

**PRESCRIPCIONES PRIORITARIAS PARA LA
REDACCIÓN DEL PROYECTO DE RECUPERACIÓN
DE LAS BALSAS DE FOSFOYESOS EN LAS
MARISMAS DE HUELVA**

Huelva, marzo de 2010

ÍNDICE

1.- Introducción	3
2.- Valoración de elementos críticos	3
3.- Necesidad de adquisición de nuevos datos e incertidumbres asociadas. Nuevos estudios y actuaciones.	3
3.1- Plan de gestión de las aguas de proceso	4
3.2- Estudio de las zonas ocupadas por “fosfoyesos negros”	5
3.3- Estudio geológico-geotécnico de los apilamientos	8
3.4- Hidrogeología.	9
3.5- Seguimiento y supervisión de los resultados de las actuaciones.	9
3.6- Diseño del sistema de drenaje.....	11
3.7 Red de vigilancia y control de las aguas	13
3.8 Actuaciones generales para el tratamiento de fosfoyesos y aguas de salidas de borde y pluviales	13
3.9.-Cobertura vegetal.	15
3.10.- Seguimiento radiológico	16
4.- Prioridades de actuación recomendadas	16
4.1- Prioridades máximas.	16
4.2- Zonas de actuación preferentes	16

1.- Introducción

El presente documento recoge las principales actuaciones y/o prescripciones técnicas que deben tenerse en cuenta para la redacción del proyecto de recuperación de las balsas de fosfoyesos en las marismas de Huelva.

El proyecto técnico deberá contener los documentos, anejos, trabajos y mediciones técnicas concretas que corresponden a un proyecto de estas características,

Para la definición de las principales actuaciones y/o prescripciones técnicas se ha tenido en cuenta, además de los trabajos anteriores, el informe emitido por la comisión de expertos, creada por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y la Junta de Andalucía.

En este Documento se recogen los siguientes apartados:

- a) Resumen de la valoración de elementos críticos.
- b) Nuevos estudios y actuaciones por la necesidad de adquisición de datos adicionales.
- c) Prioridades de actuación

2.- Valoración de elementos críticos

En primer lugar, se debe tener en cuenta que la principal fuente contaminante en los depósitos de fosfoyeso son las aguas internas de las balsas y sus canales perimetrales (*aguas de proceso*), tanto por el volumen como por sus características químicas: La principal vía de dispersión de contaminantes es la hídrica, produciéndose la circulación de las aguas de proceso desde las balsas hacia los bordes, cunetas y canales perimetrales con una circulación radial y divergente. En este sistema, el drenaje actual del apilamiento recoge la mayor parte de las aguas de infiltración, aunque existe algún borde del apilamiento en el cual se pueden producir salidas difusas o concentradas de las aguas de contacto hacia la marisma.

En cuanto a la afección a los medios receptores, se debe tener en cuenta que en los medios no confinados no se detecta afección. Sin embargo sí que existe afección en medios confinados en la zona próxima a la balsa 3.

3.- Necesidad de adquisición de nuevos datos e incertidumbres asociadas. Nuevos estudios y actuaciones.

Es preciso que se lleve a cabo una completa caracterización, análisis de riesgos, y posterior zonificación del riesgo total en el emplazamiento, con el fin de poder redactar el proyecto técnico de recuperación del mismo.

En especial en los análisis de riesgos deberán tomarse en consideración los riesgos asociados a los sismos y subidas de los niveles de aguas, bien por avenidas del Río Tinto, ante diferentes escenarios de precipitación, crecidas del río y coincidencias con mareas, y este último punto relacionado con la subida del nivel del mar, emanada de una serie de estudios que definen distintos escenarios prospectivos.

Los análisis de riesgos deberán realizarse de acuerdo con la geometría final de los apilamientos y tomando en consideración los procesos de secado de las balsas.

3.1- *Plan de gestión de las aguas de proceso*

Una vez cesado el vertido de aguas de fábrica en las balsas superiores, las primeras etapas de la fase de clausura y restauración deben centrarse en lograr la máxima extracción de las aguas de proceso del sistema del apilamiento de fosfoyesos. Las fases de extracción y depuración de estas aguas pueden solaparse en el tiempo, y deben realizarse de manera simultánea con los trabajos de restauración.

Las aguas de proceso generadas de la actividad industrial desarrollada en la producción de ácido fosfórico, deben ser retiradas del emplazamiento y descontaminadas “ex situ”, en planta de tratamiento, hasta conseguir parámetros de vertido.

