

VEINTE MIL LEGUAS DE VIAJE PARA LA DESCLASIFICACIÓN DE CHATARRAS (DE C.N. ALMARAZ)



MIGUEL ÁNGEL RODRÍGUEZ GÓMEZ
Responsable de Proyectos
NATURGY INGENIERÍA NUCLEAR SL



ENRIQUE MONZÓ BLASCO
Jefe de Protección Radiológica y Alara
CENTRAL NUCLEAR DE ALMARAZ



ROSA GONZÁLEZ GANDAL
Responsable
NATURGY INGENIERÍA NUCLEAR SL



CÉSAR FERNÁNDEZ MAZO
Técnico supervisor de residuos radiactivos
CENTRAL NUCLEAR DE ALMARAZ

Durante la operación de la C.N. Almaraz se han generado residuos sólidos heterogéneos procedentes de distintas operaciones asociadas a modificaciones de diseño, sustitución de equipos, etc. Estos residuos se acopiaron en 10 contenedores marinos de 35 m³ de capacidad cada uno y se almacenaron temporalmente en el almacén ATRSR-2.

Para estos materiales se disponía de una caracterización preliminar física y radiológica, basada en información tal como tipo de material, peso, tasa de dosis y contaminación superficial.

En 2017 se realizó un análisis de esta información concluyéndose que alrededor del 33% de la chatarra (25 t) presentaba una contaminación superficial por debajo de 0,4 Bq/cm² y una tasa de dosis en contacto $\leq 1 \mu\text{Sv/h}$, por lo que se decidió que este material era potencialmente desclasificable.

Se puede considerar que en ese año comienza el largo viaje para obtener la autorización por parte del Consejo de Seguridad Nuclear, CSN, de la desclasificación de chatarras para su gestión convencional.

A finales de ese año, se produce un hito a nivel normativo, que es la publicación de la Orden de ETU/1185/2017, de 21 de noviembre, por la que se regula la desclasificación de los materiales residuales generados en instalaciones nucleares. En esta Orden se establece un marco normativo específico para la desclasificación, y sustituye al sistema anterior de autorizaciones caso por caso. Además, los titulares de las instalaciones pueden realizar la desclasificación directamente, siempre que se ajusten a unos niveles de referencia. Estos niveles de desclasificación son por primera vez incluidos en la normativa española.

Con el marco regulador implantado, el objetivo era presentar al Consejo de Seguridad Nuclear un calendario para la ejecución

del Plan de pruebas para la caracterización radiológica de los materiales residuales.

Las actuaciones principales que hubo que llevar a cabo fueron:

- Realizar las pruebas de puesta en marcha para el equipo de medida y geometría elegida.
- Desarrollar una metodología para la determinación de los radionucleidos de difícil medida.
- Elaborar los procedimientos necesarios (incluidos los aspectos de control de calidad).

PRUEBAS DE PUESTA EN MARCHA DEL EQUIPO DE MEDIDA

Estos ensayos tienen como objeto concluir si el equipo de medida para caracterizar los distintos materiales residuales, cuya gestión final se vaya a realizar de forma convencional mediante su desclasificación, es válido en una instalación determinada.

Además, se determinan las condiciones en las que se deben realizar las medidas para la geometría diseñada (tiempo de medida, distancia, medias estáticas o dinámicas, grado de llenado y densidades).

También se comprueba si el equipo es capaz de detectar actividades inferiores a la mitad del nivel de desclasificación de cada radionucleido utilizado en las pruebas, para garantizar la confianza del proceso.

Inicialmente CN. Almaraz disponía de un equipo de medida por espectrometría gamma, consistente en un detector de germanio asociado a un preamplificador y un analizador multicanal, y refrigerado por nitrógeno (al que se le denomina ISOCS1), al que se le sumó posteriormente otro equipo de características

similares excepto por la refrigeración, que es electrónica (ISOCS2). Ambos están blindados y disponen de un colimador de 90°.

Además, se adquirieron mesas de giros para poder realizar medidas dinámicas. Para la toma y análisis de los datos se utilizó el Genie 2000 y sus programas asociados.

Para llevar a cabo las pruebas se realizó una simulación con el contenedor elegido, diferentes densidades y grados de llena-

do y en el que se introducen fuentes de actividad conocida de Co-60 y Cs-137.

Se llevaron a cabo pruebas de puesta en marcha para ambos detectores y las siguientes configuraciones:

- Bidones 220 litros
- Big Bag de 1 m³
- Contenedor metálico de 1,3 m³ (CMT)



Figura 1. Estructura de simulación.

