

ACTUALIZACIÓN DEL PROYECTO DE
EXPLOTACIÓN VIGENTE DE COBRE DE TOURO

**DOCUMENTO RESPUESTA AL INFORME DE
LA DIRECCIÓN XERAL DE PATRIMONIO NATURAL**

Agosto 2018



ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	7
2	RESPUESTA AL INFORME DE LA DIRECCIÓN XERAL DE PATRIMONIO NATURAL.....	7
2.1	Hábitats de Interés Comunitarios cartografiados.....	9
2.2	Especies protegidas.....	13
2.3	Repercusión de la antigua mina sobre el medio ambiente y medidas que el presente proyecto va a adoptar para que los efectos del pasado no tengan lugar... 16	
2.4	En los desvíos de arroyos y el canal perimetral de protección puede darse la situación que el material retirado sea fuente de acidificación.	41
2.5	No hay detalle de las obras de desvío de los arroyos ni de la integración medioambiental, y no se identifica la caracterización de la calidad ecológica de los tramos a erradicar.....	43
2.6	El canal de guarda perimetral puede ser fuente de incorporación de contaminación, no siendo objeto de análisis y control de calidad previo a su vertido. 50	
2.7	Describir qué procesos y consecuencias derivarían de escenarios en los que los estériles PAG pasen a estar por encima o en la zona de fluctuación del nivel freático. 50	
2.8	Riesgo “Muy alto” de los depósitos de estériles de proceso y ausencia de plan de contingencia para la población y el medio ambiente.	58
2.9	Bajo detalle de los estudios del medio biótico.	66
2.10	Describir las cantidades estimadas de filtraciones y sus efectos, tanto para escenarios ideales como para situación menos favorables.	71
2.11	Describir las consecuencias en el entorno de una meteorología que sobrepase la capacidad de depuración de la planta de tratamiento de aguas y las medidas de contingencia establecidas para cualquier periodo de retorno.	73
2.12	Cuestiones referentes a la fase de clausura:.....	74
2.13	Incongruencias detectadas en la restauración:.....	80
2.13.1	No se identifica los sustratos específicos a emplear en cada zona y los objetivos concretos de su implantación. Sólo se señala en general que se empleará o tierra vegetal o tecnosoles.....	80
2.13.2	Cómo conseguir que la tierra vegetal se mantenga en los taludes a revegetar cuando estos presentan pendientes entre el 50 y el 75 %.	81
2.13.3	Por qué es necesario realizar operaciones de descompactación del suelo posteriormente a su vertido.....	85

2.13.4	Para las labores de plantación pretenden efectuar abertura de agujeros de 40x40 cm y de 60x60 cm, superándose, según el caso, el propio espesor del sustrato (30-50 cm). Situación similar acontece con las labores de descompactación con subsolador.....	85
2.13.5	Las mezclas de especies en plantación no determinan su compatibilidad entre ellas ni establece los tratamientos silvícolas y culturales precisos para una efectiva implantación, como pueden ser los desbroces durante los primeros años en las zonas con árboles. Tampoco se determina la idoneidad de la selección de especies en atención a calidad de estación.....	86
2.14	Cuestiones relativas a la impermeabilización de los residuos peligrosos....	88
2.15	Cuestiones planteadas por el Servicio de Conservación de la Naturaleza de A Coruña:	105
2.15.1	No quedará acreditado hasta el momento de la explotación, qué estériles tienen una condición u otra (NAG o PAG) ya que la naturaleza de los estériles queda condicionada a posteriores analíticas.	105
2.15.2	El potencial acidificante y de intercambio metalífero de los estériles tendrá vital importancia habida cuenta la previsión de depositar algunos de estos estériles directamente sobre el terreno y gestionar sus escorrentías superficiales y subterráneas.	111
2.15.3	Los canales de drenaje proyectados sobre roca, como indica el proyecto, deberán prever las discontinuidades de manera que resulten completamente impermeables, impermeabilizándolos si esto no fuera así.....	111
2.15.4	Existen analíticas y sondeos realizados por el proyecto que ponen en evidencia la potencialidad contaminante de la actividad y en particular de los estériles y aguas inadecuadamente gestionadas.	114
2.15.5	Medidas de seguimiento de la eficiencia de las geomembranas y sistema de emergencias en caso de riesgo.	118
2.15.6	Análisis específico y pormenorizado de la gestión de los reactivos utilizados en la flotación que se incorporan a los estériles.....	119
2.15.7	La no afección a la ZEC Río Ulla perdería validez en caso de fallo de las medidas de protección, por lo que se solicita análisis de riesgos y medidas de contingencias supeditadas al funcionamiento anómalo de la impermeabilización de las balsas, al lixiviado ácido de los muros de los estériles NAG, al correcto funcionamiento de los drenajes, al tratamiento correcto en la PTA y al fallo de los muros que encapsulan los residuos. El análisis de riesgo debería evaluar los posibles escenarios de emergencia.	122

2.15.8 Cumplimiento de lo que dispone el art 80 de la Ley 7/1992, del 24 de julio, de pesca fluvial relativo a la calidad mínima exigible a las aguas continentales.	122
---	-----

FIGURAS

Figura 1. Mapa de regiones climáticas de la Península Ibérica.	12
Figura 2. Localización de colonias de Margaritifera margaritifera en la cuenca del Ulla.	15
Figura 3. Tipos de Tecnosol en la corta de Bama a 2004 (Macías-García, y otros, 2009)	19
Figura 4. Distribución y orientación de las fotografías realizadas sobre los pasivos ambientales presentes en la zona.	20
Figura 5. Fotografías realizadas en las zonas mineras antiguas en 2017.	22
Figura 6. Corta y escombreras de Bama el año 2000. Los suelos y aguas están acidificados hasta el tampón férrico. No hay crecimiento vegetal posible ni, en consecuencia, fauna.	23
Figura 7. Formación de aguas hiperácidas, con tampón férrico y formación de aguas de aspecto lechoso con geles de Al hidroxipolimérico (Al ₁₃ (OH) ₂₉ +12). Año 1980.	23
Figura 8. Afección a los ríos del entorno en la década de 1990-2000.	24
Figura 9. Valores de pH más frecuentes en la década de los 90.	24
Figura 10. Afecciones a los organismos acuáticos en el período 1977-2000. Comparación de los valores mínimos de pH mensual en las aguas de salida de la balsa de estériles a los cursos del Portapego, Felisa y Rego das Rozas durante el período de explotación.	25
Figura 11. Valores de pH de los ríos tras las actuaciones de recuperación con suelos artificiales y Tecnosoles.	25
Figura 12. Estado actual de la salida del Portapego.	26
Figura 13. Arqueobacteria con schwermanita.	26
Figura 14. Algas hiperácidas que realizan bioremediación cargándose de metales. Los filamentos se recubren de oxihidróxidos y sulfatos de Fe y Al y luego se agrupan en concreciones de tipo estromatolítico.	27
Figura 15. Comparación de la situación actual e inicial de las superficies explotadas antiguamente (izquierda) y de la fase final de restauración (derecha).	33
Figura 16. Infografía situación final del Proyecto tras la restauración.	34
Figura 17. Corta Arinteiro.	36
Figura 18. Trazado en planta del desvío propuesto del afluente del Rego do Burgo	43
Figura 19. Trazado sobre ortofotografía del desvío propuesto del afluente del Rego do Burgo.	44
Figura 20. Trazado en planta del desvío propuesto del Rego das Pucheiras.	44
Figura 21. Trazado sobre ortofotografía del desvío propuesto del Rego das Pucheiras.	45

Figura 22. Esquema de la sección del canal	46
Figura 23. Sección tipo de los afluentes finalizadas las labores de naturalización	48
Figura 24. Relleno de corta en fondo.....	55
Figura 25. Relleno de corta en ladera	56
Figura 26. Relleno combinado.	56
Figura 27. Elementos de instrumentación	64
Figura 28. Localización de los Hábitats de Interés Comunitario en el entorno de la Explotación	70
Figura 29. Sellado de los depósitos de estériles y medidas de control de filtraciones ..	72
Figura 30. Escombrera PAG restaurada.	82
Figura 31. Infografía Proyecto Touro. Depósitos de estériles y escombrera PAG restaurados.....	82
Figura 32. Infografía Proyecto Touro. Perspectiva del depósito de estériles temporal restaurado.	83
Figura 33. Estado actual del antiguo depósito de estériles de Touro.	93
Figura 34. Residuos vertederos	96
Figura 35. Estériles mineros	96
Figura 36. Detalle del sellado del depósito de estériles y pendiente de la plataforma .	98
Figura 37. Sección piezómetros	102
Figura 38. Red Piezométrica propuesta.	102
Figura 39. Esquema de gestión del agua del proyecto de explotación. (Elaboración: CRS Ingeniería, S.L.).	116
Figura 40. Contenido de reactivos en concentrado y en el estéril de planta	120
Figura 41. Concentración de reactivos en estéril de planta.....	121

TABLAS

Tabla 1. Características del desvío (t=500 años)	41
Tabla 2. Pendiente lo más similar en condiciones naturales del Rego do Burgo.....	42
Tabla 3. Características del desvío (t=500 años)	42
Tabla 4. Pendiente lo más similar en condiciones naturales del Rego das Pucheiras ...	42
Tabla 5. Dimensiones canal perimetral 1	42
Tabla 6. Dimensiones canal perimetral 2	42
Tabla 7. Coordenadas aproximadas de los puntos de desvío y conexión	45
Tabla 8. Canal Rego do Burgo.....	46
Tabla 9. Canal Rego de Pucheiras	47
Tabla 10. Estructura estratigráfica e hidrostratigráfica. Tabla extraída del Anexo III del Proyecto de Explotación.....	57
Tabla 11. Dispositivos de control y auscultación	63
Tabla 12. Inspección de muros	65
Tabla 13. Inspección de disposición de esteriles de planta	66

Tabla 14. Inspección del sistema de recuperación de agua.....	66
Tabla 15. Capacidad de los huecos mineros.	74
Tabla 16. Estimación de la duración de una geomembrana de PEAD considerando espesores. Fuente: Certificado de Sotrafa.	92
Tabla 17. Flujos de proyecto, subcuencas y elementos constructivos relacionados. ...	117
Tabla 18. Concentración en pulpa de reactivos y límite de toxicidad	120

1 INTRODUCCIÓN

La Dirección Xeral de Patrimonio Natural de la Consellería de Medio Ambiente, e Ordenación do Territorio, con fecha 8 de agosto de 2017, recibe escrito de la Xefatura Territorial da Consellería de Economía, Emprego e Industria de A Coruña solicitando informe sobre la documentación relativa a la Actualización del Proyecto de Explotación, Plan de Restauración y Estudio de Impacto Ambiental de la Concesión de Explotación San Rafael N.º 2946, dando cumplimiento al trámite de Consulta a las Administraciones públicas recogido en el artículo 37 de la *Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de Evaluación Ambiental* y en el artículo 23 de la *Ley 3/2008, de 23 de mayo, de ordenación de la minería de Galicia*.

Con fecha 5 de septiembre de 2017, el Servicio de Análise de Proxectos, Plan e Programas de la Dirección Xeral de Patrimonio Natural solicita información de relevancia al Servicio de Conservación da Naturaleza da Coruña, cuyo informe se encuentra completo en el Anexo del informe que emite el Servicio de Análise de Proxectos, Plan e Programas con fecha 24 de abril de 2018.

La empresa promotora Cobre San Rafael, S.L. procede a redactar el presente documento a fin de dar respuesta a las consideraciones y requerimientos contenidos del mismo, recibido el 2/05/2018, conforme a lo estipulado en el artículo 38 de la *Ley 21/2013, de 9 de diciembre*, presentándolo con fecha del 20/08/2018.

2 RESPUESTA AL INFORME DE LA DIRECCIÓN XERAL DE PATRIMONIO NATURAL

El presente documento pretende dar respuesta a los requerimientos y cuestiones planteadas en el informe elaborado por el Servicio de Análise de Proxectos, Plan e Programas de la Dirección Xeral de Patrimonio Natural, que incluye en su Anexo el informe completo del Servicio de Conservación da Naturaleza da Coruña.

El informe de Patrimonio Natural consta de las siguientes partes:

- Antecedentes. Donde se indica la documentación enviada por la Xefatura Territorial da Consellería de Economía, Emprego e Industria de A Coruña para la emisión de informe de sus competencias.
- Resumen del Proyecto, que contiene los principales aspectos objeto de consideración.
- Análisis de la documentación. En este análisis se incluye también los datos del Servicio de Conservación da Naturaleza da Coruña y está compuesto por un total de 10 puntos.

El análisis de la documentación del informe de Patrimonio Natural indica que dentro del proyecto no hay ninguna figura de protección recogida en la legislación de aplicación, ni tampoco está incluido en los planes de conservación y recuperación de especies. A continuación, se muestran los puntos concretos que recogen dicha información:

“1. O lugar onde se localiza o proxecto non ostenta ningunha figura autonómica ou estatal de protección de espazos naturais, das recollidas na Lei 9/2001, do 21 de agosto, de Conservación da Natureza nin na Lei 42/2007, do 13 de decembro, do patrimonio natural e da biodiversidade. (Pag. 11 punto 1)

O proxecto encóntrase próximo do espazo protexido Rede Natura 2000, "Sistema Fluvial Ulla-Deza", declarado como zona de especial protección dos valores naturais (ZEPVN) polo Decreto 72/2004, do 2 de abril e como zona de especial conservación (ZEC), polo Decreto 37/2014, do 27 de marzo, polo que se declaran zonas especiais de conservación os lugares de importancia comunitaria de Galicia e se aproba o Plan director da Rede Natura 2000 de Galicia. (Pag. 11 punto 1 párrafo 2º)

2. Non se afecta a humidais dos recollidos no Inventario Galego de Humidais, auspiciados polo Decreto 127/2008, do 5 de xuño, polo que se desenvolve o réxime xurídico dos humidais protexidos e se créao Inventario de humidais de Galicia. (Pag. 11 punto 2)

3. Non se afecta a árbores ou formacións senlleiras, incluídas no Decreto 67/2007, do 22 de marzo, polo que se regula o Catálogo Galego de Árbores Senlleiras. (Pag. 11 punto 3)

6. A zona de actuación non está no ámbito de propostas técnicas de zonificación de plans de conservación/recuperación de especies ameazadas que se están elaborando na Dirección Xeral de Patrimonio Natural. (Pag 12 punto 6)

7. O proxecto non está incluído dentro do ámbito de Plans de Recuperación ou Conservación de especies protexidas. (Pag. 12 punto 7)

8. O proxecto non se enclavaría dentro das Áreas prioritarias para a avifauna ameazada e/ou Zonas de protección da avifauna contra liñas eléctricas de alta tensión, segundo o establecido na Resolución do 28 de novembro de 2011, da Dirección Xeral de Conservación da Natureza, po/a que se delimitan as áreas prioritarias de reprodución, de alimentación, de dispersión e de concentración local de aves incluídas no Catálogo galego de especies ameazadas, e se dispón a publicación das zonas de protección existentes na Comunidade Autónoma de Galicia en que serán de aplicación medidas para a protección da avifauna

contra a colisión e a electrocución en liñas eléctricas de alta tensión.” (Pag. 12 punto 8)

El presente documento pretende dar respuesta a las consideraciones y requerimientos incluidos en el informe. Para complementar la información solicitada se anexan los siguientes informes y estudios específicos:

- INFORME DIRECCIÓN XERAL DE PATRIMONIO NATURAL
- IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL HÁBITAT 4020* EN MONTE MINAS
- MEDIDAS EXPERIMENTALES
- MEDIDAS PROTECTORAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS DE LA ACTUALIZACIÓN DEL PROYECTO TOURO
- ACTUACIONES EN CAUCES E INSTANCIA DE PRESENTACION.
- CONTROL DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS DE LA LÍNEA BASE Y PLANIMETRÍA
- PLANOS DEL MEDIO BIÓTICO DE LA MINA DE TOURO A ESCALA 1:3000
- SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE RESIDUOS MINEROS
- PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL. CONTROL FÍSICO-QUÍMICO DEL MEDIO RECEPTOR. AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS
- INFORME GEOTÉCNICO Balsa de Estériles_TERRATEC
- CARACTERIZACIÓN COLAS DE FLOTACION
- ORIGEN DEL CONTENIDO EN CADMIO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DE LA ZONA DEL YACIMIENTO DE COBRE DE TOURO
- ANÁLISIS DE RIESGOS AMBIENTALES -ARM-

En los siguientes subapartados se identifican de forma ordenada todas las cuestiones planteadas en el informe de Patrimonio Natural.

2.1 Hábitats de Interés Comunitarios cartografiados

El punto 4 del informe de Patrimonio Natural identifica una serie de hábitats de interés comunitario según consulta realizada al Atlas de hábitats naturales y seminaturales de España (2005) realizado por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

A este respecto indicar que la Parte III del Estudio de Impacto Ambiental realiza un estudio de gabinete y de campo en relación a las comunidades vegetales presentes en la zona y en concreto en la superficie de ocupación del Proyecto, incluidos los hábitats de interés comunitario, cuyo análisis se encuentra recogido en el apartado 5.1.5. Hábitats de Interés Comunitario (HIC). En dicho apartado se identifican los HIC cartografiados en la superficie del proyecto, según se muestran en el Plano 7 de

Cartografía Ambiental y se describen en la tabla que complementa dicho plano. De esta información nace la necesidad de realizar un estudio de campo para llevar a cabo un reconocimiento visual in situ de cada polígono para establecer las características de cada uno y la posible afección del proyecto sobre dichos HIC cartografiados. Este reconocimiento de los HIC fue llevado a cabo por el equipo de trabajo especialista en medio natural dirigido por el Dr. Javier Taboada Castro (Marzo 2017), Catedrático del Departamento de Ingeniería de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Universidad de Vigo, no identificándose los HIC cartografiados en el interior del proyecto, ya que la presión agroforestal y minera ha transformado los usos existentes hace años. Indicar también que el mismo equipo de trabajo realizó un reconocimiento de campo de toda la zona del Proyecto a fin de poder establecer todas las comunidades de vegetación presentes, hallándose dicha información en el apartado 5.1.4. Comunidades presentes en el ámbito del Proyecto Touro, del Estudio de Impacto Ambiental.

Para reforzar las conclusiones indicadas en el Estudio de Impacto Ambiental y la ausencia de hábitats de interés comunitario prioritarios en el interior de la superficie del Proyecto (Marzo 2017), durante esta fase de tramitación se ha realizado un reconocimiento de campo complementario (Marzo 2018) para conocer más en detalle el tipo de vegetación presente en el polígono 38243, que incluye al HIC 4020*. Dicho estudio ha sido realizado por Licenciada en Biología especialista en medio natural y revisado por Felipe Macías, Catedrático de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de Santiago de Compostela, y **confirma la inexistencia del HIC prioritario 4020***. Los resultados de dicho estudio denominado IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL HÁBITAT 4020* EN MONTE MINAS se presentan como información complementaria al presente documento respuesta.

En resumen, indicar las siguientes consideraciones respecto a los hábitats cartografiados en el interior de la superficie del Proyecto, de acuerdo con el Inventario Nacional:

- 4020 - Brezales húmedos atlánticos de zonas templadas con *Erica ciliaris* y *Erica tetralix*. Este hábitat no existe en el interior del proyecto según indica el estudio realizado en la zona (Identificación y Localización del Hábitat 4020* en Monte Minas). Su presencia en el inventario es un error, reconocido por el Ministerio de Medio Ambiente en la revisión del estado de calidad de los hábitats del 2006 al 2009, pudiendo ser cotejado en los mapas de suelos de la Xunta de Galicia, E=1/50.000 donde se comprueba que no existe registro de ningunos Histosoles o Gleisoles. En toda Galicia se halla muy extendida la distribución de este hábitat, al considerar que la presencia de una determinada planta determina la presencia del hábitat. Sin embargo, según el criterio admitido actualmente por el Ministerio son los caracteres perdurables los que deben utilizarse como elementos de definición

de los hábitats, y no los de la mera presencia de determinadas especies de fauna o flora, que, por su capacidad adaptativa, pueden adaptarse a diferentes ambientes. En el caso del hábitat 4020* se requiere que haya suelos encharcados, Histosoles (turberas) o Gleisoles, con régimen de humedad acuico (agua parada y endorreica) y con posibilidades de formación de turba y, en toda la zona no hay indicios de pequeñas depresiones en las que podría formarse este hábitat. El Proyecto Touro, a través de los trabajos de restauración, promueve la recuperación de algunas depresiones que puedan permitir el desarrollo de este tipo de hábitat.

- 4030 - Brezales secos europeos. Son las unidades potencialmente más extensivas de matorral, pero han sido fuertemente degradados por la competencia con las labores mineras, silvícolas y agronómicas. Al igual que en el caso anterior se promueve recuperar hábitats de este tipo en la recuperación ambiental llevada a cabo por el Proyecto.
- 4090 - Brezales oromediterráneos con aliaga. Sucede algo parecido a los brezales húmedos atlánticos. El cambio climático, con el incremento de especies mediterráneas ha favorecido su extensión en Galicia, que, inicialmente se limitaba al valle del Sil y algunas depresiones del suroeste. Algunas especies oromediterráneas, como la aliaga, pueden encontrarse en la zona en los suelos más xerofíticos. Sin embargo, el concepto oromediterráneo no se admite para esta zona de Galicia, que, a efecto de hábitats, se considera dentro de la región atlántica, con régimen templado. Los brezales catalogados en este tipo deben ser considerados como brezales secos centroeuropeos siguiendo los criterios de la revisión de los hábitats españoles.

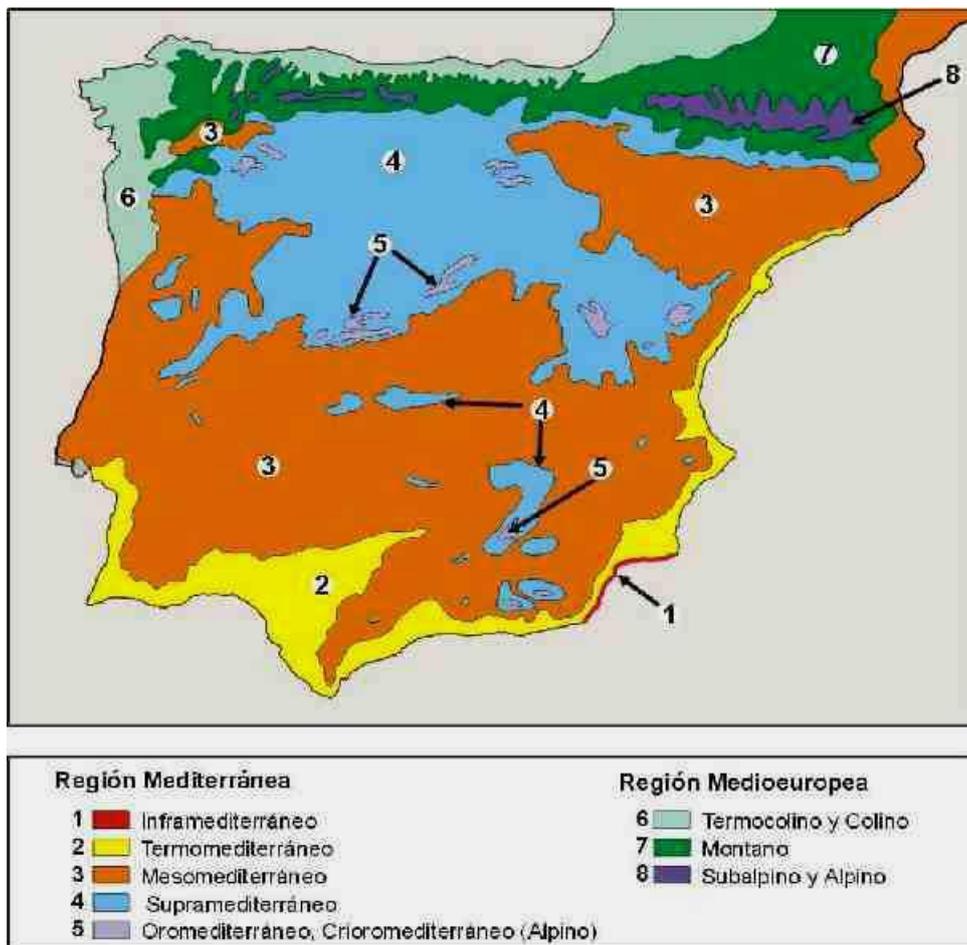


Figura 1. Mapa de regiones climáticas de la Península Ibérica.

- 91EO - Bosques aluviales de *Alnus glutinosa* y *Fraxinus excelsior*. Este hábitat ha sido fuertemente afectado por las actividades agropecuarias limitando su extensión. Además, el *Alnus* ha tenido en toda la cuenca del Ulla fuertes ataques de hongos, particularmente de la *Phitophthora*, por lo que la especie dominante actualmente en los bosques de ribera de esta zona es la *Salix atrocinera*. En el interior de la zona del proyecto no se encuentra cartografiado, aunque las labores de restauración llevadas a cabo en la corta Bama han favorecido su reinstalación. El actual Proyecto contempla la mejora de las poblaciones tanto de *Alnus* como de *Fraxinus* y del propio HIC 91EO como actuaciones de recuperación ambiental.

2.2 Especies protegidas

En el punto 5 del informe de Patrimonio Natural se mencionan una serie de especies protegidas por la legislación estatal y autonómica las cuales podrían encontrarse en una cuadrícula de 10x10 km, dentro de la cual se localiza el proyecto.

En el apartado 5.2. Fauna de la Parte III del Estudio de Impacto Ambiental se indica expresamente que se ha utilizado la información existente en dicha retícula de 10x10 km, en la cual se encuentra incluida en su totalidad la superficie del proyecto, como base para determinar las especies propias del ámbito de estudio. Indicar también que dicha retícula tiene una superficie total de 10.000 Ha, en las cuales hay zonas con mayor probabilidad de hallar dichas especies protegidas al ser espacios naturales protegidos, zonas de especial conservación, zonas de especial protección para las aves, etc., sin embargo, la superficie del proyecto (inferior al 7 % de la extensión superficial de la cuadrícula) es una zona predominantemente antrópica, donde no hay ninguna figura de protección.

En el apartado 5.2. Fauna se incluyen unas tablas en las que se catalogan las diferentes especies animales que se encuentran en el área de estudio y su entorno dentro de la memoria del EIA, según se indica:

- PARTE III: Descripción del Medio Afectado Marzo 2017
 - 5. Medio Biótico
 - 5.2 Fauna
 - Tabla 39. Anfibios y reptiles, página 102
 - Tabla 40. Peces, página 104
 - Tabla 41. Aves, página 105
 - Tabla 42. Mamíferos, página 110

También se listan las figuras legales de protección a las que están sometidas, tanto a nivel nacional como internacional. En este sentido, el documento recoge una serie de especies incluidas en algunas de las figuras legales de protección, presentes en la zona estudiada (ámbito de influencia del proyecto), sin embargo, concluye que no se han identificado especies con algún régimen de protección en el interior de los terrenos del proyecto minero de Touro. La zona de afección del proyecto se caracteriza por su elevado nivel de actividad antrópica, donde son escasas las zonas en las que se conserven las características primigenias, por lo que la fauna de este lugar es la habitual de zonas en las que prima la actividad agroforestal, añadiendo en este caso la actividad minera antigua. Esta antropización denota la baja presencia de especies con requerimientos específicos en cuanto a su hábitat.

En cuanto a las especies de flora protegidas, el apartado 5.1.4.3. Especies protegidas, del EIA, indica que en el ámbito de la explotación no se han identificado especies relacionadas en el Catálogo de Especies Amenazadas de Galicia.