Se deberá incluir en la redacción de la propuesta técnica un “Plan de Gestión de las aguas de proceso” previamente al desarrollo de las tareas de extracción y depuración de las mismas. Dicho plan deberá incluir:

1º.- Los diferentes tipos de aguas de contacto existentes y sus salidas del sistema (básicamente tres tipos):

- Aguas almacenadas en las balsas
- Aguas intersticiales del apilamiento (salidas por el canal perimetral y por los bordes de salida)
- Aguas pluviales de contacto

2º.- Un calendario de actuaciones en el cual figuren los caudales de extracción y bombeos realizados tanto de las balsas como del canal perimetral y del medio receptor, así como los volúmenes de agua enviados a la planta de tratamiento y el volumen de vertido.

3º.- Condiciones detalladas de transporte, almacenamiento, tratamiento (planta depuradora) de las aguas de proceso.

4º.- Características de la planta de depuración de las aguas y niveles de vertido final de las aguas tratadas.

Este Plan debe contemplar, tanto el periodo de restauración como a más largo plazo, el proceso de saturación del apilamiento de fosfoyesos.

Debe prestarse una especial atención al tratamiento de las aguas contenidas en los medios receptores confinados (trincheras central y cabecera del estero del Rincón) durante la etapa de clausura y restauración, así como la canalización y tratamiento de las aguas pluviales que circulen sobre la superficie de los fosfoyesos durante la etapa de restauración.

A su vez se deberá indicar la cuantía y tipo de residuos generados en la planta donde se realizará el tratamiento de las aguas de proceso, como puedan ser lodos, aguas residuales, etc. su tratamiento, reutilización (si fuera posible) o punto de vertido de los mismos, así como la gestión de los residuos en función de su clasificación.

Deberá indicarse la localización y condiciones del punto de vertido, características del medio receptor donde se produzca el vertido y los cálculos justificativos de la dispersión en el medio receptor, sobre la base de los valores de vertido.

Por otro lado, ya que existe una planta depuradora cuyas características ya están fijadas (estando por resolver el tema de los lodos que genera y su tratamiento) y dado que la misma está construida para una capacidad de tratamiento de 800.000 m³/año, el estudio se debe plantear sobre la base de empezar a trabajar cuanto antes con la planta actual a pleno rendimiento y analizando, en su caso, las necesidades de ampliación de la misma.

Con intención de dar la máxima celeridad al inicio del tratamiento del gran volumen de agua almacenado en las balsas, y al margen del proyecto de restauración a presentar por Fertiberia, se requiere antes de la presentación del proyecto global de restauración, lo siguiente:

- Caracterización de los lodos resultantes de la planta depuradora
- Tratamiento de los mismos en función del resultado de su caracterización
- Ajuste del vertido a los parámetros impuestos en la AAI vigente
Plazo para iniciar el tratamiento (al margen del resto del proyecto de restauración)

3.2- Estudio de las zonas ocupadas por “fosfoyesos negros”

Los resultados obtenidos indican que los fosfoyesos negros poseen concentraciones de radionucleidos, especialmente ²²⁶Ra, unas 10-20 veces que las cifras medias en el resto de fosfoyesos, por lo que se deberían realizar las siguientes actuaciones:

- a) Determinación de la extensión y profundidad de los fosfoyesos negros.

- b) Esclarecer, en la medida de lo posible, la génesis y origen de los mismos, ya que puede tener repercusiones en la tecnología de recuperación.
- c) Caracterización física, química y radiológica de estos materiales negros.
- d) Determinar las propiedades o grado de lixiviación (liberación) de radionucleidos y otros contaminantes de estos materiales al medio.
- e) Realización de un exhaustivo análisis de riesgos de estos residuos en su estado actual, tanto para la salud humana como para los ecosistemas.
- f) En cualquier caso, los informes resultantes habrán de ser elevados al Consejo de Seguridad Nuclear para la toma de decisiones al respecto.

A la luz los resultados obtenidos en los apartados anteriores, se evaluarán las posibles alternativas para la recuperación de estas parcelas, eligiendo aquella que a medio y largo plazo no genere impacto significativo sobre las personas y el medio ambiente.

En este sentido, será necesario realizar las siguientes Actividades:

Actividad 1: Determinación de la extensión y profundidad (“cubicación”) de la zona afectada

En primer lugar, las zonas en las que se han detectado estos fosfoyesos negros deberán quedar señalizadas de forma que su acceso quede restringido. Se determinará, con una resolución máxima del orden de metros, la extensión y profundidad en las que se encuentran acumulados estos fosfoyesos negros en cada una de las dos zonas en que han sido detectados, pues ello permitirá demarcar perfectamente las zonas con altas tasas de dosis de radiación y cubicar su cantidad total. Para ello se tomarán testigos en una cuadrícula con la resolución adecuada, de manera que permita una representación tridimensional de estos materiales en función de su contenido radiactivo.

