

27/10/06

CSN-843.10

CSN/IEV/ARBM/GENER/0609/512

**INFORME DE CALIFICACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS DATOS DE MEDICIÓN DE LOS ANÁLISIS DE TERRENO INDISPONIBLES DEL HEMISFERIO**

Concepto	Nombre y Apellidos	Puesto	Fecha	Firma
Realizado	[Redacted]	[Redacted]	05/10/06	[Redacted]
Revisado	[Redacted]	[Redacted]	06.10.06	[Redacted]
Aprobado	[Redacted]	[Redacted]	9.10.06	[Redacted]

DK.129752

**INDICE**

- 1. ANTECEDENTES**
- 2. OBJETO Y ALCANCE DEL INFORME**
- 3. RESUMEN DE LOS ASPECTOS RELATIVOS A LA GESTIÓN DE MATERIALES RESIDUALES CONSIDERADOS EN EL PLAN DE RECUPERACIÓN PRESENTADO**
- 4. AREAS DE EVALUACIÓN Y CRITERIOS TÉCNICOS**
- 5. EVALUACIÓN TÉCNICA**
- 6. CONCLUSIONES**
- 7. RECOMENDACIONES Y PROPUESTAS**
- 8. ANEXO: PLANO DE LOS TERRENOS INDUSTRIALES “EL HONDÓN”**

## 1. ANTECEDENTES

Los antiguos terrenos industriales objeto de estudio se encuentran situados al Este del casco urbano de Cartagena, en el paraje de El Hondón, ocupando una superficie de 108 Ha. En dicha parcela, se han desarrollado a lo largo de un siglo de explotación diversas actividades industriales, entre las que destaca la fabricación de fosfato bicálcico a partir del fosfato roca como materia prima.

Tras el cese en 2002 de toda actividad productiva, las empresas propietarias de los terrenos industriales afectados, ECROS INDUSTRIAL, SA, y el POLÍGONO PARA EL DESARROLLO DE CARTAGENA (PODECASA), establecen un convenio para la explotación urbanística de los terrenos, en el marco del cual se constituyó un comité de GESTIÓN que actúa como representante único de los propietarios.

Tras la realización de diversos estudios para determinar la posible existencia de contaminación química en el suelo y agua de los terrenos, ECROS identifica en el verano de 2004 el riesgo asociado a fuentes naturales de radiación debido a la existencia entre otros materiales depositados en la parcela, de residuos de lixiviación de fosfato roca (“fosfoyesos”).

El 22 de septiembre de 2005, la Dirección General de Calidad Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente de la Región de Murcia remite al CSN (nº de registro de entrada 19187) el anteproyecto “Recuperación de los antiguos terrenos industriales. El Hondón, T.M. de Cartagena”, a efectos de lo dispuesto en el artículo 62 del Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes.

Tras la revisión del anteproyecto en el CSN, se llevaron a cabo dos reuniones en su sede, los días 14 y 22 de diciembre de 2005, a la que asistieron representantes de la Consejería de Medio Ambiente de la Región de Murcia, del Ayuntamiento de Cartagena, de la empresa ENUSA (autora del estudio de caracterización radiológica incluido en el anteproyecto) y de la empresa ERCROS propietaria de los terrenos industriales afectados.

Según lo acordado en las reuniones mencionadas y en respuesta al escrito de septiembre, el CSN envía a la Dirección General de Calidad Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente de la Región de Murcia el escrito de fecha 26 de enero de 2006 (nº de registro de salida 800) en el que se requiere la revisión de los documentos presentados en septiembre de 2005, y su remisión al CSN durante el segundo trimestre de 2006.

Dicha documentación ha sido recibida en el CSN el 19 de mayo de 2006 (nº de registro 12197), bajo la denominación “Plan de recuperación de antiguos terrenos industriales. El Hondón, Cartagena (Murcia)”. En ella se recogen, además de los resultados del estudio de caracterización radiológica incluidos en el anteproyecto, los resultados de la nueva caracterización radiológica realizada. Los aspectos relacionados con la contaminación de los terrenos por metales pesados se recogen únicamente en el anteproyecto.

## **2. OBJETO Y ALCANCE DEL INFORME**

Este informe tiene por objeto recoger el resultado de la valoración realizada por el Área de residuos de baja y media actividad (ARBM), de los siguientes documentos:

- “Anteproyecto: Recuperación de los antiguos terrenos industriales. El Hondón, T.M. de Cartagena”, recibido en el CSN en septiembre de 2005.
- “Plan de recuperación de antiguos terrenos industriales. El Hondón, Cartagena (Murcia)” recibido en el CSN en mayo de 2006.

El alcance de la evaluación queda limitado al ámbito de la gestión de los residuos existentes en el emplazamiento y los resultantes de las tareas de recuperación de los terrenos, que contienen radionucleidos de origen natural (en adelante residuos NORM).

En el anexo de este informe se incluye un plano de los terrenos industriales de “El Hondón”, con la localización de los diferentes acopios, balsas, así como otras áreas mencionadas a lo largo de la evaluación.

## **3. RESUMEN DE LOS ASPECTOS RELATIVOS A LA GESTIÓN DE MATERIALES RESIDUALES CONSIDERADOS EN EL PLAN DE RECUPERACIÓN PRESENTADO**

Se resumen a continuación los principales aspectos recogidos en la documentación presentada en relación con los siguientes puntos:

- Origen, ubicación actual y características físico-químicas de los residuos presentes en los antiguos terrenos industriales
- criterios radiológicos para la gestión de materiales
- inventario de residuos a retirar de la parcela de El Hondón
- caracterización radiológica de la parcela de El Hondón
- tratamiento de los residuos
- gestión final prevista
- plan de explotación

### **3.1 Origen, ubicación y características físico-químicas de los residuos presentes en los antiguos terrenos industriales**

Tras el cese de las actividades productivas en el año 2001, los residuos pendientes de gestión eran, según su procedencia, los siguientes:

- residuos de desmantelamiento y demolición
- residuos de proceso

Los suelos contaminados por metales pesados, una vez realizadas las operaciones de limpieza de suelos, se gestionarán también como residuos.

Los materiales a eliminar de la parcela se encuentran presentes en dos formas:

- constituyendo un relleno sobre el terreno original, lo que afecta a unas 27 Has (25% del total de la superficie de la parcela).
- sobre la rasante formando acopios, siendo en este caso, visualmente identificables, lo que afecta a unas 30 Has (28% del total de la superficie de la parcela).

a) Residuos de desmantelamiento y demolición

La gestión de estos residuos se llevó a cabo en su mayor parte en el periodo 2002 a 2004 durante las operaciones de desmantelamiento de las instalaciones de producción. Estos residuos se clasificaron en 2 corrientes:

- residuos de desmantelamiento de partes metálicas que se gestionaron con un recuperador de chatarras
- y residuos de demolición, que han sido:
  - en parte recuperados como zahorras a utilizar en el emplazamiento
  - y otra parte no recuperable, enviados a un vertedero controlado

En la actualidad, y como consecuencia de las operaciones de demolición llevadas a cabo con posterioridad al año 2002 en estructuras, soleras, viales, etc permanecen almacenados áridos de recuperación en tres acopios (identificados como “acopio 5”, “acopio 6”, y “acopio 7”). Estos áridos no son productos que se puedan definir como contaminantes ya que no presentan trazas de metales pesados ni de radionucleidos.

b) Residuos de proceso

Los residuos de proceso almacenados en el emplazamiento están constituidos fundamentalmente por los siguientes:

- lodos de fosfato, producidos como consecuencia del proceso de fabricación del fosfato bicálcico, a partir del ataque por vía húmeda con ácido clorhídrico del mineral de roca fosfática *fosforita* que proviene de Marruecos. En la documentación se indica que se utiliza el término “fosfoyeso” para referirse a estos lodos de fosfato, si bien se matiza que esta aplicación es incorrecta ya que la cantidad de yeso (sulfato cálcico) presente en los lodos de fosfato es menor a la que se da en los fosfoyesos (en los que la lixiviación del fosfato roca se realiza con ácido sulfúrico).

Actualmente los lodos de fosfato se encuentran almacenados en las siguientes zonas:

- cuatro acopios: identificados como “acopio 1”, “acopio 3”, “acopio 4” y “acopio 5”
- y en dos balsas: identificadas como “balsa 3” y “balsa 5”.

Existen divergencias a la hora de definir la naturaleza del material presente en el “acopio 2”, ya que según la caracterización realizada por EMGRISA correspondería un acopio de fosfoyesos, y según LQM (Laboratorio Químico-Microbiológico, S.A.) a un acopio de cenizas de pirita.

Estos lodos de fosfato presentan un contenido variable de humedad: la parte más seca de los fosfoyesos se encuentra en los apilamientos y la parte más húmeda en las capas inferiores de las balsas de decantación.

En el apartado 2.4.2 y en el anexo 8 del anteproyecto presentado en julio 2005 “Recuperación de los antiguos terrenos industriales”, se recogen las características granulométricas, químicas y físicas de los lodos de fosfato.

Atendiendo a la Lista Europea de Residuos publicada en la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero y corrección de errores de 12 de marzo, los lodos de fosfato se clasifican dentro del capítulo 06 09 Residuos de la FFDU de productos químicos que contienen fósforo y procesos químicos del fósforo en la siguiente categoría:

06 09 03\* Residuos cálcicos de reacción que contienen o están contaminados con sustancias peligrosas (debido a los elementos y sustancias que acompañan a la materia prima-fosforita)

- cenizas de piritita, generadas en el proceso de fabricación de ácido sulfúrico. Estas cenizas son consideradas como residuo tóxico y peligroso, por la presencia en ellas de metales pesados.

En el apartado 2.4.2 y en el anexo 8 del anteproyecto presentado en julio 2005 "Recuperación de los antiguos terrenos industriales" se recogen las características granulométricas, químicas y físicas de las cenizas de piritita. Atendiendo a la Lista Europea de Residuos publicada en la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero y corrección de errores de 12 de marzo, las cenizas de piritita se clasifican dentro del capítulo 06 Residuos de procesos químicos inorgánicos en la siguiente categoría:

06 04 03\* por su contenido en arsénico

06 04 05\* por su contenido en otros metales pesados

Actualmente las cenizas de piritita se encuentran almacenadas en tres balsas identificadas como "balsa 1", "balsa 2", y "balsa 4". Según la caracterización realizada por EMGRISA, el "acopio 4" correspondería también a un acopio de cenizas de piritita.

c) Otros acopios de residuos identificados por ENUSA

Adicionalmente a las balsas y acopios indicados anteriormente, ENUSA ha identificado otras dos zonas de acopio de materiales que presentan radioactividad natural. Estos acopios son los siguientes:

- un acopio de lodos de fosfato en la zona Este, no detectado en el estudio de EMGRISA, denominado en los planos presentados "acopio 2 ENUSA"
- otras dos zonas de menor superficie que la anterior en la zona Oeste sector Norte y en la misma zona del sector Sur, denominadas "acopio 1 ENUSA"

d) Suelos contaminados por metales pesados

En el anexo 8 del Anteproyecto, se identifican los suelos contaminados por metales pesados como material a gestionar en un vertedero controlado, junto con el resto de residuos.

Estos suelos contaminados son consecuencia del depósito de los materiales anteriormente descritos y su integración en el suelo natural.

Atendiendo a la Lista Europea de Residuos publicada en la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero y corrección de errores de 12 de marzo, los suelos contaminados, debido al arrastre, lixiviación y rellenos antrópicos del suelo natural por las cenizas de piritas y lodos de fosfato, corresponden a la categoría 17 Residuos de la construcción y demolición (incluida tierra excavada de zonas contaminadas). Debido a la presencia de metales pesados se incluyen en la siguiente categoría:

17 05 03 Tierra y Piedras que contienen sustancias peligrosas

### 3.2 Criterios radiológicos para la gestión de materiales

En la documentación presentada se propone aplicar a la recuperación de los terrenos, los valores de exclusión/desclasificación recomendados por la Comisión Europea para la gestión de materiales en su publicación *Radiation Protection 122 Part II: "Application of the concepts of exemption and clearance to natural radiation sources (2001)"* (en adelante RP-122 parte II).

Como objetivo principal, se fija el criterio de dosis efectiva al individuo más expuesto de 300  $\mu\text{Sv/año}$  sobre el fondo natural, excluyendo la contribución del radón y sus descendientes.

A partir de los niveles recomendados en la publicación RP-122 parte II, se propone un único límite derivado de recuperación del terreno (DCGL) de 138 Bq/Kg para el Ra-226, por considerar este radionucleido como el más restrictivo.

Igualmente se proponen los siguientes niveles derivados operacionales para evaluar la marcha de las obras:

- 497 Bq/m<sup>2</sup>h para la exhalación de radón en suelos
- tasa de exposición de 15  $\mu\text{Sv/h}$ .

### 3.3 Inventario de residuos a retirar de la parcela de El Hondón

Según el Plan de Recuperación, para la estimación del volumen total de material residual a gestionar se ha tenido en cuenta:

- el material residual almacenado en las balsas de decantación
- el material residual almacenado en los apilamientos
- el material de escollera de los diques de las balsas y el material de subbase de balsas y apilamientos: se estima que estos materiales suponen un incremento del 20% del volumen almacenado en las balsas de decantación y en los apilamientos.

De esta forma, se ha estimado que el inventario de materiales residuales que es preciso retirar del emplazamiento es del orden de 600.000 m<sup>3</sup>. En la Tabla 1 se recogen los volúmenes de materiales a retirar:

<b>Material</b>	<b>Volumen m<sup>3</sup></b>
Material almacenado en balsas de decantación	130.000
Material almacenado en los apilamientos (escombreras)	370.000
Material de escollera de los diques de las balsas y el material subbase de balsas y apilamientos	100.000
<b>TOTAL</b>	<b>600.000</b>

**Tabla 1: Volumen de residuos a gestionar según el Plan de Recuperación**

El Plan de Recuperación remite a los Anexos nº 2 y 5 del Anteproyecto (julio 2005) para obtener la información de detalle del inventario de los acopios y de las balsas de decantación.

