



Gestión del riesgo y evaluación de la seguridad: Defensa en Profundidad

En las centrales nucleares de Endesa se utilizan diferentes herramientas para la gestión del riesgo, basadas en criterios deterministas y probabilistas, y entre las que destacamos el Análisis Probabilístico de Seguridad (APS) y la Revisión Periódica de Seguridad (RPS). La evaluación se lleva a cabo a lo largo de todo el ciclo de vida de la instalación, desde la construcción hasta la clausura, y cubre todos los modos de operación de la planta (plena potencia, recarga, etc), abordando todos los potenciales sucesos iniciadores y sus escenarios, internos o externos a la central. Por otro lado, para comparar las prácticas en las centrales nucleares de Endesa con los mejores estándares y prácticas de la industria a lo largo del mundo, de forma periódica se programa un conjunto de evaluaciones externas e internas, proporcionando una evaluación continua y global de seguridad de las plantas. Los resultados de dichas evaluaciones son gestionados a través del Programa de Acciones Correctivas (PAC), con el objetivo de mejorar la seguridad (modelo de mejora continua).

- **Defensa en Profundidad**

La prevención de accidentes, así como la minimización de sus posibles consecuencias en caso de que la prevención falle se lleva a cabo en las centrales nucleares de Endesa mediante la aplicación de la estrategia de defensa en profundidad, consistente en cinco niveles diferentes: 1) prevención de fallos y de la ocurrencia de situaciones anormales durante la operación de la central (a través de un diseño conservador y una alta calidad de construcción y operación), 2) control de la operación anormal y detección de fallos (mediante los sistemas de control, limitación y protección, así como de otros mecanismos de vigilancia), 3) control de los accidentes base de diseño (a través de los sistemas de seguridad y procedimientos de emergencia), 4) control de las condiciones de accidente severo (mediante medidas complementarias y gestión de accidentes, y 5) mitigación de las consecuencias debidas a liberaciones de productos radiactivos (a través del plan de emergencia exterior).

Cada central nuclear dispone de un plan de emergencia interior donde se detallan las actividades, medidas y responsabilidades para la preparación y respuesta ante condiciones de accidente con el objetivo de mitigar las consecuencias del accidente y minimizar dichas consecuencias en trabajadores, público y medio ambiente. El plan de emergencia interior identifica y describe en detalle aspectos, entre otros, como los siguientes:

- Sucesos iniciadores y categorización de la emergencia.
- Organización de respuesta a la emergencia incluyendo los centros de soporte externo, así como las funciones, responsabilidades e interfaces con organizaciones de respuesta a la emergencia tanto internas como externas.
- Evaluación, seguimiento e información a las Autoridades (entre ellos el Organismo Regulador y las Autoridades locales y regionales, por ejemplo).
- Finalización de la emergencia y recuperación.
- Centros de respuesta a la emergencia, sistemas de comunicación y recursos.



Los aspectos específicos de la respuesta a emergencias se desarrollan en procedimientos específicos, como por ejemplo, los procedimientos para informar y compartir información con el organismo regulador, así como con las autoridades locales, regionales y nacionales, los de activación de y acciones a realizar por los diferentes colectivos de respuesta de emergencia, los procedimientos de evacuación que identifican las rutas preferenciales, así como las rutas alternativas, los que identifican la lista de contactos para situaciones de emergencia, etc. El plan de emergencia interno es un documento oficial de licencia, por lo que las modificaciones deben comunicarse al Organismo Regulador quien evalúa la propuesta de modificación y aprueba, si corresponde, dichas modificaciones.

Para garantizar la preparación ante este tipo de situaciones, el plan de emergencia interior de cada central se prueba de forma periódica tanto parcial como globalmente. De forma anual, en cada planta se lleva a cabo un simulacro de emergencia de alcance total con el objetivo de probar las capacidades de respuesta de la organización ante emergencias. Además de estos ejercicios anuales de alcance total, también se programan ejercicios parciales para evaluar aspectos concretos de la respuesta a emergencias. Adicionalmente, dentro del programa anual de formación continua, el personal de planta recibe formación específica sobre el plan de emergencia interior, con sesiones de formación teóricas y prácticas. Además de verificar la eficacia del plan, los simulacros de emergencia son una fuente de entrenamiento para la organización. Las fechas de cada simulacro de emergencia son propuestas por las centrales nucleares, acordándose un programa integral que se somete al Organismo Regulador para su aprobación. Una vez aprobado, el programa se comunica a las autoridades locales y regionales para facilitar la presencia de representantes de estas organizaciones durante la ejecución del ejercicio. El objetivo y el alcance de los ejercicios están definidos por el organismo regulador. Los escenarios se envían al Organismo Regulador para su aprobación.

