

NOVEDADES SIGNIFICATIVAS DE LA PRÓXIMA REVISIÓN 2 DEL MANUAL MARSSIM



RAFAEL GARCÍA-BERMEJO FERNÁNDEZ
Consultor Independiente

INTRODUCCIÓN. ALGO DE HISTORIA

En el año 2002 se ejecutó uno de los hitos de mayor envergadura llevada a cabo durante el desmantelamiento de la central nuclear de Vandellós 1 [1]. Esta actividad fue la desclasificación de las superficies internas y el desmontaje de la nave del reactor. El programa de medidas para la desclasificación de dicha estructura fue diseñado, entre noviembre 2001 y abril 2002, en base a la metodología MARSSIM [2], lo que permitió tomar un número de muestras muy inferior a las previsiones para demostrar el cumplimiento de los criterios radiológicos de liberación aplicables. En julio de ese mismo año, fue autorizado por el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Esta metodología también fue empleada para desclasificar materiales residuales de operación en la C. N. José Cabrera y en la C. N. Cofrentes, en la caracterización para el desmantelamiento de C. N. José Cabrera y del CIEMAT, en otras situaciones como la comprobación de la normalización de los suelos del emplazamiento de C.N. Ascó [3] y la caracterización del resto de las áreas exteriores de los emplazamientos nucleares. De modo que es indudable su utilidad en los actuales y futuros proyectos de caracterización para los desmantelamientos y en otras situaciones.

En efecto, la mejor práctica de la industria y referencia fundamental actual para la correcta caracterización radiológica de suelos y edificios es el manual conocido por el nombre de MARSSIM que son las siglas de *Multi-Agency Radiation Survey and Site Investigation Manual (MARSSIM)* [2], que se puede traducir como *Manual Multiagencia para Reconocimiento e Investigación Radiológica de un Emplazamiento*.



Desmantelamiento de la nave del reactor en C. N. Vandellós 1.

METODOLOGÍA MARSSIM

MARSSIM fue elaborado por un equipo cuyos miembros pertenecían a la USNRC y a otras agencias reguladoras americanas (EPA, DOE y DOD) junto con expertos de empresas contratistas e incorporando los comentarios recibidos de otras instituciones de interés e incluso de miembros individuales del público.

El propósito de MARSSIM fue brindar orientación a las agencias federales, los estados, los propietarios de empla-

zamientos y los contratistas sobre cómo demostrar que su emplazamiento cumple con las normas de protección radiológica. Para ello, MARSSIM recogía métodos, equipos y técnicas para la caracterización radiológica de los suelos y edificios de los emplazamientos en cualquier situación en que se encuentre éste, incluida la caracterización preliminar, la de soporte de las actividades de descontaminación/restauración y la de la situación final previa su liberación, aunque su parte más desarrollada está enfocada en la liberación de suelos y edificios (ver Figura 1). MARSSIM describe, en su versión 1, métodos generalmente aceptables para:

- Diseñar y planificar caracterizaciones de alcance, inicial, de soporte de la restauración y de estatus final para emplazamientos con material radiactivo residual en el suelo superficial y en las superficies de los edificios,
- Análisis Histórico de la instalación
- Realización de las caracterizaciones,
- Métodos e instrumentación de campo y laboratorio, así como las interfaces con los laboratorios radioquímicos,
- Pruebas estadísticas de hipótesis y la interpretación de los datos estadísticos

Desde su borrador de 1997, un elemento realmente novedoso y característico de este manual fue el uso sistemático de la estadística no paramétrica en las pruebas estadísticas (tests) de soporte de la toma de decisiones. Lo que permite asegurar una decisión fiable y estadísticamente robusta con un número mínimo de muestras y/o medidas. Si lo comparamos con los de una muestra/medida cada metro cuadrado en las superficies de los edificios y una muestra compuesta cada 100 m² en suelos que recomendaba la normativa de los años 90.