Indicando también que una de las especies catalogadas como “en peligro de extinción”, *Isoetes fluitans* M.I. Romero, sí se ha identificado dentro de la flora del municipio de O Pino, aunque no en los regatos que recorren la explotación, ya que no tienen entidad suficiente para albergar este tipo de especie.

Dada la proximidad de la zona protegida del sistema Ulla-Deza, donde se encuentran las siguientes especies protegidas: el mejillón de río *Margaritifera margaritifera* y la denominada "toupa de río", *Galemys pirenaica*, cabe mencionar los siguientes resultados extraídos del informe del proyecto LIFE Margal Ulla respecto a la repercusión de las antiguas labores mineras sobre el sistema Ulla-Deza y sobre las especies protegidas indicadas:

El mejillón de río no ha sido eliminado por las actuaciones mineras pasadas, a pesar de no haberse llevado a cabo actuaciones de corrección y remediación frente a la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas durante la fase de explotación y cese, hace aproximadamente tres décadas. Hay colonias de *Margaritifera margaritifera* aguas abajo de la llegada del Lañas y del Brandelos al Ulla y se da la circunstancia de que, aunque estas colonias contienen un menor número de individuos que las del curso del Arnego, tienen una mayor diversidad genética y, por ello, han sido utilizadas en los procesos de recuperación de esta especie en toda la cuenca, cultivando larvas e inoculando con ella a ejemplares de trucha que son posteriormente liberados en diferentes zonas de la cuenca.

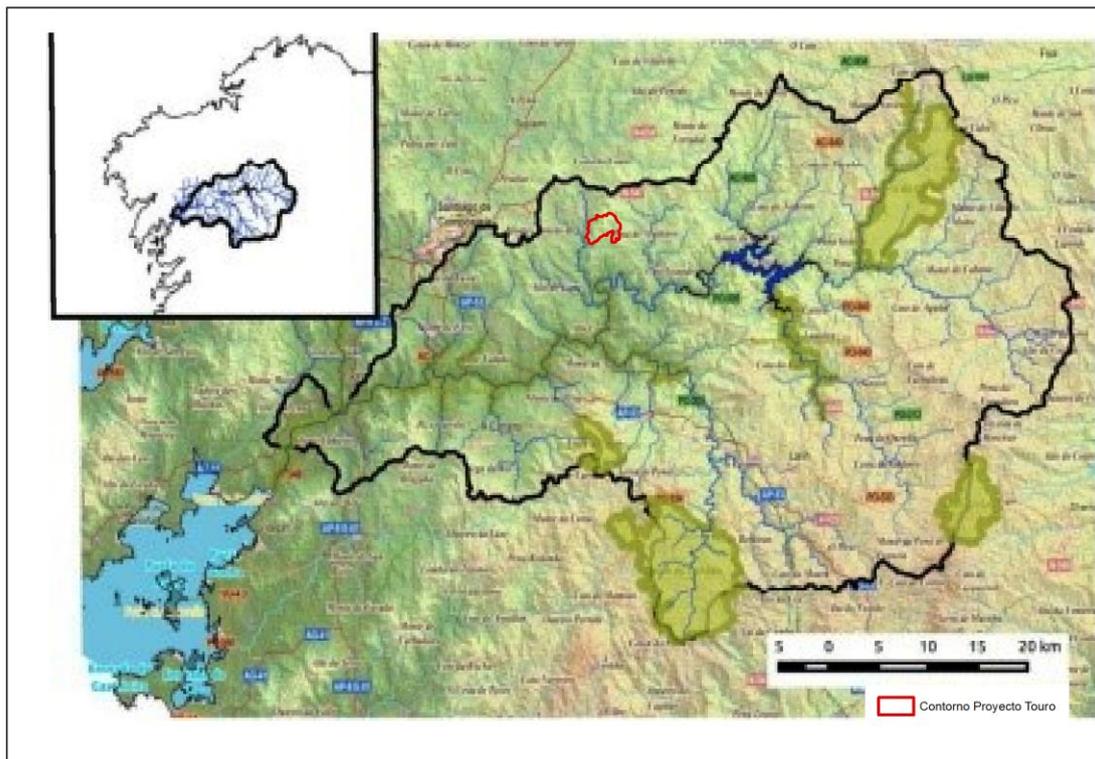


Figura 2. Localización de colonias de *Margaritifera margaritifera* en la cuenca del Ulla.

Dada la elevada sensibilidad de estos organismos a cualquier tipo de contaminación o degradación del medio, cabe concluir, que el impacto acidificante ha sido contrarrestado, por el elevado caudal del Ulla, lo que demuestra una vez más que incluso sin control, con técnicas más rudimentarias de explotación y sin conocimientos profundos sobre los problemas que podía causar la minería, el impacto en la cuenca no ha sido notorio y, por supuesto, no hay ninguna posibilidad de una afección a la ría de Arousa, ni a sus recursos piscícola-marisqueros ni a sus hábitats. La afección nunca ha pasado de Pontevea, en la situación más pésima.

Para el *Galemys*, los autores del proyecto Life Margal Ulla encuentran como indicios de existencia, (se llegó a pensar que no estaba presente al no capturar ejemplares), su distribución se concentra en los pequeños cursos fluviales con elevada y densa cobertura vegetal, estando aparentemente ausente del curso principal del Ulla, quizás por su excesivo caudal. No hay datos del Lañas, pero si del Brandelos que ponen de manifiesto que no ha sido eliminado de la parte baja de esta corriente fluvial. De nuevo, y al igual que para el mejillón de río, los autores del informe consideran que su recuperación se facilitaría con la eliminación de obstáculos, el incremento de la extensión y cobertura vegetal del bosque de ribera y correcta gestión de los purines.

2.3 Repercusión de la antigua mina sobre el medio ambiente y medidas que el presente proyecto va a adoptar para que los efectos del pasado no tengan lugar.

➤ **Contexto histórico de la mina de Touro**

La extracción de los recursos minerales al encontrarse en el subsuelo supone una afección directa sobre el entorno natural y social de la zona, máxime si dicha explotación se desarrolla en un momento histórico, legal y técnico en el que no se contempla la protección ambiental como pilar fundamental desde el diseño del proyecto. Esta es la situación de partida de la Actualización del Proyecto Touro actual, ya que la anterior explotación no incorporó medidas de protección ambiental durante su ejecución, ni mejores técnicas disponibles para compatibilizar la actividad minera con la protección del medio natural y social.

En concreto, la exploración y explotación parcial del yacimiento mineral de cobre de Touro se llevó a cabo entre los años 1970 y 1986. La industria extractiva durante esta época estaba principalmente enfocada a la obtención del máximo beneficio económico posible, de ahí que las inversiones estuvieran asociadas a la modernización y tecnificación productiva y a la mejora de la seguridad de las instalaciones. Era también preocupación importante para las empresas el saneamiento financiero, no primando en ese tejido productivo la protección ambiental. Esto queda totalmente de manifiesto con la enorme crisis del cobre y la repercusión de ésta sobre la empresa Rio Tinto Minera, S.A. derivando en el cese de la explotación sin haberse realizado apenas actuaciones de restauración y clausura adecuadas para la protección del medio ambiente, y dejando una importante afección a los suelos, aguas y ecosistemas tanto en su interior como en el entorno.

A esto hay que añadir que la explotación efectuada en los años 1973-1986 se realizó en un contexto de escasas exigencias ambientales y conocimientos científico-tecnológicos sobre la oxidación de los sulfuros y los procesos de reducción o minimización de los efectos ambientales negativos, a diferencia de la situación actual.

- Hasta 1986 no se regularon los Estudios de Evaluación de Impactos Ambientales previo a la aprobación de los proyectos. Estos Estudios permiten prever los posibles efectos ambientales de las actuaciones a realizar y tomar medidas preventivas que no se tomaron en la explotación inicial, así como disponer de mejores y más eficientes tecnologías de control de posibles desviaciones negativas mucho más rápidas y efectivas, las cuales se detallarán posteriormente.
- Hasta 1982 no aparecieron las primeras normas de obligación de restauración de los efectos causados por las actividades mineras.

- No se tenía conocimiento sobre los procesos de oxidación de sulfuros metálicos y sus consecuencias ambientales, los cuales empezaron a desarrollarse fundamentalmente a partir de 1982 y, de forma más intensa en la década siguiente.
- Tampoco se disponía de un conocimiento preciso de la influencia del pH y del Eh y de las reacciones de oxidación biocatalizadas, de fundamentos teóricos biogeoquímicos sobre la reacción de suelos, aguas y los procesos de tamponización, adsorción de sulfatos y metales pesados, etc.
- Con la incorporación de España en la Unión Europea el 1 de enero de 1986, se llevó a cabo la transposición de las Directivas de las Comunidades Europeas lo cual supuso una sólida base para el desarrollo y afianzamiento de la legislación actual.

➤ **Contexto geomorfológico de la mina de Touro**

La explotación de la mina Touro se había llevado a cabo en dos zonas, denominadas Bama y Arinteiro, conectadas por un vial. En la zona de Arinteiro se llevaba a cabo el proceso de tratamiento del mineral.

Como consecuencia de las actividades mineras se eliminó completamente la cobertura vegetal y los suelos de las zonas explotadas, dejando una superficie de cortas mineras con la roca (anfíbolita) compacta y dura expuesta a la intemperie, que, en los casos en los que el agua no encontraba salida dieron origen, tras el abandono, a balsas o charcas donde se acumularon aguas acidificadas con volúmenes importantes en las cortas de Vieiro y, en menor medida, de Arinteiro.

Los materiales excavados, pero sin valor económico, eran depositados en escombreras, llegando a ocupar una superficie superior a las 300 ha, en ocasiones con más de 100 metros de espesor. Los residuos del proceso de beneficiación (flotación y separación de la calcopirita) se llevaban a dos balsas de lodos, con un total de unas 80 ha, localizadas en la zona de Arinteiro.

Estos tres tipos de superficies: cortas extractivas (inundadas o abiertas), escombreras y balsas de lodos formaron y forman el contexto geomorfológico básico desde el final de la explotación, si bien las actuaciones de valorización de residuos mineros de las escombreras y de materiales extraídos de las cortas, para la producción y comercialización de áridos de construcción, han causado modificaciones significativas de las superficies que, en gran medida, han contribuido a la mejora ambiental del espacio minero al permitir un mayor control sobre las aguas y una importante, aunque no completa, minimización de los riesgos geomorfológicos existentes.

➤ **Actuaciones de restauración en la antigua mina de Touro**

Desde 1986 existe una serie de pasivos ambientales en la superficie del actual Proyecto, habiéndose realizado desde el año 2002, en parte de la zona, actuaciones de investigación, restauración y recuperación de suelos degradados llevadas a cabo por el Laboratorio de Tecnología Ambiental de la Universidad de Santiago de Compostela (LTA-USC), previa solicitud de Augas de Galicia y la Consellería de Medio Ambiente de la Xunta de Galicia.

Para ello, el LTA-USC empleó tecnosoles con los siguientes objetivos: recuperación de suelos degradados, reutilización con valorización de residuos y secuestro de carbono. El empleo de estos tecnosoles a la carta permite la corrección de los problemas de acidificación y toxicidad de los suelos y aguas y, como consecuencia, produce la recuperación de las comunidades bióticas de los sistemas acuáticos y terrestres.

Son de especial consideración las actuaciones de investigación y restauración realizadas en la zona Bama-Brandelos, enfocadas a la recuperación de suelos y solucionar el problema de drenaje ácido, convirtió a la corta Bama en un laboratorio experimental a gran escala.

En concreto, en dicha corta se implantaron diferentes tipos de tecnosoles para solucionar el problema de drenaje ácido y recuperar el suelo. Para ello, se empleó un Tecnosol de baja permeabilidad, con la finalidad de contener el agua, así como para controlar la velocidad y tiempo de residencia, permitiendo que crezca la vegetación de forma espontánea en sus laterales y regulando los flujos de caudal, al permitir el paso sólo de la capa superficial de la columna de agua. Como refuerzo del efecto controlador del pH, las aguas pasan por un Tecnosol hipercalcino, que sube el pH de las aguas hiperácidas hasta valores de entre 4,0 y 6,0, acción que hace que se precipite el Fe soluble y que parte del Al y de los sulfatos y metales pesados sean adsorbidos.

Además, en el fondo del sistema formado ("humedal reactivo") se dispone un Tecnosol reductor, con el objetivo de eliminar oxidantes y hacer que los valores de Eh de la base permitan la inversión de las reacciones de oxidación de los sulfuros. Este efecto es el causante principal del cambio de pH. De forma adicional y para ayudar a crear un medio que pueda dar lugar a un sistema biótico sostenible, fueron añadidas plantas acuáticas (*Typha latifolia*) y Tecnosoles eutrofizantes, con altos contenidos de nutrientes en los extremos y en el sistema en conjunto.



Figura 3. Tipos de Tecnosol en la corta de Bama a 2004 (Macías-García, y otros, 2009)

Estas actuaciones de investigación ambiental mediante el empleo de diferentes tipos de tecnosoles han permitido el asentamiento de una comunidad vegetal que evoluciona en el tiempo favoreciendo la aparición de fauna espontánea, siendo los resultados obtenidos de especial importancia para la recuperación de suelos y para la reversión de la contaminación de las aguas en otras zonas alteradas.

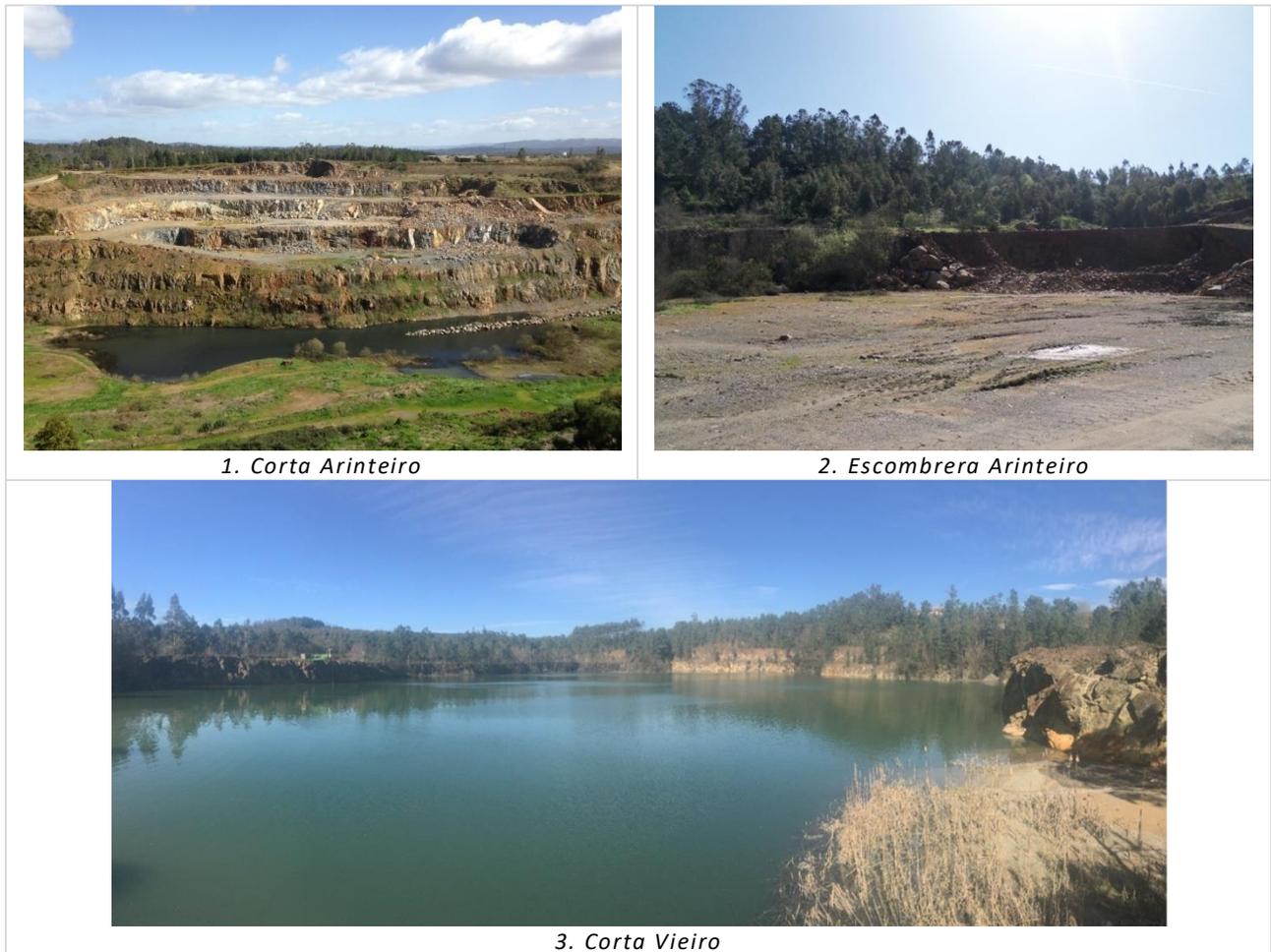
Los tecnosoles también fueron empleados en otras zonas de la mina, sin embargo, la total restauración de los pasivos solo es posible técnica, ambiental y económicamente si se encuentran incluidos dentro de un proceso de explotación-restauración secuencial que también contenga la gestión de las aguas y los residuos mineros, como es el caso del proyecto presentado.

➤ **Situación actual de la antigua zona minera**

En las siguientes imágenes se muestra la situación actual de los pasivos ambientales presentes en la zona de actuación del actual proyecto, donde también se pueden apreciar las actuaciones de restauración mencionadas.



Figura 4. Distribución y orientación de las fotografías realizadas sobre los pasivos ambientales presentes en la zona.





4. Corta de Bama



5. Corta de Bama



6. Corta de Bama



7. Corta de Bama



8. Corta Brandelos



9. Corta Brandelos



10. Escombrera Brandelos

Figura 5. Fotografías realizadas en las zonas mineras antiguas en 2017.

➤ Impactos ambientales derivados de la antigua explotación minera

Como se ha indicado, el impacto generado en el medio natural por las anteriores labores mineras se debe a la ausencia de medidas protectoras, correctoras y mejores técnicas disponibles para la prevención de impactos ambientales durante la vida del proyecto, así como la no ejecución de actuaciones de restauración y clausura sobre las superficies alteradas con carácter previo al cese de la actividad. Todo ello, dentro de un marco normativo bastante limitado en materia de protección ambiental.

Tras el cese de la explotación, la superficie minera presentaba rocas, estériles y escombreras con alto contenido en sulfuros, sometidas a continuos procesos de oxidación.

Sin duda, si se hubiera tenido el conocimiento actual de por qué se producen los efectos negativos, cómo corregirlos y, en la medida de lo posible, prevenirlos y evitarlos, gran parte de los impactos causados por la anterior explotación minera no se hubieran producido, o lo harían con una intensidad mucho menor. Estos efectos pueden sintetizarse en los siguientes:

- **Acidificación intensa de suelos y aguas por oxidación de los materiales con sulfuros expuestos a la intemperie en cortas, escombreras y depósitos de estériles.** La oxidación se inició por la actuación del oxígeno (oxidación lenta y poco acidificante), pero alcanzó condiciones de oxidación por Fe^{+3} (oxidación ultrarrápida, muy acidificante y biocatalizada), llegando el pH a los valores propios del sistema tampón ahora conocido como “**tampón férrico**”, que tamponiza formaciones superficiales a valores de **pH de 2,6-3,0**, dentro del campo de las **condiciones hiperácidas**. El aporte acidificante se produce de forma irregular, siendo más intenso con las primeras lluvias tras un período seco relativamente largo (lluvias otoñales o del principio del invierno).



Figura 6. Corta y escombreras de Bama el año 2000. Los suelos y aguas están acidificados hasta el tampón férrico. No hay crecimiento vegetal posible ni, en consecuencia, fauna.

- **Intensa oxidación, con aparición de condiciones hiperoxidantes** ($Eh > 600$ milivoltios). Se han medido en la mina Touro valores entre 600 y 900 mV).
- **Elevada conductividad eléctrica de las aguas**, producida por la formación de sulfatos por oxidación de sulfuros y la necesaria disolución de calcio, magnesio, sodio y aluminio liberados de los minerales primarios de la roca, fundamentalmente anfíboles y plagioclasas a medida que se producía la acidificación del medio. La conductividad eléctrica alcanzó valores superiores a $5000 \mu\text{S}/\text{cm}$, propia de **sistemas hiperconductores**, con concentraciones de sulfato superiores localmente a $5000 \text{ mg}/\text{l}$, propios de **medios sulfúricos**.

Dos consecuencias de la oxidación de sulfuros:

- Aguas hiperácidas, con extremófilos. 1 litro necesita 10.000 litros de agua no contaminada para diluirse.
- Al diluirse y subir el pH pueden formarse geles de Al hidroxipolimérico que elimina organismos acuáticos por fijación de estas especies en branquias, tráqueas y piel. El encalado de aguas ácidas puede producir los mismos efectos.

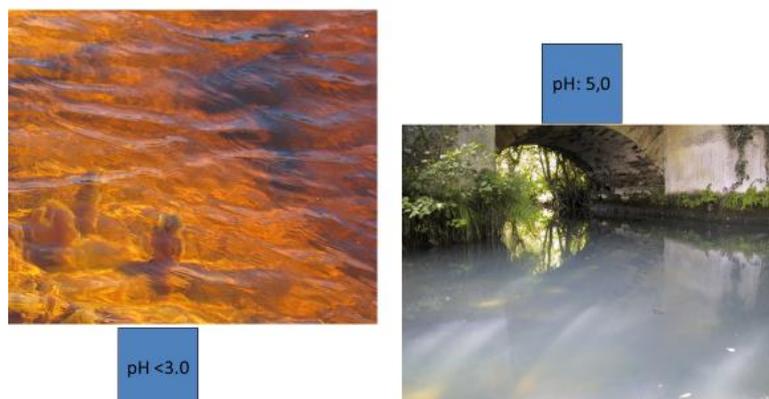


Figura 7. Formación de aguas hiperácidas, con tampón férrico y formación de aguas de aspecto lechoso con geles de Al hidroxipolimérico ($\text{Al}_{13}(\text{OH})_{29+12}$). Año 1980.

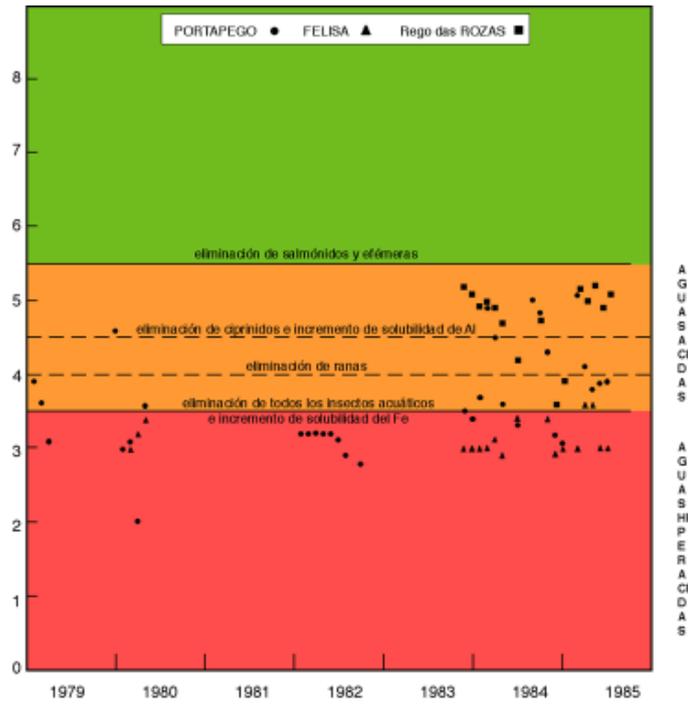


Figura 10. Afecciones a los organismos acuáticos en el período 1977-2000. Comparación de los valores mínimos de pH mensual en las aguas de salida de la balsa de estériles a los cursos del Protapego, Felisa y Rego das Rozas durante el período de explotación

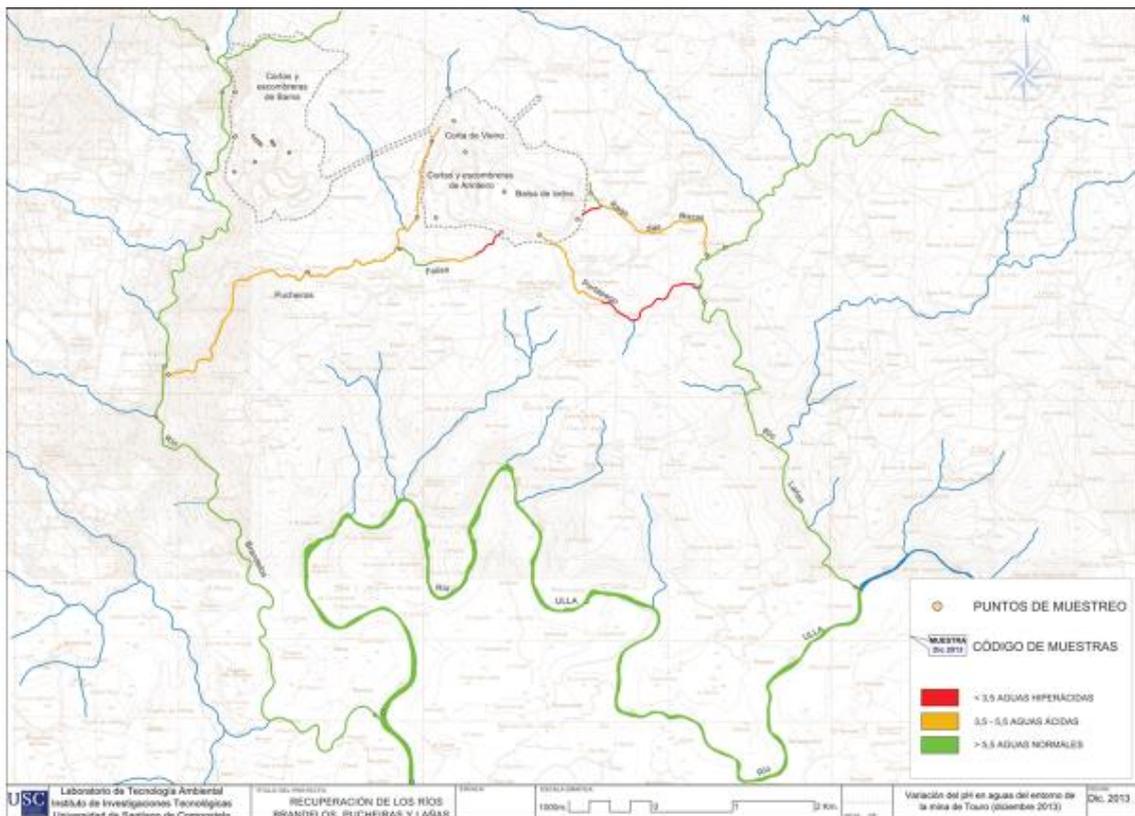


Figura 11. Valores de pH de los ríos tras las actuaciones de recuperación con suelos artificiales y Tecnosoles.



Figura 12. Estado actual de la salida del Portapego.

En estas aguas del Portapego no se han realizado actuaciones de recuperación por la presencia de organismos extremófilos con mayor biodiversidad desconocida para la ciencia que en el río Tinto (ADN desconocido > 80%). La corrección de este sistema podría suponer la eliminación de una biodiversidad de elevado interés científico para aspectos como el origen de la vida, las posibilidades de vida extraterrestre o la extracción de enzimas capaces de eliminar contaminantes orgánicos de elevada persistencia y peligrosidad.



Figura 13. Archeobacteria con schwermanita.

