

PROPUESTA DE DICTAMEN TÉCNICO SOBRE LOS ASPECTOS DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL “PROYECTO BÁSICO DE REMEDIACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO DE EL HONDON (CARTAGENA)”.

1. IDENTIFICACIÓN

1.1. Solicitante

Dirección General de Medio Ambiente (DGMA) de la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente de la Región de Murcia.

1.2. Asunto

Solicitud de informe sobre los aspectos de protección radiológica del “Proyecto Básico de Remediación del emplazamiento de “El Hondón (Cartagena)”. Esta solicitud se considera en virtud del artículo 81 del Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas, según el cual los planes de mitigación de efectos o descontaminación de los terrenos con contaminación radiactiva requieren el dictamen favorable del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN).

1.3. Documentos aportados por el solicitante

Con fecha 31/01/2022 (nº de registro de entrada 60132), la Dirección General de Medio Ambiente (DGMA) de la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente de la Región de Murcia remitió al CSN la siguiente documentación aportada por Ercros SA:

[1] Proyecto Básico de Remediación del emplazamiento de “El Hondón” (CARTAGENA) N° de proyecto 60606539. Versión septiembre de 2021.

Junto con [1], se remitieron los siguientes documentos:

- Caracterización, diagnóstico y análisis de riesgos de los suelos, balsas y acopios en la parcela “El Hondón” (Cartagena). UPCT Noviembre 2017. Se tiene en cuenta a título informativo, puesto que completa el conjunto de estudios de caracterización de la parcela anteriores a las actuaciones de ERCROS.
- Estudio de caracterización medioambiental complementaria parcela “El Hondón” Cartagena. Investigación y resultados Ercros SA. Número de

proyecto 60606539 2019/146. Octubre 10, 2019. Se considera como documento de apoyo del informe [3].

El Proyecto [1] sustituye al “Proyecto básico de recuperación de la parcela de El Hondón (T.M. de Cartagena)”, remitido por esa DGMA al CSN con fecha 2 de diciembre de 2020 (nº registro de entrada 61920). Sobre esa primera versión, el CSN presentó alegaciones, mediante escrito de fecha 25 de febrero de 2021 (nº de registro de salida REGAGE21s00001807019).

Como resultado de las reuniones técnicas mantenidas en 2022 entre el CSN y Ercros y sus asesores, así como de la petición información adicional remitida por el CSN a la Región de Murcia (escrito de referencia CSN/C/DPR/HONDON/22/04 y nº de registro de salida 62647 de 30/09/2022), Ercros revisó y amplió la documentación complementaria al Proyecto, siendo esta nueva documentación remitida por la DGMM al CSN con fecha 11/01/2023 (nº de registro de entrada 60044) la siguiente:

- [2]** Evaluación de la idoneidad del Plan de remediación del emplazamiento El Hondón: Análisis multicriterio, modelización numérica y experiencias internacionales de El Hondón (Amphos 21)
- [3]** Respuesta a la petición de información adicional sobre los aspectos radiológicos del Proyecto Básico de remediación de El Hondón. Informe 11 (TECNATOM). Este incluye:
 - Anexo 3.1 Base de datos actualizada: Concentraciones de actividad
 - Anexo 3.2: Análisis estadístico de los resultados analíticos de las medidas de laboratorio sobre las muestras tomadas durante las campañas de muestreo entre los años 2005 y 2020 en el emplazamiento de “El Hondón”
 - Anexo 3.3: Análisis estadístico de los valores representativos para cada balsa/acopio
 - Anexo 4.1: Informe del impacto radiológico debido al Rn-222 en El Hondón
 - Anexo 4.2: Cálculos de impacto radiológico de los escenarios considerados mediante RESRAD on-site
- [4]** El Hondón: Síntesis y Argumentos (AECOM).
- [5]** Ensayos para la creación de tecnosuelos en las balsas de residuos industriales en El Hondón, Cartagena (Garsa, UPCT).
- [6]** Plan de vigilancia y mantenimiento posterior a la remediación (AECOM).

1.4. Documentos Oficiales

Fuera del ámbito de la protección radiológica, la Resolución emitida por el Director general de Medio Ambiente de la Consejería de Agua, Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Ambiente de la Región de Murcia, de fecha 16 de octubre de 2019, por la que se declara el emplazamiento de El Hondón (Cartagena) como suelo contaminado (Expediente AU/SC 21018/107).

La Resolución declara a Ercros S.A. responsable de llevar a cabo la descontaminación del suelo para su uso industrial.

2. DESCRIPCIÓN Y OBJETO DE LA PROPUESTA

2.1. Antecedentes

En la parcela de 108 Ha de superficie denominada “El Hondón”, situada en el término municipal de Cartagena, se desarrollaron durante aproximadamente 100 años de explotación, diversas actividades industriales ligadas a la fabricación de fertilizantes, que ocasionaron una importante afección ambiental al terreno en el que se asentaban, tanto por metales pesados y mercurio, como por radionúclidos naturales.

Hasta 1992 la propiedad del emplazamiento fue de diferentes sociedades mercantiles. En ese año, aproximadamente el 60% de la parcela, correspondiente a las zonas Norte y Este, pasó al ICO (Instituto de Crédito Oficial), mientras que el 40% restante (donde se encontraba el área productiva) fue adquirida por Ercros INDUSTRIAL, S.A., sociedad que mantuvo la actividad industrial de fabricación de sulfato de potasa y fosfato bicálcico hasta el 2002.

Tras el cese de la actividad, Ercros y PODECASA (sociedad integrada por el Ayuntamiento de Cartagena y la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia) establecieron un convenio para la explotación urbanística de la parcela. A lo largo de 2004, se mantuvieron diversas reuniones técnicas con el CSN sobre la situación radiológica del emplazamiento y el alcance de las caracterizaciones de los residuos y suelos de la parcela a llevar a cabo.

Con fecha 22 de septiembre de 2005 (nº de registro de entrada 19187), se recibió en el CSN, procedente de la, entonces denominada, Dirección General de Calidad Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente de la Región de Murcia (en lo sucesivo DGCA), el anteproyecto "Recuperación de antiguos terrenos industriales. El Hondón, T.M. de Cartagena". Los resultados preliminares de su evaluación se

transmitieron a la DGCA mediante escrito de la DPR de 26 de enero de 2006 (registro nº 800 de 02/02/06).

