

Preparación de las centrales nucleares españolas ante sismos

Las centrales nucleares españolas se sitúan en zonas de muy baja sismicidad. Aún así, los reactores nucleares españoles están diseñados para soportar un terremoto igual al máximo registrado de forma histórica o al máximo terremoto previsto, sin que afecte a los sistemas de seguridad.

Evaluaciones internacionales periódicas realizadas por expertos en la materia dentro de los planes de evaluación transversales denominados “Peer Review” confirman que las instalaciones nucleares españolas cuentan con un proyecto sísmico adecuado y conservador.

El proyecto de instalaciones nucleares en España, ya sean centrales nucleares u otro tipo de plantas como almacenes de residuos, etc. debe justificar la capacidad para realizar las funciones de seguridad necesarias durante y una vez pasado el máximo sismo posible esperado en el emplazamiento.

La posibilidad de que ocurran terremotos con impacto en los emplazamientos nucleares es uno de los factores clave que se han considerado con particular atención a la hora de establecer las bases de diseño de cada una de ellas.

Todas las centrales nucleares españolas en funcionamiento han sido diseñadas para resistir los efectos de posibles terremotos y demás fenómenos naturales extremos que pudieran ocurrir en su emplazamiento, de modo que las estructuras, sistemas, equipos y componentes importantes para la seguridad puedan seguir realizando sus funciones incluso en caso de que ocurrieran dichos fenómenos naturales.

La metodología seguida en la calificación sísmica de las instalaciones nucleares sigue las recomendaciones establecidas por la normativa de Estados Unidos que, a su vez, está adaptada a la del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y aceptada en los países con centrales nucleares.

Conforme a la normativa sísmica internacional, el terremoto se contempla en el diseño con dos niveles de severidad escalonados: uno de nivel menor, realista según

los cálculos y datos históricos disponibles, denominado *Operating Basis Earthquake* (OBE) –“terremoto base de operación”-, y otro de nivel máximo, utilizado a efectos del proyecto de estructuras, sistemas y componentes relacionados con la seguridad *Safe Shutdown Earthquake* (SSE) –“terremoto base de parada segura”-.

- El “**terremoto base de operación**” (OBE) es menos severo que el SSE. Es el mayor terremoto y se **asocia a los requisitos de seguridad exigibles para mantener la instalación completa en funcionamiento**. El movimiento del suelo que produce el OBE debe ser resistido por todos los elementos que la planta necesita para continuar su operación normal sin riesgo indebido. Generalmente se estipula que los esfuerzos vibratorios transmitidos por el suelo son del orden de 1/3 los del SSE.
- El “**terremoto base de parada segura**” (SSE) **representa los valores límite que resultan** de los estudios geológicos efectuados y la aplicación de los códigos de diseño normalizados y de acuerdo a los cuales **deben proyectarse las estructuras, sistemas y componentes relacionados con la seguridad de la planta**, para que se garantice la integridad de la barrera de presión de la contención y la capacidad de detener el reactor y mantenerlo en condición de parada segura. El SSE es el terremoto máximo previsible en el emplazamiento considerando para ello todos los condicionantes como la historia, la tectónica o la geología tanto en el entorno del emplazamiento como en un radio más amplio (320 km), así como criterios conservadores derivados del estudio de los espectros sísmicos recopilados a lo largo de la historia.

Desde el punto de vista de la vigilancia y de la actuación preventiva por si ocurrieran terremotos, **las centrales nucleares españolas disponen de programas operativos de vigilancia sísmica, con instrumentación de alta precisión instalada en áreas exteriores y en el interior de los edificios**, cuyo fin principal es registrar cualquier movimiento sísmico significativo que se detecte en el emplazamiento y compararlo con los terremotos de diseño antes citados (OBE y SSE). Además, una vez constatada por los sistemas de vigilancia sísmica, el hecho de que ocurriera un terremoto superior al OBE en un emplazamiento y, de acuerdo con los procedimientos de emergencia correspondientes, se activaría en alguna de sus categorías el Plan de Emergencia de la central nuclear afectada, dependiendo de la categoría y de la severidad del terremoto.

Pruebas de estrés

A raíz del accidente ocurrido en la central nuclear japonesa de Fukushima Daiichi en marzo de 2011, como consecuencia de un terremoto de intensidad 9 en la Escala de Richter y un posterior *tsunami*, la Unión Europea puso en marcha unas pruebas de resistencia voluntarias en las centrales nucleares de la UE. **Tras las pruebas de estrés realizadas a las centrales nucleares españolas, no se identificó ningún aspecto que supusiera una deficiencia relevante en la seguridad de estas instalaciones y que pudiera requerir la adopción urgente de actuaciones en las mismas.** Asimismo, las comprobaciones y estudios realizados pusieron 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.

Con las pruebas de estrés, todas las centrales revisaron 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.

Metodología

La clasificación sísmica en las centrales nucleares españolas se aplica a todas las estructuras, sistemas y componentes relacionados con la seguridad, así como a aquellos que no siéndolo, si se produjera un fallo, podría afectar a la función de seguridad de las anteriores y a ciertos equipos de monitorización de accidentes.