SOBRE EL USO DE LA METODOLOGÍA MARSSIM

Como se expuso en la introducción la metodología MARSSIM ha sido empleada en muchos casos con gran éxito y ha obtenido la aprobación del regulador español. Sin embargo, hay que señalar que, en otras ocasiones y países, los pro-

cesos de licenciamiento han sufrido complicaciones cuando los técnicos implicados no estaban suficientemente familiarizados con dicha metodología. Ejemplo de esto fue la controversia surgida por la utilización de una potencia de la prueba del Signo del 70 % (o una beta de 0,3) que, aunque no está tabulada, puede ser utilizada en la determinación del tamaño de la muestra estadística. Otro ejemplo es la comprobación a posteriori, esto es con los datos resultantes del muestreo, de que el tamaño muestral utilizado corresponde con un valor que mantiene el nivel de confianza del 95 % que requiere la normativa lo que no suele ser comprobado.

Por lo visto, una cantidad no despreciable de errores y prejuicios que aparecieron en el uso de la revisión 1 del MARSSIM fueron debidas a la falta de formación de los usuarios, en particular en estadística aplicada. La alternativa que MARSSIM siempre recomendaba era consultar a un estadístico familiarizado con sus particularidades. En efecto, en el documento se advertía que: “el manual estaba destinado a un público técnico que tenga conocimientos de protección radiológica y estadística, así como experiencia en las aplicaciones prácticas de la protección radiológica. Se le supone una comprensión de la instrumentación y las metodologías asociadas, así como experiencia en la planificación, aprobación y en la implementación y aprobación de estudios de niveles ambientales de material radiactivo. Este manual ha sido escrito para que las personas responsables de planificar, aprobar e implementar estudios radiológicos puedan comprender y aplicar la información aquí proporcionada. Ciertas situaciones y emplazamientos pueden requerir consultas con personal con conocimientos y experiencia específicos”.

En la nueva revisión tales características o requisitos no cambiarían para los posibles usuarios.

EL MARSSIM EN LA NORMATIVA ESPAÑOLA

El CSN recomienda, en su guía 4.3 sobre *Metodologías de comprobación del estado radiológico de un emplazamiento previa a su liberación. Niveles genéricos de liberación* [2013],

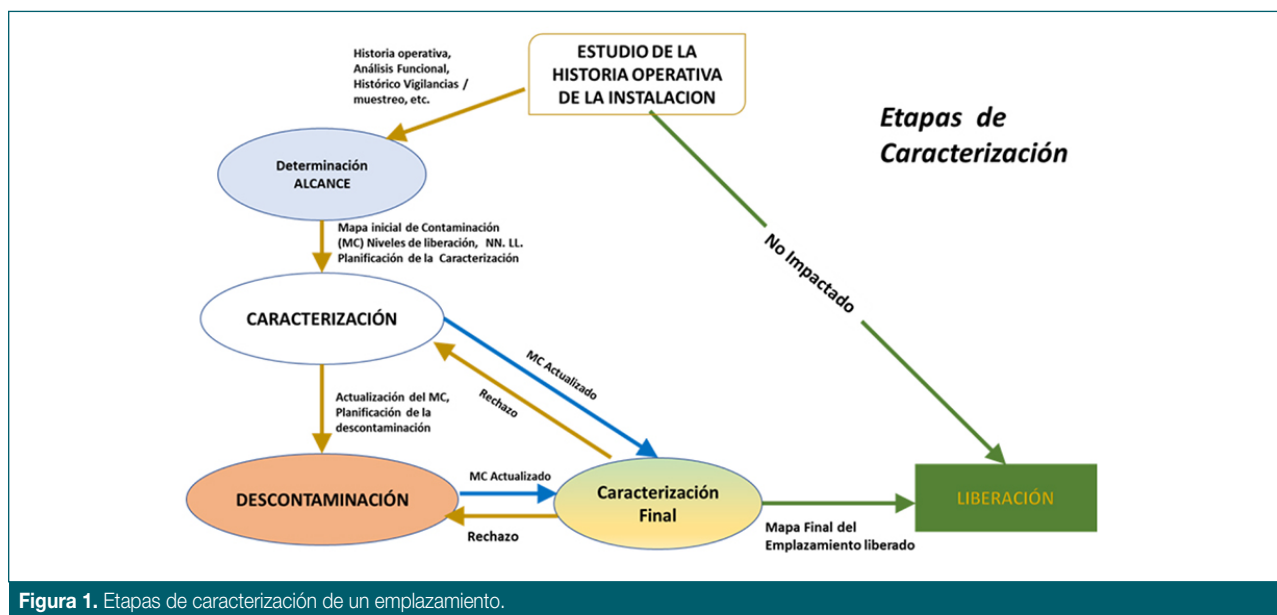


Figura 1. Etapas de caracterización de un emplazamiento.