En el Anexo 5 del Anteproyecto se recoge el inventario estimado de los ocho acopios y balsas de decantación identificados por EMGRISA y que se indican en la siguiente tabla:

<b>Zona</b>	<b>Material</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
Acopio 1	Fosfoyesos	61.811,18
Acopio2	Cenizas de pirita-según LQM/ fosfoyesos según EMGRISA	26.596,82
Acopio 3	Fosfoyesos	218.224,14
Acopio 4	Fosfoyesos	23.377,96
Acopio 5	Fosfoyesos	4.583,26
Acopio 6	Árido de recuperación	25.993,82
Acopio 7	Árido de recuperación	8.812,03
Acopio 8	Árido de recuperación	2.199,76
Balsa 1	Cenizas de pirita	52.140,94
Balsa 2	Cenizas de pirita	21.177,33
Balsa 3	Fosfoyesos	14.102,16
Balsa 4	Cenizas de pirita	14.083,25
Balsa 5	Fosfoyesos	11.974,56
<b>TOTAL</b>		<b>493.377,21</b>

**Tabla 2: Volumen estimado de material en los acopios y balsas de decantación**

Resumiendo por tipo de material, el volumen estimado en las balsas y acopios es el siguiente:

<b>Material</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
Fosfoyesos	334.073,24
Ceniza de pirita	121.998,36
Áridos de recuperación	37.305,61
<b>TOTAL</b>	<b>493.377,21</b>

**Tabla 3: Volumen estimado de material en los terrenos de El Hondón**

Según el Anexo 2 del Anteproyecto, los áridos de recuperación correspondientes a los acopios número 6, 7 y 8 no son productos que se puedan definir como contaminantes, ya que son resultantes del machaqueo de escombros de demoliciones reciclables como áridos para las capas de base, y no presentan trazas de metales pesados. Estos áridos de recuperación no son materiales en un principio a retirar a vertedero, y son valorizables como áridos de construcción.

A estas cubicaciones habría que sumarle:

- el denominado "acopio 2 ENUSA", situado en la zona Este: este acopio puede contener unos 35.000 m<sup>3</sup> de lodos de fosfato
- dos manchas más de menor superficie que la anterior en la zona Oeste sector Norte y en la misma zona del sector Sur, que entre los dos podrían cubicar unos 10.000 m<sup>3</sup>.

Según el anexo 2 del anteproyecto, el total de residuos a llevar a vertedero, que están por encima de la rasante del terreno resulta ser de 501.071,60 m<sup>3</sup>:

<b>Material a llevar a vertedero (por encima de la rasante del terreno)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
Fosfoyesos	334.073,24
Ceniza de piritita	121.998,36
Acopio 2 Enusa	35.000
Acopio zona oeste sector norte	10.000
<b>TOTAL</b>	<b>501.071,60</b>

**Tabla 4: Volumen de residuos por encima de la rasante del terreno**

Según el anexo 2, a este volumen de material a retirar que se encuentra por encima de la rasante del terreno, habría que sumarle otra cantidad de 432.153,40 m<sup>3</sup> de suelos contaminados por metales pesados que se encuentran depositados debajo de la cota del terreno. De esta forma, la cantidad total de materiales a retirar de la parcela resulta ser de 933.225 m<sup>3</sup>.

### **3.4 Caracterización radiológica de la parcela de El Hondón.**

Se han realizado dos campañas de caracterización radiológica del emplazamiento: la primera campaña ha tenido lugar en marzo de 2005 y sus resultados han sido ampliados mediante una segunda campaña realizada en marzo de 2006. En esta última campaña se ha tenido en consideración la redefinición de zonas según el grado de contaminación (aplicando la metodología MARSSIM) y la caracterización volumétrica (superficial y en profundidad) de los residuos.

El Plan de recuperación recoge los valores obtenidos en las campañas de caracterización realizadas y en las que se han medido los siguientes parámetros:

- tasa de exposición gamma ambiental: se han medido 268 puntos en la zona A de Marssim (zona impactada), 18 puntos en la zona B (zona de posible impacto) y 25 puntos en la zona C (considerada como fondo)

- exhalación de radón en suelos: se han tomado medidas en 40 puntos de la zona A, 18 puntos de la zona B y 25 puntos de la zona C.
- Concentración de radón en aire: se han realizado medidas en 10 puntos.
- Concentración de radionucleidos en suelos (superficie): se ha medido la concentración presente en suelos de los siguientes isótopos: U-238, Ra-226, Pb-210, Th-232, K-40 y Cs-137. El Po-210 no ha sido analizado directamente en las muestras de suelo, asumiendo que se encuentra en equilibrio secular con el Pb-210. A su vez, se ha considerado en la documentación que el U-234 y el Th-230 se encuentran en equilibrio secular con el U-238.  
Se han tomado medidas en 40 puntos de la zona A, 18 en la zona B y 25 en la zona C.
- Concentración de radionucleidos en profundidad (sondeos): se han realizado 10 sondeos con recuperación de testigo y se han muestreado por tramos de 1 metro:
  - o Dos sondeos se encuentran en zonas donde no se detecta almacenamiento de materiales contaminados de proceso en la zona A (ES-8 y ES-1)
  - o Uno sobre terreno natural no afectado por las actividades industriales, en la zona C (ES-9)
  - o El resto se localizan en la zona A, detectándose la presencia de materiales contaminados de proceso.Los radionucleidos medidos han sido los siguientes: U-238, Th-230, Ra-226, Pb-210, Th-232 y K-40.  
Se ha perforado hasta el nivel freático, por lo que se ha alcanzado las capas de subbase del terreno natural adyacente.
- Concentración de radionucleidos en aguas subterráneas: se han tomado 10 muestras en la primera campaña y 6 muestras en la segunda.

A continuación se resumen en las tablas 5 y 6 los resultados más destacables desde el punto de vista de la gestión de materiales, que se han obtenido de las medidas de concentración de radionucleidos en los materiales contaminados y suelos (superficie), y de los sondeos realizados en profundidad:

Radionucleido	RP-122 (Bq/Kg)	Materiales contaminados depositados (Bq/Kg)		Suelos (superficie)- zona A (Bq/Kg)	
		Valor medio		Valor medio	
U-238	5.000	Valor medio	1923,0	Valor medio	1564,1
		Desviación	501,7	Desviación	1437,3
		Rango	595-2947,8	Rango	23- <b>8952</b>
Th-230	10.000	Valor medio	3096,7	Valor medio	--
		Desviación	1574,2	Desviación	
		Rango	332,0-6427,0	Rango	--
Ra-226	500	Valor medio	<b>858,3</b>	Valor medio	<b>889,4</b>
		Desviación	341,6	Desviación	1408,0
		Rango	66,1- <b>1675,4</b>	Rango	21- <b>9268</b>
Pb-210 Po-210	5.000	Valor medio	943,7	Valor medio	847,6
		Desviación	374,4	Desviación	950,5
		Rango	55,0-1842,0	Rango	36- <b>6047</b>
Th-232	5.000	Valor medio	51,9	Valor medio	51,7
		Desviación	23,0	Desviación	38,1
		Rango	14,3-98,9	Rango	8-147
K-40	5.000	Valor medio	156,7	Valor medio	153,2
		Desviación	107,5	Desviación	99,7
		Rango	24,0-412,0	Rango	39-383

**Tabla 5: resultados obtenidos de concentración de radionucleidos en los materiales contaminados depositados y en los suelos (superficie) de la zona A**

Se incluyen en esta tabla los límites de exención de la RP-122 Parte II y se resalta en negrita los valores que superan dichos límites

Nº de sondeo	Zona	Material	Presencia de contaminación radiológica o niveles de concentración superiores al fondo
ES-2	Acopio 5	Fosfoyesos	Contaminación hasta cota de 5 metros de profundidad
ES-3	Acopio 1	Fosfoyesos	Contaminación hasta cota de 6 metros de profundidad
ES-4	Acopio 3	Fosfoyesos	Contaminación hasta cota de 5 metros de profundidad
ES-5	Balsa 3	Fosfoyesos	Contaminación hasta una profundidad de 5 metros a excepción del primer metro
ES-6	Balsa 4	Cenizas de pirita	Entre 1º y 3º metro de profundidad: valores medios de U-238 del orden de 2.063Bq/kg Entre 3º y 4º metro de profundidad: concentraciones algo superiores al fondo
ES-7	Balsa 5	Fosfoyesos	Entre 1º y 5º metro de profundidad: valores medios de U-238 de 2.158,2 Bq/kg Entre el 5º y 6º metro de profundidad: concentraciones algo superiores al fondo
ES-10	Acopio 2 Enusa	Fosfoyesos	Contaminación en el 1º metro de profundidad

**Tabla 6: resultados de los sondeos en profundidad realizados, que presentan contaminación radiológica o valores de concentración de radionucleidos superiores a los valores de fondo del terreno natural**

### 3.5 Tratamiento de residuos

Según se indica en el anteproyecto, durante la realización de los trabajos de recuperación se preverá una zona de secado de materiales con exceso de humedad, cuya superficie se estima en 29.056 m<sup>2</sup>. En esta zona se acopiarán aquellos residuos procedentes de balsas cuya humedad sea demasiado elevada, por si fuera necesario acopiarlos antes de su traslado a vertedero.

De igual forma, durante la realización de los trabajos de recuperación se preverá una zona de tratamiento de cenizas de pirita para su valorización mediante reciclado en cementera, cuya superficie se estima en 25.488 m<sup>2</sup>.

La localización de estas zonas de tratamiento de residuos se encuentra recogida en el plano "zonas de valorización y secado" presentado dentro de la documentación que forma parte del anteproyecto. La zona de tratamiento de las cenizas de pirita correspondería aproximadamente con la actual localización del "acopio 1" de lodos de fosfato, mientras que la zona de secado de materiales se localizaría hacia el centro de la parcela.

### 3.6 Gestión final prevista

La solución propuesta para la gestión de los residuos es la eliminación por medio de monovertedero superficial de residuos peligrosos (clase C), cuya elección deberá ser realizada por la Consejería de Medio Ambiente de la Región de Murcia, como autoridad sustantiva para la concesión de licencias de gestión de estos residuos.

Únicamente se considera la posibilidad de valorización del residuo en el caso de las cenizas de pirita, que podrán ser utilizadas como aditivo corrector del hierro en los procesos de producción de cemento, siempre que cumpla las exigencias mínimas para ser admitidas en las cementeras.

En el anexo 8 del Anteproyecto "Criterios de admisión de residuos en vertedero. Definición de vertedero" se identifican tres tipos de materiales claramente diferenciados a gestionar en el vertedero:

- lodos de fosfatos
- cenizas de pirita
- suelos contaminados por metales pesados

No se realizará ningún tratamiento sobre los residuos con vistas a una posible reducción del impacto ambiental en el vertedero, ya que según el Plan de recuperación el tratamiento de dichos residuos no contribuiría a reducir los efectos sobre el medio ambiente.

Para el diseño del vertedero se tendrán en cuenta los requerimientos siguientes:

- impermeabilización artificial de base y capa de drenaje de lixiviados
- impermeabilización artificial de superficie
- cobertura superior de arcilla compactada > 1 m

No se dispondrá de capa de drenaje de gases.

La impermeabilización de la base constará de las siguientes capas:

- una barrera geológica natural, que será un terreno de permeabilidad  $k < 10^{-9}$  m/seg, de espesor igual a 5m
- si la barrera natural no cumple las especificaciones se dispondrá encima una barrera geológica artificial (arcillas) de 0,5 m de potencia mínima
- sobre la barrera artificial (caso de ser necesaria), refuerzo de la impermeabilización consistente en un material artificial impermeable (lámina de PVC, polietileno, etc.) cuya función es aislar los residuos de la barrera geológica, así como reducir al mínimo la acumulación de lixiviados en la base del vertedero, facilitando la recogida de los mismos.
- Sobre este material geosintético se coloca la capa de drenaje del vertedero con una potencia mayor o igual de 0,5 m. Esta capa estará constituida por un geotextil, tubo dren, se cubrirá con grava y esta capa se vuelve a proteger con un geotextil para evitar que se contamine el árido. En este vertedero se duplicará esta capa e incluso el geosintético y se conseguirá así una capa de recogida de lixiviados de seguridad por si la lámina impermeable en algún momento presenta pérdidas.

Para la clausura del vertedero, se dispondrá una capa de regularización de suelo, encima una capa impermeable artificial, una capa de drenaje y una cubierta de suelo vegetal de potencia >1m.

Debido a la contaminación radiológica de algunos materiales que se depositarán en el vertedero, ENUSA señala en sus recomendaciones:

- que se dispondrán dispositivos de control durante la operación, que incorporen la vigilancia debida a la tasa de exposición, exhalación de radón y concentración de radionucleidos en suelos.
- Se deberá tener un plan previsto para la clausura del vertedero y previsiones relativas al control institucional posterior o a las restricciones de uso futuras de la zona.
- Estudio de impacto radiológico ambiental durante la fase operacional y postclausura del depósito controlado.

### **3.7 Plan de explotación**

En el Anteproyecto se propone la ejecución de los trabajos de limpieza de los terrenos de forma sectorizada (o por fases), de forma que, una vez finalizada la extracción de materiales contaminantes y /o contaminados de cada uno de los sectores en que se distribuya la parcela, y comprobando que han desaparecido todas las circunstancias tanto químicas como radiológicas que determinaban la condición de suelo contaminado, pueda procederse a realizar en el sector trabajos preparatorios de los usos posteriores a los que se destina el suelo. Se definen de esta forma cinco fases o zonas para la realización de los trabajos de descontaminación. Del Anteproyecto y los resultados de caracterización radiológica aportados en el Plan de Recuperación se puede extraer la siguiente información:

### FASE 1: Zona Este de la zona Sur

En esta fase se distinguen dos subzonas:

- parte Este junto al muro (superficie afectada 5,59 Ha)

Esta subzona coincide con la zona influencia de los sondeos S6, S7, S8 Y S9 realizados por los Laboratorios del Sureste y analizados por LQM. Sólo presenta una baja contaminación por metales pesados el sondeo S7 (arsénico), hasta una profundidad de 0,38 m y un volumen de 7.021,05 m<sup>3</sup>.

Dentro de esta zona y en las proximidades del sondeo 9 existen 2 acopios afectados por contaminación radiológica:

- o el acopio 4, con un volumen de 23.377,95 m<sup>3</sup>
- o el acopio 5 con un volumen de 4.583,26 m<sup>3</sup>

Se ha realizado un sondeo en profundidad, próximo o sobre el acopio 5, encontrándose materiales contaminados hasta 5 metros de profundidad, con valores medios para el U-238 del orden de 2007Bq/Kg. Por debajo de esta cota, el terreno natural no está afectado por la presencia de radionucleidos

- subzona definida por sondeos S12, S11, S10, S5 y S14 (superficie afectada de 6,51 Ha)

Esta subzona presenta una contaminación por metales pesados que alcanza unas profundidades de hasta 5,16 metros, siendo el volumen estimado de 187.948,13 m<sup>3</sup>.

En esta subzona se encuentran el acopio 6 de áridos cerca del sondeo S5. Toda esta subzona, según plano de cubicaciones incluido en el Anteproyecto, presenta contaminación bajo el terreno por arsénico y contaminación sobre la cota del terreno en el acopio 6.