Estructuras

El primer factor que se debe considerar en un proyecto sismo-resistente de estructuras es que su **tipología estructural sea adecuada** para soportar este tipo de sollicitación, siendo en este caso el proceso de análisis matemático un mero trámite para comprobar su capacidad. Las características son básicamente simetría, sistema estructural que transmita adecuadamente las fuerzas horizontales, y distribución de masas preferible en cotas inferiores. **Las estructuras que conforman los edificios de seguridad de las plantas españolas cumplen adecuadamente este requisito.**

Su capacidad se ve, además, incrementada gracias a otros requisitos no estructurales como son el blindaje y la contención, que obligan a un espesor de muros, losas y forjados muy superiores a los que serían necesarios para los niveles sísmicos esperados.

Sistemas y componentes

Los sistemas considerados en el análisis sísmico de las instalaciones nucleares son las tuberías, conductos de ventilación y aire acondicionado, bandejas de cables eléctricos, conductos eléctricos y otras tuberías. Por su parte, todos los equipos mecánicos, eléctricos o de instrumentación requieren de un proceso de calificación sísmica individual.

Sucesos iniciados por un sismo

Como consecuencia de un sismo podría producirse la pérdida de alimentación exterior, lo cual también podría ocurrir a causa de *tsunamis* o por fallo de presas aguas arriba de la central. La pérdida de alimentación eléctrica (*blackout*) es una de las situaciones previstas en el proyecto de una instalación nuclear en España. Para ello, se disponen los generadores diésel y de baterías.

Los *tsunamis* son sucesos que sólo pueden darse en centrales próximas al mar. En España la única susceptible de este fenómeno es Vandellós II. No obstante, los *tsunamis* del Mediterráneo son de muy baja energía, y en el caso de esta central, está muy elevada respecto al nivel del mar.

Respecto al colapso de presas aguas arriba de las centrales, es una situación que podría darse en plantas situadas en las proximidades de ríos. Esta situación se estudia mediante un análisis sísmico específico de las presas situadas aguas arriba de la central. Además del estudio de integridad de la presa, se supone el caso en que esta fallase, estudiando la avenida, nivel que alcanzarían las aguas y el tiempo que se dispone antes de la llegada de la avenida, permitiendo desarrollar un procedimiento de actuación que permita tomar las medidas que resultaran necesarias.

Mantenimiento del proceso de calificación sísmica

Tan importante es la calificación de la central durante la fase de proyecto y construcción como su mantenimiento durante su operación. El proceso utiliza los mismos principios y criterios aplicados en la fase inicial para cualquier modificación o sustitución de sistemas y componentes.

Desde un punto de vista global de la calificación de la planta, se procede a una evaluación periódica de su estado. Y junto a otras actividades relativas a recopilación y análisis de la documentación sísmica generada durante el periodo a causa de modificaciones y mejoras, la actividad principal es la evaluación del estado real de la planta mediante recorridos de inspección, identificando posibles puntos débiles en las estructuras, sistemas y componentes necesarios para la parada del reactor. Es prioritaria la identificación, montaje y evaluación sísmica de todos los relés y contactos, señalando para su sustitución aquellos modelos conocidos por su baja capacidad sísmica.

La inspección debe identificar igualmente aquellos equipos con anclajes o estructura de baja capacidad estructural, defectos de montaje de los componentes incluidos en el equipo, interacciones por proximidad de equipos que pudieran dar lugar a choques, elementos mal soportados que pudieran caer sobre equipos o sueltos como mesas de trabajo, herramientas, etc. que en caso de sismo pudieran deslizarse o volcar produciendo impactos en equipos de seguridad, así como cualquier deficiencia que, a juicio del equipo evaluador, pudiera afectar a la seguridad de la planta.

Tras esta evaluación, se informa de los puntos débiles encontrados, si los hubiera, y su propuesta correctora para solucionarlos en el menor plazo posible.

A todo ello se une que los sistemas de vigilancia sísmica de las centrales nucleares españolas se inspeccionan periódicamente por el Consejo de Seguridad Nuclear (cada cuatro años) para verificar que su funcionamiento es el adecuado durante toda la vida operativa de cada instalación.

En conclusión

En los proyectos de las instalaciones nucleares españolas se ha considerado un proceso de calificación sísmica de estructuras, sistemas y componentes relacionados con la seguridad utilizando unos niveles sísmicos superiores a los normalmente exigidos en la normativa aplicable a la construcción civil, justificando el cumplimiento con las funciones de seguridad mediante una metodología combinada de análisis y ensayos dinámicos de común aceptación a nivel mundial.

El nivel sísmico alcanzado en la fase de proyecto y construcción se aplica también a las modificaciones de diseño, manteniéndose durante la vida de la planta mediante evaluaciones periódicas que consideran tanto las modificaciones y mejoras realizadas como el estado general de la planta.