Actividad 2: Caracterización radiactiva, física, química y mineralógica de los fosfoyesos negros

Se realizará una caracterización radiactiva, física, química, y mineralógica de estos fosfoyesos negros con una precisión mucho mayor que la realizada en el estudio previo, con especial énfasis en la determinación de otros posibles contaminantes distintos a los radiactivos.

Adicionalmente se realizará una evaluación del grado de disponibilidad ambiental de los contaminantes contenidos en el fosfoyeso. Ello implicará evaluar, entre otros factores:

(a) El potencial de lixiviación de los diversos radionucleidos y otros contaminantes no radiológicos desde los fosfoyesos negros al medio acuoso que lo rodea.

(b) El grado de solubilidad de estos fosfoyesos en aguas ácidas y en agua marina.

Todo ello, para conocer con fiabilidad y de forma conclusiva su génesis u origen y por tanto poder evaluar su posible impacto medioambiental, tanto actual como futuro en las condiciones de restauración que se consideren adecuadas.

Actividad 3: Realización del análisis de riesgos de estos materiales, tanto para la salud humana como para los ecosistemas.

Se realizará un análisis exhaustivo de los riesgos de estos materiales, tanto para la salud humana como para los ecosistemas. Este análisis, entre otras actuaciones, implicará la determinación con precisión de las dosis totales susceptibles de ser recibidas por los trabajadores si desarrollaran actividad laboral en las parcelas donde se localizan los fosfoyesos negros, por lo que adicionalmente a las dosis por radiación externa, tendrán que ser determinadas las dosis susceptibles de ser recibidas por inhalación en condiciones reales de trabajo. Ello implica la realización en las parcelas que acumulan fosfoyesos negros de una campaña de toma de muestras de aerosoles para conocer la cantidad y composición del material particulado y, por otra parte, medir con precisión temporal y espacial las tasas de exhalación de ^{222}Rn , que pueden ser especialmente muy altas dado el elevado contenido de ^{226}Ra de los fosfoyesos negros. Estos estudios deberán realizarse simulando las labores que se aplicarán durante la recuperación de las balsas, pues los resultados deben ser lo más realistas posibles, ya que las dosis radiológicas pueden estar moviéndose en valores críticos, en el sentido de estar muy próximos, o poder superar el nivel de referencia.

Actividad 4: Evaluación de posibles alternativas para la especial recuperación de estas parcelas.

Finalmente se evaluarán las posibles alternativas para la especial recuperación de estas parcelas, definiendo los espesores óptimos y composición de las capas de materiales que tendrán que ser utilizadas en su cubrición de forma que, (a) no se produzcan incrementos significativos de dosis por irradiación externa, (b) no se produzca una exhalación de radón elevada y (c) se eviten las potenciales migraciones de contaminantes hacia el medio ambiente.

Dada la importancia de resolver cuanto antes este aspecto de la restauración y recopilar con urgencia la información necesaria para que el CSN evalúe las medidas a tomar, estas actuaciones deberán quedar finalizadas en el plazo de 1 mes.

Como medida precautoria la zona debe quedar perfectamente marcada y señalizada, prohibiéndose el acceso a toda persona. En la señalización se indicaran las causas que motivan la prohibición de acceso a la zona delimitada.

Se deberán adoptar todas las medidas necesarias de control en la actualidad, así como de análisis de la posible afección de las potenciales personas afectadas por la manipulación o presencia cercana de dicho material, en caso de que estos depósitos hubiesen resultado de labores de mantenimiento, realizadas en las plantas de producción de ácido fosfórico o en las balsas de fosfoyesos.

3.3- Estudio geológico-geotécnico de los apilamientos

Es necesaria la realización de un completo estudio geológico-geotécnico de la zona, en especial de la zona 3, donde apenas existen datos de estudios previos. Dicho estudio geotécnico debe abordar los posibles problemas derivados de las especiales características del apilamiento (altura de las balsas, grado de estabilidad estructural de taludes, subsidencias, asentamientos, etc.), la presencia de un sustrato arcilloso sobre el que se dispone, además de la predicción de posibles riesgos geológicos ocasionados por la proximidad del mar y del río Tinto y por ser una zona sísmicamente activa. Dicho estudio deberá abordar también los distintos escenarios propuestos: escenario de operación, clausura y restauración y por último el escenario de postclausura.

