención por el *corium,* el titular indica que el aporte de agua al pedestal con posterioridad a la reubicación del núcleo fundido no lo refrigera de forma efectiva si ha caído más del 20%. Por tanto, con vasija intacta, las GGAS demandan la inundación de la contención hasta una cota que como mínimo permita la inundación del pedestal. Con la vasija fallada se continúa el proceso de inundación de contención hasta una cota por encima del TAF (*Top of Active Fuel*), para lo cual los depósitos TAC y de PCI se deben rellenar.

El titular ha elaborado varias propuestas de mejora encaminadas a garantizar los aportes de agua tanto para la refrigeración de la vasija y la inundación de contención, como para la refrigeración de la piscina de combustible gastado. Para ello se han instalado, en la parada de recarga del año 2011, bridas y picajes aguas abajo de las bombas del P40 que permitan la conexión de un grupo de bombeo móvil, o el trasvase de agua desde las distintas fuentes localizadas en el emplazamiento para asegurar el aporte en caso de SBO prolongado.

Con relación a la viabilidad y efectividad de las medidas existentes de gestión de accidentes en las condiciones de riesgos extremos, el titular justifica que la determinación de los márgenes sísmicos realizada en el apartado correspondiente a sucesos externos del informe final, garantiza la disponibilidad de dos caminos de parada segura en caso de sismo por encima de SSE. Asimismo existe margen en relación con la operabilidad de los sistemas RCIC y venteo de la contención mediante la actuación manual de ambos. Respecto a los escenarios de inundaciones manifiesta que se dispone de amplios márgenes entre la cota de agua que se podría alcanzar en el emplazamiento en caso de ocurrencia de la inundación base de diseño, y la cota en la que empezarían a verse afectado equipos y sistemas necesarios para llevar a cabo las medidas de gestión de accidente previstas.

Con relación a la adecuación y viabilidad de la instrumentación, el titular propone el desarrollo de un procedimiento para la lectura de los parámetros críticos de planta en caso de pérdida total de alimentación eléctrica.

En cuanto al diseño de la sala de control, como medida adicional para mejorar la robustez de la planta, se dispondrá de un grupo electrógeno para garantizar el mantenimiento de la presurización de la sala de control en caso de SBO prolongado.

Con relación a los tiempos críticos en escenarios de pérdida de refrigeración del núcleo, la central de Cofrentes incluye un estudio detallado de los tiempos críticos de vasija y de contención en caso de SBO mediante simulación con el código MAAP-4. Para el caso extremo en que no estuviera ningún sistema de refrigeración ni de reposición al núcleo desde el comienzo del suceso, el daño severo por fusión del núcleo se produciría a las 1,26 horas y la rotura de la vasija a las tres horas. En caso de que estuvieran disponibles las baterías de corriente continua se garantizarían unas condiciones adecuadas de refrigeración del núcleo a través del RCIC y del venteo de contención durante un tiempo de alrededor de un día (autonomía de la batería "A" 20 horas 46 minutos, y de la batería "B" 25 horas 4 minutos).

En cuanto al análisis de accidentes en otros modos de operación el titular expone las estrategias disponibles para los distintos estados operacionales de una parada de recarga. Los POE, salvo el POE-1-RC, una vez iniciado el destensionamiento de los pernos de la vasija (condición de operación 6, recarga), se sustituyen por las contingencias de recarga. El procedimiento de SBO sigue siendo de aplicación. Se establecen cuatro contingencias que tratan los siguientes aspectos:

- Control de extracción de calor residual en vasija y piscina de planta de recarga en condiciones de recarga.
- Control de inventario en vasija y piscina de planta de recarga.
- Inundación de la contención primaria en recarga: tiene como objetivo la inundación de la contención en caso de que el nivel de agua no se pueda mantener por encima del TAF (con combustible irradiado en la vasija).
- Control de inventario y extracción de calor residual de las piscinas del Edificio de Combustible.

- *Evaluación del CSN*

Tanto los Procedimientos de Operación de Emergencia (POE) como las Guías de Gestión de Accidentes Severos (GGAS) se han incorporado en esta central a partir de los estándares del grupo de propietarios de General Electric, BWROG. Se consideran adecuados para llevar a cabo su función y han sido comprobados por el CSN mediante inspecciones y evaluaciones.

En cuanto a medidas de último recurso para evitar la posibilidad de daño al combustible en secuencias de alta presión, el titular ha especificado en su informe las medidas de que dispone para la despresurización

de la vasija durante la gestión del accidente en este escenario. Las propuestas de mejora relativas a las SRV que propone el titular se consideran convenientes.

Con relación al control de hidrógeno en contención, las medidas de instalación de recombinadores autocatalíticos pasivos en aquellas zonas de contención que pueden presentar riesgo de acumulación de hidrógeno y de proporcionar alimentación eléctrica a los ignitores en caso de SBO prolongado, se consideran positivas.

En cuanto al actual venteo dedicado de contención, las mejoras que propone el titular se consideran positivas (medidas para aumentar la robustez de su actuación y la modificación de diseño relacionada con el cambio de la cota de aspiración del venteo, para lo que se deberá tener en cuenta la diferencia de presiones que podría existir entre la contención y el pozo seco, y la correspondiente diferencia del nivel de agua entre ambos recintos, durante la fase de inundación de la contención. Esta modificación se llevará a cabo antes del final de la recarga del año 2013, de acuerdo con lo establecido en requisitos anteriormente emitidos por el CSN.

Entre las medidas de mejora, la central plantea la realización de un análisis adicional para valorar la conveniencia de instalar un sistema de filtrado en el venteo de la contención y, en función de sus resultados, plantearía su posterior instalación.

El CSN considera que, además de la capacidad de filtrado que proporciona la piscina de supresión durante el desarrollo de un accidente severo, la existencia de una capacidad de filtrado de contención complementaria (e independiente de la piscina de supresión) orientada a la protección última de la contención y a la minimización de las liberación radiactivas en caso de accidente severo, es una medida muy positiva para la gestión optimizada de este tipo de accidentes, por lo que el titular deberá realizar este análisis, y presentarlo al CSN para su aceptación, antes del 30 de junio de 2012.

Con relación a la prevención de la penetración de la losa, se considera que las estrategias ya definidas, junto con el futuro cambio de diseño de la cota del venteo dedicado de la contención, deben permitir una mejor gestión de la estrategia de inundación de contención y, por tanto de la prevención de la penetración de la losa.

Con relación a la disponibilidad de instrumentación, el titular propone desarrollar un procedimiento para la lectura de los parámetros críticos de la planta en caso de pérdida total de alimentación eléctrica. Dicha mejora se considera positiva. En la implantación de esta mejora el titular deberá tener en cuenta los parámetros críticos a lo largo de todas las fases del accidente (incluyendo el accidente severo), considerando las posibles modificaciones de diseño que pudieran ser necesarias.

En relación con la potencial acumulación de hidrógeno en otros edificios fuera de la contención, el cálculo descrito por el titular en su informe se considera un planteamiento aceptable como primera aproximación al problema; sin embargo, el titular deberá analizar con más detalle las posibles vías de escape del hidrógeno (venteo, fallo de las líneas de venteo, fugas en penetraciones a altas presión en el interior de la contención) teniendo en cuenta altas presiones en contención y la dinámica de propagación en las diversas salas de los edificios afectados incluyendo su geometría, para estimar posibles concentraciones locales que, aunque de corto tiempo de permanencia, podrían conducir a la superación de concentraciones peligrosas.

La medida de mejora propuesta en relación con la alimentación eléctrica al sistema de filtración y acondicionamiento del aire de la sala de control se considera positiva dado que aporta una fortaleza adicional de la planta ante la pérdida total de energía eléctrica.

En cuanto al análisis realizado por el titular para otros modos de operación, se considera adecuado en cuanto a las estrategias de las que ya dispone en POE y contingencias de parada. Aunque muchas de estas estrategias serían las que se intentarían llevar a cabo en accidente severo, se considera que el análisis es incompleto porque no contempla todas las características asociadas al accidente severo (por ejemplo, la fenomenología relacionada con el hidrógeno o disponibilidad de la instrumentación en secuencias de accidente severo). Por tanto, se considera que el titular debe ampliar sus análisis de gestión de accidentes severos que se producen desde estados de funcionamiento de parada.

Adicionalmente, se considera que el titular debe incorporar a su lista de mejoras el análisis de los siguientes aspectos (cuyas conclusiones pueden derivar en modificaciones de diseño de procedimientos de la central):

- Capacidad de la instrumentación asociada a parámetros críticos para las estrategias de accidentes severos de proporcionar información fiable bajo las condiciones de los accidentes severos en contención (por ejemplo, la presión de contención, la presión del RCS o la concentración de hidrógeno en contención).
- Capacidad de estanqueidad de las válvulas de aislamiento de contención y de las penetraciones bajo las condiciones de presión, temperatura y radiación del accidente severo. Se considera que la central de Cofrentes deberá analizar el tema para obtener una estimación de la fuga y, en su caso, para identificar e implantar potenciales mejoras.

Respecto de la viabilidad de las acciones manuales propuestas, haciendo uso de equipos portátiles, son de aplicación los resultados del análisis específico de disponibilidad de personal que se requiere en el apartado 4.1.c de este informe.

- **Pérdida de inventario y/o refrigeración de las piscinas de combustible**

- *Posición del titular*

El método básico de refrigeración de los elementos combustibles irradiados, consiste en la circulación forzada del agua de la piscina a través de cambiadores de calor que pueden estar refrigerados por sistemas diversos, así como el mantenimiento de siete metros de agua por encima de los mismos, vigilando la temperatura del agua. Los sistemas utilizados en la refrigeración pueden ser:

- Sistema de limpieza y refrigeración de la piscina de combustible.
- Sistema de extracción de calor residual, RHR.
- Sistema de agua de servicio esencial.
- Sistema de distribución de condensado.

Como sistemas adicionales alternativos de refrigeración se contemplan:

- Sistema de distribución de agua desmineralizada, por conexiones de servicio disponibles en áreas de piscina.
- Sistema de protección contraincendios (P64) mediante conexiones y mangueras para aporte y/o rociado desde las bocas de incendio equipadas en el área de las piscinas de combustible.
- Equipos portátiles PCI a través del portalón de acceso desde el exterior al Edificio de Combustible

Si no fuera posible mantener los siete metros de agua por encima de los bastidores se aislaría el sistema de ventilación del Edificio de Combustible, se arrancaría el sistema de reserva de tratamiento de gases (sistema de salvaguardia que dispone de filtros de alta eficiencia) y se rociaría la piscina para minimizar el impacto de yodos.

Si el nivel de agua en la piscina de combustible continuara cayendo y se aproximara a los bastidores, se iniciaría la aportación de una solución de pentaborato con mangueras desde el tanque de reposición del Sistema de Líquido de Control de Reserva (SBLC) lo cual supondría una medida preventiva frente a potenciales criticidades.

El fallo del sistema de refrigeración de las piscinas de combustible gastado se trata a través de un procedimiento de operación, que identifica medidas de gestión desde la primera fase del accidente. Se ha realizado en la central una actualización de dicho procedimiento que mejora y amplía las medidas de gestión del accidente hasta el inicio del descubrimiento de los bastidores. Este cambio se ha realizado recientemente aplicando una propuesta del Grupo de Propietarios americano de centrales de agua en ebullición (BWROG).

Por otro lado, la aplicación de estrategias de reparto de elementos almacenados en las piscinas de combustible gastado supone conseguir una configuración de almacenamiento en piscinas tal que, ante un accidente de pérdida de refrigeración en piscinas de almacenamiento, se retrase el máximo tiempo posible la ebullición del agua contenida en ellas y, por tanto, el descubrimiento de los elementos combustibles almacenados.

El titular incluye en el informe cálculos de tiempos disponibles hasta la ebullición y hasta diferentes niveles de agua (hasta el descubrimiento de los elementos combustibles) en caso de pérdida total de la refrigeración y para diferentes cargas térmicas en la PCG. El caso más desfavorable es el de inicio de recarga (todos los elementos combustibles en la PCG); en este caso se obtienen tiempos de 9,10 horas para ebullición y 80,64 horas hasta el descubrimiento de los elementos combustibles. En el caso de la carga térmica correspondiente al final de una recarga tipo el tiempo hasta la ebullición sería de 29,12 horas, y de 256,43 horas hasta que el nivel alcanza la cota superior de los elementos combustibles.

En relación con el posible vaciado accidental de la PCG, se dispone de las siguientes medidas:

- Las juntas de inflado y su sistema neumático (*tubing* y válvulas de retención) tienen una capacidad sísmica HCLPF de 0,3g.
- Las tuberías del sistema de refrigeración de la aspiración y del retorno tienen una capacidad sísmica HCLPG de 0,3g. Las tuberías de retorno a la piscina están protegidas contra el efecto sifón que podría vaciar la piscina en el caso de rotura de una tubería mediante rompedores de vacío redundantes en los puntos altos de dichas tuberías.

Como mejoras para aumentar la robustez de la planta, esta central propone las siguientes medidas:

- Adquisición de un grupo compresor para el suministro de aire a las juntas hinchables de las piscinas de combustible gastado.
- Desarrollo de un procedimiento para el reparto de los elementos combustibles en las piscinas de combustible gastado, de manera que se equilibre la carga térmica de las distintas zonas de la piscina.
- Aumento de la robustez de la instrumentación de nivel, temperatura y radiación en las piscinas de combustible gastado.
- Implantación de un sistema que permita el rociado de agua sobre las piscinas de combustible gastado en caso de pérdida total del blindaje.

- *Evaluación del CSN*

El titular incluye la información relativa a la base de diseño de la PCG y sus sistemas asociados de refrigeración. Estos aspectos han sido evaluados y licenciados en etapas anteriores de la central. Adicionalmente, los equipos y procedimientos relacionados han sido objeto de inspección por parte del CSN en repetidas ocasiones.

El titular describe las medidas actualmente disponibles para hacer frente a los escenarios de pérdida de refrigeración de la PCG. Las alternativas actuales de refrigeración y reposición de agua a la PCG no estarían disponibles en caso de SBO, excepto el sistema de protección contra incendios que cuenta con una bomba diesel (no sísmica). La modificación de diseño realizada en el sistema de agua de servicios esenciales permitirá disponer de una fuente adicional en el corto plazo que permitirá aportar agua a la vasija, refrigerar los generadores diesel o inyectar agua a las piscinas de combustible gastado.

En relación con los tiempos críticos, el titular no ha tenido en cuenta el descenso de nivel debido al *sloshing* (20 cm para un sismo de 0,3g). Considerando esta pérdida de refrigerante los tiempos disponibles hasta ebullición y hasta el descubrimiento serían menores. Dado que esta pérdida de nivel está en el entorno del 1,5% de la altura total de la piscina, se considera que el efecto no es significativo.

Entre las mejoras mencionadas por el titular en su informe se encuentra la de proporcionar un medio alternativo para mantener la estanqueidad de las compuertas, mejora que se considera positiva ya que disminuirá la probabilidad de vaciado de la piscina. Así mismo, se consideran positivas el resto de las medidas propuestas.

- **Aspectos de protección radiológica**

- *Posición del titular*

La envolvente de la sala de control de la central nuclear de Cofrentes, en la que se encuentra el CAT, cuenta con un sistema de filtrado de emergencia que, en caso de accidente base de diseño, mantiene su habitabilidad y asegura que las dosis al personal que opera desde ella permanecen dentro de los límites admisibles. Estos centros están dotados de equipos de protección en número apropiado para el personal que allí se reúna.

El titular ha estimado la dosis que recibiría el personal que se encuentre en la envolvente de la sala de control en un escenario de accidente severo con pérdida prolongada de energía eléctrica y en el que se requiera el venteo de contención actualmente disponible. El estudio concluye que no sería necesario abandonar la sala de control por causas radiológicas, si antes de realizar el venteo se dispone de la filtración de emergencia en dicha sala.

En consecuencia, como medida adicional para mejorar la robustez de la planta, el titular tiene previsto disponer a medio plazo de un grupo electrógeno para garantizar el mantenimiento de la presurización de la sala de control en caso de SBO prolongado.

En relación con las condiciones radiológicas en otros centros de apoyo a la emergencia, la central de Cofrentes afirma que se podrían detectar las áreas más seguras y establecer potenciales rutas y localizaciones de reunión y preparación de los trabajos de recuperación además del CAT a través de los monitores de radiación de área y procesos del sistema de vigilancia de la radiación. El titular propone la construcción de un centro alternativo en el emplazamiento para la gestión de la emergencia disponible en 2015 con posibilidad de control radiológico de los trabajadores y capacidad de ubicación alternativa de centros de emergencia. Esta propuesta se abordará de forma sectorial.

En relación a los medios disponibles para el seguimiento y control de las emisiones radiactivas en caso de accidente, Cofrentes cuenta con el sistema de vigilancia de la radiación, que incluye monitores y toma de muestras post-accidente, el Plan de Vigilancia Radiológica en Emergencia (PVRE) y dispone de procedimientos para determinar la actividad vertida.

El titular cuenta además con medios de protección personal, dosímetros, y equipos portátiles para el control radiológico de los trabajadores y de los niveles de radiación y contaminación, e identifica de forma muy detallada las necesidades adicionales.

La central está desarrollando un análisis exhaustivo de los sistemas de comunicación, entre los que se encuentra el PVRE, con el objetivo de asegurar su disponibilidad en los escenarios postulados en las presentes pruebas de resistencia.

Adicionalmente, se van a analizar junto con el resto de titulares, posibles equipos adicionales y mejoras en los actuales medios de protección radiológica para adecuarlos a las potenciales condiciones existentes en los escenarios analizados. Este análisis que se realizará, está previsto que finalice en junio de 2012; a partir de ese momento será necesario implantar las mejoras identificadas.

El titular refiere las distintas estrategias para hacer frente a una accidente severo, sin hacer mención a si las actuaciones y alineamientos que se requieren implican actuaciones manuales locales y sin hacer referencia a si las condiciones radiológicas impedirían o no su desarrollo.

En relación con accidentes de pérdida de refrigeración en piscinas esta central establece que, en la situación más desfavorable (descarga del núcleo completo entre el día 2 y 8 de la parada de recarga), se dispondría de más de tres días hasta el descubrimiento de los elementos combustibles, tiempo suficiente para tomar medidas encaminadas a reponer la refrigeración. Cofrentes ha revisado el procedimiento de fallo de refrigeración de las piscinas de combustible que contempla la actuación manual de válvulas y preparación manual de equipos y mangueras de los equipos alternativos de forma anticipada, antes de alcanzar valores de evacuación por radiación en el edificio, que identifica como de ¾ partes de la capa de agua. El acceso estará prohibido cuando el agua sea menor de 600 cm (tasa de dosis superior a 100 mSv/h). La planta dispone de una zona de baja radiación tras el muro estructural de las piscinas, en la cual las tasas de dosis serían inferiores a 25 microSv/h, incluso en el caso de que los elementos combustibles estuvieran al descubierto.

- *Evaluación del CSN*

El diseño actual de la envolvente de la sala de control de la central de Cofrentes ha sido evaluado y aceptado por el CSN y garantiza que la exposición a la radiación del personal que en ella se encuentre, durante cualquier accidente base de diseño, no excede los límites del 10 CFR 50.67 de la NRC.

En relación con la habitabilidad de la sala de control en caso de accidente severo, el CSN valora positivamente la propuesta de mejora del titular para la adquisición, a medio plazo, de un grupo electrógeno que proporcione, en caso de SBO prolongado, la energía eléctrica necesaria para disponer de una unidad de filtración de aire exterior y una unidad de acondicionamiento con el objeto de mantener la sobrepresión de la sala de control y evitar infiltraciones de aire no filtrado en la misma.

El CSN valora positivamente la propuesta de los titulares de construcción de un CAGE. Resulta de aplicación la conclusión genérica que a este respecto se ha indicado en el apartado 4.1.c.

En relación con los medios disponibles para el seguimiento y control de las emisiones radiactivas, se considera conveniente que la central de Cofrentes implante, a medio plazo, una Red de vigilancia en continúo con recepción automática de los datos en sala de control, CAT y sala de emergencia del CSN.

El CSN valora positivamente el análisis que las centrales van a realizar de forma conjunta sobre los medios y equipos de protección radiológica que sería conveniente disponer en los escenarios analizados. En el caso de Cofrentes, el análisis deberá contemplar, al menos, la disponibilidad de los monitores

de radiación y del sistema de toma de muestras post-accidente en escenarios de SBO prolongado y su correcto funcionamiento en las condiciones de accidente severo. Resulta de aplicación también la conclusión indicada en el apartado 4.1.c.

La central deberá desarrollar el estudio de análisis de condiciones radiológicas que podrían impedir la realización de acciones manuales locales tanto para actuaciones previstas en las GGAS, como para las nuevas acciones de recuperación mediante medios portátiles y de toma de muestras. En el apartado 4.1.c se han avanzado las conclusiones generales a este respecto. El CSN solicitará el desarrollo de guías de actuación para cada una de las GGAS con los aspectos de protección radiológica a tener en cuenta en función de las dosis esperables.

Los datos de partida utilizados por el titular para el cálculo de las tasas de dosis en función del nivel de agua en la piscina, se consideran adecuados, sin embargo el código de cálculo utilizado debería ser más preciso. Se solicitará que el titular incorpore en procedimiento los aspectos de protección radiológica a considerar en las actuaciones manuales locales que se prevean. En el apartado 4.1.c se han avanzado las conclusiones generales a este respecto.

4.2.4. Central nuclear de Ascó

4.2.4.a Sucesos naturales extremos

- **Terremotos**

- *Posición del titular*

El diseño sísmico de ambas unidades de Ascó se fundamenta en un terremoto de parada segura (DBE o SSE) con una aceleración horizontal máxima en la superficie del terreno de 0,13g, obtenido con metodología determinista. También se considera en cada unidad otro nivel menor de solicitación, que corresponde al terremoto base de operación (OBE) y cuya aceleración horizontal máxima del suelo es 0,07g. El proceso básico para establecer el terremoto DBE ha sido valorar el máximo terremoto histórico con impacto en el emplazamiento y luego incrementarlo con un cierto margen estimado para definir la máxima intensidad sísmica posible y la aceleración local del suelo correspondiente.

Para determinar la validez actual del terremoto DBE con el tiempo, desde el punto de vista de la sismicidad, se han obtenido los terremotos ocurridos dentro de la zona de 300 km alrededor de la central a partir del año 1978, que es la fecha de corte del catálogo utilizado originalmente, y hasta el 17 de mayo 2011 utilizando el catálogo del Instituto Geográfico Nacional (IGN). La conclusión que resulta es que ningún terremoto ocurrido en ese periodo de tiempo y en ese radio supera la sismicidad máxima asociada a las zonas sismogénicas consideradas para la obtención del DBE; por tanto, siguen siendo válidas las bases de diseño sísmico inicialmente consideradas.

La protección de la planta frente al DBE se fundamenta en los requisitos de diseño sísmico de ESC, de acuerdo a su clasificación según la norma ANSI-N 18.2-1.973 y en línea con lo estipulado en la RG 1.29 de la NRC. También contribuyen a la protección de la planta las prácticas de mantenimiento que se aplican para la calificación sísmica y el correcto estado de ESC, a través de los procesos establecidos en las bases de licencia, así como para sus modificaciones y repuestos.

La central dispone de un sistema de instrumentación específico para la detección de terremotos, común para ambas unidades, que satisface los requisitos de la RG 1.12 de la NRC. El sistema consta de seis acelerómetros triaxiales, uno de ellos localizado en campo libre y los demás en los edificios de contención y de control a diferentes cotas. El inicio de registro se activa cuando cualquiera de los acelerómetros

detecta una aceleración superior a 0,015g. Este sistema de vigilancia sísmica genera alarmas propias de diagnóstico y una alarma específica de excedencia del OBE, con señal en cada una de las salas de control de Ascó I y II. Si se detecta la superación del OBE, se activa el Plan de Emergencia Interior de la central y se ponen en marcha una serie actuaciones como el análisis de los registros de la instrumentación sísmica, la declaración de emergencia y la ejecución de procedimientos de inspección de equipos en planta; todo ello orientado a la verificación de la disponibilidad de los equipos requeridos para llevar a cabo una parada de la central de forma segura, garantizando las funciones de control de reactividad, control de presión en el primario, control de inventario en el primario y capacidad de evacuación del calor residual.

El titular evalúa el margen sísmico de las centrales utilizando los trabajos que ya había realizado para el IPEEE sísmico mediante la metodología desarrollada por la NRC y EPRI (terremoto de revisión 0,3g *full scope*), y complementándolos, en el contexto de las pruebas de resistencia, mediante la ejecución de nuevas inspecciones y la ampliación del alcance original, para considerar la función de confinamiento en lo relativo al combustible almacenado en la piscina y también algunos ESC que se utilizan para hacer frente a situaciones de SBO y de gestión de accidentes severos.

Desde que se desarrollaron los primeros análisis de márgenes en 1998, se han ejecutado las acciones correctoras oportunas que han permitido obtener un resultado de margen sísmico en la central nuclear de Ascó con un valor HCLPF de 0,3g para estructuras y componentes que hacen posible alcanzar una situación de parada segura de las plantas. En la última revisión del IPEEE sísmico, en octubre de 2010, se ha verificado la implantación de las acciones correctoras propuestas anteriormente, y se ha confirmado que no se ha alterado el margen sísmico con las modificaciones de diseño introducidas durante la explotación de la central.

Para la integridad y función de aislamiento de la contención también se asigna un margen sísmico de 0,3g, determinado por la capacidad de las válvulas de aislamiento como componentes con menor margen frente al sismo. Respecto al margen sísmico de la integridad de confinamiento del combustible, tras los nuevos análisis e inspecciones realizadas, se ha determinado para la piscina de combustible gastado y su liner una capacidad HCLPF de 0,3g, así como también para las compuertas y los bastidores de combustible gastado; aunque falta la confirmación de resultados de un análisis específico, en curso de realización, sobre el efecto del deslizamiento de los bastidores sobre el liner y la posible interacción entre ellos debido al sismo.

El sistema de refrigeración de la piscina de combustible gastado de la central es un sistema Clase de Seguridad 3 y Categoría Sísmica I, lo que implica que su diseño proporciona garantías de capacidad para soportar el DBE. No obstante, en el contexto de las pruebas de resistencia, al no encontrarse este sistema dentro del alcance de los IPEEE originales, ha sido objeto de un nuevo análisis y recorrido de inspección específicos para poder asignarle un HCPLF de 0,3g; aunque está pendiente de finalizarse el análisis de los pernos de anclaje de algunos equipos para determinar si es necesaria alguna actuación de mejora.

Se ha analizado mediante tres métodos alternativos y ante un evento sísmico de 0,30g la posibilidad de pérdida de inventario, y sus consecuencias, tanto de las piscinas de combustible gastado como de la balsa de salvaguardias tecnológicas. Se ha concluido en todos los casos que la pérdida de inventario es irrelevante y que no produce impacto significativo en componentes relacionados con la seguridad.

También se ha realizado una evaluación del potencial efecto del levantamiento del terreno sobre la capacidad sísmica incrementada de la central (0,30g), concluyéndose que en la medida en que se satisfagan los límites establecidos en el Manual de Vigilancia de esta central, cuya aplicación práctica se

realiza desde la puesta en marcha de Ascó II, el levantamiento no tiene un efecto de reducción de dicho margen sísmico.

El titular ha analizado la capacidad resistente ante terremotos que excedan el DBE de dos grandes presas, Mequinenza y Ribarroja, situadas en el río Ebro aguas arriba del emplazamiento. Como primera etapa de análisis ha comprobado que ambas presas tienen capacidad para soportar el DBE del emplazamiento de Ascó (0,13g). Después ha calculado la capacidad sísmica de cada presa y ha determinado el margen resultante por encima del DBE; para el caso de la presa de Mequinenza su capacidad corresponde a un sismo de 0,175g y para la de Ribarroja es de 0,144g. Finalmente, ha considerado la hipótesis de rotura en cadena de las presas aguas arriba, analizando la avenida producida y el nivel máximo de inundación que se alcanzaría en el emplazamiento; se concluye que dicho nivel corresponde a la cota 45,45 m, por debajo de la cota de explanación (50,0 m) y sin afección por tanto a las ESC relacionados con la seguridad.

El cumplimiento con las bases de licencia actuales de las plantas en relación al comportamiento sísmico se garantiza mediante la aplicación periódica de procedimientos, requisitos de vigilancia y actuaciones encaminadas a mantener adecuadamente las ESC y el sistema de vigilancia sísmica.

Para incrementar la robustez sísmica de la central, y a falta de concluir los análisis específicos antes indicados, el titular propone realizar el análisis de la vulnerabilidad sísmica de los equipos de SBO y de los equipos más relevantes involucrados en las Guías de Gestión de Accidentes Severos, que no estén contemplados en el IPEEE actual, para determinar la acciones adecuadas que garanticen un margen sísmico de al menos 0,3g en todos las ESC requeridos.

En relación con la posibilidad de que se pudieran producir efectos inducidos como consecuencia de un sismo, el informe de la central de Ascó indica lo siguiente:

- Incendios y explosiones: la central identifica su base de diseño y señala que el cumplimiento con las bases de diseño, las protecciones y los medios de extinción proporcionan barreras para el control de los sucesos de incendio en el emplazamiento. Como medida adicional frente a sucesos de origen sísmico el titular ha realizado un inventario de almacenamientos de productos inflamables o explosivos y está prevista la realización de un análisis, desde el punto de vista sísmico, de estas ESC.
- Inundaciones internas: esta central señala que dispone de un APS de inundaciones internas donde se identifican tuberías que pudieran ser origen de inundación y durante el análisis del IPEEE se realiza la verificación del estado de tuberías en recintos con equipos de parada segura. El titular propone un nuevo alcance de inspección, desde el punto de vista de márgenes sísmicos, que incluya tuberías no sísmicamente calificadas, susceptibles de producir un suceso iniciador y pérdida de sistemas de mitigación y de éstas se seleccionan aquellas que son capaces de afectar a equipos relacionados con la seguridad.
- Efectos en industrias próximas: los potenciales efectos de la acción sísmica sobre industrias próximas, ya se había analizado antes de estas "pruebas de resistencia" y en el contexto de los estudios IPEEE para otros sucesos externos, la única instalación relevante es la Planta Electroquímica de Erkimia, localizada en Flix, situado a unos 4 km de la central. En el estudio se consideró el riesgo derivado de una explosión y se concluyó que las explosiones en la planta de Erkimia se podían descartar como fuente de riesgo para la central de Ascó. Respecto al riesgo de liberación de productos tóxicos, se determinó que el cloro, en las condiciones meteorológicas más desfavorables no llegaría a alcanzar el límite de toxicidad para los operadores, incluso sin el aislamiento de la sala de control, aún así en el caso del cloro, se produce el aislamiento de la sala de control y el personal de operación debe utilizar equipos de respiración autónoma existente en la sala.

- *Evaluación del CSN*

Las bases de diseño sísmico de la central, para ambas unidades, son las mismas que las licenciadas para el diseño original. Su aceptabilidad respecto a los requisitos exigidos por el CSN a lo largo del tiempo ha sido comprobada en los procesos de evaluación sísmica desarrollados antes de conceder las sucesivas autorizaciones de explotación; mediante análisis específicos efectuados en las revisiones periódicas de seguridad, y también a través de las diversas inspecciones realizadas dentro de los procesos de supervisión y control del CSN.

El sistema de vigilancia sísmica, que ya estaba implantado antes de las pruebas de resistencia, había sido revisado por el CSN y resulta aceptable. En las especificaciones técnicas de funcionamiento de cada planta figura incluida una condición límite de operación por excedencia de OBE, con sus acciones, requisitos de vigilancia y procedimientos de actuación correspondientes.

Los valores de HCLPF estimados por el titular se consideran justificados de acuerdo a la metodología de márgenes sísmicos de EPRI; aunque el valor de 0,3g asignado a los bastidores de combustible irradiado se encuentra actualmente en revisión por parte del CSN. También están pendientes de verificación los análisis de algunos anclajes y las posibles acciones correctoras que proponga el titular para aumentar el valor HCLPF, en el caso de que se identifiquen equipos con un margen inferior a 0,3g en los estudios propuestos para aumentar la robustez sísmica de la planta.

No se identifican situaciones límite en el comportamiento de la central ante la ocurrencia de terremotos. Dado que el margen sísmico que resulta de los análisis coincide con el valor adoptado del terremoto de revisión, la metodología de análisis no permite cuantificar un margen mayor. Si se aplicaran otros métodos de revisión, podría resultar un margen sísmico superior a 0,3g.

En cuanto a terremotos que excedan el DBE y las inundaciones que puedan provocar, el titular ha calculado la capacidad sísmica de dos presas aguas arriba cuya rotura podría tener impacto en el emplazamiento. Los resultados aportados indican que ambas presas resisten el terremoto base de diseño de la central de Ascó y que disponen de cierto margen por encima (la capacidad sísmica de Mequinenza es 1,20 veces el DBE y la de Ribarroja es 1,08 veces). Además, el titular ha analizado la hipótesis de rotura en cadena de las presas aguas arriba y llega a obtener un nivel máximo de inundación en el emplazamiento por debajo de la cota de explanación. Aunque los análisis aportados se consideran válidos en cuanto a la estimación justificada de márgenes más allá de las bases de diseño, y aunque los sucesos implicados en la hipótesis considerada se consideran de ocurrencia muy improbable, los escenarios que se plantean difieren de los contemplados en los planes de emergencia de presas dentro de la práctica española. En consecuencia, el CSN considera que deberán acometerse las acciones necesarias para armonizar ambos planteamientos y, a partir de ahí, el titular deberá revisar sus análisis y adoptar las medidas que de ellos se deriven.