La DGCA envió al CSN el “Plan de recuperación de antiguos terrenos industriales” (nº de registro 12197) en mayo de 2006, y solicitó al CSN la emisión de una instrucción técnica sobre seis aspectos relacionados con este anteproyecto. La solicitud fue contestada mediante escrito de la DPR (nº de registro de salida 1789 de 28/02/2007), en el que se especificaban criterios y requisitos para la rehabilitación de la parcela, así como para el vertedero donde el anteproyecto contemplaba eliminar los materiales residuales procedentes de la restauración.

En marzo de 2013 (nº de registro de entrada 3983), el CSN recibió el “Proyecto para la ejecución de los procesos/trabajos de rehabilitación de los suelos de la parcela denominada El Hondón en Cartagena”, encargado por PODECASA a la empresa Fomento de Construcciones y Contratas. El Pleno emitió informe favorable sobre el proyecto, sujeto al cumplimiento de un condicionado, en junio de 2015 (escrito de referencia CSN/C/SG/HONDON/15/01).

El proyecto fue finalmente retirado a instancias de PODECASA, tras lo cual, con fecha 30 de marzo de 2017, la DGCA requirió al Ayuntamiento de Cartagena (como propietario mayoritario de los terrenos) el adecuado vallado perimetral de la parcela. Este requerimiento respondía a la medida establecida por el CSN para garantizar la restricción de usos de la parcela, sobre la base del artículo 61 del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes aprobado por Real Decreto 783/2001 de 6 de julio.

Por otro lado, la DGCA inició el expediente de declaración de suelo contaminado (Expediente AU/SC 2018/107).

En febrero de 2019, el CSN llevó a cabo una inspección reactiva al Ayuntamiento de Cartagena para investigar una denuncia, presentada en el buzón destinado a tal efecto en la web del organismo, sobre remoción de terrenos y vertido de escombros en la parcela. Tras la inspección, el CSN requirió (escrito de referencia CSN/C/DPR/HONDON/19/02 con nº de registro de salida 10182; basado en el informe CSN/IEV/ARAN/HONDON/1907/09), a través de la Dirección General de Medio Ambiente y Mar Menor (DGMA): i) el desarrollo e implantación de un procedimiento de protección radiológica para los trabajos de mantenimiento de las redes de saneamiento y media tensión; y ii) la retirada de los materiales de una arqueta y de fragmentos de tuberías de PVC con incrustaciones NORM de la denominada “zona 13”, situada en la zona sur de la parcela.

Desde entonces, el CSN ha evaluado los procedimientos de protección radiológica para estos trabajadores y para los trabajadores de instalación y mantenimiento de

la línea de fibra óptica (CSN/IEV/ARAN/HONDON/2204/11), que posteriormente se desarrolló en la parcela.

La DGMA emitió la **resolución de suelo contaminado** en octubre de 2019, por la que obliga a Ercros SA, como causante de la contaminación (o subsidiariamente al titular del terreno), a realizar las actuaciones necesarias para proceder a su limpieza y recuperación, en la forma y plazos en que determine la comunidad autónoma. Esta empresa fue también quien, finalmente, se hizo cargo del vallado perimetral de la parcela.

En diciembre de 2020, la DGMA solicitó al CSN (nº de registro de entrada 61920) informe sobre el “Proyecto Básico de remediación del emplazamiento de El Hondón (Cartagena)”, presentado por Ercros SA para la recuperación del terreno para uso industrial, según lo requerido por esa Dirección General. Este proyecto propone como solución el confinamiento *on-site* de los residuos. El CSN presentó alegaciones al proyecto básico mediante escrito de la Dirección Técnica de Protección Radiológica de referencia CSN/C/DPR/HONDON/21/01 de fecha 21 de febrero de 2021 (nº de registro de salida REGAGE21s00001807019).

Por último, con fecha 31/01/2022 (nº de registro de entrada 60132), la DGMA remitió al Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) el proyecto enmendado por Ercros, objeto de esta PDT: “**Proyecto Básico de Remediación del emplazamiento de “El Hondón (CARTAGENA)”**”. La principal modificación respecto al Proyecto Básico propuesto en 2020 es la ejecución de una **capa adicional de cobertura**, consistente en un **tecnosuelo**, de hasta 30 cm de espesor.

Adicionalmente, en octubre de 2022 Ercros llevó a cabo las actuaciones de **extracción de los materiales de la “zona 13”** de la parcela, solicitadas por el CSN al Ayuntamiento en 2019. Estas actividades se describen en:

- [1] Oficio de la Subdirección General de Energía Nuclear del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico de referencia RR/EH/20220308 (nº de registro de entrada 42755 de fecha 10 de marzo de 2022), adjuntando la solicitud de transferencia a ENRESA de residuos radiactivos de tipo NORM, presentada por Amphos 21 en representación de Ercros S.A.
- [2] Informe sobre Extracción de los materiales NORM de la zona 13 de la parcela de El Hondón. Amphos 21. (nº de registro de entrada 43266, de 3 de marzo de 2023).

2.2. Motivo de la solicitud

Informe sobre los aspectos de protección radiológica del Proyecto Básico de Remediación del emplazamiento de “El Hondón” (CARTAGENA) (en adelante, el

Proyecto). La solicitud se considera en virtud del artículo 81 del Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas, según el cual el Proyecto requiere el dictamen favorable del CSN.

2.3. Descripción de la solicitud

La parcela de El Hondón lleva sin uso industrial desde 2002, y en la actualidad se encuentra vallada para restringir el acceso, salvo para operaciones de mantenimiento de las redes de infraestructuras y servicios que la atraviesan. Para los trabajadores de esas contratas municipales se requieren medidas de protección radiológica. Tanto el vallado como las medidas de protección radiológica ocupacional fueron propuestas por el CSN, de acuerdo con el artículo 61 del RPSRI.

Como resultado de las actividades industriales y de la demolición de las antiguas instalaciones, permanecen en la parcela diversos residuos depositados en siete balsas y doce acopios (ver Figura 1). Todas las edificaciones e instalaciones han sido desmanteladas hasta cota de solera o pavimento.