Los simulacros de emergencia son observados por el organismo regulador, así como por personal de planta, y las deficiencias se reportan en el Programa de Acciones Correctivas (PAC), como parte del modelo de mejora continua.

Además de las auto evaluaciones y auditorías realizadas por la propia central, el CSN y por organizaciones de supervisión nuclear independientes, esta área es evaluada cada cuatro años por WANO, comparando las prácticas de la central con los mejores estándares de la industria en el mundo. Las debilidades identificadas durante los procesos de evaluación se reportan al PAC para mejorar el proceso (modelo de mejora continua).

- **Análisis Probabilístico de Seguridad**

El Análisis Probabilístico de Seguridad (APS) es una metodología sistemática, detallada y reproducible que permite determinar y analizar posibles escenarios de



secuencias accidentales, infiriendo a partir de ese análisis estimaciones cuantitativas del riesgo y permitiendo identificar acciones para minimizarlo.

En todas las centrales españolas se han realizado dos niveles de APS: el APS de nivel 1 (front-end analysis) que analiza el diseño y la operación de la central para identificar aquellas posibles secuencias accidentales que podrían provocar daños al núcleo del reactor y cambios en su geometría, sus causas raíz y su frecuencia media anual, y el APS de nivel 2 (back-end analysis) que, a partir de los resultados del nivel 1, analiza el comportamiento del edificio de contención, evalúa la liberación del radionúclidos y cuantifica las liberaciones de material radiactivo al exterior.

Por ser una herramienta que permite el análisis del diseño y la operación de cada central con un alto nivel de detalle, los APS se actualizan periódicamente para incorporar las modificaciones habidas en el diseño y en los procedimientos, así como aplicar las novedades metodológicas que permitan reducir incertidumbres. La importancia que tienen los APS en la gestión integral de la seguridad y su utilización para soportar la toma de decisiones requiere de un proceso de mantenimiento y actualización continuo. A ese respecto, la Guía de Seguridad 1.15 del CSN establece y desarrolla los aspectos que deben tenerse en cuenta en ese proceso.

Las centrales nucleares de Endesa han llevado a cabo los APS de niveles 1 y 2, considerando todos los posibles sucesos internos, así como inundaciones y fuegos durante la operación a potencia; así mismo, se han evaluado los riesgos durante las paradas para recarga de combustible.

Adicionalmente, también se han considerado y analizado catástrofes externas y condiciones extremas como terremotos, inundaciones, lluvias torrenciales, fuertes vientos, nieve, temperaturas extremadamente altas y bajas, congelación, sequías e incendios forestales, como parte del Individual Plant Examination for External Events (IPEEE) de cada una de las plantas de Endesa, satisfaciendo y yendo más allá de lo exigido por los requisitos regulatorios.

Las metodologías utilizadas en los APS se han probado en proyectos piloto realizados conjuntamente con el CSN, dando lugar a la elaboración de guías que diversas plantas han utilizado como soporte para solicitar al regulador la aprobación de cambios en las especificaciones técnicas o en los manuales de inspección en servicio de, por ejemplo, tuberías, válvulas o bombas.

Además de la aplicación mencionada, cabe resaltar que el CSN está utilizando la información sobre riesgo que proporcionan los APS en sus procesos internos y en el Sistema Integrado de Supervisión de Centrales (SISC).

Evaluación post-Fukushima

A raíz del accidente de Fukushima, la Comisión Europea, bajo mandato del Consejo Europeo estableció un proceso de re-evaluación de la seguridad y el riesgo, las llamadas pruebas de resistencia (“Stress Tests”), para que las plantas nucleares europeas revisaran los aspectos del diseño y la operación respecto de los que el accidente de Fukushima había evidenciado debilidades, siguiendo un guión establecido por WENRA



y ENSREG (WENRA es la asociación de reguladores de Europa occidental y ENSREG es la asociación de reguladores nucleares europeos). Los reguladores nacionales endosaron el proceso en cada país con ligeras modificaciones.

Las "pruebas de resistencia" consistieron en evaluar la respuesta de la planta frente a escenarios extremos, como terremotos o inundaciones, que fueran más allá de las bases de diseño, determinando la capacidad actual de los sistemas, procedimientos y operadores para responder a esas situaciones y los márgenes existentes antes de que llegara a producirse una liberación radiactiva importante al exterior. Los informes finales de esos ejercicios de auto-evaluación se publicaron a finales de 2011.