Se considera que las actuaciones ya propuestas resultan eficaces para mejorar la robustez de la planta frente a la ocurrencia de terremotos más allá de la base de diseño. Al concluir los análisis en curso que está completando el titular, podrían resultar convenientes algunas medidas adicionales.

En relación con la posibilidad de que se pudieran producir efectos inducidos como consecuencia de un sismo, y además de las conclusiones genéricas del apartado 4.1.a, se concluye lo siguiente:

– Incendios y explosiones: la evaluación del CSN considera adecuado el alcance del análisis realizado tanto en la identificación de las posibles fuentes de explosión o incendio, como para la acción propuesta.

– Inundaciones internas: la evaluación del CSN considera que se debe ampliar el alcance del análisis que el titular tiene previsto realizar para incluir tuberías no sísmicamente cualificadas y cuya rotura pudiera producir un suceso iniciador y la pérdida de sistemas de mitigación en escenarios no cubiertos por los ya analizados. Por otro lado, la central deAscó deberá analizar si existen efectos debidos a inundaciones provocadas por otras grandes fuentes de agua que pudieran generar inundación, y en ese caso las barreras disponibles frente a ellos.

Efectos en industrias próximas: la evaluación del CSN considera que los análisis realizados por la central en el marco del cumplimiento de los análisis derivados del IPEEE y sus conclusiones son aceptables en el marco de la evaluación de este informe.

- **Inundaciones**

- *Posición del titular*

Los sucesos externos considerados en el diseño de la central nuclear de Ascó, capaces de provocar inundaciones en el emplazamiento son los siguientes: avenida máxima probable (AMP) en el río Ebro y en corrientes y barrancos, precipitaciones locales intensas, elevación del nivel en aguas subterráneas y rotura sísmicamente inducida de presas situadas aguas arriba.

La cota de explanación que da acceso a las ESC de seguridad es la cota 50,0 m, del orden de 20 m por encima del nivel normal del río Ebro. No hay sistemas de seguridad en la estructura de toma.

Los resultados de los análisis de inundación contemplados en la base de diseño, e incluidos en el Estudio de Seguridad, indican que en la hipótesis más desfavorable de las analizadas el agua alcanza un nivel de 47,7 m, que es el mayor del río Ebro por cualquiera de las hipótesis de avenida y el que se adoptó como nivel de inundación base de diseño (*Design Basis Flooding Level*).

El suceso de inundación que resulta más limitante es la rotura encadenada de las presas situadas en el río Ebro, aguas arriba del emplazamiento. En el apartado anterior ya se ha tratado este suceso desde el punto de vista de rotura de presas inducida por sismo. El titular ha llevado a cabo análisis adicionales de rotura de presas, tanto por causas sísmicas como por avenidas, y concluye que el nivel máximo que se alcanzaría en el emplazamiento sería de 48,11 m, con un margen de casi dos metros respecto de la cota de explanación.

Como figura en el Estudio de Seguridad, la avenida máxima probable se ha calculado a partir de los caudales máximos registrados en el río Ebro entre 1903 y 1997, y considerando un periodo de retorno máximo de 1000 años. En las actualizaciones realizadas de los análisis de AMP se ha hecho uso del concepto de Precipitación Máxima Probable (PMP), tanto en su variante estadística como hidrometeorológica. Este mismo concepto se ha aplicado para el cálculo de la AMP asociada a corrientes y barrancos y se ha adoptado también un periodo de retorno de 1000 años.

Para evitar la inundación por aguas subterráneas debido al acceso de filtraciones procedentes del río Ebro, la central dispone de una pantalla impermeable que rodea el emplazamiento y que se extiende desde la zona impermeable hasta la elevación 46,0 m. También dispone de una red de drenaje profundo alrededor de cada unidad y de redes de drenaje superficial e impermeabilizaciones que protegen el emplazamiento. Estas características de diseño permiten mantener el nivel de las aguas freáticas en torno a la cota 32,0 m, de modo que no se produzcan afecciones a las estructuras relacionadas con la seguridad. Asimismo, dentro del Programa de Vigilancia del Movimiento del Terreno, existe un manual de hidrología para facilitar un control riguroso sobre la evolución del nivel freático, cuyas fluctuaciones son en general fenómenos de evolución muy lenta.

Adicionalmente a las barreras físicas y características del emplazamiento que constituyen la base para la protección contra inundaciones, se llevan a cabo en la central una serie de actividades de mantenimiento, inspección y pruebas cuyo objetivo es garantizar que el estado de dichas barreras y características se mantiene de acuerdo a lo previsto. Existen procedimientos de actuación para las diversas actividades. Además, se lleva a cabo la revisión periódica del IPEEE para actualizar los valores de la PMP de acuerdo con los últimos datos disponibles y se revisa la capacidad de evacuación de los sistemas de drenaje.

Por otra parte, el Plan de Emergencia Interior de las plantas se activa en caso de lluvias con intensidad severa medida en la estación meteorológica del emplazamiento, lo que lleva asociada la ejecución de los procedimientos ya establecidos.

No se han identificado situaciones límite asociadas al fenómeno de inundaciones en el emplazamiento de la central nuclear de Ascó. No obstante, el parque de 400 kV se sitúa en la cota 38; por tanto la hipótesis razonable es que superada esta cota, todas las alimentaciones provenientes de este parque quedarían fuera de servicio, provocando disparo de planta y con cierta probabilidad una pérdida total de suministro eléctrico exterior. Las plantas están diseñadas para este suceso.

Con el objetivo de incrementar la robustez de las plantas frente a inundaciones externas, el titular indica que están en curso de realización las siguientes actuaciones:

- Análisis de detalle del encauzamiento de barrancos que confluyen en el tubo ARMCO y de la red de drenajes del emplazamiento, a fin de determinar potenciales acciones de mejora.
- Revisión de los sellados en trincheras para dotarlos de una resistencia hidrostática adecuada, que supere incluso la cota de emplazamiento y garantice la estanqueidad.
- Inspección de los drenajes en los edificios Diesel y de Agua de Alimentación Auxiliar con conexión a la red de pluviales. Completada la inspección, no se han detectado vulnerabilidades; por tanto, no existen actuaciones necesarias para su resolución.

- *Evaluación del CSN*

La información aportada por el titular respecto a las bases de diseño relativas a sucesos que pueden dar lugar a inundaciones externas se encuentra recogida en el Estudio de Seguridad y en documentos complementarios. Se han actualizado los datos y los análisis con posterioridad a la licencia inicial de las plantas, y han sido objeto de evaluación e inspección por el CSN dentro de los procesos habituales de supervisión y control.

El conjunto de bases de diseño descritas se considera razonable, según los requisitos normativos aplicables, y adecuado a las características del emplazamiento.

Respecto a la consideración de rotura de presas aguas arriba del emplazamiento, ya se ha abordado en el apartado anterior y emitido conclusiones de evaluación.

Las medidas propuestas para incrementar la robustez de la instalación frente a inundaciones se consideran adecuadas, aunque se refieren básicamente a estudios en curso para determinar potenciales acciones de mejora. La conservación de los márgenes ya justificados determinará la conveniencia o no de adoptar medidas adicionales.

- **Otros sucesos naturales extremos**

- *Posición del titular*

Además de los sucesos analizados en los apartados anteriores, el titular incluye aquí los análisis de los siguientes sucesos: vientos extremos, incendios forestales, tormentas eléctricas, nieve, sequía y levantamiento del terreno.

La conclusión que aporta es que, dada la situación actual en las condiciones del emplazamiento y los resultados de sus análisis, además de las medidas en curso que se han adoptado, ninguno de los sucesos aquí analizados supone riesgo para la planta.

El único suceso natural que ha pasado el proceso de cribado, tras descartar aquellos cuyo impacto fuera despreciable, es el de vientos fuertes, siendo la base de diseño 144 km/h. En el análisis realizado de estructuras y tanques exteriores relacionados con la seguridad, el titular concluye que dispone de un margen de seguridad superior a 2,6 veces la velocidad del viento de diseño.

El titular indica que se encuentran en curso de realización los análisis relativos a los sucesos de granizo y temperaturas extremas, por lo que no aporta conclusiones al respecto.

- *Evaluación del CSN*

El cribado de sucesos externos realizado para establecer las bases de diseño se basa en una probabilidad muy baja de ocurrencia (10^{-5}), de acuerdo con las metodologías probabilistas que recoge la normativa aplicable del IPEEE.

El titular ha ampliado el alcance de los análisis realizados respecto a los documentados en el informe de progreso, valorando los sucesos extremos creíbles en el emplazamiento y complementarios a los tratados en apartados anteriores. Las conclusiones aportadas en cuanto a requisitos de diseño y estimación de márgenes se consideran aceptables en los sucesos que el titular ha analizado.

No obstante, están por completar por parte del titular los análisis de dos sucesos, granizo y temperaturas extremas, por lo que la evaluación del CSN no puede valorar sus resultados.

El titular dispone de procedimientos de actuación ante la ocurrencia de condiciones meteorológicas severas en el emplazamiento, que han sido objeto de inspección en los programas de supervisión y control del CSN.

La evaluación del CSN de este apartado se completará cuando el titular finalice sus estudios.

4.2.4.b Pérdida de funciones de seguridad

- **Pérdida de energía eléctrica exterior (LOOP)**

- *Posición del titular*

La central nuclear de Ascó describe las interconexiones con la red y las vías de alimentación eléctrica exterior disponibles concluyendo que las alimentaciones exteriores tienen alta robustez y fiabilidad y que proporcionan confianza en la capacidad de restablecer prontamente una pérdida de la red exterior.

La central referencia los procedimientos del operador del sistema eléctrico para la reposición de tensión en caso de un cero en la red que dan prioridad a la alimentación de las centrales nucleares. Para esta

central, está prevista de modo preferente la alimentación de la central en isla desde la central hidráulica de Ribarroja, disponiéndose de tres modos (automático, por telemando y manual) para formación de la alimentación "en isla", los cuales se prueban periódicamente.

En cada una de las unidades, la alimentación eléctrica interior para los sistemas de salvaguardia está constituida por los generadores diesel de emergencia, baterías y cargadores del sistema de corriente continua y los inversores para barras vitales y de instrumentación clase 1E. Además se dispone de un generador diesel GDE adicional, común para ambas unidades, que se describe en el apartado de SBO.

En caso de LOOP, la alimentación de los sistemas de salvaguardia se realiza mediante el arranque, conexión y secuencia de cargas automática de los dos generadores diesel de emergencia (GDE), los cuales son Clase 1E y Categoría Sísmica I; los generadores diesel de cada grupo están albergados en salas separadas de su Edificio Diesel.

La autonomía de los GDE operando al 100% de carga es superior a siete días, considerando combustible, lubricación y refrigeración, de modo que se puede soportar más de siete días una situación de LOOP sin ningún medio de apoyo adicional. Los GDE son refrigerados por el sistema de refrigeración de salvaguardias, en tanto que el GDE lo está por aerorefrigeradores.

Respecto al aporte de agua de alimentación auxiliar, el titular concluye que también está garantizado por más de siete días, con el inventario existente en el tanque de condensado y la balsa del sistema de refrigeración de salvaguardias.

La central incluye un análisis de la pérdida de funciones de seguridad en todos los modos de operación de la planta, considerando el estado operativo del primario y de la contención, describiendo la evolución operativa y los mecanismos y estrategias de respuesta.

- *Evaluación del CSN*

El LOOP está dentro de las bases de diseño de la central, con una duración de al menos siete días y, por tanto, ha sido evaluada y licenciada en etapas anteriores de la vida de la central, y en sus diversos aspectos ha venido siendo inspeccionada por el CSN.

Las descripciones aportadas por el titular se consideran correctas. Las alimentaciones exteriores tienen orígenes y recorridos diferentes y esta independencia aporta fiabilidad al suministro frente a eventualidades como la postulada (LOOP). Las barras de salvaguardia están alimentadas permanentemente por la alimentación exterior preferente por lo que en caso de disparo de la planta no es necesaria la transferencia. El operador de la red dispone de procedimientos de recuperación por zonas que tienen en cuenta la alimentación preferente a las centrales nucleares. La realización de pruebas periódicas de recuperación de energía exterior desde la central hidráulica de Ribarroja, propuesta por el titular, aumenta la fiabilidad del suministro exterior a partir de esta fuente.

La central dispone de un programa de mantenimiento de la disponibilidad y fiabilidad de los generadores diesel que se gestiona dentro de la Regla de Mantenimiento.

En caso de sucesos en otros modos de operación, y como medida para aumentar robustez, se prevé que mediante equipos móviles de bombeo pueda ser rellenado, desde fuentes de agua alternativas, el tanque de almacenamiento de agua de recarga.

La evaluación del CSN considera que la respuesta esperable de la central en caso de LOOP es segura y conforme a lo previsto, y puede soportar este escenario sin ningún medio de apoyo adicional más

de siete días, considerando la autonomía de los GDE y el inventario de agua para inyección a los generadores de vapor.

- **Pérdida total de corriente alterna (SBO)**

- *Posición del titular*

El análisis realizado por el titular señala que, como consecuencia del requisito regulador asociado a la Regla de *Station Blackout* (SBO), se dispone de un generador diesel alternativo adicional (GD-3), común a ambas unidades, con capacidad de alimentación a las cargas necesarias para este escenario (de una de las dos unidades). El GD-3 tiene sistemas de soporte propios, no dependiendo su refrigeración del sumidero final, y se encuentra instalado en un edificio independiente. El GD-3 y su edificio no son Categoría Sísmica I (no requerida por la normativa de SBO), estando en curso un análisis para identificar vulnerabilidades y dotarle de mayor capacidad sísmica.

La central ha reanalizado la autonomía del GD-3 indicando las medidas para extenderla a siete días y disponer de la capacidad de conectar el GD-3 a las dos unidades simultáneamente. El resultado es que la potencia es suficiente para conectar las cargas mínimas requeridas en las dos unidades y la conexión alternada de cargas adicionales (bomba agua servicios salvaguardias, bomba de agua de refrigeración de componentes, refrigeración de piscina, ventilación). Para el aumento de autonomía solo son necesarias las acciones que ya están en curso.

La central dispone de cálculos de evolución de temperatura en salas en caso de pérdida de ventilación durante 24 horas, sin considerar medidas pasivas de mitigación. Se concluye que los resultados demuestran que no se alcanzan temperaturas que supongan situación límite para los equipos.

En este escenario la central es capaz de resistir sin ningún medio de apoyo adicional más de siete días.

La central expone los medios de respuesta en casos de sucesos que puedan ocurrir en otros modos de operación, en los cuales las demandas de respuesta de seguridad de la planta son menos limitativas, si bien la central menciona la previsión de disponer de una bomba portátil para reponer agua al tanque de recarga.

En situación de pérdida de todas las fuentes normales y de la fuente adicional de respaldo (GD-3) quedarían solamente las baterías como fuente de suministro eléctrico.

Cada unidad dispone de tres baterías Clase 1E (una para cada tren y la tercera para el control de la TBAFW), con función en los escenarios analizados, que disponen de capacidad para alimentar a las cargas requeridas asociadas durante al menos dos horas.

Se ha realizado un reanálisis de la autonomía de las baterías que da como resultado autonomías mayores de 24 horas. Esta autonomía resulta principalmente del amplio margen de capacidad disponible, la consideración de las cargas actuales, consideración de consumos más realistas, y una nueva estrategia de desconexión selectiva de cargas no imprescindibles, en el plazo de una hora.

Igualmente para este caso de pérdida adicional del GD-3 la central también analiza la respuesta en otros modos de operación distintos del de potencia.

Se concluye que, para determinadas situaciones, de no incorporarse acciones de mejora no sería posible mantener el inventario del circuito primario a largo plazo, debido a las fugas a través de los sellos de las bombas de refrigerante primario.

El titular incluye los tiempos en que se producirían las situaciones límite: agotamiento de baterías (24 horas), secado de los generadores de vapor (30,6 horas), descubrimiento del núcleo (31,4 horas), fallo de la vasija (34,3 horas) y fallo de contención (mayor de tres días), en caso de no tomarse acciones correctivas frente a dichas situaciones. Teniendo en cuenta estos análisis, el titular propone dotarse de equipos portátiles para generación de energía eléctrica para aumentar la autonomía de baterías a más de 72 horas y alimentación a otras cargas, dotar de una estrategia de inyección alternativa a los generadores de vapor y posibilitar la inyección alternativa al primario a alta y baja presión.

Para las medidas de prevención de fallo de vasija y contención, la central remite al apartado de Accidentes Severos.

Frente a una situación en que se hubiese perdido, además del suministro de las fuentes de corriente alterna, el de las baterías, el titular indica que quedaría la posibilidad de la operación manual de la TBAFW y del alivio de los generadores de vapor. Al igual que en el escenario anterior, la evolución del incidente estaría gobernada por la capacidad de enfriamiento y despresurización por el secundario y por la fuga por los sellos de las bombas de refrigerante primario, siendo estas fugas las que determinarían el momento de descubrimiento del núcleo, aunque se mantuviese la capacidad de evacuación del calor residual por el secundario.

El titular señala la capacidad ya probada de operar manualmente la TBAFW y también la de poder realizar la despresurización de los generadores de vapor mediante la actuación manual de las válvulas de alivio, así como la realización de pruebas periódicas que aseguren la fiabilidad de esta maniobra.

El titular incluye los tiempos en que se producirían las situaciones límite (descubrimiento del núcleo, fallo de la vasija y fallo de contención) en esta situación.

- *Evaluación del CSN*

La pérdida total de corriente alterna interior y exterior (SBO), es un suceso que se incorporó a las Bases de Licencia tras la publicación de la regulación 10CFR50.63, desarrollada en la Regulatory Guide 1.155. La duración (*coping time*) del SBO en la central de Ascó es de ocho horas; la situación licenciada es la de LOOP y pérdida de los generadores diesel de emergencia manteniendo la disponibilidad del generador diesel alternativo GD-3.

Con motivo de la normativa mencionada, se instaló el citado GD-3, como fuente de alimentación alternativa de corriente alterna para SBO, con capacidad de alimentar a una cualquiera de ambas unidades y, consecuentemente, con capacidad para alimentar a las cargas requeridas para hacer frente a la situación de LOOP y pérdida de los GDE, con lo cual la corriente continua y la corriente alterna 120 V del tren A estarían disponibles.

La evaluación del CSN concluye que el GD-3 es una fortaleza ya que está ubicado en edificio separado de los GDE, con sistemas soporte diferentes y se refrigera por aire. Asimismo, no se tienen objeciones al planteamiento de compartir el citado GD-3 entre las dos unidades en la situación indicada. En la inspección del CSN se comprobó que el titular dispone de un cálculo de potencia demanda al GD-3 en caso de conexión simultánea a ambas unidades que da resultado satisfactorio.

Para ampliar a siete días la autonomía del GD-3 y disponer de la capacidad de alimentar a las dos unidades son necesarias modificaciones de diseño de carácter menor y modificaciones de procedimientos, que se consideran adecuadas.

En cuanto al mantenimiento de la función de inventario del primario en situación de SBO, la bomba de prueba hidrostática aspirando del tanque de agua de recarga permite reponer el inventario perdido a través de los sellos de las Bombas de Refrigeración del Reactor (BRR) durante más de 10 días.

Las previsiones de inyección alternativa a baja presión al primario y el rellenado del TAAR para sucesos identificados que puedan ocurrir en otros modos de operación resultan adecuadas. Se prevé adicionalmente que la bomba de prueba hidrostática, si no estuviese inyectando a sellos, sea utilizada para inyección a primario.

En el supuesto de pérdida adicional del generador diesel alternativo GD-3 la central haría frente a la situación con ayuda de los sistemas que eléctricamente requieren solamente alimentación de corriente continua (alimentación a los generadores de vapor por medio de la turbobomba de agua de alimentación auxiliar y despresurización de los generadores de vapor mediante las válvulas de alivio de los generadores de vapor). La central ha descrito los análisis realizados para este escenario, que el CSN considera adecuados, y propone acciones de mejora que aportan una fortaleza adicional frente a esas situaciones.

Los cálculos de autonomía de baterías han sido revisados por el CSN, en sus aspectos generales de planteamiento, hipótesis y método de cálculo, con resultado satisfactorio.

Una vez implantadas estas medidas los tiempos en los que se producirían las situaciones límite vendrán determinados por la autonomía de los equipos portátiles previstos.

Respecto del escenario de pérdida de corriente continua el titular ha probado, durante la parada de recarga de 2011 de la unidad I, la capacidad de operar manualmente la TBAFW, estando previsto probarla próximamente en la unidad II, y repetirla periódicamente.

Con posterioridad a la emisión del informe preliminar se ha realizado una inspección a la central sobre aspectos de dicho informe considerados relevantes.

Tras las actuaciones llevadas a cabo por el CSN se concluye que las previsiones y propuestas de la central son aceptables.

- **Mejoras propuestas por la central nuclear de Ascó ante sucesos de pérdida de energía eléctrica**

Con objeto de mejorar la robustez de la central frente a este tipo de situaciones, la central detalla sus previsiones de mejora, que se resumen en lo siguiente:

- Previsión de generadores diesel para alimentación de cargadores de baterías, bomba de prueba hidrostática y otras cargas.
- Previsión de motobombas para inyección a primario, generadores de vapor y reposición de agua al tanque de agua de recarga.
- Elaboración de procedimientos para realizar las operaciones manuales previstas tanto con equipo de planta como portátil.
- Realización de pruebas periódicas de la turbobomba TBAFW; previsión de equipo portátil (instrumentación) para disponer de información necesaria para operación manual de dicha turbobomba.
- Implantación de un nuevo tipo de sello en las bombas de refrigerante primario (si finalmente llega a demostrarse su adecuado desarrollo y cualificación).

– Previsión de las modificaciones de diseño que pudieran precisarse para la utilización de los equipos portátiles; definición de la ubicación de estos equipos; y reforzar la iluminación y las comunicaciones con los nuevos generadores portátiles.
– Completar los análisis sobre respuesta de sismicidad del GD-3.

Las previsiones de mejora propuestas por la central, en la etapa de desarrollo actual se consideran válidas, aunque la viabilidad de utilizar equipos portátiles está sujeta a los resultados del análisis específico de disponibilidad de personal que se requiere en el apartado 4.1.c de este informe.

Con la implantación de estas medidas los tiempos de las situaciones límite quedarían ampliados y pasarían a ser función de la autonomía de los equipos portátiles.

• **Pérdida del sumidero final de calor (UHS)**

- *Posición del titular*

La central de Ascó dispone del sumidero de calor que a efectos de este informe se denomina el sumidero de calor primario, que está constituido por el río Ebro. Desde el río Ebro existen varios sistemas de bombeo que proporcionan agua de refrigeración para la extracción de todas las cargas térmicas durante la operación normal. Estos sistemas están diseñados para funcionar en todos los modos de operación de la central excepto en emergencia, aunque podrían cumplir con su función de refrigeración de los componentes en caso de que se disponga de la alimentación eléctrica convencional; tienen redundancias en todos los equipos activos, tales como las bombas de agua de refrigeración de componentes y servicio, los cambiadores de calor de componentes, así como el resto de elementos asociados, de forma que el fallo de uno de ellos permite seguir operando a los sistemas, al poder poner en servicio el tren que se encuentra en espera y están diseñados según criterios de Categoría Sísmica II.

Los cambiadores de calor de refrigeración de componentes, y las bombas de refrigeración del sistema de agua de refrigeración de componentes (sistema 42) se encuentran emplazados en la elevación 50,0 m por encima del nivel de inundación calculado para el río Ebro. Las bombas del sistema de agua de servicios de componentes (sistema 41) se encuentran en la elevación 32.0 m.

La central dispone además de un sumidero final de calor (UHS), que está constituido por un sistema de bombeo, torres de refrigeración (dos por cada unidad) y un almacenamiento común de agua para ambas unidades que proporciona autonomía de refrigeración durante 30 días, sin aportes externos. El sumidero final de calor es de Categoría Sísmica I, Clase de Seguridad y se encuentra protegido de las eventuales inundaciones del río Ebro por situarse todos los equipos relacionados en la elevación 50,0 del emplazamiento, aproximadamente 18 m por encima del nivel normal del río Ebro. Asimismo, la fuente de agua para este sumidero alternativo es la balsa de salvaguardias, estructura diseñada como Categoría Sísmica I, y situada en la elevación 106,80 m muy por encima de cualquier elevación creíble provocada por avenida del río Ebro.

El sistema de agua de servicios de las salvaguardias tecnológicas (sistema 43) aspira de los pozos de las torres y está formado por dos trenes redundantes del 100 % de capacidad e independientes entre sí de forma que cada uno de ellos será capaz de llevar a cabo la parada normal de la unidad, desde cualquier modo de operación incluyendo la pérdida de energía exterior, hasta la parada fría. Es el encargado de disipar a la atmósfera la carga calorífica extraída del sistema de agua de refrigeración de las salvaguardias tecnológicas (sistema 44).

El sistema 43 suministra también el caudal necesario para refrigerar los circuitos del generador diesel de emergencia de cada tren, cuyas descargas son igualmente conducidas a la torre de refrigeración de tiro forzado.

La central de Ascó considera fortalezas la existencia de dos sumideros de calor y sus correspondientes cadenas de extracción de calor residual, así como la existencia de la balsa de salvaguardias que en cualquier escenario permite garantizar el aporte de agua por gravedad, sin necesidad de ningún elemento de bombeo, tanto al sistema de agua de alimentación auxiliar como a la piscina de combustible gastado.

El titular ha identificado como potencial causa de pérdida del sumidero de calor primario, la presencia de macrófitos y algas en el río Ebro que a lo largo de los años han provocado en alguna ocasión disparo del reactor de la unidad I o de la unidad II. La central nuclear de Ascó y la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE) han emprendido estudios y acciones para averiguar las causas del crecimiento de macrófitos y minimizar el impacto en la operación segura de la central. Los parámetros ambientales que afectan a la evolución de macrófitos son: la temperatura del río, el caudal, la conductividad, pH y dureza, los nutrientes y el oxígeno disuelto. Como consecuencia de la presencia de biomasa en el río, los sistemas de rejas móviles y fijas instaladas son efectivos para retener cantidades de biomasa que entran al canal de forma continuada. En determinadas ocasiones se forman masas de macrófitos entrelazados (mantas) de elevado volumen que las hacen más inefectivas. La CHE propone determinadas formas de control de macrófitos que son puestos en práctica por la central, entre otros: control visual, recogida de muestras y análisis en laboratorio, batimetrías del río, retirada de macrófitos de la central hidráulica de Flix, vigilancia y retirada mecánica de macrófitos del río, subidas cíclicas, súbitas de caudal dos veces al año y en estudio por la CHE la posibilidad de incluir la cosecha de macrófitos como medida complementaria a las crecidas. No se pueden aplicar otras técnicas existentes como el uso de biocidas por el potencial impacto en la flora y la fauna del río.

El titular ha analizado el impacto de la pérdida de los distintos sumideros de calor tanto en operación normal como en otros modos de operación y para ello ha establecido dos grupos de estados diferenciados:

- Grupo 0: engloba los modos 1, 2, 3, 4 y 5 con RCS cerrado y contención cerrada e inventario de en los generadores de vapor con capacidad de reposición y de alivio de vapor a la atmósfera.
  - La pérdida del sumidero de calor primario, con disponibilidad de energía eléctrica exterior, es un suceso iniciador que inducirá el disparo de turbina y reactor. Para hacer frente a la situación se dispondrá de los equipos de seguridad (sistemas 43 y 44).
  - En esta situación, la central considera que no existen situaciones límite a tener en cuenta. Como actuaciones para aumentar la robustez de la planta el titular mantiene en curso un análisis para mejorar la gestión del inventario de los tanques, se encuentren o no en ETF, a fin de mantenerlos, dentro de lo posible, en la máxima capacidad útil, de forma que se incrementen las reservas de agua.
  - Ante la pérdida del sumidero final de calor, durante la operación normal de la planta, en aplicación de las Especificaciones Técnicas de Funcionamiento, se debe llevar la planta a parada fría. Con disponibilidad de la alimentación eléctrica exterior, el sistema AFW y el sumidero de calor primario, se pueden mantener en servicio los equipos necesarios para la parada y alcanzar la situación de parada fría. Esta situación es peculiar, puesto que se depende de sistemas convencionales (sistemas 41 y 42).
  - Si la pérdida se produce desde los estados operativos de modos 4 ó 5, el RHR ya estaría conectado y no existiría limitación.
  - Los procedimientos utilizados en esta situación son los de una parada normal y los esfuerzos deben ir encaminados a recuperar en el mínimo tiempo posible el UHS.
  - La central de Ascó no identifica situaciones límite en esta situación ni considera necesarias actuaciones adicionales para aumentar la robustez de la planta.

- Ante la pérdida simultánea del sumidero de calor primario y del sumidero final de calor (ambos sumideros están separados físicamente), se dispone del sistema AFW y del alivio de vapor por los generadores de vapor para la extracción del calor residual del núcleo y la disminución de presión en el primario. También se dispone de la bomba de prueba hidrostática para inyección a sellos de las RCP. La planta es capaz de mantener condiciones adecuadas sin ningún medio de apoyo adicional durante más de siete días en esta situación.

– Grupo 1: corresponde al Modo 6 con RCS abierto y contención cerrada.
  - En caso de pérdida del sumidero de calor primario se sigue disponiendo de la reposición de inventario al primario, debido a que se mantiene la capacidad de inyección con el RHR refrigerado por el UHS. Sería una situación límite el alcanzar el vaciado del TAAR, disponiéndose de tiempo suficiente para iniciar su rellenado o la inyección alternativa al primario. Se dispone en el emplazamiento de suficientes fuentes de agua para asegurar un suministro con una duración superior a siete días. Como medida para aumentar la robustez de la planta frente a este suceso, se dispondrán reservas de ácido bórico así como equipos móviles de bombeo en el emplazamiento para las estrategias de rellenado del TAAR o de inyección alternativa al primario, de forma que se garantice la concentración de boro necesaria.
  - En caso de pérdida del sumidero final de calor se sigue disponiendo de la reposición de inventario al primario, debido a que se mantiene la capacidad de inyección con el RHR refrigerado por el sumidero de calor primario. La aspiración de las bombas del RHR se hará desde el TAAR. Sería una situación límite el agotamiento del TAAR en unas 8,5 horas aproximadamente, disponiéndose de dos horas adicionales para iniciar el rellenado del tanque para lo cual está en desarrollo una estrategia específica de rellenado del TAAR que se considera una medida para aumentar la robustez frente a este suceso.
  - En la situación de pérdida simultánea del sumidero de calor primario y del sumidero final de calor, no pueden funcionar los generador diesel de emergencia ya que dependen del UHS. Se sigue disponiendo de la reposición de inventario al primario por gravedad de todo el contenido del TAAR al estar su base por encima del RCS. La posterior reposición, si fuese necesaria, se puede realizar con la futura bomba móvil alternativa de inyección al primario, o bien la estrategia de rellenado del TAAR, en cuyo caso se dispondrá de reservas de ácido bórico en el emplazamiento para garantizar la subcriticidad. Las válvulas motorizadas que existen en el camino de inyección fallan en posición y se pueden abrir con volante si fuera necesario. Las situaciones límite y las actuaciones para aumentar la robustez son las mismas que se han mencionado en los dos párrafos anteriores.

- *Evaluación del CSN*

Ver la evaluación del apartado siguiente

- **Pérdida del sumidero final de calor combinado con SBO**

- *Posición del titular*

Para este escenario, tanto en las situaciones de **g**rupo 0 como de grupo 1, la evolución operativa, las situaciones límite y las actuaciones propuestas para mejorar la robustez de la instalación son las mismas que se presentan en los apartados de "Pérdida de Energía Eléctrica Exterior (LOOP), de las fuentes normales de respaldo y del generador diesel alternativo".

- *Evaluación del CSN*

En este apartado se evalúa la pérdida del UHS, con y sin SBO.

El titular ha proporcionado una descripción adecuada de las provisiones existentes en el diseño para evitar la pérdida del UHS y ha analizado la situación a la que conduciría la pérdida del UHS con y sin SBO con un alcance adecuado.

La información relativa a la base de diseño del UHS ha sido evaluada y licenciada por el CSN en etapas anteriores. Adicionalmente, los equipos y procedimientos relacionados han sido objeto de inspección por parte del CSN en repetidas ocasiones.

En los casos de pérdida del UHS con y sin SBO, el titular identifica y propone mejoras para aumentar la robustez de la planta. Dichas medidas son las mismas que se han identificado en el apartado de pérdida de energía eléctrica dado que la pérdida del UHS conduciría a una situación de planta en la que, para proteger las funciones de seguridad, se contaría, con los mismos sistemas que para la situación de pérdida de energía eléctrica.

El titular ha estimado el tiempo de agotamiento de las fuentes de agua actualmente disponibles para el sistema de AFW (tanque de condensado y balsa de salvaguardias). El resultado es que el tiempo disponible es mayor de siete días. Las maniobras de actuación manual de la turbobomba de AFW y de alivio de los generadores de vapor han sido probadas con éxito en la unidad II (en la unidad I se van a probar en la próxima parada para recarga).

La evaluación del CSN considera adecuadas las propuestas de mejora presentadas por la central de Ascó.

En relación con la habitabilidad de la sala de la turbobomba de AFW, el titular ha presentado un cálculo para el dimensionamiento de la entrada y salida de aire para ventilación natural en caso de SBO que demuestra que se mantienen los 50 ºC en el interior de la sala. Se considera necesario que el titular justifique que, en caso de SBO prolongado (24 horas), la sala no alcanzará unos valores de temperatura que impidan las actuaciones manuales de control de la turbobomba.

4.2.4.c Gestión de accidentes

- **Planificación de la gestión de accidentes**

- *Posición del titular*

El titular de la central nuclear de Ascó plantea analizar la organización y medios disponibles para hacer frente a la gestión de emergencias, y dimensionar los cambios organizativos en el medio plazo. Además, propone dotarse, a lo largo de 2012, de un auxiliar de operación adicional a turno cerrado, que desempeñará funciones de supervisor de auxiliares y será común para las dos unidades.

