

La protección radiológica durante el desmantelamiento de José Cabrera

J. L. Revilla y L. M.^a Ramos

Los desmantelamientos de las instalaciones nucleares, como actividad con radiaciones ionizantes, quedan sometidos a los aspectos genéricos de la protección sanitaria habituales. Aunque el objetivo final de la protección radiológica durante el desmantelamiento de una instalación no se diferencia del perseguido durante su etapa operativa, sí presenta determinados aspectos novedosos que merece la pena analizar.

Se presentan en el artículo algunas de estas características nuevas que, desde el punto de vista regulador, se dan en el desmantelamiento de la central nuclear de José Cabrera.

The decommissioning of nuclear facilities, as an activity dealing with ionizing radiations, has to follow to the usual generic criteria for the health protection. The ultimate aim of radiation protection during the decommissioning of a facility is not different from the one pursued during the operational period of such a facility. It presents, nevertheless, some new and specific aspects that are worth considering.

The article analyzes, from the regulatory point of view, some of these new radiation

INTRODUCCIÓN

El cese definitivo de las operaciones en una central nuclear, junto con la descarga de los elementos combustibles del reactor, implica el inicio de una situación operativa nueva en la que los riesgos son potencialmente menores al reducirse de un modo sustancial la posibilidad de alcanzar configuraciones críticas. Esta situación hace que las consideraciones sobre protección radiológica adquieran una relevancia relativa mayor respecto a los aspectos propios de la seguridad nuclear. Se inicia así el denominado desmantelamiento de la central nuclear, proceso ordenado para la reducción de los riesgos remanentes de la instalación, hasta que, en último término, se conceda su clausura y se produzca la liberación de la instalación del control regulador.

El desmantelamiento de una central nuclear se regula específicamente por el capítulo VI del Título II del Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas (RINR). El artículo 30 de dicho reglamento determina los documentos reglamentarios de licencia. Algunos de estos documentos, como el Reglamento de funcionamiento, las Especificaciones técnicas, el Manual de protección radiológica, el Plan de emergencia y el Plan de gestión de residuos radiactivos y del combustible gastado, tienen nombres análogos a los documentos oficiales de la instalación durante su etapa opera-

tiva, aunque su alcance y contenido difieren notablemente, cobrando un peso mayor la organización, diseño y la aplicación práctica de la protección radiológica. Otros documentos, como el *Plan de restauración del emplazamiento* o el *Plan de control de materiales desclasificables*, son específicamente requeridos para la fase de desmantelamiento.

Desde un punto de vista conceptual, la organización y los objetivos a cumplir por la protección radiológica durante el desmantelamiento no se diferencian de los aplicables durante la fase operativa de la central nuclear. Existen, no obstante, determinadas tareas que presentan particularidades especiales que, desde el punto de vista de la protección radiológica, merecen la pena analizar en detalle.

EL TRATADO EURATOM, DIRECTIVAS DE LA COMISIÓN EUROPEA Y NORMATIVA NACIONAL

Los desmantelamientos de las centrales nucleares, como actividad con radiaciones ionizantes, quedan sometidos a los aspectos genéricos de protección sanitaria que contempla el capítulo 3 *Salud y Seguridad* del tratado Euratom de 1957, en particular a sus artículos 30 y 31.

Estos artículos del tratado establecen la necesidad de disponer de una normativa básica para la protección sanitaria de la población y los traba-



JOSÉ LUIS REVILLA GONZÁLEZ

Jefe del Área de Instalaciones del Ciclo y Desmantelamiento
CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR



LUCILA Mª RAMOS SALVADOR

Subdirectora de Protección Radiológica Ambiental
CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

jadores contra los peligros que resulten de las radiaciones ionizantes. Esta norma básica, formulada inicialmente por la Comisión Europea en 1959, fue posteriormente revisada por la Directiva 96/29/Euratom, del 13 de mayo de 1996, que es la que se ha incorporado al marco regulador español mediante el Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes (RPSRI) y en el citado RINR.