Se debe prestar especial atención en las zonas colindantes al estero de Mendaña (junto a los puntos SB4 y SB5) en las que se detectan desplazamientos de masas y fenómenos tipo Kárstico de redisolución del fosfoyeso.

Los estudios geotécnicos de las zonas 2 y 3 deben garantizar la estabilidad estructural de los apilamientos tanto desde el punto de vista estático como dinámico en las situaciones de explotación y clausura de la actividad.

En cuanto a la zona 3 deben eliminarse las indefiniciones geotécnicas existentes, en especial en la zona del estero de Mendaña, para lo cual se deberá dar respuesta a lo indicado en el apartado de "Consideraciones de seguridad estructural de la zona 3" del informe emitido por la Comisión de expertos con fecha enero de 2010.

El estudio geotécnico que se realice debe contemplar una caracterización de los materiales presentes en el área de estudio (tanto fosfoyesos como unidades de marisma y niveles inferiores) y estudiar su naturaleza y comportamiento tanto en seco como en húmedo y saturado.

Se debe realizar un estudio de detalle sobre los fenómenos de disolución-precipitación que potencialmente puedan modificar las características hidráulicas del apilamiento.

Se deben llevar a cabo ensayos específicos para el estudio del comportamiento monolítico de los fosfoyesos saturados y no saturados, parámetros de resistencia (cortante y axial), plasticidad y su evolución ante fenómenos de desaturación, compactación, compresión confinada y fenómenos de fuga y microfracturación, etc.

Se realizarán cálculos de estabilidad global y de taludes para una serie de perfiles, incluyendo los más desfavorables, así como la evolución de la subsidencia y simulación para la etapa de post-clausura y para diferentes casos de las dinámicas del terreno: subsidencia, compactación, amortiguamiento, oscilación de presión intersticial por mareas, aumento de compacidad por terremotos, etc.

Es necesario realizar un análisis de la estabilidad global y de taludes en escenarios puntuales como puedan ser procesos sísmicos, fenómenos de soliflucción, procesos de erosión en el borde del apilamiento debido a crecidas extraordinarias o avenidas en el río Tinto, etc.

Se deberá garantizar el cumplimiento de las prescripciones establecidas en el Decreto 281/2002, de 12 de noviembre, por el que se regula el régimen de autorización y control de los depósitos de efluentes líquidos o de lodos procedentes de actividades industriales, mineras y agrarias.

3.4- Hidrogeología.

Debe estudiarse con mayor precisión si, en la zona más sub-superficial de la marisma, en la que existe un gradiente entre la superficie libre freática y la cota de agua de la ría, la afirmación de que los flujos de agua son muy reducidos es válida o si existen mayores flujos, con la finalidad de analizar si existe transferencia de contaminantes de un medio a otro..

Se debe comprobar la naturaleza anisotrópica del material y las diferencias de permeabilidades horizontal y vertical y, si es así, su influencia en los modelos de flujos considerados y en la desecación a largo plazo.

Se debe diseñar un Plan de Monitorización de todo el emplazamiento, con el fin de cumplir con los objetivos del control y seguimiento de la contaminación

Se debe estudiar si existe una contaminación por debajo de la base de los fosfoyesos, en el acuífero, aclarando si el estrato impermeable se ubica en el techo de la marisma o no.

3.5- Seguimiento y supervisión de los resultados de las actuaciones.

Al objeto de poder evaluar adecuadamente las diversas alternativas, se debe dar continuidad al plan de monitorización iniciado en el proyecto piloto, para lo que se recomienda:

- El seguimiento del plan de monitorización propuesto en el “Servicio para la recuperación de las balsas de fosfoyesos en las marismas de Huelva. Fase de diagnóstico y propuesta de regeneración”, es indispensable para tener un control de la gestión del riesgo por los procesos contaminantes que tienen lugar en el emplazamiento, y comprobar la efectividad de la tecnología de tratamiento in situ experimentada.

- El plan de monitorización permitirá, junto a otras experiencias que se puedan llevar a cabo, optimizar espesores y materiales en las posibles barreras a instalar, lo que lleva consigo un diseño óptimo tanto desde el punto de vista ambiental como económico.
- Se recomienda una monitorización a largo plazo para estudiar la durabilidad de la barrera, así como el estudio con nuevos materiales para lograr una mayor eficiencia, en base a los estudios de laboratorio desarrollados.

Complementariamente se debe diseñar un Plan de Monitorización de todo el emplazamiento, teniendo en cuenta las premisas recomendadas en el plan del Proyecto Piloto, una vez que se lleven a cabo los estudios complementarios mencionados anteriormente, con el fin de cumplir con los objetivos del control y seguimiento de la contaminación.