El titular propone mejoras específicas para robustecer la capacidad de comunicaciones referidas a la ampliación de la instalación del sistema TETRA que proporcionará cobertura en todo el emplazamiento y que propone implantar en el corto plazo para la unidad I y en el medio plazo para la unidad II. El titular plantea además analizar en el corto plazo medios adicionales para incrementar la robustez en el área de comunicaciones.

De forma coherente con la puesta en marcha del nuevo Centro Alternativo de Gestión de Emergencias (CAGE) Ascó plantea otra serie de mejoras en comunicaciones de mayor calado, cuyo análisis concluirá en el corto plazo y propone implantar en el largo plazo.

En relación con las rutas de acceso a la instalación, el titular había informado de la existencia de una ruta viable de acceso al emplazamiento en caso de sismo severo; en este informe identifica que existe

una ruta viable, que coincide con la ruta viable en caso de sismo, de acceso al emplazamiento en caso de inundación por avenida en el rio Ebro que no supere la cota 48,11 m.

El titular establece nuevos niveles de dosis de referencia para el personal que intervenga en una emergencia, indicando que serán trabajadores voluntarios, e informados. Estos niveles de dosis se corresponden con los establecidos en la ICRP-103.

- *Evaluación del CSN*

La propuesta del titular de analizar la organización y medios para hacer frente a la gestión de emergencias deberá ampliar los estudios y adoptar las soluciones que en temas organizativos se deriven, en relación con sucesos como los propuestos que pudieran afectar de forma simultánea a ambas unidades. La propuesta de incorporar en 2012 un nuevo auxiliar de operación se considera adecuada como acción a corto plazo para reforzar su capacidad de hacer frente a una emergencia.

El titular plantea analizar en el corto plazo medios adicionales para incrementar la robustez en el área de comunicaciones, lo que se considera aceptable. La implantación de los medios adicionales que se identifiquen se deberá realizar en el medio plazo. En cuanto a las mejoras de mayor calado que irán asociadas a la puesta en marcha del nuevo CAGE, se consideran aceptables, si bien el titular deberá estudiar e informar al CSN de la incorporación de medidas provisionales a corto-medio plazo, de forma que se disponga de mejoras de capacidades, aunque sean parciales, antes de las fechas de implantación de largo plazo.

En relación con las rutas de acceso a la instalación, se considera aceptable el análisis presentado, aunque el titular deberá analizar el tiempo en que la vía de acceso se mantiene inutilizable por inundación que supere la cota 48,11 m y qué medidas compensatorias se prevén para este plazo.

En cuanto a los niveles de dosis de referencia para el personal que intervenga en una emergencia, y tal y como ya se ha mencionado en el apartado 4.1.c de este informe, el CSN considera necesario establecer unos niveles de referencia homogéneos para todas las centrales nucleares españolas. No obstante, el titular deberá considerar en el corto plazo un marco que garantice tanto la protección individual como la viabilidad de acometer las actuaciones de mitigación de la emergencia tal y como se contempla en el TECDOC 953 y en las BSS del OIEA.

- **Medidas de gestión de accidentes en el reactor**

- *Posición del titular*

Al igual que el resto de las centrales, el titular describe las medidas existentes a nivel de equipos, procedimientos y personal humano para prevenir, mitigar y gestionar accidentes severos. También describe el uso de las guías y procedimientos a utilizar a medida que se van degradando las condiciones de la planta, teniendo en cuenta los equipos disponibles en la actualidad y los sistemas de soportes necesarios para llevar a cabo su función.

Además, la central deAscó propone diversas actuaciones para aumentar la robustez de la instalación frente a los accidentes severos:

- En relación con la resistencia ante sismo de los equipos relevantes para las GGAS, la central indica que va a llevar a cabo un análisis para determinar sus márgenes sísmicos, con el objetivo de alcanzar un valor de 0,3g.
- Para prevenir el daño al núcleo la central propone, como medida adicional, la implantación de medidas que permitan la inyección alternativa a los generadores de vapor y al primario (adquisición

de equipos portátiles, modificaciones de diseño necesarias para disponer de puntos de conexión y desarrollo de guías y procedimientos aunqueestas medidas ya se incluyen en el apartado de pérdida de las funciones de seguridad).

- Para prevenir el daño al núcleo a alta presión, la central propone como medida adicional el desarrollo de una estrategia para la despresurización manual de los generadores de vapor (esta medida ya se incluye en el apartado de pérdida de las funciones de seguridad, en combinación con la actuación en manual de la turbobomba de agua de alimentación auxiliar).
- Para la prevención de los riesgos derivados de las altas concentraciones de hidrógeno, la central de Ascó indica que se llevará a cabo la instalación de recombinadores catalíticos pasivos (PAR).
- Igualmente, esta central propone el desarrollo de una estrategia para la inyección alternativa de agua a la contención, que se realizaría bien a través de las líneas del sistema de rociado de la contención o de las líneas de recirculación, mediante el uso del sistema de PCI o de una bomba portátil que aspire desde los pozos de las torres de salvaguardias.
- La central indica que ningún equipo relevante de las GGAS se vería afectado para la cota de inundación establecida en el estudio de cualificación ambiental de equipos para los accidentes base de diseño.
- Asimismo, con el fin tanto de prevenir la sobrepresión en la contención, como limitar las emisiones radiactivas al exterior, la central implantará un venteo filtrado en la contención.
- Para la prevención de la recriticidad el titular no propone mejoras específicas. Adicionalmente, CN Ascó indica que todas las fuentes de agua consideradas en las GGAS son de agua con ácido bórico y que, no obstante, las guías consideran de forma genérica que es prioritario inyectar agua, aunque ésta no tenga ácido bórico, que no inyectar.
- Para la prevención del ataque a la losa de hormigón de la contención, Ascó está llevando a cabo un análisis para valorar los aspectos positivos y negativos de la estrategia de inyección a la cavidad del reactor, cuyas conclusiones les permitirán concluir si proceden o no a su implantación. El titular indica que los resultados de este análisis estarán disponibles antes de final del año 2011 y que, en función de sus resultados, se tomará la decisión de implantar la estrategia (que podría implicar alguna modificación de diseño física).
- Para la reducción o mitigación de las liberaciones de productos de fisión, la central contempla el desarrollo de una nueva estrategia para el rociado externo de fugas de la contención o de cualquier otro edificio susceptible de fugas radiactivas.
- En relación con las acumulaciones de hidrógeno en otros edificios fuera de contención, el titular indica que hará un análisis específico para valorar el riesgo de explosiones de hidrógeno.
- En relación con la habitabilidad de la sala de control, la central de Ascó va a llevar a cabo un análisis de suministro alternativo de potencia de la unidad de filtrado de la sala de control

La central indica que respecto a los equipos portátiles mencionados, tanto de bombeo como de suministro de energía eléctrica, tiene pendiente desarrollar sus especificaciones, identificar los puntos previstos de conexión, llevar a cabo las modificaciones de diseño necesarias para disponer de estos puntos de conexión, así como la adquisición de estos equipos y su ubicación segura.

Adicionalmente, algunas de las mejoras identificadas por el titular en el apartado de pérdida de las funciones de seguridad mejoran la robustez de la instalación frente a accidentes severos.

El titular incluye en su informe, para una secuencia de accidente severo, los tiempos en que se producirían determinados eventos (situaciones límite). Los cálculos se han realizado con MAAP-4, para el caso en que las baterías de corriente continua estuvieran disponibles 24 horas (permitiendo la refrigeración del

núcleo con el sistema de AFW) el descubrimiento del núcleo se produciría a las 31,4 horas y la rotura de la vasija a las 34,3 horas.

- *Evaluación del CSN*

Tanto los Procedimientos de Operación de Emergencia, (POE), como las Guías de Gestión de Accidentes Severos (GGAS), se han incorporado en esta central a partir de los estándares del grupo de propietarios de Westinghouse, PWROG. Se consideran adecuados para llevar a cabo su función y han sido comprobados por el CSN mediante inspecciones y evaluaciones.

El titular ha incluido en las medidas adicionales de refuerzo las relacionadas con equipos portátiles para prevenir o minimizar el daño al combustible. Todas estas medidas de mejora se consideran positivas dado que permiten hacer frente a una situación prolongada de SBO con mayores garantías.

En cuanto a la prevención frente a secuencias de daño al núcleo con alta presión en primario, la estrategia manual de alivio de vapor principal se considera positiva. Adicionalmente, se considera que el titular debería analizar y, en caso necesario, implantar alguna mejora sobre la capacidad de actuación de las válvulas de alivio del presionador en el escenario de accidente severo coincidente con sismo y pérdida total de fuentes de energía eléctrica (incluidas las de continua).

Las medidas propuestas por la central para los accidentes severos relativas al control de hidrógeno (instalación de PAR) y a la despresurización de contención (instalación de un sistema de venteo filtrado y medidas para alimentar el sistema de rociado de contención mediante equipos portátiles) se consideran todas ellas positivas.

En relación con las estrategias de inundación de la contención, el análisis presentado por el titular se refiere a la cota de inundación en caso de accidente base de diseño. Se considera que el titular deberá reanalizar este aspecto teniendo en cuenta las posibles cotas de inundación que se podrían alcanzar a través de las estrategias actuales y futuras de las GGAS, teniendo en cuenta los medios de inyección actuales y los mencionados en las mejoras.

En cuanto a la inundación de la cavidad del reactor, el titular tiene previsto llevar a cabo un análisis de las ventajas e inconvenientes de esta estrategia y tomar una decisión definitiva (que podrían conllevar una modificación de diseño). Este planteamiento se considera adecuado.

Las estrategias de venteo de contención que actualmente están presentes en las GGAS de la central de Ascó son medidas de último recurso dado que los caminos de mayor eficacia (desde el punto de vista de la despresurización de la contención) tienen una baja presión de diseño y los caminos de baja eficacia no son filtrados ni son conducidos a la chimenea. Esta es, como ya se ha indicado, una medida de último recurso para proteger la rotura de contención ante un riesgo inminente de rotura. La capacidad de venteo mejorará sustancialmente con la instalación del nuevo sistema de venteo filtrado que ha propuesto el titular.

En relación con la instrumentación de los parámetros importantes para la gestión del accidente severo, el titular indica que dispondrá de grupos electrógenos portátiles para mantener, entre otras, las funciones de instrumentación necesarias para conocer el estado de la planta (reactor, circuito primario, circuito secundario, piscina de combustible gastado, etc.). Por otra parte, la central ha incluido en su informe un listado de la instrumentación necesaria para la gestión de accidentes severos, sin indicar si los grupos electrógenos portátiles alimentarán a la totalidad de esta instrumentación o sólo a una parte. El titular

deberá aclarar este aspecto, identificando en su caso qué instrumentación está previsto que se alimente de estos grupos electrógenos portátiles.

Además de lo anterior, la central de Ascó indica en su informe que tiene prevista la incorporación de la instrumentación portátil necesaria para llevar a cabo las estrategias de inyección alternativa al primario y despresurización manual de los generadores de vapor, que se encuentra en fase de desarrollo. El titular no ha incluido esta medida en la tabla que resume la lista de mejoras.

igualmente indica en su informe que llevará a cabo un análisis del potencial riesgo por hidrógeno en otros edificios. Este análisis deberá contemplar en detalle las posibles vías de escape del hidrógeno (venteo, fallo de las líneas de venteo, fugas en penetraciones a alta presión en el interior de la contención) y la dinámica de propagación en las diversas salas de los edificios anexos a la contención teniendo en cuenta su geometría, para estimar posibles concentraciones locales que, aunque de corto tiempo de permanencia, podrían conducir a la superación de concentraciones peligrosas.

La medida de mejora propuesta de evaluar la necesidad de dotar a la central de conexión a un generador portátil de las unidades de filtración de emergencia de sala de control para garantizar la habitabilidad de sala de control en caso de accidente severo, se considera positiva.

Además de lo ya mencionado, se considera que el titular debe incorporar a su lista de mejoras el análisis de los siguientes aspectos (cuyas conclusiones pueden derivar en modificaciones de diseño y de procedimientos de la central):

- Gestión de los accidentes severos que se producen desde los estados de funcionamiento de la parada.
- Capacidad de la instrumentación asociada a parámetros críticos para las estrategias de accidentes severos de proporcionar información fiable bajo las condiciones de los accidentes severos en contención (por ejemplo, la presión de contención, la presión del RCS o la concentración de hidrógeno en contención).
- Capacidad de estanqueidad de las válvulas de aislamiento de contención y de las penetraciones bajo las condiciones de presión, temperatura y radiación del accidente severo. Se considera que la central deberá analizar este aspecto para obtener una estimación de la fuga y, en su caso, para identificar e implantar potenciales mejoras.

- **Pérdida de inventario y/o refrigeración de piscinas de combustible**

- *Posición del titular*

La refrigeración de la Piscina de Combustible Gastado (PCG) se lleva a cabo mediante el sistema de refrigeración y purificación del foso de combustible gastado (sistema 17) que es un sistema Clase IE y diseñado para permanecer funcional durante y después un terremoto de parada segura (SSE) o de otros riesgos postulados tales como incendio, proyectiles internos o rotura de tuberías.

Cada tren del sistema 17 es del 100% de capacidad y está alimentado de las barras de salvaguardias que reciben tensión de las fuentes de energía eléctrica externa así como de los generadores diesel de emergencia en caso de LOOP. El cambiador de calor del Sistema 17 está refrigerado por el sistema de refrigeración de las salvaguardias tecnológicas (sistema 44) o por el sistema de refrigeración de componentes (sistema 42) este último sin funciones de seguridad.

La temperatura del agua de la piscina debe mantenerse en todo momento menor o igual que 65,5 ºC según las Especificaciones de Funcionamiento de la central.

En caso de fallo del sistema de refrigeración de la piscina, para mantener el inventario del PCG se realizaría aportación de las tres fuentes de agua disponibles: tanque de reposición del refrigerante del reactor, que es la fuente de aporte preferente si la pérdida de inventario se debe a evaporación del agua del PCG; TAAR, cuando la pérdida de inventario se debe a fugas en el sistema, lo que garantiza el mantenimiento de la concentración de boro dentro de los límites establecidos; y balsa de almacenamiento de agua de salvaguardias, en caso de emergencia si ninguna de las otras fuentes de aporte estuvieran disponibles. El titular indica que está en revisión la Instrucción de Operación en Fallo IOF-03 "Pérdida de refrigeración del foso de combustible gastado" para incluir otras posibles fuentes alternativas como los tanques de la planta de tratamiento de aguas y el sistema contraincendios. Se dispondrán en el emplazamiento de reservas de ácido bórico para su uso en caso de que la fuente de agua utilizada para reposición sea de agua no borada.

En la sala de control se dispone de indicación y alarma de nivel y de temperatura del agua de la PCG. La instrumentación de nivel tiene un rango de 1,93 m y la de temperatura de 0 ºC a 120 ºC.

El titular ha analizado la pérdida de inventario que se produciría como consecuencia de la acción sísmica en la PCG (*sloshing*) y llega a la conclusión de que no se producirían vertidos de agua de la piscina como consecuencia de este fenómeno.

El titular incluye en el informe cálculos de tiempos disponibles hasta la ebullición y hasta diferentes niveles de agua (hasta el descubrimiento de los elementos combustibles) en caso de pérdida total de la refrigeración y para diferentes cargas térmicas en la PCG. El caso más desfavorable es el de carga térmica temporal máxima (todos los elementos combustibles en la PCG), nivel inicial 7 m por encima de los elementos combustibles y temperatura inicial en piscina 60 ºC; en este caso se obtienen tiempos de 3,45 horas para ebullición, y 41,71 horas hasta el descubrimiento de los elementos combustibles. Si la temperatura inicial considerada es 65,5 ºC, los tiempos disponibles se ven reducidos en unas tres horas en el caso de carga térmica normal máxima. En el caso de la carga térmica correspondiente al final de una recarga tipo el tiempo hasta la ebullición sería de 11,58 horas, y de 97,5 horas hasta que el nivel alcanza la cota superior de los elementos combustibles.

En relación con el posible vaciado accidental de la PCG se dispone de las siguientes medidas:

- Las juntas de inflado y su sistema neumático (*tubing* y válvulas de retención) tienen una capacidad HCLPF de 0,3g.
- Las tuberías del sistema de refrigeración de la aspiración y del retorno tienen una capacidad HCLPG de 0,3g. Las tomas para el sistema de refrigeración están cerca del nivel normal y las tuberías de retorno están provistas de agujeros antisifón para evitar que en ningún caso pueda salir agua por sifonado. Con estos dispositivos, es imposible que el nivel baje de la elevación 48,190, es decir, 1,223 m por debajo del nivel normal (el nivel normal está a una distancia superior a 8,023 m por encima de la parte activa del elemento combustible almacenado en la piscina).

El titular propone las siguientes mejoras relacionadas con la pérdida de la capacidad de enfriamiento y reposición de inventario a la piscina de combustible:

- Procedimientos: desarrollo de guías para implantar estrategias de inyección alternativa a la PCG y rociado externo a la misma.
- Analizar las potenciales mejoras de la instrumentación de la PCG.
- Adquisición de equipos portátiles en el emplazamiento para inyección y rociado de la PCG.
- Modificaciones de diseño: mejoras en la instrumentación de la PCG.

- *Evaluación del CSN*

El titular incluye la información relativa a la base de diseño de la PCG y sus sistemas asociados de refrigeración. Estos aspectos han sido evaluados y licenciados en etapas anteriores de la central. Adicionalmente, los equipos y procedimientos relacionados han sido objeto de inspección por parte del CSN en repetidas ocasiones.

El titular describe las medidas actualmente disponibles para hacer frente a los escenarios de pérdida de refrigeración de la PCG. Las alternativas actuales de refrigeración y reposición de agua a la PCG no estarían disponibles en caso de SBO, excepto el sistema de protección contra incendios que cuenta con una bomba diesel (actualmente no sísmica) y la balsa de almacenamiento de agua de salvaguardias. La mejora propuesta por el titular para la adquisición de equipos portátiles para inyectar y rociar a la PCG se considera positiva.

El titular presenta un análisis de tiempos disponibles hasta la ebullición y hasta diferentes niveles de agua (hasta el descubrimiento de los elementos combustibles) en caso de pérdida total de la refrigeración y para diferentes cargas térmicas en la PCG que se considera adecuado, excepto en la temperatura inicial, dado que se ha considerado 60 ºC en lugar de la actualmente vigente en las ETF (65,5 ºC), que conduciría a tiempos de ebullición y descubrimiento inferiores. Se considera que el titular debe completar sus análisis partiendo de esta temperatura inicial.

- **Aspectos de protección radiológica**

- *Posición del titular*

La sala de control y el CAT de cada una de las dos unidades de la central de Ascó, cuentan con un sistema de ventilación de emergencia que asegura las condiciones de habitabilidad en caso de accidente químico y/o radiológico. Estos centros están dotados de equipos de protección en número apropiado para el personal que allí se reúne.

El titular ha estimado la dosis que recibiría el personal que se encuentre en la sala de control en caso de un accidente severo en las dos unidades, tras una pérdida prolongada de la alimentación eléctrica y en el que se requiere el venteo de contención. El análisis pone de manifiesto que, en el supuesto de que el venteo sea filtrado, estableciendo turnos y utilizando equipos de protección personal, las dosis estimadas son inferiores a los niveles de intervención en emergencias. Adicionalmente, para aumentar la robustez de la habitabilidad de la sala de control, el titular tiene previsto a corto plazo analizar el suministro alternativo de energía eléctrica a las unidades de filtración de emergencia de sala de control y a la batería de calefacción para mantener la efectividad de los filtros, mediante equipos portátiles.

En relación con las condiciones radiológicas en otros centros de apoyo a la emergencia la central ha estimado, para diferentes situaciones de daño al núcleo y contención, las limitaciones en tiempo de permanencia y protecciones personales requeridas, identificando que sería necesario establecer la evacuación del CAO en caso de venteo de contención. El titular propone la construcción en el emplazamiento de un centro alternativo de gestión de emergencias (CAGE) disponible en 2015 con posibilidad de control radiológico de los trabajadores y que garantizará su permanencia en condiciones adecuadas. Esta propuesta se abordará de forma sectorial.

En relación a los medios disponibles para el seguimiento y control de las emisiones radiactivas en caso de accidente, la central de Ascó cuenta con el sistema de vigilancia de la radiación, que incluye monitores y toma de muestras post-accidente, la Red de Vigilancia Radiológica Ambiental en Continuo de los Niveles de Radiación (RVRACNR), el Plan de Vigilancia Radiológica en Emergencia (PVRE) y procedimientos para el cálculo de la actividad vertida.

El titular cuenta además con medios de protección personal, dosímetros, y equipos portátiles para el control radiológico de los trabajadores y de los niveles de radiación y contaminación.

Además de las actuaciones previstas para aumentar la robustez de la planta ante un SBO, la central está desarrollando un análisis exhaustivo de los sistemas de comunicación, entre los que se encuentran la RVRACNR y el PVRE, con el objetivo de asegurar su disponibilidad en los escenarios postulados en las presentes pruebas de resistencia.

Adicionalmente, se van a analizar junto con el resto de titulares, posibles equipos adicionales y mejoras en los actuales medios de protección radiológica para adecuarlos a las potenciales condiciones existentes en los escenarios analizados. Este análisis está previsto que finalice en junio de 2012; a partir de ese momento será necesario implantar las mejoras identificadas.

En relación con la identificación de condiciones radiológicas que impedirían llevar a cabo acciones manuales locales, la central deN Ascó ha estimado para diferentes situaciones de daño al núcleo y contención las limitaciones del tiempo de permanencia y protecciones en diversas localizaciones donde se llevarían a cabo acciones manuales de recuperación identificadas en estas pruebas de resistencia. La estimación se ha realizado teniendo en cuenta liberaciones de actividad al aire. Se requeriría control estricto de tiempos en caso de daño al núcleo, y se identifican zonas inaccesibles (permanencia de minutos) en caso de venteo de contención. Dichas condiciones mejorarían permitiendo permanencias de varias horas una vez implementado el venteo filtrado de contención.

En relación con accidente de pérdida de refrigeración en las piscinas, el titular identifica que para la carga térmica normal máxima (al inicio del último ciclo con el núcleo cargado en el reactor), y partiendo de la altura de agua establecida en las ETF, se dispondría de más de 42 horas desde el inicio del accidente para que las tasas de dosis impidieran el acceso a la piscina, considerando por tanto que es tiempo suficiente para realizar las medidas compensatorias oportunas para restablecer el nivel de agua en la piscina, a partir de la cual el acceso a nivel de piscina sería desaconsejable (tasa de dosis iguales o mayores a 100 mSv/h). El titular propone revisar el procedimiento aplicable a la pérdida de refrigeración en piscina.

- *Evaluación del CSN*

El diseño actual de la sala de control de cada una de las unidades de la central de Ascó ha sido evaluado y aceptado por el CSN y garantiza que la exposición a la radiación del personal que en ellas se encuentre, durante cualquier accidente base de diseño de una de las dos unidades, no excede los límites del Criterio General de Diseño 19, del Apéndice A del 10 CFR 50 de la NRC.

El CSN considera que el análisis de habitabilidad realizado por el titular en caso de accidente severo presenta incertidumbres importantes (fugas de contención, características y eficiencia del venteo filtrado a implantar, condiciones atmosféricas, caudal de entrada de aire a sala de control, tiempos de permanencia, etc.). En este sentido se considera positiva la propuesta del titular de analizar, a corto plazo, el suministro alternativo de energía eléctrica a las unidades de filtración de emergencia de la sala de control y a la batería de calefacción para mantener la efectividad de los filtros, mediante equipos portátiles.

Se valora positivamente la propuesta de construcción de un CAGE. Resulta de aplicación la conclusión que a este respecto se ha indicado en 4.1.c.

En relación con los medios disponibles para el seguimiento y control de las emisiones radiactivas, se considera como una fortaleza que la central nuclear de Ascó disponga de una red de vigilancia radiológica ambiental en continuo de los niveles de radiación, con recepción automática de los mismos en sala de control, CAT y sala de emergencias del CSN.

Asimismo, se considera positivo el análisis que las centrales van a realizar de forma conjunta sobre los medios y equipos de protección radiológica que sería conveniente disponer en los escenarios analizados. En el caso de Ascó, el análisis deberá contemplar, al menos, la disponibilidad de los monitores de radiación y del sistema de toma de muestras post-accidente en escenarios de SBO prolongado y su correcto funcionamiento en las condiciones de accidente severo. Resulta de aplicación también la conclusión indicada en el apartado 4.1.c.

En relación con el análisis para identificación de condiciones radiológicas que impedirían llevar a cabo acciones manuales locales, la central deberá ampliar el estudio para incluir determinadas acciones manuales actualmente contempladas en las GGAS. En el apartado 4.1.c se han avanzado las conclusiones generales a este respecto. El CSN solicitará el desarrollo de guías de actuación para cada una de las GGAS con los aspectos de protección radiológica a tener en cuenta en función de las dosis esperables.

Se solicitará al titular la revisión de los cálculos de tasas de dosis en función del nivel de agua en la piscina puesto que las hipótesis utilizadas no resultan conservadoras y la metodología de cálculo debería ser más precisa. Se solicitará que el titular incorpore en procedimiento los aspectos de protección radiológica a considerar en las actuaciones manuales locales que se prevean. En el apartado 4.1.c se han avanzado las conclusiones generales a este respecto.

4.2.5 Central nuclear de Almaraz

4.2.5.a Sucesos naturales extremos

- **Terremotos**

- *Posición del titular*

El diseño sísmico de las dos unidades de Almaraz se basa en un terremoto de parada segura (DBE) que tiene una aceleración horizontal (PGA) en el campo libre de 0,10g, calculado con metodología determinista. En esencia, el DBE se basa en aumentar un grado la intensidad del máximo terremoto histórico ocurrido en la región alrededor del emplazamiento. También se considera en el diseño de cada unidad otro nivel menor de solicitación sísmica, que corresponde al terremoto base de operación (OBE) y cuya aceleración horizontal es la mitad del DBE.

El análisis de fallas que pudieran afectar al emplazamiento de Almaraz concluye que las dos largas fallas de dirección SO-NE situadas a ambos lados del emplazamiento son inactivas con respecto a los criterios de diseño de las plantas nucleares, confirmando la cuantificación del DBE indicado. También se han tenido en cuenta posibles terremotos inducidos por el embalse de Arrocampo, concluyéndose que la intensidad asociada sería muy inferior a la debida a terremotos de origen natural, lo que permite omitir la consideración de estos temblores inducidos.

El titular ha realizado una revisión de las bases de diseño sísmico de la planta para determinar su validez actual. Ha investigado la sismicidad dentro de la zona de 300 km alrededor de la central ampliando el periodo originalmente considerado; ha extendido la fecha de corte original (1970) hasta el 17 de mayo de 2011, aplicando el catálogo del Instituto Geográfico Nacional (IGN), comprobando que no se ha

superado la sismicidad máxima asociada a las zonas sismogénicas utilizadas para determinar el DBE, y concluye que las bases de diseño sísmico siguen siendo válidas.

La protección de la planta frente al DBE se basa en los requisitos de diseño sísmico de ESC, de acuerdo a su clasificación según el ANSI-N 18.2-1973, y a las prácticas de mantenimiento a través de los procesos establecidos en las bases de licencia, de la calificación sísmica y del correcto estado de ESC, así como de sus modificaciones y repuestos.

La central dispone de un sistema de vigilancia sísmica cuyo diseño cumple con los requisitos de las guías reguladoras americanas RG 1.12 y 1.166. Este sistema suministra medida, registro permanente y análisis de respuesta sísmica, en varias localizaciones de la planta. La instrumentación del sistema suministra inmediata indicación en la sala de control, cuando se hayan excedido las aceleraciones prefijadas. También dispone de procedimientos de operación en caso de terremoto, que contemplan entre otras las siguientes actuaciones: acciones a realizar ante la ocurrencia de un sismo, criterios de excedencia del terremoto de operación (OBE) y acciones en caso de rotura de la presa de Arrocampo. Así mismo, el Plan de Emergencia Interior (PEI) se activa en caso de terremoto confirmado de magnitud igual o superior al sismo de operación y se desarrollan las actuaciones previstas en los procedimientos al efecto.

Por otra parte, a consecuencia del accidente de las centrales nucleares de Fukushima se han emitido en el ámbito internacional una serie de recomendaciones (en particular, WANO SOER 2011-2) dirigidas a garantizar, a corto plazo, que cada central está en buena disposición para responder tanto a sucesos incluidos en las bases de diseño, como a otros sucesos más allá de las bases de diseño. La central nuclear de Almaraz ha dado respuesta a dichas recomendaciones y a lo requerido por el CSN, informando de las comprobaciones realizadas y de sus resultados. No se ha encontrado hasta la fecha ninguna vulnerabilidad significativa en ninguna unidad de la central.

El titular evalúa el margen sísmico de la planta utilizando los trabajos que ya había realizado mediante la metodología desarrollada por la NRC y EPRI (terremoto de revisión 0,3g - *focused scope*), y complementándolos, en el contexto de las pruebas de resistencia, mediante la realización de nuevas inspecciones y la ampliación del alcance. El estudio de márgenes sísmicos se había actualizado identificando los nuevos elementos necesarios para la parada segura que fueron instalados con modificaciones de diseño en el periodo 2001-2010, así como los equipos ya existentes que se habían modificado en dicho periodo, confirmando su capacidad frente al DBE y estimando su margen sísmico.

De acuerdo con los estudios de márgenes sísmicos realizados el titular asigna a la planta un valor mínimo de capacidad HCLPF de 0,21g, asociado al tanque de control químico y volumétrico, e identifica los componentes de la planta con un HCLPF inferior a 0,3g. El titular indica que la capacidad sísmica de la central para la parada segura de la central es de 0,27g para la unidad I y 0,24g para la unidad II, al considerar que el tanque de control químico y volumétrico no es estrictamente requerido para la parada segura, y en cualquier caso tiene previsto una modificación del mismo que permita asignarle un margen superior a 0,3g. También identifica un margen sísmico de 0,3g en ambas unidades para la integridad del combustible en la piscina de combustible gastado y para la integridad de la contención. Estos resultados se confirman tras los recorridos de inspección efectuados expresamente, en los que se han detectado una serie de interferencias entre componentes cuya resolución permitiría lograr una capacidad HCLPF de 0,3g.

En el contexto de las pruebas de resistencia, los equipos a los que se ha ampliado el análisis de márgenes han sido las válvulas de aislamiento de la contención no incluidas en el IPEEE sísmico original; así como los equipos existentes en los distintos caminos alternativos de refrigeración y reposición de agua a la piscina disponibles en caso de fallo del sistema normal de refrigeración, que sí estaban evaluados

previamente y tenían asignado un HCLPF > 0,3g. También se ha determinado la capacidad sísmica de los equipos del sistema de aspersión de la contención y del sistema de agua de alimentación auxiliar, considerados en las estrategias para hacer frente a una situación de SBO y gestión de accidentes severos coincidentes con un sismo.

Se ha analizado el movimiento del agua de la piscina de combustible provocado por un sismo de 0,3g, determinando si esto puede dar lugar a derrame del agua contenida en dichas piscinas y qué impacto tendría, tanto en la propia piscina (disminución de su capacidad de enfriamiento) como externamente (inundación de otras instalaciones). En el peor de los casos, se produciría un vertido total de unos 13,3 m^3, que supone un descenso de 10 cm en el nivel de la piscina, lo que no comprometería la refrigeración del combustible gastado, ni afectaría a equipos importantes para la seguridad en el edificio de combustible, dada la configuración del edificio.

El cumplimiento con las bases de licencia actuales en relación al comportamiento sísmico se garantiza con la aplicación periódica de procedimientos, requisitos de vigilancia y actuaciones encaminadas a mantener adecuadamente las ESC y el sistema de vigilancia sísmica, así como sus modificaciones de diseño y repuestos asociados. Además, el titular indica que no se necesitan medios exteriores al emplazamiento para hacer frente a las potenciales consecuencias del sismo dentro de la base de diseño.

En relación con la posibilidad de que se pudieran producir efectos inducidos como consecuencia de un sismo, el informe de la central de Almaraz indica lo siguiente:

- Incendios y explosiones: el titular considera que el cumplimiento con la base de diseño actual, junto con las evaluaciones realizadas sobre posibles explosiones en almacenamientos de hidrógeno y por incendios en almacenamientos de material combustible indican que el riesgo de incendio inducido por sismo, que pudiese afectar a la capacidad de parada segura, se puede considerar despreciable. El titular identifica una acción a realizar a corto plazo con el fin de recoger en procedimientos actuaciones de aislamientos de líneas de hidrógeno.
- Inundaciones internas: el titular señala que dispone de un análisis de inundaciones que responde a la base de licencia actualizada en la que se consideran roturas circunferenciales en tubería no sísmicamente cualificadas. Adicionalmente, el titular ha analizado tuberías tanques y depósitos no sísmicamente cualificados identificados en el APS, que pudieran causar un suceso iniciador y daños en sistemas de mitigación, también analiza roturas múltiples en zonas con equipos relacionados con la seguridad, en todos los casos identifican instrumentación, acciones de aislamiento incluidas en procedimientos, y barreras en general para hacer frente a la inundación. El alcance para evaluación de márgenes sísmicos es el indicado en párrafos anteriores. El titular no identifica otras acciones adicionales.