En la primavera de 2012, los reguladores europeos llevaron a cabo un proceso de revisión por pares ("peer review") bajo la coordinación del ENSREG, que finalizó en abril de 2012 con la emisión de un informe técnico a la Comisión Europea. El informe incluyó la evaluación genérica de los informes nacionales y proporcionó evidencia sobre ciertos aspectos de la seguridad que requerían ser mejorados incorporando las lecciones aprendidas.

En diciembre de 2012, el Consejo Europeo aprobó el informe resumen realizado por la Comisión Europea tras los "peer review", que incluía las propuestas sobre acciones futuras. Cada regulador emitió un Plan de Acción Nacional para aplicar tanto los resultados de las pruebas de resistencia como las conclusiones del proceso de revisión por pares contenidas en dicho informe resumen.

Las centrales nucleares de Endesa han puesto en marcha planes de acción que contienen las actuaciones comprometidas a resultas de las pruebas de resistencia, compromisos que han sido endosado por el CSN a través de instrucciones técnicas complementarias a cada planta. Dichos planes fueron estructurados, en su momento, en acciones a corto, medio y largo plazo:

- Las acciones a corto plazo (2011-2012) han incluido realizar las especificaciones para un Centro Alternativo de Gestión de Emergencias en el emplazamiento (CAGE), el análisis de los recursos humanos necesarios para dotar las organizaciones de emergencia o el establecimiento de un Centro de Apoyo a la Emergencia externo y centralizado, que de servicio a todas las centrales nucleares españolas (CAE). También en el corto plazo, se han llevado a cabo una serie de análisis para estimar las consecuencias de sucesos más allá de las bases de diseño y establecer, en consecuencia, los refuerzos necesarios.
- Las acciones a medio plazo (2013-2014) han incluido la instalación de equipos portátiles (generadores diésel y bombas) en las centrales para hacer frente a escenarios de pérdida del suministro eléctrico exterior, la aplicación de medidas contra inundaciones, la implantación de modificaciones de diseño para aumentar el margen sísmico o la mejora de la instrumentación de nivel de la piscina de combustible gastado. Todas esas acciones estaban implantadas a finales de 2014.
- Las acciones a largo plazo (2015-2016 o primera recarga posterior al año 2016), incluyen la implantación de medidas para mejorar los sistemas de comunicación, la construcción del Centro Alternativo de Gestión de Emergencias (CAGE) en cada

emplazamiento, la instalación de sellos pasivos en las bombas del sistema de refrigeración del reactor en Ascó y Vandellós II o la instalación del venteo filtrado de la contención y de los recombinadores pasivos de hidrógeno.

Todas las acciones de mejora de la seguridad consecuencia del accidente de Fukushima enumeradas más arriba, han sido implantadas en todas las centrales nucleares participadas por Endesa de acuerdo con el programa.

- **Revisión Periódica de Seguridad**

La Revisión Periódica de Seguridad (RPS) es una re-evaluación sistemática **cada** 10 años de la seguridad de una instalación operativa o de una actividad, que se lleva a cabo a intervalos regulares de tiempo, teniendo en consideración los efectos acumulativos del envejecimiento, las modificaciones habidas, la experiencia operativa y el desarrollo tecnológico, con el objetivo garantizar un alto nivel de seguridad durante toda la vida operativa de la instalación o de la actividad que se trate.

El formato y el contenido de la RPS se define en la Guía de Seguridad 1.10. del CSN. Estas revisiones periódicas no intentan sustituir los análisis o las prácticas de control y vigilancia que se llevan a cabo de manera continua en todas las centrales, sino realizar una evaluación general de la seguridad de cada central y determinar posibles mejoras susceptibles de introducirse teniendo en cuenta su estado actual y las mejores prácticas internacionales.

Entre los objetivos de la RPS destacamos los siguientes:

- Garantizar que el proceso de análisis y uso de la experiencia operativa se ha aplicado correctamente, incluyendo una revisión general de las modificaciones llevadas a cabo como consecuencia de estudios genéricos.
- Analizar el funcionamiento global de la planta durante un largo período de operación, incluyendo los resultados de los programas de vigilancia y mantenimiento de los equipos, para verificar que los niveles de seguridad no han disminuido durante dicho período y garantizar un funcionamiento seguro durante el período siguiente.
- Evaluar la seguridad de las centrales en función de los nuevos requisitos establecidos por normas nacionales, de las recomendaciones internacionales y de las prescripciones del país de origen de la tecnología, cuya aplicación a las plantas españolas quedará establecido, genérica o específicamente, por el CSN.
- Actualizar el estado de los diferentes programas de evaluación y establecer programas de mejora adecuados.