Desde el punto de vista radiactivo y radiológico, es absolutamente imprescindible continuar con la aplicación del Plan de Monitorización propuesto y descrito en detalle en el trabajo previo sobre la efectividad de las barreras, pues es la única forma de poder realizar de forma apropiada una gestión temporal del riesgo por los procesos contaminantes que tienen lugar en el emplazamiento, y comprobar la efectividad a lo largo del tiempo de la tecnología de tratamiento *in situ* experimentada. No basta con asegurar la efectividad de las barreras en el momento actual, sino que es absolutamente necesario asegurar la efectividad en el tiempo de las barreras diseñadas, comprobando su no degradación por posible colmatación u otros factores.

La continuación en el tiempo del plan de monitorización, conllevará también la obtención de resultados conclusivos que permitan optimizar, si fuera necesario, espesores y materiales en la barrera, lo que lleva consigo un diseño óptimo tanto desde el punto de vista ambiental como económico. En este sentido, se considera también importante el poder estudiar y analizar nuevos materiales como componentes de las barreras con el fin de lograr una mayor ecoeficiencia en la propuesta finalmente aplicable a todo el emplazamiento.

En este sentido, se recomienda:

1. Comprobar la evolución temporal a corto plazo de la efectividad de las barreras, hasta llegar a un estado estacionario, ya que es en este estado cuando puede evaluarse apropiadamente su efectividad.
2. Realizar un estudio temporal a largo plazo (monitorizando los niveles de radiactividad de las aguas muestreadas de los diferentes piezómetros), con objeto de verificar la efectividad de las barreras activas con el tiempo, pudiendo determinarse, de esta manera, la durabilidad de los filtros colocados (tiempo transcurrido hasta su saturación).

3. Contemplar la posibilidad de muestrear las aguas de drenaje con una tecnología de cubrición diferente, similares a las recomendadas para la construcción de vertederos.
4. Debido a que en la zona donde se encuentran enterrados los materiales constituyentes de la barrera activa pueden almacenarse, por absorción/adsorción, grandes cantidades de radionucleidos, será necesario comprobar los niveles dosimétricos por irradiación y concentraciones de radionucleidos, con objeto de evaluar la necesidad, o no, de establecer medidas adicionales de radioprotección. En este sentido, consideramos que será necesario determinar el contenido radiactivo de los materiales empleados como barrera filtrantes una vez que estos hayan tenido que ser sustituidos, pues puede que contengan niveles de radiactividad que no puedan considerarse despreciables desde el punto de vista de la protección radiológica.

3.6- *Diseño del sistema de drenaje*

El sistema de drenaje de los apilamientos deberá constar al menos de:

- Una red de recogida de aguas de escorrentía superficial, aguas pluviales que circulen sobre la superficie de las zonas ya restauradas.
- Una red de drenaje de aguas sub-superficiales que recoja las aguas de infiltración que percolen a través de la capa de revegetación.
- Un canal perimetral que recoja las aguas durante la desaturación del apilamiento y que posteriormente, en la fase de post clausura, recoja las aguas de infiltración que puedan alcanzar los fosfoyesos. Las aguas recogidas en este canal serán enviadas a una planta depuradora para su tratamiento

El diseño de cada una de las redes citadas se realizará en función del volumen de agua a recoger y el caudal de circulación que se estime en cada caso. Así mismo, se diseñará un adecuado sistema de impermeabilización de los elementos de evacuación de las aguas recogidas que evite nuevas infiltraciones.

Paralelamente al citado sistema de drenaje final que ha de ser diseñado en el proyecto de restauración, se tendrán en cuenta las siguientes indicaciones

Balsas: Se deberá vaciar el agua contenida en las balsas y envío de la misma a planta de tratamiento Restauración final de las superficies de las balsas conformando vertientes para minimizar la infiltración.

Canales perimetrales, canal Norte y Trinchera central (zonas 2 y 3): Deben mantenerse operativos durante todos los escenarios propuestos, ya que tienen como función el drenaje de las aguas de contacto desde la operación hasta la situación a largo plazo, con recarga más limitada. Son elementos de drenaje del sistema para la salida de las aguas de contacto y de recogida y control de este agua para su tratamiento y su seguimiento. Deberán acondicionarse para que sus aguas puedan

ser bombeadas a la planta depuradora y ser tratadas, evitando desde el principio que sigan vertiendo de forma directa al estero de El Rincón. Se evitará en ellos la creación de láminas de agua por encharcamiento que produce procesos de concentración.