Adicionalmente, y en relación con el efecto que un sismo más allá de las bases de diseño de la central pudiera tener sobre la presa de Valdecañas situada en el río Tajo en el entorno de la central, el titular ha realizado su análisis estructural, obteniendo como resultado que, tras un sismo de intensidad 0,3g la presa mantendría su integridad. Aunque los resultados del cálculo estructural muestran que para ese terremoto no hay colapso de la estructura, ni rotura, ni pérdida de su funcionalidad, también se ha analizado la posibilidad de una inundación, por rotura de la presa con el embalse lleno hasta su nivel máximo normal (cota 315 m). Se concluye que en ninguna de las dos hipótesis de rotura consideradas (rotura instantánea y simultánea de compuertas del aliviadero de la presa, y rotura parcial de la presa en forma de escotadura con superficie total de 2530 m^2) se alcanzaría la cota de explanación de la central (cota 257,5 m), llegando la inundación en el peor caso a la cota 255,40 m.

Para incrementar la robustez sísmica de la central, el titular propone realizar las reevaluaciones y modificaciones de diseño pertinentes para obtener un valor de HCLPF lo más cercano posible a 0,3g en todos las ESC requeridos para realizar las funciones de parada segura y hacer frente a los accidentes postulados. Asimismo se resolverán los puntos en los que se han identificado posibles interferencias sísmicas con otros componentes. También se han adecuado, o se está en proceso de hacerlo, los procedimientos de la central a los resultados de los análisis realizados, incluyendo entre otros las roturas múltiples y el análisis de la presa de Valdecañas.

- *Evaluación del CSN*

Las bases de diseño sísmico de la central de Almaraz son las licenciadas en el diseño original de la instalación, se encuentran recogidas en el Estudio de Seguridad y han sido evaluadas e inspeccionadas repetidas veces por el CSN.

El titular realiza una descripción adecuada del sistema de vigilancia sísmica en relación con las disposiciones para proteger la central frente al DBE, y también de la mejora que supone su interrelación con el Plan de Emergencia Interior de la central para el caso de sismo como suceso iniciador. Este sistema, que ya estaba previamente implantado en la central, había sido revisado por el CSN y resulta aceptable.

Los valores de HCLPF estimados por el titular se consideran justificados de acuerdo a la metodología de EPRI; aunque el valor de 0,3g asignado a los bastidores de combustible irradiado se encuentra actualmente en revisión por parte del CSN. También están pendientes de verificación las acciones correctoras propuestas por el titular para aumentar el valor HCLPF de los equipos identificados con un margen inferior a 0,3g.

En relación con la posibilidad de que se pudieran producir efectos inducidos como consecuencia de un sismo, y además de las conclusiones genéricas del apartado 4.1.a, se concluye lo siguiente:

- Incendios y explosiones: la evaluación del CSN considera adecuado el alcance del análisis realizado, tanto en la identificación de las posibles fuentes de explosión o incendio como para la acción de mejora propuesta.
- Inundaciones internas: la evaluación del CSN considera que el titular ha realizado un análisis amplio, además el titular propone realizar reevaluaciones para obtener un valor de margen sísmico adecuado para hacer frente a los accidentes postulados. La evaluación también considera que estas reevaluaciones deben cubrir, además, tuberías que pudieran generar un suceso iniciador o la pérdida de sistemas de mitigación y que sean escenarios no cubiertos por los ya realizados.

En cuanto a los estudios realizados por el titular para verificar la integridad de la presa de Valdecañas, situada aguas arriba de la central, se ha analizado frente a un terremoto con aceleración horizontal de 0,3g (tres veces el DBE de la central), aceleración vertical de 0,2g y con agua hasta la cota 315 m máxima de embalse, concluyéndose que se mantiene la integridad de la misma, lo que se considera aceptable. El análisis de la estabilidad frente a la ocurrencia de avenidas extraordinarias, contempla su colapso por hundimiento del cimiento que profundiza 20 m en el terreno y por rotura de la bóveda, obteniéndose como resultado que existen amplios márgenes frente a la inundación de la planta en ambos casos. Estos análisis se consideran válidos y hacen una estimación justificada de los márgenes más allá de las bases de diseño; no obstante, en el apartado siguiente de *inundaciones* se aportan comentarios adicionales en la evaluación del CSN.

Como conclusión general de este apartado, el CSN considera que las acciones de mejora propuestas para incrementar la robustez de la planta son eficaces, ya que permitirían alcanzar un margen sísmico de 0,3g.

- **Inundaciones**

- *Posición del titular*

Como base de diseño de inundación se ha considerado una avenida de periodo de retorno de 10000 años, combinándola con la correspondiente altura de ola y su rotura sobre los taludes de la explanación y del dique de servicios esenciales. En estas condiciones el nivel de inundación obtenido se sitúa a la cota 256,53, estando el nivel de explanación de la central a la cota 257,50. Los edificios de tratamiento de purgas y salvaguardia, que tienen puertas de comunicación con el exterior y a los que podría llegar el agua por vasos comunicantes a través de la red de drenajes de pluviales si fuera inundada, quedan también por encima del máximo nivel de inundación calculado.

El cálculo de niveles de inundación se ha actualizado con los datos meteorológicos registrados en el emplazamiento hasta 2010, confirmándose la validez de los valores del nivel de inundación y de la altura de la ola considerados base de diseño.

Todas las ESC relacionadas con la seguridad permanecen disponibles después de la inundación, incluidas la estructura de toma de servicios esenciales y el sistema de suministro de corriente alterna de emergencia, constituido por los generadores diesel y el sistema de gasoil asociado. No habría incidencia en la capacidad de refrigeración de la piscina de combustible gastado.

Almaraz dispone de procedimientos para hacer frente a inundaciones mediante los cuales se comprueba el correcto funcionamiento de los cierres estancos, se inspeccionan y limpian cubiertas y sumideros, se establecen acciones preventivas ante riesgos de inundaciones y se definen acciones compensatorias para el caso de mal funcionamiento o indisponibilidad de equipos requeridos en el manual de protección contra inundaciones. Por otra parte, el Plan de Emergencia Interior se activaría en caso de lluvias de intensidad horaria severa, medida en la torre meteorológica de la central, de acuerdo con los procedimientos ya establecidos.

El cumplimiento con las bases de licencia se garantiza mediante la realización periódica de los procedimientos y actuaciones que se ejecutan en la central, de acuerdo con los requisitos de vigilancia establecidos y las condiciones fijadas en las instrucciones emitidas por el CSN.

Almaraz dispone de margen sobre la máxima altura de inundación estimada. Además, el titular indica que la cota de inundación para un período de retorno de diez millones de años sería también inferior a la cota de explanación, y la posibilidad de sufrir daños en los edificios situados por debajo de esta cota sería muy baja para un periodo de retorno de un millón de años, por lo que considera adecuados los márgenes disponibles.

La central dispone de un sistema de control de nivel freático que consta de dos pozos de control, con dos bombas en cada pozo de arranque y parada automáticos, y que descargan a la red de drenajes de pluviales. Este sistema tiene por objeto evitar filtraciones y humedades en los edificios de la central, principalmente en los edificios de salvaguardias, y garantizar una mayor estabilidad del terreno frente a posibles asientos de los edificios de combustible. Se analizan los efectos que tendría la pérdida total y continua de alimentación a las bombas de los pozos de control en dos escenarios: 72 horas y siete días. Los resultados indican que en el peor de los casos el nivel freático ascendería hasta la cota de 252,50 m al cabo de siete días. Se ha estimado que este ascenso produciría unas filtraciones al interior del edificio de salvaguardias que darían una altura de agua entre 17 y 43 cm, por debajo de la altura crítica estimada de 62 cm para los equipos afectados por inundación en esa sala. Por otro lado, se necesitarían tres meses para que el nivel freático alcanzase la cota del embalse (255,0). En cuanto a la estabilidad del terreno, en

1985 se hicieron pruebas de subida del nivel freático de 90 días de duración y no se observó un aumento de los asientos en edificios y estructuras.

Respecto a las inundaciones locales como consecuencia de lluvias torrenciales, la capacidad máxima de intensidad admisible de desagüe en los colectores de la isla nuclear es de 284 $l/m^2/h$, muy por encima de la intensidad para 10 minutos para periodos de retorno hasta 10000 años; por tanto, se deduce que la probabilidad de ocurrencia de inundaciones en el emplazamiento de la central es prácticamente nula. La central no se vería afectada por precipitaciones extremas hasta los 275 l/m^2 en 24 horas (ocurrencia de una vez cada 10 millones de años). Por encima de ese valor existiría la posibilidad de acumulación de agua en algunas zonas de la central que pudiera afectar a equipos de seguridad allí ubicados.

La inundación externa por la potencial rotura de la presa de Valdecañas ya ha sido analizada en el apartado anterior (terremotos por encima del DBE e inundaciones). Aquí solo cabe resaltar los tiempos de respuesta disponibles según los cálculos desde el momento de rotura de la presa y hasta que llega la inundación al emplazamiento. El nivel máximo de inundación, al pie de la presa de Arrocampo se alcanzaría al cabo de 7 horas y 43 minutos. El nivel máximo en el embalse de Arrocampo (cota 255,40) llegaría tras 15 horas y 24 minutos.

Con el fin de mejorar aún más la capacidad de respuesta de la central ante una inundación externa más allá de las bases de diseño, el titular propone la implantación de una modificación de diseño que aumente la capacidad de los desagües de la presa de Arrocampo, y otra para hacer estancas las puertas de acceso a los edificios de tratamiento de purgas y salvaguardias. Asimismo, indica que está analizando la posibilidad de mejorar la estanqueidad de los accesos al resto de edificios con equipos relacionados con la seguridad, e incrementar la capacidad de drenaje de las cubiertas, terrazas de edificios y del emplazamiento en su conjunto.

- *Evaluación del CSN*

Las bases de diseño relativas a los diferentes sucesos que podrían provocar inundación del emplazamiento se encuentran recogidas en el Estudio de Seguridad y han sido evaluadas e inspeccionadas periódicamente por el CSN.

Se han revisado en detalle por parte del titular los posibles efectos de inundaciones originadas por entrada de agua a través de vías situadas por debajo de la cota de explanación de la central, como son el aumento del nivel freático o el acceso por los desagües de pluviales. El titular también ha analizado posibles situaciones límite ante la hipótesis de que una inundación externa alcance la cota de explanación de la central (257,50). Los resultados son satisfactorios y se consideran razonablemente justificados. No obstante, en algún caso, como el análisis realizado de la pérdida de los sistemas de control del nivel freático, se efectuarán comprobaciones adicionales por parte del CSN mediante los procesos establecidos de evaluación e inspección.

Respecto a los efectos de una rotura potencial de la presa de Valdecañas, pese a que los análisis aportados se consideran válidos en cuanto a la estimación justificada de márgenes más allá de las bases de diseño, y aunque los sucesos implicados en la hipótesis contemplada se consideran de ocurrencia muy improbable, los escenarios que se plantean difieren de los contemplados en los planes de emergencia de presas dentro de la práctica española. La consecuencia es que el nivel máximo de inundación estimado por el titular resulta más bajo que el valorado en el plan de emergencia de la presa de Valdecañas. A la vista de estos resultados, el CSN considera que deberán acometerse las acciones necesarias para armonizar ambos planteamientos, el realizado por el titular y el postulado en los planes de emergencia. Como consecuencia de esa armonización, el titular deberá revisar sus análisis y adoptar las medidas que de ellos se deriven.

Los márgenes calculados respecto a las diversas causas de inundación se consideran justificados en general. Respecto a las medidas propuestas para mejorar la robustez de la planta ante potenciales inundaciones, se considera que todas ellas resultan adecuadas para contribuir a fortalecer la respuesta de la planta frente a inundaciones externas; aunque en algún caso, como la mejora de estanqueidad de accesos a recintos relacionados con la seguridad o el incremento de drenaje del emplazamiento, las actuaciones que propone el titular deberán ser más detalladas en cuanto a su alcance y tiempos de implantación.

- **Otros sucesos naturales extremos**

- *Posición del titular*

Sobre la base de los sucesos naturales extremos recogidos en el NUREG/CR-2300 y de acuerdo con la evaluación individual de la planta frente a sucesos externos que ya había realizado la central de Almaraz (IPEEE), se ha llevado a cabo un proceso adicional de análisis y cribado. Los sucesos no descartados en el proceso de cribado son: sequía, fuertes lluvias, cargas de viento y nieve, tormentas eléctricas, granizo, incendios externos y temperaturas extremas (heladas y altas temperaturas).

En su análisis el titular concluye que dispone de márgenes suficientes en todos los casos. Así, indica que la central no se vería afectada por precipitaciones con frecuencia de ocurrencia de una vez cada 10 millones de años, que las estructuras de la central fueron diseñadas para soportar velocidades de viento de 144 km/h, y que la máxima racha de viento anual en el periodo analizado fue de 136 km/h, por lo que en ningún momento se ha sobrepasado la velocidad de viento que se marca en los criterios de diseño. Los factores de seguridad aplicados en el diseño de las estructuras suponen márgenes disponibles de casi un 50% para edificios no sísmicos y superiores al 100% para edificios sísmicos.

En relación con potenciales mejoras relacionadas con otros sucesos externos, y además de las ya indicadas para sismos e inundaciones, el titular identifica la conveniencia de realizar algunas mejoras para reforzar la protección exterior contra descargas atmosféricas en edificios de la central y cuya instalación está prevista mediante modificaciones de diseño.

- *Evaluación del CSN*

El cribado de sucesos externos realizado para establecer las bases de diseño se apoya en una probabilidad muy baja de ocurrencia (10^{-5}/año), de acuerdo con las metodologías probabilistas que se recogen en la normativa aplicable del IPEEE.

Los análisis realizados por el titular han ampliado su alcance respecto a los realizados previamente a las pruebas de resistencia y los resultados se consideran satisfactorios. Los criterios de diseño aplicados y los márgenes estimados son razonables; aunque en algún caso, como los márgenes ante temperaturas extremas, los resultados aportados están todavía en revisión por el CSN.

El titular dispone además de procedimientos de actuación ante la ocurrencia de condiciones meteorológicas severas en el emplazamiento, que han sido objeto de inspección previa dentro de los programas de supervisión y control del CSN.

Las mejoras propuestas para incrementar la protección exterior contra descargas atmosféricas deberán ser concretadas por el titular con mayor detalle y establecer un marco temporal adecuado para su implantación.

4.2.5.b Pérdida de funciones de seguridad

- **Pérdida de energía eléctrica exterior (LOOP)**

- *Posición del titular*

La central de Almaraz describe las fuentes de alimentación eléctrica exterior disponibles, concluyendo en su alta disponibilidad y fiabilidad así como elevada seguridad en cuanto a capacidad de restablecer rápidamente una pérdida de la red exterior, considerando que el operador del sistema eléctrico nacional (REE) dispone de procedimientos para la recuperación de energía eléctrica, en caso de un cero en la red, que dan prioridad a la alimentación a las centrales y en particular a la de Almaraz, y en los que está establecido como método preferente, la recuperación de alimentación desde centrales hidráulicas cercanas a los emplazamientos de las centrales, lo que ha sido comprobado en diversas pruebas de suministro a la central que pueden garantizar que se podría disponer de energía eléctrica en un plazo muy corto de tiempo.

En caso de LOOP, la alimentación a los equipos de salvaguardia se restablece mediante el arranque y conexión automática de los dos generadores diesel redundantes de cada unidad y la correspondiente secuencia automática de cargas, destacando la existencia del 5º generador diesel (5DG) que puede sustituir a uno cualquiera de los dos de cada unidad.

El titular expone los resultados del análisis de la autonomía de los generadores diesel, concluyendo que está limitada únicamente por la capacidad del suministro de combustible y consumo de aceite de lubricación, no siendo necesario el aporte de agua al circuito cerrado de refrigeración, y es superior a siete días. En concreto el volumen de gasoil en los tanques de almacenamiento, vigilado por las ETF, es suficiente para la operación de un generador diesel por unidad durante más 10,5 días (más de siete días si se postula el fallo pasivo de uno de los tanques). La capacidad de almacenamiento de aceite en el cárter de los motores proporciona autonomía superior a 11 días. En cuanto a la refrigeración del conjunto (evacuación de carga térmica) para los generadores 1DG a 4DG se realiza mediante el sistema de agua de servicios esenciales (al sumidero final de calor) mientras que el generador diesel compartido 5DG está refrigerado por aire.

Como mejora asociada a este escenario la central propone la realización de pruebas periódicas de recuperación de alimentación exterior desde las dos centrales hidráulicas, consideradas preferentes en el procedimiento del operador del sistema eléctrico.

- *Evaluación del CSN*

El LOOP está dentro de las bases de diseño de la central y las medidas para hacer frente a este escenario han sido evaluadas e inspeccionadas frecuentemente por el CSN.

El quinto generador diesel, que puede sustituir a uno cualquiera de los dos de cada unidad, con todos sus auxiliares autónomos, mejora la fiabilidad del sistema de alimentación de emergencia.

La autonomía de los generadores diesel es por diseño de siete días. La central ha realizado comprobaciones que confirman esta autonomía

La fiabilidad ydisponibilidad de los generadores diesel está vigilada/monitorizada dentro del alcance de la Regla de Mantenimiento.

Las líneas que proporcionan la alimentación desde la red tienen orígenes y recorridos diferentes, lo que aporta diversidad y fiabilidad al suministro.

El operador de la red dispone de procedimientos de recuperación por zonas que tienen en cuenta la alimentación preferente para las centrales nucleares.

La propuesta de realización de pruebas periódicas de recuperación de alimentación exterior desde centrales hidráulicas mejorará la fiabilidad de recuperación de la alimentación exterior.

Los aspectos indicados por la central, anteriormente resumidos, están contenidos en los documentos de licencia aplicables y han sido evaluados e inspeccionados por el CSN a lo largo de la vida de la central, no existiendo objeciones reguladoras a los mismos.

- **Pérdida total de corriente alterna (SBO)**

- *Posición del titular*

Para el caso de pérdida de energía exterior, y pérdida de las fuentes normales de corriente alternade respaldo, la central dispone actualmente de un quinto generador diesel (5DG) con todos sus servicios autónomos y con la misma capacidad, requisitos de diseño y cualificación que los otros cuatro y que está diseñado para actuar como sustituto de uno cualquiera de ellos, disponiendo de un sistema de interconexión que permite su rápida conexión a cualquier barra de emergencia de media tensión.

Con una única unidad en SBO, se alinearía el 5DG a ésta, recuperando el suministro eléctrico de emergencia y ambas unidades se podrían llevar a parada segura y mantenerlas en esa situación a largo plazo.

Con ambas unidades en SBO, se alinearía el 5DG alternativamente a una y otra unidad, lo que permitiría en una unidad el uso de los sistemas de salvaguardias y mantener cargadas las baterías y en la otra unidad se dispondría de corriente continua para el control de la Turbobomba de Agua de Alimentación Auxiliar (TBAFW) y de las válvulas de alivio de los generadores de vapor .

Para el caso de pérdida de energía exterior, pérdida de las fuentes normales de corriente alterna de respaldo, y pérdida de fuentes adicionales de respaldo (generador diesel 5DG), la central está licenciada para hacer frente a esta situación durante al menos cuatro horas con corriente continua solamente. Para ello, las unidades afectadas iniciarían el enfriamiento del sistema primario mediante el uso de las válvulas de alivio de los generadores de vapor y la turbobomba del sistema AF (TBAF). La central incluye un resumen de las bases de licencia y análisis realizados para el cumplimiento de la normativa de pérdida total de corriente alterna (SBO).

La central dispone de análisis de pérdida de ventilación en salas de la turbobomba, de distribución de corriente continua y de baterías a partir de los cuales concluye que la ventilación no es un elemento crítico en la respuesta a SBO.

Las baterías relacionadas con la seguridad tienen por diseño una autonomía de cuatro horas. Considerando el sobredimensionamiento existente y las instrucciones para desconexión de cargas innecesarias, la autonomía de las baterías de uso general se amplía a 8 horas 40 minutos Para el control de la TBAF se dispone de una batería dedicada con autonomía de 7 horas y 20 minutos que se conecta cuando se agota la batería del tren B (8 horas 40 minutos) con lo cual hay disponibilidad de corriente continua para la operación de la turbobomba durante 16 horas.

En este escenario se produciría fuga a través de los sellos de las RCP por lo que la central expone que será necesario inyectar agua al circuito primario para mantener el inventario controlado.

La central ha realizado una exposición relativa a las secuencias y tiempos límite: agotamiento de baterías para control de turbobomba del sistema AFW (16 horas), disponibilidad de agua existente en la fuente preferente (30 horas), secado de generadores de vapor (37 horas) y descubrimiento del núcleo (40 horas), en caso de no tomarse acciones correctivas frente a dichas situaciones.

Se ha incluido el análisis de SBO en "otros modos de operación" (distinto de la operación a potencia), concluyendo que las acciones de mejora previstas para SBO a potencia, en particular para control de inventario del RCS y extracción de calor residual, permiten hacer frente o mitigar el SBO en otros modos.

La central, adicionalmente a los escenarios cuyo análisis había sido requerido en la Instrucción Técnica del CSN, ha analizado la eventualidad de una pérdida total de corriente alterna en la que adicionalmente se llegase a una situación de pérdida de las fuentes de corriente continua.

Este supuesto implicaría la indisponibilidad de prácticamente todos los equipos de planta excepto la turbobomba de agua de alimentación auxiliar controlada manualmente y el alivio manual de los generadores de vapor.

Existe la capacidad de operar la turbobomba del sistema AF en manual, esto es, sin corriente continua, y de realizar el alivio de los generadores de vapor manualmente mediante el volante de las válvulas. Al respecto, se ha realizado una prueba en la unidad I, durante la recarga de 2011 y está en desarrollo un procedimiento para enfriamiento y control de la planta con pérdida total de suministro eléctrico.

Actualmente se dispone en la sala de control de medios portátiles y autónomos de iluminación y comunicación para enfriar la planta con la turbobomba de agua de alimentación auxiliar y alivio de los generadores de vapor sin suministro eléctrico. Está en curso la adquisición de equipos portátiles para alimentar los transmisores de rango ancho de los generadores de vapor y disponer de información del nivel.

Se ha calculado que la disponibilidad de agua en los tanques de AF y CD permitiría mantener la refrigeración adecuada del núcleo durante 30 horas, produciéndose el secado de los generadores de vapor a las 37 horas y el descubrimiento del núcleo a las 40 horas.

- *Evaluación del CSN*

El escenario de *Station Blackout* (SBO) fue incorporado en su momento a las bases de licencia de la central de Almaraz suponiendo que la pérdida total de corriente alterna tenía lugar solamente en una de las dos unidades y considerando una duración (*coping time*) de cuatro horas. Los análisis realizados justificaron la capacidad para hacer frente al SBO contando únicamente con alimentación eléctrica de baterías. El 5DG se instaló con posterioridad al cumplimiento de la central nuclear de Almaraz con la reglamentación de SBO.

Actualmente, en el caso de que una sola unidad esté en SBO, se alineará a esta el 5DG; en el caso de que las dos unidades estén en SBO el titular prevé el alineamiento del 5DG alternativamente a cada una de las dos unidades.

La evaluación del CSN considera el 5DG de la central como una fortaleza, ya que está separado físicamente de los otros generadores diesel de emergencia, tiene sistemas soporte diferentes, y se refrigera por aire. La incorporación de este 5DG fue sometida a un proceso de licenciamiento específico.

La central ha analizado la viabilidad de acoplar el 5DG a ambas unidades de forma simultánea, descartando la posibilidad de alimentar una redundancia de cada unidad debido a la dificultad que supone eliminar los enclavamientos, que para garantizar el criterio de independencia y separación de trenes, existen en el diseño. Se ha optado por el alineamiento alternativo del 5DG a ambos trenes de cada unidad, lo que permite hacer frente de forma satisfactoria al escenario considerado.

El titular considera el aumento de la autonomía de las baterías mediante la desconexión procedimentada de cargas no necesarias, habiendo realizado el cálculo correspondiente. El CSN ha revisado el cálculo de autonomía de baterías, en cuanto a planteamiento, hipótesis y método de cálculo con resultado satisfactorio.

Las inundaciones externas no afectarían a los equipos de seguridad de la central, según se expone en el apartado 4.2.5. No obstante, la central ha previsto reforzar las puertas de ciertos edificios para el caso de considerar hipotéticas roturas extremas de presas.

Respecto a la viabilidad de la operación de la turbobomba controlada manualmente, y al control manual de válvulas de alivio de los generadores de vapor el hecho de que se haya probado en una unidad y que dicha prueba haya sido satisfactoria, debe considerarse como una fortaleza. La central propone realizar la prueba en la otra unidad la próxima recarga y repetirlas periódicamente.

El titular aporta información adecuada en relación con los análisis de tiempos límite.

El CSN ha realizado en inspección, con posterioridad al informe preliminar, comprobaciones documentales sobre dichas pruebas de control manual de la turbobomba y el alivio en manual de los generadores de vapor realizadas en la unidad I con resultado satisfactorio, además de otras verificaciones relevantes.

Tras las actuaciones realizadas, la evaluación del CSN concluye que no tiene observaciones adicionales a la información aportada por la central.

- **Mejoras propuestas por la central nuclear de Almaraz ante sucesos de pérdida de energía eléctrica**

Con el fin de mejorar la robustez de la central frente a este tipo de situaciones, el titular propone abordar las siguientes actuaciones:

- Realización de pruebas periódicas de alimentación exterior desde las centrales hidráulicas.
- Realizar un seguimiento del estado del arte en relación con los nuevos sellos de las RCP, valorando su implantación en otras centrales y la capacidad de los mismos en caso de accidente.
- Procedimentar y ejecutar pruebas periódicas de funcionamiento de la TBAFW con control manual.
- Dar formación al personal de planta en la maniobra local de las válvulas de alivio de los generadores de vapor y control de la TBAFW en las situaciones particulares de iluminación y comunicaciones en condiciones de SBO.
- Dotar adicionalmente a la central de capacidad, con equipos portátiles, en principio para reponer inventario al RCS desde el tanque de agua de recarga, y aspiración del embalse y de inyección a los generadores de vapor o al tanque o a la aspiración de la TBAFW.
- Dotar a la central de generador eléctrico portátil para alimentar el control de la turbobomba, y para el suministro a la bomba de prueba hidrostática, con capacidad para alimentar un cargador de baterías y dos motores simultáneamente.
- Disponer de instrumentación adicional portátil y mejora de la actual para el control de la TBAFW y del nivel de los generadores de vapor, y para otras actuaciones frente a los sucesos considerados.

– Mejoras en cuanto a disponibilidad de las comunicaciones, tal como la conexión de la megafonía a diesel portátil; implantación de un sistema de comunicación inalámbrica por toda la planta; aumento de la capacidad de la batería de la centralita telefónica; reforzar la formación en cuanto a comunicación con sala de control. Asimismo se incluyen previsiones para mejorar la autonomía de los sistemas de alumbrado.

Las previsiones de mejora propuestas por la central, en la etapa de desarrollo actual se consideran válidas, aunque la viabilidad de utilizar equipos portátiles está sujeta a los resultados del análisis específico de disponibilidad de personal que se requiere en el apartado 4.1.c de este informe.

Con la implantación de estas medidas los tiempos de las situaciones límite quedarían ampliados y pasarían a ser función de la autonomía de los equipos portátiles.

- **Pérdida del sumidero final de calor (UHS)**

- *Posición del titular*

El sumidero de calor principal está formado por el condensador y el sistema de agua de circulación que lo refrigera con el agua del embalse de Arrocampo. Este sistema no tiene función de seguridad, por lo que no se considera como clase de seguridad. El sumidero final de calor (UHS) que sí realiza función de seguridad está formado por el embalse de Arrocampo, el embalse de agua de servicios esenciales y el sistema de agua de servicios esenciales (ESW). Sus presas, así como los componentes del sistema de agua de servicios esenciales pueden resistir el terremoto de parada segura (SSE), disponiendo además de un margen sísmico de 0,3 g.

El ESW suministra agua para la refrigeración de los generadores diesel de emergencia 1DG a 4DG y permite evacuar la carga térmica de los componentes, o de sus sistemas soporte, necesarios para llevar la central a una condición estable. Asimismo permite evacuar la carga térmica del sistema de refrigeración de la piscina de combustible gastado.

La estructura de toma de agua del ESW está situada en el dique de Categoría Sísmica I que separa el embalse de Arrocampo del embalse de agua de servicios esenciales, de manera que pueda entrar el agua desde ambos lados por unos aliviaderos, que normalmente están bajo el nivel del agua. Si se postula la pérdida de la capacidad de la estructura de toma se perdería el ESW.

La descarga del ESW se puede realizar a:

– El embalse de Arrocampo a través del túnel de descarga de agua de circulación, calculado para resistir el terremoto de parada segura (SSE).
– El embalse del agua de servicios esenciales bien por las boquillas pulverizadoras existentes en los colectores situados sobre la pantalla de separación térmica o bien directamente gracias al aliviadero existente al efecto.

Cada uno de los embalses está licenciado para garantizar por sí solo la extracción de calor de ambas unidades, por ello la pérdida de uno de ellos no supondría la pérdida del sumidero final de calor:

– Pérdida de la presa de Arrocampo: el sumidero final de calor de la central está garantizado con el embalse de agua de servicios esenciales durante más de 30 días. Adicionalmente, se dispone de medidas para proteger el embalse de agua de servicios esenciales, incluyendo el disparo de los dos reactores y el inicio de los procedimientos de parada.
– Pérdida del embalse de agua de servicios esenciales: se mantiene el embalse de Arrocampo como sumidero final de calor, realizándose una parada ordenada de la planta según las Especificaciones Técnicas.

– Pérdida de la toma de esenciales: se perderían las cinco bombas del sistema de agua de servicios esenciales y la situación sería similar a la descrita para SBO con la diferencia de que se dispondría del quinto generador diesel (5DG) para, alineándolo alternativamente a una y otra unidad, garantizar el suministro eléctrico de corriente continua y alterna regulada a la instrumentación necesaria para la parada y al control de la TBAFW.

La principal causa potencial de un suceso de estas características sería la obstrucción de las rejillas. No obstante, de los sucesos de obstrucción de la estructura de captación en centrales nucleares, un porcentaje muy elevado de casos no se podrían producir en esta central, por el tipo de refrigeración mediante embalse, la localización física y las condiciones meteorológicas que históricamente se han presentado en la zona; y para el resto de casos (obstrucción por broza y peces), aunque podrían ser aplicables, la experiencia ha demostrado que las medidas adoptadas por la central nuclear de Almaraz son eficaces para prevenir este tipo de problemas. Estas medidas consisten básicamente en:

– La central cuenta con un procedimiento de "Control de las condiciones termoecológicas del embalse de Arrocampo".
– En el año 1993, se estableció un plan de seguimiento y control de los micrófitos sumergidos.
– Se ha implantado una modificación de diseño que ha mejorado el control y funcionamiento de las rejillas, pasando de estar siempre en funcionamiento, a disponer de un arranque automático cada ocho horas y otro siempre que exista diferencia de nivel entre ambos lados de la rejilla.
– Mediante el departamento de Protección Radiológica y Medio Ambiente se está en contacto con otras centrales españolas y con el intercambio de las experiencias operativas con el resto de centrales, se está informado de los sucesos relacionados con el tema.

En el caso de que se perdiera la toma de agua de servicios esenciales, las acciones a tomar serían las siguientes:

– Disparo manual del reactor y de las RCP debido a la pérdida de refrigeración.
– Enfriamiento y despresurización del primario para disminuir el riesgo de fallo de los sellos de las RCP. El enfriamiento se realizaría con la TBAFW y con el *by-pass* de turbina al condensador o con las válvulas de alivio de los generadores de vapor.
– Aporte a los tanques de agua de alimentación auxiliar y de condensado desde los tanques de la planta de agua.
– El límite de esta situación sería el mismo que el del escenario de LOOP con pérdida de los generadores diesel 1DG a 4DG. La fuga que se produce a través de los sellos de las RCP lleva a la necesidad de aportar agua al RCS, para reponer inventario.

La central de Almaraz considera que las medidas de mejora analizadas y propuestas para el SBO son válidas y adecuadas para este escenario, por lo que no se identifican medidas adicionales.

- *Evaluación del CSN*

Ver la evaluación del apartado siguiente

- **Pérdida de sumidero de calor combinado con SBO**

- *Posición del titular*

Las posibles situaciones que podrían tener lugar relacionadas con una pérdida del sumidero final de calor junto con SBO son:

- Pérdida de la presa de Arrocampo con SBO: el sumidero final de calor de la central está garantizado con el embalse de agua de servicios esenciales durante más de 30 días. La situación es idéntica a la de SBO.
- Pérdida del embalse de agua de servicios esenciales con SBO: se mantiene el embalse de Arrocampo como sumidero final de calor. La situación es idéntica a la de SBO.
- Pérdida de la toma de esenciales con SBO: la situación es idéntica a la de SBO.

En los escenarios analizados, la situación es idéntica a la descrita para SBO, excepto en que alineando el generador diesel 5DG alternativamente a ambas unidades se pueden cargar las baterías y por lo tanto mantener en servicio la instrumentación y el control de la turbobomba de agua de alimentación auxiliar durante tiempo prolongado.

La central considera que las medidas de mejora analizadas y propuestas para el SBO son válidas y adecuadas para este escenario, por lo que no se identifican medidas adicionales.

- *Evaluación del CSN*

En este apartado se evalúa la pérdida del UHS, con y sin SBO

El titular ha proporcionado una descripción adecuada de las provisiones existentes en el diseño para evitar la pérdida del UHS y ha analizado la situación a la que conduciría la pérdida del UHS con y sin SBO con un alcance adecuado.

La información relativa a la base de diseño del UHS, que incluye la pérdida de cualquiera de los dos embalses del UHS, ha sido evaluada y licenciada por el CSN en etapas anteriores. Adicionalmente, los equipos y procedimientos relacionados han sido objeto de inspección por parte del CSN en repetidas ocasiones.

En los casos de pérdida del UHS con y sin SBO el titular identifica y propone mejoras para aumentar la robustez de la planta. Dichas medidas son las mismas que se han identificado en el apartado de pérdida de energía eléctrica dado que la pérdida del UHS conduciría a una situación en la que, para proteger las funciones de seguridad, se contaría, con los mismos sistemas que para la situación de pérdida de energía eléctrica.