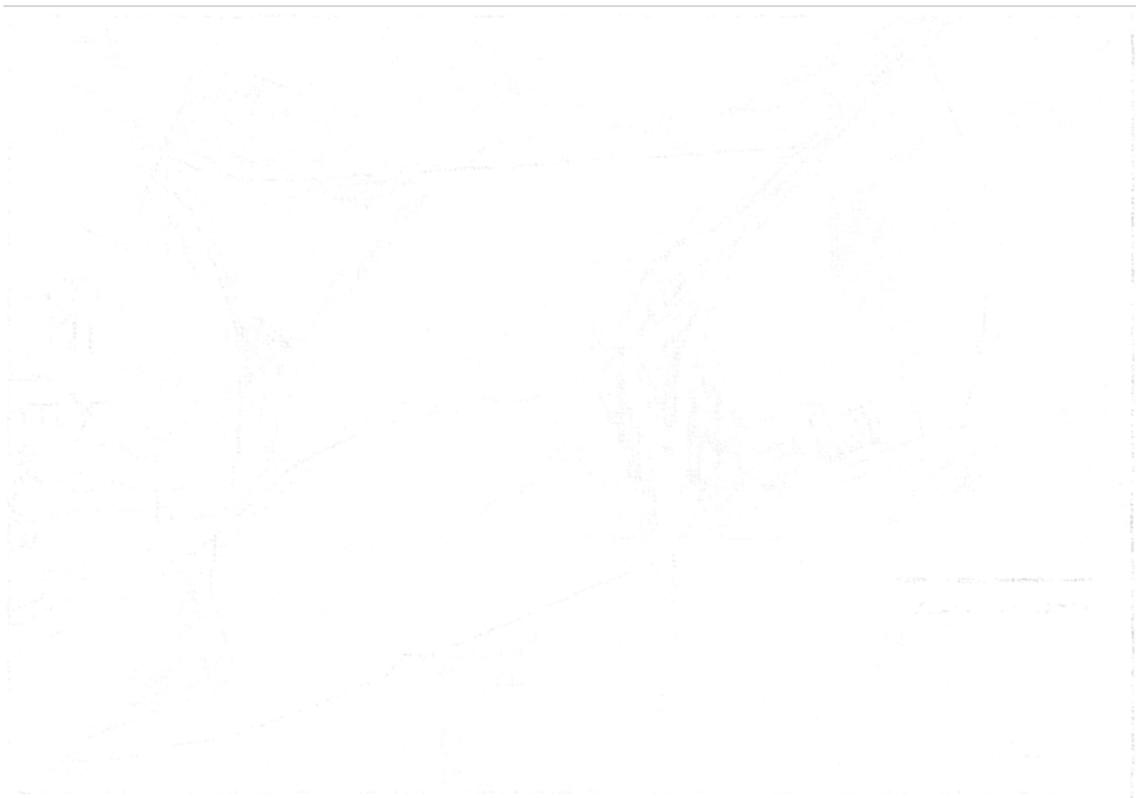


Figura 1 Vista aérea de la parcela y localización de las balsas y acopios de residuos

De la superficie total de 108 ha de la parcela, las balsas y acopios ocupan una extensión de 33,5 ha.

Los residuos mayoritarios son **lodos de fosfatos**, generados en el proceso de fabricación de fosfato bicalcico, y clasificados en la Lista Europea de Residuos (LER) como residuos no peligrosos con el código LER 060503. Estos residuos son, además, **materiales radiactivos de origen natural (NORM)**, puesto que la concentración de actividad de ^{226}Ra supera en aproximadamente un factor 3 el correspondiente nivel de exención/desclasificación establecido en la reglamentación vigente. Teniendo en cuenta los nuevos niveles de exención/desclasificación de 1 Bq/g para radionúclidos de las series del uranio y el torio que establece la directiva /2013/59/Euratom (que próximamente se adoptaran en España), todos los isótopos de vida larga de la cadena superan los niveles, siendo el isótopo con mayor actividad el ^{230}Th .

Los lodos de fosfato tienen un color marrón claro y una textura fina y homogénea. Su composición mayoritaria es fluorita (CaF_2), y contienen además minerales accesorios, como arcillas y sílices. En las balsas, presentan un agrietamiento importante, y no se observan eflorescencias (típicas cuando los lodos presentan minerales de alta solubilidad como sulfatos o cloruros, como ocurre con los fosfoyesos). La fluorita —que es la fase mineral a la que están principalmente asociados los radionúclidos— presenta una cinética de disolución lenta en todo el abanico de condiciones de pH y de estados de oxidación del agua en contacto (del orden de entre [REDACTED]).

El segundo tipo de residuo, en cuanto a volumen, son **cenizas de pirita**. Estas provienen de la oxidación generada en el proceso de obtención de ácido sulfúrico a partir de la pirita. Su presencia es fácilmente identificable por su intenso color rojo, ya que están compuestas principalmente de óxido férrico, en forma de hematites. Contienen además carbonatos y yeso. **No tienen la consideración de residuo NORM.**

Por último, hay también en la parcela residuos de demolición, de la antigua fábrica, así como granza y residuos de otra obra de Cartagena, que se depositaron allí con la autorización del Ayuntamiento.

Al oeste de la zona sur, durante los estudios de caracterización llevados a cabo para el proyecto de 2013, se identificó bajo la cota del terreno una estructura de hormigón que albergaba residuos de actividad específica muy superior a los lodos de fosfato, así como fragmentos dispersos de tuberías colmatadas en sus inmediaciones. A esta zona (identificable en el radiométrico de la Fig.2) se la denominó zona 13.

En la siguiente tabla se resumen los materiales y volúmenes de las balsas y acopios de la parcela:

Acopio	Tipo de residuo mayoritario	Vol (m ³)	Balsas	Tipo de residuo mayoritario	Vol (m ³)
A1	LF	█	B1	CP	
A2	LF		B2	CP + LF	█
A3	LF	█	B3	LF	
A4	LF		B4	LF+ otros	
A5	LF		B5	LF	█
A6	RDC		B6	CP	
A7	RDC		B7	CP	
A8	RDC				
A9	RDC				
A10	LF + RDC	█			
A11	Granza				
A12	LF	█			
A14	LF+granza	█			

Tabla 1. Residuos en balsas y acopios de la parcela (LF= lodos de fosfato; CP= cenizas de pirita; RDC= residuos de demolición y construcción) y volúmenes de los acopios/balsas con lodos de fosfato, tomados del informe CSN/IEV/CITI/HONDON/1411/04_1.