### FASE 2: Zona Este de la zona Norte

Esta zona, con una extensión 9,85 Ha, presenta contaminación radiológica y físico-química. En ella se encuentra una gran concentración de residuos, acopiados en grandes montones por encima de la cota de terreno o confinados en balsas.

Se estima que el volumen a extraer en esta zona es aproximadamente 190.000 m<sup>3</sup>.

Abarcaría según plano "Zonas y fases de explotación" del anteproyecto los siguientes acopios y balsas:

- Acopio 1 de fosfoyesos
- Acopio 2 que contiene Cenizas de pirita-según LQM y fosfoyesos según EMGRISA
- Balsa 1 y parte de la balsa 2, ambas con cenizas de pirita

Los apilamientos sobre el terreno están secos y por lo tanto se llevarán directamente a vertedero. En cuanto a los residuos contenidos en balsas, se comprobará su humedad por si fuese necesario su desecación en la zona prevista al efecto, antes de su envío a vertedero.

Se tendrá también en cuenta la posibilidad de valorizar las cenizas de piritas almacenadas en esta zona.

#### FASE 3: Zona Oeste de la zona Norte

Todo lo dicho en la fase anterior es extensible para esta fase. La contaminación en esta fase es de tipo físico-químico debido a las cenizas de piritas y lodos de fosfato. Se prevé una retirada de unos 190.000 m<sup>3</sup>. La delimitación de esta zona sólo se puede observar en el plano "zonas y fases de explotación" y abarcaría:

- Parte de la balsa 2, que contiene cenizas de piritas
- Las balsas 3 y 5 de lodos de fosfato
- La balsa 4 de cenizas de piritas
- El acopio 3 de lodos de fosfato

#### FASE 4: Zona oeste de la zona sur

Según el Plan de actuación esta zona coincidiría con la zona de influencia de los sondeos S1,S2,S3,S4,S13 y S15 de Laboratorios del Sureste, analizados por LQM. Esta fase presenta excavaciones profundas, ya que en esta zona existe contaminación por debajo de la cota del terreno por arsénico (S1 y S2) y por plomo (S3,S4,S13 y S15), alcanzándose profundidades de excavación hasta de 5 metros. Se estima que el volumen a extraer es:

- 237.183,44 m<sup>3</sup> procedentes de las excavaciones de terrenos contaminados por metales pesados
- unos 10.000 m<sup>3</sup> de material con contaminación radiológica detectada por Enusa, situado al noroeste de esta zona. A esta zona se le ha denominado en los planos "Acopio 1 Enusa"

#### FASE 5: Zona Este

En esta zona separada del resto por una autovía, Enusa detectó en la ladera del Cabezo, una acopio con contaminación radiactiva denominado "acopio 2 Enusa". La extensión que ocupa es de 3 Ha y la cubicación aproximada es de unos 35.000 m<sup>3</sup>. El residuo se encuentra apilado en un acopio sin confinar.

Sobre dicha área se ha realizado un sondeo (ES-10) que ha alcanzado una profundidad de 10,5 metros. Los resultados muestran la presencia de materiales contaminados de proceso únicamente en el primer metro de profundidad. Por debajo de 1,5 metros, las concentraciones de los radioisótopos naturales se encuentran por debajo de R-122 parte II.

### **4. ÁREAS DE EVALUACIÓN Y CRITERIOS TÉCNICOS**

Las áreas de evaluación consideradas en este informe son las siguientes:

- Criterios radiológicos empleados para la gestión de materiales
- Caracterización radiológica de suelos y materiales contaminados depositados
- Inventario de materiales residuales
- Tratamiento de los residuos en la parcela de El Hondón
- Características del futuro vertedero para la gestión de los residuos y controles radiológicos a realizar en el mismo.

Para realizar esta evaluación se han tenido en cuenta los criterios recogidos en las siguientes recomendaciones de la Comisión Europea:

- **Radiation Protection 122 Part II: Application of the concepts of exemption and clearance to natural radiation sources (2001)**

Esta publicación proporciona una guía para la aplicación de los conceptos de exención/desclasificación en las actividades laborales con materiales radiactivos naturales (NORM). Establece para la exención/desclasificación en las actividades laborales con NORM un incremento de dosis efectiva anual de 300  $\mu$ Sv. La recomendación incluye un conjunto de valores expresados en Bq/g aplicables a la exención del control regulador de las actividades laborales con NORM y a la desclasificación de los residuos procedentes de las mismas. Estos valores son para los isótopos considerados en este informe los siguientes:

Radionucleido	Nivel de exención/desclasificación (Bq/Kg)
U-238 sec incl. U-235 sec	500
U nat.	5.000
Th-230	10.000
Ra-226+	500
Pb-210+	5.000
Po-210	5.000
U-235 sec	1.000
U-235 +	5.000
Pa-231	5.000
Ac-227+	1.000
Th-232 sec	500
Th-232	5.000
Ra-228+	1.000
Th-228+	500
K-40	5.000

**Tabla 7: Niveles de exención/desclasificación recomendados por RP-122 parte II**

En caso de mezclas de radionucleidos, el documento indica que para determinar si la mezcla cumple el nivel de desclasificación/exención hay que aplicar la regla de la suma de los cocientes entre la concentración del radionucleido presente  $C_i$  y el nivel de desclasificación  $ND_i$ :

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ND_i} \leq 1.0$$

- **Radiation Protection 95: "Reference levels for workplaces processing materials with enhanced levels of naturally occurring radionuclides (2000)**

Este documento de la Comisión Europea establece un sistema para determinar las necesidades de control regulador en las industrias que procesan materiales conteniendo NORM y recomienda el uso de los denominados niveles de screening y niveles de referencia. Estos niveles, que están expresados en términos de concentración de actividad de los materiales, han sido calculados tomando como base determinados valores de dosis recibidas por los trabajadores de estas industrias en sucesos de ocurrencia normal y potencial.

En la tabla 8 se resume el grado de control regulador requerido, en función de las dosis efectivas recibidas por los trabajadores:

	Dosis efectiva	
	Ocurrencia normal	Ocurrencia potencial
<b>BANDA 1</b> No es necesario el control regulador	1 mSv/año	6mSv/año
<b>BANDA 2</b> Bajo nivel de control regulador	6 mSv/año	20 mSv/año
<b>BANDA 3</b> Alto nivel de control regulador	20 mSv/año	50 mSv/año
<b>BANDA 4</b> Proceso no permitido		

**Tabla 8: Necesidades de control regulador en función de las dosis recibidas por los trabajadores**

Si el uso de los niveles de screening y de los niveles de referencia sitúa el proceso industrial en la banda 1, no sería necesaria ninguna acción de control regulador desde el punto de vista de la exposición de los trabajadores. Sin embargo, si el proceso se sitúa en una banda de control superior, deberían adoptarse las medidas de control necesarias o bien realizar previamente una evaluación individual del proceso para determinar las que serían más adecuadas.

En los procesos que se sitúan en la banda 4 se recomienda una profunda revisión y una evaluación detalla de las dosis para determinar las acciones que deben implantarse para reducirlas. Si a pesar de estas acciones las dosis a los trabajadores excedieran los límites establecidos reglamentariamente para las prácticas el proceso debería cesar.

Los niveles de screening establecidos en la RP-95 para las industrias de fosfatos que utilizan procesos en húmedo con obtención de fosfoyeso como subproducto son, para el radionucleido indicador, en este caso el U-238+ (considerado como uranio natural) los siguientes:

	Nivel de screening (Bq/kg) para el U-238+
Marcador a	100
Marcador b	700
Marcador c	2.000

**Tabla 9: niveles de screening para el U-238 en las industrias de fosfato con producción de fosfoyesos**

Cada material tiene tres niveles de screening, uno para cada uno de los marcadores que separan las cuatro bandas de control antes mencionadas. Los niveles de screening permiten establecer una aproximación del nivel probable de regulación requerido.

Para una estimación más exacta del nivel de regulación requerido, es preciso utilizar los niveles de referencia que se establecen para los marcadores 1, 2 y 3 en el apéndice 4 de RP-95. Utilizando estos valores se calculan, para cada marcador, los índices para las cadenas de Th-232, U-238 y U-235. El índice para un marcador y una cadena se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Índice para una cadena} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{NR_i}$$

Siendo  $C_i$  la concentración de actividad del radionucleido  $i$ , y  $NR_i$  el nivel de referencia establecido para el radionucleido  $i$ .

Si el índice total (suma del índice de las cadenas del Th-232, del U-238 y del U-235) resulta ser superior a 1, la actividad del material se situará por encima del marcador para el cual se ha calculado el índice.

## 5. EVALUACIÓN TÉCNICA

### 5.1 Criterios radiológicos empleados para la gestión de materiales

El Plan de recuperación establece unos criterios radiológicos para la liberación de los terrenos, proponiendo para ello los niveles de exención/desclasificación establecidos en la publicación RP-122 parte II para la gestión de materiales NORM.

Con respecto a esta propuesta cabe decir lo siguiente:

- Los criterios establecidos para la gestión de materiales NORM en el documento RP-122 parte II no son aplicables a la limpieza de suelos.  
Los niveles de exención/desclasificación recomendados en el documento RP-122 parte II han sido derivados considerando varios escenarios posibles, entre los cuales no figura la construcción de una vivienda sobre terrenos contaminados por materiales NORM. El escenario considerado que se asemeja más al futuro uso de los terrenos de El Hondón es el de una persona que reside en una vivienda situada a una distancia de 25 metros de un vertedero de residuos NORM.
- Los niveles de exención/desclasificación recomendados en el documento RP-122 parte II son aplicables a la desclasificación de los residuos NORM. Todos aquellos residuos que cumplan con los citados niveles podrán ser gestionados como residuos convencionales.
- Puesto que se trata de materiales que presentan mezcla de isótopos, la aplicación de los niveles de exención de RP-122 parte II requiere, en todos los casos la aplicación de la regla del sumatorio, no pudiendo limitarse la comprobación del cumplimiento de los niveles de desclasificación a uno sólo de ellos.

- Para la gestión de los residuos que superen los niveles de exención/desclasificación establecidos en el documento RP-122 parte II, les será de aplicación los criterios establecidos en el documento RP-95. En estos casos, la actividad laboral deberá ser notificada a la autoridad reguladora y se requerirá la realización de estudios adicionales para determinar la necesidad de establecer medidas de control radiológico. Cuando dichos estudios demuestren que la dosis efectiva a los trabajadores no supera 1 mSv/año, no será necesaria la aplicación de medidas de protección radiológica. En caso contrario, se deberán aplicar controles radiológicos graduales.

## 5.2 Caracterización radiológica de suelos y materiales contaminados depositados

### a) Caracterización radiológica de suelos

Las zonas que presentan mayor contaminación radiológica en suelos se han incluido dentro de la zona clasificada como zona A o zona impactada, según la metodología de MARSSIM. Dentro de esta zona se han observado las siguientes deficiencias con respecto a la caracterización radiológica realizada:

- No se han medido en suelos (superficie) las concentraciones de actividad del Th-230 por considerarlo en equilibrio secular con el U-238. Sin embargo, los resultados obtenidos en los análisis de los sondeos en profundidad realizados muestran que tal equilibrio no existe, por lo que se debería medir también este isótopo.
- Zona este de la zona norte, donde se encuentran ubicadas las balsas y la mayor parte de los acopios del emplazamiento. Corresponde a la zona cuyos trabajos de recuperación se pretenden realizar en la fase 2 de explotación.

Sobre esta zona cabe realizar los siguientes comentarios en cuanto a la caracterización radiológica:

#### o *acopio 2*:

Con respecto a la naturaleza del acopio 2, identificado por LQM como un acopio de cenizas de piritas y por EMGRISA como un acopio de fosfoyesos, la caracterización radiológica efectuada sobre dicho acopio ha arrojado los siguientes resultados:

Radionucleido	Concentración de Actividad en suelos (punto M'') Bq/Kg
U-238	1985
Ra-226	1047,6
Th-232	78,1

**Tabla 10a: Caracterización radiológica del acopio 2**

Tasa de exposición $\mu\text{R/h}$		Exhalación radón $\text{Bq/m}^2\text{h}$		Radón en aire $\text{Bq/m}^3$	
N''	18,6	12	6028	4	48,5
L''	16,6				
K''	16,6				
I''	82,6	13	2443		
67	80				
LL''	69,6				
H''	13,8				
M''	15,6				
J''	56,2				

**Tabla 10b: Caracterización radiológica del acopio 2**

El valor de concentración de radio medido en el punto M'' y las tasas de exposición y de exhalación de radón medidas en diferentes puntos del acopio 2, indican que se trata de una zona con contaminación radiológica, por lo que esta zona debe definirse como un acopio de fosfoyesos, tal como dedujo EMGRISA en su caracterización.

Sobre el acopio 2 no se ha realizado ningún sondeo en profundidad, considerándose sin embargo necesario dado los niveles de concentración de Ra-226 medidos sobre la superficie.

o *Balsas 1 y 2 de cenizas de pirita.*

La caracterización radiológica efectuada sobre la balsa 4 de cenizas de pirita, ha puesto de manifiesto la existencia de niveles elevados de concentración de Ra-226 en la superficie de la balsa, así como concentraciones isotópicas superiores a las del fondo radiológico del terreno natural a profundidades comprendidas entre el primer y cuarto metro.

Sobre la balsa 2 se ha tomado una muestra para el análisis de suelos en un punto situado en la parte exterior de la balsa, mientras que sobre la balsa 1 no se ha realizado ninguna medida. Los puntos sobre los cuales se han efectuado medidas de suelos más próximos a la balsa 1 se encuentran en el límite entre la balsa 1 y el acopio 1 de fosfoyesos. Los resultados obtenidos para el U-238 y el Ra-226 son los siguientes:

Nº de balsa	Identificación del punto de medida	Nº de muestra	U-238 Bq/kg	Ra.226 Bq/kg
4	M''''	30	---	362,9
2	35	18	976,4	517,8
1	Z''	17	1215,6	817,9
	S''	14	1124	810,5

**Tabla 11: caracterización radiológica de la superficie de los suelos de las balsas de cenizas de pirita**

Estos resultados pueden hacer pensar que las balsas 1 y 2 de cenizas de piritas también pueden presentar a cierta profundidad concentraciones isotópicas superiores a las del fondo del terreno natural. Se considera por lo tanto recomendable, desde el punto de vista de la liberación del terreno, la realización de sondeos en profundidad sobre las balsas de cenizas de piritas.