La modificación de diseño realizada en el sistema de agua de servicios esenciales de la unidad II, y que se ejecutará en la unidad I en la próxima recarga (picaje para la conexión de medios portátiles de bombeo) permitirá disponer de una fuente adicional para refrigerar durante un tiempo superior a las 24 horas el sistema secundario de los generadores de vapor. Esta modificación se considera adecuada.

El titular ha realizado cálculos realistas para estimación de tiempo de agotamiento de las fuentes de agua actualmente disponibles para el sistema de agua de alimentación auxiliar. El resultado es que el tiempo disponible con los tanques de AFW y de condensado es mayor de 24 horas. Las maniobras de actuación manual de la turbobomba del sistema de agua de alimentación auxiliar y de alivio de los generadores de vapor han sido probadas con éxito en la unidad I (en la unidad II se van a probar en la próxima parada para recarga).

La evaluación del CSN considera adecuadas las propuestas de mejora presentadas por la central de Almaraz.

El titular ha presentado un cálculo de la temperatura que se alcanzaría en la sala de la turbobomba de AFW con su puerta cerrada. Las conclusiones de dicho cálculo son que la temperatura que se

alcanzaría a las 24 horas de operación de la turbobomba es de 74 ºC y que este valor es inferior al que podría afectar a la operación del equipo. Sin embargo, se considera que dicho cálculo arroja valores que dificultarían la maniobra local de operación de la turbobomba. Por tanto, el titular deberá incluir un análisis adicional acerca de las condiciones de habitabilidad que permita demostrar la viabilidad de la estrategia de operación manual de la turbobomba.

4.2.5.c Gestión de accidentes

- **Planificación de la gestión de accidentes**

- *Posición del titular*

El titular de la central nuclear de Almaraz propone analizar la organización y medios disponibles para hacer frente a la gestión de emergencias, y dimensionar los cambios organizativos en el medio plazo.

El titular indica mejoras específicas en el apartado de comunicaciones para robustecer la capacidad de comunicación de la central que propone implantar en el medio plazo. De forma coherente con la puesta en marcha del nuevo Centro Alternativo de Gestión de Emergencias (CAGE) plantea otra serie de mejoras en aspectos relacionados con las comunicaciones y cuyo análisis concluirá en el corto plazo y que propone implantar en el largo plazo.

En relación con las rutas de acceso al emplazamiento en caso de sucesos extremos, el titular ya había informado en su informe preliminar de la existencia de 12 rutas viables de acceso al emplazamiento en caso de sismo severo. En este informe identifica que existen cinco rutas viables de acceso de vehículos convencionales al emplazamiento en caso de inundación por rotura parcial de la presa de Valdecañas y tres rutas viables por máximas avenidas.

El titular establece nuevos niveles de dosis de referencia para el personal que intervenga en una emergencia, indicando que serán trabajadores voluntarios, e informados. Estos niveles de dosis se corresponden con los establecidos en la ICRP-103.

- *Evaluación del CSN*

La propuesta del titular de analizar la organización y medios para hacer frente a la gestión de emergencias deberá ampliar los estudios y adoptar las soluciones que en temas organizativos se deriven, en relación con sucesos como los propuestos que afecten de forma simultánea a ambas unidades.

El titular plantea incorporar en el corto plazo medios adicionales para incrementar la robustez en el área de comunicaciones, lo que se considera aceptable. En cuanto a las mejoras de mayor calado que irán asociadas a la puesta en marcha del nuevo CAGE, ello se considera aceptable, si bien el titular deberá estudiar e informar al CSN de la incorporación de medidas provisionales a corto-medio plazo, de forma que se disponga de mejoras de capacidades, aunque sean parciales, antes de las fechas de implantación de largo plazo.

En relación con las rutas de acceso a la instalación, se considera aceptable el análisis presentado.

En cuanto a los niveles de dosis de referencia para el personal que intervenga en una emergencia, y tal y como ya se ha mencionado en el apartado 4.1.c de este informe, el CSN considera necesario establecer unos niveles de referencia homogéneos para todas las centrales nucleares españolas. No obstante, el titular deberá considerar en el corto plazo un marco que garantice tanto la protección individual como la factibilidad de acometer las actuaciones de mitigación de la emergencia tal y como se contempla en el TECDOC 953 y en las BSS del OIEA.

- **Medidas de gestión de accidentes en el reactor**

- *Posición del titular*

Al igual que el resto de las centrales, el titular describe las medidas existentes a nivel de equipos, procedimientos y personal humano para prevenir, mitigar y gestionar accidentes severos.

La central de Almaraz analiza también las diversas estrategias contenidas en sus GGAS y su capacidad de proteger la contención y mitigar liberaciones al exterior, concluyendo que, con los medios ya existentes se tomarán las medidas encaminadas a recuperar equipos o funciones que permitan mitigar o paliar las consecuencias de los accidentes.

Con las medidas actualmente contempladas en las GGAS y con las mejoras que se proponen en los capítulos anteriores, el titular indica que dispone de capacidad suficiente para hacer frente a accidentes severos. Así, aunque el objetivo inicial de las medidas propuestas de mejora para SBO sea el de evitar la degradación del núcleo, si esto no fuese posible, parte de las mismas permitirán hacer frente a las estrategias de accidentes severos.

En concreto, con el fin de aumentar la robustez de la instalación, además de lo indicado en el apartado general respecto de un nuevo Centro de Apoyo de Emergencias centralizado, Almaraz también indica que dispondrá de equipos portátiles en la central, que junto con la instrumentación portátil necesaria, permitirá, habilitando las conexiones adecuadas con los sistemas disponibles, hacer frente a escenarios de accidentes severos en el hipotético caso de pérdida total y simultánea de todas las medidas actualmente implantadas.

Esto permitirá junto con otras medidas de mejora encaminadas al control del hidrógeno y de sobrepresión en contención dotar de mayor redundancia de equipos a la planta para realizar las estrategias definidas en las GGAS. Las medidas que propone el titular son:

- Dotar a la bomba de prueba hidrostática de alimentación eléctrica adicional desde un generador y disponer de una bomba portátil con capacidad para inyectar al primario. El titular indica que con esta acción de mejora se podrá hacer frente a las siguientes estrategias de accidentes severos: "inyección en el RCS, "inyectar en contención" e "inundación de contención".
- Disponer de capacidad adicional, con equipos portátiles, para reponer inventario al tanque de agua de alimentación auxiliar y suministrar agua a la aspiración de la turbobomba del AFW. El titular indica que con esta acción de mejora se podrá hacer frente a la siguiente estrategia de accidentes severos: "inyectar agua en los generadores de vapor".
- Disponer de capacidad adicional, con equipos portátiles, para alimentar a los generadores de vapor. El titular indica que con esta acción de mejora se podrá hacer frente a las siguientes estrategias de accidentes severos "inyectar agua en los generadores de vapor".
- Disponer de capacidad adicional, con equipos portátiles, para alimentar al sistema de rociado de contención. El titular indica que con esta acción de mejora se podrá hacer frente a las siguientes estrategias de accidentes severos: "inyectar en contención", "reducir la liberación de productos de fisión", "control de condiciones de contención", "inundación de contención, "mitigación de las emisiones de productos de fisión" y "despresurización del recinto de contención".
- Evaluar la conveniencia de dotar a la central de conexión a un generador portátil de las unidades de filtración de emergencia de sala de control.

Almaraz tiene previsto dotar adicionalmente a la central de PAR (recombinadores de hidrógeno pasivos autocatalíticos) encaminadas a mejorar el control de hidrógeno, aun el caso de un SBO prolongado. El

titular indica que con esta acción de mejora se podrá hacer frente a las siguientes estrategias de accidentes severos: "reducción de la concentración de hidrógeno en contención" y "control de la inflamabilidad del hidrógeno de contención".

En relación con la acumulación de hidrógeno en otros edificios, la central ha presentado un cálculo de concentración de hidrógeno en los edificios de salvaguardias y de combustible. Las conclusiones de dicho cálculo, realizado con el código MAAP-4, es que no se superaría la concentración del 4%.

En lo que se refiere a posibles mejoras en el control de presión en contención y con objeto de dotar a la central de distintas alternativas diversas capaces de mitigar un accidente severo con presurización de la contención, la central de Almaraz instalará un sistema de venteo filtrado de contención, habiendo valorado previamente las diversas alternativas existentes y asegurando que los posibles riesgos asociados a este sistema quedan eliminados o reducidos a niveles aceptables.

En cuanto a la instrumentación, el titular indica que, para aumentar la robustez de la central, las medidas de las variables requeridas se pueden realizar mediante un sistema portátil que la centralAlmaraz tiene previsto dotar adicionalmente a la central. Dicho sistema portátil se conectaría a los terminales de las señales en las cabinas de sala de control o en cabinas locales.

El titular incluye en su informe, para un conjunto de secuencias de accidente severo, los tiempos en que se producirían determinados eventos (situaciones límite). Los cálculos se han realizado con MAAP-4. Para el caso en que el sistema de AFW estuviera disponible durante 30 horas (tiempo garantizado en base al inventario de agua en los tanques de AFW y condensado) el descubrimiento del núcleo se produciría a las 41 horas y la rotura de la vasija a las 49 horas.

- *Evaluación del CSN*

Tanto los procedimientos de operación de emergencia, POE, como las Guías de Gestión de Accidentes Severos, GGAS, se han incorporado en esta central a partir de los estándares del grupo de propietarios de Westinghouse, PWROG. Se consideran adecuados para llevar a cabo su función y han sido comprobados por el CSN mediante inspecciones y evaluaciones.

El titular incluye en las medidas adicionales de refuerzo las relacionadas con equipos portátiles para prevenir o minimizar el daño al combustible. Todas estas medidas de mejora se consideran positivas dado que permiten hacer frente a una situación prolongada de SBO con mayores garantías y ya han sido discutidas en el apartado correspondiente.

En cuanto a la prevención frente a secuencias de daño al núcleo con alta presión en primario, la estrategia manual de alivio de vapor principal se considera positiva. Adicionalmente, se considera que el titular debería analizar y, en caso necesario, implantar alguna mejora sobre la capacidad de actuación de las válvulas de alivio del presionador en el escenario de accidente severo coincidente con sismo y pérdida total de fuentes de energía eléctrica (incluidas las de continua).

Las medidas propuestas por la central de Almaraz para los accidentes severos relativas al control de hidrógeno (instalación de PAR) y a la despresurización de contención (instalación de un sistema de venteo filtrado y medidas para alimentar el sistema de rociado de contención mediante equipos portátiles) se consideran todas ellas positivas.

En relación a las estrategias de inundación de la contención y la cavidad del reactor, el titular ha analizado en su informe final la instrumentación y los equipos importantes que se perdería, en el supuesto de inundar la contención. Del análisis efectuado el titular concluye que podrían resultar afectados equipos

que intervienen en alguna de las vías alternativas de aporte de agua al recinto de contención, pero que las vías principales de aporte no se verían afectadas. En cuanto a la instrumentación, quedarían sumergidos los transmisores de presión del recinto de contención PT-50-TMI y PT-51-TMI (rango ancho: -0,33 a 12,65 kg/cm^2) quedando por encima del nivel de inundación los trasmisores de presión PT-6315 a PT-6318 (rango estrecho: -0,28 a 4,57 kg/cm^2). También se podrían ver afectados dos de los cuatro sensores de detección de hidrógeno de cada tren y dos de los cinco elementos de temperatura del aire del recinto de contención. En relación con este asunto el titular deberá analizar la posibilidad de reubicar o proteger la mencionada instrumentación teniendo en cuenta su posible utilidad en las estrategias de las GGAS. Asimismo, se considera que es conveniente especificar dentro de las GGAS los equipos importantes que quedarían sumergidos en función del nivel alcanzado en contención, e igualmente analizar el impacto de la pérdida de estos equipos en las estrategias de las GGAS.

En relación con la estrategia de venteo de la contención, el análisis del titular concluye que no todas las alternativas actualmente incluidas en las GGAS son efectivas. Las únicas efectivas, por proporcionar un caudal significativo para cumplir la función requerida, serían el sistema de purga del edificio de contención y el sistema de purga de hidrogeno; sin embargo, para estos dos sistemas no se puede garantizar que el caudal venteado pueda ser dirigido a la chimenea ya que la presión de diseño de los conductos en el interior del edificio de combustible es muy baja, así como la de los equipos (unidad de filtración, ventiladores). El titular va a modificar las GGAS para que quede recogida esta limitación de forma adecuada. La capacidad de venteo mejorará sustancialmente con la instalación de un futuro sistema de venteo filtrado.

En relación con la instrumentación portátil para los parámetros importantes en la gestión del accidente severo, el titular indica en el informe que tiene previsto incorporar mejoras. Sin embargo, en la tabla que resume la lista de mejoras no incluye dicha medida, ni el listado de instrumentos que se verían afectados. El titular deberá completar este aspecto.

Asimismo, la central de Almaraz ha estimado la acumulación de hidrógeno en los edificios de salvaguardias y de combustible a los que pudieran llegar las fugas del recinto de contención en caso de accidente severo. Para estos cálculos, el titular ha utilizado el código MAAP-4 y presenta un valor de concentración de hidrógeno para cada edificio. Se considera que el cálculo es un planteamiento aceptable como primera aproximación al problema; sin embargo, el titular deberá analizar con más detalle la necesidad de completar este análisis teniendo en cuenta las posibles vías de escape del hidrógeno (venteo, fallo de las líneas de venteo, fugas en penetraciones a altas presión en el interior de la contención) y la dinámica de propagación en las diversas salas de los edificios de salvaguardias y de combustible teniendo en cuenta su geometría, para estimar posibles concentraciones locales que, aunque de corto tiempo de permanencia, podrían conducir a la superación de concentraciones peligrosas.

En cuanto a la disponibilidad de boro para hacer frente a posibles recriticidades, la central establecerá una precaución en sus procedimientos para que solamente se aporte al RCS agua borada. Además, una vez revisada esta estrategia, el titular ha detectado que la alternativa planteada del aporte de agua no borada desde el sistema de agua de servicios esenciales para reponer nivel en el TAAR y aportar al RCS no es adecuada, por lo que se ha decido eliminarla de la GGAS.

El titular ha analizado la disponibilidad de equipos para hacer frente a las estrategias recogidas en las GGAS en caso de sismo e inundación, garantizándose que al menos una estrategia por GGAS permanecería disponible.

La medida de mejora propuesta de evaluar la necesidad de dotar a las unidades de filtración de emergencia de la sala de control de conexión a un generador portátil para garantizar la habitabilidad de dicha sala en caso de accidente severo se considera positiva.

Adicionalmente, se considera que el titular debe ampliar las mejoras propuestas con el análisis de los siguientes aspectos (cuyas conclusiones podrían derivar en modificaciones de diseño a procedimientos de la central):

- Gestión de los accidentes severos que se producen desde los estados de funcionamiento de la parada.
- Capacidad de la instrumentación asociada a parámetros críticos para las estrategias de accidentes severos de proporcionar información fiable bajo las condiciones de los accidentes severos en contención (por ejemplo, la presión de contención, la presión del RCS o la concentración de hidrógeno en contención).
- Capacidad de estanqueidad de las válvulas de aislamiento de contención y de las penetraciones bajo las condiciones de presión, temperatura y radiación del accidente severo. Se considera que la central deberá analizar el tema para obtener una estimación de la fuga y, en su caso, para identificar e implantar potenciales mejoras.

- **Pérdida de inventario y/o refrigeración de piscinas de combustible**

- *Posición del titular*

El sistema de refrigeración de la piscina de combustible gastado (PCG) es un sistema relacionado con la seguridad y como tal es un sistema de Clase de Seguridad 3 y Categoría Sísmica I. En caso de LOCA o pérdida de energía eléctrica exterior, las bombas del sistema de refrigeración de la PCG entran en la secuencia manual de conexión de cargas a los generadores diesel. Las válvulas de suministro de agua de refrigeración de componentes a los intercambiadores de la PCG, aunque cierran con señal de aislamiento en fase "A", se podrían abrir manualmente para permitir su refrigeración. La temperatura del agua de la piscina debe mantenerse en todo momento menor o igual que 60 ºC (140ºF).

En caso de fallo del sistema de refrigeración de la piscina, se dispone de las siguientes posibilidades alternativas de refrigeración:

- Sistemas de extracción de calor de la piscina de combustible. La función de extracción de calor de la PCG se puede realizar con:
  - El sistema de purificación del agua de recarga (RW), transfiriendo agua desde el tanque de agua de recarga a la piscina de combustible y viceversa.
  - Si el origen de la pérdida de refrigeración de la piscina es la pérdida del sistema de agua de refrigeración de componentes de la unidad, también se puede realizar la función de extracción de calor con los cambiadores del sistema de refrigeración de la piscina de la otra unidad.
- Sistemas de reposición de inventario a la piscina de combustible. La función de reposición de inventario a la PCG, se puede realizar por los siguientes medios:
  - Puede bombearse agua bien desmineralizada a la PCG o bien del sistema de reposición del reactor, de Categoría Sísmica I.
  - El aporte de agua de emergencia a la piscina se realizaría desde el embalse de servicios esenciales (Categoría Sísmica I) mediante una conexión de la tubería de descarga de las bombas del sistema RW. Tanto el sistema de servicios esenciales como las bombas del RW y la tubería de descarga a la misma están clasificadas como Clase de Seguridad 3 y Categoría Sísmica I.
  - Aporte de agua mediante las mangueras del sistema de protección contra incendios (FP). Como aporte de reserva se dispone además de un suministro alternativo de agua desde las conexiones de mangueras situadas en el edificio de combustible, en la zona próxima a la piscina, con agua procedente del anillo de distribución del sistema de protección contra incendios, cuyas fuentes de suministro son el embalse de Arrocampo y el embalse de servicios esenciales. El sistema FP dispone de una bomba diesel que estaría disponible en caso de SBO.

Estas alternativas para la refrigeración y reposición de agua a la PCG están contempladas en los correspondientes procedimientos de operación de fallos e instrucciones auxiliares de la central.

En la PCG se dispone de instrumentación de nivel (dos indicadores locales; rango 10,6 a 14,6 metros) y de temperatura (dos indicadores locales, que envían señal al ordenador de planta y que dan alarma en sala de control; rango 0 a 100 ºC).

En cuanto al riesgo de recriticidad en la PCG el titular ha realizado un análisis con el programa SCALE-4.4/KENO V.a. La conclusión de este análisis es que no se producirá la recriticidad de los elementos combustibles almacenados en la piscina, aún en el caso de que se reponga el agua evaporada con agua no borada, siendo por lo tanto válidas las estrategias planteadas de reposición de agua no borada.

El titular incluye en el informe cálculos de tiempos disponibles hasta la ebullición y hasta diferentes niveles de agua (hasta el descubrimiento de los elementos combustibles) en caso de pérdida total de la refrigeración y para diferentes cargas térmicas en la PCG. El caso más desfavorable es el de inicio de recarga (todos los elementos combustibles en la PCG); en este caso se obtienen tiempos de 5,4 horas para ebullición y 58,3 horas hasta el descubrimiento de los elementos combustibles. En el caso de la carga térmica correspondiente al final de una recarga tipo el tiempo hasta la ebullición sería de 14,8 horas, y de 160,1 horas hasta que el nivel alcanza la cota superior de los elementos combustibles.

En relación con el posible vaciado accidental de la PCG:

- Las juntas de inflado de las compuertas tienen una capacidad HCLPF de 0,3g.
- Las tuberías del sistema de refrigeración de la aspiración y del retorno tienen una capacidad HCLPF de 0,3g. La línea de retorno contiene un orificio antisifón de 1,27 cm (1/2 pulgada) de diámetro, cerca de la superficie del agua para impedir el vaciado por sifón de la piscina.

El titular propone las siguientes mejoras relacionadas con la pérdida de la capacidad de enfriamiento y reposición de inventario a la piscina de combustible:

- Modificaciones de diseño:
  - Instalar nuevos sensores de nivel de agua de la PCG, Categoría Sísmica I, y con rango desde el fondo de la piscina hasta la superficie.
  - Llevar indicación de temperatura de la piscina a sala de control.
  - Cualificar sísmicamente la bomba diesel de PCI, para aumentar la capacidad de reposición a la piscina.
  - Disponer de equipos portátiles para reponer inventario de agua en la piscina.
  - Dotar de capacidad de reposición de inventario a la piscina de combustible desde el nuevo sistema sísmico de PCI.
  - Disponer de instrumentación portátil de vigilancia de temperatura y nivel de la piscina.
- Análisis adicionales:
  - Analizar la posibilidad de dotar a la central de un sistema de aspersión de la piscina para reducir las emisiones de productos de fisión y reponer inventario simultáneamente.

Adicionalmente menciona el seguimiento de los trabajos en EPRI sobre los fenómenos asociados a las fases más severas de la degradación del combustible, y la reevalaución del procedimiento "Purificación y refrigeración de la piscina de combustible y purificación del tanque de recarga y de la cavidad del reactor" como consecuencia de los trabajos realizados a requerimiento del CSN, en respuesta a las recomendaciones de WANO SOER 2011-2.

- *Evaluación del CSN*

El titular incluye la información relativa a la base de diseño de la piscina de combustible gastado (PCG) y sus sistemas asociados de refrigeración. Estos aspectos han sido evaluados y licenciados en etapas anteriores de la central. Adicionalmente, los equipos y procedimientos relacionados han sido objeto de inspección por parte del CSN en repetidas ocasiones.

El titular describe las medidas actualmente disponibles para hacer frente a los escenarios de pérdida de refrigeración de la PCG. Las alternativas actuales de refrigeración y reposición de agua a la PCG no estarían disponibles en caso de SBO, excepto el sistema de protección contra incendios que cuenta con una bomba diesel (actualmente no sísmica) Las medidas propuestas por el titular encaminadas a fortalecer la capacidad de refrigeración en caso de SBO y de sismo se consideran positivas y necesarias. Así mismo, se consideran positivas el resto de las medidas propuestas.

En relación con los tiempos límites, el titular no ha tenido en cuenta el descenso de nivel debido al *sloshing* (10 cm para un sismo de 0,3g). Considerando esta pérdida de refrigerante los tiempos disponibles hasta ebullición y hasta el descubrimiento serían menores. Dado que esta pérdida de nivel está en el entorno del 1% de la altura total de la piscina, se considera que el efecto no es significativo.

- **Aspectos de protección radiológica**

- *Posición del titular*

El titular indica en su informe que la central de Almaraz dispone de un amplio margen para hacer frente a un accidente base de diseño, desde el punto de vista de los operadores de sala de control, con el sistema de habitabilidad operable. Aun suponiendo que no estuviese disponible, se asegura una adecuada protección contra la radiación, teniendo para ello previstas una serie de medidas, entre las que se pueden destacar la disponibilidad de máscaras y equipos de respiración autónomos.

La central ha estimado la dosis que recibiría el personal que se encuentre en la envolvente de sala de control en caso de un accidente severo en las dos unidades tras una pérdida prolongada de la alimentación eléctrica y en el que se requiere el venteo de contención. Los resultados del análisis muestran que, en el supuesto de que el venteo sea filtrado, estableciendo turnos y utilizando equipos de protección personal, las dosis estimadas son inferiores a los niveles de intervención en emergencias. Adicionalmente el titular tiene previsto evaluar a medio plazo la conveniencia de dotar a la central de conexión a un generador portátil de las unidades de filtración de emergencia de la sala de control.

En relación con las condiciones radiológicas en otros centros de apoyo a la emergencia la central ha estimado de forma preliminar que, en la situación actual, dichas condiciones serían comprometidas en accidentes con daño al núcleo. El titular propone la construcción de un centro alternativo en el emplazamiento para la gestión de la emergencia disponible en 2015, con posibilidad de control radiológico de los trabajadores para garantizar su permanencia en condiciones adecuadas. Esta propuesta se abordará de forma sectorial.

En relación con los medios disponibles para el seguimiento y control de las emisiones radiactivas en caso de accidente, la central de Almaraz cuenta con el sistema de vigilancia de la radiación de áreas y procesos, que incluye monitores y toma de muestras post-accidente, la Red de Alerta de la Radiactividad Ambiental, el Plan de Vigilancia Radiológica en Emergencia y procedimientos para el cálculo de la actividad vertida.

El titular cuenta además con medios de protección personal, dosímetros, y equipos portátiles para el control radiológico de los trabajadores y de los niveles de radiación y contaminación.

El análisis realizado por el titular de los medios disponibles en los escenarios estudiados ha permitido identificar las siguientes medidas de mejora:

- Modificar el sistema de toma de muestras de la atmósfera del recinto de contención en emergencia, independizándolo de la alimentación eléctrica.
- Proporcionar medios adicionales para la realización del PVRE en condiciones adversas.
- Estudiar la posibilidad de instalar baterías y/o paneles solares en las estaciones de medida de la Red de Alerta de la Radiactividad Ambiental.

Adicionalmente, se van a analizar junto con el resto de titulares, posibles equipos adicionales y mejoras en los actuales medios de protección radiológica para adecuarlos a las potenciales condiciones existentes en los escenarios analizados. Este análisis está previsto que finalice en junio de 2012, a partir de ese momento será necesario implantar las mejoras identificadas.

Respecto a la identificación de condiciones radiológicas que podrían impedir llevar a cabo actuaciones manuales locales, la central de Almaraz ha estimado de forma preliminar, los cubículos que se verían afectados por cada una de las estrategias definidas en las GGAS actualmente vigentes, una vez producido el daño al núcleo, e identifica que, para actuaciones locales previstas en las GGAS, se presentarían situaciones radiológicas comprometidas. El titular identifica la necesidad de profundizar en este aspecto. A este respecto propone desarrollar guías de actuación para cada una de las GGAS con los aspectos de protección radiológica a tener en cuenta en función de las dosis esperables.

En relación con las piscinas de combustible gastado el titular ha identificado que la pérdida de la capacidad de blindaje, en la situación más desfavorable correspondiente al inicio de la recarga, se alcanzaría para un nivel de agua de tres metros por encima de la parte superior de los elementos de combustible, y estima el plazo de tiempo hasta alcanzar este nivel de agua en 38,2 horas. Señala finalmente que en estas condiciones se podrían realizar intervenciones locales de 15 minutos con los niveles de referencia actualmente establecidos. En relación con lo anterior, la central de Almaraz propone además realizar una revisión del procedimiento aplicable para la refrigeración de la piscina de combustible.

- *Evaluación del CSN*

El diseño actual de la envolvente de la sala de control de la central ha sido evaluada y aceptada por el CSN y garantiza que la exposición a la radiación del personal que en ella se encuentre durante cualquier accidente base de diseño de una de las dos unidades, no excede los límites del Criterio General de Diseño 19, del Apéndice A del 10 CFR 50 de la NRC.

El CSN considera que el análisis de habitabilidad realizado por el titular en caso de accidente severo presenta incertidumbres importantes (fugas de contención, características y eficiencia del venteo filtrado a implantar, condiciones atmosféricas, caudal de entrada de aire a sala de control, tiempos de permanencia, etc.). En este sentido se considera positiva la propuesta del titular de evaluar la conveniencia de dotar a la central de conexión a un generador portátil de las unidades de filtración de emergencia de la sala de control; si bien el análisis debería realizarse a corto plazo.

Se valora positivamente la propuesta de construcción de un CAGE. En el apartado 4.1.c se han avanzado las conclusiones generales a este respecto.

En relación con los medios para el seguimiento y control de las emisiones radiactivas, se considera como una fortaleza que la central de Almaraz disponga de una Red de Alerta de Radiactividad Ambiental con indicación en sala de control y CAT. No obstante, sería conveniente mejorar la citada red para permitir, a medio plazo, la recepción automática de los datos en sala de control y CAT y su posterior envío a la sala de emergencias del CSN.

Se considera positivo tanto las medidas de mejora identificadas por el titular, como el análisis que van a realizar conjunta y coordinadamente todos los titulares de las centrales españolas sobre los medios y equipos de protección radiológica que sería conveniente disponer en los escenarios analizados en las presentes pruebas de resistencia. En el caso concreto de la central de Almaraz el análisis deberá contemplar, al menos, la disponibilidad de los monitores de radiación post-accidente en escenarios de SBO prolongado y su correcto funcionamiento en las condiciones de accidente severo. Resultan también de aplicación las conclusiones genéricas indicadas en el apartado 4.1.c.

Se valora positivamente la propuesta de realización de guías de actuación para cada una de las GGAS con los aspectos de protección radiológica a tener en cuenta en función de las dosis esperables. La central debe ampliar el análisis de impedimentos para la realización de acciones manuales locales a las nuevas acciones de recuperación mediante medios portátiles y de toma de muestras. En el apartado 4.1.c se han avanzado las conclusiones generales a este respecto.

En cuanto a la metodología, códigos de cálculo y datos de partida utilizados por el titular para el cálculo de las tasas de dosis en función del nivel de agua en la piscina, estos se consideran adecuados. También se considera apropiada la propuesta de Almaraz de revisar el procedimiento aplicable para la refrigeración de piscina. A este respecto resulta de aplicación la conclusión general indicada en el apartado 4.1.c.

4.2.6 Central nuclear de Santa María de Garoña

4.2.6.a Sucesos naturales extremos

- **Terremotos**

- *Posición del titular*

El diseño sísmico original de la central, para el que se definió un terremoto base de diseño con una aceleración pico del suelo de 0,20g, se realizó con anterioridad a la existencia de la normativa sísmica que luego ha constituido práctica habitual de aplicación en las centrales españolas. Posteriormente, dentro del Programa de Revisión Sistemática (SEP, 1983), se estableció el valor de 0,10g para el sismo de parada segura (SSE ó DBE). En el contexto de las pruebas de resistencia se ha realizado una ampliación de los datos de sismos considerados, incluyendo los ocurridos desde el 1 de enero de 1983 hasta el 31 de julio de 2011, que ha confirmado la validez del valor del SSE establecido en la base de licencia.

La central tiene un sistema de instrumentación de vigilancia sísmica digital que cumple la RG 1.12 para detectar, registrar y analizar los movimientos sísmicos en el emplazamiento y dispone de un procedimiento de operación específico para el caso de que ocurra un sismo, el POA-751-001 "Actuación en caso de terremoto".

La protección de la planta frente al DBE se basa en los requisitos de diseño sísmico de ESC de acuerdo a su clasificación y al mantenimiento, a través de los procesos establecidos en las bases de licencia, de la calificación sísmica y del correcto estado de ESC, así como de sus modificaciones y repuestos. A lo largo de la vida de la central de Garoña se han realizado diferentes programas que han modificado la

clasificación sísmica de las ESC, adecuándolas a la normativa vigente y a los requerimientos del CSN. Entre los programas indicados, los más relevantes son:

- Proyecto Mark I: el CSN trasladó una exigencia de la USNRC referente a la re evaluación de la capacidad estructural del sistema de contención Mark-I, con el motivo de la consideración de nuevas cargas hidrodinámicas en la cámara de supresión.
- Programa de Revisión Sistemática (SEP): el objetivo de este programa fue revisar los códigos utilizados en origen con los requisitos vigentes en el momento del estudio.
- USI A-46 (SQUG): a raíz de la apertura por parte de la NRC de USI A-46, los equipos eléctricos, mecánicos y relés de las centrales nucleares en operación, que no se había incluido en el alcance del SEP por falta de metodología, se analizaron desde el punto de vista de su idoneidad sísmica.

El titular evalúa el margen sísmico de la planta utilizando los trabajos que ya había realizado mediante la metodología desarrollada por la NRC y EPRI (RLE de 0,3g y "*full scoped*"). En la última revisión del IPEEE, en julio de 2010, se actualizó el valor de HCLPF de una serie de equipos y se incluyeron algunos nuevos, reevaluándose el margen sísmico de la central. En el contexto de las pruebas de resistencia se ha complementado el IPEEE mediante la realización de nuevas inspecciones y la ampliación del alcance para considerar todas las funciones de confinamiento del combustible.

De acuerdo con los estudios realizados, el titular asigna a las funciones de seguridad necesarias para alcanzar y mantener la parada segura un valor mínimo de capacidad HCLPF de 0,28g. Este valor viene limitado por la capacidad de los relés de mínima tensión de las barras de emergencia BUS-E2-4C y BUS-E2-4D. También identifica un margen sísmico de 0,3g tanto para la integridad del combustible gastado almacenado en la piscina como para la integridad de la contención.

El titular ha evaluado el margen sísmico disponible en una serie de equipos utilizados en la gestión del Station Blackout (SBO) y en las Guías de Accidentes Severos (GAS). En todos los sistemas analizados se ha alcanzado un margen sísmico de 0,3g excepto en la bomba diesel de PCI (calificada únicamente para el DBE). La línea de transferencia de condensado en aporte a la piscina de combustible gastado y la línea de drenaje de la piscina de combustible a la cámara de supresión están pendientes de realizar los recorridos de inspección de acuerdo a la metodología de EPRI; el titular ha propuesto realizar estos recorridos en corto plazo como actuación adicional para verificar su robustez frente al sismo.

Se han analizado los efectos que produce un sismo con aceleración hasta 0,3g en el movimiento del agua de la piscina de combustible. En ningún caso se produciría una pérdida de inventario significativa y el agua derramada no tendría impacto sobre los equipos de seguridad de su entorno.

El titular ha analizado también la posibilidad de que un sismo más allá de las bases de diseño pudiera afectar a la presa del Ebro, situada a una distancia de 70 km en línea recta desde la planta. En el análisis se ha concluido que ésta mantendría su integridad frente a un sismo de 0,358g, lo que justifica que la hipótesis de su rotura no fuera considerada dentro de las bases de diseño de la central.