Red de cunetas de los fosfoyesos: Toda la red de cunetas, deberá acondicionarse para su funcionamiento como red de drenaje sub-superficial, que quedara por debajo de la capa de revegetación. Esta red deberá estar desconectada del nivel freático de los fosfoyesos, de modo que dicho nivel nunca pueda alcanzar las cunetas del sistema de drenaje sub-superficial. Por ello, deberá garantizarse que no tengan lugar saturaciones importantes por elevación local del nivel freático, mediante la revegetación y el correcto drenaje de las aguas de contacto de los fosfoyesos.

Viales: Las aguas pluviales de los viales deberán ser drenadas mediante cunetas específicas.

Salidas de borde: Son objeto de actuación mediante la posible instalación de barreras activas. Deben mantenerse como zonas de salida activas de las aguas del sistema durante todas las fases y son, a su vez, puntos de seguimiento y control.

Canal de pluviales (zona 3): Formara parte de la futura red de drenaje sub-superficial.

Sondeos: Deberán sellarse en los casos en los que sean susceptibles de conectar flujos de los fosfoyesos hacia las unidades de estuario.

Plataformas y taludes: Llevarán un sistema de drenaje sub-superficial aprovechando la red de cunetas ya existente y otra red de drenaje superficial especialmente acondicionada en las zonas de mayor pendiente.

Zonas revegetadas: En el caso de los taludes revegetados se acondicionarán de tal modo que dichas zonas revegetadas drenen hacia el sistema de drenaje sub-superficial. En las bermas ya revegetadas se cuidará que los drenajes producidos en el pie de la misma sean conducidos hacia las barreras activas en caso de que sea necesario.

Zonas con procesos dinámicos locales: Estas zonas serán objeto de un tratamiento especial. En el caso de las zonas con agrietamientos superficiales, deberá realizarse un tratamiento somero que aumente la plasticidad de los fosfoyesos en superficie. En las zonas de salidas concentradas podrán instalarse barreras activas diseñadas de forma específica, asegurando que las condiciones sean las más adecuadas para la captación de los flujos y salidas. Las zonas de drenaje deficiente deberán ser dotadas de una red de drenaje sub-superficial independiente del resto de sistemas de drenaje.

Se debe diseñar un Plan de muestreo de las aguas de drenaje que compruebe el correcto funcionamiento del sistema.

3.7 Red de vigilancia y control de las aguas

El control y seguimiento de la piezometría y de la calidad de las aguas en los escenarios de clausura-restauración y post-clausura, resultan de gran importancia para la valoración, control y seguimiento de las medidas de recuperación adoptadas y de los resultados en cada sector de actuación. Por esto, se deberá incluir en la propuesta técnica de recuperación un programa de vigilancia y control de las aguas, que velará por la consecución y el mantenimiento del “buen estado” de las aguas superficiales y subterráneas de acuerdo con la normativa vigente.

Para esto se deberá diseñar una red de vigilancia y control (donde se describan las soluciones constructivas para cada tipo de punto de control de la red, ya sean sondeos, arquetas de toma de muestra, instalación de sensores, etc.) que permita el registro de niveles piezométricos, medición de parámetros *in situ* (pH, conductividad y temperatura) y toma de muestras a diferentes profundidades en las aguas subterráneas del apilamiento y su entorno más próximo y la caracterización de las aguas recogidas por los sistemas de drenaje y del medio receptor. Se elaborará un plan de monitorización que contemple para esta red propuesta un muestreo y toma de datos periódico (piezometría y calidad). La periodicidad con la que se realice el muestreo y toma de datos podrá variar en función de los distintos ámbitos y escenarios existentes.

En lo que respecta a las aguas subterráneas, la red debe presentar un número mínimo de piezómetros que permita caracterizar cada uno de los ámbitos de circulación existentes:

- Aguas de la unidad de fosfoyesos
- Aguas de las unidades de marisma
- Aguas de niveles inferiores

3.8 Actuaciones generales para el tratamiento de fosfoyesos y aguas de salidas de borde y pluviales

Se resumen, a continuación, los principales aspectos técnicos a acometer.

A) Aspectos técnicos para el tratamiento de los fosfoyesos en superficie

Para el tratamiento *in situ* se procederá a la cubrición con diferentes capas de materiales naturales y/o materiales sintéticos impermeables, que deben cumplir con los condicionantes de la gestión del riesgo, de tal manera que se consiga que el riesgo remanente para la salud de las personas y de los ecosistemas se encuentre en niveles aceptables para todos los contaminantes.