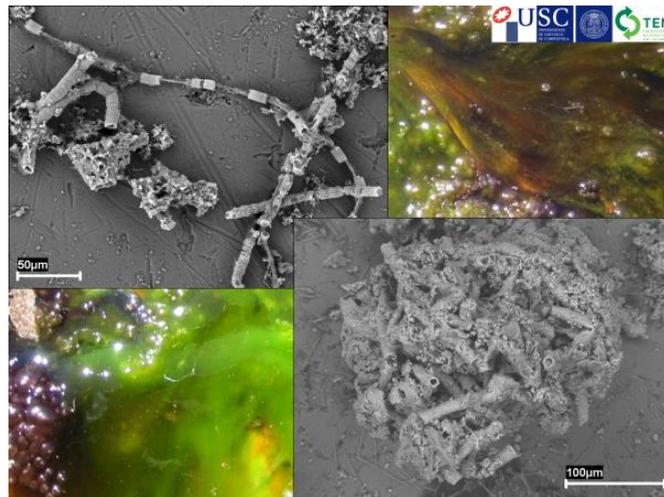


Figura 14. Algas hiperácidas que realizan bioremediación cargándose de metales. Los filamentos se recubren de oxihidróxidos y sulfatos de Fe y Al y luego se agrupan en concreciones de tipo estromatolítico.

- **Movilización en las aguas de especies de aluminio de elevada toxicidad:** Las condiciones de acidez extrema y las altas concentraciones de sulfatos producidas dieron origen a la disolución del aluminio presente en las plagioclasas, con formación de aguas con concentraciones de Al superiores a 100 mg/l en la que las especies libre (Al^{+3}) y los complejos sulfatados (Al-SO_4^+ y $\text{Al-(SO}_4)_2^-$) eran las dominantes. Estas especies son extremadamente tóxicas para los organismos acuáticos, especialmente la forma libre, pero además, en el curso de la recuperación por dilución y subida del pH pueden dar origen a geles de elevado tiempo de residencia en las aguas, $(\text{Al}_{13}(\text{OH})_{29})^{+12}$ (Figura 7), que se adhieren en piel, branquias, tráqueas y otras superficies orgánicas, eliminando todos los sistemas vitales que aún podían permanecer en los medios hiperácidos (organismos extremófilos, fundamentalmente arqueobacterias, bacterias y algunas algas clorofíceas).
- **Movilización de concentraciones anómalas de Mn y Fe procedentes de los minerales de las anfibolitas, fundamentalmente de los ferromagnesianos.** Se han medido valores de hasta 100 mg/l. En el caso del Fe, los efectos no son excesivamente peligrosos pues precipita con facilidad a la menor modificación del pH por dilución, tiñendo de rojo los fondos de los cauces y formando diferentes formas y composición de precipitados: sulfatos (jarositas), hidrosulfatos (schwermanita) e hidróxidos amorfos de composición muy heterogénea (ferrihidritas) que evolucionan hacia goethita y, en algunos casos a hematita, cuyo principal efecto ambientalmente negativo es la adsorción de fosfatos que realizan, pero que también tiene el aspecto positivo de fijar sulfatos y metales pesados reduciendo su movilidad y biodisponibilidad. En el caso del Mn, su efecto tampoco es muy negativo, aunque reduce la calidad de las aguas, por la coloración y pérdida de propiedades organolépticas que induce su presencia a partir de concentraciones superiores a 1 mg/l. Su

principal inconveniente es la dificultad de reducir la concentración pues es soluble hasta valores de pH muy elevados.

- **Movilización de metales pesados presentes en la mineralización.** Es el caso de Cu y, en mucha menor medida, Zn y Ni. Las especiales características del yacimiento, en el que solo aparecen como minerales abundantes en las zonas mineralizadas: piritita, pirrotina y calcopirita, con algo de blenda y bornita, explican las bajas concentraciones de los elementos de mayor riesgo ambiental, como son: As, Cd, Hg, Cr o Pb, por lo que el yacimiento de Touro presenta una menor peligrosidad por elementos de riesgo que los de la Faja Piritica Ibérica. El Ni está asociado a pequeñas zonas de anfibolitas fracturadas que han sido ligeramente serpentinizadas por procesos hidrotermales fisurales por lo que sus anomalías son de escasa entidad. El Cu, era el elemento extraído y beneficiado con una buena recuperación, por lo que sus concentraciones nunca fueron excesivamente elevadas (< 5 mg/l) y el Zn tampoco representaba un problema serio por su menor toxicidad y relativamente bajas concentraciones (< 10 mg/l).

Estos efectos de la exposición de los sulfuros han afectado de forma continua a las aguas y suelos, lo que unido a los efectos de eliminación de los suelos superficiales dejó unas superficies, geomorfológicamente alteradas, con suelos de mina carentes de elemento nutrientes (N, P, K), ni posibilidad de obtención de energía por los microorganismos (ausencia o muy bajo nivel de C) en las que solo podían desarrollarse los extremófilos, donde no podían germinar las semillas y cualquier planta introducida era rápidamente eliminada, lo que llevó a una superficie de cortas y escombreras estériles, en las que no se percibía ningún sonido por la total ausencia de insectos, aves, anfibios, etc).

Las aguas de salida de la mina afectaron fundamentalmente a los arroyos del entorno por salida de aguas superficiales hacia los cursos de los arroyos Brandelos, Pucheiras, Felisa, Portapego y Rego das Rozas que, a través de su descarga a los ríos Lañas y Brandelos llegaron al Ulla aportando aguas ácidas, con anomalías de concentración de sulfatos, Al, Fe, Mn y, en mucha menor medida, Zn, Cu y Ni. Los arroyos del entorno antes citados quedaron desprovistos de sus organismos acuáticos naturales (peces, insectos, anfibios,..) y se perdieron las cualidades necesarias para su uso en: cría de peces, baño, riego o potabilización. Sin embargo, el elevado caudal del río Ulla permitió mitigar y reducir fuertemente los impactos, como lo demuestra que organismos tan sensibles como el mejillón de río, *Margaritifera margaritifera*, todavía se encuentre aguas abajo de la entrada de estos arroyos en el Ulla y que curiosamente sea en esta zona donde los investigadores del proyecto LIFE Margal Ulla (LIFE 09 NAT/ES/ 000514. FINAL Report. 2017) hayan encontrado la **mayor diversidad genética, recomendando su utilización para las actividades de reproducción y regeneración de las poblaciones en el resto de la cuenca.** Este mismo informe recoge que, aunque el

deterioro del Ulla medio causado por las actividades mineras es importante, son otros los factores de degradación de la cuenca del Ulla los que afectan más a la supervivencia de los organismos en vías de extinción estudiados, mejillón de río (*Margaritifera margaritifera*) y topo de río (*Galemys pirenaicus*). Entre estos factores están la enorme reducción de la extensión del bosque de ribera, con sus efectos negativos sobre el grado de cobertura y aporte de nutrientes (deriva alimenticia), los obstáculos (presas,..) y los aportes agroganaderos, con especial importancia de los purines. Por ello, las principales actuaciones de mejora de la calidad de la cuenca se han orientado a: regenerar bosque de ribera, con plantación de miles de árboles, a eliminar obstáculos, abriendo canales de comunicación allí donde se podía y autorizaba y a buscar alternativas de uso a los purines que mitiguen su llegada al río Ulla.

El estudio de esos impactos ha permitido comprobar que, con la explotación anteriormente realizada nunca se identificó un impacto de origen minero aguas abajo de Pontevea, quedando reducidos mucho antes (Lestedo) por la dilución con los aportes de ríos y arroyos no afectados. Sólo una vez en un año muy seco, con muy escasas aperturas del embalse de Portodemouros se identificó en Pontevea un exceso de concentración de cobre, si bien hay que señalar que el aporte de sulfatos que realizan los cursos Brandelos y Lañas al Ulla es elevado y que la recuperación de los niveles naturales no se logra hasta la desembocadura, pero hay que tener en cuenta las concentraciones reales. En el Ulla alto la concentración de sulfatos es del orden de 2 mg/l. Tras la llegada de las aguas procedentes del sector minero suben a 12 mg/l y se mantienen en valores superiores a 6-8 mg/l hasta la desembocadura. Supone un incremento de 3 a 6 veces los niveles de aguas arriba, pero las concentraciones no suponen ningún riesgo ambiental, pues son claramente inferiores al nivel de 200-250 mg/l, que suele ser utilizado para determinar un impacto por sulfatos y mucho más si se las compara con las concentraciones de hasta 2000 y 2500 mg/l de sulfatos que se admiten en los vertidos de la cuenca del Duero. **En consecuencia, debe concluirse que el efecto de la antigua actividad minera de Touro sobre el río Ulla es nulo o muy poco significativo.**

La atenta lectura del informe Margal Ulla orienta la mejora de la cuenca alta y media del Ulla hacia la ampliación del muy deteriorado bosque de ribera, el control de los residuos agroganaderos y la ruptura o mitigación de los obstáculos. Por supuesto, el resto del río, desde el aporte de aguas del entorno minero hasta la desembocadura tiene unas excelentes condiciones de calidad por lo que no son sostenibles los impactos potenciales de daños a la ría de Arousa y sus recursos. **Ni siquiera en el período de actividad de la explotación minera y en la posterior etapa de oxidación de cortas, escombrera y depósitos de estériles sin actuaciones correctoras hubo impactos mineros en la ría de Arosa y, por ello, resulta mucho menos factible que**

puedan producirse en un nuevo contexto, de mayor conocimiento, exigencias normativas ambientales y posibilidades de control de los efectos.

➤ **Actuaciones de protección y mejora que presenta el actual Proyecto**

Una vez identificados los pasivos mineros y ambientales de la zona y los impactos derivados de los mismos es necesario enmarcar la situación del actual Proyecto Touro, que difiere totalmente del proyecto anterior, debido a:

- Mayores exigencias ambientales por parte de las Administraciones, de la Sociedad y de las empresas.
- Amplio marco ambiental normativo de obligado cumplimiento para los proyectos mineros, partiendo de la evaluación ambiental previa del proyecto y la emisión de los condicionantes ambientales a través de la Declaración de Impacto Ambiental.
- Presentación de un Plan de Restauración previo al inicio de la explotación minera.
- Presentación de avales de restauración por parte de la empresa promotora antes del comienzo de la explotación.
- Legislación específica que regula la gestión de residuos mineros y seguridad de las instalaciones para la gestión de los mismos.
- Mayores conocimientos científico-tecnológicos preventivos y de capacidad de mitigación.
- Mayor y mejores técnicas de seguimiento y control ambiental a través de organismos de control autorizados por la administración.
- Implantación, seguimiento, evaluación y corrección, si procede, desde el comienzo y, de forma paralela a la actividad minera.

Por ello, es importante indicar que el Proyecto presentado difiere totalmente del anterior, puesto que se realiza desde la fase de planificación y diseño bajo la perspectiva del desarrollo sostenible, el cual surge de la interrelación de estos tres pilares fundamentales: ambiental, social y económico, siendo estos los mismos pilares sobre los que se ha diseñado el proyecto:

- Justificación Medioambiental, imprescindible para compatibilizar el desarrollo de las labores con el entorno ambiental en el que se emplaza, minimizando así los efectos ambientales derivados del mismo.
- Justificación socio-económica y de interés general.
- Justificación técnico-económica; viabilidad del proyecto minero.

Como se indica en la Parte I del Estudio de Impacto Ambiental de la Actualización del Proyecto Touro, los criterios ambientales, la rehabilitación ambiental de la zona, las guías de buenas prácticas ambientales para el sector minero y documentos específicos de referencia europea sobre las MTD (Mejores Técnicas Disponibles o BAT en inglés) como es el caso del documento BREF denominado Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from the Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC han dirigido el diseño del proyecto y han formado parte imprescindible en la selección de la alternativa ambientalmente más viable.

La incorporación en el Proyecto de todas las medidas de protección, corrección y buenas prácticas ambientales en relación a todos los aspectos ambientales y sociales de la zona avalan un proyecto diseñado desde el respeto y la protección del medio ambiente, que es una parte integrante, indivisible y trascendente dentro del mismo.

A continuación, se identifican las principales medidas de actuación del actual Proyecto, para la protección y rehabilitación del entorno natural:

1. Relleno de los huecos de explotación con residuos mineros.

Uno de los aspectos más relevantes y diferenciadores respecto a la anterior explotación es el Plan de Restauración de las superficies afectadas por el actual Proyecto, redactado conforme al *Real Decreto 975/2009, de 12 de junio, sobre gestión de los residuos de las industrias extractivas y de protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades mineras* (en adelante, RD 975/2009), que establece actuaciones exigentes y concretas respecto a las instalaciones de residuos mineros, aspecto de vital importancia tanto a nivel de seguridad como de protección ambiental.

El Plan de Restauración del Proyecto incorpora la restauración de los terrenos de forma progresiva a las actuaciones de explotación, reduciendo de esta forma las superficies afectadas y evitando una situación como la acontecida con anterioridad. A esto hay que sumarle la constitución, antes del comienzo del laboreo, de dos garantías financieras para responder de las obligaciones impuestas por la autorización del Plan de Restauración en relación con la rehabilitación del espacio natural afectado (artículos 42 y 43 del R.D. 975/2009), las cuales serán revisadas periódicamente para garantizar el cumplimiento de las obligaciones impuestas por el órgano sustantivo.

Además de lo indicado, el actual Proyecto cumple con uno de los objetivos del Plan de Gestión de Residuos Mineros (PGRM) del R.D. 975/2009, respecto al relleno con este tipo de residuo del hueco de explotación, tal y como nos recomienda también una Mejor Técnica Disponible contenida en la BAT 10, la cual dice que “en caso de ser posible, usar cortas abiertas minadas cercanas para el relleno con los estériles de extracción”. El cumplimiento de este objetivo supone la reconstitución del relieve original de la zona y su correcta restauración ambiental, de ahí que el Proyecto haya

sido diseñado para garantizar la restitución de los terrenos afectados y la integración topográfica y paisajística de la zona. Para ello, se ha optado por un sistema de explotación mediante **minería de transferencia**, a fin de emplear el propio estéril de mina en el relleno secuencial de los huecos de explotación. Del mismo modo, y para dar cumplimiento al objetivo mencionado del PGRM y la BAT 10, se ha considerado el acondicionamiento de las cortas Vieiro y Arinteiro, una vez explotadas, como depósito de estériles de planta, lo cual conlleva los siguientes beneficios ambientales:

- Relleno y restauración de las cortas Vieiro y Arinteiro.
- Evitar la construcción de depósitos de estériles adicionales.
- Total, confinamiento de los estériles en el interior de los huecos mineros,
- Evitar la ocupación de nuevos terrenos y los impactos asociados.

2. Restitución geomorfológica y ambiental de los terrenos.

Es objetivo del Proyecto conseguir la total restitución geomorfológica y ambiental de los terrenos, para ello, contempla dentro de las labores de explotación-restauración secuencial la reutilización de las escombreras de estériles de mina NAG (potencialmente no generadores de drenaje ácido), para encapsular el material PAG y reducir impactos futuros, su empleo en construcción, el relleno final de las cortas y la reconfiguración final del relieve afectado, a fin de conseguir una topografía alomada y totalmente integrada en el entorno. El uso de estériles depositados en las escombreras para su aprovechamiento en el relleno de cortas supone desde el punto de vista económico un gasto extra considerable para el proyecto, ya que requiere la movilización de grandes volúmenes de estériles acopiados para la completa restauración del terreno, primando el criterio ambiental frente al económico.

Durante la última fase de restauración se procede a la reconfiguración final de las superficies resultantes tras el relleno con el material restante de las escombreras temporales, a fin de crear una superficie alomada e integrada en el entorno. En las siguientes imágenes se puede comparar la situación actual, donde se ven las zonas afectadas por la explotación anterior, y la situación futura, donde los pasivos mineros existentes han sido integrados en el propio proceso de restauración del proyecto.

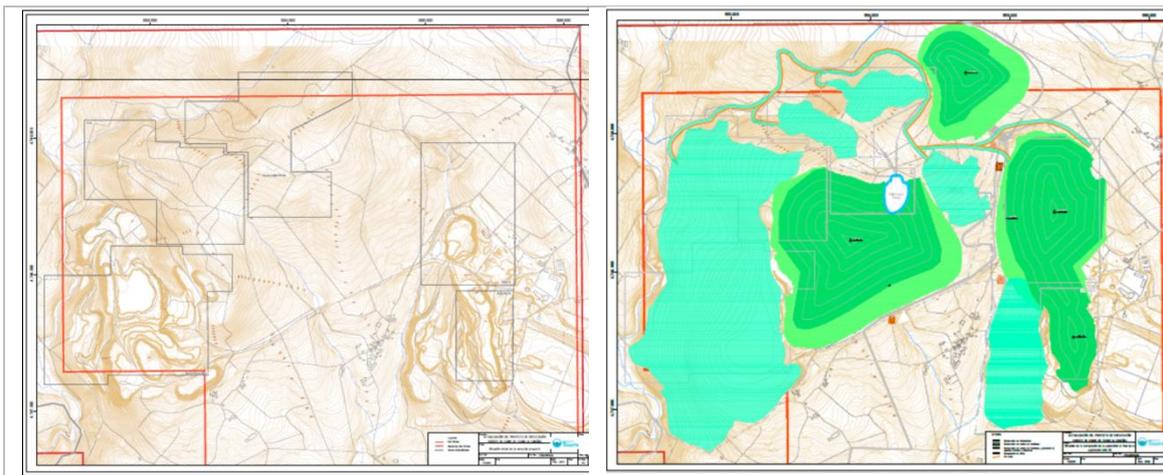


Figura 15. Comparación de la situación actual e inicial de las superficies explotadas antiguamente (izquierda) y de la fase final de restauración (derecha).

3. Gestión eficiente del suelo ocupado y de los recursos naturales.

Mediante un sistema de explotación-restauración secuencial se consigue la gestión eficiente del suelo, del espacio ocupado y de los recursos naturales. En la siguiente tabla se muestra la superficie del proyecto que permanece con vegetación (existente o revegetada) en cada fase de explotación. En la columna de porcentaje se puede observar que la mayor parte de las superficies se encuentra cubierta de vegetación, gracias al sistema de explotación seleccionado.

Superficie total del perímetro del Proyecto (Ha) 689,65	Superficie acumulada afectada por el Proyecto (Ha)	Superficies acumuladas restauradas (Ha)*	Superficie con vegetación (original o revegetada) (Ha)	Porcentaje de superficie con vegetación (original o revegetada) (%)
Fase 0 (18 meses)	52,77	0	636,88	92,35%
Fase 1 (año 1, 2 y 3)	266,67	23,3	422,98	61,33%
Fase 2 (año 4)	287,77	23,3	401,88	58,27%
Fase 3 (año 5)	268,25	58,62	421,4	61,10%
Fase 4 (años 6, 7 y 8)	241,27	173,78	448,38	65,02%
Fase 5 (años 9 y 10)	279,37	173,78	410,28	59,49%
Fase 6 (años 11 y 12)	282,92	209,78	406,73	58,98%
Fase 7 (año 13)	254,36	252,19	435,29	63,12%
Fase final (año 14 y 15)	0	548,37	689,65	100,00%
Total	506,55	548,37	689,65	100,00%

*Nota: La superficie acumulada restaurada es superior a la explotada ya que se restauran todos los pasivos mineros presentes en el área de actuación del proyecto, aunque no hayan sido objeto de aprovechamiento minero.

Para la gestión del suelo se procederá a retirar de forma secuencial la tierra vegetal para su correcta conservación, y a su reutilización una vez finalice la vida operativa de cada una de las instalaciones mineras, para reducir la superficie alterada y el tiempo de acopio. Sobre el suelo reubicado se llevarán a cabo las enmiendas edáficas necesarias para que el suelo recupere sus características originales y pueda continuar su proceso evolutivo.

En cuanto a las necesidades de agua, el balance de agua del proyecto en su conjunto considera el uso de aquellas aguas que hayan entrado en contacto con zonas de explotación. El proceso de tratamiento de mineral trabajará en **circuito cerrado**, de manera que se retornarán todas las aguas de proceso, trabajando en condiciones de vertido cero de estas aguas.

4. Gestión y rehabilitación de los pasivos ambientales existentes

El Proyecto contempla la inclusión de las zonas explotadas hasta 1986 en el sistema de explotación-restauración secuencial y en el sistema integral de gestión de todas las aguas del proyecto.

Las antiguas cortas presentes serán explotadas y restauradas mediante relleno con estéril. Esta restauración se realizará de forma progresiva al avance de la propia explotación. Igualmente, las escombreras presentes en la actualidad serán gestionadas en el propio proceso extractivo y convenientemente depositadas según las características de sus materiales.

5. Restauración de la totalidad de los terrenos afectados.

En la siguiente infografía se muestra la situación final del Proyecto tras la total restauración de las superficies afectadas (incluidas las antiguas zonas explotadas presentes en su interior):



Figura 16. Infografía situación final del Proyecto tras la restauración

6. Gestión de las aguas.

Un aspecto trascendente para la protección del medio ambiente es la correcta gestión de las aguas, para ello, el Proyecto recoge importantes medidas de gestión de estas aguas y buenas prácticas ambientales que suponen grandes inversiones destinadas a protección ambiental y una diferencia destacable respecto a la anterior explotación. En concreto, el Proyecto cuenta con un Sistema Integral de Gestión de todas las aguas, incluidas las aguas existentes actualmente en la superficie de ocupación del proyecto debido a las anteriores labores mineras. Mediante este sistema de gestión de las aguas se evitarán situaciones de riesgo potencial sobre el sistema hídrico.

A continuación, se identifican los elementos de protección y control del Plan Integral de Gestión de las Aguas del Proyecto:

- Red de bombeo para el desaguado de las antiguas cortas Vieiro y Arinteiro, bombeo de las aguas sobrenadantes en la superficie de los nuevos depósitos de estériles de tratamiento y, bombeo en el fondo de las nuevas cortas durante su explotación. Las aguas bombeadas se enviarán a sus correspondientes destinos (depósitos o balsas) en función de sus características y de su posterior reaprovechamiento interno.
- Canalización perimetral de escorrentías para evitar contacto con zonas operativas del proyecto.
- Red de canalización y sistemas de drenaje interior para la gestión de las aguas de contacto hasta las correspondientes balsas y posterior uso en función de las necesidades del proyecto.
- Balsas o piscinas de agua. El proyecto contempla la implantación de una serie de balsas de agua destinadas a la gestión de las diferentes aguas del proyecto, tales como balsas de decantación, piscinas de filtración, balsa de agua fresca, balsa de agua de proceso, ect.
- Planta de tratamiento de agua (PTA). El proyecto, aunque trabajará en régimen de vertido cero, contempla la construcción de una planta de tratamiento de aguas para alcanzar los parámetros de calidad de vertido y cumplir con los niveles medioambientales exigibles. Dicho vertido requerirá la autorización expresa del organismo competente, cuyos condicionantes y requerimientos serán de obligado cumplimiento.

Todas las instalaciones necesarias para la correcta gestión del agua deben estar ejecutadas y operativas antes del inicio de la fase de operación.

7. Prevención y gestión del drenaje ácido y filtraciones.

El Proyecto también cuenta con medidas concretas para prevenir y mitigar la generación de drenaje ácido y las filtraciones. En concreto, para los materiales PAG que van a ser encapsulados, el proyecto define perfectamente las actuaciones a realizar.

Una de las actuaciones preventivas que se han diseñado es la utilización de sistemas de control de los materiales sólidos encapsulados de los elementos de mayor riesgo: estériles PAG y estériles de tratamiento.

A pesar de que la zona está ampliamente mineralizada con sulfuros, apenas hay fuentes ácidas conocidas. La permeabilidad de los materiales metamórficos (anfíbolitas y esquistos) es muy baja, no hay acuíferos importantes, ni un flujo general de aguas subterráneas, sino que las aguas subsuperficiales se mueven a través de los sistemas fisúales, por las fracturas existentes. Durante la fase de explotación anterior los materiales excavados salían mayoritariamente sin oxidar ni acidificar, lo cual también se puede comprobar en las labores que actualmente se realizan en la corta de Arinteiro, donde sólo asociado a algunas fracturas aparecen evidencias de oxidación.



Figura 17. Corta Arinteiro

La casi totalidad de los materiales en los bancos de la corta de Arinteiro no presenta evidencias de oxidación, ni humedad, lo que demuestra que los sulfuros, en zonas no explotadas, están mayoritariamente en condiciones de estabilidad termodinámica y que solo la fracturación hace una pequeña zona oxidante de muy escaso impacto, mientras que la exposición a la intemperie genera la rápida desestabilización con la consiguiente oxidación y acidificación.

El yacimiento tiene los sulfuros en forma estable porque no entran en contacto con ellos compuestos oxidantes, O_2 , agua de lluvia oxigenada, nitratos, o formas de Fe y Mn oxidantes. Lo mismo ocurre en el antiguo depósito de estériles, aunque en menor

medida. Sondeos efectuados en los años 2000 han puesto de manifiesto que la mayor parte del material apilado no está oxidado, conservando el color verdoso (piritas verdes). Solo la capa superficial, de unos 2-3 m y la más profunda donde hay agua con Fe^{+3} están oxidadas. Esto significa que, si en las zonas encapsuladas los materiales quedan secos, fuera de la presencia de oxígeno y Fe^{+3} tendrían un comportamiento similar al de los materiales del yacimiento. Por ello se proponen las siguientes actuaciones.

- Seleccionar e incorporar los materiales a encapsular lo más rápidamente posible para evitar una oxidación intensa y la formación de Fe^{+3} como por ejemplo es el caso de estériles de mina PAG que serán encapsulados por estériles de mina NAG.
- Cuando no sea posible eliminar la generación de drenaje ácido, realizar una red de drenajes interiores que recolectarán las aguas de filtración a una piscina diseñada e impermeabilizada para tal uso. Dicha agua se bombeará a un estanque de agua recuperada (E.A.R.).

Todas las medidas de protección frente al drenaje ácido serán objeto de seguimiento y control dentro del Plan de Vigilancia y Control Ambiental. Además, se ha establecido una red de control de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, interiores y exteriores al proyecto, que estará operativa durante todas las fases del proyecto (preoperacional, operacional, clausura y post-clausura).

El sistema integral de gestión de las aguas y las medidas de seguimiento y vigilancia no solo protegerá las aguas superficiales y subterráneas del entorno en el que se emplaza el proyecto, sino que corregirá el actual impacto ambiental derivado de los pasivos ambientales y mineros existentes en la zona al hallarse los mismos incluidos dentro del sistema de gestión de aguas, lo cual supone una considerable actuación de corrección y protección de los sistemas hídricos de la zona.

8. Protección de la calidad del aire.

El Proyecto también cuenta con eficientes medidas protectoras y correctoras, así como buenas prácticas mineras frente a la emisión de polvo (durante épocas secas riego permanente de pistas interiores de mina, riego durante operaciones que generan polvo – carga y descarga de estéril y mineral), ruido y gases (mediante voladuras controladas y pantallas protectoras), las cuales serán sometidas a un Plan de Vigilancia y Control específico para comprobar su eficacia.

METEOSIM ha desarrollado para COBRE SAN RAFAEL un sistema operativo de predicción meteorológica y de calidad del aire durante toda la vida del proyecto. Este sistema es una importante medida de protección y de vigilancia, ya que servirá para previsión, detección temprana y gestión de emisiones e impactos atmosféricos.

9. Mejores técnicas disponibles en las instalaciones de tratamiento de mineral.

La planta de tratamiento de mineral e instalaciones asociadas también contarán con las mejores técnicas disponibles en el mercado para minimizar las emisiones de gases, ruidos y resto de emisiones atmosféricas, como sistemas de captación y supresión de polvo, sistema de aviso ante la formación excesiva de polvo, aislamiento acústico, etc que serán sometidos a planes de mantenimiento específicos.