El volumen total de lodos de fosfato se estima en 910.500 m³. Su ubicación en la parcela puede distinguirse claramente en el mapa radiométrico (ver Fig. 2); las tasas de equivalente de dosis ambiental más altas registradas corresponden a la zona 13, ya rehabilitada por Ercros.



Fig. 2. Mapa radiométrico de El Hondón según datos de H*(10) de las campañas llevadas a cabo en 2006 (ENUSA) y 2011 (ENTEC), y corroborados en la inspección del CSN de 2019.

El subsuelo de El Hondón está constituido por materiales arcillosos-limosos. De acuerdo con los estudios hidrogeológicos aportados, revisados en el informe CSN/IEV/CITI/HONDON/1411/04_1, la parcela se emplaza en la masa de agua 070.052 “Campo de Cartagena” y en ella se intercepta un acuífero cuaternario, cuyo nivel freático se localiza a profundidades variables. Los estudios posteriores de AECOM precisan que el nivel freático se localiza a profundidades variables, de entre 4 y 8 m. Las bajas permeabilidades tanto del residuo, como de la formación limosa subyacente, limitan la transferencia de contaminantes al acuífero.

El proyecto de restauración de la parcela para uso industrial propuesto por Ercros consiste en **una solución de confinamiento in-situ, mediante el cubrimiento de las balsas y acopios con un sistema multicapa** (capa de tecnosuelo, capa de prevención, geotextil y capa de regularización), según recoge la Tabla 3.

Profundidad (m)	Espesor (m)	Denominación	Material	Observaciones
0,00 – 0,30*	< 0,3 m*	Capa de tecnosuelo	Tecnosuelos (mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos)*	Se harán mezclas específicas de tecnosuelos para cada tipo de residuo presente en la parcela*.
0,30 – 0,60	0,3	Capa de prevención	RCD de granulometría 0/40 o zahorras naturales	Compactado hasta una densidad de 1,5 g/cm ³
0,30-0,45	0,15			
0,6 – 0,601	0,001	Capa separación	Geotextil	Material sintético
0,45-0,451				
> 0,601 m	---	Regularización	Material de la Balsa	Superficie compactada y perfilada Explanación y relleno.
>0,451				

* El espesor, propiedades y características finales de la capa de aislamiento y cubrimiento será definida por los ensayos que realizará la UPCT (Grupo G.AR.S.A.) en el emplazamiento, previos al inicio de las obras.

Tabla 3. Características de las capas de cobertura propuestas en balsas y acopios

Las **actuaciones** previstas en el Proyecto son las siguientes:

- 1) Desbroce de la vegetación superficial.
- 2) Acondicionamiento y regularización de superficies y pendientes de acopios y balsas, a fin de controlar las escorrentías y permitir la adecuada ejecución del resto de actuaciones previstas. En particular, se llevarán a cabo las siguientes operaciones:
 - Reducción de la cota de coronación de los acopios y la remodelación de la superficie para evitar zonas de encharcamiento.
 - Adecuación de las superficies de las balsas de forma que permitan realizar la cobertura y la evacuación de las aguas de lluvia directa.
- 3) Incorporación de caminos perimetrales para acceder a la ejecución de las obras y permitir el mantenimiento posterior.

- 4) Construcción de drenajes para la evacuación de aguas de escorrentía superficial de balsas y acopios y del interior de las balsas, consistentes en:
 - Drenaje interior de las balsas: instalación de un dren que conecte la cota inferior de la balsa con el terreno circundante y ejecución de una zanja-dren rellena de materiales permeables que lo recoja.
 - Drenajes perimetrales para disminuir los fenómenos erosivos en los viales y minimizar la entrada de agua superficial al interior de las áreas cubiertas.
- 5) Reciclaje de residuos de construcción y demolición (incluyendo estudio de valoración para evaluar idoneidad como capa de aislamiento).
- 6) Implementación de un ensayo piloto para el dimensionamiento y definición de la capa de tecnosuelos.
- 7) Implantación del protocolo de confirmación de la ausencia de mercurio volátil.
- 8) Incorporación de las capas de cubrimiento, dimensionadas para cada uno de los materiales y con un espesor total de hasta 60 cm.
- 9) Implantación de controles ambientales y un programa de mantenimiento post-obra.

La duración total prevista para la ejecución de estas es de **veinticuatro meses**; la cubrición de las balsas y acopios se llevaría a cabo entre el mes 12 y el 18.

Ercros S.A. ha ejecutado ya lo que en el Proyecto se proponía como primera actuación: **la extracción de los residuos NORM de la zona 13** (cuya tipología es distinta a la de los lodos de fosfato) y de los fragmentos de tuberías colmatadas que dispersos en la zona; y la solicitud de transferencia de los mismos a Enresa. Con ello, da cumplimiento a lo solicitado en 2019 por el CSN a la Región de Murcia.

La concentración de actividad de estos materiales es muy superior a la del resto de los materiales de la parcela. En total, Ercros ha extraído [REDACTED] de material con actividades de [REDACTED] entre [REDACTED], y de [REDACTED] entre [REDACTED], además de una pequeña cantidad de fragmentos de tubería con actividades muy superiores. La hipótesis más probable sobre la naturaleza de estos materiales es que se trate de residuos procedentes de la gestión de los efluentes del proceso industrial (que contienen fundamentalmente [REDACTED]).



Fig. 2. Izquierda: Fotografía de la excavación de residuos NORM de la zona 13 de la parcela. Cimentación. Derecha: Estructura del edificio descubierta tras la retirada de los materiales.

3. EVALUACIÓN

3.1. Referencia y título de los informes

El Área de Radiación Natural ha elaborado los siguientes informes sobre el Proyecto:

- CSN/IEV/ARAN/HONDON/2303/13. Evaluación de la documentación sobre el impacto radiológico asociado al Proyecto Básico de Remediación del emplazamiento de “El Hondón” (Cartagena) promovido por ERCROS S.A.
- CSN/IEV/ARAN/HONDON/2303/12. Informe de evaluación de los aspectos radiológicos del estudio de alternativas de remediación para El Hondón y de las medidas de protección post-obra.
- CSN/NET/ARAN/HONDON /2210/05. Petición de Información Adicional para la evaluación del “Proyecto básico de remediación de El Hondón (Cartagena)”
- CSN/NET/ARAN/HONDON/2303/06. Evaluación del término fuente para los lodos de fosfato de El Hondón.

Las conclusiones más relevantes se resumen en el apartado 3.3.