Se deberá utilizar una cobertura que consiga la máxima impermeabilización del fosfoyeso y el máximo apantallamiento de las exhalaciones de radón, conducente a la inexistencia de riesgo de inhalaciones de gas radón.

Las capas de cubrición de los fosfoyesos deben cumplir con los criterios establecidos en el punto 3.3 del Anexo I Directiva 1999/31/CE

- Revestimiento de impermeabilización.....Exigido
- Capa mineral impermeable.....Exigida
- Capa de drenaje > 0,5 mt.....Exigida
- Cobertura superior de tierra > 1mt.....Exigida

Para la ejecución del sistema de cubrición podrán utilizarse barreras impermeables ejecutadas con arcilla compactada (que podrá complementarse con barrera impermeable artificial tipo geomembrana).

La colocación de la barrea de arcilla compactada deberá ser de espesor suficiente para obtener la mejor impermeabilización y mínima exhalación de radón (factor de reducción del 70%)

La capa de suelo final debe ser suficiente como para garantizar la revegetación oportuna.

Se podrán implementar otras soluciones técnicas, siempre en cumplimiento de la Directiva 1999/31/CE, realizándose un análisis comparativo de soluciones, justificando la solución finalmente elegida, deberá recogerse en el proyecto la disponibilidad de materiales que puedan ser utilizados en las actuaciones diseñadas.

B) Actuación sobre las aguas de salida de borde perimetral

Las aguas de drenajes perimetrales (no superficiales), deben ser minimizadas mediante los drenes perimetrales recomendados anteriormente, con el fin de que sus caudales sean lo menor posible.

Estas aguas serán recogidas y redirigidas, bien a los canales perimetrales, y/o hacia la zona reactiva de la barrera en función del flujo existente.

Las posibles barreras reactivas permeables se situarán en puntos estratégicos seleccionados en función de los caudales remanentes o fugas.

Previamente a la colocación de las barreras se llevará a cabo un estudio del emplazamiento completo, puesto que la selección de los puntos de barrera donde se sitúe la celda reactiva permeable es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento ambiental como económico.

c) Actuación sobre los suelos afectados de la marisma

En los suelos afectados en las proximidades de las balsas se deberán realizar las siguientes actuaciones, aunque pudieran ser sustituidas por otras que cumplan con las mismas condiciones, de tal manera que los riesgos remanentes para la salud de las personas y de los ecosistemas, sean aceptables.

- 1.- Recogida del material contaminado
- 2.- Recuperación del estado originario de la marisma

3.9.-Cobertura vegetal.

El suelo a aportar debe tener una calidad adecuada, y un espesor suficiente que debe garantizar el papel de soporte de la vegetación que se implante. Se considera que para ello, es necesario añadir materia orgánica de calidad. Un buen contenido en materia orgánica favorecerá la fertilidad y productividad del suelo, lo adecuado sería aportar como suelo un material que mantuviese un contenido en materia orgánica entre 1,5 y 2%.

Un parámetro que se debe controlar obligatoriamente en los suelos que se adicionen es el pH. Dicho valor debe ser mantenido en la parte neutro-básica, entre 7 y 8.

Se deberá realizar cobertura vegetal con una capa de suelo de suficiente espesor sobre el que se desarrolle la vegetación y siembra de pratenses. La aportación de pratenses representaría una primera solución al aporte de materia orgánica vegetal al suelo.

Se deberá tender en la revegetación a un paisaje funcionalmente múltiple, donde existan zonas con diferentes tipos de vegetación, desde pastos a arboledas, pasando por matorrales sucesionales, constituyendo un paisaje heterogéneo de grano diferente.

Se deberá garantizar que la revegetación de la zona garantice la mayor riqueza ecológica y funcional posible.

Se deberá evitar la transferencia de contaminantes a la cadena trófica.

Se deberán introducir especies de porte leñoso que estén de acuerdo con el entorno natural de la zona y que provea a la revegetación de un mayor valor ecológico.

Se deberán contemplar actuaciones encaminadas a asegurar la fijación del suelo en base a sistemas estimuladores del entramado radicular de las plantas.

Se deberá garantizar que no se produzcan deslizamientos laterales en los taludes que se revegeten.

Se deberá establecer un sistema de monitorización del posible paso de metales y radionucleidos naturales, y en general de cualquier contaminante, hacia las plantas con el objeto de impedir su transferencia a la propia cadena trófica.

Mientras se realicen las labores de clausura, impermeabilización y sellado pertinentes, así como la revegetación, se deben adoptar las medidas necesarias para evitar que la avifauna del estuario, permanezca sobre los fosfoyesos. Se deberá evitar la inclusión de elementos facilitadores de entrada de fauna hasta comprobar de forma efectiva que no existen riesgos para la misma o para la transmisión de elementos tóxicos.