10. Estudios de línea de base.

Otro aspecto diferenciador del Proyecto respecto a la anterior explotación son los estudios de línea de base realizados durante la fase de redacción del proyecto, parte de los cuales están siendo complementados y ampliados en tiempo y alcance durante esta fase de tramitación, a fin de conseguir una mayor comprensión de la situación actual del entorno en el que se emplaza el proyecto y un seguimiento adecuado de todos los aspectos ambientales durante la ejecución del mismo en aras de la protección ambiental y social de la zona. A continuación, se indican los estudios ampliados, que están siendo realizados por profesionales especialistas en cada sector:

- Campaña de aforos, hidroquímica y biológica, además de alternativas para los abastecimientos actuales afectados. Realizado por el Grupo da enxeñaría da auga e do medio ambiente (GEAMA) de la UAC.
- Modelización de transporte de contaminantes al Río Ulla. Realizado por el Grupo da enxeñaría da auga e do medio ambiente (GEAMA) de la UAC.
- Estudio afección al Ulla y Ría de Arousa, dirigido por Ricardo Prego, CSIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas), mediante el Instituto de Investigaciones Marinas de Vigo.
- Estudio de caracterización de la calidad del aire realizado por la empresa Meteosim. Esta empresa ha desarrollado un sistema predictivo que será empleado durante toda la vida del Proyecto, como herramienta funcional y práctica para la detección del origen de episodios de mala calidad del aire, así como de alertar de forma proactiva de situaciones meteorológicas complejas. Dicho programa contará también con un sistema automático de alertas, que informe a la empresa promotora sobre posibles superaciones del valor de alerta preestablecido para su inmediata corrección.
- Estudio de previsión del impacto acústico realizado por las empresas Novotec y Gia-Acústica.
- Estudio arqueológico elaborado por Antón Malde (Malde Arqueología).
- Ampliación del estudio socioeconómico por Aureliano Garcia Llanos.
- Caracterización de estériles en fase de elaboración por la empresa Golder Associates.

Estos estudios previos son de gran importancia para la protección del entorno ambiental de la zona, según indica el documento BREF de referencia y la Guía de Buenas Prácticas para la Minería y la Biodiversidad del ICMM.

11. Programas de investigación en materia de biodiversidad.

El Proyecto también contempla programas de investigación en materia de biodiversidad y de protección del medio natural, habiéndose presentado un programa de medidas experimentales a realizar durante la fase de funcionamiento del proyecto. Entre dichas medidas se encuentran las siguientes:

- Creación del primer parque de estudio de organismos extremófilos, modelización termodinámica de aguas de alteración gossanica y procesos de neoformación mineral en sistemas hiperácido. Se recomienda su estudio, tanto por su importancia para el origen de la vida, como por la biodiversidad de organismos y sistemas enzimáticos presentes que pueden tener importantes aplicaciones ambientales.
- Medidas experimentales para la recuperación y conservación de hábitats:
 - o Creación de la “Casa de los brezos”, consistente en acondicionar pequeñas parcelas de 50 m x 50 m, para favorecer el desarrollo de los diferentes tipos de brezos existentes en Galicia.
 - o Acondicionamiento de parcelas experimentales para el empleo de plantas microrrizadas de castaño y roble, a fin de comprobar su evolución y desarrollo, con la finalidad de ser empleadas en las labores de restauración.

Estos documentos de MEDIDAS EXPERIMENTALES se adjuntan como anexo al presente documento.

12. Recuperación y mejora del valor ecológico.

El Proyecto Touro dispone de un Plan de Restauración específico, el cual tiene como uno de sus objetivos prioritarios la recuperación y mejora del valor ecológico del área afectada mediante la recuperación y diversificación de hábitats y la integración de la zona en el paisaje.

Como medida correctora del proyecto para la recuperación del valor natural de los terrenos y en concreto de los hábitats de interés comunitario prioritarios existentes años atrás, se contempla la restauración de parte de los terrenos del proyecto mediante:

- Formación arbustiva de brezal-tojal, con *Erica ciliaris*, *Erica tetralix* (características del HIC 4020*) y otras especies de brezos y tojos típicos de la zona.

- Revegetación de las riberas de los desvíos de los tramos de los arroyos afectados con *Alnus glutinosa* y *Fraxinus excelsior* (características del HIC 91E*), que estarán acompañados de especies propias de vegetación de ribera como Sauce blanco (*Salix alba*), Sauce cenizo (*Salix atrocinerea*), Abedul (*Betula celtiverica*) y Avellano (*Corilus avellana*).

13. Gestión de los residuos no mineros.

El Proyecto también contempla la gestión eficiente de los residuos no mineros que deberán ser correctamente almacenados, segregados y retirados según indica la legislación de aplicación.

➤ Conclusión

En el presente apartado se han identificado los aspectos del Proyecto presentado más relevantes y diferenciadores respecto a la antigua explotación, hallándose dichas medidas protectoras y correctoras desglosadas y definidas en detalle en el documento denominado MEDIDAS PROTECTORAS, CORRECTORAS Y COMPENSATORIAS DE LA ACTUALIZACIÓN DEL PROYECTO TOURO que Cobre San Rafael S.L. ha desarrollado para dar respuesta al informe de la Dirección Xeral de Calidade Ambiental e Cambio Climático, Consellería de Medio Ambiente e Ordenación do Territorio. Indicar también que todas las medidas protectoras y correctoras serán objeto de un riguroso Plan de Vigilancia y Control Ambiental específico, para asegurar que se cumplen los límites establecidos por la legislación de aplicación y en la Declaración de Impacto Ambiental.

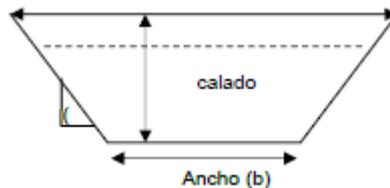
Por consiguiente, el Proyecto Touro contempla la combinación de medidas protectoras y correctoras concretas y eficientes, normas de buena conducta ambiental, buenas prácticas para el trabajo y mejores técnicas disponibles, para que sea compatible con el medio ambiente dentro del concepto de sostenibilidad, integración, protección y rehabilitación, además de estar supeditado a un riguroso y extenso marco normativo que no solo garantiza la correcta ejecución del proyecto y la protección de todos los aspectos ambientales y sociales, sino que obliga a la empresa promotora a depositar una serie de garantías financieras antes del inicio de la actividad para responder a las obligaciones impuestas por la autorización del Plan de Restauración en relación con la rehabilitación del espacio natural afectado (RD 975/2009), periódicamente actualizables, todo lo cual marca notablemente la diferencia respecto a la anterior explotación.

2.4 En los desvíos de arroyos y el canal perimetral de protección puede darse la situación que el material retirado sea fuente de acidificación.

Respecto a la cuestión planteada en el informe sectorial recibido, se ha procedido a estimar la cantidad de material excavado durante la creación del canal de desvío del afluente del rego do Burgo y rego das Pucheiras, así como de los canales perimetrales. Ante la cuestión planteada y como medida preventiva, indicar que son materiales muy superficiales que ya están fuertemente oxidados por efecto de la meteorización. Buena parte de los materiales excavados se utilizará como relleno en la construcción de los canales. Además, se trata de material no mineralizado en el que la presencia de sulfuros es nula y por tanto no hay fuente de generación de acidez. Pero con independencia de esto, se toma la decisión de depositar este material retirado y, sobrante de la excavación y posterior relleno, en la escombrera diseñada para albergar el estéril PAG. De este modo, será tratado con todas las garantías necesarias, eliminando, si lo hubiera, el riesgo de acidificación asociado al material de excavación de desvíos y canales perimetrales.

A continuación, se calcula el material retirado:

Los cálculos serán similares a los del dimensionamiento de una cuneta perimetral de sección trapezoidal, diferenciando los correspondientes al caudal medio anual y al correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.



El número de Manning empleado para este tipo de canales es de 0,03.

El volumen de material excavado durante la creación del canal de desvío del rego do Burgo se estima en 1.930 m³:

Dimensiones de o rego do Burgo

	Pendiente m/m	Longitud (m)	Calado.h (m)	Ancho solera.b (m)	Ancho lámina libre.B (m)	Tipo
Desvío	0,08	984	0,8	1,5	3,1	Excavado en roca y relleno

Tabla 1. Características del desvío (t=500 años)

	Pendiente	Longitud	Calado.h	Ancho solera.b	Ancho lámina libre.B	Tipo
	m/m	(m)	(m)	(m)	(m)	
Desvío	0,08	984	0,2	0,4	0,8	Excavado en roca y relleno

Tabla 2. Pendiente lo más similar en condiciones naturales del Rego do Burgo

El volumen de material excavado durante la creación del canal de desvío del rego das Pucheiras se estima en 2.450 m³:

	Pendiente	Longitud	Calado.h	Ancho solera.b	Ancho lámina libre.B	Tipo
	m/m	(m)	(m)	(m)	(m)	
Desvío	0,04	1215	1	2	3,2	Excavado en roca y relleno

Tabla 3. Características del desvío (t=500 años)

	Pendiente	Longitud	Calado.h	Ancho solera.b	Ancho lámina libre.B	Tipo
	m/m	(m)	(m)	(m)	(m)	
Desvío	0,04	1215	0,25	0,5	0,8	Excavado en roca y relleno

Tabla 4. Pendiente lo más similar en condiciones naturales del Rego das Pucheiras

A los cálculos de los arroyos hay que sumarles una estimación de 1000 m³ proveniente de los canales perimetrales. El canal de guarda o canal perimetral de drenaje consistirá en un canal trapezoidal excavado en roca que irá por el borde del hueco y evitará el contacto de las aguas de escorrentía limpias con las zonas de actividad minera.

	Pendiente	Longitud	Calado.h	Ancho solera.b	Ancho lámina libre.B	Tipo
	m/m	(m)	(m)	(m)	(m)	
Desvío	0,03	1,335	0,4	0,6	0,4	Excavado en roca y relleno

Tabla 5. Dimensiones canal perimetral 1

	Pendiente	Longitud	Calado.h	Ancho solera.b	Ancho lámina libre.B	Tipo
	m/m	(m)	(m)	(m)	(m)	
Desvío	0,03	3,6	0,4	0,6	0,4	Excavado en roca y relleno

Tabla 6. Dimensiones canal perimetral 2

En todo el conjunto de material excavado hacen un total aproximado de 5.380 m³ de material que aunque no puede generar drenaje ácido debido a su estado actual y su composición será tratado como material PAG, el cual será correctamente gestionado (encapsulado con material NAG o sometido a seguimiento de calidad de drenajes hasta que sea restaurado y clausurado).

2.5 No hay detalle de las obras de desvío de los arroyos ni de la integración medioambiental, y no se identifica la caracterización de la calidad ecológica de los tramos a erradicar.

A continuación, se analiza con detalle el desvío de los arroyos-afluentes del rego do Burgo y del rego das Pucheiras según documento anexo ACTUACIONES EN CAUCES.

El Proyecto contempla el desvío de los tramos de los cursos de agua que se vean afectados por alguna instalación, para mantener integridad y continuidad hidrológica.

Los desvíos a realizar son los siguientes:

1. Desvío del afluente de Rego do Burgo, mediante la creación de un canal naturalizado de aproximadamente 984 metros de longitud, con una pendiente similar a la del actual encauzamiento del arroyo (8%), y que discurrirá al oeste de su actual emplazamiento.

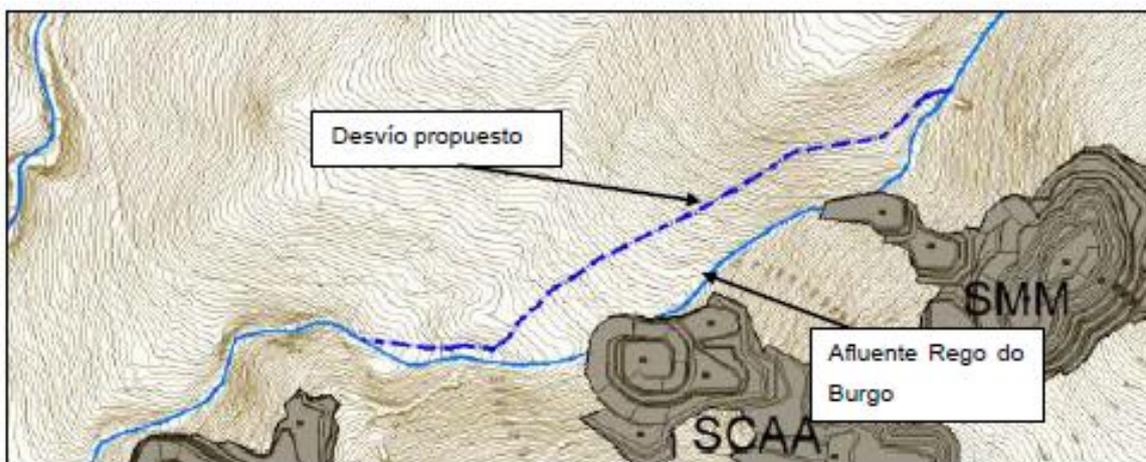


Figura 18. Trazado en planta del desvío propuesto del afluente del Rego do Burgo

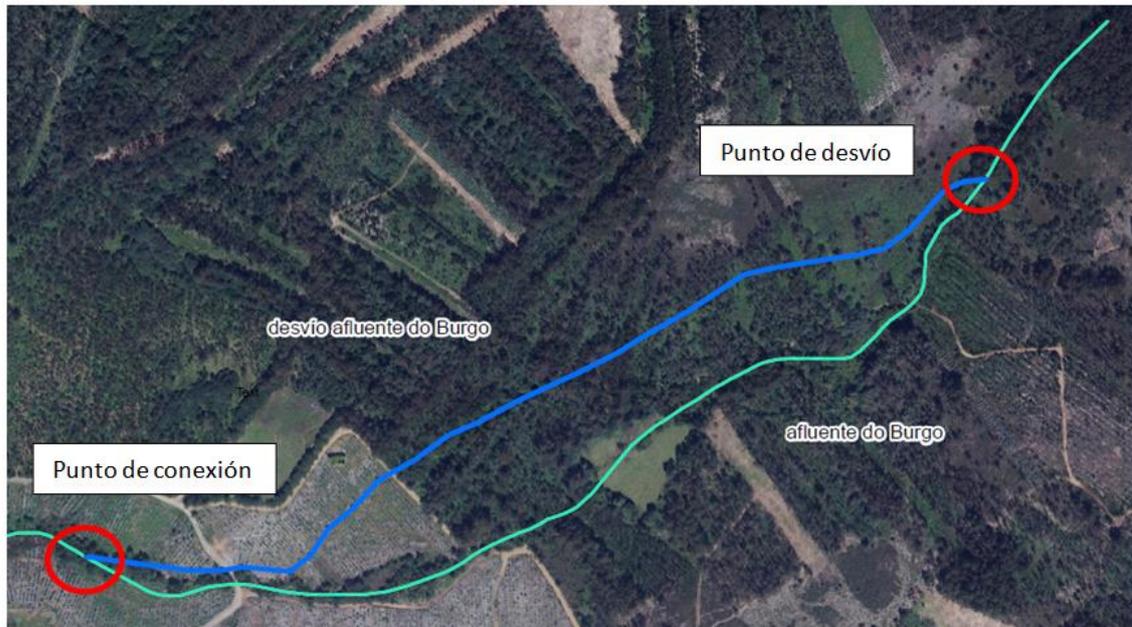


Figura 19. Trazado sobre ortofotografía del desvío propuesto del afluente del Rego do Burgo

El nuevo cauce, realizado en excavación y relleno contará con dos secciones para facilitar el encauzamiento del Rego do Burgo en régimen nominal y contemplando un tiempo de retorno de 500 años.

2. Desvío del Rego das Pucheiras mediante la creación de un canal naturalizado de aproximadamente 1.225 metros de longitud, con una pendiente similar a la del actual encauzamiento del arroyo (4%), y que discurrirá al oeste de su actual emplazamiento. Parte del desvío proyectado se realizará sobre un desvío anterior, realizado con antelación a la explotación de la corta Vieiro.

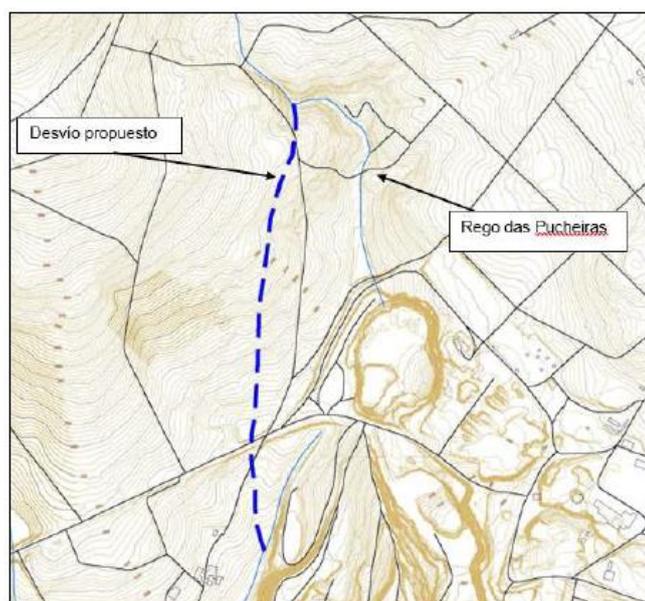


Figura 20. Trazado en planta del desvío propuesto del Rego das Pucheiras



Figura 21. Trazado sobre ortofotografía del desvío propuesto del Rego das Pucheiras

En el siguiente cuadro se muestran las coordenadas aproximadas de los puntos de desvío y de conexión de los dos arroyos

	Punto de desvío			Punto de conexión		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Afluente rego do Burgo	553868	4749541	351	553006	4749174	273
Rego das Puchieras	554977	4748951	339	554898	4747748	290

Tabla 7. Coordenadas aproximadas de los puntos de desvío y conexión

La ubicación final de estos puntos se definirá con detalle en el Proyecto de desvío de cauces que se presentará en su debido momento, una vez se obtenga la Declaración de Impacto Ambiental, y que estará sujeto al condicionado fijado por el organismo competente (Augas de Galicia) en su correspondiente autorización de obras en dominio público hidráulico, conforme a la normativa vigente en materia de Aguas.

Los cauces se construirán en su mayor desarrollo en excavación y en relleno, aprovechando los materiales extraídos durante los desmontes, resultando una morfología como la que se muestra en la figura.

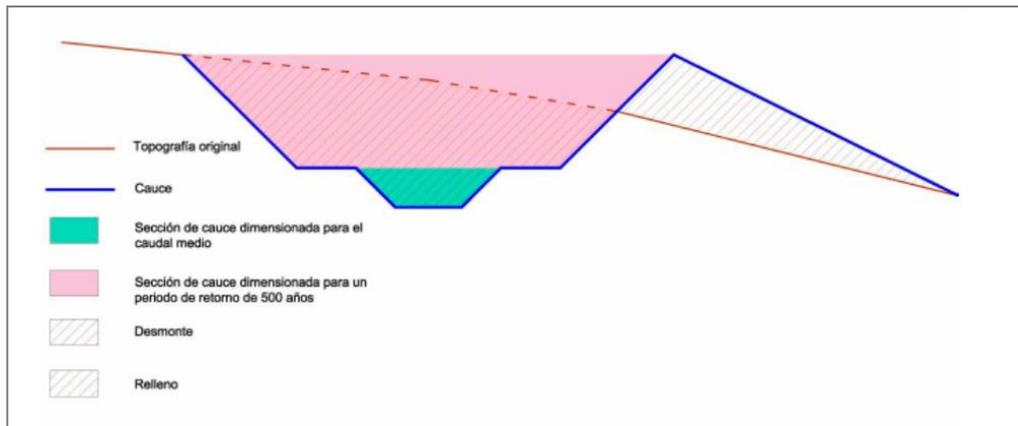
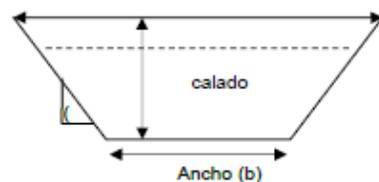


Figura 22. Esquema de la sección del canal

El lecho del cauce restituído, estará protegido ante la erosión de las corrientes que circulen desde las cabeceras por el cauce del mismo. Para conseguirlo, se realizará un revestimiento de piedra gruesa. Este tipo de revestimiento permitirá que arraigue la vegetación herbácea natural de estos lechos, que protegerá de la erosión del fondo y de las márgenes, restituyendo así una situación muy similar a la natural para estos cauces.

Para el dimensionamiento constructivo, los cálculos serán similares a los utilizados para una cuneta perimetral de sección trapezoidal. Diferenciamos dos cálculos, correspondientes al caudal medio anual y al correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

A continuación, se muestran los resultados obtenidos tras la aplicación de las fórmulas de Manning ajustando para las secciones de ambos canales:



El número de Manning empleado para este tipo de canales es de 0,03.

	Pendiente m/m	Longitud (m)	Calado, h (m)	Ancho solera, b (m)	Ancho lamina libre, B (m)	Tipo
Desvío	0,08	984	0,8	1,5	3,1	Excavado en roca y relleno

Tabla 49: Características del desvío (t=500 años)

	Pendiente m/m	Longitud (m)	Calado, h (m)	Ancho solera, b (m)	Ancho lamina libre, B (m)	Tipo
Desvío	0,08	984	0,2	0,4	0,8	Excavado en roca y relleno

Tabla 50: características del canal perimetral del depósito (caudal medio anual) tramo 1.

Tabla 8. Canal Rego do Burgo

	Pendiente	Longitud (m)	Calado. h (m)	Ancho solera. b	Ancho lamina libre. B	Tipo
	m/m			(m)	(m)	
Desvío	0,04	1215,00	1	2	3,2	Excavado en roca y relleno

Tabla 56: Características del desvío (t=500 años)

	Pendiente	Longitud (m)	Calado. h (m)	Ancho solera. b	Ancho lamina libre. B	Tipo
	m/m			(m)	(m)	
Desvío	0,04	1215,00	0,25	0,5	0,8	Excavado en roca y relleno

* pendiente lo más similar en condiciones naturales del Rego das Pucheiras

Tabla 57: Características del canal perimetral del depósito (caudal medio anual) tramo 1.
Tabla 9. Canal Rego de Pucheiras

El nuevo cauce del Rego das Pucheiras se cruza con una pista en su recorrido. Para salvarlo, se ha definido un paso bajo pista, según condicionado del organismo competente.

Las obras de ambos desvíos consistirán en un replanteo inicial para definir las labores de excavación y relleno a lo largo de los canales proyectados, conformando la estructura de desvío. Se estima la utilización de retroexcavadoras y compactadoras con el apoyo de camiones volquete. Finalizada la conformación de los canales se procederá a las labores de revegetación en los taludes de excavación y relleno. De este modo se conseguirá una **morfología naturalizada y completamente Integrada en la zona.**

Los nuevos cauces, realizados en excavación y relleno, contarán con dos secciones para facilitar el encauzamiento en régimen nominal y contemplando un tiempo de retorno de 500 años. Las obras consistirán en un replanteo inicial para definir las labores de excavación y relleno a lo largo de los canales proyectados, conformando la estructura de desvío.

Los tramos de desvío de los arroyos se reconstituirán para mantener los materiales geológicos originales que aseguren el almacenamiento y transmisión del agua y facilite la revegetación y tendrán morfologías naturalizadas y condiciones hidráulicas similares al tramo afectado.

Teniendo en cuenta las pendientes adoptadas para los canales en desvío, con hasta un 8 % en el afluente del Rego do Burgo y con un 4 % el Rego das Pucheiras, es evidente que estamos ante situaciones de fuertes pendientes en el lecho del cauce, hecho que propicia una mayor erosión y arrastre sólido. Llegando a modificar el perfil longitudinal del canal proyectado. Es por ello que se prevén medidas adicionales que pretenden minimizar los efectos de las fuertes pendientes adoptadas, entre ellos se encuentran; la adopción de lecho de material de alta rugosidad mediante lecho de macadam o similar, introducción de elementos disipadores de energía tipo escala o similar totalmente naturalizados y mimetizados en el entorno, empleando para ello materiales naturales.

La ejecución del proyecto de desvío conllevará necesariamente la propuesta e implantación de medidas correctoras encaminadas a la integración ambiental y paisajística de la actuación. Todo ello se recogerá en el correspondiente proyecto contemplándose la adecuación morfológica y teniendo en cuenta el entorno de trabajo, así como el empleo de vegetación, eligiendo sólo especies autóctonas procedentes de viveros autorizados.

Se deberán utilizar especies vegetales de ribera para la naturalización y protección de las orillas frente a la erosión, y para la recuperación y mejora de sus valores naturales originales. Esta revegetación se realizará acorde a la vegetación natural existente en la zona.

Se contempla como medida de mejora de hábitats el empleo de las siguientes especies durante la revegetación en una densidad mínima de 1.000 plantas/Ha:

Aliso (<i>Alnus glutinosa</i>) Fresno (<i>Fraxinus excelsior</i>) Sauce blanco (<i>Salix alba</i>) Sauce cenizo (<i>Salix atrocinerea</i>) Abedul (<i>Betula celtiverica</i>) Avellano (<i>Corilus avellana</i>)

De este modo se conseguirá una morfología naturalizada y completamente integrada en la zona.

En la siguiente figura se representa una sección tipo de las labores de revegetación planteadas una vez finalizados los movimientos de tierras.

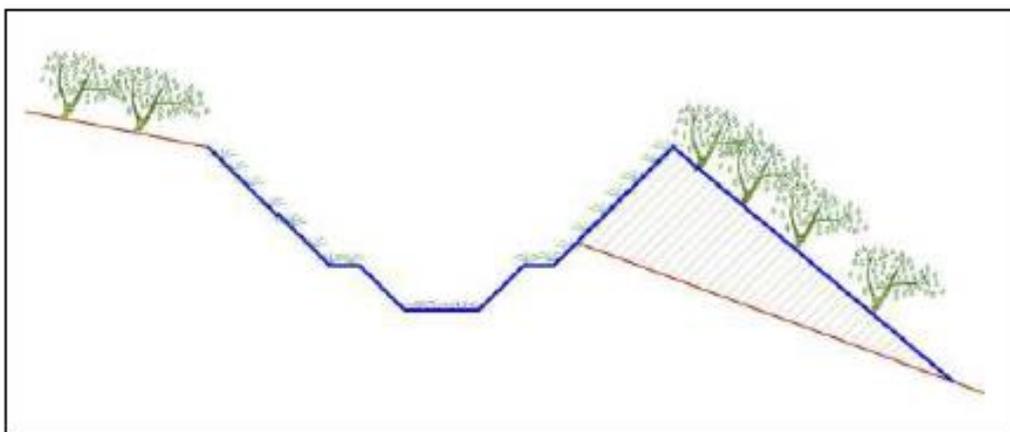


Figura 23. Sección tipo de los afluentes finalizadas las labores de naturalización

- Impermeabilización de tramos con riesgo de acidificación.

Con la finalidad de mantener el mayor grado de naturalización posible, y evitar el riesgo de acidificación en los nuevos trazados de cauce, tras los correspondientes ensayos y análisis, se impermeabilizarán sólo los tramos que arrojen valores altos de

contenido en azufre en los materiales excavados y donde exista el riesgo de contacto de las aguas con los mismos. El tratamiento de impermeabilización (tramos, solución...) será sometido a la preceptiva autorización por parte del correspondiente Organismo de Cuenca, en este caso Augas de Galicia.

Esta impermeabilización podría ejecutarse con gaviones sobre lámina impermeable u hormigón proyectado posteriormente recubierto con tecnosoles específicos, lo que permitiría la naturalización del cauce.