- Zona oeste de la zona sur

o Acopio 1 ENUSA

Este acopio ha sido identificado por ENUSA en la zona oeste de la zona sur. Los resultados de la caracterización radiológica de este acopio han desvelado que esta zona presenta en el punto K (nº de muestra 33) las contaminaciones de U-238, Ra-226 y Pb-210 en suelo (superficial) más elevadas de todas las mediciones realizadas en la parcela del Hondón. En concreto, se ha medido en el citado punto K y en sus proximidades las siguientes concentraciones en la superficie del suelo:

Nº muestra	U-238 (Bq/Kg)	Ra-226 (Bq/Kg)	Th-232 (Bq/Kg)	K-40 (Bq/Kg)	Cs-137 (Bq/Kg)	Pb-210 (Bq/Kg)
32 (121)	1067	1313,2	17,9	123	--	673
33 (K)	8952,1	9268,1	147,3	--	--	6047
34 (O)	1106,8	207,5	8	--	--	1493
35 (Q)	151,4	110,2	20,1	353	5,9	88

**Tabla 12: Caracterización radiológica de la superficie de los suelos del acopio 1 ENUSA**

A pesar de las altas concentraciones de actividad obtenidas en Ra-226, U-238 y Pb-210, no se ha realizado sobre esta zona ningún sondeo en profundidad.

Las excavaciones que se pretenden realizar en la zona oeste de la zona sur y el volumen a retirar como consecuencia de la contaminación por metales pesados, se recogen en la página 7 del plan de explotación y son las siguientes:

Sondeo	Profundidad (m)	Superficie(ha)	Volumen (m3)
S1	4,00	0,96	38.351,39
S2	3,57	1,49	53.135,45
S3	2,26	1,40	31.748,35
S4	1,79	1,72	30.874,02
S13	5,00	1,01	50.439,03
S15	1,24	2,62	32.635,09

**Tabla 13: Excavaciones a realizar en la zona oeste de la zona sur**

El acopio 1 de Enusa se encuentra situado en las zonas S1 y S13 y por lo tanto, se pretende excavar y retirar material de la zona hasta una profundidad comprendida entre los 4 y 5 metros. Se desconoce si a esas profundidades la concentración de los isótopos naturales se encuentran por debajo de los niveles de exención/desclasificación recomendados por RP-122 parte II, por lo que resultaría

necesario realizar un sondeo en profundidad para determinar el volumen de material a retirar.

- zona este

o *Acopio 2 ENUSA*

De la caracterización radiológica efectuada sobre este acopio situado en la zona este del emplazamiento, cabe destacar las elevadas tasas de exhalación de radón medidas sobre el mismo. En concreto, sobre el punto identificado como "37" se ha medido la tasa de exhalación de radón más elevada de todas las mediciones realizadas en el emplazamiento (25.907 Bq/m<sup>2</sup>h), superando en más de 52 veces el límite derivado operacional propuesto por Enusa para la exhalación de radón en suelos.

La caracterización radiológica de los suelos superficiales en esta zona pone de manifiesto la presencia de Ra-226 en concentraciones por encima de los valores de exención/desclasificación, en cinco de las seis muestras que se han recogido en la zona. Los resultados esta caracterización son los siguientes:

Nº muestra (punto)	U-238 (Bq/Kg)	Ra-226 (Bq/Kg)	Th-232 (Bq/Kg)	K-40 (Bq/Kg)	Cs-137 (Bq/Kg)	Pb-210 (Bq/Kg)
36 (85)	1656,8	759,4	49,1	87	--	1189
37 (B''''')	1728,1	788,6	26,6	100	--	1058
38 (70)	1194,2	589,8	50,3	260	--	782
39 (D''''')	1850,6	852,9	17,6	--	--	1262
40 (E''''')	1376,8	598,9	30,6	63	--	798
41 (N''''')	134,7	84,6	30,8	202	--	167

**Tabla 14: caracterización radiológica de la superficie de suelos de la zona este**

Sobre dicha área se ha realizado un sondeo (ES-10) que ha alcanzado una profundidad de 10,5 metros. Los resultados muestran la presencia de materiales contaminados de proceso únicamente en el primer metro de profundidad. Por debajo de 1,5 metros, las concentraciones de los radioisótopos naturales se encuentran por debajo de R-122 parte II.

- zona este de la zona sur ( parte este junto al muro)

o *Acopios 4 y 5 de fosfoyesos*

Estos acopios se encuentran situados en la zona este de la zona sur, cuya recuperación pretende ser realizada en la fase 1 de explotación.

Sobre el acopio 5 se han tomado muestras para el análisis de suelos en superficie, y se ha realizado un sondeo en profundidad (ES-2). Los resultados de estos análisis muestran la presencia de materiales contaminados almacenados hasta una profundidad de 5 metros.

Sobre el acopio 4 no se han tomado muestras de suelos para su análisis, ni se ha realizado ningún sondeo en profundidad, por lo que se considera que no está debidamente caracterizado.

- Terrenos situados al oeste de la línea de ferrocarril en la zona norte

Al oeste de la línea de ferrocarril en la zona norte, existe un área que presenta los siguientes resultados en la caracterización radiológica efectuada:

Tasa de exposición		Exhalación radón	
Nº muestra	$\mu\text{R/h}$	Nº muestra	$\text{Bq/m}^2\cdot\text{h}$
46'	70	25	248
46''	75,6		
47'	71,8		
61'	70,6	26 (3)	15266
62	20,4		
62'	62		
62''	70,6	27 (3)	4367
62'''	70,4	28 (3)	2254
N''''	62		
R''''	35,2		
T''''	51,6		

**Tabla 15: tasa de exposición y exhalación de radón medidos al oeste de la línea de ferrocarril en la zona norte**

Nº muestra	U-238 (Bq/Kg)	Ra-226 (Bq/Kg)	Th-232 (Bq/Kg)	K-40 (Bq/Kg)	Cs-137 (Bq/Kg)	Pb-210 (Bq/Kg)
25 (Q''''')	---	20,6	74,4	383	5,0	15
26 (47')	1972,1	1039,8	131,6	166	---	118
27 (62')	2531,4	920,2	91,2	87	---	109
28 (61')	1997,1	686	64,3	---	---	63

**Tabla 16: Concentraciones de radionucleidos en suelos (superficial)- zona oeste de la línea de ferrocarril en la zona norte**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en la caracterización radiológica, si bien se ha incluido esta zona en los planos dentro de la zona impactada clase 1 de Marssim, en el resto de la documentación presentada no se hace referencia ni a los posibles orígenes de esa contaminación (que en principio no se ha identificado como material que forme parte de un acopio o balsa del emplazamiento), ni se ha realizado una estimación del volumen que ocupa<sup>1</sup>.

Tampoco se han realizado sondeos en profundidad sobre puntos con contaminación radiactiva de esta zona. Se considera necesario la realización de un sondeo en

<sup>1</sup> La definición realizada en el anteproyecto del denominado "Acopio 1 ENUSA" podría llegar a hacer pensar que esta zona forma parte de este acopio. Sin embargo, en ninguno de los planos presentados aparece esta zona identificada como "acopio 1 ENUSA".

profundidad para conocer el volumen de terreno contaminado o de residuos de proceso almacenados en la zona que es preciso retirar.

b) Caracterización radiológica de los residuos

Las concentraciones isotópicas en los residuos almacenados en la parcela de El Hondón han sido determinadas a través de las mediciones realizadas en los sondeos en profundidad en el tramo correspondiente a los residuos. Se ha realizado un sondeo en profundidad en cada una de las balsas y acopios de fosfoyesos excepto en los acopios 2 y 4 y en el acopio 1 de ENUSA. Por lo tanto, se considera necesario para una mejor caracterización de los residuos NORM almacenados, que se realicen sondeos en profundidad en estos acopios.

Se considera por otra parte, que la realización de un único sondeo en profundidad puede no ser representativo para caracterizar radiológicamente todo el volumen de los acopios y balsas. Se deberá justificar, bien estadísticamente o mediante el análisis de datos históricos disponibles sobre los residuos depositados en dichas balsas y acopios, que los resultados de un único sondeo son extrapolables a la totalidad del volumen de la balsa o acopio.

### 5.3 Inventario de materiales residuales

Las estimaciones realizadas sobre el volumen de material a retirar de la parcela con destino a vertedero se han realizado teniendo en cuenta los siguientes materiales:

- todos los lodos de fosfato y todas las cenizas de pirita almacenados en las balsas y acopios
- todos los materiales contaminados por metales pesados que se encuentran por debajo de la cota cero del terreno. El volumen resultante de esta limpieza sólo se ha contabilizado en el anteproyecto.
- El material de escollera de los diques de las balsas y el material subbase de balsas y apilamientos. El volumen resultante de la retirada de estos materiales sólo se ha contabilizado en el Plan de Recuperación.

Como resultado de todas estas consideraciones, la estimación del volumen de material a retirar de la parcela difiere en ambos documentos en una cantidad de 333.225 m<sup>3</sup>, ya que la cantidad estimada en el anteproyecto es de 933.225 m<sup>3</sup> y en el Plan de recuperación de 600.000 m<sup>3</sup>.

Por otra parte, dentro de la documentación presentada no se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- estimación del volumen de suelos (superficiales y procedentes de excavaciones) que es preciso retirar por presentar contaminación radiactiva

Según los resultados de los siete sondeos en profundidad realizados sobre parte de los acopios y balsas, una vez alcanzada la cota cero del terreno las concentraciones de actividad presentes son similares a las del fondo del terreno natural. Esta conclusión se extrapola al resto de suelos de la parcela, por lo que se considera en el Plan de recuperación que únicamente será necesario realizar excavaciones profundas

en aquellos lugares que presenten contaminación por metales pesados. Sin embargo es preciso tener en cuenta lo siguiente:

- o se han medido concentraciones elevadas de Ra-226 en la superficie de suelos que no han sido identificados como balsas o acopios, y sobre los que no está previsto realizar excavaciones para la retirada de materiales contaminados por metales pesados. Este es el caso por ejemplo de los suelos situados al oeste de la línea de ferrocarril en la zona norte de la parcela. En esta zona tampoco se han realizado sondeos que permitan conocer la profundidad alcanzada en el terreno por la contaminación radiactiva. Los materiales retirados de estas zonas durante las labores de limpieza de suelos deben también contabilizarse dentro del inventario de residuos.
- o En la zona oeste de la zona sur se van a realizar excavaciones profundas de hasta 5 metros para retirar grandes volúmenes de material contaminado por arsénico y plomo. En esta zona no se ha realizado una caracterización radiológica que permita asegurar que a profundidades superiores a las excavadas no existan concentraciones de radionucleidos que superen los límites fijados para la limpieza de suelos o los niveles de exención/desclasificación de RP-122 parte II.
- Los áridos de recuperación que ocupan un volumen de 37.305,61 m<sup>3</sup> y que se encuentran sobre los acopios 6, 7 y 8 no se han contabilizado dentro del inventario de residuos a retirar, ya que según el anteproyecto, no presentan trazas de metales pesados y son valorizables como áridos de construcción. Sin embargo, en el plano presentado en el anteproyecto "situación balsas, acopios y polígonos" se identifican estos tres acopios como zonas contaminadas sobre la cota del terreno. En caso de presentar contaminación, deberían también contabilizarse en el inventario.
- No se ha estimado la reducción de volumen de residuos a enviar a vertedero que se espera conseguir con la revaporización de las cenizas de pirita así como con el secado de los lodos de fosfato procedentes de balsas que presenten humedad. En este caso se ha sobrevalorado probablemente el volumen de materiales procedentes de balsas y acopios que se va a enviar a vertedero.

#### **5.4 Tratamiento de los residuos en la parcela de El Hondón**

Los tratamientos previstos sobre los residuos son el secado de lodos de fosfato con exceso de humedad y la valorización de cenizas de pirita en cementeras. Ambos tratamientos permitirán una reducción del volumen de residuos a gestionar en el futuro vertedero.

En relación con la valorización de las cenizas de pirita, no queda claro en la documentación si en los terrenos de "El Hondón" se va a proceder únicamente a acopiar las cenizas valorizables para su posterior envío a las cementeras, o si se va a realizar sobre ellas algún tipo de tratamiento para que cumplan con los criterios de aceptación por parte de las cementeras.

Por otro lado, no se ha considerado la posibilidad de segregar los residuos en función de su contenido en actividad. Sin embargo, hay que tener en cuenta que los niveles de concentración de actividad que se van a tener que utilizar para la liberación de suelos

serán probablemente inferiores a los niveles de exención establecidos en RP-122 parte II. De esta forma, se establece una franja de concentraciones de actividad para los diferentes radionucleidos -por encima de los niveles establecidos para la liberación de suelos y por debajo de los niveles de RP-122 parte II- en la que, si bien los materiales que presenten estas actividades no pueden permanecer en la parcela debido a que la futura actividad propuesta en la zona es la construcción de viviendas para uso residencial, sí podrían gestionarse directamente como residuos convencionales por presentar concentraciones inferiores a los niveles de exención para la gestión de los NORM. La segregación en este caso de los materiales procedentes de la limpieza de suelos que no presenten contaminación por metales pesados y con concentraciones de actividad, que aunque superiores a los niveles establecidos para la liberación de suelos, sean inferiores a los niveles de exención de RP-122 parte II, permitiría la gestión directa de estos materiales como residuos convencionales y la optimización de la capacidad de almacenamiento necesaria del futuro vertedero de residuos peligrosos.

### **5.5 Características del futuro vertedero para la gestión de los residuos y controles radiológicos a realizar en el mismo**

Las características estructurales del vertedero superficial de residuos peligrosos propuesto para la gestión de los residuos de "El Hondón" coinciden con las especificadas para este tipo de vertederos en el Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

Desde el punto de vista de los controles radiológicos que podría ser necesario implantar en el vertedero propuesto, en la documentación presentada únicamente se indican las recomendaciones efectuadas por ENUSA al respecto, y que han sido recogidas en el apartado 3.6 de este informe.

No se han definido en la documentación presentada los siguientes aspectos:

- la actividad total prevista a almacenar en el vertedero
- las concentraciones de actividad medias de los radionucleidos presentes en la masa total de residuos a almacenar en el vertedero
- los criterios radiológicos que permitan definir cuándo resulta necesario establecer controles radiológicos en el vertedero y cuáles serían los más adecuados. Estos criterios serían los indicados en el documento RP-95.

No se ha realizado ningún estudio de impacto radiológico que permita conocer las dosis a los trabajadores del vertedero y definir, en función de los resultados, las medidas de protección radiológica que sea necesario adoptar durante las fases operacional y postclausura del vertedero.

## **6. CONCLUSIONES**

- 1) El Plan de recuperación emplea los criterios radiológicos establecidos en RP-122 parte II tanto para la limpieza de suelos como para la gestión de los materiales residuales. Estos criterios únicamente son aplicables a la gestión de materiales, debiéndose proponer otros criterios para la liberación de los terrenos.