Hay que mencionar aquí la nueva Directiva 2013/59/Euratom por la que se establecen las nuevas normas básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes, que agrupa y unifica toda una serie de directivas anteriores relacionadas con el mencionado capítulo 3 del tratado. Esta nueva directiva se encuentra en fase de transposición al marco regulador español que todavía proviene de la transposición de las directivas anteriores.

Este es también el caso del Real Decreto 413/1997, de 21 de marzo, que establece las normas de protección radiológica para los trabajadores externos que desarrollen actividades

en zonas radiológicas, que proviene de la transposición de la antigua Directiva del Consejo 90/641/Euratom, que afecta de una manera importante a los desmantelamientos de centrales nucleares. Estos trabajadores, más conocidos como trabajadores de contrata, son una parte muy importante de la mano de obra habitual de las actividades de desmantelamiento.

ORGANIZACIÓN DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

Todo proyecto de desmantelamiento debe contar con una organización apropiada, dotada del suficiente grado de independencia, para la protección de los trabajadores expuestos y del público afectado, de acuerdo a los principios de protección radiológica. Dicha organización, encuadrada en el Servicio de Protección Radiológica, será la responsable de garantizar el cumplimiento de los límites y requerimientos de protección radiológica establecidos en la autorización de desmantelamiento.

A este efecto, el Servicio de Protección Radiológica deberá redactar y asegurar el cumplimiento de los procedimientos de protección radiológica adaptados a las diferentes situaciones que se dan en los desmantelamientos, teniendo en cuenta:

- La proximidad a puntos calientes o fuentes irradiantes al personal de intervención que, por tanto, quedan sometidos a un mayor riesgo de irradiación.
- La generación de aerosoles de material radiactivo al romper las barreras de confinamiento de las fuentes durante las propias actividades de desmantelamiento.
- El uso de nuevas técnicas y procedimientos que requieren controles muy específicos y precisan de entrenamiento adecuado del personal.
- La posibilidad de encontrar situaciones radiológicas imprevistas durante el propio desarrollo de las actividades de desmantelamiento.

El ambiente radiológico en el que se desarrollan las actividades de desmantelamiento es un ambiente dinámico, con constantes cambios, tanto previstos como imprevistos, del mapa radiológico del entorno de trabajo y con modificaciones permanentes de los flujos de aire entre los distintos recintos.

Durante el propio desarrollo del desmantelamiento, los sistemas fijos originales dispuestos para la vigilancia radiológica y para la ventilación de recintos van desapareciendo paulatinamente y deben ser sustituidos por otros. El Servicio de Protección Radiológica debe tomar parte activa en el diseño de los nuevos confinamientos



Segmentación y acondicionamiento de la vasija.

de los ambientes de trabajo y se debe responsabilizar de una monitorización radiológica constante para adoptar métodos y equipos de protección personal que resulten adecuados para cada caso. El Servicio de Protección Radiológica tiene que afrontar, a lo largo del desmantelamiento, distintas situaciones de riesgo y operaciones mucho más dinámicas que en la fase operativa de la central, que se van sucediendo una tras otra de un modo generalmente irreversible. El Servicio de Protección Radiológica se integra así, de facto, en la propia operación y dinámica de los proyectos de desmantelamiento.

El sistema establecido en España atribuye a Enresa la planificación y el desmantelamiento de las centrales nucleares, para lo que se hace precisa una transferencia a esta organización de la titularidad de la instalación a

desmantelar por parte de su antiguo explotador.

Este cambio de titularidad de la central nuclear de José Cabrera, desde Unión Fenosa Generación (hoy Gas Natural Fenosa) a Enresa, ha exigido, además de la autorización de transferencia y desmantelamiento, la concesión de una nueva autorización del Servicio de Protección Radiológica responsable de la protección radiológica de los trabajadores, público y medio ambiente durante desmantelamiento. Esta autorización establece una serie de condiciones típicas en este tipo de servicios aunque lógicamente adaptadas a las circunstancias mencionadas anteriormente:

- Identificación del Servicio de Protección Radiológica al que se refiere la autorización.
- Ámbito de actuación y responsabilidades del servicio.
- Personal acreditado por el CSN que debe integrar el servicio y dependencia jerárquica y funcional con Enresa.
- Obligación de llevar a cabo las actividades del servicio de acuerdo con el Manual de protección radiológica para la fase de desmantelamiento.
- Medios técnicos y humanos necesarios para el desarrollo de las actividades del servicio
- Requisitos de formación del personal en materia de protección radiológica.
- Control y gestión de los materiales, efluentes y residuos radiactivos en la instalación.
- Optimización de la protección radiológica de acuerdo con los principios Alara establecidos para la instalación.
- Criterios para la revisión y actualización del Manual de protección radiológica.
- Requisitos del archivo del servicio.
- Criterios para el control dosimétrico del personal.



Segmentación de internos del reactor.



Técnicas de despiece.

- Contenido de la información a remitir al CSN en relación con las actividades del servicio.
- Requisitos de notificación en caso de situaciones de riesgo radiológico.
- Requisitos relativos a la verificación y calibración de equipos.
- Modificaciones de las condiciones de la autorización por parte del CSN.

En la concesión de la autorización del Servicio de Protección Radiológica, el CSN ha dado una gran importancia a la transmisión de información relevante entre los responsables de la protección radiológica del anterior titular y los de Enresa, transmisión que se realizó de manera paulatina y manteniendo un tiempo prudencial de solape entre ambas organizaciones. Este aspecto ha sido resuelto mediante el establecimiento de los oportunos acuerdos entre Unión Fenosa Generación (Gas Natural Fenosa) y Enresa.

RIESGOS RADIOLÓGICOS PARA LOS TRABAJADORES

Las operaciones y actividades de descontaminación y desmantelamiento de sistemas, equipos y estructuras activas o contaminadas incrementan de forma considerable el riesgo a los trabajadores, si se compara con los riesgos de las actividades típicas que se realizan durante la operación normal de una instalación nuclear.

La protección radiológica de los trabajadores ha de ser optimada sobre la base de un conocimiento preciso de los ambientes de trabajo y de una estimación válida de la duración de las intervenciones, a fin de determinar las técnicas a utilizar, las condiciones de operación y los medios o equipos de protección individual imprescindibles para los trabajadores (principio Alara).

Un aspecto importante en la aplicación del principio Alara es que todo el personal interviniente debe ser consciente del riesgo radiológico existente,

así como de los medios técnicos y organizativos que existen para minimizarlo. El enfoque de la protección radiológica y de la política Alara en el desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera es multidisciplinar en el que participan, de forma conjunta, las distintas organizaciones implicadas en los trabajos: ejecución, mantenimiento, gestión de materiales, etc. y por supuesto, personal de protección radiológica. El comité Alara formado por los responsables de las diferentes organizaciones implicadas es el encargado de establecer los distintos objetivos Alara del proyecto, así como de su seguimiento a lo largo de todo el desmantelamiento. Grupos específicos se encargan de analizar y elaborar estudios de las intervenciones y técnicas que se pueden implantar en trabajos concretos con el objetivo de seguir los objetivos establecidos.

Cada tarea o trabajo se realiza bajo la prescripción de una orden de trabajo que asegure que se han estimado las dosis colectivas e individuales previstas, se han considerado las múltiples alternativas posibles para cumplir los objetivos, y se ha elegido la que resulte más apropiada.

La adecuación y monitorización del ambiente de trabajo, así como la formación del personal intervinientes, son parámetros claves para la llevar a cabo los desmantelamientos en condiciones adecuadas de seguridad radiológica.

Durante el desarrollo de las actividades de desmantelamiento aparecen situaciones que requieran el uso de herramientas especiales o de equipos específicos de monitorización o de protección personal que resultan sofisticados, así como de procedimientos y actuaciones no rutinarias durante la operación de las instalaciones. Estas situaciones requieren de un entrenamiento personal adecuado. A este respecto, las actividades más

novedosas en el desmantelamiento de la central nuclear de José Cabrera, son la segmentación de los internos del reactor y el corte de la vasija del reactor. Los extremadamente altos niveles de radiación en los que se ha de llevar a cabo estas operaciones exigen que las áreas de segmentado, manipulación y pre acondicionamiento se realicen con técnicas de control remoto bajo agua, en el fondo de la piscina de combustible y en la cavidad del reactor.