- Errata del Proyecto: desvío para el efluente del Rego de Burgo

En Mayo de 2.017 se presentó en la Delegación de Minas de A Coruña, el documento denominado:

ACTUACIONES EN CAUCES ACTUALIZACIÓN DEL PROYECTO DE EXPLOTACIÓN VIGENTE DE COBRE DE TOURO, redactado en Mayo de 2017 (se presenta nuevamente como respuesta al Informe Sectorial).

En el punto nº 4 DESVÍO DE CAUCES, del citado documento, se indica que la sección tipo del desvío para el afluente del Rego de Burgo es 3,5x1,5 (bxh), no haciéndose mención en ningún caso al empleo de una tubería para cruce de una vaguada, tal y como se puede observar en la tabla adjunta que aparece en la página 9 del documento.

Afluente norte del Rego de Burgo

Las características del cauce inicial y en desvío son las siguientes:

CAUCE ACTUAL	
Longitud de cauce Inicial	914 m.
Pendiente media cauce inicial	7-8 %
Dimensiones aproximadas sección tipo	3 m x 1 m (bxh)
CAUCE EN DESVÍO	
Longitud de cauce en desvío	984 m.
Pendiente media cauce	2 al 7 %
Dimensiones sección tipo	3,5 m x 1,5 m (bxh)
Actuaciones adicionales	Medidas de corrección hidrológica y ambiental

Sin embargo, en la **Referencia nº 5 del Anexo: Estimación de caudales** (extraído del Anexo III Estudio hidrológico e hidrogeológico del documento denominado ACTUALIZACIÓN DEL PROYECTO DE EXPLOTACIÓN VIGENTE DE COBRE DE TOURO), redactado en noviembre de 2.016, que se incorpora como un apéndice al documento

citado anteriormente, en efecto se propone la colocación de una tubería en el cruce de una vaguada al inicio del desvío del afluente del Rego de Burgo.

Este documento (Referencia nº5) trataba principalmente el modelo de funcionamiento hidrológico e hidrogeológico en el ámbito geológico en el que se enclava el yacimiento de Touro y el balance de aguas de las explotaciones proyectadas, no siendo objeto del mismo el diseño de instalaciones e infraestructuras, por lo que la mención a la propuesta de tubería tan sólo obedece a aspectos meramente conceptuales.

Es por todo lo anterior que hemos de decir que ha sido un error material tal consideración de colocación de tubería en vaguada y que en las actuaciones que conlleven el cruce de vaguadas se considerará la tipología de obras de paso de acuerdo a lo establecido en el Plan Hidrológico G.C.

2.6 El canal de guarda perimetral puede ser fuente de incorporación de contaminación, no siendo objeto de análisis y control de calidad previo a su vertido.

Los tramos de los canales perimetrales de guarda donde exista presencia de roca con sulfuros, o fracturas con posibilidad de infiltración serán convenientemente impermeabilizados, eliminando con esta medida el riesgo de contaminación de las aguas pluviales que discurran por dicho canal.

Las aguas pluviales son aguas limpias y que no han entrado en contacto con la zona de explotación, eliminando así el riesgo de contaminación. Para vigilar este extremo, en el tramo final de cada canal de guarda, y evacuación de aguas pluviales, previo a su incorporación al Dominio Público Hidráulico (DPH) se instalará una arqueta o punto de control para verificar, como mínimo, los siguientes parámetros de control in situ y en continuo: caudal, pH y conductividad. A estos parámetros se sumarán aquellos que la entidad competente en materia de aguas estime oportuno para garantizar la calidad del agua pluvial.

2.7 Describir qué procesos y consecuencias derivarían de escenarios en los que los estériles PAG pasen a estar por encima o en la zona de fluctuación del nivel freático.

(No se explica la neutralización de los estériles peligrosos que se colocan en situación de inundación, por debajo del nivel freático. El estudio hidrogeológico no hace referencia a las fluctuaciones del nivel freático, ni se tienen presentes las consecuencias que el cambio climático puede tener sobre el nivel freático.)

El estudio hidrológico contempla la fluctuación del nivel freático para la correcta gestión de los estériles que están bajo el mismo. Además, en base a los resultados del estudio de las series históricas de precipitación, de las proyecciones del Proyecto CLIGAL de referencia (indicados a continuación), y a la duración del proyecto minero (16,5 años), no se espera influencia significativa de esta variable climática en el nivel freático en la zona de explotación, por lo que la medida de protección recogida en la Actualización del Proyecto Touro de mantener 10 mts mínimos de material NAG en zona de fluctuación se considera adecuada y suficiente. Aún así, durante la fase de explotación se continuará recabando datos para garantizar la protección del nivel freático, pudiéndose aumentar el espesor de material NAG, en caso necesario. A continuación se describen los datos de referencia indicados y las soluciones adoptadas por el Proyecto Touro.

El Proyecto CLIGAL tiene como objetivo general la determinación de evidencias de cambio climático en Galicia y los posibles impactos que este fenómeno pueda causar. Entre los ámbitos u áreas de estudio se encuentra la evolución del clima en Galicia y los escenarios climatológicos, partiendo del análisis de las tendencias observadas en los últimos años y su probable evolución bajo distintos escenarios climatológicos.

De esta forma, se analizan las tendencias observadas hasta el momento actual y su modelización futura en las principales variables meteorológicas, como temperatura y precipitación. Es precisamente esta última, la **precipitación**, la variable de mayor transcendencia en relación a las características del proyecto minero, donde la correcta gestión del agua es fundamental, tanto para la actividad extractiva y de minimización de impactos ambientales a las aguas.

Entre los contenidos del Proyecto CLIGAL se encuentra el estudio de la **“Evolución reciente del Clima de Galicia tendencias observadas en variables meteorológicas”**, en él se aborda un “Análisis de la precipitación”, y como conclusión del mismo se recoge lo siguiente:

“En precipitación sólo se aprecian tendencia en la cantidad total a nivel mensual. Se encuentra un descenso significativo en febrero y un aumento en octubre, lo que parece apuntar a cierto cambio en la distribución de la lluvia a lo largo del año, bien que el efecto no es suficientemente fuerte como para repercutir significativamente en el total estacional. Destaca así mismo una falta de tendencia significativa en el mes de marzo, documentada en otros puntos de la península ibérica”.

Entre los informes sectoriales sobre el cambio climático en Galicia (2015), existe un documento específico sobre los Recursos Hídricos. En dicho estudio se menciona un proyecto desarrollado dentro del **Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático** con el objetivo de evaluar los impactos, vulnerabilidad y adaptación en los recursos hídricos en España, basándose en escenarios climáticos regionalizados de la AEMET

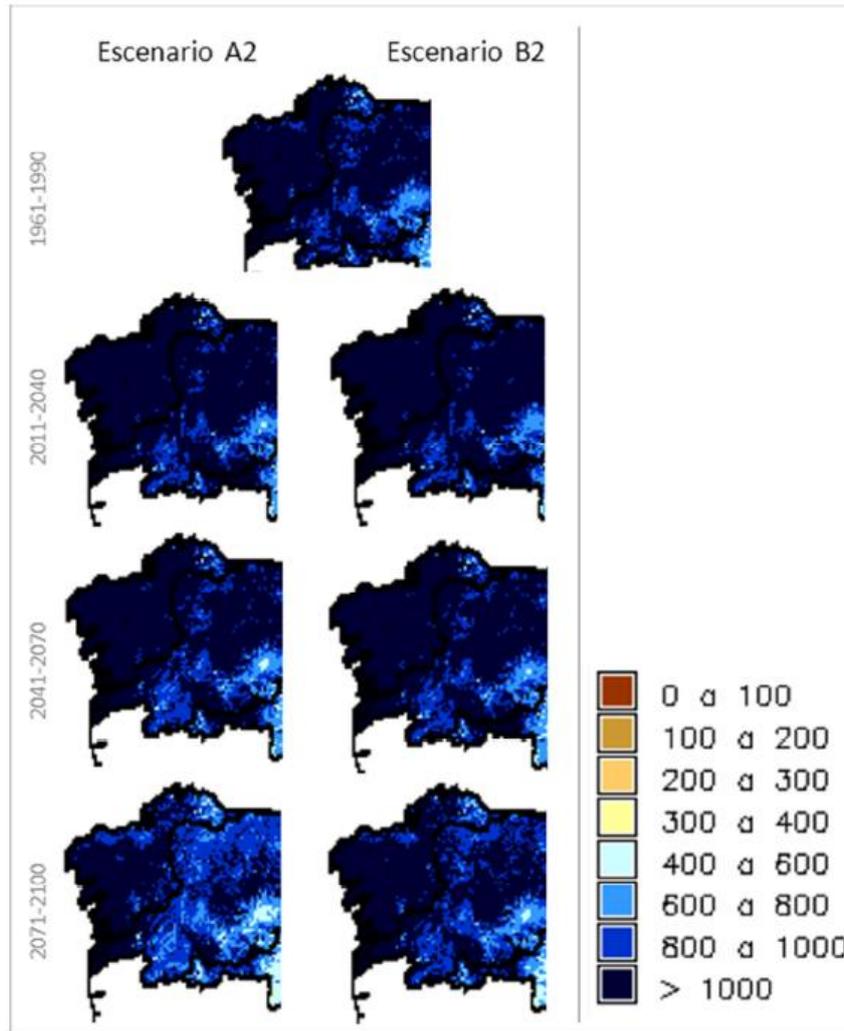
(llamados proyecciones), por otro lado, en un modelo hidrológico desarrollado por el CEDEX.

De cuatro escenarios de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) formulados en el año 2000 por el IPPC, se escogieron dos, A2 y B2. El A2 supone una visión más pesimista del futuro, con un mayor impacto en el clima y, por tanto, en los recursos hídricos.

“Los resultados obtenidos para la **precipitación (PRE)**, muestran una **gran variabilidad** con respecto al resto de las variables del ciclo hidrológico, con una **tendencia en general decreciente** en relación al período de control (1961 – 1990). La tendencia mencionada es suave a lo largo del primer período 2011 – 2040, agravándose a medida que avanza el siglo XXI”.

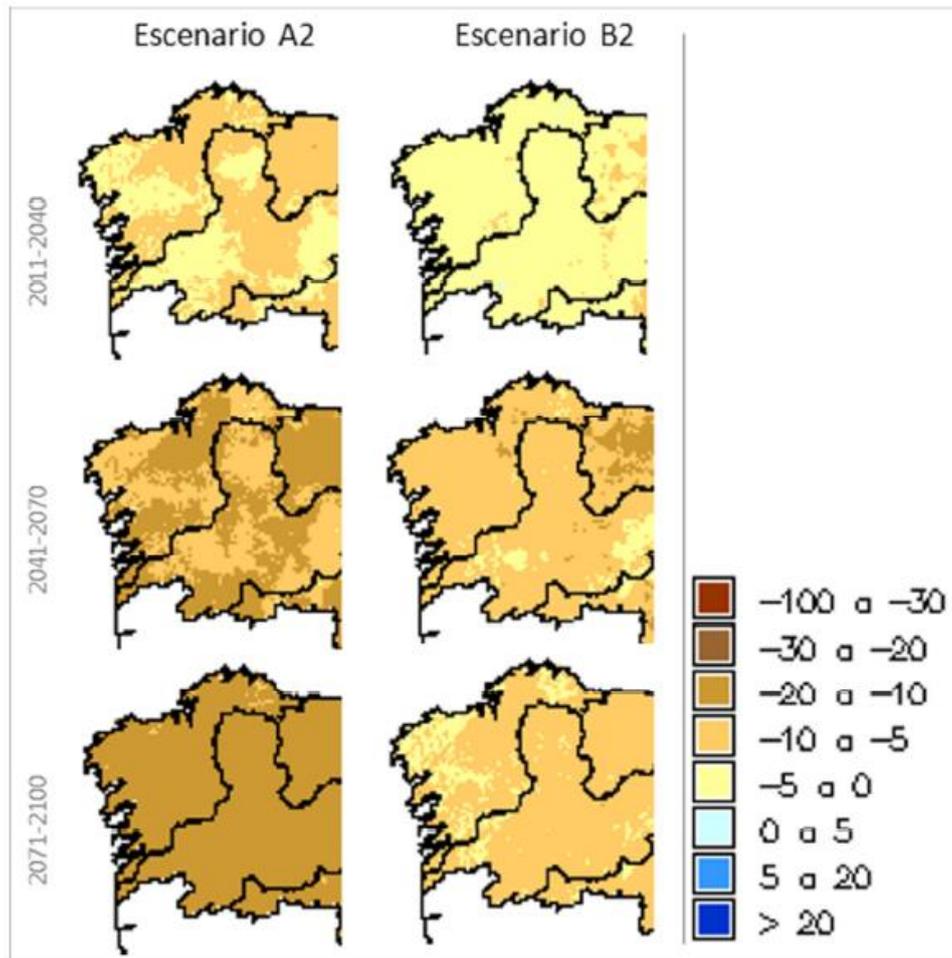
El análisis recogido en los siguientes mapas, obtenidos mediante promedios del conjunto de proyecciones de cada escenario, **no muestra variaciones significativas respecto al período de control**, si bien, de cara al último período (2071 – 2100), si se aprecia cierta reducción de la PRE anual en la zona interior, especialmente en el escenario A.

PRE anual (mm) para el periodo de control y periodos del s.XXI.:



La misma conclusión puede sacarse de las observaciones de los mapas de desviaciones de la PRE media anual respecto de la relativa al período de control, con la mayor reducción (-10% al 20%) en el escenario A2 en el período 2071-2100.

Variación del PRE anual (%) para el periodo del s. XXI respecto al periodo de control:



Considerando los resultados del estudio de las series históricas de precipitación, y de las proyecciones anteriores, y dada la duración del proyecto minero, 16,5 años (estará clausurada en el horizonte temporal 2011-2040), **no es de esperar una influencia significativa de esta variable climática en el nivel freático en la zona de explotación, por lo que los 10 mts como mínimo de material NAG en zona de fluctuación son considerados suficientes, pudiendo ser aumentados en función de los datos recogidos en la fase de explotación.**

El estudio hidrológico contempla la fluctuación del nivel freático para la correcta gestión de los estériles que están bajo el mismo, desarrollando diferentes modelos de utilización de los estériles para la protección de las aguas.

Los rellenos con estéril de mina sobre las cortas agotadas se han diseñado de tal manera que la morfología final de las mismas sea similar a la del entorno, con pendientes suaves y formas redondeadas. Se han diseñado de tal forma que, además

de integrarse en el entorno, facilitan la evacuación del agua y permiten una correcta revegetación para la recuperación de los usos existentes en la actualidad.

Los estériles de mina que se clasifiquen como **PAG** podrán ir a una escombrera específica, con red de drenaje en fondo, o bien, se dispondrán rellenando los huecos de las cortas y **manteniéndolos bajo nivel freático, en ausencia de O₂**. Por encima se colocarán los estériles de mina NAG, con el espesor suficiente para poder absorber las posibles fluctuaciones del nivel freático en las cortas (mediciones de nivel freático se realizan habitualmente). Finalmente se colocará una capa de material de cobertera para el sellado de las escombreras cuando se requiera.

Existen tres modelos, definidos en el Proyecto de Explotación, para la utilización de estériles de mina PAG en el relleno de cortas (minería de transferencia):

➤ Modelo 1.- Caso de corta en fondo

El PAG quedará totalmente inundado. Se colocará PAG **al menos 5 m** por debajo del nivel de agua dentro de la corta, tal y como se muestra en la figura.

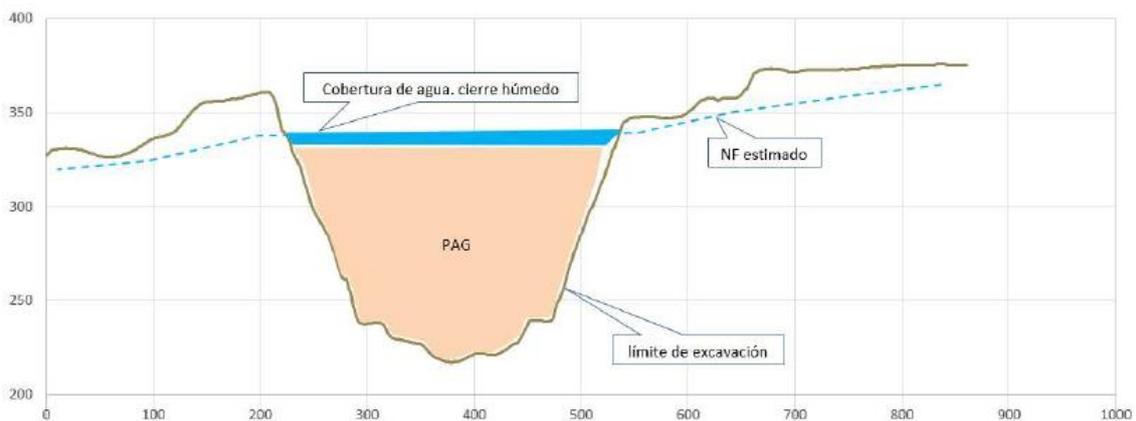


Figura 24. Relleno de corta en fondo

➤ Modelo 2.- Relleno de cota en ladera

Se colocará PAG por debajo del nivel freático hasta **al menos 5 m** por debajo del nivel de agua. En la zona de fluctuación del nivel freático, se dispondrá una capa de NAG o de otro material no reactivo hasta al menos 5 m por encima del nivel de agua. Sobre el NAG podrá colocarse otra capa de PAG siempre y cuando se provea de una cobertura de cierre seco que mitigue la infiltración y la erosión.

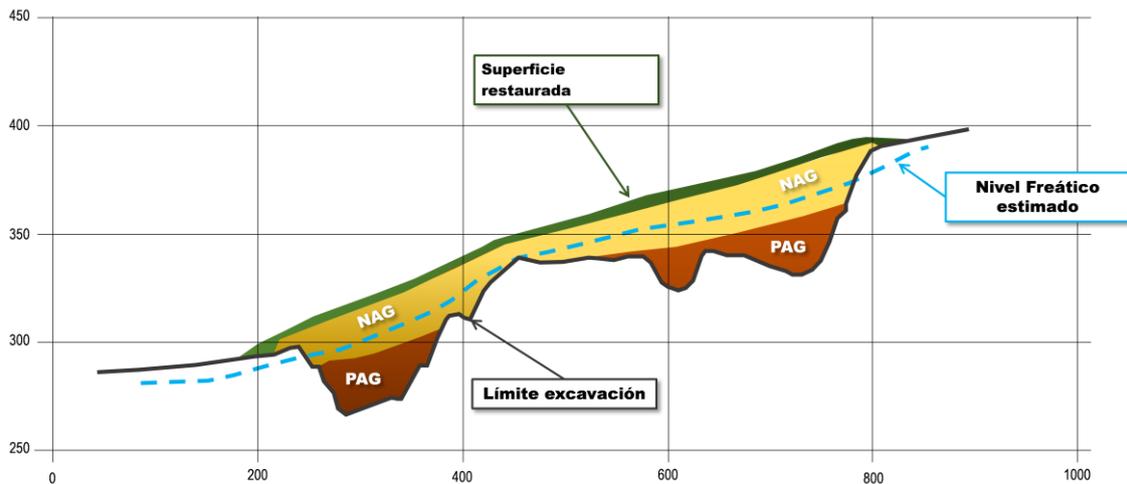


Figura 25. Relleno de corta en ladera

➤ Modelo 3.- Relleno combinado

Combinación del Modelo 1 y 2.

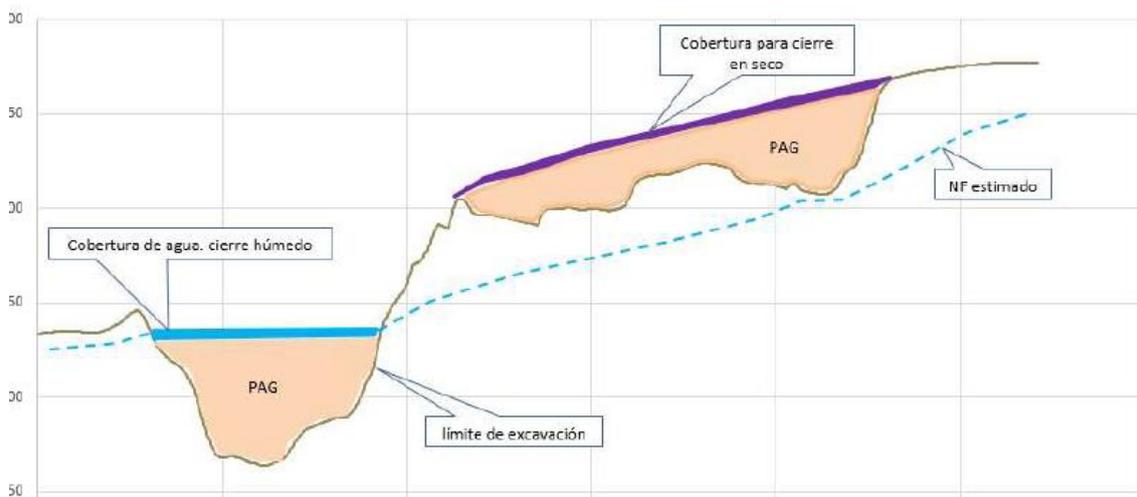


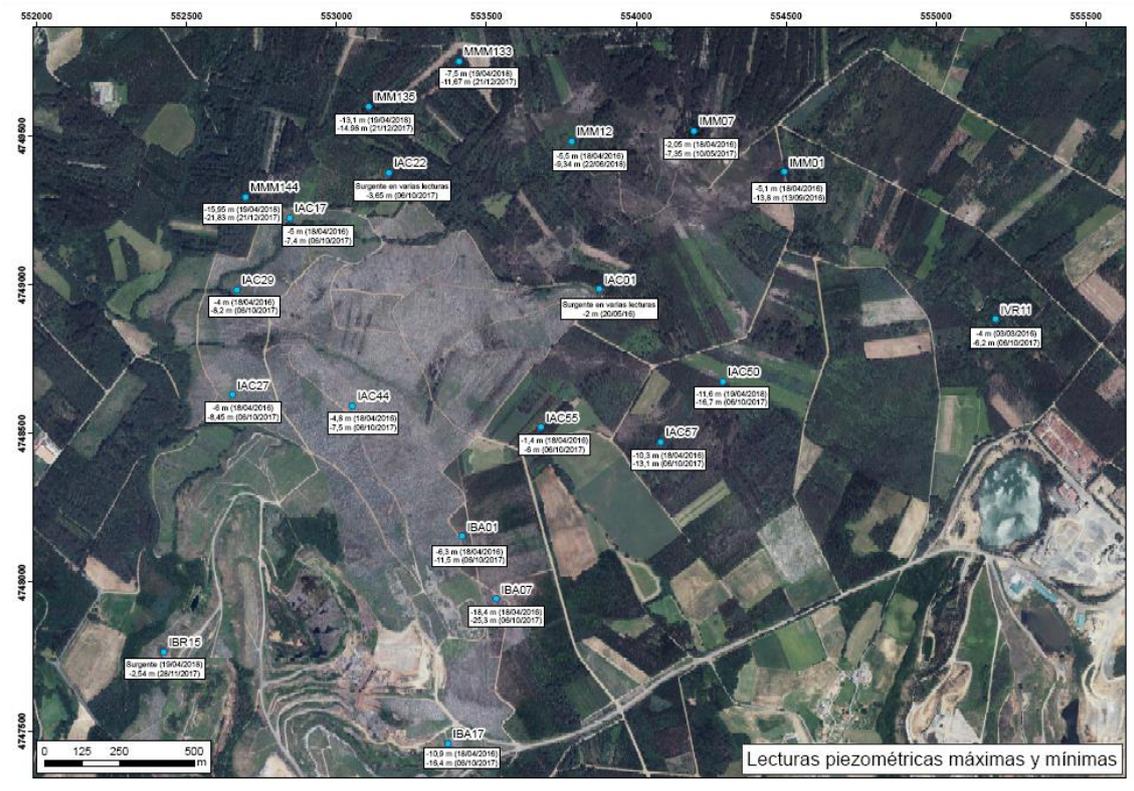
Figura 26. Relleno combinado.

En el caso de que el nivel freático esté por debajo de la corta y se rellene con material PAG, tal y como se representa en la figura 26 de relleno combinado, para evitar este contacto, siempre el material PAG estaría separado del nivel freático la distancia de seguridad mínima de 5 metros propuesta en todos los cierres, debemos tener en cuenta que el material PAG dispondrá de una cobertura impermeable superior que lo aísla, lo cual impediría el contacto con el agua de la lluvia.

El nivel freático es fluctuante en las diferentes zonas del proyecto, tal y como se recoge en el Anexo III - Estudio Hidrogeológico del Proyecto de Explotación. Se trata de un estudio previo que se ha completado con los controles de Línea Base que se están realizando, y que, en una segunda fase, una vez iniciada la explotación, se ampliarán los datos con el muestreo de la red piezométrica definitiva, que abarcará puntos de control en las zonas de las cortas, depósito temporal de estériles y escombrera PAG. En todo caso se mantendrá el nivel de seguridad ≥ 5 m sobre y bajo el nivel freático medio en la colocación del material PAG.

POZO	Estratigrafía e hidrostratigrafía				
	Zona somera		Zona intermedia		Zona menos alterada
	Litología	Nivel freático	Litología	Nivel freático	Litología
GT VR 01	Paragneiss oxidado	a 2 m	Paragneiss oxidado	a 2.5 m	Paragneiss
GT VR 02	Paragneiss oxidado	a 2.4 m	Paragneiss	a 6.1 m	Paragneiss
GT VR 03	Paragneiss oxidado	a 0.6 m	Paragneiss oxidado	a 0.8 m	Paragneiss con óxidos en juntas
GT AC 01	Anfibolita oxidada	a 1.4 m	Anfibolita oxidada	a 1.4 m	Anfibolita oxidada
GT AC 02	Anfibolita con óxido en juntas	a 1.7 m	Roca	-	Anfibolita fresca
GT AC 03	Coluvión	a 2 m	Paragneiss oxidado	a 5.2 m	Anfibolita fresca
PZ 1	Anfibolita oxidada con finos	a 2 m	Anfibolita oxidada con finos	a 5 m	Anfibolita fresca
PZ 2	Anfibolita oxidada con finos	a 2 m	Anfibolita oxidada con finos	a 8 m	Anfibolita fresca
PZ 3	Relleno	a 2 m	Relleno	a 5 m	Anfibolita
PZ 4	Relleno	a 2 m	Relleno	a 5.1 m	-

Tabla 10. Estructura estratigráfica e hidrostratigráfica. Tabla extraída del Anexo III del Proyecto de Explotación.



Se adjunta anexo denominado CONTROL DE NIVELES PIEZOMÉTRICOS DE LA LÍNEA BASE donde viene plano de los piezómetros y tablas de control de niveles piezométricos de la Línea Base desde 03/03/16 hasta_22/06/18.

2.8 Riesgo “Muy alto” de los depósitos de estériles de proceso y ausencia de plan de contingencia para la población y el medio ambiente.

El R.D. 975/2009 establece la necesidad de garantizar un nivel elevado de protección del medio ambiente y la salud de las personas. En este Reglamento se exige que cada entidad explotadora de una instalación de residuos de la categoría A adopte y aplique una política de prevención de accidentes graves relacionados con los residuos mineros.

En cuanto a la clasificación del riesgo de los depósitos, es preciso distinguir que la clasificación de riesgo presentada en el Anexo III del Plan de Restauración, sirve para cuantificar la magnitud de la presa, pero en ningún caso para calcular si tiene mayor o menor probabilidad de presentar algún tipo de falla, por lo tanto, una clasificación de riesgo mayor, implica que el diseño debe seguir estándares más elevados, pero en ningún caso significa que tiene una probabilidad más elevada de fallar. Esta es la utilidad de la clasificación de riesgos: definir la magnitud de los estándares requeridos para el diseño.