Además, la propuesta de dictamen técnico se sustenta en las numerosas evaluaciones llevadas a cabo por el CSN con relación al proyecto de rehabilitación para uso residencial, sobre el que el CSN emitió dictamen en 2015 (pleno de fecha 26/06/2015 y dictamen de referencia CSN/C/SG/HONDON/15/01), teniendo en cuenta las diferencias de las opciones de restauración presentadas en ambos momentos.

Por otro lado, es necesario precisar que, puesto que el dictamen se refiere a un Proyecto Básico, el alcance de la evaluación no incluye la validación de los aspectos relativos a las funciones de aislamiento y durabilidad de las capas de cobertura que se proyecten en el Proyecto de Ejecución. En su caso, estos aspectos, junto con los

resultados de la prueba piloto de tecnosuelos deberán ser evaluados por el CSN de acuerdo con los plazos que se recogen en el condicionado.

3.2. Marco legal y reglamentario

Se resume a continuación la reglamentación y normativa aplicable al proyecto, en materia de protección radiológica:

- **Reglamento de Protección de la Salud contra los riesgos derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes (RPSI)** aprobado por Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre. Las situaciones de exposición existente (como aquellas producidas por actividades que no estaban sujetas a control, desde el punto de vista radiológico) se regulan en el título VII. En particular, su capítulo I, **artículo 71** especifica lo siguiente:

“a) El Consejo de Seguridad Nuclear establecerá **niveles de referencia** específicos en los casos no recogidos en el artículo 72, cuando se detecte una situación que pueda generar un riesgo significativo desde el punto de vista de la protección radiológica. Estos niveles de referencia expresados en términos de dosis efectiva estarán comprendidos en el rango de **1 a 20 mSv/año**.

b) La optimización de la protección concederá prioridad a las exposiciones por encima del nivel de referencia y seguirá aplicándose por debajo de éste.

c) Al establecer los niveles de referencia del apartado a), se deberán tener en cuenta tanto los requisitos de protección radiológica como los criterios sociales y las características de las situaciones imperantes.

d) El Consejo de Seguridad Nuclear determinará la necesidad de establecer un programa de vigilancia radiológica ambiental, en los casos especificados en el apartado 1 del anexo V”.

Por otro lado, **la exposición al radón en interiores** se considera de manera independiente: en los edificios (independientemente de que su uso sea residencial o como lugar de trabajo) se considera de aplicación el nivel de referencia de 300 Bq/m³ que establece el **artículo 72.a del RPSI**.

Las **intervenciones** en situaciones de exposición existente se regulan, por su parte, en el Capítulo II, **artículo 73**. Sus dos primeros apartados especifican lo siguiente:

“a) Sólo se emprenderá una intervención cuando la reducción del detrimento de la salud debido a la radiación sea suficiente para justificar los efectos nocivos y los costes de la intervención, incluidos los costes sociales.

b) La forma, magnitud y duración de la intervención deberán optimizarse de manera que sea máximo el beneficio correspondiente a la reducción del detrimento de la salud, una vez deducido el perjuicio asociado a la intervención”.

Sobre las **actividades laborales** que conllevan exposición a material radiactivo de origen natural (**NORM**), la disposición adicional novena establece en su punto 1:

“Los titulares de las siguientes actividades laborales deberán declarar su actividad ante los órganos competentes de las comunidades autónomas en cuyo territorio se realice la actividad, y llevar a cabo los estudios necesarios para determinar si ésta puede dar lugar a un riesgo radiológico significativo para los trabajadores o para los miembros del público, así como establecer, sobre la base de estos estudios, las medidas y controles de protección radiológica que se especifican en este reglamento”.

- **Reglamento de instalaciones nucleares y radiactivas (RINR)**; en particular, su **artículo 81** en cuanto a la necesidad de informe favorable del CSN al Plan de Restauración y a la inspección del CSN al finalizar las obras.

Además, se considera como referencia la **Guía de Seguridad del OIEA GSG 15 sobre “Estrategia y proceso de remediación de áreas afectadas por actividades o sucesos del pasado”**.

Son de aplicación, además, las siguientes disposiciones y normativa del CSN:

- Orden IET/1946/2013, de 17 de octubre, por la que se regula la gestión de los residuos generados en las actividades que utilizan materiales que contienen radionucleidos naturales.
- Documento Básico HS-6 del Código Técnico de la Edificación (aprobado por Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre).
- Instrucción IS-33 de 21 de diciembre de 2011 del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural. (IS-33).
- GS 4.1. sobre Diseño y desarrollo del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental para centrales nucleares
- GS 11.1. de Directrices sobre la competencia de los laboratorios y servicios de medida de radón en aire

- GS-11.3 sobre Metodología para la evaluación del impacto radiológico de las industrias NORM.

3.3. Resumen de la Evaluación

3.3.1. Evaluación del impacto radiológico asociado a distintos usos del emplazamiento (CSN/IEV/ARAN/HONDON/2303/13)

Este informe tiene por objeto evaluar los cálculos del impacto radiológico propuestos en la documentación asociada al “Proyecto Básico de Remediación de El Hondón (Cartagena)”. Estos incluyen varios escenarios hipotéticos de exposición. Además, la evaluación realiza cálculos independientes del impacto radiológico asociado a los Escenarios 3 (uso industrial) y Escenario 4 (pérdida de restricciones), por ser estos de los escenarios más restrictivos.

A continuación, se describen brevemente los escenarios tenidos en cuenta:

- *Escenario 3, denominado de uso industrial*

Se considera un trabajador que lleva a cabo actividades de mantenimiento al aire libre (excavación hasta cierta profundidad, acopio de materiales o residuos) durante todo su turno de trabajo. Para poder estimar dicha situación, el promotor divide el cálculo en dos casos:

- Caso denominado “Mantenimiento”, en el que se supone una persona que trabaja al aire libre, sobre la capa de tecnosuelo.
- Caso denominado “Excavación” en el que se supone una persona que está en contacto directo con los lodos de fosfato.

- *Escenario 4 de pérdida de restricciones*

Corresponde con una situación hipotética en la que se asume la pérdida de las restricciones de uso desde el momento en que se ha completado la rehabilitación ($t=0$), con la consecuente falta del mantenimiento de capas de cobertura, y que tiene lugar un asentamiento no autorizado en el terreno. Se considera una persona que reside en la parcela, en una construcción simple, y que además cultiva alimentos y dispone de ganado en la parcela para un consumo propio.