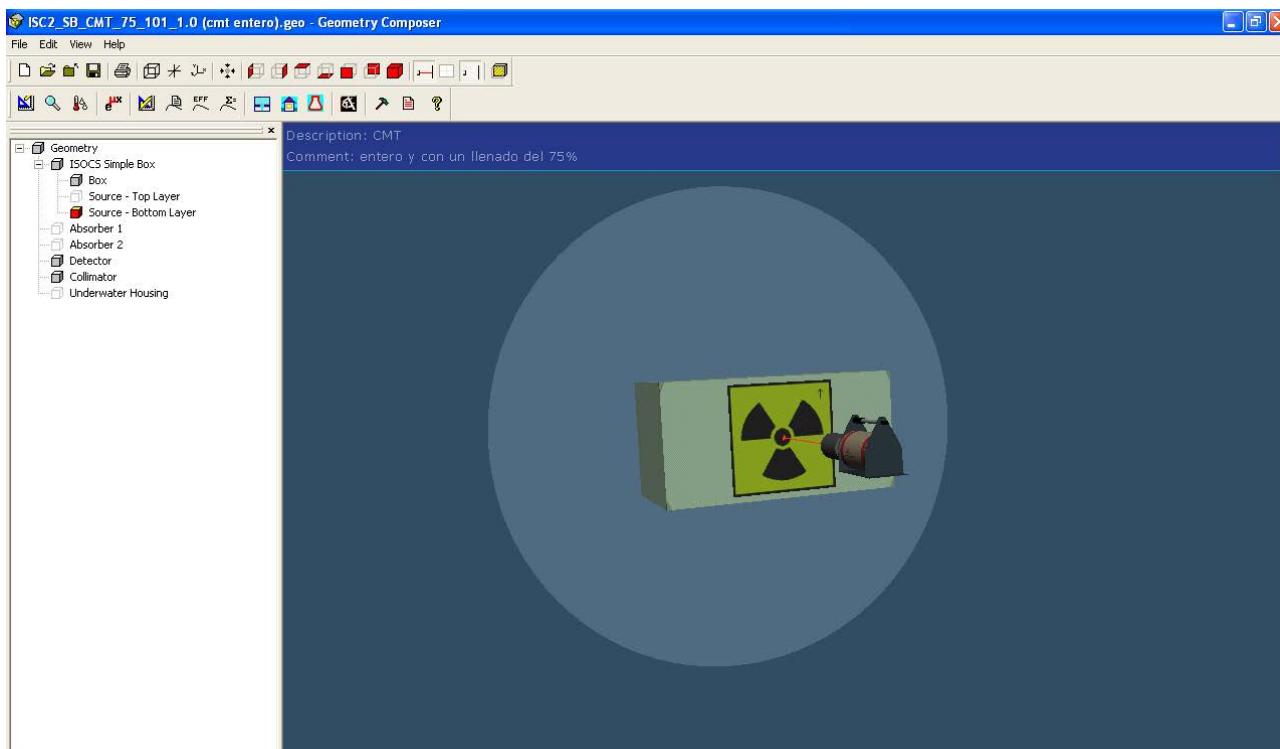


Figura 2. Diseño de la geometría con *geometry composer*.

Con objeto de reproducir las diferentes configuraciones esperadas, se han realizado pruebas con diferentes combinaciones de grado de llenado, actividad de las fuentes y disposición de las mismas, y tiempo de conteo, lo que han supuesto más de 500 ensayos con las siguientes características:

- Grado de llenado del contenedor: 50%, 75% y 100%.
- Densidad: En función del tipo de contenedor.
- Tiempo de medida: 400, 600 y 900 segundos.
- Tipo de medidas: estáticas (en CMT además medidas por segmentos) y dinámicas (solo Big bag y bidones).
- Fuentes de actividad conocida: Co-60 y Cs-137.
- Distribución de las fuentes: homogénea, heterogénea y heterogénea con puntos calientes.
- Nivel de actividad de las fuentes: ND/2, ND/4 y ND/8 (ND = 0,1 Bq/g para ambos isótopos).

Como consecuencia de la realización de todas las medias y con base en los resultados obtenidos, se concluyó que ambos equipos son válidos para su utilización en la caracterización de materiales en todas las configuraciones ensayadas.

No obstante, y tras presentar los resultados obtenidos al CSN, se cuestionó que el diseño de las estructuras de simulación no se asemeja a los contenedores con residuos reales ya que entre las fuentes patrón y el detector no existe material que pueda dar lugar a una mayor atenuación.

Para dicha comprobación se realizó un nuevo diseño de las estructuras de simulación que reproducen de forma más fiel la realidad de un contenedor con material residual. Con tal fin se ha dispuesto en las baldas metálicas diverso material metálico distribuido entre las fuentes patrón, de tal manera que entre el detector y las fuentes exista en todo momento material que

atenúe la radiación emitida por las fuentes. Una vez establecido este nuevo diseño, se realizan medidas con los equipos ISOCS en diferentes condiciones.



Figura 3. Estructura de simulación “más realista”.

