



IMPACTO DE FUKUSHIMA EN C.N. VANDELLÓS II

Es bien sabido que el 11 de marzo de 2011 ocurrió un suceso sísmico de grandes dimensiones que provocó la devastación en la costa noreste de Japón como consecuencia del tsunami producido por el que ha venido a llamarse el *Great Tohoku Earthquake*. Fukushima Daiichi, una central nuclear con seis reactores de tecnología BWR fue gravemente afectada produciéndose uno de los mayores accidentes del uso pacífico de la tecnología nuclear. En una época en que los medios de comunicación ofrecen, de forma prácticamente inmediata, imágenes de cualquier suceso pudimos vivir en directo las explosiones de hidrógeno producidas tras la pérdida de refrigeración ocurrida en los diferentes reactores.

Este hecho convulsionó sin duda a la sociedad japonesa e internacional en todos los estamentos. Desde las instituciones europeas y en particular desde el Consejo de Seguridad

Nuclear, se solicitó a las centrales nucleares llevar a cabo en un tiempo récord las denominadas *Pruebas de Resistencia*. ANAV y en particular C.N. Vandellós II dieron respuesta a los requerimientos mediante un reanálisis de los sucesos externos, un análisis de las consecuencias de la postulación determinista de sucesos de pérdida total de sumidero de calor y pérdida total de suministro eléctrico, y finalmente un análisis de las capacidades de la central para dar respuesta a una condición de accidente severo.

En el ámbito de los sucesos externos se actualizaron los sucesos sísmicos a fin de determinar la vigencia de los análisis que en su día permitieron establecer el Terremoto Base de Operación (OBE) y el Terremoto de Parada Segura (SSE). Asimismo, se reanalizaron con metodologías actualizadas otros sucesos tales como lluvias intensas, bajas temperaturas, tsunami en el Mediterráneo, etc.



CRUZ CIRAUQUI

Director de Servicios Técnicos
Licenciado en Ciencias Físicas y
Diplomado en Ingeniería Nuclear.

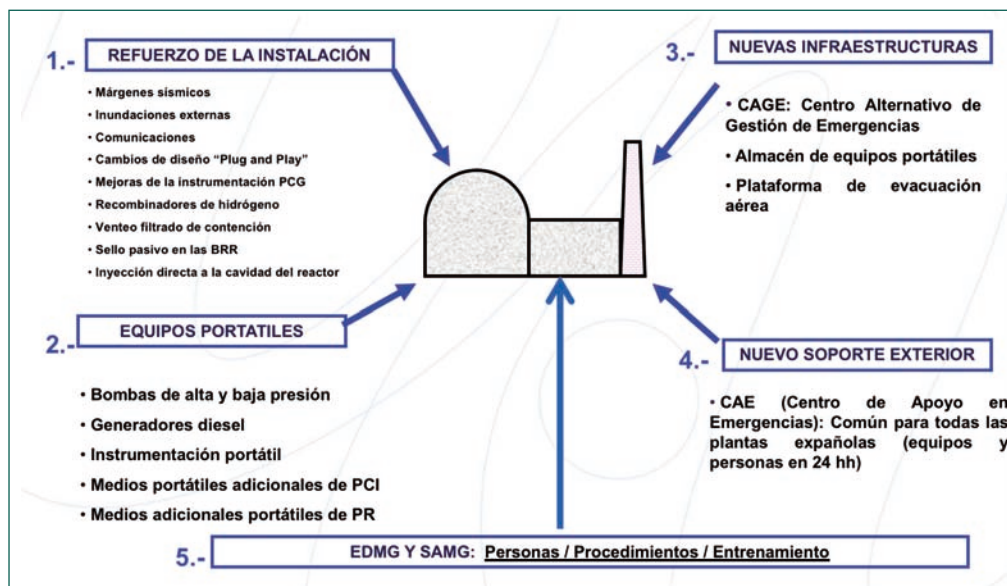


Figura 1. Mejoras derivadas de los stress test.

En el ámbito de los sucesos deterministas de pérdida del sumidero final de calor y pérdida de suministro eléctrico, tanto interno como externo, se analizaron las capacidades de la central para hacer frente a los mismos, identificando los equipos y actuaciones requeridos para, incluso en estos escenarios postulados, conseguir la refrigeración efectiva del núcleo del reactor.

Finalmente, se analizaron las capacidades de C.N. Vandellós II para hacer frente a sucesos de accidente severo en el reactor y en la piscina de almacenamiento de combustible gastado.

Todo lo anterior fue documentado en un informe que fue remitido al Consejo de Seguridad Nuclear en agosto de 2011 en primera edición y en octubre de 2011 revisado.