El cálculo de impacto radiológico proporciona una estimación de la dosis (en mSv/a) sobre nivel de fondo que recibiría la persona en cada escenario. Estos cálculos se realizan con la herramienta RESRAD (Argonne National Laboratory). Para mostrar un análisis más completo, el promotor hace cálculos:

- En modo determinista, con valores conservadores o representativos de cada parámetro.
- En modo probabilista, considerando funciones de distribución de los valores de determinados parámetros de entrada al código y para el término fuente.

Los cálculos con RESRAD excluyen la vía de inhalación de radón. Para este isótopo se presenta una estimación basada en las medidas experimentales de concentración de radón al aire libre y de exhalación de radón en el emplazamiento y en ecuaciones analíticas.

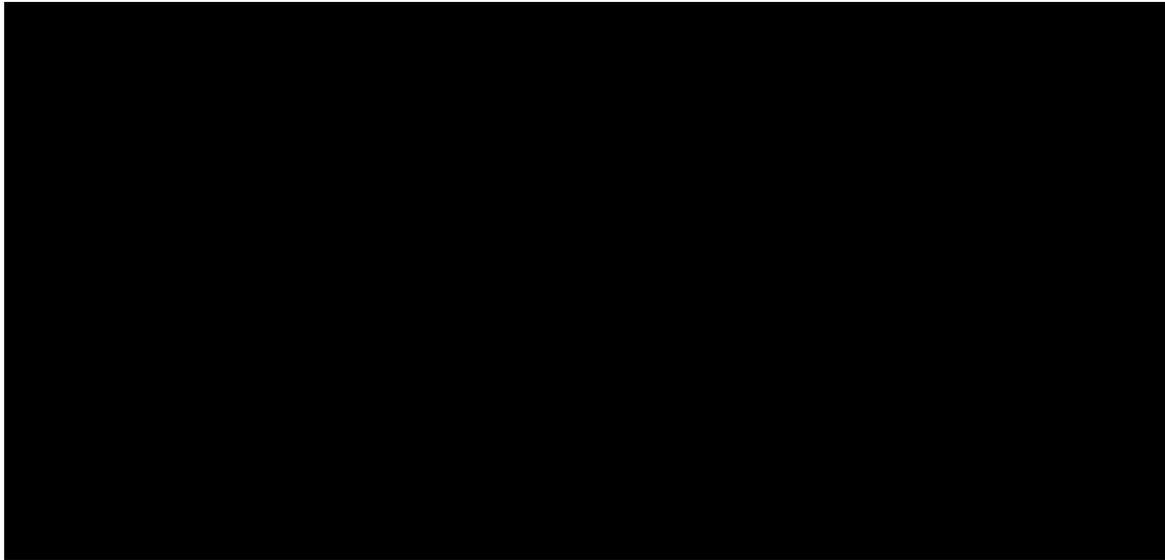
El promotor define un término fuente para los lodos de fosfato de la parcela basado en los valores de actividad de los distintos radionúclidos obtenidos a partir de las campañas de caracterización radiológica del terreno. Tanto el promotor como la evaluación han considerado un término fuente representativo del total de los lodos de fosfato del emplazamiento y otro específico de la balsa 5 (como caso más desfavorable). Las cuestiones en relación con la representatividad de los mismos se analizan en el informe de referencia CSN/NET/ARAN/HONDON/2303/06).

Como resultado de la evaluación se obtienen las siguientes conclusiones:

- (a) La evaluación no considera válidos los cálculos llevados a cabo con el RERAD por el promotor en ninguno de los escenarios anteriores. Entre las razones enumeradas en el informe se encuentran:
 - El uso de la base de datos ICRP 38 para los radionúclidos y su decaimiento en vez de la referencia más actual, que es la ICRP 107.
 - En el modo probabilista, el uso de funciones de distribución sin considerar los factores de correlación entre algunas de las variables.
 - La incorrecta definición de las funciones de distribución de la actividad del término fuente, por no haber truncado a cero para eliminar valores negativos.
 - La asignación de valores no conservadores para algunos de los parámetros que intervienen en el cálculo.
- (b) En consecuencia, se ha realizado un cálculo independiente para los escenarios más restrictivos en los términos formulados en este informe CSN. Estos cálculos concluyen:
 - Para el **Escenario 3** en referencia a un **uso industrial** se obtiene un valor máximo de [REDACTED] y en el caso probabilista de 1 [REDACTED] de probabilidad), [REDACTED] ([REDACTED] de probabilidad) y [REDACTED] ([REDACTED] de probabilidad).

- Para un **uso industrial** de la **Balsa 5** se obtiene en el caso determinista un valor máximo de [REDACTED] y en el caso probabilista de [REDACTED] ([REDACTED] de probabilidad), [REDACTED] ([REDACTED] de probabilidad) y [REDACTED] ([REDACTED] de probabilidad).
- Para el **Escenario 4** en referencia a un uso residencial agrícola se obtiene un valor máximo de [REDACTED] y en el caso probabilista de [REDACTED] ([REDACTED] de probabilidad), [REDACTED] ([REDACTED] de probabilidad) y [REDACTED] ([REDACTED] de probabilidad).

Los resultados de los cálculos de la evaluación se resumen en la siguiente tabla (en el escenario 4 la contribución a la dosis por exposición al radón en la vivienda se presenta por separado, según lo expuesto en la sección 3.2):



(*) Contribución debida a la inhalación de radón en la vivienda. Una dosis de 11 mSv/a corresponde a una concentración de radón de 1.000 Bq/m³

La evaluación ha realizado además la estimación de dosis que recibiría un trabajador suponiendo que se sitúa durante toda su jornada laboral sobre la balsa 5. Los datos de exposición para este cálculo se consideran conservadores por la evaluación y resultaría en una dosis de [REDACTED] por encima del fondo [REDACTED].

Teniendo en cuenta las conclusiones del informe, y puesto que en el Proyecto Básico se propone definir el diseño óptimo de la capa de tecnosuelo mediante un estudio piloto, se considera necesario requerir a Ercros lo siguiente:

- Ercros deberá realizar una revisión del estudio de impacto radiológico asociado al **uso industrial con restricciones** de la parcela, en el que incorpore el diseño y las características finales de la capa de cobertura. Mediante este

estudio deberá demostrar que la intervención propuesta cumple con un nivel de referencia de **1 mSv/a sobre el nivel del fondo natural**¹.