Es también frecuente que, en función de la obligada optimización radiológica, resulte preciso sanear previamente zonas muy contaminadas o altamente irradiantes en las que se precise intervenir. El saneamiento previo se puede llevar a cabo mediante técnicas robóticas de trabajo remoto hasta conseguir valores que permitan el posterior acceso del personal. Dentro de las actividades previas al desmantelamiento de la central nuclear José Cabrera, se llevó a cabo un proceso de descontaminación química del interior del circuito primario de refrigeración y sistemas anexos, a fin de reducir las dosis al personal en las posteriores tareas de segmentación y troceado del sistema. La retirada de este término fuente ha conseguido una importante reducción de los niveles de radiación en el entorno de los sistemas afectados y ha redundado en una disminución las dosis asociadas a las tareas que posteriormente se han de realizar en su inmediatez.

RIESGOS RADIOLÓGICOS AL EXTERIOR

Como regla general, en comparación con la fase operativa previa de las instalaciones, el peligro de daños por liberaciones incontroladas de radiactividad al exterior durante su desmantelamiento es menor. Esto se debe fundamentalmente a la reducción del término fuente radiológico y a que se ponen fuera de servicio sistemas y procesos activos durante la operación, que podrían desencadenar sucesos iniciadores, como situaciones de criticidad o altas temperaturas o presiones.

El control de las descargas de efluentes líquidos y gaseosos al medio ambiente se efectúa, en los primeros momentos del desmantelamiento de la central de José Cabrera, con los sistemas heredados de su fase operativa. Esta práctica, habitual en los procesos de desmantelamiento de instalaciones, suele requerir posteriormente la modificación de dichos sistemas para adecuarlos a las condiciones variables de la instalación y, en ciertos casos, su completa sustitución por otros más adecuados.

El control de los efluentes radiactivos que genera el desmantelamiento de la central nuclear de José Cabrera, se lleva

a cabo por el Servicio de Protección Radiológica en base a las especificaciones técnicas desarrolladas en el *Manual de cálculo de dosis* y en el *Programa de vigilancia radiológica ambiental*, que se han adaptado al nuevo término fuente.

GESTIÓN DE LOS MATERIALES RESIDUALES

Un aspecto importante, desde el punto de vista de la protección radiológica, es el de la gestión del gran volumen de material residual que se genera en el desmantelamiento de las centrales nucleares, tanto de los materiales que se consideren residuos radiactivos como de los convencionales. En definitiva, podemos afirmar que el desmantelamiento de una instalación nuclear es un proceso industrial controlado para la producción de material residual. Es imprescindible una buena segregación y caracterización de estos materiales para asegurar el cumplimiento de la normativa exigida a los distintos productos finales en función de los diferentes destinos establecidos, optimizando la gestión global del conjunto.

En el desmantelamiento de la central nuclear de José Cabrera esta gestión de materiales residuales se realiza de acuerdo a los criterios establecidos en dos documentos oficiales: el *Plan de gestión de residuos radiactivos y del combustible gastado* y el *Programa de control de materiales desclasificables*.

La minimización de los residuos radiactivos producidos o la potenciación al máximo del reciclado de los materiales reutilizables, son componentes que se revelan imprescindibles en el diseño de la estrategia a seguir en estos proyectos. La caracterización radiológica y fisicoquímica del material así como una rigurosa clasificación y segregación en su punto de origen, son elementos claves para conseguir una estrategia de gestión optimada. Esta clasificación resulta especialmente relevante para la discriminación de los materiales residuales que deben ser gestionados como residuos radiactivos, del resto materiales convencionales procedentes de zonas no radiológicas o de aquellos procedentes de zonas radiológicas que puedan ser desclasificados y seguir vías de gestión convencionales.