Se ha desarrollado este análisis de clasificación de riesgo, según las mejores prácticas mundiales, en base a las recomendaciones de las Guías de seguridad de la presa de la

Asociación de Presas de Canadá 2013 (CDA, 2013) y las Guías para la selección de parámetros sísmicos para grandes presas de la Comisión Internacional de Grandes Presas del año 2010, Boletín 148 (ICOLD, 2010), para las presas del proyecto, presentando niveles de clasificación altos y muy altos. La forma en que según el estándar internacional de diseño de grandes presas se cuantifica la magnitud de una presa, es en base a **“la magnitud de la consecuencia de su falla”**, lo cual no se refiere a la “probabilidad de falla”.

Las guías de la Asociación de Presas de Canadá para la clasificación de muros se basan en la consecuencia de la falla, en la población en riesgo y pérdidas potenciales, incluyendo pérdidas de vidas, pérdida de valores culturales y ambientales, y pérdidas de bienes económicos tal como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 1: Clasificación de Presas (Asociación de Presas de Canadá, 2013)

Clasificación de Presa	Población en riesgo (Nota 1)	Aumento de pérdidas		
		Muerte (Nota 2)	Valores culturales y ambientales	Infraestructura y economía
Baja	Ninguna	0	Pérdida mínima a corto plazo. Ninguna pérdida a largo plazo.	Pocas pérdidas económicas; el área cuenta con una infraestructura o servicios limitados.
Significativa	Solo temporal	No específica	Ninguna pérdida ni deterioro significativo del	Pérdidas de las instalaciones

Clasificación de Presa	Población en riesgo (Nota 1)	Aumento de pérdidas		
		Muerte (Nota 2)	Valores culturales y ambientales	Infraestructura y economía
			hábitat de los peces y de la vida silvestre. Pérdida sólo del hábitat marginal. Restauración o indemnización en especie, altamente probable.	recreacionales, lugares temporales de trabajo y rutas de transporte poco utilizadas.
Alta	Permanente	10 o menos	Pérdida significativa o deterioro del hábitat importante de peces o vida silvestre. Restauración o compensación en especie altamente posible.	Grandes pérdidas económicas que afectan la infraestructura, el transporte público y las instalaciones comerciales.
Muy Alta	Permanente	100 o menos	Pérdida significativa o deterioro del hábitat crítico de peces o vida silvestre. Restauración o compensación en especie posible pero poco práctico.	Grandes pérdidas económicas que afectan la infraestructura o servicios importantes (por ejemplo, la carretera, instalaciones industriales, instalaciones de almacenamiento para sustancias peligrosas).
Extrema	Permanente	Más de 100	Pérdida principal de hábitat crítico de peces o vida silvestre. Restauración o compensación en especie imposible.	Pérdidas extremas que afectan la infraestructura o servicios críticos (por ejemplo, complejo industrial hospitalario principal, importantes instalaciones de almacenamiento para sustancias peligrosas).

Nota 1: Definición de población en riesgo:

Ninguna: No se ha identificado población en riesgo, por lo que no existe posibilidad de pérdida de vida excepto mediante accidente no predecible.

Temporal: Las personas permanecen temporalmente en la zona de inundación de rotura de presa (E.j. uso temporal de cabaña, pasando por rutas de transporte, participando en actividades recreativas).

Permanente: La población en riesgo se ubica de manera habitual en la zona de inundación de rotura de presa (Ej. Como residentes permanentes); se proponen tres clases de consecuencia (alta, muy alta, extrema) para permitir realizar estimaciones más detalladas de potenciales pérdidas de vida (para contribuir en la toma de decisiones si el análisis adecuado se lleva a cabo).

Nota 2: Consecuencias de pérdidas de vida.

No se especifica: El nivel adecuado de seguridad necesario en una presa donde las personas se encuentran en riesgo de manera temporal depende del número de personas, el tiempo de exposición, el tipo de actividad y otras condiciones. Una clase más elevada podría ser adecuada según los requerimientos. No obstante, el requerimiento de inundación de diseño, por ejemplo, podría no ser mayor si la población temporal no estuviese presente durante la temporada de inundación.

Estos niveles de clasificación se deben en gran medida al nivel de producción de estériles que es preciso almacenar, y las alturas del dique que esto conlleva.

Al respecto, y como conclusión de este análisis, estas presas deben ser diseñadas con herramientas de análisis sofisticadas (incluyendo modelos numéricos de deformación) y bajo los más altos estándares de seguridad, considerando que su integridad estructural deberá asegurarse ante condiciones extremas de sismos y precipitación.

Así mismo, en la práctica actual, presas de alrededor de 100 m de altura son parte del estándar, no presentando una condición inusual para el caso de los 80 mts del Proyecto Touro.

En cuanto a la seguridad en los depósitos de estériles viene asociada a los criterios de proyecto, construcción y al control de determinados elementos durante la ejecución.

Para un depósito proyectado y ejecutado de forma segura, el mantenimiento de la seguridad a lo largo del tiempo vendrá condicionado por unas buenas normas de operación, mantenimiento y vigilancia.

La vigilancia hace referencia a la observación continuada de las estructuras en busca de alteraciones o irregularidades que indiquen un comportamiento anómalo, pudiendo prevenir así, de forma anticipada, situaciones de riesgo para los elementos estructurales del depósito.

En el Proyecto Constructivo contenido en la Parte IV del Plan de Restauración de la Actualización del Proyecto Touro, contiene un apartado específico de Seguimiento e Inspección, donde vienen definidos una serie de dispositivos de monitoreo y se establece un plan de inspección y control de auscultación continua para garantizar la estabilidad de la estructura. Con el objeto de medir posibles inestabilidades derivadas de las actuaciones que se construirán en el entorno del depósito auxiliar de estériles de planta y en Arinteiro-Vieiro se han planificado una serie de actuaciones encaminadas a inspeccionar de forma continua el comportamiento de los muros de contención.

Se ha proyectado un control de auscultación continua, con algunos elementos de medida en tiempo real para garantizar la estabilidad de la estructura.

A diferencia de otro tipo de planes de reconocimiento, este es abierto y se puede modificar según la evolución de la explotación y el relleno del depósito, estableciendo nuevos parámetros de control y magnitudes, según evolucione su comportamiento.

El depósito auxiliar de estériles comenzará a funcionar en el año 1 de operación hasta mediados del año 6 de trabajo. Las fases de construcción del muro están definidas por el ritmo de crecimiento de la explotación, de manera que se construirá en cinco etapas. A partir del año 6-7 entrará en funcionamiento Vieiro y operará en solitario hasta el año 13. La instalación de instrumentos de control se realizará de forma simultánea con la construcción de los diques.

El plan de auscultación preverá todas las posibles variaciones que se encuentren en el desarrollo de la vida útil de los depósitos, destinado a conocer en todo momento el estado de las estructuras, reubicando los elementos de control a medida que se realizan los recrecimientos.

Los parámetros de control que se han establecido para optimizar la estabilidad y la seguridad de la intervención son:

- Movimientos horizontales y verticales en superficie.
- Movimientos horizontales y verticales en profundidad.
- Comportamientos tenso-deformacionales.
- Variación de presiones (totales y efectivas).
- Vigilancia ambiental.

Con los parámetros de control definidos, en relación con la instrumentación, se establecerán los umbrales de medida para el desarrollo del proyecto, que se podrán ver afectados y variados según avance la explotación.

La selección de dispositivos de control y auscultación se presentan en función de los objetivos que van a ser medidos:

PARÁMETRO DE CONTROL	OBJETIVO	DISPOSITIVO
DESPLAZAMIENTOS VERTICALES EN SUPERFICIE	CONTROL DE LA SUBSIDENCIA EN SUPERFICIE	HITOS DE NIVELACIÓN / PRISMAS DE AUSCULTACIÓN
REFERENCIA DE DESPLAZAMIENTOS	ESTABLECER UN ORIGEN PARA EL CONTROL DE MOVIMIENTOS	BASES PROFUNDAS DE NIVELACIÓN
DESPLAZAMIENTOS VERTICALES EN PROFUNDIDAD	CONTROL DE LA SUBSIDENCIA A UNA DETERMINADA PROFUNDIDAD	HITO DE NIVELACIÓN PROFUNDO
DESPLAZAMIENTOS HORIZONTALES	DETECCIÓN DE MOVIMIENTOS HORIZONTALES QUE SE PRODUZCAN EN EL INTERIOR	INCLINÓMETROS
DESPLAZAMIENTOS VERTICALES EN PROFUNDIDAD	CONTROL DE LOS MOVIMIENTOS VERTICALES EN PROFUNDIDAD. HUNDIMIENTOS, ASENTAMIENTOS	EXTENSÓMETROS
VARIACIONES EN LAS PRESIONES INTERSTICIALES	DETECCIÓN DE LA PRESIÓN DE AGUA EN EL TERRENO	PIEZÓMETROS DE CUERDA VIBRANTE / POZOS DE MONITOREO
VIGILANCIA AMBIENTAL	CONTROL PERIÓDICO DE PARÁMETROS AMBIENTALES	ESTACIÓN METEOROLÓGICA
DRENAJES	MEDIDA DE CAUDALES	DRENES

Tabla 11. Dispositivos de control y auscultación

Inicialmente se ha previsto la colocación de los hitos topográficos en la coronación de los muros, separados entre sí cada cien metros. Una vez se haya alcanzado la fase final de cada uno de los elementos, en algunos puntos alternarán con inclinómetros y extensómetros.

Aguas abajo de las estructuras se construirán los piezómetros de control que en unos casos permitirán la medida de presiones intersticiales y en otras la toma de muestras de agua subterránea para comprobar calidades.

Se ha establecido una planta general de elementos de instrumentación que se presenta a continuación:

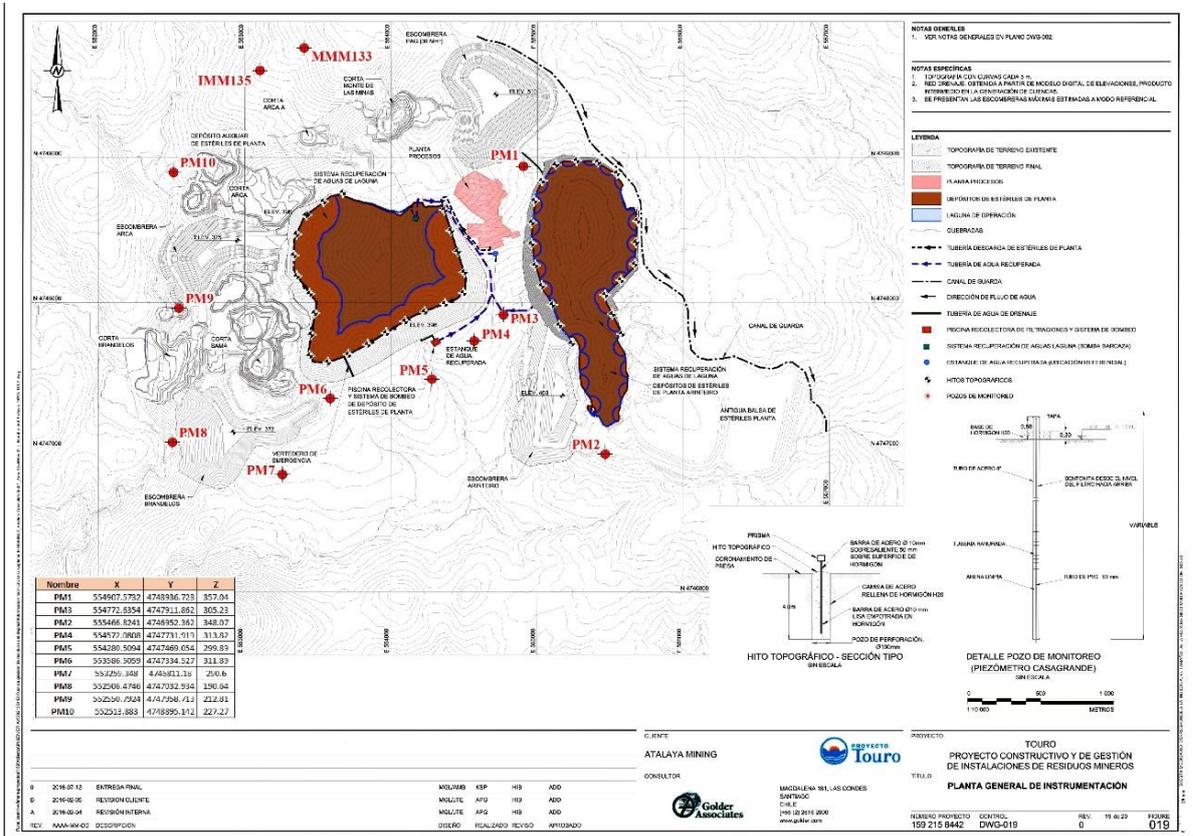


Figura 27. Elementos de instrumentación

En el plan de auscultación se establecerán las actuaciones a llevar a cabo y la organización que será necesaria para mantener en condiciones de seguridad los depósitos:

- Definición de las personas responsables y de las entidades externas acreditadas que se encargarán de la gestión, con la realización de un protocolo de actuación que implique a todas las partes para el correcto desarrollo de los trabajos, definiendo un cronograma específico para cada fase.
- Implementación de periodicidad de medidas (en la instrumentación que no facilite datos en tiempo real, como inclinómetros, piezómetros y extensómetros)
- Frecuencia de publicación de informes, que será más intensa en las fases iniciales de construcción.

A continuación, se indican los parámetros a inspeccionar, el tipo de control y la frecuencia que vienen recogidas en el Plan de Inspección contenido en el Proyecto Constructivo presentado en la Parte IV del Plan de Restauración.

Descripción	Frecuencia inspección	Parámetro	Control	Frecuencia observación
Talud / coronamiento Muro de Partida	Diaria	Grado de compactación	Inspección durante construcción	En cada entrega de capas -durante la construcción
		Densidad máxima del ensayo Proctor		
		Competencia del material seleccionado para relleno	Inspección durante construcción	En cada entrega de capas - durante la construcción
		Grado y humedad de compactación	Inspección durante construcción	En cada entrega de capas -durante la construcción
		Densidad máxima del ensayo Proctor		
Resguardo	Semanal	Distribución de masas en la cubeta	Seguimiento Plan de deposición	Mensual
		Tasa de crecimiento del muro	Inspección durante la construcción	
Lámina de PEAD en Talud de Aguas Arriba	Diaria	Diseño descargas sobre talud de aguas arriba	Protección talud aguas arriba de los muros de arena	Diaria
		Monitoreo	Compactación adecuada del material del muro	Diaria
Pendiente en el talud aguas abajo	Semanal	Geometría	Topografía	Semanal
Compactación del material de muro	En función de la cantidad de material colocado en el muro	Equipo de compactación	Evaluación de equipos	Semestral
		Espesor de la capa	Topografía	Diaria
		Número de pasadas	Visual	Diaria
		Humedad	Instrumento	Diaria

Tabla 12. Inspección de muros

Descripción	Frecuencia inspección	Parámetro	Control	Frecuencia observación
Disposición de estériles de	Diaria	Pendiente deposición	Topografía	Mensual

planta		Densidad de depositación	Topografía	Mensual
---------------	--	--------------------------	------------	---------

Tabla 13. Inspección de disposición de esteriles de planta

Descripción		Parámetro	Control	Frecuencia observación
Sistema de recuperación de agua	Diaria	Ubicación laguna	Visual / batimetría	Semanal
		Parámetros geométricos de la laguna		
		Vías preferenciales	Patrullaje	Diario
		Disponibilidad	Visual	Diario
		Competencia de líneas		

Tabla 14. Inspección del sistema de recuperación de agua

2.9 Bajo detalle de los estudios del medio biótico.

Las escalas de planos muy pequeñas, clasificaciones vegetales muy imprecisas y genéricas, no hay un diseño del muestreo de campo, presentación de resultados, estadísticos de muestreo, etc. En lo referente a los hábitats de interés comunitario se emplea como base el inventario del ministerio para hacer las comprobaciones únicamente sobre esas teselas, no abarcando toda el área de estudio.

El estudio del **medio biótico** se incluye en el Estudio de Impacto Ambiental (Parte III) como parte del Estudio de Caracterización del Medio Físico del Proyecto Touro, junto con un Anexo de Cartografía Ambiental y un dossier fotográfico, y fue diseñado y ejecutado por un grupo de expertos de ámbito universitario, en concreto, por el **Departamento de Ingeniería de Recursos Naturales y Medio Ambiente de la Universidad de Vigo**, dirigido por el Catedrático y Doctor en Ingeniería de Minas Javier Taboada Castro.

El alcance del estudio biótico ha estado totalmente condicionado por el valor ecológico del entorno, fuertemente antropizado por las actividades mineras anteriores, por las actividades industriales y extractivas que se desarrollan en la actualidad en la zona de explotación, y por la propia actividad primaria, agrícola y forestal; en relación a esta última, con predominio de masas de pino y eucalipto.

Esta situación de partida donde las actuaciones antrópicas han derivado en una total transformación de la vegetación potencial ha sido identificada en los estudios del medio biótico desarrollados, donde se diferencian los tipos de comunidades vegetales presentes en función de los usos y aprovechamientos de la zona.

Es importante incidir en que el Proyecto se asienta sobre terrenos degradados carentes de vegetación, sobre explotaciones forestales, cultivos agrícolas y en menor medida zonas de matorral (que constituyen las etapas de regresión de la vegetación climática), quedando totalmente de manifiesto la ausencia en la zona de espacios naturales protegidos.

No obstante, y a pesar del elevado grado de antropización de la zona, el Estudio de Impacto Ambiental en su Parte III contempla un estudio de detalle de las zonas donde aparecían cartografiados HIC, a fin de detectar su presencia y sus características. Para reforzar las conclusiones de dicho estudio y la ausencia de hábitats de interés comunitario prioritarios en el interior de la superficie del Proyecto, durante esta fase de tramitación se ha realizado un reconocimiento de campo complementario (Abril 2018) para conocer más en detalle el tipo de vegetación presente en el polígono 38243, que incluye al HIC 4020*. Dicho estudio ha sido realizado por Licenciada en Biología especialista en medio natural y revisado por Felipe Macías, Catedrático de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de Santiago de Compostela, y **confirma la inexistencia del HIC prioritario 4020**. Los resultados de dicho estudio denominado IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL HÁBITAT 4020* EN MONTE MINAS se presentan como información anexa al presente documento respuesta. Del mismo modo en el apartado 2.1. Hábitats de Interés Comunitarios cartografiados, del presente documento, también se responde a este aspecto.

En relación a la **escala de los planos**, se presentan adjuntos a este documento como anexo varios planos con la información solicitada a escala 1:3.000: PLANOS DE MEDIO BIOTICO DE LA MINA DE TOURO.

A continuación, se extraen los apartados específicos de la Parte III del Estudio de Impacto Ambiental que refuerza lo que se ha indicado en este apartado:

1 ÁMBITO TERRITORIAL DE ESTUDIO - 1.1 BREVE DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

“El ámbito de estudio considerado varía en función de cada aspecto ambiental, por lo que se ha ajustado la escala espacial a las particularidades de cada elemento. Como zona de afección directa se contempla el perímetro del proyecto cuya superficie es de 689,65 Ha, sin embargo, en cada estudio específico, el ámbito de estudio presenta un alcance mayor en función de sus necesidades.”

2 SITUACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DEL PROYECTO TOURO

*“El Proyecto Touro se encuentra **parcialmente alterado** por actuaciones mineras, lo que ha conformado un relieve irregular con grandes pendientes y una considerable diferencia de cota, siendo los taludes y bermas los elementos que más destacan en la fisionomía del paisaje. La actividad minera realizada en la zona ha dejado una serie instalaciones e infraestructuras asociadas como es el caso de cortas, escombreras, balsas, instalaciones, etc.”*

5 MEDIO BIÓTICO -5.1 VEGETACIÓN

5.1.4 Comunidades presentes en el ámbito del Proyecto Touro

*“Una característica de las explotaciones mineras es la alteración fisiográfica del medio y la pérdida de suelo, derivando en **la dificultad de implantación de especies vegetales**. En la mina de Touro esta cuestión se ve agravada por la tipología de los materiales en superficie, estériles de mina o rocas anfibolitas con alto contenido en azufre pirítico.”*

5 MEDIO BIÓTICO - 5.1 VEGETACIÓN

5.1.4.2 Resto de comunidades presentes en el proyecto

*“Prácticamente la mitad de los terrenos destinados al proyecto se encuentran bajo el epígrafe “Bosque mixto”. Se trata, esencialmente, de **plantaciones forestales** en las que domina el **eucalipto**, con alguna parcela dedicada a coníferas. Esta cobertura está compuesta por individuos de diferente edad y porte. Existiendo una clara rotación en toda la zona.”*

5 MEDIO BIÓTICO - 5.1 VEGETACIÓN

5.1.4.3 Especies protegidas

*“En el Decreto 88/2007 por el que se regula el Catálogo de especies amenazadas de Galicia, creado por la Ley 9/2001, se relacionan 41 taxones dentro de la categoría “en peligro de extinción” y 34 en la de “vulnerables”. **En el ámbito de la explotación no se han identificado especies relacionadas en este catálogo**”.*

5 MEDIO BIÓTICO - 5.2 FAUNA

*“Otra característica del territorio es el **componente antrópico**. La actividad agrícola y forestal, con anterioridad al establecimiento de la actividad minera, han ido **relegando los ecosistemas originales** dando prioridad a las tierras de cultivo y las zonas de reforestación con interés económico.”*

*“Los municipios de O Pino y Touro se caracterizan por la presencia de **masas de coníferas** asociadas a eucalipto en elevada proporción en relación con el resto de los usos. Este hecho determina que **las poblaciones animales del entorno estén sometidas a una constante presión antrópica**.”*

*“En este caso, el estado sucesional de este hábitat es artificial con **diversidad baja o muy baja**.” “La comunidad de **prados**, debido a la influencia humana, presenta una **fauna de bajo interés**, dándose una gran abundancia de pequeños mamíferos. La diversidad animal es menor que en los ecosistemas próximos. La comunidad de bosque caducifolio presenta cierta diversidad, siendo la fragilidad media y bastante degradada.”*

*“El área del proyecto minero se caracteriza por su elevado nivel de actividad antrópica. Son escasas las zonas en las que se conserven las características primigenias, por lo que la fauna de este lugar es la habitual de zonas en las que prima la actividad agroforestal, añadiendo en este caso la actividad minera antigua. Esta antropización denota la baja presencia de especies con requerimientos específicos en cuanto a su hábitat. **No se han identificado especies con algún régimen de protección en el interior de los terrenos del proyecto minero de Touro.**”*

5 MEDIO BIÓTICO - 5.3 ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS

“Dentro de las figuras de protección que se definen a continuación, se encuentran a nivel nacional, los Espacios Protegidos de Galicia, y a nivel internacional, los Lugares de Importancia Comunitarios (LIC) y las Zonas de Especial conservación Para las Aves (ZEPA), de la Red Natura 2000 según la Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.

Las consultas realizadas han puesto de manifiesto que dentro del Proyecto Minero Touro no se encuentra ningún espacio natural protegido de Galicia ni sobre ningún espacio natural de la Red Natura 2000.

Los comentarios anteriores justifican el alcance de los trabajos realizados en el EIA para caracterizar el medio biótico. Respecto a los **Hábitats de Interés Comunitario (HIC)**, del total de los HIC identificados en la Directiva Hábitat (321) en España se han reconocido 118. Estos hábitats se han grafiado a nivel nacional en el Inventario Nacional sobre los tipos de Hábitat. La comarca en la que se encuentra el Proyecto Touro presenta una serie de estos hábitats. Alguno de ellos se encuentra dentro de los límites del ámbito minero y otros están próximos al mismo. Entre estos destacar el **hábitat prioritario 4020* Brezales húmedos atlánticos de *Erica ciliaris***, grafiado en la zona de Monte Minas, por este motivo se ha realizado un estudio adicional (Marzo 2018), con reconocimiento en campo, e incluido como Anexo, mediante el cual se refuerza los resultados obtenidos en el Estudio de Impacto Ambiental.

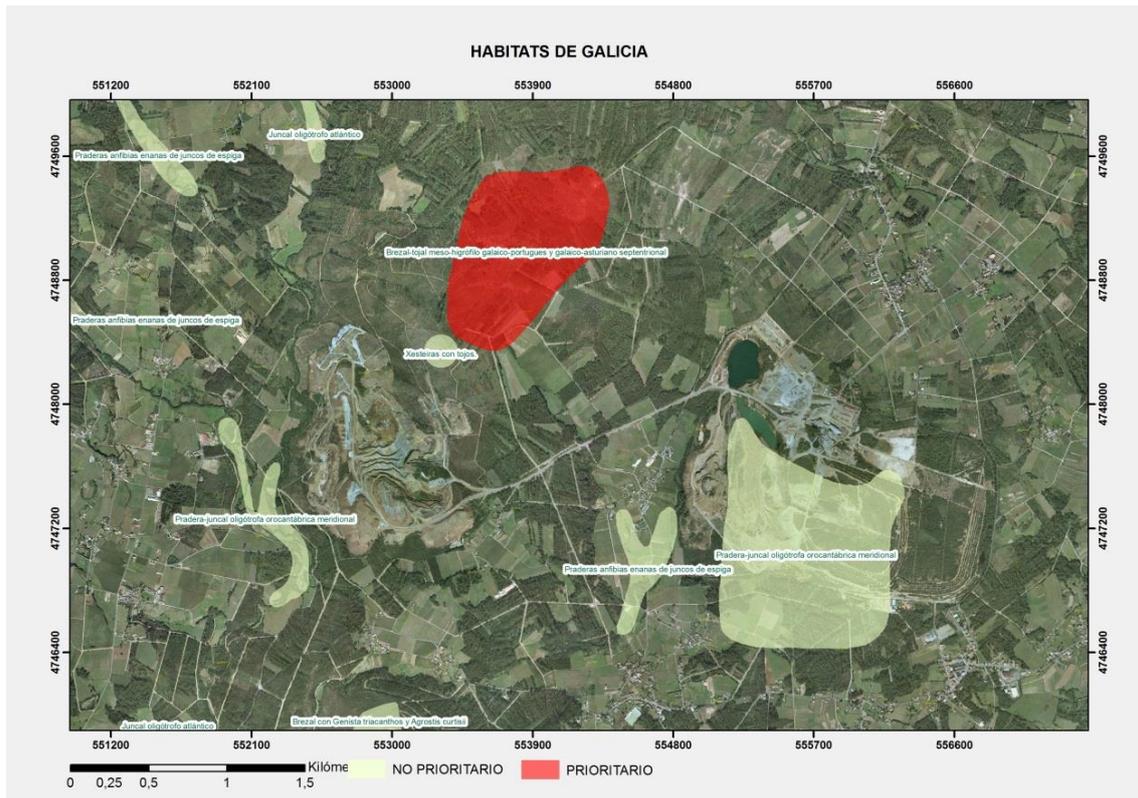


Figura 28. Localización de los Hábitats de Interés Comunitario en el entorno de la Explotación

A continuación, se resumen algunos de los contenidos recogidos en el estudio de campo realizado para verificar el HIC 4020*:

“Se realiza un recorrido a pie del área objeto de estudio, con el fin de identificar y determinar las especies que conforman el matorral presente y verificar si se localiza el hábitat prioritario 4020.*

De este modo el día 20/03/2018 se recorren en torno a unos 4 km en la cumbre del Monte Minas, realizando un recorrido perimetral y atravesando las áreas de matorral, en la superficie no ocupada por plantaciones forestales, y que se ciñe básicamente a la cumbre, ocupando una superficie aproximada de 15 ha.