Se deberá incluir en el proyecto un plan de vigilancia y mantenimiento de la zona revegetada a medio/largo plazo.

3.10.- Seguimiento radiológico

Una vez realizada la restauración deberá realizarse un estudio para diagnosticar la calidad radiológica final del lugar. El estudio debe incluir información sobre las dosis recibidas por los trabajadores durante las labores de restauración que incluya todo riesgo de exposición significativo.

Será necesario realizar medidas de tasas de exhalación de radón en las zonas que se restauren para garantizar que el flujo de radón hacia la atmósfera no conlleve a incrementos en la concentración de radón en el aire superficial circundante a las balsas. Así mismo, deberá realizarse durante varios años (al menos cinco) un seguimiento de la presencia de contaminantes procedentes del fosfoyeso en los suelos de la cobertura vegetal (radionucleidos naturales, metales, pH, etc.) como consecuencia de la migración de estos, o por la mezcla directa del fosfoyeso con el suelo como consecuencia de las labores forestales de mantenimiento que se realicen.

El estudio deberá incluir una estimación de las dosis efectivas por radiación ionizante recibidas por el público tras la restauración, tomando como base la zona 1, independientemente de los usos de la zona en el futuro.

4.- Prioridades de actuación recomendadas

4.1- Prioridades máximas.

1. Vertido cero contaminantes a los medios receptores.
2. Completar la caracterización y el análisis de riesgos del emplazamiento completo con una zonificación del riesgo,

4.2- Zonas de actuación preferentes

Primera zona de actuación preferente: Zona 3

Segunda zona de actuación preferente: Zona 2

Orden de preferencia en la primera actuación (Zona 3)

- ▶ Las aguas de la balsa de emergencia y canales adyacentes, deben ser retiradas del emplazamiento y descontaminadas “ex situ” en planta de tratamiento por precipitación química, hasta conseguir parámetros de vertido, ya que es la mejor manera de evitar la dispersión de contaminantes a medios receptores confinados.
- ▶ Actuaciones en la zona de salida de aguas hacia el estero del Rincón en el punto denominado “Segunda laguna de la entrada”, considerado el punto de máxima prioridad
- ▶ Actuaciones en las zonas colindantes al estero de Mendaña en los puntos SB5 y SB4. Se trata de eliminar flujos importantes de aguas de proceso, Además se deberá eliminar la peligrosidad de los desplazamientos en masa y fenómenos tipo kárstico de redisolución de fosfoyeso que está teniendo lugar en estas zonas de borde junto al estero.
- ▶ Realización de estudio geotécnico de la Zona 3, con especial incidencia en las zonas aledañas al estero de Mendaña.
- ▶ Actuaciones en la trinchera central para el bombeo de las aguas de proceso a la planta de tratamiento según recomendaciones específicas.
- ▶ La extracción y depuración de las distintas aguas en planta de tratamiento habría que llevarla a cabo según las recomendaciones reflejadas en el punto 3.1. Plan de Gestión de las aguas de proceso.
- ▶ Estabilización y acondicionamiento superficial e las zonas que presentan procesos dinámicos activos, para evitar posibles problemas de hundimientos, subsidencia, pequeños movimientos en masa, creación de vías de drenaje preferente, etc., que puedan producir la inestabilización de las capas
- ▶ Las pendientes del terreno deberán ser modificadas convenientemente de tal manera que se alcance un equilibrio óptimo entre minimizar la erosión y favorecer la evacuación de aguas fluviales.

Orden de preferencia en la segunda actuación (Zona 2)

- ▶ Las aguas de la balsa y canales perimetrales, deben ser retiradas del emplazamiento y descontaminadas ex situ en planta de tratamiento por precipitación química, hasta conseguir parámetros de vertido,

- ▶ Se llevará a cabo un estudio geotécnico y de estabilidad de taludes de las balsas ante diferentes fenómenos, dada la gran altura alcanzada en esta zona

- ▶ Las pendientes del terreno deberán ser modificadas convenientemente de tal manera que se alcance un equilibrio óptimo entre minimizar la erosión y favorecer la evacuación de aguas pluviales

- ▶ Actuaciones generales para el tratamiento de fosfoyesos y aguas de salidas de borde y pluviales según recomendaciones específicas de las propuestas de recuperación

- ▶ Actuaciones generales en suelos/ sedimentos de zonas perimetrales adyacentes según recomendaciones específicas de las propuestas de recuperación

Huelva, marzo de 2011