No obstante lo anterior, se ha realizado un análisis hidráulico de la rotura de la presa, con hipótesis realistas, que concluye que la cota de inundación no sobrepasaría la elevación 515,75 m y no afectaría por tanto a las áreas vitales de la instalación (cota de explanación de la planta, 518,0 m y cota de afección a estructura de toma, 516,5 m). El tiempo transcurrido hasta alcanzar el nivel máximo sería superior a 26 horas (el cauce del río tiene un recorrido de 158 km desde la presa hasta la central) lo que permitiría en un hipotético caso de rotura, adoptar las oportunas medidas preventivas.

El cumplimiento con las bases de licencia actuales, en relación al comportamiento sísmico se garantiza con la aplicación periódica de procedimientos, requisitos de vigilancia y actuaciones encaminadas a mantener adecuadamente las ESC y el sistema de vigilancia sísmica, así como sus modificaciones de diseño y repuestos asociados.

En relación con la posibilidad de que se pudieran producir efectos inducidos como consecuencia de un sismo, el informe de la central indica lo siguiente:

- Incendios y explosiones: el titular identifica la base de diseño frente a incendios y explosiones y señala el análisis de riesgo de fuegos como fuente de identificación de éstos, el cumplimiento con la base de diseño garantiza que la central está protegida frente al riesgo de fuego, sin embargo, el titular ha identificado los principales almacenamientos de material combustible y explosivo, para estos casos ha evaluado su margen sísmico identificando medidas para aumentar éste frente al sismo de 0,3g además indica que se verificará el margen de 0,3g del circuito de inyección de hidrógeno.
- Inundaciones internas: el titular identifica su base de diseño actual en la que no se consideran roturas circunferenciales en tubería no sísmica. El titular ha completado un análisis de márgenes sísmicos en áreas con equipos de parada segura con daños en estos tanto por inmersión como aspersión, además ha analizado actuaciones espurias del sistema de PCI. Asimismo ha realizado un análisis de inundaciones provocadas por grandes fuentes de agua para las que no se pueda asegurar su margen sísmico y análisis de la instrumentación para la detección de la inundación. El titular identifica líneas que requieren acciones de cara a adecuar el margen sísmico.

- *Evaluación del CSN*

Las bases de licencia actuales para el diseño sísmico de la central de Garoña han sido evaluadas y aceptadas por el CSN y han sido inspeccionadas repetidas veces por el CSN dentro de sus programas de supervisión. La revisión realizada considerando sismos desde el 1 de enero de 1983 hasta el 31de julio de 2011 confirma el valor del SSE establecido y se considera aceptable.

Los valores de HCLPF estimados por el titular se consideran justificados de acuerdo a la metodología de EPRI. Están pendientes de verificación por parte del CSN las acciones correctoras propuestas por el titular para aumentar el valor HCLPF de los equipos identificados con un margen inferior a 0,3g, así como la evaluación de márgenes de algunos sistemas utilizados en escenarios de SBO y GGAS.

Respecto a la rotura de la presa de Arroyo (embalse del Ebro) por sismo, el titular aporta un valor de margen sísmico (como capacidad antes de rotura) de 0,378g. Estos análisis se consideran válidos y hacen una estimación justificada de los márgenes más allá de las bases de diseño; no obstante, en el apartado siguiente de *inundaciones* se aportan comentarios adicionales en la evaluación del CSN.

En relación con la posibilidad de que se pudieran producir efectos inducidos como consecuencia de un sismo, y además de las conclusiones genéricas del apartado 4.1.a, se concluye lo siguiente:

- Incendios y explosiones: se considera que el análisis realizado por el titular es adecuado. Asimismo se considera adecuada la línea de mejora propuesta sin entrar a valorar las medidas particulares pues no se detallan.
- Inundaciones internas: la evaluación del CSN considera que el titular ha realizado un análisis amplio de identificación de equipos susceptibles de generar inundaciones con objeto de evaluar su margen sísmico. Sin embargo, la evaluación concluye que estas reevaluaciones de márgenes deben cubrir tuberías que pudieran generar un suceso iniciador además de la pérdida de sistemas de mitigación por lo que el titular deberá completar estos estudios. En cuanto a los escenarios de inundación

provocados por grandes fuentes de agua, la evaluación del CSN identifica la conveniencia de implantar una mejora en la estructura de toma para hacer frente con mayor robustez a una rotura en la tubería de agua de circulación que si bien se trata de una estructura para la que se ha verificado un margen sísmico de 0,3g daría lugar a un escenario no analizado en el marco de las pruebas de resistencia.

Las acciones de mejora propuestas por el titular para incrementar la robustez de la planta se consideran eficaces, ya que permitirían alcanzar un margen sísmico de 0,3g.

- **Inundaciones**

- *Posición del titular*

El diseño de la central contemplaba una avenida máxima probable (PMP) con incrementos de caudal en el río Ebro que pudieran llegar hasta 2502m^3/s, con lo que se alcanzaría la cota 515,72m, que no afectaría a los equipos de parada segura (cota de explanación: 518,0m y cota de afección a estructura de toma (516,5m). También está analizada la rotura completa e instantánea de las presas aguas arriba de la central. Los caudales obtenidos, combinados con el 50% de la PMP, producen niveles de inundación que no sobrepasan la cota de 516 m, no afectando tampoco a elementos vitales de la instalación. El titular indica que no se ha considerado la rotura encadenada de estas dos presas, ya que la capacidad total de desagüe de la presa más próxima a la central es superior a la onda de avenida.

Dentro del alcance de las pruebas de resistencia, y con el fin de identificar los márgenes de seguridad existentes relativos a estas presas, la central de Garoña indica que se ha realizado una reevaluación del problema, con métodos actualizados y modelos más precisos, obteniéndose valores de caudal en el emplazamiento inferiores a los obtenidos en las bases de diseño.

Finalmente, y en relación con la potencial rotura de la presa del Ebro, Garoña ha realizado un análisis de sus consecuencias, con hipótesis realistas, que concluye que la cota de inundación no sobrepasaría la cota 515,75 m, por lo que no afectaría a áreas vitales de la instalación, y que el tiempo transcurrido hasta alcanzar el nivel máximo sería superior a 26horas (el cauce del río tiene un recorrido de 158 km desde la presa hasta la central) lo que permitiría en un hipotético caso de rotura, adoptar medidas preventivas.

El titular indica que todos los sistemas necesarios para atender las funciones de seguridad, tanto para prevenir como para mitigar los accidentes severos, se encuentran siempre disponibles en caso de inundación.

El análisis de la colmatación de la estructura de toma en caso de avenida originada por la rotura de la presa del Ebro, concluye que los efectos sobre la operatividad de la obra de toma serían reducidos. No es esperable que se vea socavada la cimentación de la obra de toma, ni un aterramiento generalizado por arrastre de sedimentos y sólidos en suspensión. En consecuencia, no comprometerían su funcionamiento y la refrigeración de la central quedaría asegurada.

Se ha estudiado la variación del nivel freático en el emplazamiento por lluvias intensas, comparando los niveles que pueden alcanzarse con la base de cimentación de los edificios principales. La primera cota que supondría una afección, como consecuencia de inundaciones externas, a equipos necesarios para mantener la adecuada funcionalidad de la central es la 516,5 m (bombas de agua de servicios de LPCI y bomba diesel de PCI). Esta cota no se alcanza en ninguna de las hipótesis planteadas, por lo que el grado de seguridad frente a estos efectos es adecuado.

También se ha analizado el comportamiento del emplazamiento y de los sistemas de drenaje de la central frente a la ocurrencia de lluvias excepcionales, identificándose algunas mejoras en los desagües y líneas de drenaje, así como en la estanqueidad de puertas y edificios que proporcionarán un margen adicional de robustez. La realización de estas actuaciones forma parte del programa de implantación de mejoras que se aporta.

En relación a las precipitaciones locales intensas, se considera conveniente proceder a la colocación de válvulas antirretorno al final de las bajantes, los desagües y las líneas de drenaje conectadas a la red de pluviales de los edificios de turbina y de servicios.

- *Evaluación del CSN*

Las bases de diseño relativas a los diferentes sucesos que podrían provocar inundación del emplazamiento se encuentran recogidas en el Estudio de Seguridad y han sido evaluadas e inspeccionadas repetidas veces por el CSN.

Respecto a los efectos de rotura potencial de presas aguas arriba del emplazamiento, los análisis del titular difieren de los contemplados en los planes de emergencia de presas dentro de la práctica española. En vista de estos resultados, el CSN considera que deberán acometerse las acciones necesarias para armonizar ambos planteamientos, el realizado por el titular y el postulado en los planes de emergencia. Como consecuencia de esa armonización, el titular deberá revisar sus análisis y adoptar las medidas que de ellos se deriven.

El titular dispone de procedimientos de actuación ante la ocurrencia de inundaciones externas y condiciones meteorológicas severas en el emplazamiento, que han sido objeto de inspección en los programas de supervisión y control del CSN.

Se consideran adecuadas las medidas propuestas por el titular para mejorar la robustez de la instalación frente a inundaciones externas.

- **Otros sucesos naturales extremos**

- *Posición del titular*

Se ha llevado a cabo una revaluación determinista de los riesgos externos dentro del Programa de Evaluación Sistemática (SEP) realizado en Santa María de Garoña en los años 80. Posteriormente se ha llevado a cabo la evaluación probabilista de los sucesos naturales externos, descartándose por cribado la mayoría de ellos al representar un nivel de peligrosidad suficientemente bajo.

En el contexto de las pruebas de resistencia, el titular ha analizado la posible ocurrencia de sucesos producidos por otros fenómenos naturales de origen externo, identificando las cargas debidas al viento y el bajo nivel de agua del río debido a la rotura de la presa de Sobrón, como los más significativos. Tras evaluar las máximas cargas esperables por viento, se concluyó que el diseño de las estructuras contemplaba valores superiores a los obtenidos. En cuanto al bajo nivel del río, el titular indica que se comprobó que debido a la propia configuración de la toma de agua, no se ponía en cuestión la extracción de calor residual a largo plazo ya que el sistema de agua de servicios de emergencia permanecería operable.

El titular también ha analizado el suceso de carga por nieve, concluyéndose que la probabilidad de exceder el dimensionamiento de las cubiertas es tan baja que no requiere mayor análisis. En cuanto a la sequía y las altas temperaturas, y tras las modificaciones de diseño realizadas en el año 2007, en las que se independizó del agua del río la refrigeración de las salas de bombas, la central concluye que no comprometen la seguridad de la central.

Adicionalmente se han analizado otros sucesos tales como caída de rayos, pedrisco, temperaturas extremas (altas y bajas) e incendios forestales, justificándose la existencia de adecuada protección frente a los mismos.

Se dispone de un procedimiento de actuación en caso de previsión de condiciones meteorológicas severas, con el que se pretende llevar a cabo ciertas acciones que permitan acometer en las mejores condiciones posibles, situaciones prolongadas de aislamiento del emplazamiento y pérdidas de energía eléctrica exterior, que pueden ser provocadas por: viento fuerte (nivel de prealerta en el PEI), grandes tormentas (nivel naranja de alerta de la Agencia Estatal de Meteorología, AEMET), lluvias intensas (nivel naranja de alerta de la AEMET) y grandes nevadas (nivel rojo de la AEMET).

Las modificaciones efectuadas en relacionadas con sucesos externos han sido:

- Revisión de la protección contra rayos de edificios de la central y elaboración de procedimientos de mantenimiento preventivo al respecto.
- Inclusión de la limpieza de la balsa de la estructura de toma dentro de algún procedimiento de limpieza periódico.

- *Evaluación del CSN*

El cribado de sucesos externos realizado para establecer las bases de diseño se basa en una probabilidad muy baja de ocurrencia (10^{-5} por año), de acuerdo con las metodologías probabilistas que recoge la normativa aplicable del IPEEE.

Los análisis realizados por el titular han ampliado su alcance respecto a los realizados previamente antes de las pruebas de resistencia. Se han abordado razonadamente otros sucesos creíbles en el emplazamiento como son, entre otros: tormentas eléctricas, altas temperaturas, heladas, pedrisco e incendios externos. Los resultados se consideran satisfactorios en general; aunque en algún caso, como los márgenes ante temperaturas extremas, están todavía en revisión por parte del CSN.

4.2.6.b Pérdida de funciones de seguridad

- **Pérdida de energía eléctrica exterior (LOOP)**

- *Posición del titular*

La central nuclear de Santa María de Garoña describe las vías de alimentación eléctrica exterior existentes, concluyendo en su alta fiabilidad y en que proporcionan elevada confianza en la capacidad de restablecer rápidamente una pérdida de la red exterior.

En cuanto a fuentes interiores, para una situación de LOOP, la alimentación de los equipos de seguridad se realiza mediante el arranque automático de dos generadores diesel, cualquiera de ellos permite mantener la alimentación eléctrica a los equipos requeridos para llevar la planta a parada segura. Los generadores diesel están diseñados como Clase de Seguridad y Categoría Sísmica I.

El sistema de corriente continua relacionado con la seguridad está organizado en dos divisiones, cada una con una batería y un cargador de batería, existiendo un tercer cargador de batería que mantiene en flotación una tercera batería que puede usarse alternativamente como respaldo de las otras dos.

El sistema de gasoil para los generadores diesel consta de un depósito de almacenamiento, compartido por los dos generadores, cuya capacidad permite el funcionamiento de un generador durante siete días, funcionando los dos simultáneamente durante las primeras 24 horas.

Ante una situación de cero de tensión en la red, el operador de la red dispone de procedimientos de recuperación por zonas que asignan prioridad a la reposición de tensiones en los parques de las centrales nucleares. En el caso de esta central se establece la reposición preferente desde las centrales hidráulicas de Sobrón y Aguayo con capacidad de arranque autónomo. Se han realizado pruebas desde la central hidráulica de Sobrón.

El método preferente para la refrigeración del combustible en situación de LOOP es el Condensador de Aislamiento (IC), que entraría automáticamente si la presión se mantiene durante al menos ocho segundos a un valor igual o superior al punto de tarado de iniciación del sistema. En caso de que no haya entrado en servicio automáticamente, el operador pondrá en marcha este sistema manualmente. El uso del IC evita el aporte de calor a la piscina de supresión (SP). Para mantener en servicio el sistema, después de la primera hora de funcionamiento, se requiere reponer agua en la carcasa.

Las fuentes de aportación de agua al sistema IC son el sistema de transferencia de condensado y el sistema contraincendios (PCI), sistema éste cualificado sísmicamente en los tramos relativos a sistemas relacionados con la seguridad.

Existen otros métodos de refrigeración con los sistemas de seguridad disponibles que pueden ser utilizados como alternativa al anterior en situación de pérdida de energía exterior: el HPCI ó las SRV con actuación posterior de sistemas de baja presión.

- *Evaluación del CSN*

El LOOP está dentro de las bases de diseño de la central, con una duración de al menos siete días. Por tanto, la situación considerada en este subapartado ha sido evaluada y licenciada en etapas anteriores de la vida de la central, y en sus diversos aspectos ha venido siendo inspeccionada por el CSN.

Las líneas exteriores tienen orígenes y recorridos diferentes; esta independencia aporta fiabilidad al suministro frente a eventualidades como la postulada (LOOP).

Las previsiones que menciona la central para prolongar la autonomía de los generadors diesel (trasvase de gasoil desde el subsistema de calderas auxiliares, aportación por gravedad desde camión a tanques de día) aportan garantía adicional.

En lo relativo a autonomía de las fuentes interiores de respaldo, los generadores diesel se refrigeran por aire, por lo que no son dependientes del sumidero principal de calor (agua del río); y están ubicados más de dos metros por encima del máximo nivel de inundación que se identifica en el apartado del capítulo 4.2.6.a del informe.

El método de refrigeración preferente, el condensador de aislamiento, tiene fuentes de suministro de agua redundantes. Los otros métodos de refrigeración con sistemas de seguridad estarían asimismo disponibles.

Es favorable la previsión de pruebas periódicas de recuperación de energía exterior desde las centrales hidráulicas, por lo que se considera conveniente su pronta implantación.

En base a todo ello, el CSN considera que la respuesta esperable de la central en caso de LOOP sería segura y conforme a lo previsto.

- **Pérdida total de corriente alterna (SBO)**

- *Posición del titular*

La central menciona que el SBO de larga duración no forma parte de las bases de licencia actuales. Para que se produzca un SBO de larga duración, además de perderse las líneas exteriores durante varios días, deben estar indisponibles y sin posibilidad de recuperación durante ese tiempo los dos generadores diesel. Tales generadores no tienen dependencia del suministro de agua desde la estructura de toma, ya que se refrigeran por aire.

La central indica que no ha sido necesario incorporar al diseño fuentes adicionales de respaldo en corriente alterna dado que se dispone de sistemas actuados por corriente continua capaces de asegurar la evacuación del calor residual. Si bien en su momento, se consideró una duración del SBO de cuatro horas, los sistemas existentes permiten mantener la seguridad de forma prolongada.

Los sistemas preferentes para la refrigeración del combustible en este caso son el Condensador de Aislamiento (IC), y el Sistema de Inyección de Alta Presión (HPCI). Ambos dependen de corriente continua para su funcionamiento.

El IC responde de forma pasiva, solamente precisa la apertura de una válvula motorizada (automática o manualmente) en la línea de retorno de condensado; la aportación de agua a la carcasa del IC está garantizada durante al menos 24 horas por la autonomía de la bomba diesel contra incendios (la reposición se puede hacer mediante combustible del tanque de almacenamiento de los generadores diesel).

La presión en el reactor irá disminuyendo a medida que lo hace el calor residual. La utilización del condensador de aislamiento para la extracción del calor residual minimiza la carga térmica que se aporta a la cámara de supresión.

La central incluye una detallada descripción del sistema IC, y expone que de requerirse actuación manual, esta operación está facilitada por una escalera y plataforma fijas. En su momento, se realizó una modificación de diseño para permitir graduar la apertura, desde la sala de control, de la válvula de la línea de retorno aludida. Se detallan las pruebas periódicas que se realizan para el sistema, que confirman su capacidad de extracción de calor.

En cuanto al HPCI, utiliza como fuente de agua preferente el Tanque de Almacenamiento de Condensado (CST), lo que compensaría la pérdida de inventario de la vasija con arranques intermitentes, de corta duración y espaciados en el tiempo. La utilización del HPCI, para reponer nivel en la vasija, puede ser suplida con agua inyectada vía bomba diesel contra incendios, tras haber realizado una despresurización de la vasija.

La central aporta una evaluación de la evolución de la temperatura de la sala de la turbobomba del HPCI, confirmando resultados aceptables.

La central expone una relación de los sistemas que permanecerían disponibles en caso de SBO: sistema hidráulico de inserción de barras de control (*Scram*); baterías A, B y C, y sistema de distribución de 125 Vcc; barras esenciales de 120 Vca; válvulas de alivio (RV) y de alivio-seguridad (SRV); IC; HPCI; tanque de almacenamiento de condensado ; bomba diesel de PCI; válvulas de venteo de contención primaria; e instrumentación.

La instrumentación necesaria para la vigilancia de los parámetros fundamentales de la vasija y contención primaria se alimenta de barras con UPS con baterías de corriente continua de respaldo, con autonomía

de siete horas, y tras ese tiempo la alimentación de los onduladores correspondientes se transfiere manualmente a las baterías divisionales.

La pérdida de la ventilación en las salas de las UPS esenciales llevaría a un aumento de temperatura en dichas salas que no afectaría al correcto funcionamiento de los equipos. Esta consideración se basa en resultados obtenidos de una prueba realizada, en condiciones de carga térmica superior a la que existiría en caso de SBO. La apertura de las puertas frontales y traseras de los armarios de las UPS mantendría la temperatura en su interior dentro de valores aceptables para el funcionamiento de estos equipos.

El diseño y dimensionado de las baterías de corriente continua de 125 Vcc permite prolongar la duración de las mismas más allá de las cuatro horas inicialmente consideradas, prescindiendo de cargas no necesarias. Los procedimientos permiten llevar a una autonomía de 17 horas para la batería A y de 20 horas para la batería B, en tanto que para la batería C alineada al tren A, el tiempo sería de 16 horas y alineada al tren B sería de 19,5 horas; en consecuencia, la autonomía mínima resultaría de 33 horas, alineando la batería C al tren A.

En caso de que no se dispusiese del IC ni del HPCI, los procedimientos contienen instrucciones que requerirían despresurizar el reactor manualmente. El control del nivel en el reactor, y por tanto de las condiciones de refrigeración, se realizaría mediante inyección con el sistema PCI y venteo de la atmósfera de contención para evacuar el calor residual de la piscina de supresión (SP). Se ha estimado que el tiempo límite aplicable en caso de indisponibilidad conjunta de los sistemas de seguridad desde el inicio de un suceso SBO (IC, HPCI, despresurización y PCI) es de 1,5 horas; este tiempo está referido a una situación de accidente severo.

Los tiempos límite a que aluden las Instrucciones Técnicas Complementarias serían los de agotamiento de baterías, antes aludidos; la central indica adicionalmente, como tiempo más restrictivo, 42,2 horas para daño al núcleo, sin considerar las acciones de mejora previstas.

La central ha considerado asimismo la eventualidad de una hipotética situación en la que se hubiesen agotado las baterías de 125 Vcc, sin que se hubiese realizado una reposición del suministro, aportando consideraciones sobre el efecto en cada división; se mantendría la disponibilidad del sistema IC, para cuya operación bastaría mantener controlado el nivel en el lado de carcasa de su tanque, lo cual se realiza con un visor que no requiere alimentación eléctrica. El nivel del reactor podría ser vigilado por instrumentos de columna que no precisan de energía eléctrica.

El titular propone también el análisis de la capacidad de operar manualmente el HPCI en caso de pérdida de la corriente continua.

- *Evaluación del CSN*

El SBO de cuatro horas se incorporó, efectivamente y en su momento, a las bases de licencia de la central. Las valoraciones de la central relativas al SBO extendido se consideran básicamente correctas, que se basan fundamentalmente en que el sistema IC es prácticamente un sistema pasivo, cuyas características se han documentado adecuadamente; asimismo, el sistema HPCI depende solamente de la corriente continua para su funcionamiento. La lista de sistemas que permanecen disponibles en una situación de SBO se considera correcta.

Con posterioridad a completar los informes de la fase preliminar, se ha realizado una inspección a la central, sobre todos los aspectos que se consideraron relevantes en cuanto a la información aportada en

esa fase. Se revisaron, entre otros, los cálculos de autonomía extendida de las baterías, y de generadores diesel y detalles del sistema IC.

Las características actuales de la central (sin contar con las acciones de mejora previstas) presentan fortalezas, pues los dos generadores diesel son refrigerados por aire y están ubicados por encima de la cota de inundación, así como las baterías y barras de corriente continua de la central. Es destacable igualmente la posibilidad de regular manualmente la válvula de retorno de condensado del IC (ello evita realizar innecesarios arranques y paradas del sistema para controlar el enfriamiento del reactor); se ha comprobado la buena accesibilidad del volante de esa válvula para accionamiento manual.

Se considera que, en base a las características del sistema IC, se podría alcanzar una situación segura aun en caso de indisponibilidad completa de las fuentes de energía eléctrica.

El CSN considera que, aun contando con la fortaleza antes detallada que supone la utilización del IC en un escenario de SBO, la central debería realizar un análisis complementario que considere la conveniencia y las ventajas de una alternativa para reducir la temperatura de la SP que sea diferente del venteo de contención. Así mismo, y como medida de mejora para aumentar las fortalezas de la central frente a este tipo de escenarios y para el caso particular de situaciones con alta presión en el reactor, el titular debe analizar la posibilidad de reforzar su capacidad de inyección y de asegurar la capacidad de actuación de las válvulas que permiten la despresurización del reactor en caso de pérdida total de las fuentes de energía eléctrica.

El CSN, con las consideraciones anteriormente expuestas, está conforme con las evaluaciones realizadas por la central en la fase actual.

Respecto al desarrollo de un procedimiento para la operación manual del sistema HPCI, dadas las dificultades de la misma incluyendo el riesgo radiológico asociado, la central debe demostrar su viabilidad, contrastándolo a ser posible con centrales equivalentes, y valorando la posibilidad de realizar alguna modificación de diseño y algún tipo de verificación mediante prueba real en condiciones que no impliquen riesgo radiológico a los operadores.

- **Mejoras propuestas por la central de Santa María de Garoña ante sucesos de pérdida de energía eléctrica**

Con el fin de mejorar la robustez de la central frente a este tipo de situaciones, el titular propone abordar las siguientes actuaciones:

- Disponer de un motogenerador que permita alimentar una bomba de transferencia de condensado la barra esencial A y los cargadores "A" y "C" de 125 Vc.c.
- Instalar una motobomba autónoma con aspiración del tanque de condensado con capacidad de aportar a carcasa del IC, vasija y piscina de combustible gastado.
- Disponer de una motobomba portátil con aspiración del río con descarga a la red de PCI y desde ésta a carcasa del IC, vasija y PCG.
- Realización de pruebas periódicas de recuperación de alimentación exterior desde centrales hidráulicas.
- Análisis de operación HPCI y venteo de contención con pérdida de corriente continua.

Las previsiones de mejora propuestas por la central, en la etapa de desarrollo actual se consideran válidas, aunque la viabilidad de utilizar equipos portátiles está sujeta a los resultados del análisis específico de disponibilidad de personal que se requiere en el apartado 4.1.c de este informe.

Con la implantación de estas medidas los tiempos de las situaciones límite quedarían ampliados y pasarían a ser función de la autonomía de los equipos portátiles.

- **Pérdida del sumidero final de calor (UHS)**

- *Posición del titular*

El sumidero final de calor de la Central Garoña es el río Ebro. El agua del río se impulsa mediante bombas situadas en la estructura de toma y es utilizada por los sistemas de refrigeración de la central. Se entiende por pérdida del sumidero final de calor la pérdida de la conexión de los sistemas de refrigeración con el río.

Existen sistemas en la central que no dependen del río como sumidero de calor, al ceder su calor al aire, como son: los generadores diesel de emergencia; el condensador de aislamiento y los Sistemas Agua Fría Esencial (AFE) de refrigeración de sala de control, de salas de equipo eléctrico y de salas de bombas del LPCI y del sistema de rociado del núcleo. Estos equipos permanecen disponibles en caso de pérdida del UHS.

Bajo la hipótesis de pérdida del sumidero final de calor se pueden dar dos situaciones: a) que la pérdida de la estructura de toma se deba a sucesos en evolución, que pueden ser conocidos con tiempo antes de que afecten a la central y permiten la toma de acciones de preparación contempladas en los procedimientos aplicables, como el inicio de la parada de la Central y el acopio de agua en tanques de la central; b) que la pérdida de la estructura de toma se produzca de forma instantánea.

En caso de la pérdida de la estructura de toma se producirá el disparo de las bombas de servicios perdiéndose la refrigeración del turbogenerador, de bombas de condensado y agua de alimentación, grupos motor-generador de recirculación, bombas del sistema de inserción de barras de control (CRD) y cambiadores de calor de los sistemas de refrigeración en circuito cerrado, afectando entre otros servicios a la refrigeración de la piscina de combustible gastado. En este caso, la refrigeración del reactor se haría con el IC, que puede extraer el calor residual del reactor evitando el aporte de calor a la cámara de supresión.

El agua acumulada en los tanques de la central proporciona capacidad de refrigeración del combustible mediante el IC, con reposición de nivel en su carcasa mediante las bombas del sistema de transferencia de condensado. Se requieren 1550 m^3 para la refrigeración del combustible mediante el condensador de aislamiento durante siete días. El tanque de condensado dispone de esa capacidad. Como alternativa a la utilización del tanque y bombas de transferencia de condensado para el aporte al IC, se puede disponer de una moto-bomba portátil succionando del río y con la descarga conectada a la red de PCI. Desde esta red se puede aportar agua al IC y en caso necesario, al reactor, si se ha reducido la presión en el mismo a un valor compatible con la inyección desde este sistema.

En caso de no estar disponible el IC para la extracción de calor residual, se puede utilizar el siguiente método, descrito en el apartado de SBO: inyección al reactor (HPCI o ECCS de baja presión, después de haber despresurizado el reactor) y evacuación de calor de la contención mediante la utilización del venteo dedicado.

Al no estar en servicio las bombas de CRD, no se dispone de agua de aportación a sellos de las bombas de recirculación, por lo que puede haber una fuga de agua por los sellos; si se diese esta circunstancia y no se pudieran cerrar las válvulas de aislamiento de las bombas de recirculación, esta posible fuga podría ser compensada mediante el uso del HPCI con arranques intermitentes, de corta duración y muy espaciados en el tiempo.

El titular no identifica para este escenario situaciones límite adicionales a las presentadas en el apartado de SBO, por lo que tampoco se identifica la necesidad de mejoras para la refrigeración del reactor.

- *Evaluación del CSN*

Ver la evaluación del apartado siguiente

- **Pérdida del sumidero final de calor combinado con SBO**

- *Posición del titular*

En la situación de coincidencia de SBO con pérdida de UHS no se dispone de los medios de refrigeración que toman agua de la estructura de toma ni de bombas alimentadas por corriente alterna que puedan aportar agua a la carcasa del IC o a la vasija del reactor.

La secuencia de eventos en este supuesto sería:

1. Evacuación del calor residual por medio del IC durante la primera hora. Al cabo de este tiempo, el sistema queda fuera de servicio al no disponer de sistemas de aportación de agua a la carcasa. Se puede recuperar su funcionamiento si se instalan medios alternativos de aporte (moto-bomba aspirando del tanque de condensado y descargando a través de líneas del sistema de transferencia de condensado, o moto-bomba aspirando del río y descargando al colector de PCI). Si no se dispone de medios de aporte, la refrigeración del reactor debe seguir con el método indicado a continuación.

2. Inyección al reactor con el HPCI para mantener inventario. Evacuación de calor de la contención primaria mediante el venteo dedicado. La puesta en servicio del condensador de aislamiento en cualquier momento de esta secuencia finaliza el aporte de calor a la cámara de supresión.

3. Despresurización del reactor mediante válvulas de alivio y/o válvulas de alivio seguridad hasta un valor de presión que permita la inyección de agua al reactor a baja presión. En la situación de SBO con pérdida de la estructura de toma no se dispone de la bomba diesel de PCI, por lo que este método de evacuación de calor sólo se puede poner en práctica si se dispone de una moto-bomba conectada a la red de PCI o al sistema de transferencia de condensado, con aporte a la vasija a través de líneas del sistema de rociado del núcleo o el LPCI. La evacuación de calor de la contención primaria se realiza mediante el venteo dedicado.

Si el único medio de evacuación de calor es la utilización del HPCI con venteo de la contención primaria, la pérdida de la división "A" de corriente continua (c.c.), que se produciría a las 33 horas del inicio del SBO, deja inoperables tanto el HPCI como el venteo de contención sin capacidad de despresurización del reactor.

La puesta en servicio en manual del IC, en cualquier momento anterior a la pérdida de la división "A" de c.c., incluso dentro de las siete horas siguientes a la pérdida de continua, con aporte a la carcasa mediante medios alternativos, modifica esta evolución interrumpiendo el aporte de energía a la contención y asegurando la refrigeración del núcleo. Durante este tiempo de 40 horas no existen condicionantes radiológicos para el acceso al edificio del reactor, diferentes a los de operación normal.

Otra opción para la evacuación del calor residual es la recuperación de la operación del HPCI, junto con el venteo de la contención. En este sentido, se estudiará la posibilidad de poner en servicio esta vía de evacuación del calor residual después de la pérdida de la corriente continua.

Las modificaciones previstas para el caso de SBO, descritas en el apartado de pérdida de energía eléctrica, aseguran la disponibilidad del suministro de corriente continua y de aportación al condensador de aislamiento a largo plazo.

El titular ha analizado también el cumplimiento de las funciones de seguridad en las distintas etapas de un escenario de pérdida de la función de refrigeración en otros modos de operación. Para ello estudia hasta nueve fases operativas que se producen durante una parada de recarga y llega a la conclusión de que la fase más crítica es la fase desde condición de operación 5 (parada fría) hasta el inicio del proceso de llenado de la cavidad del reactor, en cuanto a disponibilidad de tiempos para toma de acciones.

- *Evaluación del CSN*

La información relativa a la base de diseño del UHS ha sido evaluada y licenciada por el CSN en etapas anteriores. Adicionalmente, los equipos y procedimientos relacionados han sido objeto de inspección por parte del CSN en repetidas ocasiones.

El titular ha proporcionado una descripción adecuada de las provisiones existentes en el diseño para hacer frente a la pérdida del UHS y ha analizado la situación a la que conduciría la pérdida del UHS con y sin SBO con un alcance adecuado.

En los casos de pérdida del UHS con y sin SBO, el titular identifica y propone mejoras para aumentar la robustez de la planta. Dichas medidas son las mismas que se han identificado en el apartado de pérdida de energía eléctrica dado que la pérdida del UHS conduciría a una situación de planta en la que, para proteger las funciones de seguridad, se contaría, con los mismos sistemas que para la situación de pérdida de energía eléctrica.

No existen tiempos límite para el caso pérdida de UHS dado que existe capacidad de reposición al IC al tener disponible la energía eléctrica. En caso de pérdida de UHS con SBO no se podría reponer agua al IC, pero se dispondría de la posibilidad de inyectar agua a la vasija a través del HPCI y de extraer el calor residual a través del venteo dedicado de contención. Se considera que el titular debe analizar la viabilidad de operar el venteo dedicado de contención y el HPCI con control manual y, en su caso, probar dicha capacidad. Adicionalmente, deberá analizar las condiciones de habitabilidad de las salas afectadas en caso de SBO.

Las propuestas de mejora presentadas por el titular se consideran adecuadas.

4.2.6.c Gestión de accidentes

- **Planificación de la gestión de accidentes**

- *Posición del titular*

El titular propone analizar la organización y medios disponibles para hacer frente a la gestión de emergencias en línea con las propuestas del resto de las centrales españolas.