Lo relevante de este trabajo no es solo todo lo relativo a los análisis realizados, sino las conclusiones y propuestas de acciones a desarrollar en lo que se denominó corto plazo (final de 2012), medio plazo (final de 2014) y largo plazo (final de 2016). Se trata de una serie de actuaciones cuyo objetivo fue dotar a la planta de una mejora de las protecciones frente a sucesos naturales extremos, incrementar la capacidad de respuesta a situaciones extremas mediante el uso de equipos portátiles y modificaciones en la instalación para facilitar la conexión de dichos equipos, implantar modificaciones para mejorar la respuesta de la planta frente a los sucesos postulados, como es el caso de la implantación

del sello pasivo en la bombas de refrigeración del reactor y, por último, dotar a la planta de capacidades adicionales para mejorar la respuesta ante situaciones de accidente con daño al núcleo.

Una síntesis de las actuaciones se presenta en la Figura 1.

Se describen a continuación las actuaciones llevadas a cabo en C.N. Vandellós II, cuya conclusión, de acuerdo a lo planificado, terminó a final de 2016.

PROTECCIÓN FRENTE A SUCEOS NATURALES

Terremotos. Con anterioridad al suceso de Fukushima y fruto de los análisis realizados en el marco del programa IPEEE (*Individual Plant Examination of External Events*), C.N. Vandellós II ya había demostrado su capacidad para sucesos sísmicos de 0.3 g, realizando a lo largo de los años modificaciones de diseño y manteniendo el margen sísmico mediante una evaluación periódica para tener en cuenta las modificaciones a la instalación por implantación de modificaciones de diseño. Como consecuencia de Fukushima se extendieron los análisis mediante la metodología de márgenes sísmicos a la piscina de combustible gastado y su sistema de refrigeración, a los equipos asociados al *Station Blackout*, a equipos relevantes involucrados en las Guías de Gestión de Accidentes Severos, a tuberías de sistemas no relacionados con la seguridad que pudieran constituir

fuentes de inundación y por último a los almacenamientos de material combustible e inflamable que pudieran generar incendios ante un suceso sísmico. Así, se han implantado modificaciones de diseño para extender el margen sísmico de 0.3 g a los equipos y componentes adicionales identificados.

Inundaciones. Se han calculado de nuevo con metodologías actualizadas los sucesos derivados de lluvias intensas, calculándose también mediante métodos actualizados los niveles en todo el emplazamiento. Como consecuencia de estos nuevos análisis se

han llevado a cabo intervenciones en la red de drenajes del emplazamiento. Asimismo, fruto del análisis de barrancos que discurren por el emplazamiento, se ha procedido al refuerzo de muros en el denominado *barranco de Malaset*.

Se ha analizado, como emplazamiento que se encuentra en la costa del mar Mediterráneo las potenciales consecuencias de un tsunami. C.N. Vandellós II dispone de un sumidero último de calor, puesto en servicio con anterioridad al accidente de Fukushima, en 2009. Este sistema de refrigeración de seguridad se basa en torres de refrigeración y una balsa de almacenamiento, situados a una altura superior a 25 metros sobre el nivel del mar, por lo que ha sido posible descartar las consecuencias del tsunami sobre los sistemas de seguridad del emplazamiento.

Otros sucesos naturales. Se han evaluado sucesos adicionales de temperaturas extremas, vientos extremos y de descargas atmosféricas. En el primer caso se han llevado a cabo algunas modificaciones de diseño para dotar a determinados componentes de una protección adicional frente a este fenómeno implantando modificaciones de diseño. En cuanto a la protección frente a vientos extremos se ha podido demostrar la robustez del emplazamiento sin que hayan sido necesarias modificaciones. Finalmente, se ha dotado al emplazamiento de la protección frente a descargas atmosféricas acorde a la última normativa al efecto.



MEDIDAS ADICIONALES FRENTE A PÉRDIDA DEL SUMINISTRO ELÉCTRICO Y DEL SUMIDERO DE CALOR

En referencia a la capacidad de respuesta frente a los sucesos de pérdida postulada del sumidero de calor, así como frente a la pérdida de fuentes de suministro eléctrico exterior e interior, se han llevado a cabo actuaciones tanto de carácter procedimental como físico. En el ámbito procedimental se han realizado modificaciones en el procedimiento de respuesta ante la pérdida de suministro eléctrico ECA-0.0, se han desarrollado guías de inyección alternativa a los generadores de vapor, de operación manual de la turbobomba de agua de alimentación auxiliar, de despresurización manual de los generadores de vapor y de rellenado del tanque de almacenamiento de agua de recarga.

Desde el punto de vista físico, se han desarrollado modificaciones de diseño para dotar a los sistemas de puntos de conexión alternativos para la inyección de agua a los generadores de vapor, al sistema de refrigeración del reactor y al sistema de rociado de contención. Adicionalmente, se ha dotado a la planta de puntos de conexión para la alimentación eléctrica alternativa mediante un generador diésel portátil.

Asimismo, se han identificado, adquirido y dispuesto en el emplazamiento un conjunto de equipos portátiles necesarios para llevar a cabo las estrategias antes identificadas. Se han adquirido equipos de inyección de media y baja presión, así como equipos de generación eléctrica (diésel). Se ha construido un almacén para los equipos portátiles con capacidad sísmica por encima del terremoto base de revisión (0.3g) en una ubicación no afectada por potenciales inundaciones en el emplazamiento.