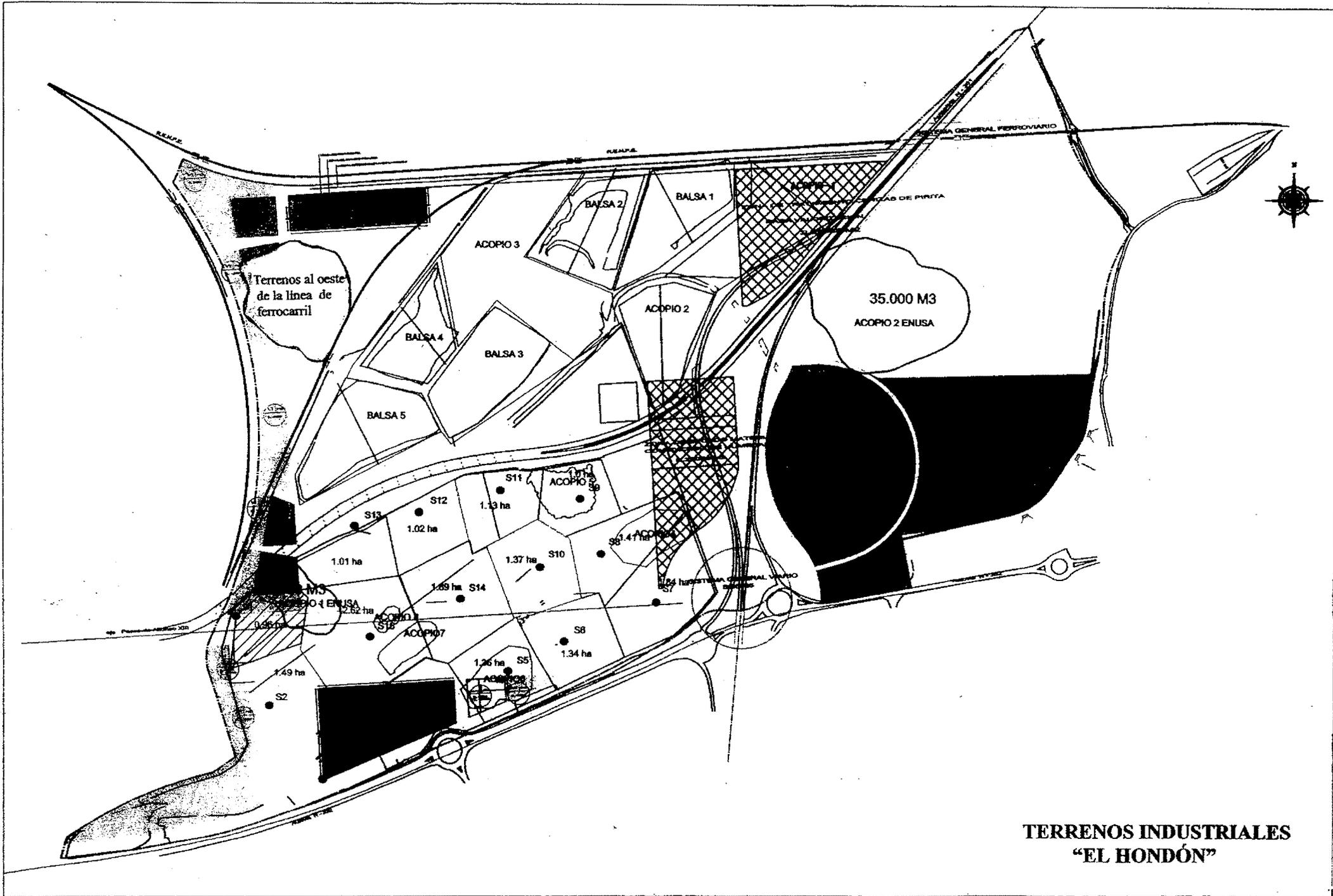
- 2) No se ha establecido ningún criterio para definir la necesidad de establecer controles radiológicos en el vertedero previsto para almacenar los materiales con concentraciones de actividad superiores a los niveles de exención de RP-122 parte II. Estos criterios deberán basarse en el documento RP-95.
- 3) No se han medido en suelos las concentraciones de actividad del Th-230 por considerarlo en equilibrio secular con el U-238. Los resultados obtenidos en los sondeos en profundidad realizados demuestran que tal equilibrio no existe.
- 4) Se considera insuficiente el número de sondeos en profundidad realizados para la caracterización de los terrenos y de los residuos a gestionar. Se deberá además demostrar que con un único sondeo sobre la zona a caracterizar, se obtienen resultados que pueden considerarse representativos de todo el volumen de material enterrado bajo la superficie.
- 5) El inventario de residuos a gestionar en el vertedero no está debidamente cuantificado, debido a que no se han contabilizado todos los materiales que se van a tener que gestionar y a que no se ha considerado la reducción de volumen de residuos que se espera conseguir con las operaciones de valorización de cenizas de piritas y secado de lodos de fosfato. Por otra parte surgen dudas en la documentación presentada sobre si los áridos de recuperación presentan o no contaminación.  
En cualquier caso, se deberá realizar una nueva estimación del inventario de residuos, que tenga en cuenta los resultados obtenidos en las nuevas caracterizaciones radiológicas realizadas.
- 6) No se ha considerado la posibilidad de segregar los residuos no contaminados por metales pesados, cuyas concentraciones de actividad estén situadas entre los niveles de limpieza de suelos y los niveles de exención de RP-122 parte II. Esta segregación permitiría su gestión directa como residuos convencionales y una optimización de la capacidad de almacenamiento del futuro depósito de residuos.
- 7) No se ha realizado una estimación de la actividad total y de las concentraciones de actividad medias de los diferentes radionucleidos a almacenar en el futuro vertedero de residuos peligrosos.
- 8) No se ha realizado un estudio de impacto radiológico ambiental del futuro vertedero que permita conocer las dosis a los trabajadores y a los miembros del público, así como definir las medidas de protección radiológica que puedan ser necesarias durante las fases operacional y postclausura

## **7. RECOMENDACIONES Y PROPUESTAS**

- Considerando las conclusiones obtenidas, se recomienda realizar una nueva revisión del documento "Plan de recuperación de los antiguos terrenos industriales. El Hondón, T.M. de Cartagena" que tenga en cuenta los diferentes criterios radiológicos a seguir para la liberación de suelos, la gestión de los residuos NORM y para el establecimiento de controles radiológicos en el futuro vertedero de residuos peligrosos.

- Con respecto a la caracterización radiológica, se deberán aportar los resultados de las medidas de concentración de Th-230 en suelos (superficie).
- Se considera además conveniente completar la caracterización radiológica con la realización de nuevos sondeos en profundidad al menos sobre las siguientes áreas:
  - o los acopios 2 y 4 de lodos de fosfato
  - o el acopio 1 ENUSA
  - o las balsas 1 y 2 de cenizas de pirita
  - o y sobre la zona con contaminación radiológica situada en la zona norte al oeste de la línea de ferrocarril.Se deberá además demostrar que con un único sondeo sobre la zona a caracterizar se obtienen resultados que pueden considerarse representativos de todo el volumen de material enterrado bajo la superficie.
- A la vista de los resultados que se obtengan con las nuevas caracterizaciones y teniendo en cuenta los criterios radiológicos que definen la gestión de los residuos NORM, se deberá realizar una nueva estimación del inventario de residuos con destino al futuro vertedero de residuos peligrosos.
- Por otra parte, se deberá considerar la posibilidad de segregar todos aquellos materiales que no presenten contaminación por metales pesados y cuyas concentraciones de actividad, si bien se sitúan por encima de los niveles establecidos para la liberación de suelos, se encuentren por debajo de los niveles de exención de RP-122 parte II. Se estudiarán las implicaciones que esta segregación puede tener en la capacidad de almacenamiento necesaria y en el impacto radiológico del futuro vertedero.
- Se deberá realizar una estimación de la actividad total a almacenar en el vertedero de residuos peligrosos, así como de las concentraciones medias de actividad de los diferentes radionucleidos presentes en los residuos que allí se van a gestionar.
- Se deberá presentar un estudio de impacto radiológico ambiental del futuro vertedero de residuos peligrosos, que permita conocer las dosis a los trabajadores y a los miembros del público, así como definir las medidas de protección radiológica que puedan ser necesarias durante las fases operacional y postclausura.

## **8. ANEXO: PLANO DE LOS TERRENOS INDUSTRIALES “EL HONDÓN”**



**TERRENOS INDUSTRIALES  
 "EL HONDÓN"**

# Guía de Seguridad 11.2

## Control de la exposición a fuentes naturales de radiación

# CSN

### Colección Guías de Seguridad del CSN

- 1 Reactores de Potencia y Centrales Nucleares
- 2 Reactores de Investigación y Conjuntos Subcríticos
- 3 Instalaciones del Ciclo del Combustible
- 4 Vigilancia Radiológica Ambiental
- 5 Instalaciones y Aparatos Radiactivos
- 6 Transporte de Materiales Radiactivos
- 7 Protección Radiológica
- 8 Protección Física
- 9 Gestión de Residuos
- 10 Varios
- 11 Radiación Natural

# **Guía de Seguridad 11.2**

## **Control de la exposición a fuentes naturales de radiación**

Madrid, 18 de enero de 2012

© Copyright Consejo de Seguridad Nuclear, 2012

Publicado y distribuido por:  
Consejo de Seguridad Nuclear  
Pedro Justo Dorado Dellmans, 11. 28040 - Madrid  
<http://www.csn.es>  
[peticiones@csn.es](mailto:peticiones@csn.es)

Imprime: Imprenta Fareso, S.A.  
Paseo de la Dirección, 5. 28039 Madrid



Depósito legal: M.

Impreso en papel reciclado

# Índice

<b>Preámbulo</b> .....	5
<b>1 Introducción</b> .....	9
1.1 Objeto .....	9
1.2 Ámbito de aplicación .....	9
<b>2 Definiciones</b> .....	9
<b>3 Contenido de los estudios</b> .....	10
3.1 Actividades laborales en las que se producen exposiciones al radón .....	10
3.2 Actividades laborales en las que existe exposición a otras fuentes naturales de radiación .....	10
<b>4 Exención</b> .....	14
<b>5 Residuos con radionucleidos naturales</b> .....	15
<b>6 Radón en viviendas</b> .....	15
<b>7 Referencias bibliográficas</b> .....	16
<b>Anexo A: Niveles de exención/desclasificación en kBq/kg (Bq/g)</b> .....	17



## Preámbulo

El Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI), aprobado por Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, tras la nueva redacción dada por el Real Decreto 1439/2010, de 5 de noviembre, establece, en su título VII, disposiciones relativas a las fuentes naturales de radiación.

En este título VII, artículo 62, se establece que los titulares de las actividades laborales, no reguladas en el artículo 2.1, en las que existan fuentes naturales de radiación, deberán declarar estas actividades ante los órganos competentes en materia de industria de las comunidades autónomas en cuyo territorio se realizan estas actividades laborales y realizar los estudios necesarios a fin de determinar si existe un incremento significativo de la exposición de los trabajadores o de los miembros del público que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica.

Por su parte, el artículo 63 establece que el Consejo de Seguridad Nuclear, a la vista de los resultados de los estudios realizados al amparo del artículo 62, identificará aquellas actividades laborales que deban ser objeto de especial atención y estar sujetas a control. En consecuencia definirá aquellas actividades laborales que deban poseer dispositivos adecuados de vigilancia de las exposiciones y, cuando sea necesario, establecerá la aplicación de acciones correctoras destinadas a reducir las exposiciones o de medidas de protección radiológica de acuerdo, total o parcialmente, con otros títulos del reglamento (II, III, IV, V y VI).

La Instrucción del CSN, 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» desarrolla el título VII del RPSRI, pero se considera necesario dar recomendaciones sobre aspectos no detallados en ella ni en el RPSRI, como son las orientaciones sobre el contenido de los estudios que deben realizar los titulares de las actividades laborales citadas, sobre los criterios de exención para los materiales que se manipulan y sobre la gestión de los residuos que se generan.

El artículo 62 del RPSRI incluye, entre las actividades que deben ser sometidas a revisión, las actividades laborales que impliquen el almacenamiento o la manipulación de materiales o de residuos que habitualmente no se consideran radiactivos pero que contengan radionucleidos naturales que provoquen un incremento significativo de la exposición de los trabajadores y, en su caso, de miembros del público.

La definición de residuo radiactivo es la dada por el artículo 2.9 de la Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre Energía Nuclear.

Según esta definición, residuo radiactivo es cualquier material o producto de desecho, para el cual no está previsto ningún uso, que contiene o está contaminado con radionucleidos en concentraciones o niveles de actividad superiores a los establecidos por el Ministerio de Industria y Energía (actualmente Ministerio de Industria, Energía y Turismo), previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear.

Para los residuos generados en las actividades laborales con presencia de radionucleidos naturales, el CSN ha propuesto al Ministerio de Industria, Energía y Turismo (Minetur) unos valores de concentraciones que, por las dosis que podrían producir en el público o los trabajadores, se podrían gestionar de forma convencional y la guía recoge las recomendaciones relativas a estas concentraciones y a las dosis asociadas a su gestión.

Los valores de concentraciones recomendados serán sustituidos por los que, en su momento, establezca el Minetur.

En algunas actividades laborales en las que se manipulan o almacenan materiales o residuos que habitualmente no se consideran radiactivos pero que contienen radionucleidos naturales puede darse la situación en la que, por la actividad específica de estos materiales o residuos, la exposición de los trabajadores y de los miembros del público dé lugar a dosis consideradas despreciables desde el punto de vista de la protección radiológica.

Para estos casos, la guía recomienda unos valores de concentración de actividad que se denominan de exención, es decir que si no se superan se considera que no es necesario llevar a cabo medidas ni estudios adicionales.

les, ya que estos valores suponen unas dosis a los trabajadores y al público despreciables desde el punto de vista de la protección radiológica.

Por último, aunque el RPSRI excluye las exposiciones al radón en las viviendas, se considera necesario disponer, en estas situaciones de exposición, de unos niveles de referencia para la iniciación de acciones de remedio o la adopción de medidas de protección siguiendo las recomendaciones de la Unión Europea, por lo que en esta guía se recomiendan valores para esos niveles de referencia.



## 1 Objeto y ámbito de aplicación

### 1.1 Objeto

El propósito de esta guía es facilitar el cumplimiento del título VII del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI) en lo relativo al contenido de los estudios que los titulares de las actividades laborales, no reguladas en el artículo 2.1 del reglamento, en las que existen fuentes naturales de radiación, deben realizar, recomendar criterios de exención de control radiológico para materiales que se utilicen en esas actividades laborales y criterios para la gestión de los residuos generados que contengan radionucleidos naturales.

Adicionalmente, se recomiendan criterios para la protección del público frente a la exposición al radón en las viviendas.