Para la valoración de la superficie muestreada, se emplea el método de muestreo de cuadrantes 1M. Se trata de un muestreo aleatorio simple y de aplicación general.

El método de los cuadrantes es una de las formas más comunes de muestreo de vegetación. Los cuadrantes hacen muestreos más homogéneos y tienen menos impacto de borde en comparación a los transectos. El método consiste en colocar un cuadrado sobre la vegetación, para determinar la densidad, cobertura y frecuencia de las plantas.

Para muestrear vegetación arbustiva, como es el caso que nos ocupa, se seleccionan 4 áreas del recorrido, en las que en un cuadrante de 4 m² (2x2 m) se realizan los siguientes controles:

- *Especies presentes.*
- *Cobertura de cada especie."*

Entre las conclusiones del estudio destacar lo siguiente:

*"En resumen, dadas las características de la zona estudiada (alta antropización y degradación de los terrenos) se confirma **la inexistencia del HIC prioritario 4020***, por lo que el desarrollo de la actividad minera solo supondrá la afección temporal sobre una reducida superficie (10 Ha) cubierta por especies típicas del hábitat 4030 (no prioritario). No obstante, los trabajos de restauración posteriores, fomentarán la recuperación de esta superficie, la creación de amplias zonas de formaciones arbustivas de brezal-tojal y la mejora del patrimonio natural mediante la recolonización del hábitat con las especies de matorral propias del entorno (brezales secos europeos) y la generación de pequeñas depresiones que permitan el crecimiento y la reproducción de las especies propias del hábitat prioritario 4020*, así como la revegetación con especies potenciales de Hábitats de Interés Comunitario (prioritarios y no prioritarios) de la zona en áreas, que en la actualidad, se encuentran altamente degradadas."*

2.10 Describir las cantidades estimadas de filtraciones y sus efectos, tanto para escenarios ideales como para situación menos favorables.

Si bien se modeliza un escenario ideal en el que todas las aguas que entran en contacto con la explotación van a ser gestionadas y depuradas ésta es una situación que no se corresponde con la realidad, siendo inevitable, aún en la mejor de las situaciones, a la luz del diseño presentado, las infiltraciones de determinadas cantidades de agua que se incorporarán al acuífero profundo o bien por escorrentía hipo y epidérmica drene a la red superficial local.

En el proyecto presentado se contemplan todas las medidas de protección, vigilancia y gestión no solo para la eliminación de las filtraciones sino que también incluye el control que garantice la eliminación de las mismas. En el documento SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE RESIDUOS MINEROS anexo, se describen en detalle dichas medidas.

Para el caso de los huecos mineros se contempla bombear desde el fondo de explotación las aguas que entren por lluvia directa o por descarga hipodérmica o subterránea a través de los taludes hacia el hueco. En consecuencia, el nivel piezométrico de las aguas subterráneas estará siempre por encima de la cota de nivel de agua que pueda haber en la explotación antes de bombearla, lo que implica que no se producirán filtraciones de los huecos hacia el medio subterráneo, sino todo lo

contrario, siendo el medio subterráneo el que aporte agua al hueco a través de los taludes.

Para el caso de las instalaciones de residuos mineros potencialmente generadoras de drenaje ácido se realizan las siguientes medidas de protección frente a las filtraciones:

- Sistema doble de impermeabilización consistente en compactación de terreno natural, lámina de protección de geotextil y, lámina de polietileno de alta densidad. Control de calidad adecuado en la construcción de los depósitos y la impermeabilización,
- Mejora en la compactación de los suelos en la base del depósito, ya de por sí de baja permeabilidad,
- Vertido de estériles homogéneos, con fracción muy fina,
- Decantación y consolidación de los estériles y pérdida de la humedad por los drenajes instalados en el fondo. Tras la consolidación se forma una capa de muy baja permeabilidad.

Para el control de las aguas subterráneas se instalan pozos de control y bombeo que en el caso de detectar anomalías en el pH o conductividad bombearían las aguas a la planta de tratamiento de aguas o al depósito de estériles. Esta medida correctora puede automatizarse, instalándose medidores de pH y conductividad, conectados a bombas, succionando el agua de los pozos al alcanzar un determinado valor de acidez.

Un esquema general de esta solución se representa en la figura siguiente:

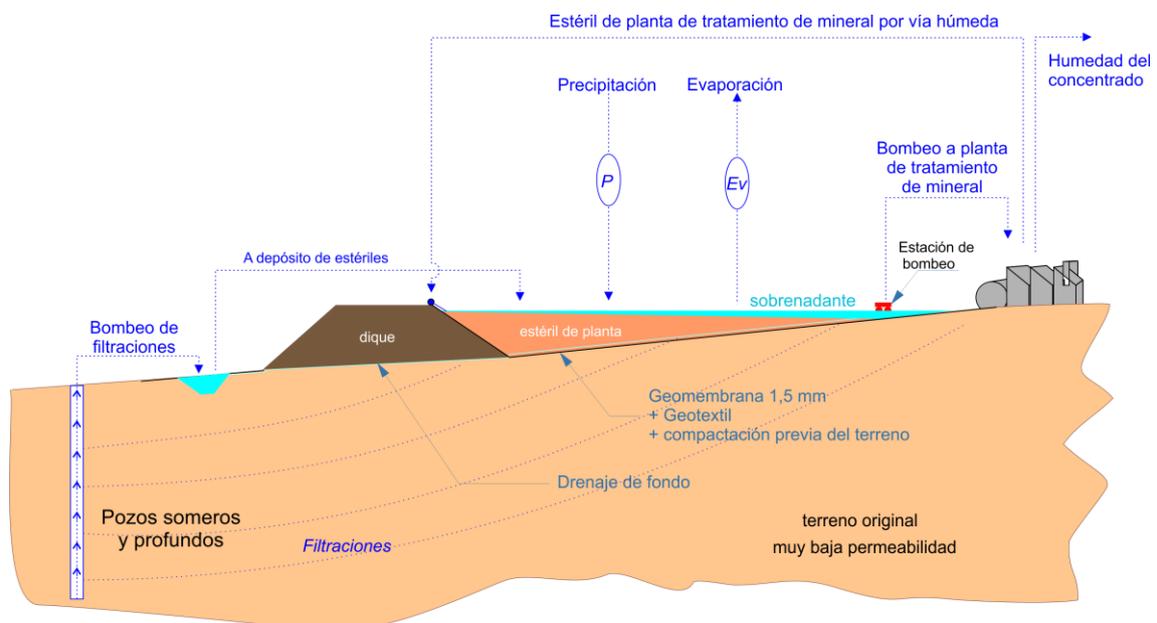


Figura 29. Sellado de los depósitos de estériles y medidas de control de filtraciones

2.11 Describir las consecuencias en el entorno de una meteorología que sobrepase la capacidad de depuración de la planta de tratamiento de aguas y las medidas de contingencia establecidas para cualquier periodo de retorno.

Se comentó que las aguas en contacto con la actividad minera van a ser tratadas en la planta de tratamiento de aguas (PTA) previamente a ser vertidas en el entorno. Para el cálculo y diseño de esta planta se tiene en cuenta un período de retorno de entre 10 y 12 años y no de 500 años.

El efecto de una meteorología adversa que sobrepase la capacidad de depuración de la planta de tratamiento de aguas sería únicamente interno al proyecto y consistiría en modificar o ajustar planes de explotación a zonas más superficiales de los huecos dejando las zonas más profundas como almacenamiento temporal.

En el Estudio hidrológico e hidroquímico realizado en 2015 se desarrolló un balance hidrológico a partir de la serie termoplumiométrica completa de 48 años. En la serie termoplumiométrica analizada el día más lluvioso producido correspondió con una precipitación de 199.6 mm.

Por otra parte, aplicando la función de distribución de Gumbel (función aplicada comúnmente en hidrología), con respecto a la población muestral obtenida de los 48 días más lluvioso de cada año de la serie termoplumiométrica, se obtiene que, para el periodo de retorno de 500 años, corresponde con 221.65 mm/día.

Así, para analizar qué es lo que ocurre en situaciones extremas se pueden considerar dos situaciones:

- a) Inicio de labores extractivas y b) Caso de explotación de huecos.

Para el primer caso, si se produce la precipitación máxima para el período de retorno de 500 años, el agua quedaría canalizada mediante los canales diseñados en el proyecto para estos eventos extremos.

En el segundo caso, como medida de contingencia, las cortas actuarían como depósitos reguladores (pozos de tormenta) acumulando el agua directa y la que escurriría por los taludes en el hueco, a ser bombeada y tratada al ritmo de producción de la PTA, evitando así la saturación de la planta de tratamiento. La capacidad de los huecos es muy superior al volumen de agua acumulada por lluvia directa y de escurrimiento lateral en los huecos, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Corta Minera	Huecos Mineros		Volumen de lluvia para periodo de retorno de 500 años (hm ³)
	Superficie (m ²)	Volumen (hm ³)	
Arinteiro	129000	10.733184	0.0285

Vieiro	358000	29.79221862	0.0793
Monte Minas Este	142000	4.94009655	0.0598
Monte Minas Oeste	105000		
Monte Minas Sur	23000		
Arca Central	313000	24.473049	0.0875
Arca Este	64000		
Arca Oeste	18000		
Bama Este	44000	22.157954	0.0782
Bama Central	309000		

Tabla 15. Capacidad de los huecos mineros.

2.12 Cuestiones referentes a la fase de clausura:

- **Nivel de detalle bajo, quedando a expensas del desarrollo de una batería de proyectos específicos.**
- **Restricción de acceso a determinadas áreas clausuradas ¿Durante cuánto tiempo van a ser peligrosas?**
- **Incertidumbres relativas a la gestión y manejo del agua durante la fase de clausura y post-clausura y el posible riesgo de acidificaciones y disolución de elementos metálicos.**
- **Cuánto tiempo que se mantendrán los pozos de vigilancia para verificar la encapsulación. No se indican medidas a adoptar en caso de fallo en el desempeño de la encapsulación.**

El Plan de Restauración del Proyecto Touro presenta información asociada al cierre y clausura de todas las instalaciones en los términos exigidos por el RD 975/2009. A estos efectos, y en relación al detalle de la información a presentar en este trámite para garantizar las condiciones tras el cierre, ha de tomarse en consideración que, conforme a lo dispuesto en los arts. 13.5 y 18.g) del RD 975/2009, con el Plan de Restauración se ha de presentar un Anteproyecto de abandono definitivo de labores y un Anteproyecto de cierre y clausura. De acuerdo con tal concepto de Anteproyecto requerido por la normativa aplicable al trámite de aprobación del Plan de Restauración, el nivel de información facilitada es más que completa, sin perjuicio de lo que se desarrollará más adelante.

En el momento previo a la finalización del aprovechamiento del recurso natural es cuando se cuenta con toda la información necesaria para ello, cuando Cobre San Rafael, S.L. deberá presentar tanto un Proyecto de Abandono definitivo de las labores

de aprovechamiento, según especifica el artículo 15 del RD 975/2009 como un Proyecto definitivo de Cierre y Clausura, conforme al art. 33.3 del RD 975/2009, que estarán compuesto por una serie de proyectos de detalle que contemplen todas las actuaciones adoptadas y a adoptar para garantizar tanto la seguridad de las personas y bienes, como la efectiva rehabilitación de los espacios afectados en las fases de cierre, clausura y post-clausura de las instalaciones, y que recogerán las características finales exactas de cada una de las instalaciones, del entorno y los requerimientos y obligaciones específicos de la legislación de aplicación y los organismos competentes en el momento de la clausura.

En línea con esto último, los proyectos de detalle identificados en el Plan de Restauración que deberán ser aportados previamente a la finalización del aprovechamiento, en línea con el art. 15 y 34 del RD 975/2009, son a modo informativo atendiendo a los plazos y al detalle requerido por la legislación de aplicación:

- Proyecto de Desmantelamiento de la Planta de Tratamiento e instalaciones auxiliares
- Proyecto de Cierre y Clausura de las cortas mineras
- Proyecto de Cierre y Clausura de los depósitos de estériles de tratamiento
- Proyecto de Cierre y Clausura de las escombreras
- Plan de manejo y gestión del agua en la fase de clausura
- Programa de Vigilancia Post-Clausura

A todo esto, hay que añadir que para valorar todas las actuaciones en materia de clausura es necesario evaluar el Proyecto en su conjunto, ya que los documentos presentados se complementan e interrelacionan unos con otros, para evitar documentos excesivamente reiterativos y extensos. El Plan de Restauración y Proyecto de Explotación presentado contemplan tanto las actuaciones de construcción, como de cierre y clausura de las instalaciones, al describirse las labores de explotación y restauración en cada fase. A continuación, se indican los principales apartados de los documentos donde viene información específica en materia de clausura:

- Proyecto de Explotación:
 - Apartado 10.3. Vida y ritmo de la explotación, donde aparece una tabla de detalle con toda la información relativa al estéril NAG y PAG: volúmenes destinados a la restauración y clausura en cada fase de explotación.
 - Apartado 11. Método y sistema de Explotación. Plan de Operación. En este apartado se describe cada fase de explotación y restauración y clausura de las cortas mineras, las escombreras y los depósitos de estériles, indicando los volúmenes y procedencia de los estériles de mina a emplear para el

relleno de las cortas, para la creación de los domos de cierre en los depósitos de estériles de planta y para la reconstitución final del terreno, y la situación final de las instalaciones y terrenos.

- Apartado 15.3. Manejo de los estériles de mina. En este apartado se especifica la colocación del material de relleno para restauración y clausura de las cortas mineras y para el cierre de los depósitos de estériles de planta.
- Planimetría de cada fase de explotación, donde se incorporan tanto las actuaciones de explotación a realizar en cada fase como las de restauración y clausura.
- Plan de Restauración:

La totalidad del Plan de Restauración describe las actuaciones de restauración y clausura de todo el Proyecto Minero y su contenido se ajusta a lo indicado en el RD 975/2009.

- En la Parte II se describen todas las medidas y actuaciones a realizar para la rehabilitación de las superficies afectadas por el Proyecto, diferenciadas por áreas de restauración para facilitar su comprensión.
- En la Parte III se identifican todos los elementos objeto de desmantelamiento y las actuaciones generales necesarias, las cuales quedarán convenientemente especificadas y detalladas en el Plan de Desmontaje o Demolición que formará parte del Proyecto de Abandono definitivo de labores (según requiere la legislación de aplicación).
- Parte IV. Plan de Gestión de Residuos Mineros, donde se identifican las actuaciones de manejo de los estériles para el relleno y clausura de las cortas, de los depósitos de estériles y las actuaciones de cierre y clausura de las instalaciones y planos de detalle.
- Parte V, donde se presupuestan dichas actuaciones.
- Planos del avance de las actuaciones de restauración y clausura durante las distintas fases del proyecto.

Por otro lado, como aclaración a uno de los aspectos contenidos en el Plan de Restauración y detallado en el Proyecto Constructivo de la Parte IV, la restricción de acceso a determinadas áreas no se debe a condiciones de peligrosidad, sino por razones de seguridad para las personas, es decir, para evitar la entrada indebida de vehículos y personal ajeno al proyecto que puedan afectar la correcta clausura de las instalaciones de residuos mineros, así como la destrucción o pillaje de elementos e instalaciones que sean mantenidas para el correcto control y vigilancia de las actuaciones de clausura. Indicar como aspecto de vital importancia, que de conformidad con el art. 35 RD 975/2009, la empresa promotora sigue siendo

responsable de las instalaciones mineras clausuradas hasta que obtenga la autorización de Clausura Definitiva por el órgano sustantivo, por consiguiente, durante el periodo de post-clausura (indicado más adelante) deberá vigilar y controlar las actuaciones de cierre de las instalaciones y evitar el acceso a personal ajeno que (bien de forma inconsciente o predeterminada) pueda realizar alguna actuación que afecte a la clausura o a alguno de los elementos de vigilancia, mantenimiento y control. Además, indicar que las actuaciones de restauración y clausura resultan en una superficie final libre de elementos de riesgos, mediante el relleno de los huecos mineros, la retirada y gestión adecuada de cualquier residuo generado tras el desmantelamiento y la integración total de la zona en el relieve natural. En este sentido, conforme al art. 33.4 RD 975/2009, y previo a la fase de post-clausura, la instalación de residuos mineros no se entiende clausurada hasta la correspondiente inspección “in situ” de la Autoridad Minera y autorización de cierre, con la previa aportación de certificación de organismo de control que acredite que el terreno afectado ha sido rehabilitado.

Complementando la información presentada, durante esta fase de tramitación del Proyecto se ha dado respuesta a información solicitada por la Dirección Xeral de Saúde Pública en relación al PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE LA ACTUALIZACIÓN DEL PROYECTO TOURO, el cual se aporta como anexo. En dicho documento se recoge detalle sobre la localización y número de los puntos de muestreo, la periodicidad de realización de muestras, parámetros a medir y vigilancia y control de los elementos de especial interés como instalaciones de residuos mineros, gestión de residuos no mineros, etc. Estas actuaciones tendrán que realizarse durante la vida del proyecto incluida la fase de clausura.

En relación a las actuaciones de vigilancia en materia de aguas se realiza un documento independiente denominado PLAN DE VIGILANCIA AMBIENTAL. CONTROL FÍSICO-QUÍMICO DEL MEDIO RECEPTOR. AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS, Grupo de Investigación Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente (GEAMA) de la Universidade da Coruña, redactado por el catedrático y Doctor en Geología Jordi Delgado Martín y por el Doctor en Ingeniería de Minas Ricardo Juncosa Rivera, (Anexo al presente documento). Dicho PVA incluye el estado de referencia “0”, seguimiento de la calidad del medio durante la explotación y seguimiento de la calidad del medio finalizada la explotación.

Para la gestión y manejo del agua (según indica este punto del informe) se mantendrán los elementos necesarios para dicho control, como es el caso de los pozos de monitoreo y la Planta de Tratamiento de Aguas, que seguirán en funcionamiento hasta que quede garantizada la calidad de las aguas en todos los terrenos clausurados.

Aun así, y para dar cumplimiento a la legislación de aplicación, se desarrollará al final de las labores (formando parte de los Proyectos de Abandono definitivo de labores y

de Cierre y Clausura de la instalación) un Programa de Vigilancia y Control Post-Clausura ajustado a las características finales del proyecto, a los resultados obtenidos en el PVA durante la fase de operación y a los requerimientos establecidos por los organismos competentes.

El Programa de Vigilancia y Control, PVC, Post-Clausura contemplará cuantas acciones sean necesarias para determinar la correcta clausura y restauración de los terrenos, así como el control de todos los elementos remanentes para evitar cualquier afección negativa sobre el medio ambiente receptor y la salud de las personas. Por ello, como mínimo contemplará:

- Control geotécnico y estabilidad de las estructuras.
- Protección de los taludes contra la erosión superficial.
- Sistemas para el control y gestión del agua de escorrentías.
- Dispositivos de recogida o sistemas de tratamiento de filtraciones y lixiviados.
- Cierre y adecuada señalización de las obras que impliquen riesgo de accidentes.
- Vigilancia de las revegetaciones.
- Control de calidad de aguas en el entorno minero.
- Control de calidad de los ecosistemas en el entorno minero.

En el PVC Post-clausura intervendrán organismos acreditados, empresas especializadas y Universidades, como garantía de fiabilidad y cumplimiento al igual que se está realizando en Meirama y As Pontes.

Señalar también que en el apartado de Vigilancia y Control de Calidad de Geosintéticos (que forma parte del documento anexo SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE RESIDUOS), se identifican una serie de actuaciones para el control de calidad de la instalación que será realizado por empresa externa acreditada, y que requiere una serie de ensayos específicos, como los ensayos de soldaduras, y la comprobación final de la estanqueidad de la geomembrana. Todas estas actuaciones de control de calidad garantizan la correcta impermeabilización de las instalaciones, quedando convenientemente identificadas y recogidas en un Informe final de certificación de calidad, como garantía del trabajo realizado, y eliminando el riesgo de fallo durante el desempeño de la encapsulación.

En cuanto a las dudas planteadas en relación al riesgo de acidificaciones y lixiviación, indicar que en anteriores actividades mineras desarrolladas en la mina de Touro no se realizó una clasificación de materiales según potencial acidificante, mientras que en el Proyecto actual se diferencia en PAG y NAG en base a ensayos específicos realizados

por la empresa especializada Golder. Según esta clasificación se gestionan de forma diferenciada y los estériles PAG se encapsulan para evitar la generación de aguas ácidas. Estas medidas minimizan el riesgo de acidificaciones y lixiviación en la clausura, contando además con un plan de seguimiento, el cual abarca el control de la calidad de las aguas. Indicar que se trata de una mejor técnica disponible para el control del drenaje ácido del BREF denominado Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from the Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC: Referenciada como BAT 5 Monitoreo de filtraciones al suelo y agua subterránea.

Respecto al tiempo de duración de las actuaciones de vigilancia, mantenimiento y control durante la fase de post-clausura, solicitado en varios puntos del presente informe, dicho periodo debe ajustarse a lo establecido en la legislación de aplicación, RD 975/2009 que especifica en su artículo 35:

1. La entidad explotadora será responsable del mantenimiento, control y medidas correctoras en la fase posterior al cierre y clausura durante todo el tiempo que exija la autoridad competente, que debe ser de, al menos, treinta años para las instalaciones de categoría A.

Para las instalaciones no incluidas en la categoría A, la autoridad competente determinará en cada caso este plazo que no podrá ser inferior a cinco años para poder disponer de información adecuada de los procesos que pueden influir en los residuos mineros expuestos al medio ambiente.

3. La entidad explotadora deberá controlar tanto la estabilidad física como química de la instalación a fin de reducir al mínimo cualquier efecto medioambiental negativo, en particular en lo que se refiere a aguas superficiales y subterráneas, garantizando que todas las estructuras de la instalación estarán vigiladas, conservadas y que los aparatos de control y medición estarán siempre calibrados para ser usados, así como que los aliviaderos y desagües estén siempre limpios y sin ninguna obstrucción.

Por consiguiente, la empresa promotora cumplirá con lo establecido en la legislación de aplicación en cuanto al tiempo de duración de las medidas de mantenimiento, vigilancia y control una vez clausurada la instalación. Dicho plazo es bastante prolongado en el tiempo en el caso de las instalaciones de categoría A (depósitos de estériles de planta), con un mínimo de **30 años**, de manera que los pozos de monitoreo asociados a estas instalaciones de residuos mineros estarán operativos durante esos 30 años, aunque la frecuencia de muestreo podrá ir disminuyendo paulatinamente a medida que transcurran los años y se afiancen las actuaciones de clausura (todo ello quedará definido en los informes periódicos que se presenten ante la administración,

la cual determinará y aprobará las sucesivas frecuencias de muestreo en función de los resultados obtenidos).

En cuanto a los periodos establecidos por la legislación, como se ha indicado son periodos mínimos de tiempo durante los cuales se deberá comprobar que las actuaciones de restauración y clausura realizadas son correctas, y en caso necesario realizar cuantas medidas correctoras sean necesarias o requeridas por las autoridades competentes para la protección del entorno natural y social.

Además, se deberá cumplir con lo establecido por el órgano sustantivo, que podrá ampliar el periodo establecido por la legislación en función de los resultados obtenidos durante la fase de post-clausura.

Por último, según viene reflejado en el punto 5 del artículo 35 del R.D. 975/2009, para la obtención de la correspondiente autorización de clausura definitiva, una vez transcurrido el periodo de tiempo fijado por la autoridad competente para la fase de mantenimiento y control, la entidad explotadora deberá presentar previamente un informe o dictamen de un organismo de control acreditado, lo cual garantizará que el programa de vigilancia y control post-clausura se ha realizado correctamente y que las superficies clausuradas y restauradas no suponen un riesgo para la salud ambiental y social de la zona.

2.13 Incongruencias detectadas en la restauración:

2.13.1 No se identifica los sustratos específicos a emplear en cada zona y los objetivos concretos de su implantación. Sólo se señala en general que se empleará o tierra vegetal o tecnosoles.

El Plan de Restauración contempla en todas las superficies restauradas la incorporación de una capa de tierra vegetal, indicando que podrán emplearse Tecnosoles como **opción experimental** en escombreras y depósitos de estériles, dado el excelente resultado de este tipo de suelos en las actuaciones de restauración que se han llevado a cabo en la Mina de Touro (apartado 2.3 Objetivo 2: Recuperación del valor ecológico del área afectada, así como su integración con el paisaje del entorno).

Al tratarse de una opción experimental no se contempla su empleo total en todas las superficies de las instalaciones, sino que podrían dedicarse algunas parcelas de reducida superficie en los primeros años dentro de las zonas restauradas para la investigación de futuros aprovechamientos agrícolas que puedan generar beneficios posteriores a la clausura de los terrenos. Para justificar el posible empleo de tecnosoles a futuro, durante los primeros años de la explotación se estudiará el comportamiento de estos tecnosoles mediante un proyecto de I+D+i para verificar sus beneficios en trabajos de restauración.

En este sentido, cualquier opción experimental que se considere será desarrollada en detalle antes de la restauración de dichas superficies y presentada ante el órgano sustantivo y el órgano competente en materia de medio ambiente, además de incluirse en las sucesivas revisiones del Plan de Restauración, que serán cada 5 años según establece el artículo 7 del Real Decreto 975/2009, de 12 de junio.

Indicar que el Proyecto cuenta con un volumen total de aproximadamente 2 millones de m³ de tierra vegetal que cubre totalmente las necesidades de restauración de todas las superficies.

Por consiguiente, se contempla como medida de restauración de las superficies afectadas, la incorporación de una capa de tierra vegetal con los espesores indicados en el Plan de Restauración, quedando supeditado el uso experimental de tecnosoles a la redacción de un proyecto de detalle que será presentado a los organismos competentes.

2.13.2 Cómo conseguir que la tierra vegetal se mantenga en los taludes a revegetar cuando estos presentan pendientes entre el 50 y el 75 %.

Los taludes sobre los que se llevará a cabo el extendido de tierra vegetal y la posterior revegetación pertenecen a:

- los muros de los depósitos de estériles de planta que presentan una inclinación máxima 2H:1V correspondiente 26,6º o a una pendiente del 50% y
- el talud final de la escombrera PAG que presenta una pendiente de 1.83H:1V de aproximadamente el 53% o 28°.

Una aclaración respecto al 75% (1.33H:1V) de pendiente corresponde a los taludes interbancos de la escombrera PAG durante la fase de operación de la misma. Una vez finalizada la escombrera y previo a su sellado se realiza el descabezado de los bancos para la generación de una superficie final homogénea, con un talud final único de 28º según se ha comentado arriba y se puede observar en la siguiente infografía del Proyecto.



Figura 30. Escombrera PAG restaurada.

A continuación, se muestran los taludes de los depósitos de estériles y la inclinación de los mismos, resultando una pendiente adecuada para su restauración:



Figura 31. Infografía Proyecto Touro. Depósitos de estériles y escombrera PAG restaurados.

Según se observa en esta otra imagen, la altura de los taludes va decreciendo hasta igualarse con la topografía del entorno, existiendo muchas zonas donde prácticamente se equiparará con el resto de la topografía:



Figura 32. Infografía Proyecto Touro. Perspectiva del depósito de estériles temporal restaurado.

Asimismo, el Manual de Restauración de Minas a Cielo Abierto elaborado por el Gobierno de La Rioja, considera que para favorecer la revegetación y reducir los fenómenos erosivos los taludes deben ser preferente 2H:1V. Indicándose expresamente en la NTJ 02 Acopio de Tierra Vegetal de Obra (Norma Técnica de Jardinería) que el extendido directo de tierra vegetal en taludes no debe realizarse en inclinaciones superiores a 3H:2V (33,7º), presentando los taludes del Proyecto inclinaciones inferiores a la indicada en la NTJ.