A este respecto, es fundamental y directamente aplicable la Instrucción de Seguridad IS-31 del CSN con los criterios para el control radiológico de los materiales residuales que pueden seguir una gestión convencional, antes de su salida de zonas en las que también se generen residuos radiactivos. Previamente a la salida de cualquier material residual para su gestión convencional, se deberá garantizar que se



Desmantelamiento de equipos y sistemas.

trate de un material no impactado o que su contenido radiactivo cumple con los niveles de desclasificación establecidos en el *Programa de control de materiales desclasificables*.

La desclasificación de materiales con muy bajo contenido de actividad es, sin duda, el aspecto más característico de la gestión de los materiales residuales generados en los procesos de desmantelamiento. El Servicio de Protección Radiológica juega un importante papel en esta gestión diferenciada de materiales residuales al estar directamente implicado tanto en el establecimiento de los criterios radiológicos que soportan la desclasificación, como en la aplicación de la metodología, equipos y sistemas de medida.

El Servicio de Protección Radiológica es el responsable de la puesta en práctica de rigurosos programas de control y de seguimiento que garanticen la seguridad radiológica de cada una de las vías de gestión consideradas para los materiales residuales generados en el desmantelamiento de la central nuclear de José Cabrera. Estos controles técnico-administrativos han de permitir llevar una contabilidad estricta de los materiales generados a la vez de garantizar que se aplica la gestión apropiada a cada una de las corrientes de materiales producidos y que ésta queda documentada y es rastreable en el futuro. Las áreas y aspectos más críticos del proceso de desclasificación son:

- Análisis del historial radiológico de los materiales basado en el diseño original de la planta, en su historial operativo y en las campañas de estudios radiométricos realizados en la caracterización inicial de la misma.
- Caracterización previa y durante el desmontaje y desmantelamiento de equipos y estructuras con el objeto de realizar la clasificación inicial del material residual como material re-

sidual no impactado, residuo radiactivo, material desclasificable.

- Representatividad y homogeneidad radiológica. Selección y segregación de materiales, atendiendo a su naturaleza y espectro o familia radiológica para establecer las partidas homogéneas de material desclasificable.
- Conformación de las unidades de manejo autorizadas (UMA) para la desclasificación. Llenado de los contenedores autorizados para la medida de desclasificación UMA (contenedores de medida y desclasificación CMD, bidón metálico DV, bolsas textiles o sacos *Big-bag*). Los materiales de cada UMA han de ser homogéneos desde el punto de vista fisicoquímico y radiológico y su llenado ha de alcanzar una de las geometrías de medida aprobadas durante la calibración de los equipos.
- Control de calidad del proceso de medida mediante la comprobación del cumplimiento de los requisitos y de las discrepancias. Verificación de que la unidad de manejo autorizada cumple con los requisitos de homogeneidad y procedencia de los materiales que la conforman, espectro de origen, grado de llenado, etc.
- Medida y cálculo de actividad superficial y específica. Comprobación de que la medida con los equipos de bajo fondo Box-Counter o ISOCS de los radionucleidos mensurables se realiza en condiciones acordes con su calibración vigente y que se lleva a cabo la verificación diaria requerida.
- El cálculo y estimación de la actividad de los radionucleidos de difícil medida debe ajustarse al procedimiento establecido (actividad de los radionucleidos llave de los diferentes espectros tipo del material y en los factores de escala asignados para cada radionúclido).
- Elaboración de la documentación y certificaciones finales de contenido

o ausencia de material radiactivo. Verificación de que la toma de decisión sobre la desclasificación se ha llevado a cabo de acuerdo a los procedimientos y que queda constancia documental de la decisión adoptada.

CRITERIOS PARA LA LIBERACIÓN DE EMPLAZAMIENTOS

El proceso de desmantelamiento terminará en una declaración de clausura que libera al titular de la instalación de su responsabilidad como explotador, y define, en el caso de la liberación restringida del emplazamiento, las limitaciones de uso que sean aplicables así como el responsable de su mantenimiento y de vigilar su cumplimiento.