Comparando los resultados de los ensayos realizados con los originales, realizados en las mismas condiciones: equipo, geometría, grado de llenado, distancia fuente-detector y utilizando los mismos ficheros de calibración, no se aprecian variaciones significativas entre ambos conjuntos, con lo que no se puede deducir que exista una atenuación adicional relevante en la radiación que llega al detector al añadir material residual.

La realización de pruebas con residuos “más realista” no aporta un blindaje adicional y demuestra la hipótesis inicial que, dado que las fuentes son planas, y de geometría 2π , todas las emisiones son atenuadas por las baldas metálicas situadas encima y debajo.

En conclusión, el diseño utilizado en la simulación de geometría en los ensayos de puesta en marcha de los equipos es perfectamente representativo para la validación de los equipos de medida como equipos de caracterización de materiales desclasificables.

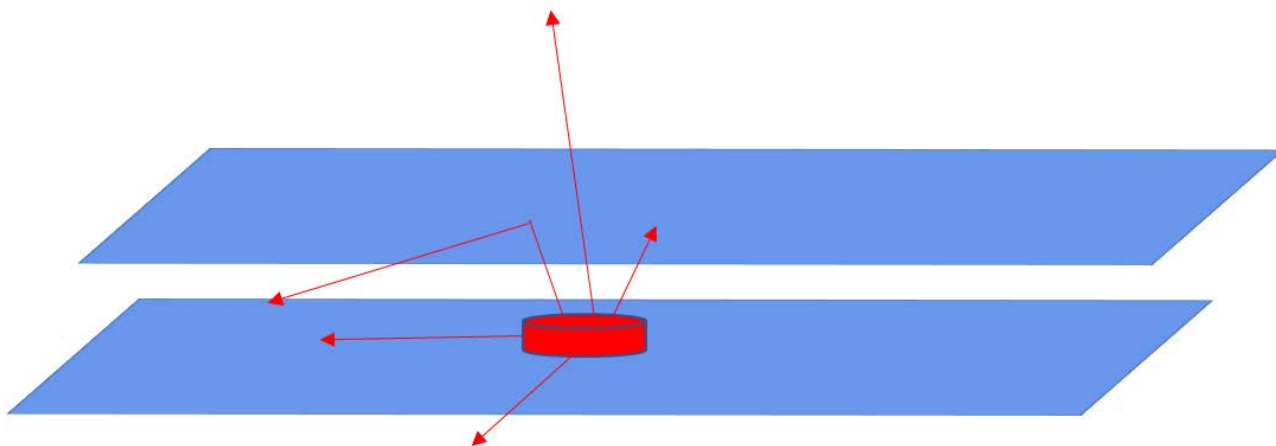


Figura 4. Simulación de la emisión de una fuente plana.

DETERMINACIÓN DE LOS RADIONUCLEIDOS DE DIFÍCIL MEDIDA

Se denominan radionucleidos de difícil medida aquellos que no pueden ser cuantificados mediante espectrometría gamma. Normalmente son emisores alfa y beta y su determinación se lleva a cabo mediante análisis por centelleo en laboratorios especializados. Por dicho motivo se suelen utilizar factores de escala (FE) que correlacionan estos isótopos con los de fácil medida.

C.N. Almaraz disponía de factores de escala aprobados por el CSN en un proyecto conjunto con UNESA (actual Foro Nuclear). Sin embargo, estos FE no eran de aplicación, ya que algunos de los isótopos superaban el nivel de desclasificación, por lo que era necesario el desarrollo de unos factores de escala determinados específicamente con muestras de la propia central.

A requerimiento del CSN, antes de proceder a la desclasificación de materiales, se deberá presentar un documento con la siguiente información:

- Metodología para derivar los factores de escala.
- Análisis de los resultados obtenidos en el laboratorio y valores propuestos para los factores de escala.
- Criterio de revisión periódica de los factores de escala.

Para ello se estableció un plan de caracterización de muestras que se llevó a cabo en varias fases entre los años 2017 y 2023, tomando materiales de forma aleatoria que fueran potencialmente desclasificables.

El número de muestras y su representatividad se considera adecuada de acuerdo con la metodología MARSSIM y para la cantidad de material almacenado en la central.

Como consecuencia del análisis de los resultados obtenidos se concluyó que la utilización de la metodología de cálculo de FE de ENRESA, implicaría FE con valores excesivamente altos y no operativos, debido a que la actividad de los isótopos llave es muy baja, y en muchos casos por debajo del umbral de decisión (UD), por lo que se decide asignar concentraciones de actividad (CdA) a cada isótopo de difícil medida, obtenida mediante la media geométrica de los valores medidos para cada corriente e isótopo incluyendo el extremo superior del intervalo de confianza del 95%. En algunos casos se ha optado, de forma conservadora, por utilizar el valor máximo obtenido en los análisis directos de las muestras. Hay que indicar que, para algunos radionucleidos el estudio ha dado como conclusión que no están presentes.