### 1.2 Ámbito de aplicación

La guía es aplicable a las actividades laborales en las que existan fuentes naturales de radiación y a las situaciones de exposición al radón en viviendas.

## 2 Definiciones

Las definiciones de los términos y conceptos contenidos en la presente guía se corresponden con los contenidos en la siguiente documentación:

- Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre Energía Nuclear.
- Ley 15/1980, de 22 de abril, de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear.
- Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas.
- Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes.

### 3 Contenido de los estudios

Se recomienda que los estudios requeridos por el artículo 62 del RPSRI, que deben realizar los titulares de las actividades laborales en las que existan fuentes naturales de radiación no reguladas en el apartado 1 del artículo 2 del RPSRI, se lleven a cabo con el apoyo de una Unidad Técnica de Protección Radiológica, empresa o laboratorio con experiencia en protección radiológica y en particular en medidas de radiación natural.

Los estudios deberían contener la información que se indica a continuación.

#### 3.1 Actividades laborales en las que se producen exposiciones al radón

Los estudios a realizar por los titulares de las actividades laborales en las que la exposición de las personas a la radiación es debida fundamentalmente al radón deberían incluir la información siguiente:

1. Localización y descripción de la instalación.
2. Medidas de concentración de radón realizadas: resultados con indicación del método de medida, periodo de exposición, planos que indiquen la situación de los equipos de medida utilizados, información sobre los laboratorios que han participado en estas medidas y cualquier otra información relevante a la hora de interpretar los resultados obtenidos.
3. Descripción de los puestos de trabajo y tiempos de permanencia de los trabajadores en ellos.
4. Acciones correctoras previstas o adoptadas cuando los resultados de las medidas estén por encima de los niveles de actuación establecidos en la Instrucción del CSN IS-33, sobre "Criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural".

#### 3.2 Actividades laborales en las que existe exposición a otras fuentes naturales de radiación

Los estudios a realizar deberían incluir la información siguiente:

##### 3.2.1 Descripción del emplazamiento, productos y procesos

1. Localización de la instalación y descripción general de la actividad.

2. Origen, cantidades y características físico-químicas de las materias primas utilizadas o almacenadas, susceptibles de contener radionucleidos naturales.
3. Descripción de los procesos de fabricación que utilizan esas materias primas.
4. Características físico-químicas de los productos intermedios y finales en las diferentes etapas de fabricación, incluidos los residuos producidos, con indicación de su origen.
5. En su caso, modalidades de almacenamiento del producto final antes de su puesta en el mercado.
6. Cantidades de los residuos sólidos y de los efluentes líquidos o gaseosos producidos y, en su caso, descripción de los procesos de tratamiento y almacenamiento antes de su gestión definitiva.
7. Vías establecidas para la eliminación, reciclado o reutilización de los residuos generados y de los efluentes líquidos y gaseosos.
8. Usos de la tierra y del agua en los alrededores de la instalación.

### 3.2.2 Caracterización radiológica

La caracterización radiológica de los materiales debería incluir aquellos radionucleidos que, para el tipo de actividad en particular, puedan encontrarse en concentraciones significativas desde el punto de vista de la protección radiológica, fundamentalmente  $^{40}\text{K}$  y elementos de las cadenas del  $^{238}\text{U}$  y del  $^{232}\text{Th}$ . Dada la suposición de rotura del equilibrio secular, las hipótesis realizadas en cuanto al equilibrio secular de elementos de una misma cadena radiactiva deben justificarse adecuadamente con datos bibliográficos o medidas experimentales.

La caracterización radiológica debe realizarse a todos los materiales siguientes:

- Materia prima utilizada.
- Compuestos intermedios.
- Productos comerciales generados.
- Residuos producidos a gran escala.
- Residuos en pequeñas cantidades (concentrados, costras en tuberías o equipos, depósitos húmedos) producidos durante el proceso industrial (si procede).

- Polvo y material en suspensión presente en la instalación (si procede).
- Material volatilizado (cenizas volantes, precipitadas y humos en chimeneas) generado en procesos realizados a altas temperaturas (si procede).

La caracterización radiológica debe incluir la del fondo natural del entorno de la instalación donde se desarrolle la actividad laboral correspondiente.

Si, además, en la instalación hay presencia de radón, se incluirá la información adicional indicada en el punto 3.1.

### 3.2.3 Evaluación de dosis

El titular de las actividades laborales en las que existan fuentes naturales de radiación debería realizar una evaluación de las dosis recibidas por los trabajadores y el público, salvo en el caso de que el estudio de caracterización radiológica de las actividades excluya el riesgo de exposición significativa (ver punto 4). En la estimación de estas dosis deberá sustraerse la contribución del fondo natural.

Esta evaluación de dosis puede basarse en un estudio previo realizado en una instalación análoga. En este caso, se debería justificar que los parámetros utilizados en el cálculo coinciden con los de la instalación análoga y son aplicables a ésta.

También se considera aceptable hacer una estimación de dosis inicial basada en valores indicativos calculados a partir de las caracterizaciones radiológicas de los materiales presentes en la industria correspondiente, de acuerdo con recomendaciones de la Unión Europea (referencia 2) sobre estimación de la necesidad de medidas de protección radiológica en lugares de trabajo con minerales y materias primas.

La evaluación debería cubrir los siguientes aspectos:

#### a) Cálculo de dosis a los trabajadores

*Trabajadores afectados.* Identificación de zonas y puestos de trabajo donde los trabajadores (tanto fijos como temporales o subcontratados) pueden estar expuestos a las radiaciones ionizantes, tareas asociadas a cada puesto, número de trabajadores afectados y tiempos de permanencia en cada zona o puesto de trabajo.

Para cada zona de trabajo se debe indicar la situación, la forma física y las geometrías de los materiales radiactivos, así como la concentración del polvo en el aire.

*Escenarios de exposición.* Vías de exposición relevantes, escenarios que llevan a estas exposiciones y parámetros implicados en el cálculo de dosis.

Indicación de posibles situaciones improbables o accidentales susceptibles de aumentar la exposición.

*Factores de reducción de dosis.* Medidas de protección ya implantadas para reducir las dosis (utilización de mascarillas, filtros, ventilación, etc.). Estimación de los factores de reducción.

*Estimación de dosis.* Dosis resultantes para cada puesto de trabajo por cada vía y para cada escenario de exposición.

**b) Cálculo de dosis al público (si procede, teniendo en cuenta la política de gestión, tratamiento y almacenamiento de residuos sólidos y de efluentes de la actividad laboral de que se trate)**

*Identificación del individuo representativo.* Identificación del individuo representativo seleccionado para realizar la evaluación.

*Escenarios de exposición.* Vías de exposición relevantes y parámetros implicados en el cálculo de dosis.

*Estimación de dosis.* Dosis al individuo representativo resultantes por cada vía y cada escenario de exposición.

Impacto radiológico de la valorización de los subproductos (si procede).

**3.2.4** Valoración de resultados y medidas adoptadas o previstas

Valoración de los resultados de la evaluación de dosis, describiendo, en su caso, las acciones correctoras previstas o existentes para reducir las exposiciones, y, de acuerdo con los resul-

rados de la evaluación, se indicarán las medidas adoptadas o previstas desde el punto de vista de la protección radiológica de los trabajadores y del público, incluyendo la gestión de los residuos.

Si la caracterización radiológica de los materiales con presencia de radionucleidos naturales en cualquier etapa del proceso que se lleva a cabo da unos resultados de valores de concentración de radionucleidos inferiores a los de exención indicados en el anexo A (ver apartado 4 de esta guía), para radionucleidos individualmente considerados o para la mezcla de estos, se considera que no es necesario llevar a cabo medidas ni estudios adicionales, ya que estos valores suponen unas dosis a los trabajadores y al público inferiores a 300  $\mu\text{Sv/a}$ .

## 4 Exención

En las actividades laborales en las que se manipulan o almacenan materiales o residuos que habitualmente no se consideran radiactivos pero que contienen radionucleidos naturales hay casos en que, por la concentración de actividad de estos materiales o residuos, la exposición de los trabajadores y de los miembros del público daría lugar a dosis consideradas despreciables desde el punto de vista de la protección radiológica.

Estos valores de concentración de actividad, se denominan de exención, es decir que si no se superan se considera que no es necesario llevar a cabo medidas ni estudios adicionales.

Se consideran aceptables como valores de exención los valores que la Unión Europea recomienda en su documento RP 122, parte II [2], ya que suponen unas dosis a los trabajadores y al público menores de 300  $\mu\text{Sv/a}$ . Estos valores se recogen en la tabla del anexo A.

Los minerales radiactivos que se posean o almacenen con motivo de colección o exhibición en museos o exposiciones se considerarán exentos si sus concentraciones de actividad están por debajo de las indicadas en la tabla del anexo A. En caso contrario se debería hacer una estimación de las dosis que podrían recibir los trabajadores afectados de acuerdo con sus cantidades, sus condiciones de exhibición y almacenaje y los tiempos de permanencia junto a ellos, de acuerdo con el apartado 3.2.3.a de esta guía.

## 5 Residuos con radionucleidos naturales

Según se indica en el preámbulo de esta guía, residuo radiactivo es cualquier material o producto de desecho, para el cual no está previsto ningún uso, que contiene o está contaminado con radionucleidos en concentraciones o niveles de actividad superiores a los establecidos por el Ministerio de Industria y Energía (actualmente Ministerio de Industria, Energía y Turismo), previo informe del Consejo de Seguridad Nuclear.

En esta guía se recomiendan los valores de las concentraciones de actividad que, en caso de no superarse, permitirían gestionar de forma convencional, sin ninguna restricción de tipo radiológico, los residuos originados en actividades laborales con presencia de radionucleidos naturales.

Estos valores, denominados de desclasificación, son los recomendados por la Unión Europea en el documento RP 122, parte II [2] arriba mencionado y son iguales que los de exención indicados en la tabla del anexo A.

Dado que hasta ahora no se han establecido estas concentraciones o niveles de actividad por parte del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, se recomienda que, mientras no se establezcan estos, se utilicen provisionalmente los valores mencionados para la realización de los estudios y previsiones necesarias sobre la gestión de los residuos que contienen materiales radiactivos de origen natural.

La gestión de residuos con concentraciones de radionucleidos inferiores a los de la tabla producirían unas dosis al público o a los trabajadores menores que 300  $\mu\text{Sv/a}$ .

Además, si, a través de un estudio de estimación de dosis para los distintos escenarios y vías de exposición, se demostrase que no es necesaria la aplicación presente o futura de ninguna medida de seguridad o protección radiológica para que la dosis efectiva anual que pueda recibir el individuo representativo por la gestión de los residuos fuese inferior a 1mSv/año, podría llevarse a cabo su gestión de forma convencional, siempre de acuerdo con el marco regulador aplicable en la materia.

## 6 Radón en viviendas

Los niveles para la protección frente a la exposición al Rn-222 en las viviendas y edificios de larga permanencia del público serán los siguientes:

## Edificios construidos

Para edificios ya construidos el nivel de referencia para iniciar acciones de remedio será el recomendado por la Unión Europea de  $300 \text{ Bq/m}^3$  de concentración media anual de radón. No obstante podría considerarse la iniciación de medidas de remedio sencillas y económicas a partir de concentraciones medias anuales de  $100 \text{ Bq/m}^3$ .

El tipo de acciones de remedio a aplicar y la urgencia en su implantación dependerán de en qué medida las concentraciones de radón medidas excedan los niveles de referencia propuestos, y tendrán la finalidad de reducir dichas concentraciones a niveles tan bajos como sea razonablemente posible y siempre inferiores al de intervención.

## Edificios de nueva construcción

Para edificios de nueva construcción, en los que es más sencilla y efectiva la introducción de medidas destinadas a la reducción de los niveles de radón, se recomienda un nivel objetivo de diseño de  $100 \text{ Bq/m}^3$  de concentración media anual de radón.

## 7 Referencias bibliográficas

1. Instrucción del CSN, 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».
2. Radiation Protection 122 (RP 122) parte II «Application of the concepts of exemption and clearance to natural radiation sources» (2001).
3. Radiation Protection 95, «Reference levels for workplaces processing materials with enhanced levels of naturally occurring radionuclides».
4. Radiation Protection 88, «Recommendations for the implementation of title VII of the European basic safety standards directive (BSS) concerning significant increase in exposure due to natural radiation sources».
5. Radiation Protection 135, «Effluent and dose control from European Union NORM industries: Assessment of current situation and proposal for a harmonized Community approach».
6. Recomendación de la Comisión, de 21 de febrero de 1990, relativa a la protección de la población contra los peligros de una exposición al radón en el interior de edificios. DOCE n.º L 080 de 27/03/1990, págs. 0026-0028.

**Anexo A** Niveles de exención/desclasificación en kBq/kg (Bq/g)

Radionucleido	Todos los materiales	Lodos húmedos de industrias de petróleo y gas
U-238 (sec) incl. U-235 (sec)	0,5	5
U natural	5	100
Th-230	10	100
Ra-226+	0,5	5
Pb-210+	5	100
Po-210	5	100
U-235 (sec)	1	10
U-235 +	5	50
Pa-231	5	50
Ac-227+	1	10
Th-232 (sec)	0,5	5
Th-232	5	100
Ra-228+	1	10
Th-228+	0,5	5
K-40	5	100

(sec): radionucleido en equilibrio secular con todos sus descendientes.

(+): radionucleido en equilibrio secular con sus descendientes de vida corta.

En caso de mezcla de radionucleidos, para determinar si la mezcla cumple el nivel de desclasificación/exención, hay que aplicar la regla de la suma de los cocientes entre la concentración del radionucleido presente ( $C_i$ ) y el nivel de desclasificación ( $C_{li}$ ) de manera que se verifique la expresión siguiente:

$$\sum_{i=1,n} C_i / C_{li} \leq 1$$

# Colección Guías de Seguridad

## 1. Reactores de potencia y centrales nucleares

1.1 Cualificaciones para la obtención y uso de licencias de personal de operación en centrales nucleares.

CSN, 1986 (16 págs.) Referencia: GSG-01.01.

1.2 Modelo dosimétrico en emergencia nuclear.

CSN, 1990 (24 págs.) Referencia: GSG-01.02.

1.3 Plan de Emergencia en centrales nucleares.

CSN, 1987 (Rev. 1, 2007), (32 págs.) Referencia: GSG-01.03.

1.4 Control y vigilancia radiológica de efluentes radiactivos líquidos y gaseosos emitidos por centrales nucleares.

CSN, 1988 (16 págs.) Referencia: GSG-01.04.

1.5 Documentación sobre actividades de recarga en centrales nucleares de agua ligera.

CSN, 1990 (Rev. 1, 2004), (48 págs.) Referencia: GSG-01.05.

1.6 Sucesos notificables en centrales nucleares en explotación.

CSN, 1990 (24 págs.) Referencia: GSG-01.06.