De forma coherente con la puesta en marcha del nuevo Centro Alternativo de Gestión de Emergencias (CAGE) el titular de la central propone una serie de mejoras en comunicaciones de alcance mayor, cuyo análisis concluirá en el corto plazo y que propone implantar en el largo plazo.

En relación con las rutas de acceso a la instalación, el titular informa de la existencia de al menos una ruta viable de acceso al emplazamiento en caso de sismo severo; en este sentido el titular propone la posibilidad de emplear el transporte aéreo para traslado de efectivos humanos desde Miranda de Ebro

y desde Medina de Pomar y plantea el refuerzo del puente de acceso principal a la central, lo cual será implantado en el medio plazo. En el caso de inundaciones por rotura de la presa de Arroyo, el titular informa de que dispone de 14 horas hasta que las vías de accesos al emplazamiento se vean afectadas; el titular considera este tiempo suficiente para acopio de medios y traslado del personal requerido al emplazamiento.

El titular mantiene los niveles de referencia de dosis para el personal que intervenga en una emergencia que aparecen en su PEI y en el PLABEN vigentes.

- *Evaluación del CSN*

En el informe presentado por el titular no se incluyen acciones de refuerzo de las comunicaciones de la central para el caso de SBO prolongado. Por tanto, el titular deberá analizar este aspecto e informar de las medidas de mejora y del plazo de implantación propuesto. En cuanto a las mejoras de mayor calado en el área de comunicaciones, que irán asociadas a la puesta en marcha del nuevo CAGE, ello se considera aceptable, si bien el titular deberá estudiar e informar de la incorporación de medidas provisionales a corto-medio plazo, de forma que se disponga de mejoras de capacidades, aunque sean parciales, antes de las fechas de implantación de largo plazo.

En relación con las rutas de acceso a la instalación en caso de sismos o inundaciones, se considera globalmente aceptable el análisis presentado por el titular, aunque se deberá completar con el análisis del tiempo que podrían estar inutilizados los accesos en estos casos y, específicamente, por inundación provocada por la rotura de la presa de Arroyo y qué medidas compensatorias se prevén para estos plazos.

En cuanto a los niveles de dosis de referencia para el personal que intervenga en una emergencia, y tal y como ya se ha mencionado en el apartado 4.1.c de este informe, el CSN considera necesario establecer unos niveles de referencia homogéneos para todas las centrales nucleares españolas. No obstante, el titular deberá considerar en el corto plazo un marco que garantice tanto la protección individual como la factibilidad de acometer las actuaciones de mitigación de la emergencia tal y como se contempla en el TECDOC 953 y en las BSS del OIEA.

- **Medidas de gestión de accidentes en el reactor**

- *Posición del titular*

El titular describe las medidas existentes a nivel de equipos, procedimientos y personal humano para prevenir, mitigar y gestionar accidentes severos; además especifica las estrategias a seguir en guías y procedimientos a medida que se van degradando las condiciones de la planta. Como conclusión de su análisis, la central de Garoña propone diversas actuaciones para aumentar la robustez de la instalación frente a este tipo de suceso mediante la incorporación de una serie de mejoras.

En cuanto a la prevención del riesgo de hidrógeno en contención una de las características de la contención primaria es el mantenimiento de su atmósfera inertizada, no existiendo por tanto riesgo de explosiones de hidrógeno. Se dispone de medios para detectar concentraciones de hidrógeno y de oxígeno en la contención. De alcanzarse determinados valores se procedería a realizar la operación de venteo de la contención primaria y purga de la misma con nitrógeno.

En relación con las posibles acumulaciones de hidrógeno en otros edificios, se identificarán las zonas que presenten riesgos de acumulación, instalándose recombinadores pasivos.

En cuanto a la prevención contra sobrepresión en la contención, además del venteo a través de los sistemas normales y de riego del pozo seco, la central dispone del venteo directo de la contención. Este venteo dispone de una línea preferente desde la cámara de supresión, con una válvula neumática con solenoide de continua y otra motorizada en serie dependiente de corriente continua. Este camino de venteo permite aprovechar la retención de posibles productos radiactivos en la misma, evitando su salida al exterior.

El titular indica que se realizarán modificaciones para mejorar la operabilidad del venteo en situaciones de pérdida de corriente continua y el desarrollo de un procedimiento de apertura manual o remota de las válvulas de la línea de venteo de contención.

El titular instalará un venteo filtrado de contención teniendo en cuenta los análisis radiológicos realizados y su posible interferencia con el venteo por sobrepresión.

Con relación a la prevención de la posible recriticidad el titular expone las estrategias que dispone actualmente, que consideran el uso preferente del sistema SBLC para parar el reactor y evitar la recriticidad del núcleo. Menciona que para que se produzca recriticidad en un reactor BWR (en secuencias no iniciadas por ATWS), se requeriría la pérdida prácticamente total de las barras de control sin pérdida de la geometría del combustible. La central dispone de un método alternativo de inyección de boro a la vasija del reactor usando las bombas del sistema de limpieza del agua del reactor (la fuente de solución de boro sería el tanque del SBLC o, alternativamente, el tanque de precapa del sistema de limpieza; en este último caso se debería preparar previamente la solución borada, para lo cual se dispone de al menos 600 kg de ácido bórico y 600 kg de bórax.

Con relación a la prevención de la penetración de la losa, el titular dispone de acciones en GGAS como la inundación del pozo seco cuando hay riesgo de daño a la vasija del reactor, o el riego del pozo seco una vez determinado el estado de daño de la RPV, para la refrigeración directa del núcleo fundido. El objetivo a largo plazo es inundar lo antes posible la contención hasta cubrir el material fundido.

La despresurización de emergencia de la vasija se haría a través de las válvulas de alivio y alivio seguridad. Para la actuación del alivio sólo se necesita energizar con corriente continua sus solenoides. Para las de alivio seguridad se necesita además el suministro neumático. En caso de pérdida del suministro neumático, cada válvula dispone de un depósito acumulador de nitrógeno. En cuanto a las necesidades de corriente continua, justifica en el capítulo correspondiente su disponibilidad durante un tiempo de 33 horas. Propone como medida de mejora la instalación de un generador diesel para suministrar energía eléctrica a una barra de fuerza de la división A, que alimentaría a ambas divisiones eléctricas de 125 Vcc; Además, el titular está analizando la posibilidad de apertura de las válvulas de alivio mediante el uso de baterías portátiles.

En caso de que fuera preciso ventear la contención se haría a través de la línea de venteo directo de la contención, preferentemente a través del camino de la cámara de supresión (existe otra vía de venteo desde el pozo seco). En el sistema de venteo hay una válvula motorizada (alimentada con corriente continua, que se puede abrir manualmente mediante volante) y dos neumáticas (actuadas por la red de aire de instrumentos o, como respaldo, con botellas de N_2, que son gobernadas por válvulas de solenoide alimentadas de corriente continua). La mejora propuesta indicada anteriormente de instalación de un generador diesel para alimentar a una barra de fuerza, posibilitaría la alimentación a las válvulas anteriores. Además, como propuesta de mejora se realizará también un procedimiento de apertura manual o remota de estas válvulas.

Con relación a la viabilidad y efectividad de las medidas existentes de gestión de accidentes en las condiciones de riesgos extremos, el titular indica que los resultados correspondientes al análisis de inundaciones indican que la cota de inundación alcanzada para la máxima inundación posible no compromete la disponibilidad de los sistemas necesarios. En caso de sismo, de forma general, los sistemas preferentes están calificados sísmicamente mientras que los alternativos pueden no estar calificados.

El titular indica que para los escenarios de LOOP, SBO y pérdida de UHS se dispone de equipos cualificados sísmicamente y que no se verían afectados por posibles inundaciones para llevar a cabo las estrategias de GGAS. Las mejoras propuestas para afrontar el escenario de SBO coincidente con pérdida de UHS serían las siguientes: instalación de generador diesel con capacidad de alimentar a una barra eléctrica de fuerza de la división "A", que permitirá alimentar a una de las bombas de transferencia de condensado, y la instalación de una bomba diesel fija que succione del tanque de almacenamiento de condensado y que tenga capacidad de aporte a la piscina y/o vasija.

Con relación a la adecuación y viabilidad de la instrumentación, el titular incluye información específica sobre la instrumentación dedicada para la vigilancia y gestión de un accidente, atendiendo a los criterios de clasificación de la Guía Reguladora 1.97, e indica que se ha comprobado que para la instrumentación catalogada como Categoría I, las condiciones radiológicas presentes durante el accidente severo son compatibles con los criterios de calificación ambiental de esta instrumentación. Indica que, adicionalmente, dispondrá de capacidad de lectura directa de variables seleccionadas desde sala de control, panel de parada remota o edificio del reactor mediante el uso de calibradores portátiles, lo que asegurará su lectura en condiciones de ausencia total de energía eléctrica.

Adicionalmente, el titular analiza los efectos de la inundación requerida en el accidente severo en los equipos/instrumentos de la contención primaria, identificando los principales equipos e instrumentación que durante el proceso de inundación de contención primaria requerido en GGAS se verían afectados. Concluye que durante el citado proceso de inundación no se ve afectado ningún equipo o instrumentación requerida para operar según la estrategia aplicable de GGAS.

El titular incluye propuestas para disponer de capacidad de bombeo al IC, a la piscina de supresión y a la vasija, en situaciones de SBO y pérdida de sumidero final de calor que están descritas en el apartado de pérdida de las funciones de seguridad.

El titular analizará la iluminación mínima necesaria que aseguraría poder acceder a zonas de equipos que requieren ser operados en situaciones de accidente. Con las conclusiones de este análisis revisará el procedimiento correspondiente y valorará la posibilidad de segregar los circuitos de alumbrado o la sustitución de cierto alumbrado por otra tecnología de menor consumo.

El titular incluye en su informe una tabla con algunos tiempos límite para el caso de SBO a potencia. Según dicha tabla el daño al núcleo se produciría a las 1,5 horas tras el comienzo del accidente en el caso extremo de que no estuviera disponible la corriente continua desde el inicio del accidente. Para el caso en que la corriente continua estuviera disponible durante 33 horas, permitiendo el funcionamiento del sistema HPCI, el daño al núcleo se produciría a las 42,2 horas.

En cuanto al análisis de accidentes en otros modos de operación el titular expone las estrategias disponibles para las distintas fases operativas de una parada de recarga. Indica que los procedimientos existentes para hacer frente a accidentes en recarga son procedimientos de operación anormal (en algún caso referencian el uso de alguna estrategia de POE). Asimismo, establece tiempos límite hasta el inicio del descubrimiento del núcleo y de los elementos combustibles de la piscina de combustible

gastado. El titular indica que las mejoras previstas (generador diesel, bombas portátiles y bomba diesel fija) permitirán reducir los tiempos de alineamiento y asegurarán la aportación de agua a la vasija antes de alcanzar las condiciones de ebullición.

- *Evaluación del CSN*

Tanto los Procedimientos de Operación de Emergencia (POE) como las Guías de Gestión de Accidentes Severos (GGAS) se han incorporado en esta central a partir de los estándares del grupo de propietarios de General Electric, BWROG. Se consideran adecuados para llevar a cabo su función y han sido comprobados por el CSN mediante inspecciones y evaluaciones.

En cuanto a medidas de último recurso para evitar la posibilidad de daño al combustible en secuencias de alta presión, el titular ha especificado en su informe las medidas que dispone para la despresurización de la vasija durante la gestión del accidente en este escenario. Las mejoras relativas a la alimentación eléctrica de las solenoides de las válvulas de alivio y alivio seguridad se consideran adecuadas. Sin embargo, se considera que el titular deberá analizar la capacidad del actual suministro de nitrógeno a las válvulas de alivio seguridad frente a un SBO prolongado y, en caso necesario, plantear mejoras para reforzar y asegurar el suministro neumático a las válvulas de alivio y seguridad.

La medida que propone el titular, con relación a las posibles acumulaciones de hidrógeno en otros edificios, de instalación recombinadores pasivos se considera adecuada.

Con relación al venteo de contención, las medidas indicadas por el titular se consideran positivas, en especial la instalación del venteo filtrado de la contención. Adicionalmente, se considera que el titular deberá analizar la capacidad del actual suministro de nitrógeno a las válvulas del sistema de venteo frente a un SBO prolongado y, en caso necesario, plantear mejoras para reforzar y asegurar el suministro neumático a las válvulas.

Con relación a prevención de la penetración de la losa, se considera que las estrategias definidas en la GGAS, son adecuadas.

Con relación a la capacidad de lectura de la instrumentación en caso de pérdida total de energía eléctrica, el titular indica mejoras que se consideran positivas. En la implantación de esta mejora el titular deberá tener en cuenta los parámetros críticos a lo largo de todas las fases del accidente (incluyendo el accidente severo).

En cuanto al análisis realizado por el titular para otros modos de operación, se considera adecuado en lo relativo a las estrategias de las que ya dispone en procedimientos de operación anormal y POE. Aunque muchas de estas estrategias serían las que se intentarían llevar a cabo en accidente severo, se considera que el análisis es incompleto porque no contempla todas las características asociadas al accidente severo (por ejemplo, la fenomenología relacionada con el hidrógeno o disponibilidad de la instrumentación en secuencias de accidente severo). Por tanto, se considera que el titular debe completar el análisis de la gestión de los accidentes severos que se producen desde los estados de funcionamiento de la parada.

Adicionalmente, se considera que el titular debe incorporar a su lista de mejoras el análisis de los siguientes aspectos (cuyas conclusiones podrían derivar en modificaciones de diseño a procedimientos de la central):

– Capacidad de la instrumentación asociada a parámetros críticos para las estrategias de accidentes severos de proporcionar información fiable bajo las condiciones de los accidentes severos en contención (por ejemplo, la presión de contención, la presión del RCS o la concentración de hidrógeno en contención).

– Capacidad de estanqueidad de las válvulas de aislamiento de contención y de las penetraciones bajo las condiciones de presión, temperatura y radiación del accidente severo. Se considera que la central deberá analizar el tema para obtener una estimación de la fuga y, en su caso, para identificar e implantar potenciales mejoras.

- **Pérdida de inventario y/o refrigeración de piscinas de combustible**

- *Posición del titular*

El sistema de refrigeración y Filtrado de la Piscina de Combustible (FPC) consta de dos trenes de refrigeración idénticos; ambos tienen en común la línea de aspiración y de descarga a la piscina. El agua de enfriamiento de los cambiadores de calor lo suministra el sistema de agua de refrigeración en circuito cerrado del edificio del eactor. Las bombas del sistema FPC están alimentadas de corriente alterna de emergencia, cada bomba de una división eléctrica independiente.

El sistema FPC puede ser complementado por el sistema de enfriamiento en parada (SHC) que consta de dos trenes de refrigeración idénticos; cada uno dispone de una bomba centrífuga, accionada desde la sala de control, y un cambiador de calor. Cada bomba del sistema está alimentada de corriente alterna de emergencia.

Adicionalmente, existen dos sistemas alternativos de refrigeración que permiten la evacuación de la máxima carga térmica existente en la piscina en las diferentes condiciones de operación de la central. El diseño sísmico de sus componentes garantiza su disponibilidad aún en el caso de terremoto.

Además están alimentados eléctricamente desde las barras de emergencia, lo que cubre toda situación de pérdida de energía exterior. Estos sistemas son:

a) Sistema alternativo de refrigeración de la piscina de combustible (sistema CST):

- Permite la aportación desde el Tanque de Almacenamiento de Condensado (TAC) con una de las bombas del sistema de transferencia de condensado, y el drenaje de ese mismo caudal aportado desde los tanques de rebose de la piscina hacia el TAC.
- Este alineamiento puede ser utilizado en caso de pérdida de refrigeración normal tras un terremoto, durante las primeras 72 horas, dando tiempo a la disponibilidad de otros alineamientos del sistema alternativo de refrigeración.

b) Sistema alternativo de refrigeración de la piscina de combustible (sistema LPCI en modo refrigeración de piscina):

- El segundo alineamiento del sistema alternativo de refrigeración utiliza una línea de descarga desde los tanques de rebose de la piscina hacia la cámara de supresión, conectada a la descarga de la línea de prueba del lazo "B" del sistema de refrigeración de emergencia a baja presión (LPCI).
- Este segundo alineamiento permite la refrigeración de la piscina indefinidamente, ya que el agua de la cámara de supresión puede ser refrigerada mediante el sistema de agua de servicios de LPCI.
- Existe la posibilidad de realizar un alineamiento adicional, consistente en utilizar una bomba del LPCI aspirando del TAC y con descarga a la piscina de combustible gastado. Este alineamiento se puede establecer en los casos en que no esté disponible la cámara de supresión para la refrigeración de la piscina.

En el caso de fallo de todos los sistemas de refrigeración la central cuenta con los siguientes métodos de aporte de agua a la piscina: desde el TAC mediante cualquiera de las bombas de transferencia

de condensado; el sistema LPCI en modo inyección a piscina; el sistema de transferencia de agua desmineralizada; el sistema de protección contra-incendios (PCI) a través de los puestos de manguera y mangueras ubicadas en la planta de recarga. El aporte de agua puede realizarse incluso en ausencia total de corriente eléctrica, mediante el uso de la bomba diesel de PCI. Este sistema de aportación (bomba diesel, y tuberías de PCI hasta puesto de manguera incluidos) está calificado sísmicamente.

Adicionalmente, en parada de recarga, con la cavidad inundada y las compuertas de piscina retiradas puede hacerse uso de cualquier sistema de inyección de agua a vasija como sistema de aporte de agua a piscina.

En la sala de control se dispone de indicación y alarma de nivel y de temperatura del agua de la PCG. La instrumentación de nivel tiene un rango de 2,2 m y la de temperatura de 0 ºC a 200 ºC. Como propuesta de mejora se sustituirá la actual instrumentación por otra que cubra todo el rango de nivel hasta la parte superior de los elementos combustibles almacenados en piscina.

El titular ha analizado la pérdida de inventario que se produciría como consecuencia de la acción sísmica en la PCG (*sloshing*) y llega a la conclusión de que se produciría un vertido de 26,3 m^3 de agua de la piscina como consecuencia de este fenómeno.

El titular incluye en el informe cálculos de tiempos disponibles hasta la ebullición en caso de pérdida total de la refrigeración y para diferentes cargas térmicas en la PCG. El caso más desfavorable es el de carga térmica temporal máxima (compuertas de piscina colocadas y todo el combustible localizado en la piscina de combustible), nivel inicial 7 m por encima de los elementos combustibles y temperatura inicial en piscina 65,5 ºC; en este caso se obtienen tiempos de 5,5 horas para ebullición, y 75 horas hasta el descubrimiento de los elementos combustibles. Considerando el fenómeno de "sloshing" y teniendo en cuenta el volumen perdido, los tiempos disponibles en esta situación se reducirían aproximadamente tres horas. En el caso de la carga térmica correspondiente al final de una recarga tipo, el tiempo hasta la ebullición sería de 21,5 horas y de 288 horas hasta que el nivel alcanza la cota superior de los elementos combustibles.

En relación con el posible vaciado accidental de la PCG se dispone de las medidas siguientes:

- El paso entre la piscina de almacenamiento de combustible y la cavidad de recarga de combustible, situada encima de la vasija del reactor, está provisto de dos compuertas selladas con un drenaje vigilado entre las compuertas. Este sistema permite la detección de fugas en el paso citado anteriormente y la reparación de una compuerta en el caso de que ocurra tal fuga.
- Las tuberías del sistema de refrigeración de la aspiración y del retorno tienen una capacidad HCLPG de 0,3g. Para evitar un drenaje no intencionado de la piscina, ésta no tiene penetraciones por debajo de un nivel de almacenamiento consistente con la seguridad, y las tuberías que están sumergidas en la piscina están provistas de un orificio anti-sifón que evita la inversión del caudal.

- *Evaluación del CSN*

El titular incluye la información relativa a la base de diseño de la PCG y sus sistemas asociados de refrigeración. Estos aspectos han sido evaluados y licenciados en etapas anteriores de la central. Adicionalmente, los equipos y procedimientos relacionados han sido objeto de inspección por parte del CSN en repetidas ocasiones.

El titular describe las medidas actualmente disponibles para hacer frente a los escenarios de pérdida de refrigeración de la PCG. Las alternativas actuales de refrigeración y reposición de agua a la PCG no estarían disponibles en caso de SBO, excepto el sistema de protección contra incendios que cuenta con

una bomba diesel calificada sísmicamente pero que se encuentra situada en la estructura de toma del río por lo que quedará inoperativa en caso de pérdida del UHS. Para solventar esta situación el titular propone utilizar las motobombas autónoma y portátil de aporte de agua ya descritas en los apartados de SBO y pérdida del UHS junto con SBO. Dichas medidas se consideran positivas.

En relación con la instrumentación de temperatura y nivel de la PCG, el titular incluye en sus propuestas de mejora la ampliación del rango hasta la parte superior de los elementos combustibles almacenados en piscina. En línea con las consideraciones incluidas en el apartado general de este informe, se considera que el rango de la instrumentación de nivel debería cubrir hasta la parte inferior de los elementos combustibles.

El titular ha analizado la pérdida de inventario que se produciría como consecuencia de la acción sísmica en la PCG (*sloshing*) y llega a la conclusión de que se produciría un vertido de 26,3 m^3 de agua de la piscina como consecuencia de este fenómeno. Se considera que el efecto es significativo puesto que los tiempos disponibles para la toma de medidas de aporte de emergencia se reducen unas tres horas en el caso más desfavorable (y 13 horas para el caso de la carga térmica correspondiente al final de recarga), por lo que se debe requerir al titular un análisis más en profundidad de esta situación.

El titular incluye en su informe las provisiones del diseño para evitar drenajes inadvertidos (compuertas y orificios anti-sifón), pero no incluye la capacidad sísmica de las compuertas y dispositivos para garantizar su estanqueidad. El titular debe completar su análisis con este aspecto.

- **Aspectos de protección radiológica**

- *Posición del titular*

La envolvente de la sala de control de la central Santa María de Garoña, en la que se encuentra el CAT, cuenta con un sistema independiente de ventilación, recirculación y filtrado de aire que asegura las condiciones de habitabilidad en caso de accidente base de diseño. Estos centros están dotados de equipos de protección en número apropiado para el personal que allí se reúna.

El titular ha analizado el impacto radiológico en la envolvente de la sala de control durante un accidente severo, con pérdida prolongada de energía eléctrica y venteo para proteger la contención. El estudio concluye que durante un período de tiempo superior a 72 horas, las dosis estimadas son inferiores a los niveles de intervención en emergencia, sin necesidad de recuperar la funcionalidad del sistema de habitabilidad de sala de control ni el uso de protección especial.

En relación con las condiciones radiológicas en otros centros de apoyo a la emergencia la central ha analizado de forma preliminar el impacto radiológico en el Centro de Apoyo Operativo (CAO) concluyendo que en algunas fases del accidente sería recomendable su evacuación por motivos radiológicos. El titular propone la construcción de un centro alternativo en el emplazamiento para la gestión de la emergencia disponible en 2015 con posibilidad de control radiológico de los trabajadores y que garantizará su permanencia en condiciones adecuadas. Esta propuesta se abordará de forma sectorial.

En relación a los medios disponibles para el seguimiento y control de las emisiones radiactivas en caso de accidente, la central cuenta con el sistema de vigilancia de la radiación, que incluye monitores y toma de muestras post-accidente, el Plan de Vigilancia Radiológica en Emergencia (PVRE) y dispone de programas de cálculo y procedimientos para determinar la actividad vertida.

El titular cuenta además con medios de protección personal, dosímetros, y equipos portátiles para el control radiológico de los trabajadores y de los niveles de radiación y contaminación.

Con el fin de mejorar la capacidad global en situaciones de emergencia, el titular propone mejorar los medios de protección radiológica para los trabajadores así como los relacionados con el impacto al exterior. En este sentido, todas las centrales españolas constituirán un grupo de trabajo conjunto para analizar posibles equipos adicionales y mejoras en los actuales para adecuarlos a las potenciales condiciones existentes tras los sucesos analizados. Este análisis estará finalizado antes del 30 de junio de 2012 y a partir de ese momento será necesario implantar las mejoras identificadas.

La central ha estimado de forma preliminar, teniendo en cuenta liberaciones de actividad al aire, las dosis en algunas localizaciones (edificio del reactor, cámara de supresión, edificio de turbina y exteriores), identificando que tras el daño al núcleo la zona de la cámara de supresión no resulta accesible, se requiere control de tiempos en el edificio del reactor y el edificio de turbina y zonas exteriores no son accesibles en caso de venteo de contención. Con el fin de no perder la alternativa de venteo manual desde la cámara de supresión, el titular propone desarrollar un procedimiento específico para la apertura remota de la válvula de venteo de dicha cámara de supresión.

En relación con accidente de pérdida de refrigeración en piscinas y en base a los cálculos realizados, el titular establece que, en la situación más desfavorable correspondiente al inicio de recarga, con niveles de agua de un metro por encima de los elementos de combustible se debería restringir el acceso y permanencia en puntos próximos a la piscina. Con un nivel de dos metros por encima de los elementos de combustible no habría ninguna restricción de permanencia. Se dispone de un plazo de nueve días desde el inicio del accidente para alcanzar un nivel de agua de dos metros sobre los elementos.

La central nuclear de Santa María de Garoña indica que desde el inicio de la ebullición del agua de la piscina, existe riesgo de liberación de actividad al aire circulante, lo que requeriría el aislamiento de la contención secundaria. El titular establece como propuesta de mejora relacionada con la instrumentación de nivel la sustitución de la misma por otra que cubra todo el rango hasta el descubrimiento de los elementos.

- *Evaluación del CSN*

El diseño actual de la envolvente de la sala de control de la central ha sido evaluado y aceptado por el CSN y garantiza que la exposición a la radiación del personal que en ella se encuentre, durante cualquier accidente base de diseño, no excede los límites del 10 CFR 50.67 de la NRC.

El CSN considera que el análisis de habitabilidad realizado por el titular en caso de accidente severo presenta incertidumbres importantes (fugas de contención, retención en la cámara de supresión, características y eficiencia del venteo filtrado a implantar, condiciones atmosféricas, caudal de entrada de aire a sala de control, tiempos de permanencia, etc.). En consecuencia, con objeto de dar una mayor fortaleza a la central, el titular deberá analizar a corto plazo la implantación de un sistema para dotar de suministro alternativo de energía eléctrica a las unidades de filtración de emergencia de sala de control en caso de SBO.

Se valora positivamente la propuesta de construcción de un CAGE. Resulta de aplicación la conclusión que a este respecto se ha indicado en 4.1.c.

En relación con los medios disponibles para el seguimiento y control de las emisiones radiactivas, se considera conveniente que la central implante, a medio plazo, una red de vigilancia en continúo con recepción automática de los datos en sala de control, CAT y sala de emergencia del CSN.

El CSN valora positivamente el análisis que van a realizar conjuntamente las centrales sobre los medios y equipos de protección radiológica que sería conveniente disponer en los escenarios analizados en las presentes pruebas de resistencia. En el caso de esta central, el análisis deberá contemplar, al menos, la disponibilidad de los monitores de radiación y del sistema de toma de muestras post-accidente en escenarios de SBO prolongado y su correcto funcionamiento en las condiciones de accidente severo. Resulta de aplicación también la conclusión de carácter genérico indicada en el apartado 4.1.c de este informe.

En relación con el análisis para identificar condiciones radiológicas que impedirían llevar a cabo acciones manuales locales, Garoña deberá ampliar su estudio para incorporar, además de las actuaciones previstas en las GGAS, las nuevas acciones de recuperación mediante medios portátiles y de toma de muestras. En el apartado 4.1.c se han avanzado las conclusiones generales a este respecto. El CSN solicitará el desarrollo de guías de actuación para cada una de las GGAS con los aspectos de protección radiológica a tener en cuenta en función de las dosis esperables. En este sentido valora positivamente la propuesta del titular de realizar un procedimiento específico para la apertura remota de la válvula de venteo de la cámara de supresión.

La metodología, códigos de cálculo y datos de partida utilizados por el titular para el cálculo de las tasas de dosis en función del nivel de agua en la piscina, se consideran adecuados y la situación modelada resulta conservadora. Se solicitará que el titular incorpore en procedimiento los aspectos de protección radiológica a considerar en las actuaciones manuales locales que se prevean. En el apartado 4.1.c se han avanzado las conclusiones generales a este respecto.

4.2.7 Central nuclear José Cabrera (en fase desmantelamiento)

La central nuclear José Cabrera está actualmente en proceso de desmantelamiento y todo su combustible gastado se encuentra en un Almacenamiento Temporal Individualizado (ATI), situado en el propio emplazamiento y que está formado por 12 contenedores de almacenamiento en seco, de atmósfera inerte (sistema de contenedores HI-STORM 100Z), dispuestos sobre una losa de hormigón armado.

El sistema de almacenamiento dispone de márgenes de seguridad apropiados y no necesita componentes o sistemas activos para realizar sus funciones de seguridad; en particular, no necesita de fuentes de alimentación eléctrica para su funcionamiento, ni se requieren sistemas de vigilancia para garantizar dichas funciones. El sistema proporciona confinamiento, blindaje frente a las radiaciones, control de la criticidad y evacuación pasiva del calor del combustible gastado.

4.2.7.a Sucesos naturales extremos

- **Terremotos**

- *Posición del titular*

El diseño sísmico original de la central nuclear José Cabrera estaba definido por el terremoto de parada segura (SSE) de 0,07g y, por tanto, el valor del terremoto base de diseño (DBE) del ATI podría haber sido el mismo. Sin embargo, las evaluaciones estructurales del ATI se realizaron considerando un sismo de 0,25g como DBE.

La metodología utilizada para establecer el DBE del ATI ha sido determinista y proviene de la alternativa normalizada que permite el 10CFR72.103 para emplazamientos con sismicidad relativamente baja, con los que se corresponde el ATI.

Los estudios más recientes sobre la actividad de las fallas próximas al emplazamiento no son aún concluyentes y se ha considerado adecuada la representación de la actividad sísmica de la zona con una provincia sismotectónica. Se ha revisado la sismicidad en un radio de 320 km alrededor de la instalación, ampliando el periodo temporal inicialmente considerado hasta el 30 de junio de 2011 y utilizando el catálogo del Instituto Geográfico Nacional (IGN). La estimación de los efectos en el emplazamiento de un terremoto de magnitud 6,0 con dos hipótesis sobre la fuente sismogénica, se corresponde bien con la aceleración de 0,25g adoptada como DBE en el diseño del ATI.

Durante el periodo de desmantelamiento de la central se mantiene operativa la capacidad de registro del sistema de vigilancia sísmica que estaba anteriormente implantado, y que permite obtener una respuesta rápida del alcance del suceso sísmico en caso de ocurrir. Por otra parte, la instalación dispone de medios y procedimientos para la inspección, vigilancia y recuperación del estado de los contenedores en condiciones de accidente.

En las proximidades del ATI no hay estructuras, equipos o componentes que pudieran producir efectos indirectos derivados del DBE que pudieran afectar a la seguridad de la instalación. El sistema de almacenamiento está clasificado como importante para la seguridad, pero no así la losa de apoyo donde descansan los contenedores.

En la losa de apoyo se determinan márgenes de seguridad parciales que oscilan entre 1,13 y 2,44 y garantizan un diseño muy conservador. La pérdida de adherencia e inicio del deslizamiento de los contenedores ocurriría con una aceleración horizontal de 0,28g. La posibilidad de vuelco de los contenedores se alcanzaría con la combinación de una aceleración horizontal de 0,55g y una vertical mitad de la horizontal. El análisis estructural de la losa identifica una capacidad sísmica garantizada por encima de 0,25g y permite evaluar ésta con un valor mínimo igual al indicado para la pérdida del rozamiento, es decir 0,28g. Aunque no están disponibles todavía los resultados, el titular ha acometido un estudio cuantitativo para determinar el margen sísmico de la losa.

En relación con el comportamiento sísmico de las tres presas localizadas aguas arriba del ATI, los estudios realizados bajo las cargas de la excitación sísmica correspondiente al terremoto de diseño de la central concluyeron que la seguridad elástica del modelo estructural estaba garantizada para las tres presas, descartando la inundación del emplazamiento del ATI por la rotura sísmica de cualquiera de ellas. El titular no ha analizado la resistencia de las presas frente a terremotos mayores, dado que con la hipótesis determinista-conservadora de rotura conjunta de todas las presas, la inundación provocada no afectaría a la seguridad del ATI.

En relación con sismos, el titular indica que ya han sido realizadas las siguientes acciones de mejora:

- Revisión de los procedimientos de inspección y pruebas relacionados con terremotos, con el equipo de vigilancia sísmica, con inundaciones y con otros sucesos extremos.

- Establecimiento de un protocolo de comunicación entre la instalación y la presa de Bolarque, para el caso de que ocurra la rotura de la presa o una gran avenida (aportación entrante al embalse de Bolarque superior a 2000 m^3/s).

- Reubicación, a salvo de potenciales inundaciones, de los equipos previstos para la limpieza de conductos de ventilación de los contenedores. Además, el titular revisará la correcta operatividad de los mismos de manera periódica.

- *Evaluación del CSN*

El Estudio de Seguridad recoge que se ha considerado como DBE para el ATI el sismo estándar indicado en el 10 CFR 72.103; es decir, la losa de apoyo del sistema de almacenamiento se ha diseñado con los espectros de la USNRC RG 1.60 normalizados a una aceleración de 0,25g lo que ya había sido comprobado por el CSN en el proceso de licenciamiento.

En relación con los puntos débiles y situaciones límite que pudieran darse por terremoto, el titular los identifica con la posibilidad de vuelco del módulo de almacenamiento cargado. Esta situación tiene un margen de seguridad estimado claramente por encima de la aceleración horizontal adoptada para el DBE. Además, el titular prevé soluciones viables para resolver la situación de vuelco del contenedor y hace una estimación razonada de tiempos límite de respuesta.