- En el escenario de uso industrial con restricciones, las dosis vienen dominadas por la contribución del radón; con la efectividad que se asume para las capas de cobertura para mitigar el radón se conseguiría reducir esta contribución a niveles de dosis claramente inferiores a 1 mSv/año, incluso al cabo de 1.000 años (momento en el que se alcanza la dosis máxima por la desintegración del Th-230 a Ra-226). Por otro lado, los niveles de radón al aire libre tras la actuación estarían en el rango de valores de zonas de alto fondo de radiación natural (equivale a zonas no impactadas por la actividad humana). Se considera importante, por tanto, establecer en el condicionado como valor objetivo de diseño el factor de reducción de radón del 50% asumido en los cálculos.
- En el caso “mantenimiento” (persona que trabajara en el emplazamiento, con la protección proporcionada por la cobertura), la contribución de la radiación gamma para un espesor de la capa de 60 cm es despreciable, siendo el efecto de la densidad muy menor. Se considera que con la densidad proyectada de la capa de prevención es suficiente para proporcionar un blindaje casi completo, por lo que no es necesario imponer condiciones adicionales para la densidad del tecnosuelo.

Las condiciones anteriores se recogen en el punto 3 del Anexo I (Límites y condiciones).

Por otro lado, el hecho de que con las **hipótesis del Escenario-4** (pérdida de control institucional al finalizar las obras de remediación y ausencia de mantenimiento de la capa de cobertura) se supere el nivel de dosis de [REDACTED] incide en la necesidad de garantizar los controles que se establecen en el punto 11 del Anexo I.

3.3.2. Evaluación de la caracterización radiológica adicional y estimación del término fuente (CSN/NET/ARAN/HONDON).

Esta nota evalúa las caracterizaciones radiológicas de la parcela (y de los materiales) llevadas a cabo por Ercros, así como la evaluación del término fuente² propuesto en

¹ Este valor es el extremo inferior del intervalo de niveles de referencias que establece el *Reglamento de Protección de la Salud contra los peligros derivados de la exposición a las radiaciones ionizantes* para situaciones de exposición existente

² Por las características de los escenarios considerados en este Proyecto para la estimación del impacto radiológico son relevantes los datos de concentración de actividad para cada isótopo; la actividad total, que podría estimarse a partir de la cubicación de volúmenes de balsas y acopios, tiene una importancia menor.

la documentación asociada al proyecto, que integra además las mediciones de campañas de caracterización radiológica previa.

Para ello, se compara, además, la propuesta de Ercros con los resultados de la evaluación realizada en 2015 con motivo de la solicitud de informe al CSN sobre el Proyecto para la ejecución de trabajos de rehabilitación para esta misma parcela. En particular, en el informe de referencia (CSN/IEV/ARBM/HONDON/1502/05), se describen las caracterizaciones radiológicas llevadas a cabo hasta 2015 en la parcela de El Hondón y se acepta un término fuente considerado representativo para los lodos de fosfato de la parcela.

La evaluación realizada en 2015 indica que para derivar el isotópico (o término fuente) se consideraron las diferentes campañas de toma de muestras realizadas en los años 2005, 2006, 2008 y 2012, por las empresas ENUSA y ENTEC. Esa evaluación concluyó que la metodología seguida para la identificación de las áreas con posible presencia de lodos de fosfato era adecuada. El número de muestras analizadas en toda la parcela ascendía a 245, lo que representa 2,3 muestras por hectárea. En las balsas y acopios que contienen mayoritariamente lodos de fosfato la proporción era aún mayor, ya que ascendía a 4,7 muestras por hectárea.

Las caracterizaciones adicionales llevadas a cabo en 2019 incluyen alrededor de 40 muestras adicionales. Sin embargo, la evaluación cuestiona la representatividad de parte de estas muestras, así como la integración con la información histórica. Por otro lado, se incluyen también nuevas medidas de exhalación de radón y de concentración de radón en aire.

En la evaluación se llega a las siguientes conclusiones:

- Se ha comparado el término fuente propuesto por Ercros con el término fuente considerado como representativo de los lodos de la parcela de El Hondón en el proyecto del año 2015. El término fuente presentado por Ercros es más conservador (para todos los isótopos, en especial para el Th-230 radionúclido identificado como crítico en los cálculos de impacto radiológico). No obstante, no se da por válido el nuevo término fuente, por lo que se considera necesario que Ercros revise el término fuente para los cálculos del impacto radiológico asociado al sistema de cubrición definitivo (ver punto 6 del Condicionado).
- Las medidas de radón en aire y de exhalación de radón llevadas a cabo por Ercros son coherentes con las obtenidas en anteriores campañas y mejoran la caracterización del terreno, por lo que dan mayor solidez a las estimaciones de impacto radiológico debidas al radón.

En vista de las conclusiones de este informe, puede asumirse que los cálculos de dosis basados en el término fuente propuesto por Ercros serán, a su vez,

conservadores respecto a los efectuados con un término fuente representativo de los lodos de fosfato de la parcela.

3.3.3. Evaluación del estudio de alternativas de remediación y de los estudios, controles y vigilancias en las distintas fases del proyecto (CSN/IEV/ARAN/HONDON/2303/12)

En este informe se evalúa el estudio de alternativas de remediación del emplazamiento de El Hondón presentado por Ercros SA como parte de la documentación del Proyecto. La evaluación se hace desde la perspectiva de la seguridad y la protección radiológica, quedando fuera del alcance los aspectos económicos, o de otro tipo de riesgos.

Se evalúan, además, los estudios piloto y de verificación y las medidas radiológicas de control y vigilancia post-obra propuestas en el Proyecto, cuyo objetivo es confirmar los estudios de modelización de impacto radiológico y monitorizar y controlar la evolución de la solución ejecutada, a fin de asegurar la eficacia del sistema de cubrición a largo plazo.

De acuerdo con el artículo 73 a) del RPSI, cualquier alternativa de intervención en la parcela de El Hondón debe estar **justificada**. El informe destaca que, en El Hondón, además de la contaminación por radionúclidos, hay un volumen considerable de residuos y suelos afectados por metales pesados; principalmente en las zonas de balsas de cenizas de piritita (arsénico y cinc en residuos y suelos) y de lodos de fosfato (arsénico, en concentraciones más bajas, en los lodos y en la zona de contacto con el terreno). También presentan contaminación por cinc y plomo los suelos de fábrica. En consecuencia, la justificación de llevar a cabo una intervención responde no solo a criterios radiológicos, sino a la mitigación del riesgo químico.