Los resultados de la Revisión Periódica de Seguridad se pueden utilizar para mejorar el funcionamiento de la central durante el período siguiente. Como resultado de la ejecución de la RPS, es necesario actualizar la documentación asociada a cada instalación y, en algunos casos, se han detectado discrepancias tales que han llevado a realizar modificaciones de diseño de cierta entidad. También como resultado de la RPS, en todas las centrales se han establecido programas para la mejora de diversos aspectos que afectan a la seguridad. Entre ellos, se ha prestado

una especial atención a los programas de mejora de los aspectos organizativos y de factores humanos.

La sistemática definida por el CSN en la Guía de Seguridad 1.10 es igualmente válida para aquellos casos en que la renovación de la licencia de explotación excede la vida operativa de 40 años, típicamente considerada en el diseño original de la instalación. Para habilitar la extensión de la operación más allá de los mencionados 40 años del diseño original, siguiendo una práctica ya establecida en USA país de origen de la tecnología de las centrales españolas y en muchos otros países, deben presentarse análisis adicionales, tales como el plan de gestión del envejecimiento de la instalación o una actualización del análisis de impacto radiológico

- **Evaluaciones externas**

- ✓ ***Inspecciones regulatorias:*** El CSN lleva a cabo un programa de inspección y control sistemático a las centrales nucleares españolas en operación, el llamado Sistema Integrado de Supervisión de Centrales (SISC). El SISC incluye la metodología y criterios para evaluar el funcionamiento de las centrales, reflejando la información de su vigilancia en una serie de indicadores y en los hallazgos resultado de las inspecciones, que son categorizados según su significación para la seguridad. Conforme a los resultados (indicadores y hallazgos) cada central se posiciona en una Matriz de Acción que, de mejor a peor, va desde la primera columna, de “respuesta del titular” (todos los indicadores y hallazgos en verde) hasta la quinta columna, que corresponde a un “funcionamiento inaceptable”.
- ✓ ***Evaluaciones de organismos independientes (WANO, OIEA...):*** Las centrales nucleares de Endesa solicitan a organizaciones del sector nuclear internacional, bien de la industria o institucionales, ser evaluados sobre seguridad y desempeño. Son destacables, a ese respecto, la revisiones por pares (Peer Review) que dirige WANO, o las misiones OSART de la OIEA. Estas evaluaciones son realizadas por equipos integrados por 20 o más expertos procedentes de diferentes países, durante unas 3 semanas, con el objetivo de comparar las prácticas de la planta con las mejores prácticas internacionales. Las revisiones por pares se realizan cada 4 años, con un seguimiento de resultados a los 2 años de su realización.
- ✓ ***Evaluaciones cultura de seguridad,*** que se llevan a cabo periódicamente para medir el nivel de desarrollo actual de los elementos clave de la cultura de la seguridad en la organización. A través de encuestas que utilizan cuestionarios estructurados, se infieren las actitudes, valores y percepciones del personal hacia la seguridad y su gestión. Los resultados se analizan para determinar el grado de madurez de la organización y su evolución.

- **Evaluaciones internas**

- ✓ **Supervisión independiente por Endesa:** Endesa, siguiendo las prácticas de muchos países, ha establecido una estructura de supervisión independiente de la seguridad que vigila la operación y el desempeño en las dos unidades de Ascó y en Vandellós. Esa estructura consta de un comité de alto nivel llamado ENOC, con miembros de diferentes países que acreditan una amplia experiencia en seguridad y que asesora al Director General de Energía Nuclear de Endesa, más una dotación permanente de "asesores residentes" en las centrales, que realizan una evaluación continua del desempeño en seguridad, teniendo como guía los "objetivos y criterios de funcionamiento" (POAC) de WANO, los mismos utilizados por esta organización en sus evaluaciones periódicas.
- ✓ **La evaluación interna:** Está definida con precisión en el Manual de Garantía de Calidad de cada central nuclear y su contenido cumple con el estándar nacional de control de calidad UNE 73401. Los mecanismos previstos incluyen auditorías, inspecciones y revisiones documentales.
- ✓ **Autoevaluación:** Es realizada tanto a nivel de directivos y supervisores, como de individuos y equipos de trabajo. El programa de auto-evaluación se realiza basándose en el cumplimiento de las expectativas de la organización, que incluyen: Misión, Visión y Valores; Objetivos estratégicos, vinculados a las líneas y políticas estratégicas; Objetivos Operativos Anuales, que se detallan en el ámbito de cada departamento.