la aplicación del MARSSIM, como metodología para la realización de la comprobación del estado radiológico de los emplazamientos contaminados. También el CSN ha aprobado su utilización en áreas interiores de los emplazamientos nucleares y del ciclo de combustible para demostrar la ausencia de radiactividad residual o comprobar la efectividad de su descontaminación. También lo ha recomendado en el caso de sitios contaminados con sustancias NORM (sitio de El Hondón en Cartagena).

HACIA LA REVISIÓN 2 DEL MARSSIM

Desde la publicación del primer borrador del MARSSIM en 1997 y su edición final en 1998, se han producido suficientes cambios y avances en la caracterización radiológica, incluyendo las publicaciones de los manuales MARSAME [2009] [4], para la caracterización de materiales y equipos, y MARLAP [2004] [5], para los procedimientos analíticos radiológicos de los laboratorios, y otros cambios en la normativa estadounidense e internacional, para que las agencias reguladoras americanas hayan considerado necesaria esta revisión completa.

En la próxima revisión 2 han estado involucrados 18 expertos de los mencionados organismos reguladores americanos y otras 10 de empresas contratadas. Además, incorpora la resolución de los comentarios del público al borrador de esta revisión.

Dado que la NRC y otras agencias reguladoras americanas (EPA, DOE y DOD) van a publicar próximamente la revisión 2 del Manual se considera interesante estudiar y analizar los cambios y aclaraciones que se tratan en la versión a disposición del público, para comentarios, base de la próxima revisión del Manual, destacando aquellos aspectos que se han considerado de mayor relevancia.

ASPECTOS GENERALES

La revisión 2 del MARSSIM se espera que incluya múltiples cambios respecto a la revisión 1 anterior (2000). Desde un punto de vista global hay que destacar los cambios generales organizativos y terminológicos, y la actualización de las referencias. Algunos cambios terminológicos se han

realizado para que el contenido sea consistente con los del MARLAP y del MARSAME y la inclusión del uso de herramientas estadísticas como la geoestadística e informáticas como, por ejemplo: ProUCL [6], Visual Sample Plan, SADA y ArcGIS. (Figura 2).

En esta nueva revisión hay que señalar que se hace un mayor énfasis sobre la interfase con el regulador durante el diseño de la caracterización, en base a los comentarios de los usuarios del propio organismo regulador americano.

En términos de alcance, este se amplía a la demostración de cumplimiento de la normativa aplicable a los estériles de la fabricación de concentrados de uranio.

ASPECTOS PARTICULARES

A continuación, se identifican aspectos particulares que se ha considerado interesante señalar.

- Se amplía el tratamiento de los requisitos de las zonas de actividad elevada para mejorar el diseño del plan de muestreo de las caracterizaciones. MARSSIM indica que la comparación de medidas elevadas (EMC) individuales no es un método apropiado para la demostración de cumplimiento en los casos de partículas radiactivas discretas (partículas calientes) pues se señala que este método no es aceptable cuando la distancia al detector es mayor que tres veces la mayor dimensión del área de actividad elevada.
- Se incluye el muestreo de conjuntos ordenados (*Ranked Set Sampling*) y las caracterizaciones (*Surveys*) de solo barrido (o caracterización de solo escaneo), que se incluyan en el suplemento 1 MARSAME, tecnología más actual y se actualiza la información sobre los equipos de caracterización.
- En relación con los elementos de calidad, se agregan los Objetivos de Calidad de la Medida (MQO) e incertidumbre de la medida, para cumplir con las directrices actuales de NIST (*National Institute of Standards and Technology*) e ISO (*International Organization for Standardization*), incorporando sus normas científicas más actuales. En este punto hay que señalar que no se ha incluido la norma ISO 18557:2017 [7], que introduce el requisito de realizar un