Como resultado de la evaluación se obtienen las siguientes **conclusiones**:

En cuanto al estudio de alternativas de remediación:

- La intervención en la parcela está justificada desde el punto de vista radiológico, ya que las dosis asociadas al uso del suelo después de la remediación para uso industrial (percentil 75 de la distribución de dosis en cálculo probabilista) serían de aproximadamente [REDACTED]. En el caso más desfavorable, correspondiente a un escenario de intrusión residencial-agrícola, la dosis ascendería a [REDACTED]³ (CSN/IEV/ARAN/HONDON/2303/13).

³ La dosis en este caso sería igual a la dosis que se alcanza en el caso de llevarse a cabo la intervención transcurrido un tiempo de 1.000 años sin control institucional (se supone la pérdida total de la capa de cobertura)

- El estudio de alternativas multi-criterio aplicado se basa en el método SMART (*Simple Multi-Attribute Rating Technique*) y utiliza como criterios de valoración factores ambientales, sociales, de salud, técnicos y económicos.
- Las tres alternativas identificadas para **mitigar el riesgo radiológico** cumplen con los criterios reglamentarios porque **consiguen alcanzar niveles de dosis efectiva asociados al uso industrial del terreno que son del orden, o inferiores, a 1 mSv/año** (el extremo inferior del intervalo de niveles de referencia aplicable a situaciones de exposición existente).
- De acuerdo con el estudio de alternativas, la **solución óptima** es la A3 (**confinamiento in situ mediante un sistema de cubrimiento multicapa**), siendo esta la que desarrolla el Proyecto Básico de Remediación.

Además, se hacen las siguientes **propuestas** para garantizar el adecuado desarrollo y ejecución del proyecto en todas sus fases, incluida la situación post-intervención:

En cuanto a los estudios de verificación y medidas pre-remediación

- El **estudio piloto de tecnosuelos** incluirá, además de las parcelas experimentales sobre las balsas, una parcela de control y otra de ensayo sobre el acopio 12 (únicamente para ensayos de radón). Se consideran adecuadas las determinaciones experimentales propuestas para seleccionar la composición óptima del tecnosuelo en relación con la generación de lixiviados y la efectividad para mitigar la exhalación de radón aunque, adicionalmente a lo propuesto por el promotor, estas deberán incluir:
 - determinaciones de radionúclidos en materiales y lixiviados ($^{238/40}\text{U}$, ^{226}Ra , ^{210}Po y ^{210}Pb).
 - Otra campaña de medición de radón (exhalación y concentración en aire), de manera que una se lleve a cabo en invierno y otra en verano.
- El **estudio radiológico del emplazamiento** al finalizar la ejecución de las capas de cobertura deberá incluir medidas de equivalente de dosis ambiental, $H^*(10)$, a 1 m del suelo y de exhalación de radón (dos campañas de medida, de manera que se pueda valorar la eficacia y adecuada ejecución de la cobertura en distintas condiciones ambientales). En función de los resultados del estudio piloto, el promotor podrá complementar o sustituir las medidas de exhalación de radón por medidas de concentración de radón en aire a 1 m del suelo.
- Se consideran adecuados los puntos de muestreo del **Plan de vigilancia del emplazamiento** propuesto por el titular para monitorizar el funcionamiento del sistema de cobertura y determinar las necesidades de mantenimiento, sin

perjuicio de que el CSN pueda requerir puntos de control adicionales. Este se llevará a cabo con las siguientes frecuencias y parámetros:

- Control trimestral: actividades alfa y beta total
- Control anual (aguas superficiales): U-238; U-234; Th-230; Ra-226; Pb-210.
- Control anual (aguas subterráneas): U-238; U-234; Th-230; Ra-226; Pb-210.

1. En cuanto a las restricciones de uso y control institucional

- Tras la finalización de las obras, el emplazamiento deberá quedar sujeto a control institucional y a un programa de vigilancia y mantenimiento a largo plazo que garantice la efectividad de las capas de cobertura.
- En caso de proyectarse la edificación en la parcela (o la ejecución de cualquier estructura cerrada o susceptible de alterar las capas de cobertura), el promotor deberá solicitarlo a la autoridad competente y remitir, en apoyo de su solicitud, un estudio específico del proyecto que demuestre que la concentración de radón en el aire interior se adecúe al nivel de referencia de 300 Bq/m³. establecido en el Real Decreto 1029/2022, de 20 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Protección de la Salud contra los peligros derivados de la exposición a las Radiaciones Ionizantes

Como resumen de las evaluaciones se puede concluir que **la intervención de confinamiento *on-site* de los residuos propuesta en el Proyecto mejorará considerablemente la situación radiológica de la parcela, que quedaría sujeta, además, a un exhaustivo programa de vigilancia y mantenimiento. Este programa incluiría además varios hitos de supervisión y control del CSN.**

3.4. Deficiencias de evaluación: No

3.5. Discrepancias respecto de lo solicitado: No

4. CONCLUSIONES Y ACCIONES

4.1. Aceptación de lo solicitado:

Sí, sin perjuicio de actuaciones posteriores que pudiera requerir el CSN en función de los resultados de los estudios, verificaciones y vigilancias a largo plazo programados.

4.2. Requerimientos del CSN

Se propone informar favorablemente desde el punto de vista de la protección radiológica, la intervención propuesta en el Proyecto Básico de Remediación del emplazamiento de “El Hondón” (CARTAGENA), con los límites y condiciones establecidos en el Anexo I de esta Propuesta de Dictamen Técnico y teniendo en consideración que el objetivo de la remediación es reducir los riesgos asociados al uso del emplazamiento de manera que pueda recuperarse como suelo de uso industrial con restricciones y que la intervención que se propone responde no solo a criterios radiológicos, sino a la mitigación de otros riesgos.

4.3. Compromisos del titular: No

4.4. Recomendaciones: No

ANEXO. ESQUEMA DE SEGUIMIENTO DEL PROYECTO POR EL CSN PREVISTO EN LOS LÍMITES Y CONDICIONES

Cronograma de informes a remitir por Ercros SA al CSN