1.7 Información a remitir al CSN por los titulares sobre la explotación de las centrales nucleares.

CSN, 1997 (Rev. 2, 2003), (64 págs.) Referencia: GSG-01.07.

1.9 Simulacros y ejercicios de emergencia en centrales nucleares.

CSN, 1996 (Rev. 1, 2006), (20 págs.) Referencia: GSG-01.09.

1.10 Revisiones periódicas de la seguridad de las centrales nucleares.

CSN, 1996 (Rev. 1, 2008), (24 págs.) Referencia: GSG-01.10.

1.11 Modificaciones de diseño en centrales nucleares.

CSN, 2002 (48 págs.) Referencia: GSG-01.11.

1.12 Aplicación práctica de la optimización de la protección radiológica en la explotación de las centrales nucleares.

CSN, 1999 (32 págs.) Referencia: GSG-01.12.

1.13 Contenido de los reglamentos de funcionamiento de las centrales nucleares.

CSN, 2000 (20 págs.) Referencia: GSG-01.13.

1.14 Criterios para la realización de aplicaciones de los Análisis Probabilistas de Seguridad.

CSN, 2001 (Rev. 1, 2007), (32 págs.) Referencia: GSG-01.14.

1.15 Actualización y mantenimiento de los Análisis Probabilistas de Seguridad.

CSN, 2004 (38 págs.) Referencia: GSG-01.15.

1.16 Pruebas periódicas de los sistemas de ventilación y aire acondicionado en centrales nucleares.

CSN, 2007 (24 págs.) Referencia: GSG-01.16.

1.17 Aplicación de técnicas informadas por el riesgo a la inspección en servicio (ISI) de tuberías.

CSN, 2007 (36 págs.) Referencia: GSG-01.17.

1.18 Medida de la eficacia del mantenimiento en centrales nucleares.

CSN, 2008 (76 págs.) Referencia: GSG-01.18.

1.19 Requisitos del programa de protección contra incendios en centrales nucleares.

CSN, 2011 (96 págs.) Referencia: GSG-01.19.

## 2. Reactores de investigación y conjuntos subcríticos

### 3. Instalaciones del ciclo del combustible

3.1 Modificaciones en instalaciones de fabricación de combustible nuclear.  
CSN, 2012 (32 págs.) Referencia: GSG-03-01.

### 4. Vigilancia radiológica ambiental

4.1 Diseño y desarrollo del Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental para centrales nucleares.  
CSN, 1993 (24 págs.) Referencia: GSG-04.01.

4.2 Plan de Restauración del Emplazamiento.  
CSN, 2007 (30 págs.) Referencia: GSG-04.02.

### 5. Instalaciones y aparatos radiactivos

5.1 Documentación técnica para solicitar la autorización de funcionamiento de las instalaciones radiactivas de manipulación y almacenamiento de radionucleidos no encapsulados (2ª y 3ª categoría).  
CSN, 1986 (Rev. 1, 2005), (32 págs.) Referencia: GSG-05.01.

5.2 Documentación técnica para solicitar autorización de las instalaciones de manipulación y almacenamiento de fuentes encapsuladas (2ª y 3ª categoría).  
CSN, 1986 (Rev. 1, 2005), (28 págs.) Referencia: GSG-05.02.

5.3 Control de la hermeticidad de fuentes radiactivas encapsuladas.  
CSN, 1987 (12 págs.) Referencia: GSG-05.03.

5.5 Documentación técnica para solicitar autorización de construcción y puesta en marcha de las instalaciones de radioterapia.  
CSN, 1988 (28 págs.) Referencia: GSG-05.05.

5.6 Cualificaciones para la obtención y uso de licencias de personal de operación de instalaciones radiactivas.  
CSN, 1988 (20 págs.) Referencia: GSG-05.06.

5.7 Documentación técnica necesaria para solicitar autorización de puesta en marcha de las instalaciones de rayos X para radiodiagnóstico.  
CSN, 1988 (16 págs.) Referencia: GSG-05.07.  
Anulada<sup>(1)</sup>.

5.8 Bases para elaborar la información relativa a la explotación de instalaciones radiactivas.  
CSN, 1988 (12 págs.) Referencia: GSG-05.08.

5.9 Documentación para solicitar la autorización e inscripción de empresas de venta y asistencia técnica de equipos de rayos X.  
CSN, 1998 (20 págs.) Referencia: GSG-05.09.

5.10 Documentación técnica para solicitar autorización de instalaciones de rayos X con fines industriales.  
CSN, 1988 (Rev. 1, 2006), (24 págs.) Referencia: GSG-05.10.

5.11 Aspectos técnicos de seguridad y protección radiológica de instalaciones médicas de rayos X para diagnóstico.  
CSN, 1990 (28 págs.) Referencia: GSG-05.11.

<sup>(1)</sup> Esta guía ha quedado sin validez al entrar en vigor, el 4 de mayo de 1992, el Real Decreto sobre instalación y autorización de los equipos de rayos X con fines de diagnóstico médico.

5.12 Homologación de cursos de formación de supervisores y operadores de instalaciones radiactivas. CSN, 1998 (64 págs.) Referencia: GSG-05.12.

5.14 Seguridad y protección radiológica de las instalaciones radiactivas de gammagrafía industrial. CSN, 1999 (64 págs.) Referencia: GSG-05.14.

5.15 Documentación técnica para solicitar aprobación de tipo de aparato radiactivo. CSN, 2001 (28 págs.) Referencia: GSG-05.15.

5.16 Documentación técnica para solicitar autorización de funcionamiento de las instalaciones radiactivas constituidas por equipos para el control de procesos industriales. CSN, 2001 (32 págs.) Referencia: GSG-05.16.

## 6. Transporte de materiales radiactivos

6.1 Garantía de calidad en el transporte de sustancias radiactivas. CSN, 2002 (32 págs.) Referencia: GSG-06.01.

6.2 Programa de protección radiológica aplicable al transporte de materiales radiactivos. CSN, 2003 (54 págs.) Referencia GSG-06.02.

6.3 Instrucciones escritas de emergencia aplicables al transporte de materiales radiactivos por carretera. CSN, 2004 (28 págs.) Referencia: GSG-06.03.

6.4 Documentación para solicitar autorizaciones en el transporte de material radiactivo: aprobaciones de bultos y autorización de expediciones de transporte. CSN, 2011 (36 págs.) Referencia: GSG-06.05.

6.5 Guía de ayuda para la aplicación de los requisitos reglamentarios sobre transporte de material radiactivo. CSN, 2011 (220 págs.) Referencia: GSG-06.05.

## 7. Protección radiológica

7.1 Requisitos técnico-administrativos para los servicios de dosimetría personal. CSN, 1985 (Rev.1, 2006), (54 págs.) Referencia: GSG-07.01.

7.2 Cualificaciones para obtener el reconocimiento de experto en protección contra las radiaciones ionizantes para responsabilizarse del correspondiente servicio o unidad técnica. Anulada<sup>(2)</sup>.

7.3 Bases para el establecimiento de los servicios o unidades técnicas de protección radiológica. CSN, 1987 (Rev. 1, 1998), (36 págs.) Referencia: GSG-07.03.

7.4 Bases para la vigilancia médica de los trabajadores expuestos a las radiaciones ionizantes. Anulada<sup>(3)</sup>.

7.5 Actuaciones a seguir en caso de personas que hayan sufrido un accidente radiológico. CSN, 1989 (Rev. 1, 2005), (50 págs.) Referencia: GSG-07.05.

7.6 Contenido de los manuales de protección radiológica de instalaciones nucleares e instalaciones radiactivas del ciclo del combustible nuclear. CSN, 1992 (16 págs.) Referencia: GSG-07.06.

<sup>(2)</sup> Esta guía ha sido anulada sustituyéndose por la instrucción del CSN IS-03 (BOE 12-12-2002).

<sup>(3)</sup> Anulada por haber aprobado el Ministerio de Sanidad y Consumo un protocolo para la vigilancia médica de los trabajadores procesionalmente expuestos.

7.7 Control radiológico del agua de bebida.

Anulada<sup>(4)</sup>.

7.9 Manual de cálculo de dosis en el exterior de las instalaciones nucleares.

CSN, 2006 (36 págs.) Referencia: GSG-07.09.

7.10 Plan de Emergencia Interior en instalaciones radiactivas.

CSN, 2009 (24 págs.) Referencia: GSG-07.10.

## 8. Protección física

8.1 Protección física de los materiales nucleares en instalaciones nucleares y en instalaciones radiactivas.

CSN, 2000 (32 págs.). Referencia GSG-08.01.

## 9. Gestión de residuos

9.1 Control del proceso de solidificación de residuos radiactivos de media y baja actividad.

CSN, 1991 (16 págs.) Referencia: GSG-09.01.

9.2 Gestión de materiales residuales sólidos con contenido radiactivo generados en instalaciones radiactivas.

CSN, 2001 (28 págs.) Referencia GSG-09.02.

9.3 Contenido y criterios para la elaboración de los planes de gestión de residuos radiactivos de las instalaciones nucleares.

CSN, 2008 (44 págs.) Referencia GSG-09.03.

## 10. Varios

10.1 Guía básica de garantía de calidad para instalaciones nucleares.

CSN, 1985 (Rev. 2, 1999), (16 págs.) Referencia: GSG-10.01.

10.2 Sistema de documentación sometida a programas de garantía de calidad en instalaciones nucleares.

CSN, 1986 (Rev. 1, 2002), (20 págs.) Referencia: GSG-10.02.

10.3 Auditorías de garantía de calidad.

CSN, 1986 (Rev. 1, 2002), (24 págs.) Referencia: GSG-10.03.

10.4 Garantía de calidad para la puesta en servicio de instalaciones nucleares.

CSN, 1987 (8 págs.) Referencia: GSG-10.04.

10.5 Garantía de calidad de procesos, pruebas e inspecciones de instalaciones nucleares.

CSN, 1987 (Rev. 1, 1999), (24 págs.) Referencia: GSG-10.05.

10.6 Garantía de calidad en el diseño de instalaciones nucleares.

CSN, 1987 (Rev. 1, 2002), (16 págs.) Referencia: GSG-10.06.

10.7 Garantía de calidad en instalaciones nucleares en explotación.

CSN, 1988 (Rev. 1, 2000), (20 págs.) Referencia: GSG-10.07.

10.8 Garantía de calidad para la gestión de elementos y servicios para instalaciones nucleares.

CSN, 1988 (Rev. 1, 2001), (24 págs.) Referencia: GSG-10.08.

---

<sup>(4)</sup> Esta guía ha quedado anulada por decisión del pleno del CSN.

10.9 Garantía de calidad de las aplicaciones informáticas relacionadas con la seguridad de las instalaciones nucleares.

CSN, 1998 (20 págs.) Referencia: GSG-10.09.

10.10 Cualificación y certificación de personal que realiza ensayos no destructivos.

CSN, 2000 (20 págs.) Referencia: GSG: 10.10.

10.11 Garantía de calidad en instalaciones radiactivas de primera categoría.

CSN, 2001 (16 págs.) Referencia: GSG-10.11.

10.12 Control radiológico de actividades de recuperación y reciclado de chatarras.

CSN, 2003 (36 págs.) Referencia: GSG-10.12.

10.13 Garantía de calidad para el desmantelamiento y clausura de instalaciones nucleares.

CSN, 2004 (26 págs.) Referencia: GSG-10.13.

## 11. Radiación Natural

11.1 Directrices sobre la competencia de los laboratorios y servicios de medida de radón en aire.

CSN, 2010 (32 págs.) Referencia: GSG-11.01.

11.2 Control de la exposición a fuentes naturales de radiación.

CSN, 2012 (24 págs.) Referencia: GSG-11.02.

Las guías de seguridad contienen los métodos recomendados por el CSN, desde el punto de vista de la seguridad nuclear y protección radiológica, y su finalidad es orientar y facilitar a los usuarios la aplicación de la reglamentación nuclear española. Estas guías no son de obligado cumplimiento, pudiendo el usuario seguir métodos y soluciones diferentes a los contenidos en las mismas, siempre que estén debidamente justificados.

Los comentarios y sugerencias que puedan mejorar el contenido de estas guías se considerarán en las revisiones sucesivas.

La correspondencia debe dirigirse a la Subdirección de Asesoría Jurídica y los pedidos al Servicio de Publicaciones. Consejo de Seguridad Nuclear, C/ Pedro Justo Dorado Dellmans, 11, 28040-Madrid.



## Guía de Seguridad 11.2

### Control de la exposición a fuentes naturales de radiación

Colección Guías de Seguridad del CSN

GS.11.2-2012

# CSN

**Instrucción IS-33, sobre  
criterios radiológicos para  
la protección frente  
a la exposición a la  
radiación natural**



**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**

Publicada en el BOE nº 22 de 26 de enero de 2012

## **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**

El artículo 2.a) de la Ley 15/1980, de 22 de abril, de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear, atribuye a este ente público la facultad de «elaborar y aprobar las instrucciones, circulares y guías de carácter técnico relativas a las instalaciones nucleares y radiactivas y a las actividades relacionadas con la seguridad nuclear y la protección radiológica».

El Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI), aprobado por Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, establece, en los artículos 62 y 63 del título VII, disposiciones relativas las fuentes naturales de radiación.

El artículo 62 establece que los titulares de las actividades laborales, no reguladas en el artículo 2.1, en las que existan fuentes naturales de radiación, deberán declarar estas actividades ante los órganos competentes en materia de industria de las comunidades autónomas en cuyo territorio se realizan estas actividades laborales y realizar los estudios necesarios a fin de determinar si existe un incremento significativo de la exposición de los trabajadores o de los miembros del público que no pueda considerarse despreciable desde el punto de vista de la protección radiológica.

El Consejo de Seguridad Nuclear, a la vista de los resultados de los estudios realizados al amparo del artículo 62, identificará aquellas actividades laborales que deban ser objeto de especial atención y estar sujetas a control. En consecuencia definirá aquellas actividades laborales que deban poseer dispositivos adecuados de vigilancia de las exposiciones y, cuando sea necesario establecerá la aplicación de acciones correctoras destinadas a reducir las exposiciones o de medidas de protección radiológica de

acuerdo, total o parcialmente, con otros títulos del Reglamento (II, III, IV, V y VI).