Por otra parte, y tal y como solicitó el CSN, para la aplicación a los residuos de operación que se generen en el futuro cuya gestión sea la desclasificación, se ha desarrollado un procedimiento de verificación de la validez de los CdA, por el cual anualmente se realiza un análisis radioquímico a muestras de chatarras generadas ese año.

MARCO DOCUMENTAL

Todo el proceso se encuentra documentado de acuerdo con lo requerido en la normativa española. Además, se han elaborado los procedimientos necesarios para llevar a cabo el proceso de desclasificación incluyendo todos los formatos que formarán

Campaña	Nº total de muestras	Tipo de análisis		
		Espectrometría γ	Emisores β	Emisores α
Fase I -2017	3	3	3	3
Fase II -2018	12	12	12	8
Fase III -2019	20	20	20	-
Fase IV -2023	8	-	8*	-
Total	43	35	43	11

Tabla 1. Tipo de análisis realizados.

*Análisis por espectrometría de masas con acelerador para determinar I-129, debido a que con la técnica empleada no era posible cumplir el valor exigido de actividad mínima de detectable.



Figura 5. Muestra de viruta de chatarra enviada al laboratorio.

parte del expediente de desclasificación. Se han elaborado de procedimientos de:

- Criterios para la conformación de las Unidades de Valoración (UV).
- Verificación de los criterios de desclasificación.
- Gestión de rechazos.
- Verificación de la calidad del proceso.
- Control de entrega a Medio Ambiente.

EL PLAN DE PRUEBAS

Tras la realización de pruebas, análisis, estudios llegaron las fechas claves. Los días 10 y 11 de septiembre de 2024 se ejecutó el plan de pruebas con presencia del CSN, donde se llevó a

cabo la verificación de las siguientes fases del proyecto a varias unidades de valoración (UV), entre otros:

- Verificación de la producción de la UV.
- Caracterización de la UV.
- Verificación de los criterios de desclasificación.
- Verificación de la calidad global del proceso de medida.
- Verificación del control adicional de la calidad UV.
- Revisión documental.

El plan de pruebas se concluye con la remisión al CSN del correspondiente informe con toda la documentación revisada según los comentarios indicados.

Durante el plan de pruebas se planteó al CSN una mejora en el proceso de medida. Históricamente se había considerado un conjunto de radionucleidos emisores gamma que son de interés en su vigilancia durante el proceso de caracterización para su desclasificación. Existe un requisito recogido en la Orden de ETU/1185/2017 que indica que, durante el proceso de caracterización, la actividad mínima detectable (AMD) de cada uno de los radionucleidos sea inferior a la mitad de su nivel de desclasificación (ND). Tras las pruebas efectuadas en la central, existe un radionucleido, el Ru-106, que para el cumplimiento de este requisito obliga a medidas excesivamente largas. Tras efectuar un estudio con medidas reales y cálculos teóricos se concluye que este radionucleido no se encuentra en los residuos de C.N. Almaraz, por lo que se propone un nuevo término fuente, que es aceptado. Este hecho reduce sustancialmente los tiempos de medida.

EL VIAJE CONCLUYE

Tras recorrer todo el proceso descrito, con fecha 6 de noviembre de 2025 se recibe la autorización del CSN, con la que definitivamente ya se permite a CN. Almaraz desclasificar chatarras.



**CONSEJO DE
SEGURIDAD NUCLEAR**

Secretaría General

CSN/C/SG/ALO/25/07
N.º EXP.: ALO/SOLIC/2025/253

CENTRALES NUCLEARES ALMARAZ/TRILLO, A.I.E.
Avenida de Manóteras, 46-Bis
Edificio Delta Nova 6 - Planta 5ª
28050-MADRID

A/A.:
Director General

**ASUNTO: APRECIACIÓN FAVORABLE DEL PROCESO DE DESCLASIFICACIÓN DE CHATARRAS DE LA
CENTRAL NUCLEAR ALMARAZ**

Figura 6. Apreciación favorable del CSN.

La apreciación queda limitada a la combinación específica de geometría de la unidad de valoración (UV), método de medida e isotópico tipo siguiente:

a) Geometría de la UV. Contenedores de tipo CMT que cumplan los siguientes requisitos:

i. Densidad aparente máxima de 1 g/cm³.

ii. Materiales residuales con número atómico medio máximo $\bar{Z} \leq 26$, siendo $\bar{Z}$ el sumatorio del producto

de la fracción molar de cada elemento presente en los materiales residuales por su número atómico.

iii. Nivel de llenado mínimo del contenedor CMT del 65 %.

b) Método de medida espectrometría gamma con los equipos ISOCS y configuración CMT.

c) Isotópico-tipo establecido (CdA) y su proceso de revisión establecido.