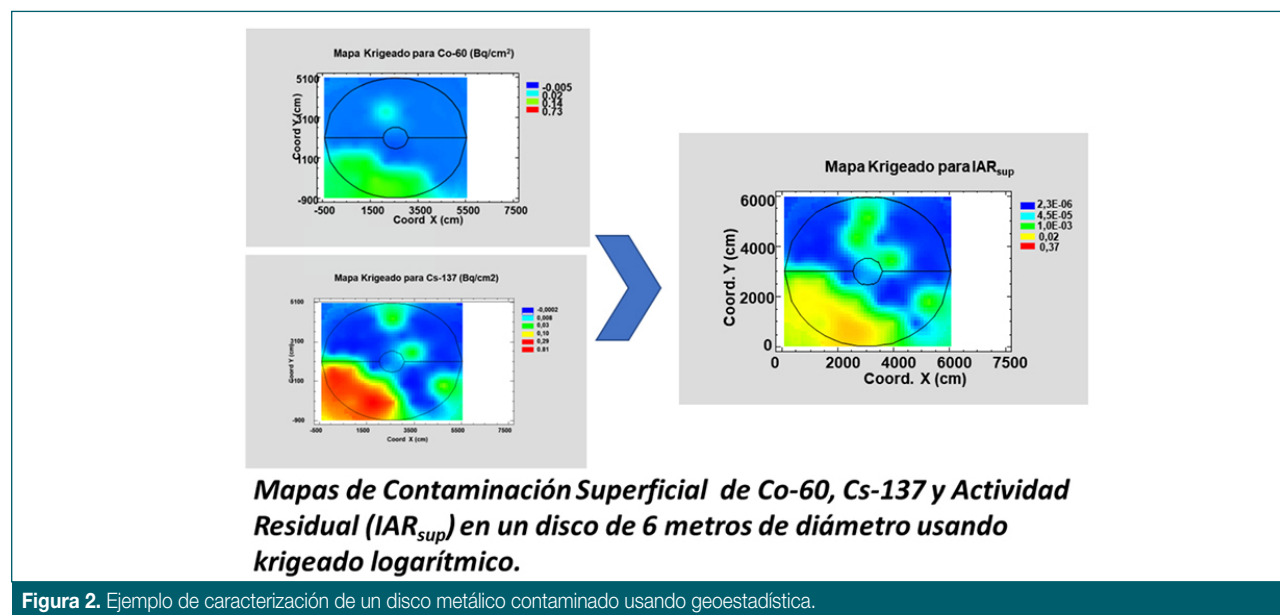


Figura 2. Ejemplo de caracterización de un disco metálico contaminado usando geoestadística.

Análisis Funcional radiológico de la instalación complementario del análisis histórico.

- Se ha agregado el escenario B (“en el que se supone que en la Unidad de caracterización se cumplen con los criterios de liberación hasta que se demuestre lo contrario”), para proporcionar un método de cumplimiento para los sitios cuando los criterios de liberación son “sin radiactividad añadida” o “indistinguible del fondo”.
- Se mantiene y amplía el uso de métodos estadísticos no paramétricos (tests del signo, de Wilcoxon, del Cuantil, fórmula de Chebyshev, etc.).
- Se aclara la estimación del factor de escala o media de las ratios de las concentraciones de actividad residual de una Unidad de Caracterización o Liberación (*Survey Unit*) de la revisión anterior, utilizando la estimación no paramétrica de Chebyshev. Esta ecuación permite estimar el número de muestras necesarias con un error relativo entorno al 50% para un alfa del 5 % ($n > 76CV^2$). Según la ecuación 2-46 de la guía técnica del programa ProUCL 5.1 (2015) [6], el Límite Superior de Confianza (LSC) de Chebyshev es:

$$LSC = \bar{x} + \sqrt{(1/\alpha) - 1} s_x / \sqrt{n}$$

- Indicándose en dicha guía que: *Puesto que este método de Chebyshev es un método no paramétrico no requiere hipótesis sobre la posible distribución que siguen los datos, y por tanto puede usarse para estimar la media desconocida de la población, μ , cuando la distribución de los datos no es normal, lognormal o gamma, especialmente cuando la desviación típica es mayor que 1.5.*
- Hay que señalar que este estimador del factor de escala es distinto al utilizado usualmente para los residuos radiactivos, que se basa en una distribución lognormal y se determina con la media geométrica o su Límite Superior del 95 % de Confianza (95 % LSC).
- Respecto a la nomenclatura, se continúa utilizando el término Plan de Garantía de Calidad del Proyecto (QAPP) para describir un documento escrito que define los procedimientos que utilizará un proyecto de caracterización para garantizar que los datos que recopila y analiza cumplen los requisitos del proyecto. Este término se ajusta a la guía ANSI/ASQC E4- 1994 *Specifications and Guidelines for Quality Systems for Environmental Data Collection and Environmental Technology Programs* (ASQC 1995) remplazado por, ASQ E4 2014[8] y otras guías más actuales



Nave del Reactor de C. N. Vandellós 1.



Desmontaje de la nave del Reactor de C. N. Vandellós 1



El actual edificio del reactor de C. N. Vandellós 1.



Caracterización de materiales metálicos residuales.

de la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. Aunque para promover la consistencia se recomienda el uso de esta denominación. Sin embargo, también admite otra terminología tal como Plan de Caracterización, Plan de Muestreo y Análisis, etc. Siempre que incluyan los elementos necesarios de calidad requeridos por esta normativa.

- Se recomienda, que tras la potencial identificación de radiactividad residual en el subsuelo y/o las aguas subterráneas se desarrolle una interfase con los organismos reguladores federales, estatales y locales por lo que se sigue echando de menos en el borrador de la revisión 2 un método para la demostración del cumplimiento de los criterios radiológicos de liberación del subsuelo, salvo los de la inexistencia de impacto (o actividad residual indistinguible del fondo).

CONCLUSIONES

El borrador de la revisión 2 del MARSSIM incluye una serie de cambios y aclaraciones que mejoran su utilización en las distintas caracterizaciones de los emplazamientos combinando la calidad estadística con la eficiencia económica por lo que esta metodología seguirá siendo imprescindible para los actuales y futuros desmantelamientos. El uso de MARSSIM permite minimizar los tiempos y los costos de estos, así como los errores que hagan necesario la repetición de trabajos y/o cambios de alcance.

Finalmente, hay que señalar que los cambios mencionados mantienen, incluso se podría decir que aumentan, la flexibilidad y eficiencia de la revisión anterior en las distintas caracterizaciones que se realizarán siguiendo los métodos y criterios expuestos en este manual, siempre que los usuarios (ingenieros MARSSIM) puedan aplicar con suficiente rigor sus fundamentos científicos, especialmente los estadísticos.

REFERENCIAS

- [1]. ENRESA. Memoria del Desmantelamiento . 1998-3003. Central Nuclear Vandellós I. Diciembre, 2007 2a edición.
- [2]. US NRC NUREG-1575, MARSSIM Multi-Agency Radiation Survey and Site Investigation Manual, revision 1. 2000.
- [3]. CSN/PDT/CNASC/AS0/1105/176 PROPUESTA DE RENOVACIÓN DE LA AUTORIZACIÓN DE EXPLOTACIÓN DE LA CENTRAL NUCLEAR DE ASCO I Y II
- [4]. US NRC NUREG-1575, Supplement 1 MARSAME Multi-Agency Radiation Survey and Assessment of Materials and Equipment Manual.2009
- [5]. US NRC NUREG-1576, MARLAP Multi-Agency Radiological Laboratory Analytical Protocols Manual, EPA 402-B-04-001A, PB2004-105421, NRC, Washington, DC, 2004.
- [6]. USEPA. ProUCL Version 5.1 Technical Guide. Statistical Software for Environmental Applications for Data Sets with and without Nondetect Observations
- [7]. ISO 18557:2017. Characterisation principles for soils, buildings and infrastructures contaminated by radionuclides for remediation purposes
- [8]. ASQ E4 2014. Quality management systems for environmental information and technology programs—Requirements with guidance for use.
- [1]. CSN Guía de Seguridad GS-04.03: Metodologías de comprobación del estado radiológico de un emplazamiento previa a su liberación. Niveles genéricos de liberación. Diciembre 2013.■