El Reglamento no especifica los criterios radiológicos que harían necesaria la aplicación de medidas correctoras o de protección y, por ello, se considera necesario establecerlos de forma que sirvan de referencia para las autoridades competentes y para los titulares de las actividades laborales afectadas.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, y en virtud de la habilitación legal prevista en el artículo 2, apartado a), de la Ley 15/1980, de 22 de abril, de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear, previa consulta a los sectores afectados, tras los informes técnicos oportunos, este Consejo, en su reunión del día 21 de diciembre de 2011, ha acordado lo siguiente:

### **Primer o. Objeto y ámbito de aplicación**

El objeto de la presente instrucción es establecer criterios radiológicos sobre los siguientes aspectos relacionados con la exposición a la radiación natural en lugares de trabajo:

- Valores de dosis efectiva a los trabajadores cuya superación requeriría la adopción de medidas correctoras o dispositivos de vigilancia.
- Concentraciones de radón en lugares de trabajo cuya superación requeriría la adopción de medidas correctoras o dispositivos de vigilancia.
- Aplicación total o parcial de los títulos del RPSRI citados en el título VII, en los casos en los que los resultados de los estudios demuestren que se han superado los niveles de dosis efectiva establecidos o las concentraciones de radón.

La instrucción establece también los datos a incluir en la declaración de actividades que deben

hacer los titulares de las actividades laborales en las que existan fuentes naturales de radiación y en qué casos estos titulares deben remitir a los órganos competentes en materia de industria de las comunidades autónomas los estudios que requiere el título VII del Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes (RPSRI).

La instrucción es aplicable a los titulares de las actividades laborales en las que existan fuentes naturales de radiación, que están dentro del ámbito de aplicación del artículo 62 del RPSRI, que, sin carácter exhaustivo, son las que se listan en el anexo.

#### Segundo. Definiciones

Las definiciones de los términos y conceptos utilizados en la presente instrucción se corresponden con las contenidas en las siguientes disposiciones:

- Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre Energía Nuclear.
- Ley 15/1980, de 22 de abril, de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear.
- Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre Instalaciones Nucleares y Radiactivas.
- Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes.

#### Tercero. Valor es de dosis efectiva a los trabajador es cuya superación r equeriría la adopción de medidas corr ectoras o dispositivos de vigilancia

1. Los criterios radiológicos, en términos de dosis efectiva a los trabajadores debida a su actividad laboral, que tienen por objeto servir como umbral de referencia para las actua-

ciones indicadas en el artículo 63 del RPSRI, deben ser los siguientes:

—  $< 1\text{mSv/a}$ : no es necesario control.

—  $1\text{--}6\text{ mSv/a}$ : se debe aplicar un nivel bajo de control.

—  $> 6\text{ mSv/a}$ : se debe aplicar un nivel alto de control.

2. Se consideran medidas de control aquellas destinadas a reducir las exposiciones, ya sean de tipo técnico o administrativo.
3. Estos criterios son de aplicación a los trabajadores cuyas actividades laborales suponen el almacenamiento o la manipulación de materiales, o de residuos, que normalmente no se consideran radiactivos, pero que contienen radionucleidos naturales.
4. Para la estimación de las dosis efectivas se deben tener en cuenta todas las vías de exposición (sustrayendo la contribución del fondo natural), exceptuando la debida al radón, que únicamente se tendrá en cuenta en los casos indicados en el punto 2 del artículo quinto, «Aplicación de los principios de protección radiológica operacional», de esta instrucción.
5. En el artículo quinto de esta instrucción se establecen los controles aplicables, en términos de medidas de protección radiológica, para los rangos de dosis efectiva indicados en este artículo.
6. Los límites del artículo 9 del RPSRI son aplicables a los trabajadores expuestos a radiación natural.
7. Los titulares de actividades laborales con exposiciones a radiación natural deben aplicar el principio de optimización.

**Cuarto. Concentraciones de radón en lugares de trabajo cuya superación requeriría la adopción de medidas correctoras o dispositivos de vigilancia**

1. El nivel para la protección de los trabajadores frente a la exposición al Rn-222 en sus puestos de trabajo debe ser de 600 Bq/m<sup>3</sup> de concentración media anual de Rn-222, durante la jornada laboral. Este se considera un nivel de referencia, por debajo del cual debe aplicarse el principio de optimización. Este nivel se interpreta además como un nivel por encima del cual deben aplicarse las correspondientes medidas de protección radiológica, en el caso de que una vez realizadas acciones de remedio no se consiguiera reducir la concentración de radón.
2. Se entiende por acciones de remedio aquellas destinadas a disminuir la concentración de radón.
3. En el caso de los lugares de trabajo con elevada permanencia de miembros del público el nivel de intervención será de 300 Bq/m<sup>3</sup> de concentración media anual de Rn-222.

Se entiende por lugares de trabajo con elevada permanencia de miembros del público aquellos en los que los miembros del público pueden permanecer un número de horas superior al de permanencia de los trabajadores (hospitales, centros penitenciarios, etcétera). Se incluyen en esta categoría los centros de educación infantil, primaria y secundaria.

4. Los niveles de referencia para las actuaciones indicadas en el artículo 63 del RPSRI, deben ser los siguientes:
  - < 600 Bq/m<sup>3</sup>: no es necesario control.
  - 600-1000 Bq/m<sup>3</sup>: se debe aplicar un nivel bajo de control.
  - > 1000 Bq/m<sup>3</sup>: se debe aplicar un nivel alto de control.

5. Los límites del artículo 9 del RPSRI son de aplicación a los trabajadores expuestos al radón.

**Quinto. Criterios sobre la aplicación total o parcial de los títulos del RPSRI citados en el título VII en los casos en los que los resultados de los estudios demuestran que se han superado los niveles de dosis establecidos**  
En términos generales son aplicables los títulos II y III del RPSRI, con las consideraciones que se indican a continuación.

*5.1. Criterios básicos*

En aquellas actividades en las que no es previsible que la exposición de los trabajadores supere ninguno de los valores indicados a continuación, no es necesaria la aplicación de medidas de control:

- Actividades con exposición al radón: concentración media anual de Rn-222 de 600 Bq/m<sup>3</sup>.
- Resto de actividades: dosis de 1 mSv/año sobre el nivel del fondo.

El titular de la actividad deberá realizar una reevaluación de la exposición cada 5 años para asegurar que se mantiene por debajo de las condiciones indicadas en el párrafo anterior.

Asimismo deberá realizar esa reevaluación cuando introduzca cambios en la actividad que puedan alterar significativamente la exposición y siempre que obtenga evidencias de que ésta se ha modificado por cualquier otra circunstancia.

La reevaluación de la exposición se realizará con la misma metodología que la evaluación inicial o con aquella que establezca el CSN. Los resultados estarán a disposición de la Inspección del CSN y se comunicarán al órgano competente en

aquellos casos en los que haya variación respecto a las estimaciones de las exposiciones de los trabajadores realizadas previamente, indicando, en su caso, las medidas de protección adoptadas.

### 5.2. Aplicación de los principios de protección radiológica operacional

Con carácter previo a la aplicación de medidas de protección radiológica operacional, el titular de la actividad deberá justificar que ha adoptado todas las medidas razonablemente posibles para reducir la exposición en las circunstancias existentes. Esta justificación deberá realizarse por escrito y estará a disposición de la Inspección del CSN.

En aquellas actividades que implican el almacenamiento o la manipulación de materiales, o de residuos, que normalmente no se consideran radiactivos, pero que contienen radionucleidos naturales, en las que se supere el nivel de dosis efectiva de 1 mSv/año, se controlará la exposición al radón como ocupacional, independientemente de si supera o no 600 Bq/m<sup>3</sup> de concentración media anual de Rn-222.

El titular de la actividad será responsable de que la aplicación de las medidas operacionales de protección y la comprobación periódica de su eficacia así como la calibración, verificación, y comprobación del buen estado y funcionamiento de los equipos de medición, se realicen bajo la supervisión de un técnico cualificado en protección radiológica.

#### 5.2.1. Actividades que requieren un nivel bajo de control

Se consideran incluidas en este artículo las actividades en las que, superándose los valores establecidos en el punto 1, no es previsible que el incremento de exposición de los trabajadores supere ninguno de los siguientes valores:

- Actividades con exposición al radón: concentración media anual de Rn-222 de 1000 Bq/m<sup>3</sup>.

- Resto de actividades: 6 mSv/año sobre el nivel del fondo.

Se aplicarán las siguientes medidas de control:

- Vigilancia radiológica del ambiente de trabajo de acuerdo con lo indicado en el artículo 26 del RPSRI.
- Estimación anual de dosis efectivas individuales. Esta estimación podrá realizarse a partir de los resultados de la vigilancia radiológica en el ambiente de trabajo.
- El titular de la actividad deberá informar a los trabajadores sobre los riesgos radiológicos existentes y sobre las precauciones que deben adoptar en la actividad en general y en los destinos y puestos de trabajo a los que se les pueda asignar. Las trabajadoras deberán ser informadas sobre la necesidad de realizar, lo antes posible, la declaración de situaciones de embarazo o lactancia.
- En relación con el registro y notificación de los resultados de dosis de los trabajadores se seguirá lo dispuesto en los artículos 34 a 38 del RPSRI. En lugar de los plazos establecidos en el artículo 38.1 del RPSRI, la documentación correspondiente deberá archivar-se al menos hasta que haya transcurrido un año desde que los trabajadores sometidos a vigilancia de las dosis cesen en su empleo.

#### 5.2.2. Actividades que requieren un nivel alto de control

En aquellas actividades en las que el incremento de exposición de los trabajadores supere alguno de los valores indicados en el punto 5.2.1 anterior, se aplicarán con carácter general los principios de protección radiológica operacional establecidos en el título IV del RPSRI. En la práctica esta aplicación se llevará a cabo de forma gradual considerando el nivel de exposición, el

número de trabajadores afectados y las alternativas de protección existentes. En particular:

- Cuando, en razón de la actividad, no resulten apropiadas las disposiciones sobre señalización de las zonas o sobre limitación del acceso a las mismas, establecidas en el artículo 18 del RPSRI, el titular establecerá otras medidas con los mismos objetivos de protección. Estas medidas deberán ser descritas en los estudios remitidos al órgano competente y se recogerán en los procedimientos requeridos en el artículo 21 del mencionado Reglamento.
- La documentación a la que se refiere el artículo 38.1 del RPSRI deberá ser archivada por el titular de la actividad al menos hasta un año después de que los trabajadores sometidos a vigilancia de las dosis cesen en su empleo.

Cuando no sean posibles o resulten inapropiadas las medidas para la vigilancia individual de las dosis, establecidas en los artículos 27 a 31 del RPSRI, el titular propondrá otras medidas que deberán ser descritas en los estudios remitidos al órgano competente.

#### Sexto. Declaración de actividades

1. La declaración de actividades requerida por el artículo 62 del título VII del RPSRI deberá comprender, como mínimo, los siguientes datos:

- a) Identificación del titular y en su caso denominación social de la empresa, e indicación de su objeto y de su localización.
- b) Tipo y características que se conozcan de las fuentes de radiación natural presentes.
- c) Indicación, en su caso, de los procesos que puedan conducir a la concentración de las sustancias radiactivas o los lugares de traba-

jo en los que se puede producir acumulación de radón.

- d) Número de trabajadores en los diferentes sectores potencialmente afectados de la instalación.
- e) Cantidades máximas de materiales que se manejan o almacenan y cantidad de residuos que se producen y, en su caso, se gestionan.
- f) En su caso, medidas de protección que se hayan implantado.

2. En el caso de actividades laborales incluidas en el ámbito de aplicación de esta instrucción que se inicien después de su publicación, la declaración debe hacerse en el plazo de tres meses desde el inicio de la actividad.

#### Séptimo. Remisión de los estudios requeridos al órgano competente

1. Los titulares de las actividades laborales reguladas en los artículos 62 y 63 del título VII del RPSRI deberán remitir a los órganos competentes en materia de industria de las comunidades autónomas en cuyo territorio se realizan estas actividades los estudios requeridos en ellos, siempre que sus resultados determinen que la exposición supera alguno de los valores indicados a continuación:

- Actividades con exposición de los trabajadores al radón: concentraciones de 600 Bq/m<sup>3</sup> de concentración media anual de Rn-222.
- Resto de actividades: 1 mSv/año sobre el nivel del fondo para los trabajadores o 0,3 mSv/año sobre el nivel del fondo para los miembros del público.

En caso contrario, los resultados estarán a disposición de la Inspección del Consejo de Seguridad Nuclear.

2. En el caso de actividades laborales incluidas en el ámbito de aplicación de esta instrucción que se inicien después de su publicación, los estudios deben realizarse en el plazo de un año desde la presentación de la declaración.

**Octavo. Infracciones y sanciones**

La presente instrucción tiene carácter vinculante de conformidad con lo establecido en el artículo 2.a) de la Ley 15/1980, de 22 de abril, de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear, de forma que su incumplimiento será sancionado según lo dispuesto en los artículos 85 a 93 de la Ley 25/1964, de 29 de abril, sobre Energía Nuclear.

**Disposición derogatoria única. Derogación Normativa**

Queda derogada cualquier norma de igual o inferior rango que se oponga a la presente instrucción.

**Disposición final única. Entrada en vigor**

La presente instrucción entrará en vigor el día siguiente al de su publicación en el Boletín Oficial del Estado.

Madrid, 21 de diciembre de 2011.

La Presidenta del Consejo de Seguridad Nuclear,  
Carmen Martínez Ten.

## ANEXO

### Actividades laborales cuyos titulares deben realizar los estudios requeridos por el Reglamento de Protección Sanitaria contra Radiaciones Ionizantes

Las actividades laborales cuyos titulares deberían realizar los estudios requeridos por el RPSRI son las que se llevan a cabo en los lugares de trabajo siguientes:

1. Lugares de trabajo subterráneos como:
  - Cuevas y galerías.
  - Minas distintas de las del uranio.
2. Establecimientos termales.
3. Instalaciones donde se almacenen y traten aguas de origen subterráneo.
4. Lugares de trabajo, subterráneos o no subterráneos, en áreas identificadas por sus valores elevados de radón.
5. Extracción de tierras raras.
6. Producción y utilización del torio y sus compuestos.
7. Producción de niobio y ferro-niobio.

8. Producción de gas y petróleo.
9. Producción de cemento, mantenimiento de hornos de *clinker*.
10. Fabricación de pigmentos de dióxido de titanio.
11. Industria del fosfato (producción de ácido fosfórico y de fertilizantes fosfatados).
12. Industria del zirconio.
13. Producción de estaño, cobre, aluminio, hierro, acero, cinc y plomo.
14. Centrales térmicas de carbón.

Los lugares de trabajo listados con la numeración de 1 a 4 son aquellos en los que es probable que los valores medios anuales de la concentración de radón superen los niveles de referencia.

El resto de lugares de trabajo, tienen asociadas actividades laborales que implican el almacenamiento, la manipulación de materiales o la generación de residuos que habitualmente no se consideran radiactivos pero que contienen radionucleidos naturales que podrían provocar un incremento significativo de la exposición de los trabajadores y, en su caso, de los miembros del público.