En general, la liberación del emplazamiento de instalaciones desmanteladas persigue, en último término, un uso libre y sin restricciones. Esta liberación implica que el riesgo radiológico que pueda representar la contaminación residual remanente en el emplazamiento resulte aceptable, teniendo en cuenta todos los escenarios posibles y sin que sea precisa la adopción de medidas especiales de protección adicional.

En otras ocasiones, como es el caso del emplazamiento de la central nuclear de José Cabrera, es posible condicionar el emplazamiento liberado a un uso industrial, siempre que se establezca, antes de la declaración de clausura de la central nuclear, un control institucional que garantice el mismo.

La Instrucción de Seguridad IS-13 del CSN, establece las condiciones radiológicas que se deben cumplir para la liberación de los emplazamientos de las instalaciones nucleares, tanto si se establecen restricciones al uso futuro de su emplazamiento, como en el caso de que se produzca la liberación del mismo sin restricciones.

Se establece que la dosis efectiva al individuo representativo del grupo crítico, debida a la actividad residual presente en el terreno del emplazamiento, una vez liberado éste, no debe superar el valor de 0,1 mSv/año (valor añadido al fondo del emplazamiento a liberar).

Asimismo, los edificios, paramentos y estructuras que vayan a permanecer en el emplazamiento en el momento de la liberación deberán cumplir los criterios de desclasificación establecidos al efecto.

En el caso de liberaciones con restricciones de uso se debe:

- Justificar que reducciones adicionales de la actividad residual, necesarias para su liberación sin restricciones, pueden producir un

perjuicio neto al público o al medio ambiente, teniendo en cuenta todos los detrimentos radiológicos intervinientes en el proceso, o que los niveles residuales asociados son tan bajos como sea razonable alcanzar, teniendo en cuenta factores económicos y sociales (principio Alara).

- Proporcionar los medios para que se establezcan y mantengan controles legales institucionales que garanticen razonablemente que la dosis efectiva que reciba el individuo representativo del grupo crítico, debida a la actividad residual sobre el fondo, no exceda de 0,1 mSv/a.
- Garantizar que la dosis que recibirá el individuo representativo del grupo crítico como consecuencia de los usos permitidos por las restricciones no supere el valor máximo establecido y que si falla dicho control institucional y, por tanto, las restricciones no son efectivas, la dosis que reciba el individuo representativo del grupo crítico no supere el valor de 1 mSv/a.

El Plan de restauración del emplazamiento es el soporte técnico documental que recoge la metodología que se utiliza para la verificar el cumplimiento de los criterios de liberación del emplazamiento. Los planes de restauración deben tener en consideración fundamentalmente los siguientes puntos:

- Los escenarios de uso del emplazamiento liberado, en los que se deberá dar cumplimiento a los anteriores criterios radiológicos de liberación.
- Deducir, de estos criterios y escenarios, los denominados niveles de liberación, en actividad específica o

actividad superficial, términos más mensurables y comparables con las medidas a realizar en el campo.

- Establecer y validar la metodología para la caracterización radiológica final del emplazamiento que se vaya a liberar.
- Los informes finales de verificación han de recoger con claridad los siguientes aspectos:
- Descripción del emplazamiento y contaminantes presentes y clasificación de áreas (incluyendo aquellas que se hayan tomado como fondo).
- Los criterios radiológicos y posibles escenarios del futuro uso del emplazamiento a liberar, con restricciones propuesta en caso de liberaciones con restricciones.
- El cálculo de los niveles de liberación utilizados para la liberación con o sin restricciones de la instalación o su emplazamiento.
- Métodos instrumentales y procedimientos operativos de muestreo y cálculo utilizados para la demostración del cumplimiento de los criterios.
- Datos obtenidos en la caracterización final, incluyendo los análisis estadísticos que se consideren apropiados (inventario total de actividad residual para cada uno de los radionucleidos presentes)
- Estimación de la dosis debida a la actividad residual para los escenarios deducidos de usos previstos del emplazamiento.
- Registros y documentación que permitan la trazabilidad del proceso y soporten la validez de los resultados de medida.■



Vestuario especial y específico en zonas de alto riesgo.