Asimismo, para hacer frente a la característica de fuga por los sellos de las bombas de refrigeración del reactor tipo Westinghouse, se ha implantado el denominado *Shutdown Seal*. Mediante este tipo de sello, la fuga ante situaciones de pérdida tanto de la inyección a sellos como de refrigeración de la barrera térmica, se reduce a valores inferiores de 1 gpm, dotando a la instalación de la capacidad de mantener el inventario del sistema de refrigeración del reactor en situaciones de pérdida de potencia exterior prolongada.



Figura 2. Recombinadores pasivos de hidrógeno.



Figura 3. Venteo filtrado de contención.

MEJORAS EN LA GESTIÓN DE ACCIDENTES SEVEROS

En el ámbito de la gestión de accidentes severos se han implantado varias modificaciones de diseño relevantes. Una de ellas ha consistido en la instalación de un conjunto de recombinaidores de hidrógeno en contención del tipo autocatalítico (Figura 2). Mediante este sistema se elimina la posibilidad de un potencial fallo de contención como consecuencia de la deflagración de hidrógeno producido en condiciones de accidente severo.

Adicionalmente, se ha implantado un sistema de venteo filtrado de contención, basado en la denominada tecnología húmeda (Figura 3). El sistema consta de tres etapas de filtración, con una etapa final para mejora de la retención de yodos. Mediante este sistema se ha dotado a la instalación

de la capacidad de evitar el fallo del edificio de contención por sobrepresión, evitando la emisión de grandes cantidades de material radioactivo.

Finalmente, se ha implantado un sistema que permite la inyección directa de agua a la cavidad del reactor mediante el uso de equipos portátiles. Esto permitirá en condiciones de accidente severo, dotar a la instalación bien de la posibilidad de evitar el fallo de vasija, o bien ante fallo de la misma, conseguir la refrigerabilidad del material descargado, limitando la potencial interacción de este material con el hormigón.

Mediante los nuevos sistemas antes mencionados se ha reducido de forma muy relevante el riesgo de emisión no controlada de material radioactivo, incluso ante hipotéticas situaciones de accidentes con daño al núcleo del reactor.



Figura 4. Almacén de equipos portátiles y CAGE.



MEJORAS EN LA GESTIÓN DE EMERGENCIAS

Desde el punto de vista de las mejoras en la gestión de las emergencias, C.N. Vandellós II ha construido el denominado CAGE (Centro Alternativo de Gestión de Emergencias). Se trata de una nueva instalación situada dentro del emplazamiento, a una cierta

distancia del edificio de contención, construida para soportar sucesos sísmicos de 0,5g, con sistemas de habitabilidad ante situaciones de liberación de material radiactivo, y dotado de autonomía de suministro eléctrico mediante equipos diésel. Esta instalación constituye un centro alternativo desde el que dirigir las actividades de

respuesta a emergencia y tendrá la capacidad de albergar y proporcionar condiciones de habitabilidad para un colectivo de unas 70 personas [Figura 4].

El CAGE junto con el almacén para equipos portátiles y una plataforma que permite la llegada de medios aéreos de apoyo, constituyen la que se ha denominado Área Segura en el emplazamiento de Vandellós II.

Por otra parte se han mejorado las capacidades de comunicación en situación de emergencia tanto en el interior del emplazamiento como con el exterior. Dentro del emplazamiento de C.N. Vandellós se ha instalado un sistema de comunicaciones inalámbricas, con capacidad también de conexión con redes de apoyo exterior. Asimismo, se han mejorado las capacidades de comunicación con el exterior mediante la implantación de dispositivos de comunicación vía satélite.

Con todo, la magnitud de las actuaciones de análisis y físicas llevadas a cabo ponen de manifiesto, las nuevas capacidades de C.N. Vandellós II para hacer frente a sucesos más allá de las bases de diseño originales de la instalación.

En cuanto al alcance documental del proyecto, el uso de dichas capacidades ha requerido del desarrollo de nuevos procedimientos y guías de actuación, así como de un intenso esfuerzo en formación y entrenamiento, que continuará en el futuro. Se han desarrollado un conjunto de guías denominada de mitigación de daño extenso (GMDE), se han actualizado las Guías de Gestión de Accidentes Severos (GGAS), tanto para adaptarse a los nuevos escenarios, como para tener en cuenta los nuevos medios tecnológicos de los que se ha dotado a la instalación. Este esfuerzo continúa en la actualidad con el desarrollo de las denominadas Guías FLEX (*FLEX support guidelines*) y la adaptación de las GGAS a la nueva revisión emitida por el Grupo de Propietarios de Centrales PWR (PWROG).

Para finalizar, cabe destacar que la respuesta al suceso de Fukushima ha constituido un reto para la organización de la central en términos de dedicación de horas hombre, de inversión y de aprendizaje y entrenamiento para hacer uso de los nuevos medios instalados, si bien todo este esfuerzo dota a la central nuclear de Vandellós II de un nivel adicional de defensa en profundidad. ■