Respecto a la rotura de presas inducida por sismo, el planteamiento extremo que formula el titular de rotura simultánea de todas ellas y simultaneidad también de puntas de las ondas de avenida generadas por cada una parece un escenario muy pesimista y difícilmente imaginable, que se analiza en el apartado siguiente.

Las acciones de mejora realizadas por el titular se consideran razonables en su planteamiento. El CSN efectuará las oportunas comprobaciones en sus procesos habituales de supervisión y control.

- **Inundaciones**

- *Posición del titular*

El nivel normal del río Tajo a su paso por la central corresponde con la cota 599,8 m y la inundación base de diseño (DBF) se puede considerar que alcanza la cota de 604 m. El ATI se sitúa en la cota 628 m, muy por encima de la cota asociada a la DBF, e igualmente por encima de la cota máxima alcanzable en caso de rotura de las presas situadas aguas arriba del emplazamiento, que alcanzaría un nivel de 623 o 626 m, según el conservadurismo del modelo de cálculo utilizado en los análisis realizados.

Como caso extremo, de forma determinista, se ha supuesto y analizado la rotura de las presas aguas arriba de la instalación, no simultáneamente, sino con una diferencia de tiempos tal que llevara a que la ola producida por la combinación de avenidas alcanzara un caudal total máximo de 134000 m^3/s. El análisis se ha hecho con un modelo simplificado (conservador). En este caso, se alcanzaría en la zona del ATI la cota 629 m, afectándolo con un calado máximo de un metro. Dada la topografía de la zona, el ATI sólo quedaría inundado durante un máximo de pocas horas. La velocidad del agua en la zona del ATI sería baja, no provocando la inestabilidad de los contenedores.

En el caso más extremo de inundación por la rotura de todas las presas aguas arriba del emplazamiento, se podrían taponar con lodo los conductos de ventilación de los contenedores. La pérdida de ventilación afectaría a la capacidad de refrigeración y éste es un suceso que el titular analiza en otro apartado de su informe y que se aborda más adelante en los apartados siguientes.

El titular analiza también las consecuencias de la rotura de los dos tanques de almacenamiento de agua potable que hay en la instalación y cuya capacidad total es de 1280 m^3. Concluye que los efectos posibles son muy inferiores a los parámetros base de diseño del sistema de almacenamiento, que son: máxima columna de agua que pueden soportar los contenedores: 38,1 m; y máxima velocidad del agua: 4,57 m/s.

Se han revisado los drenajes del emplazamiento del ATI y se ha evaluado su capacidad para la evacuación del agua. No se considera la posibilidad de obstrucción de los drenajes por los materiales arrastrados por la inundación.

Las mejoras que el titular menciona y que ya ha realizado son las mismas que se han señalado en el apartado anterior.

- *Evaluación del CSN*

La fuente de inundación con mayor impacto en el emplazamiento sería la rotura conjunta de presas. En el apartado anterior ya se ha comentado que el planteamiento extremo que formula el titular de rotura simultánea de todas ellas y simultaneidad también de puntas de las ondas de avenida generadas por cada una parece un escenario muy pesimista y difícilmente imaginable. El CSN requerirá información adicional sobre las hipótesis y los modelos aplicados con el fin de valorar los detalles de los estudios soporte realizados por el titular y realizará las oportunas comprobaciones.

- **Otros sucesos naturales extremos**

- *Posición del titular*

Los contenedores están diseñados para el almacenamiento exterior, sobre una losa de hormigón sin edificio de protección, y para mantener condiciones de almacenamiento seguras frente a accidentes y fenómenos naturales durante su vida de diseño (50 años).

El titular indica que el ATI está diseñado contra proyectiles pequeños o grandes ocasionados por hipotéticos tornados, aunque estos no sean previsibles en la zona.

En relación con la ocurrencia de un incendio forestal en la zona del ATI, el titular ha estimado la temperatura máxima y los incrementos de temperatura que se alcanzan en la superficie de los módulos, para cada frente y escenario meteorológico considerados. Los resultados muestran incrementos de temperatura inferiores a las diferencias entre las temperaturas permitidas para condiciones normales y para accidentes de corta duración, por lo que no habría pérdida de ninguna función de seguridad del ATI ya que todos los componentes del contenedor y su contenido satisfacen los límites aplicables.

En el caso de tornados el titular concluye que aun cuando los análisis han demostrado que los vientos y/o proyectiles de tornado no volcarían el módulo de almacenamiento cargado ni dañarían los materiales del blindaje del mismo ni la barrera de confinamiento, es conveniente que, en caso de ocurrencia de uno de estos sucesos, se debe realizar una inspección visual y radiológica del módulo, reparando los posibles daños sufridos en la virola externa del módulo, en el hormigón o en las pantallas de los conductos de ventilación.

No se identifican necesidades de mejora adicional, aunque se han adoptado las que ya se han citado anteriormente.

- *Evaluación del CSN*

En la evaluación realizada por el CSN no se han identificado debilidades respecto a estos sucesos naturales extremos.

4.2.7.b Pérdida de funciones de seguridad

- **Pérdida total de alimentación eléctrica exterior**

Todas las funciones de seguridad del ATI se aseguran de forma pasiva, por lo que la pérdida total de la alimentación eléctrica no afecta a dichas funciones de seguridad.

4.2.7.c Gestión de accidentes

- **Planificación de la gestión de situaciones accidentales**

- *Posición del titular*

El titular analiza las consecuencias de vuelco y enterramiento bajo escombros del contenedor presentando información sobre los medios alternativos, externos al emplazamiento, de los que se puede disponer para recuperar la capacidad de refrigeración pasiva del sistema, eliminar las obstrucciones en los conductos de entrada y salida de aire y situarlo en posición vertical, utilizando el procedimiento desarrollado para ello y mediante el uso de dos grúas móviles.

- En caso de vuelco, los plazos necesarios estimados para el izado variarían entre dos días para el caso de considerar un único contenedor, hasta 3 a 5 días para los 12 contenedores existentes.
- En caso de enterramiento bajo escombros, provocado por un sismo el titular propone como acción correctora que, tras un suceso de estas características, habría que proceder a retirar los escombros con medios mecánicos y manuales, inspeccionando visual y radiológicamente en busca de daños, tras la retirada de los mismos.

En relación con la posible inundación provocada por la rotura de presas el titular ha establecido un protocolo de comunicación entre la instalación y la presa de Bolarque, por el cual ésta contactaría de manera inmediata con la planta en caso de rotura de la presa o gran avenida. Así mismo, el titular indica que el equipo previsto para la desobturación de los conductos de ventilación de los contenedores se encuentra ubicado en el almacén del ATI, en una cota a salvo de potenciales inundaciones, incluyendo las debidas a la rotura hipotética simultánea de las presas de Entrepeñas y Buendía, y que revisará la correcta operatividad de los mismos de manera periódica, coincidiendo con la gama existente para el resto del equipamiento del ATI.

En el caso de incendios forestales, el titular indica que se dispone de contratos para suministro rápido de camión cisterna y que va a estudiar la disposición de conexión cercana desde la alimentación de agua potable, de mayor capacidad que la tubería actual, además de la realización de limpiezas de matorrales en el entorno.

El titular ha analizado las posibilidades de acceso a la instalación en caso de situaciones extremas y deduce que, aunque se perdieran las diversas vías actualmente disponibles, podría habilitarse sin gran dificultad algún acceso provisional en un tiempo corto abriendo el doble vallado.

- *Evaluación del CSN*

Las propuestas del titular se consideran aceptables, con las siguientes precisiones: en el caso de incendios forestales se considera que las mismas deberán estar implantadas en el corto plazo y, en cuanto a las actuaciones en caso de vuelco de un contenedor, el titular las deberá recoger en los procedimientos del PEI correspondientes.

- **Situaciones accidentales relevantes**

- *Posición del titular*

El informe del titular ha considerado tres situaciones envolventes, independientemente de las causas que pudieran originarlas, que podrían afectar a uno o varios contenedores:

- Taponamiento de los conductos de ventilación
- Vuelco
- Enterramiento

El titular indica que ninguna de estas tres situaciones se consideran creíbles en el emplazamiento, aunque el taponamiento total de conductos podría ser consecuencia del lodo arrastrado por una inundación extrema y el vuelco podría producirse por efecto de un sismo superior al base de diseño. En cuanto al enterramiento bajo escombros el titular lo considera el menos creíble al no existir ninguna estructura sobre o próxima a los módulos y no es de prever un deslizamiento de terrenos dada la topografía de la zona.

El titular ha reevaluado el comportamiento del sistema HI-STORM 100Z teniendo en cuenta la carga térmica generada por el combustible a fecha 30 de junio de 2011, para estimar una carga térmica máxima de cara a las pruebas de resistencia a fecha de 30 de junio, y ha estimado los tiempos necesarios para alcanzar situaciones límites, en las que se superan las temperaturas y presiones máximas admisibles en caso de accidente. El mínimo tiempo disponible estimado por el titular es de 5,5 días, por aumento de la presión interna, asociado con un accidente de enterramiento bajo escombros con rotura del 100% de las barras de combustible.

En cuanto al taponamiento de los conductos de ventilación de algún módulo de almacenamiento, el titular identifica como solución la limpieza de los conductos con herramientas de mano para lo cual ha reforzado el programa de entrenamiento del personal para las operaciones antes citadas. El programa tendrá una periodicidad mínima anual.

En relación con el vuelco de contenedores, el titular identifica como solución el volteo del módulo a la posición vertical mediante grúas autopropulsadas pesadas, para lo que ha desarrollado un procedimiento general y ha comprobado la disponibilidad en tiempo de los equipos de manejo necesarios).

Los procedimientos desarrollados incluyen también la realización de inspecciones visuales y radiológicas dirigidas a evaluar el estado estructural y radiológico del contenedor, y la inspección del estado de las rejillas antipartículas.

El titular indica que, alternativamente y en ambos casos, podría establecerse el enfriamiento del contenedor rociando agua sobre los conductos de entrada o de salida del aire.

- *Evaluación del CSN*

La evaluación del CSN estima que, efectivamente, no es esperable que ninguna de las tres situaciones contempladas por el titular (taponamiento de conductos, vuelco y enterramiento del contendedor) se produzcan por causa de los sucesos considerados: terremoto, inundación condiciones térmicas extremas y vientos fuertes.

En el proceso de licencia inicial del sistema HI-STORM 100Z se verificó que el comportamiento del conjunto respecto a un potencial vuelco está de acuerdo con lo expresado por el titular, por lo que la evaluación considera que las conclusiones del titular son adecuadas.

La estimación de la carga térmica generada por el combustible a fecha 30 de junio de 2011, así como los análisis térmicos realizados por el titular se consideran adecuados por lo que los márgenes temporales para alcanzar situaciones límites mejoran respecto a lo calculado en los estudios de licencia.

La evaluación del CSN considera adecuado el desarrollo de procedimientos para relevantar, en caso de vuelco, los contenedores afectados, y para eliminar las posibles obstrucciones de los conductos de entrada y salida de aire, tal como propone el titular. No obstante los medios propuestos por el titular están en proceso de revisión por parte del CSN para verificar que una actuación rápida en los términos planteados, tal vez no estrictamente necesaria dada la carga térmica reducida de los contenedores, no conduce a situaciones no contempladas previamente en el diseño.

- **Aspectos de protección radiológica**

- *Posición del titular*

El titular indica que las unidades móviles están equipadas permanentemente con material e instrumentación de protección radiológica, disponibles para llevar a cabo el control radiológico de contaminación de las personas, la evaluación de las dosis individuales y la vigilancia de las condiciones ambientales de la zona. En caso de inundación máxima la instalación quedaría inundada y el agua superaría un m la cota del ATI. Enresa tiene establecido en procedimiento las instrucciones a seguir para la realización de inspecciones visuales y radiológicas para evaluar el estado estructural y radiológico del módulo de almacenamiento.

- *Evaluación del CSN*

Con el fin de que la central refuerce su capacidad para hacer frente a una situación de emergencia Enresa deberá identificar en su procedimiento los medios que dispondrá en las unidades móviles para hacer frente a una emergencia (instrumentación portátil de protección radiológica, medios de protección, dosimetría, etc.) y garantizar que dichas unidades óviles están ubicados en un lugar seguro que no se encuentre afectado por el escenario de inundación máxima analizado.

5. CONCLUSIONES

El CSN ha evaluado los informes finales remitidos por los titulares de las centrales nucleares españolas dentro del programa de pruebas de resistencia realizado a nivel europeo, incluyendo la realización de 24 inspecciones para verificar determinados aspectos de los temas revisados. De la evaluación realizada por este organismo, se han obtenido las siguientes conclusiones:

A. Aspectos globales:

1. El CSN ha verificado que los informes presentados por los titulares se han realizado siguiendo las especificaciones de las pruebas de resistencia elaboradas por WENRA/ENSREG y que dan una respuesta adecuada a las correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) emitidas por este organismo.

2. La evaluación del CSN no ha identificado ningún aspecto que suponga una debilidad relevante de seguridad de estas instalaciones y que pudiera requerir la adopción urgente de actuaciones en las mismas.

3. Los informes de los titulares concluyen que actualmente se cumplen las bases de diseño y las bases de licencia establecidas para cada instalación. El CSN verifica estos aspectos a través de su programa continuo de supervisión y control así como de las revisiones periódicas de la seguridad que se realizan cada diez años, previamente a las renovaciones de las autorizaciones de explotación.

4. Las comprobaciones y estudios realizados ponen de manifiesto la existencia de márgenes que aseguran el mantenimiento de las condiciones de seguridad de las centrales más allá de los supuestos considerados en el diseño. Adicionalmente, para incrementar aún más la capacidad de respuesta frente a situaciones extremas, los titulares proponen la implantación de mejoras relevantes y el refuerzo de los recursos para hacer frente a emergencias.

5. Las mejoras identificadas se realizarán en varias etapas, en función de sus características técnicas y de los plazos necesarios para su implantación.El esquema temporal previsto es el siguiente:

   - Corto plazo, en el que se implantarán las medidas factibles en este periodo y se finalizarán la mayor parte de los estudios complementarios. Finalización prevista entre junio y diciembre de 2012.
   - Medio plazo, para incorporar un segundo bloque de modificaciones de diseño. Finalización prevista entre 2013 y 2014.
   - Largo plazo, para finalizar todo el programa de mejoras, incluyendo nuevos desarrollos y las modificaciones de diseño que impliquen nuevas construcciones o cambios de los sistemas existentes. Finalización prevista entre 2015 y 2016.

6. La evaluación del CSN ha identificado acciones y estudios complementarios para asegurar que todos los aspectos quedan adecuadamente tratados y que las acciones propuestas son eficaces. El CSN emitirá Instrucciones Técnicas Complementarias a cada titular a principios de 2012, en las que se requerirá la implantación de las propuestas de mejora presentadas, así como la realización de estudios complementarios u otras modificaciones que el CSN considere necesarias.

B. Aspectos relacionados con sucesos externos extremos:

7. El terremoto base de diseño de cada instalación se ha revisado con los datos de los sismos ocurridos desde la fecha de corte considerada en el diseño original y hasta el primer semestre de 2011, usando la metodología aplicada en los estudios iniciales de licenciamiento de las

instalaciones. Como resultado de esta revisión se concluye que, en todos los casos, sigue siendo válido el valor del terremoto base de diseño adoptado.

8. El CSN abordará un programa de actualización de los estudios de caracterización sísmicas de emplazamiento, siguiendo la normativa más reciente del OIEA.

9. En relación con los análisis de márgenes sísmicos por encima de la base de diseño:

   - Los titulares han partido del hecho de disponer de estudios previos de márgenes sísmicos, requeridos por el CSN, con un terremoto de referencia correspondiente a una aceleración horizontal máxima del terreno de 0,3g, considerado un margen adecuado de revisión para todas las plantas españolas, independientemente de su base de diseño sísmico (que en el caso de las plantas españolas está comprendida entre 0,1g y 0,2g). El alcance de estos estudios está centrado en la capacidad resistente de las estructuras, sistemas y componentes necesarios para alcanzar la parada segura y mantener la integridad del Edificio de Contención y en ellos se había comparado su resistencia con el sismo de referencia de 0,3g sin que estuviera requerido que todos alcanzaran dicho valor.
   - En la revisión actual de estos estudios, realizada en el contexto de las pruebas de resistencia, los titulares proponen implantar las acciones de mejora necesarias para alcanzar dicho objetivo y han ampliado el alcance de los análisis de márgenes sísmicos a las estructuras, sistemas y componentes previstos para hacer frente a una pérdida completa de alimentación eléctrica, para mitigar las consecuencias de accidentes severos y para mantener la función de "confinamiento", tanto en el Edificio de Contención como en la piscina de combustible gastado, así como su refrigeración. Estas acciones contribuirán a fortalecer de manera significativa la respuesta de las plantas frente a los riesgos sísmicos.

10. Se han analizado otros efectos inducidos por los terremotos, como son los incendios y explosiones que se podrían producir en las plantas, así como los provocados por instalaciones industriales cercanas. También se han analizado las principales fuentes de inundaciones internas y se realizarán otros estudios complementarios. Las barreras y acciones de protección identificadas en los informes de los titulares se consideran adecuadas por el CSN.

11. Se ha comprobado la adecuación de la base de diseño frente a inundaciones externas, incluyendo los datos hidrológicos y meteorológicos registrados en cada emplazamiento durante todo el tiempo de explotación, concluyéndose que los niveles de inundación adoptados como base de diseño siguen siendo válidos actualmente.

    También se han analizado los márgenes de seguridad frente a sucesos que pudieran dar lugar a niveles de inundación por encima de las bases de diseño. Los sucesos más críticos corresponden a la potencial rotura de presas aguas arriba. En todos los casos se ha analizado que dichas presas resisten terremotos superiores a los adoptados como base de diseño sísmico en cada emplazamiento y se han cuantificado sus márgenes sísmicos. Adicionalmente, los titulares han realizado un análisis de consecuencias de la rotura de presas, en los que se concluye que los niveles de inundación que se alcanzarían en las centrales afectadas por estos sucesos quedarían por debajo de la cota de explanación.

    La evaluación realizada por el CSN, que ha contado con el apoyo técnico del CEDEX, concluye que los análisis aportados se consideran válidos y hacen una estimación justificada de los márgenes más allá de las bases de diseño en los aspectos relacionados con la rotura de presas por causas sísmicas. El CSN considera necesario profundizar en el análisis de rotura de presas por otras causas. Como consecuencia de estos estudios, y en función de los resultados que se obtengan,

podría ser necesario revisar los estudios realizados y adoptar las medidas que se deriven de los mismos.

12. Respecto a otros sucesos naturales externos, se ha realizado una reevaluación específica de este tipo de sucesos. Para ello, se ha partido de un cribado previo con metodología probabilista, descartando aquellos sucesos cuya probabilidad de ocurrencia es menor que una vez cada cien mil años y determinando los márgenes de seguridad existentes más allá de las bases de diseño. Así mismo, se ha ampliado el alcance de sucesos considerados para incluir aquellos previamente cribados, pero creíbles en cada emplazamiento. Las medidas de refuerzo propuestas se consideran adecuadas.

    El CSN requerirá que se completen adecuadamente los análisis de algunas combinaciones posibles de sucesos naturales extremos y se propongan, en su caso, las medidas que correspondan.

C. Aspectos relacionados con la pérdida de funciones de seguridad:

13. Se han analizado las alimentaciones eléctricas disponibles en cada una de las centrales y las interconexiones con la red exterior existentes, concluyendo que tienen una alta robustez y fiabilidad. Los procedimientos del operador de la red eléctrica dan prioridad a la alimentación a las centrales nucleares y disponen de alimentación preferente desde centrales hidráulicas cercanas.

    En caso de pérdida de energía eléctrica exterior, las centrales disponen de alimentación a los sistemas de salvaguardias mediante generadores diesel de emergencia, que cumplen los requisitos de redundancia y separación física requeridos por la normativa. La autonomía de estos generadores diesel es de al menos 7 días.

    Las características anteriores forman parte de las bases de diseño de las centrales y han sido objeto de evaluación e inspección en los procesos habituales de supervisión del CSN.

14. Para una situación de pérdida total de alimentación eléctrica de corriente alterna (interior y exterior) de larga duración, se ha analizado la secuencia de sucesos y las funciones de seguridad requeridas, especificando las situaciones límite y tiempos en que se produciría la degradación del núcleo o la pérdida de integridad de la contención, considerando solamente los equipos actualmente existentes en las plantas.

    Los titulares proponen diversas medidas de mejora para hacer frente al suceso citado, lo que permitiría a todas las centrales cumplir el criterio de mantener la autonomía durante las primeras 24 horas con equipos disponibles en la instalación, ampliables hasta 72 horas con cierto apoyo exterior. Las propuestas más relevantes son:

    - Medidas para asegurar la alimentación de corriente continua a los controles e instrumentación necesarios para mantener las condiciones de seguridad de la planta en tal situación.
    - Pruebas periódicas de recuperación del suministro eléctrico exterior a partir de centrales hidráulicas cercanas al emplazamiento.
    - Diversas medidas de refuerzo con equipos autónomos (generadores diesel, motobombas).

    Adicionalmente a estas propuestas, se considerará la viabilidad de medidas alternativas para reforzar las capacidades de refrigeración del núcleo y de la contención. El CSN considera que las medidas propuestas contribuirán a reforzar la capacidad de respuesta de las centrales frente a sucesos extremos de pérdida total de alimentación eléctrica de larga duración.

15. Además de los supuestos anteriores y más allá del alcance establecido en las Instrucciones Técnicas Complementarias del CSN y en las especificaciones de WENRA/ENSREG, que sólo requerían valorar el tiempo de autonomía de las baterías, los titulares han analizado las posibles actuaciones en el caso de la pérdida de corriente continua. Para ello, se han considerado las posibilidades existentes de mantener la planta en condición estable mediante acciones manuales locales.

    El CSN considera que las condiciones ambientales de temperatura o radiación en las salas en que están ubicados algunos equipos podrían dificultar dichas actuaciones manuales, por lo que se requerirán justificaciones individuales o la realización de pruebas que aseguren la viabilidad de las maniobras, en aquellos casos en que no se hayan realizado todavía.

16. Los titulares han analizado las características del sumidero final de calor y las situaciones que podrían dificultar o impedir su correcto funcionamiento. También han analizado los sucesos de pérdida del sumidero final de calor coincidente con pérdida total de energía eléctrica, concluyéndose que todos ellos están envueltos por los sucesos de pérdida total de energía eléctrica, por lo que las mejoras propuestas serían también aplicables en estos casos. La evaluación del CSN considera adecuados los análisis realizados por los titulares.

D. Aspectos relacionados con la gestión de accidentes:

17. Todos los titulares de las centrales nucleares disponen ya de una organización y medidas de gestión de accidentes más allá de las bases de diseño de cada instalación.

    Para incrementar la capacidad de respuesta y reforzar la organización de emergencia, se han propuesto, entre otras, las siguientes acciones de mejora:

- Creación de un Centro de Apoyo en Emergencia (CAE), común para todas las centrales, que dispondrá de medios humanos y materiales con capacidad de intervención en cualquiera de las centrales en un plazo máximo de 24 horas.
- Construcción en cada emplazamiento de un Centro Alternativo de Gestión de Emergencias (CAGE), de diseño sísmico y medios de protección contra las radiaciones, con objeto de facilitar las operaciones de emergencia en situaciones extremas.
- Realización de análisis complementarios, de forma conjunta por todas las centrales, en los que se estudiarán las necesidades organizativas de las centrales para reforzar sus organizaciones de emergencias teniendo en cuenta las lecciones aprendidas del accidente de Fukushima; también se estudiará la necesidad de mejorar los medios auxiliares disponibles y, en especial, los medios de comunicación, tanto interna como externa, de voz y datos.

    Estas acciones se consideran adecuadas y reforzarán de manera importante las capacidades para gestionar una emergencia en las centrales. Dada la importancia de disponer de los recursos humanos adecuados para llevar a cabo las actuaciones necesarias en una emergencia, y en especial en caso de accidente severo, el CSN requerirá que cada titular presente en el plazo máximo de un año un informe con los análisis propuestos, junto con los planes de mejora y refuerzos de la organización de emergencia específicos, teniendo en cuenta los recursos necesarios para las actuaciones con equipos portátiles y las circunstancias específicas de cada instalación.

    Los titulares han estimado que las condiciones radiológicas en los centros de apoyo a la emergencia distintos de la sala de control y el CAT obligarían a su evacuación en determinados escenarios de accidente severo. El CSN solicitará que los titulares planteen alternativas ante la necesidad de evacuación de dichos centros en tanto el CAGE no esté operativo.

18. Se han analizado las posibles dificultades de acceso a los emplazamientos, tanto de personas como de equipos auxiliares, en caso de situaciones extremas causadas por sismos o inundaciones, identificándose las vías y medios disponibles en todos los casos, así como las propuestas de refuerzos de estructuras o equipamientos en los casos necesarios

19. Los titulares disponen actualmente de estrategias para hacer frente a los accidentes severos en el reactor. Dichas estrategias están incluidas en manuales o guías de gestión de accidentes severos, que habían sido previamente evaluados por el CSN.

    Las principales acciones de mejora propuestas en este campo son las siguientes:

    a. Instalación de métodos diversos para inyectar agua a la vasija del reactor o a los generadores de vapor o a la contención.

    b. Instalación de recombinadores pasivos autocatalíticos en las centrales en las que no se dispone de ellos.

    c. Instalación de venteo filtrado de la contención, excepto en un caso que plantea analizarlo más en profundidad

    d. Medidas adicionales para conocer, en caso de pérdida de corriente continua, los parámetros críticos necesarios en las estrategias de accidentes severos.

    e. Medidas para prevenir las secuencias de daño al núcleo con alta presión en el reactor.

    f. Medidas para reforzar la capacidad de implantar estrategias de inundación de contención.

    La evaluación del CSN concluye que dichas mejoras son adecuadas y que reforzarán la capacidad de las centrales para hacer frente a los accidentes severos y mitigar sus consecuencias. Adicionalmente, el CSN considera necesario que todos los titulares dispongan de venteo filtrado de la contención

20. Los titulares han analizado los sistemas de refrigeración de la piscina de combustible gastado y las estrategias existentes para hacer frente a una pérdida de los mismos, así como los aspectos relativos a la pérdida de blindaje radiológico que supondría el descenso de nivel de agua en las piscinas. En los informes presentados los titulares proponen mejoras con el fin de fortalecer la respuesta de las centrales frente a escenarios de pérdida de funciones de seguridad de larga duración en combinación con sucesos externos:

    a. Medios alternativos fijos y portátiles para aportar agua a la piscina de combustible gastado.

    b: Mejoras en la instrumentación de medida de nivel y temperatura del agua de la piscina de combustible gastado.

    La evaluación del CSN concluye que dichas mejoras son positivas para hacer frente a los accidentes que afecten a la refrigeración de la piscina de combustible gastado.

21. En cuanto a las condiciones radiológicas en caso de accidente severo, los titulares han estimado las dosis en la sala de control en un escenario con pérdida prolongada de energía eléctrica y en el que se requiera el venteo de contención, con objeto de identificar las medidas necesarias para garantizar la protección del personal que se encuentre en dicha sala. En este contexto, el CSN considera positiva la propuesta de algunos titulares de implantar o estudiar la conveniencia de dotar de alimentación eléctrica a las unidades de filtración de emergencia de sala de control en caso de SBO prolongado y requerirá al resto de los titulares que consideren esta actuación, así

como la resolución de cualquier incertidumbre en relación con la garantía de habitabilidad de la sala de control en SBO.

Así mismo, se han evaluado los medios disponibles para el seguimiento y control de las dosis a los trabajadores y de las emisiones radiactivas, concluyéndose que los procedimientos, medios humanos y materiales de los que se dispone son en general adecuados, si bien se requerirán mejoras, de forma coordinada por todas las centrales, para reforzar la respuesta ante escenarios de accidente severo.

22. En cuanto a las condiciones radiológicas que pudieran afectar a las acciones de recuperación en planta, los titulares han presentado análisis y proponen niveles de dosis de referencia para el personal de la organización de respuesta de emergencia que se corresponden en unos casos con lo establecido con la ICRP-103 y, en otros, con el TECDOC-953 y con las recientemente aprobadas BSS del OIEA. El CSN emitirá requisitos específicos que armonicen dichos niveles de referencia para compatibilizar la necesaria protección individual de los trabajadores con la viabilidad de realizar acciones críticas de mitigación, así como las implicaciones, desde el punto de vista de la protección radiológica individual, de las actuaciones locales.

6. LISTA DE ACRÓNIMOS

A continuación se incluye la lista completa de acrónimos utilizados en este informe, los cuales corresponden a sus siglas en español o en el idioma de origen, dependiendo de cuál es la denominación más habitualmente utilizada.

AFW:	Sistema de Agua de Alimentación Auxiliar (diseño Westinghouse)
ATI:	Almacenamiento temporal individualizado, de combustible gastado
ADS:	*Automatic depressurization System* (Subsistema del ECCS; diseño GE)
APS:	Análisis Probabilistas de Seguridad
ATWS	*Anticipated Transient Without Scram*
BSS	*Basic Safety Standars*
BWR:	*Boiling Water Reactor* (Reactor de agua en ebullición)
BWROG:	*Boiling Water Reactor* Owners Group
C.A.:	Corriente eléctrica alterna
CAGE:	Centro Alternativo de Gestión de Emergencias
CAE:	Centro de Apoyo en Emergencia
CAO:	Centro de Apoyo Operativo
CAT:	Centro de Apoyo Técnico
C.C.:	Corriente eléctrica continua
CE:	Comisión Europea
CEDEX:	Centro de Estudios y Experimentación de obras públicas
CHE:	Confederación Hidrográfica del Ebro
CN:	Central Nuclear
CRD:	Control Rod Drive System
CS:	Categoría Sísmica
CSN:	Consejo de Seguridad Nuclear
DBE:	*Design Bases Earthquake*
DBF:	*Design Bases Flooding*
ECCS	*Emergency Core Cooling System* (Sistema de Refrigeración de Emergencia del Núcleo)
ENSREG:	*European Nuclear Safety Regulator's Group*
ENRESA:	Empresa Nacional de Residuos Radiactivos

EPRI:	*Electric Power Research Institute (USA)*
ESC:	Estructuras, sistemas y componentes
GE:	*General Electric*
GGAS:	Guías de Gestión de Accidentes Severos
GG.VV.:	Generadores de Vapor
HCLPF:	Capacidad de alta confianza de baja probabilidad de fallo (margen sísmico)
HPCI:	*High Pressure Core Injection System* (Subsistema del ECCS; diseño GE)
HPCS:	*High Pressure Core Spray System* (Subsistema del ECCS; diseño GE)
IC:	Sistema del Condensador de Aislamiento (diseño GE)
ICRP:	*International Commission on Radiological Protection*
IEEE:	*Institute of Electrical and Electronic Engineers*
IIGN:	Instituto Geográfico Nacional
IPEEE:	*Individual Plant Examination on External Events*
IS:	Instrucción del CSN (Norma general de rango reglamentario)
ITC:	Instrucción Técnica Complementaria a la Autorización de Explotación de una central
KWU:	*Kraftwerk Union Aktiengesellschaft*
KTA:	*Kerntechnischer Ausschuss (Norma alemana de seguridad nuclear)*
LOCA:	*Loss of Coolant Accident* (Accidente de rotura de una línea del sistema primario)
LOOP:	*Loss of Off-site Power*
LPCI:	*Low Pressure Core Injection System* (Subsistema del ECCS; diseño GE)
LPCS:	*Low Pressure Core Spray System* (Subsistema del ECCS; diseño GE)
MSLB:	*Main Steam Line Break* (Accidente de rotura de línea de vapor principal)
NRC:	*Nuclear Regulatory Comission (USA)*
OBE:	Terremoto base de operación
OIEA:	Organización Internacional de la Energía Atómica (*IAEA*)
PAR:	Passive Autocatalytic Recombiner (Recombinador pasivo de H_2)
PCG:	Piscina de combustible gastado (*Spent Fuel Pool, SFP*)
PCI:	Protección contra incendios
PEI	Plan de Emergencia Interior (de una instalación nuclear española)
POE:	Procedimientos de Operación de Emergencia

PVRE: Plan de vigilancia radiológica en emergencia

PWR: *Pressurized Water Reactor* (Reactor de agua a presión)

RCIC: *Reactor Core Isolation Cooling* (Sistema de refrigeración del núcleo aislado; diseño GE)

RCP: Bomba de refrigeración del sistema primario

RCS: Sistema de refrigeración del reactor

REE: Red Eléctrica (operador del sistema eléctrico nacional)

RG: *Regulatory Guide* (guías reguladoras de la NRC)

RVRAC: Red de vigilancia radiológica ambiental en continuo

SBLC: Standby Liquid Control System (Sistema de inyección de boro, diseño BWR)

SBO: *Station Blackout* (Suceso con pérdida total de la corriente alterna)

SC: Sala de control

SE: *Safe Earthquake* (definición alemana)

SSE: *Safe Shutdown Earthquake* (definición americana)

SP: *Suppression Pool* (Piscina de supresión en una contención de reactor BWR)

TAAR: Tanque de Almacenamiento de Agua de Recarga, diseño Westinghouse (*RWST*)

TAB: Tanque de Agua de Borada, diseño KWU

TAC: Tanque de Almacenamiento de Condensado (*CST*)

TBAFW: Turbobomba del sistema de agua de alimentación auxiliar (diseño Westinghouse)

UE: Unión Europea

UHS: *Ultimate Heat Sink* (Sumidero Final de calor)

UNESA: Unidad Eléctrica (asociación de empresas eléctricas españolas)

UPS: *Uninterrupted Power Supply*

WANO: *World Association of Nuclear Operators*

WENRA: *West Europe Nuclear Regulator's Association*