La idoneidad de esta pendiente para las actuaciones de restauración y de mantenimiento de la tierra vegetal queda de manifiesto en la siguiente imagen, donde se muestran experiencias similares de restauración de instalaciones de residuos mineros con dichas pendientes y expuestas a condiciones climatológicas afines:



Los taludes finales de las instalaciones de residuos mineros del Proyecto Touro, según se puede ver en los planos del proyecto y en las imágenes de las infografías expuestas en el presente apartado, se adaptan a los criterios indicados en el

manual de restauración mencionado, no presentando formas geométricas ni aristas vivas, sino que se encuentran adaptados a la morfología del entorno y presentan formas redondeadas que además de integrar la zona en el relieve y paisaje circundante, minimiza los fenómenos erosivos sobre los mismos. Por otro lado, para evitar la erosión excesiva de los taludes es necesario evitar que el agua de escorrentía sobre la plataforma superficial alcance los taludes, para dicho fin, el Proyecto contempla como medida de prevención la construcción de cunetas de guarda en la cabeza de los taludes rodeando todo el perímetro de las plataformas superiores de los depósitos de estériles y de la escombrera PAG, según se puede observar en las imágenes Figura 30, Figura 31 y Figura 32.

Para la eliminación del agua en el interior del talud, los muros de los depósitos de estériles de planta cuentan con un sistema de drenaje que recolectarán las aguas filtradas a través del muro y las conducirán a una piscina de filtraciones, la cual estará operativa durante el periodo de post-clausura correspondiente según establece la legislación de aplicación, para garantizar la estabilidad de los taludes, controlar los fenómenos erosivos y como medida de vigilancia y control de la calidad de las aguas.

Como medida de protección adicional en el caso de la escombrera PAG, dado que el proyecto cuenta con estéril NAG en cantidad suficiente para la reconstitución de los terrenos finales, se contempla la incorporación de una capa de estéril NAG sobre la geomembrana para el mantenimiento de la tierra vegetal sobre los taludes impermeabilizados y como protección del sellado.

En el caso de los taludes exteriores de los muros de los depósitos de estériles de planta, la impermeabilización estará por la cara interna, de manera que los taludes exteriores del muro están constituidos por estéril de mina NAG, que favorece el mantenimiento de la tierra vegetal extendida.

Indicar también que, las cunetas y bajantes, así como, la hidrosiembra inmediata al extendido de tierras vegetales garantiza la sujeción del talud al fijar su superficie y evitar escorrentías y cambios de perfil, así como los arrastres por aguas superficiales.

Por último, todas las actuaciones de restauración serán sometidas a vigilancia, control y mantenimiento, de manera que si el Plan de Vigilancia determina que existen algunas zonas donde se ha detectado pérdida de la tierra vegetal, deberán llevarse a cabo las actuaciones necesarias para su reposición y mantenimiento. Como medidas correctivas podrán realizarse pequeños surcos sobre el terreno de unos 15x15 cm cada metro de distancia aproximadamente para evitar el deslizamiento de la tierra. Esta misma actuación podrá ejecutarse en las zonas que se consideren más problemáticas antes de procederse al extendido de la tierra

vegetal. Además, se tendrán en consideración las Técnicas de Estabilización de Taludes y las Técnicas Mixtas de Revestimiento de Taludes, NTJ 12S Parte 2 y Parte 3.

2.13.3 Por qué es necesario realizar operaciones de descompactación del suelo posteriormente a su vertido.

Las actuaciones que contempla el Plan de Restauración una vez extendida la tierra vegetal corresponden a labores preparatorias del suelo, según se indica en la descripción de las actuaciones de restauración en las distintas áreas. Estas labores preparatorias consisten en la realización de un pase de grada para el escarificado de los primeros 5-15 cm de profundidad para facilitar la infiltración del agua, la penetración de las raíces y la descompactación del suelo, en caso de que haya transcurrido un cierto periodo de tiempo entre el extendido de la tierra vegetal y la revegetación.

Se trata de una actuación totalmente recomendable e incluida en los manuales de restauración minera, como es el caso del mencionado Manual de Restauración de Minas a Cielo Abierto elaborado por el Gobierno de La Rioja.

La descompactación profunda del terreno se realiza únicamente en las zonas altamente compactadas y con carácter previo al extendido de la tierra vegetal, para facilitar el enraizamiento de las especies a implantar, su crecimiento y la infiltración del agua.

2.13.4 Para las labores de plantación pretenden efectuar abertura de agujeros de 40x40 cm y de 60x60 cm, superándose, según el caso, el propio espesor del sustrato (30-50 cm). Situación similar acontece con las labores de descompactación con subsolador.

Como se ha indicado en el apartado anterior, las actuaciones de descompactación con subsolador se llevarán a cabo antes del extendido de la tierra vegetal en las zonas donde el suelo se encuentra altamente compactado, como es el caso de los terrenos sobre los que se contempla la instalación de la planta de tratamiento e instalaciones auxiliares y sobre las pistas mineras. Para ello, se considera la realización de un escarificado más profundo mediante subsolado o ripado (entre 50-80 cm) para la descompactación del terreno, mejorar la infiltración y el movimiento del agua y facilitar la penetración de las raíces y posterior crecimiento de la vegetación. La Norma Técnica de Jardinería NTJ 02 Acopio de Tierra Vegetal de Obra también considera la descompactación del terreno mediante subsolado y

el posterior extendido de la tierra vegetal en las zonas de acopio al considerarlas zonas compactadas, por lo que dicha actuación deberá realizarse en todos los terrenos que presenten condiciones iniciales de compactación a fin de facilitar el desarrollo de la posterior vegetación.

En cuanto al ahoyado, en el Plan de Restauración se indican de forma genérica las dos opciones: manual o mecanizada, y sus dimensiones. En concreto, en las actuaciones de restauración propuestas se selecciona el ahoyado manual (40x40x40 cm) ya que es el más adecuado para el tamaño de la vegetación a implantar, según se puede observar en todas las partidas presupuestarias asociadas al ahoyado.

Sobre los terrenos restaurados se extenderá una capa de tierra vegetal (suelo fértil) de 30-50 cm, existiendo tierra vegetal bastante para alcanzar en las zonas de plantación espesores de al menos 40 cm. Bajo esta capa de tierra vegetal existe suelo descompactado para facilitar la penetración de las raíces (o la excavación de hoyos de plantación, aunque según se ha indicado, se dispondrá de espesores intermedios de aproximadamente 40 cm de tierra vegetal). En resumen, tras las actuaciones de preparación del suelo, extendido de la tierra vegetal y enmiendas edáficas, las superficies sobre las que se proyecta la plantación presentarán suelos con horizontes A, B y C o con horizontes predominantes A y C, según la zona. Siendo el horizonte A el correspondiente a la tierra vegetal reubicada, situada en la parte superficial de la estructura del suelo y con mayor contenido en materia orgánica, el horizonte C el material original en estado no consolidado, sin desarrollo de estructura edáfica, que permite la penetración de las raíces proporcionándole a las plantas un medio de crecimiento importante. Y el horizonte B que se encuentra en una situación intermedia entre los anteriores, estará presente en algunas zonas donde no se haya retirado en su totalidad y podrá formarse en el resto de zonas gracias a las actuaciones de preparación del suelo que facilitará la mezcla entre la zona límite de los horizontes A y C.

2.13.5 Las mezclas de especies en plantación no determinan su compatibilidad entre ellas ni establece los tratamientos silvícolas y culturales precisos para una efectiva implantación, como pueden ser los desbroces durante los primeros años en las zonas con árboles. Tampoco se determina la idoneidad de la selección de especies en atención a calidad de estación.

Todas las especies seleccionadas para la revegetación se encuentran inventariadas en la zona y recogidas en el listado de especies vegetales identificadas en los municipios de O Pino y Touro en la Parte III del Estudio de Impacto Ambiental, que se ajustan a los factores ecológicos de la zona y la estación. Además, se ha tenido

en especial consideración la vegetación potencial según la delimitación biogeográfica de la zona (mapa de series de vegetación de España de Rivas Martínez) para la selección de especies, su compatibilidad y la idoneidad de las mismas respecto a la estación.

La totalidad de especies contempladas en el Plan de Restauración (P.R.) se encuentran distribuidas según las diferentes áreas de restauración, por lo que no estarán todas mezcladas, sino que habrá una diferenciación de especies según la zona, generando diferentes tipos de hábitats y aumentando la diversidad ecológica inicial.

Tal como se indica en el P.R. se evitarán plantaciones regulares y se alternarán rodales o bosquetes y zonas abiertas para aumentar la diversidad de hábitats. Estos rodales y bosquetes estarán formados por especies compatibles entre ellas y distribuidas atendiendo a las características morfológicas, edafológicas, hídricas... En este sentido, se tendrá en cuenta la situación inicial de la zona objeto de plantación y seleccionarán las especies que conformarán cada rodal, bosquete o zonas de ecotono, y las distribuirá teniendo en cuenta las distintas condiciones de insolación, sombra y el grado de humedad.

Respecto a las especies pascícolas, se ha tenido en cuenta las leguminosas más adecuadas y las gramíneas que pueden asociarse a estas, ya que en este caso es destacable el poder dominante de unas especies pascícolas sobre otras.

El P.R. también contempla tratamientos silvícolas y culturales y en concreto la realización de desbroces durante el periodo de mantenimiento de la plantación. En concreto en el apartado 2.7.1.4. Control de la competencia herbácea, se indica la necesidad de limitar la competencia herbácea mediante la realización de binas y escardas sobre cada pie plantado y en caso necesario la realización de desbroces. También se indica en el punto denominado Método de plantación perteneciente al apartado 2.5.3. Labores preparatorias del suelo del P.R., que se realizará una distribución de las plantas para generar zonas de paso que faciliten la ejecución de las labores de mantenimiento de la plantación, destacando los posibles desbroces para control de malezas, riegos, censos de supervivencia y reposición de marras.

El P.R. también indica en el punto 2.7.1.5. Reposición de Marras y repeticiones de Hidrosiembra, que deberá realizarse un seguimiento de la plantación de forma periódica, con el objeto de determinar la adaptación de las distintas especies implantadas, así como el grado de supervivencia de las mismas. Este seguimiento determinará si existe alguna especie que no consiga adaptarse adecuadamente a las condiciones edafológicas y climáticas de la zona, de manera que si existe alguna especie con un alto porcentaje de mortandad que no arraigue en la zona de forma adecuada, durante la reposición de marras se empleará otra especie cuya viabilidad se garantice en el tiempo, pudiendo diferir de las indicadas en el P.R.,

teniendo en cuenta para ello la serie de vegetación correspondiente al ámbito de estudio y la vegetación característica en los alrededores de la zona. Todas estas actuaciones estarán incluidas en el Plan de Vigilancia Ambiental de la restauración y comunicadas al organismo sustantivo y ambiental para su conocimiento.

Además, se dará cumplimiento a la legislación de aplicación mediante la presentación anual del Plan de Labores que incluirá información de detalle sobre las actuaciones de restauración realizadas y las previstas para el siguiente año, así como una memoria de vigilancia ambiental con indicaciones concretas sobre las labores de mantenimiento de la cubierta vegetal instaurada (riego, siembras, abonos, etc.) y descripción de imprevistos con respecto a la planificación propuesta en el proyecto inicial, según establece la *Resolución de 22 de diciembre de 2008 por la que se aprueba y se hace público el nuevo modelo del Plan de labores de actividades mineras*. De esta manera, la administración estará totalmente informada sobre las actuaciones de restauración, así como de cualquier imprevisto o medida para la viabilidad de la revegetación.

2.14 Cuestiones relativas a la impermeabilización de los residuos peligrosos

Este punto del informe hace referencia a una serie de cuestiones relativas a la impermeabilización de las instalaciones de estériles potencialmente generadores de drenaje ácido, y presenta una serie de dudas sobre la fiabilidad de la impermeabilización, los controles de calidad de la instalación, vida útil de la geomembrana PEAD, posibles lixiviados y repercusiones de los mismos, escenarios que pueden influir negativamente sobre la impermeabilización (raíces de árboles, movimientos masivos, movimientos sísmicos). Y por último solicita información sobre el periodo de post-clausura y avales.

A continuación, se exponen todas las medidas adoptadas por COBRE SAN RAFAEL SL para garantizar la eficacia del sistema de impermeabilización, así como aquellas adoptadas ante escenarios desfavorables. La información incluida en este apartado se encuentra descrita en detalle en el documento denominado SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE RESIDUOS MINEROS, anexo al presente documento.

Las medidas contempladas por COBRE SAN RAFAEL SL se han diseñado y dispuesto para la consecución de los siguientes objetivos:

- *Garantizar la adecuación del emplazamiento.*
- *Garantizar un sistema de impermeabilización óptimo.*

- *Garantizar un sistema de seguridad ante un posible fallo del sistema de impermeabilización.*

En base a esta estructura se organiza la contestación a todas las cuestiones del informe de Patrimonio Natural relativas a la impermeabilización.

1.- GARANTIZAR LA ADECUACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO.

Este aspecto engloba el estudio o estudios del espacio donde pretende ubicarse la instalación de almacenamiento de residuos mineros con el propósito de conocer aquellas características o propiedades del terreno que pudieran desaconsejar su ubicación. En este sentido, COBRE SAN RAFAEL SL, ha dado prioridad al conocimiento de la estabilidad del terreno. La falta de estabilidad en el terreno puede provocar movimientos o desplazamientos de capas del terreno que produzcan roturas en los sistemas de impermeabilización. Por ello, se ha analizado la topografía del emplazamiento, se ha realizado un completo estudio de caracterización geológica-geotécnica y un análisis de estabilidad para los muros principales de las instalaciones de estériles de planta y de las escombreras.

Los factores de seguridad para las secciones analizadas cumplen con los criterios de estabilidad establecidos. También fue analizado el riesgo sísmico del emplazamiento. El contenido y detalle de dichos estudios se describe en el *Proyecto Constructivo de las Instalaciones de Residuos Mineros*.

Concretamente y atendiendo al requerimiento de la alegación, en lo que respecta al riesgo sísmico, el Proyecto cuenta con un **Informe Geotécnico** del depósito temporal de estériles de la planta de tratamiento de mineral, elaborado por la empresa TERRATEC Geotécnica y Sondeos S.L., en el mismo, y en relación a la “SISMICIDAD” se indica lo siguiente:

Según el artículo 18 del “**Reglamento Técnico sobre Seguridad de Presas y Embalses**”, se establece que *“se comprobará el comportamiento de la Presa frente a los efectos producidos por las acciones sísmicas, de conformidad con la normativa sismorresistente en vigor”*.

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define, según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSR-02) mediante el mapa de peligrosidad sísmica, que suministra, para cada punto del país la aceleración sísmica básica a_b , un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

*Según la mencionada norma la zona de estudio se encuentra en un área con aceleración sísmica básica inferior a 0.04g, **no siendo de aplicación la mencionada norma de construcción sismorresistente.***

En todo caso, y siempre tratando de analizar la estructura de proyecto desde el lado de la seguridad, se determinan las aceleraciones de cálculo horizontal y vertical en la presa, a partir de la siguiente formulación

$$A_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

Siendo a_b la aceleración sísmica básica, con un valor de 0.04.g.

ρ un coeficiente de riesgo en función del periodo de vida de la construcción proyectada, tomándose el valor 1.3, correspondiente a un periodo de retorno de 500 años.

S el coeficiente de amplificación del terreno, que para valores de $\rho \cdot a_b \leq 0.1$. g, como es nuestro caso, tiene la formulación

$$S = C / 1.25$$

*Siendo C un coeficiente del terreno que depende de las características geotécnicas del material donde se apoya la cimentación. El terreno existente en la zona corresponde a alternancias de paragneises y anfibolitas, que podemos clasificar, de manera conservadora, **como terreno tipo II, roca muy fracturada, con un valor 1.3.***

Según estos valores, la aceleración de cálculo resultante es:

$$a_c = (1.3/1.25) \cdot 1.3 \cdot 0.04 \cdot g = 0.054g$$

La aceleración vertical se toma como el 50% del valor de la aceleración horizontal de cálculo en la presa, según la guía técnica de presas y embalses.

Por otra parte, los datos de sismicidad del Instituto Geográfico Nacional indican una muy baja actividad sísmica en la provincia de A Coruña, sin ningún terremoto de magnitud superior a 4 desde 1900.

Por tanto, se puede establecer la conclusión de que el emplazamiento propuesto comprende un espacio de terreno estable desde los puntos de vista topográfico, geológico-geotécnico, capaz de soportar la instalación proyectada y carente de riesgos sísmicos.

A parte de la estabilidad, otro de los aspectos clave estudiado respecto al emplazamiento ha sido la permeabilidad del terreno. Se trata de una característica importante a la hora de conocer el comportamiento del terreno ante una hipotética filtración. En el estudio geotécnico que COBRE SAN RAFAEL SL realizó en 2016 se definieron las propiedades de los materiales del área de emplazamiento de las instalaciones de almacenamiento de residuos mineros. En las caracterizaciones de laboratorio, se determinó que el suelo predominante en la zona es el compuesto por arenas limosas. Dichos suelos tienen un contenido de finos alto y un grado de compacidad medio-alto. El coeficiente de permeabilidad (K) estimado para este tipo de

materiales toma valores comprendidos entre 1×10^{-6} - 1×10^{-7} m/s. El valor medio obtenido en ensayos de permeabilidad, realizados en zonas próximas, en el año 2016 es de $9,30 \times 10^{-7}$ m/s. Dicho resultado califica al suelo como de **permeabilidad baja**, siendo el espesor medio de estos suelos es de unos 3 m.

2.- GARANTIZAR UN SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN ÓPTIMO.

COBRE SAN RAFAEL SL ha adoptado las siguientes medidas para garantizar un sistema de impermeabilización óptimo y así evitar acciones correctivas de difícil implantación una vez que la instalación de residuos mineros se encuentra en operación:

- a.- Elección de una barrera impermeable fiable, efectiva y duradera.
- b.- Inclusión de medidas de protección para la barrera impermeable.
- c.- Disposición de los controles y garantías en la colocación.

a.- Elección de una barrera impermeable fiable, efectiva y duradera.

Respecto a la elección del sistema impermeable, COBRE SAN RAFAEL SL propone para los depósitos de estériles de planta, el encapsulado mediante **Barrera Geo-sintética Polimérica (GBR-P) con polietileno de alta densidad**. Esta barrera impermeable es el medio de impermeabilización más usado y extendido en este tipo de instalaciones por la fiabilidad que ofrece ya que es un sistema cuya instalación es sencilla, tiene una durabilidad en el tiempo muy alta y es muy resistente con una disposición adecuada. Además, la experiencia con este sistema es muy amplia y los resultados están garantizados.

La elección de la geomembrana de polietileno de alta densidad obedece a que se trata de un material con una composición que la hace muy estable y resistente frente a productos químicos. **Se trata del polímero con mayor resistencia química** al ataque de ácidos, álcalis y disolventes orgánicos e inorgánicos.

Además, la alta fuerza tensible y rigidez del compuesto le confieren unas **propiedades mecánicas excelentes** para soportar deformaciones por cambios de temperatura y la exposición a la intemperie, (en el caso concreto del proyecto, se evita una exposición prolongada a la intemperie debido a la construcción por fases).

Otra de las características de la geomembrana de PEAD es su sencillez de instalación ya que el compuesto es termofusionable (se puede soldar por extrusión) y permite la posibilidad en su colocación de **verificar la estanqueidad de la soldadura**. Esta característica es de gran importancia pues se puede garantizar desde un principio el escenario ideal de impermeabilidad, siendo por este motivo uno de sus usos principales la construcción de Balsas de Agua de riego y potable.

En lo que respecta a la **vida útil**, resulta muy difícil establecer un dato preciso ya que los datos ofrecidos son obtenidos de predicciones a nivel de laboratorio para unas condiciones determinadas, sin embargo, son los propios fabricantes los que garantizan la alta durabilidad de la misma.

Uno de los modelos de predicción para la determinación de la vida útil de una geomembrana es el conocido como modelo “Arrhenius”. En base a este modelo, la vida útil de una geomembrana de PEAD expuesta a temperaturas de 20°C, a los 500 años, puede conservar todavía el 50% de las propiedades de uso.

Otra de las aproximaciones al conocimiento de la vida útil de la geomembrana son las proporcionadas por los fabricantes a través de sus certificaciones. Generalmente son predicciones conservadoras por lo que podemos considerarlas fiables. En este sentido, la compañía Sotrafa, uno de los fabricantes de geomembrana más importantes de España, certifica la vida útil de la geomembrana de PEAD en función de su espesor en:

<u>1 mm</u>	<u>1,5 mm</u>	<u>2 mm</u>	<u>2,5 mm</u>
>20 años	>100 años	>100 años	>100 años

*Tabla 16. Estimación de la duración de una geomembrana de PEAD considerando espesores.
Fuente: Certificado de Sotrafa.*

Independientemente del fabricante seleccionado para el suministro de la geomembrana, COBRE SAN RAFAEL SL, garantizará el cumplimiento de los estándares de calidad y especificaciones técnicas contempladas en las normas UNE- EN ISO (Asociación Española de Normalización), CSN P CEN (Comité Europeo de Normalización) y ASTM (Organización Internacionales que desarrolla y publica acuerdos voluntarios de normas técnicas para una amplia gama de materiales para dichos materiales).

COBRE SAN RAFAEL SL, se compromete a la colocación de una geomembrana de 1,5mm de espesor para todas las impermeabilizaciones, por lo que el fabricante garantiza una durabilidad superior a 100 años.

Existen numerosos estudios al respecto de la vida útil de estos materiales, incluso ensayos de laboratorio que predican la vida útil de una geomembrana de PEAD en más de 700 años. **En cualquier caso, los periodos de vida útil de dichos sistemas son muy superiores al tiempo en que se habría alcanzado la estabilidad física y química del depósito. Los estériles encapsulados en su interior estarían totalmente secos y consolidados alcanzando un coeficiente de permeabilidad de 1×10^{-8} , una vez drenados y sellada la superficie del depósito.**



Figura 33. Estado actual del antiguo depósito de estériles de Touro.

Adicionalmente a la vida útil, la propia normativa contempla los periodos de responsabilidad y seguimiento post-clausura sobre este tipo de instalaciones para garantizar que las superficies clausuradas y restauradas no suponen un riesgo para la salud ambiental y social de la zona.

R D 975/2009, que especifica en su artículo 35:

1. La entidad explotadora será responsable del mantenimiento, control y medidas correctoras en la fase posterior al cierre y clausura durante todo el tiempo que exija la autoridad competente, que debe ser de, al menos, treinta años para las instalaciones de categoría A.

3. La entidad explotadora deberá controlar tanto la estabilidad física como química de la instalación a fin de reducir al mínimo cualquier efecto medioambiental negativo, en particular en lo que se refiere a aguas superficiales y subterráneas, garantizando que todas las estructuras de la instalación estarán vigiladas y conservadas y que los aparatos de control y medición estarán siempre listos para ser usados, así como que los aliviaderos y desagües estén siempre limpios y sin ninguna obstrucción.

Por último, según viene reflejado en el punto 5 del artículo 35 del R.D. 975/2009, para la obtención de la correspondiente autorización de clausura definitiva, una vez transcurrido el periodo de tiempo fijado por la autoridad competente para la fase de mantenimiento y control, la entidad explotadora deberá presentar previamente un informe o dictamen de un organismo de control, de forma que se garantizará que el programa de vigilancia y control post-clausura se ha realizado correctamente y que las superficies clausuradas y restauradas no suponen un riesgo para la salud ambiental y social de la zona.

Respecto al aval, Cobre San Rafael S.L. dará cumplimiento al Real Decreto 975/2009, que establece en los artículos 42 y 43 la constitución de dos garantías financieras antes del comienzo de cualquier actividad de laboreo, las cuales serán revisadas periódicamente para garantizar el cumplimiento de las obligaciones impuestas por el órgano sustantivo:

- Garantía financiera o equivalente para la rehabilitación del espacio natural afectado por la explotación, preparación, concentración y beneficio de recursos minerales.
- Garantía financiera o equivalente para el cumplimiento de las condiciones impuestas en la autorización del plan de restauración para la gestión y la rehabilitación del espacio natural afectado por las instalaciones de residuos mineros.

b.- Medidas de protección para la geomembrana.

En lo que respecta a las medidas contempladas por COBRE SAN RAFAEL, S.L para la protección de la geomembrana contra punzonamientos, roturas y otros daños, se diferencian dos tipos de medidas en función del estado operacional de la instalación de almacenamiento de residuos: Medidas para la fase de operación y medidas para la fase de clausura.

- Medidas para la fase de operación.

Durante la fase de operación se procederá a la impermeabilización del vaso. Los principales riesgos para el sistema de impermeabilización en esta fase son aquellos derivados de un mal apoyo, una mala sujeción y operaciones de manejo con maquinaria pesada que pudieran dañar la membrana.

A este respecto COBRE SAN RAFAEL SL contempla:

- 1.- La combinación de la geomembrana sobre lámina de geotextil y el apoyo de ambas sobre una superficie acondicionada, siendo ésta regular y uniforme.

La preparación de la superficie de apoyo o soporte del sistema de impermeabilización afecta directamente a la vida del sistema. El Proyecto Touro propone como superficie de apoyo *“capa de arenas limosas con finos no plásticos. El material deberá estar libre de partículas de tamaños mayores a 25 mm, filosas, con protuberancias angulares y otros materiales... que puedan potencialmente dañar el geosintético”*. En este sentido la adecuación de la superficie consistirá en la retirada de la cubierta vegetal para descubrir la capa de arenas limosas, la limpieza y retirada de elementos no deseados y la regularización del terreno para conseguir un apoyo uniforme. Sobre este apoyo se dispondrá inicialmente el geotextil y finalmente la geomembrana de PEAD.

2.- Para la sujeción se contempla el anclaje en zanja. Las láminas de impermeabilización se anclarán en la coronación de los taludes en una zanja. Con el fin de no deteriorar la coronación de talud, la mencionada zanja se separará del borde del talud según proyecto. El sistema de anclaje en zanja es muy efectivo en lo que respecta a la seguridad de la sujeción.

3.- Respecto a las operaciones de manejo hay que decir que el vertido de los estériles en los depósitos es realizado a través de una tubería perimetral en la cabeza del talud del dique. A dicha tubería estarán conectados una serie de salidas o espigots a una distancia fijada en Proyecto para poder realizar un reparto uniforme de los estériles y hacer un llenado del depósito controlado. Este tipo de vertido evita la entrada de maquinaria pesada dentro del depósito para realizar operaciones de manejo de los residuos y por consiguiente el riesgo de daños producidos por maquinaria pesada sobre el sistema de impermeabilización.

Es importante tener en cuenta que esta solución de impermeabilización con geomembrana de polietileno de alta densidad, es una metodología constructiva más que utilizada y probada para la construcción de balsas con destino a almacenamiento de agua potable y riego, así como depósitos mineros. Por ello se diseñan, construyen, operan y clausuran para no tener filtraciones. De ahí los materiales utilizados, las certificaciones y los controles de calidad y estabilidad.

La operación de almacenamiento de agua o de estériles mineros, nada tiene que ver con la operación de almacenamiento de residuos urbanos donde se utilizan máquinas de gran tonelaje sobre la lámina de PEAD y se vierten residuos heterogéneos directamente sobre la lámina, que fácilmente pueden dañar el sistema de impermeabilización.

Diferentes tipos de residuos determinan diferentes comportamientos hidrogeológicos en el interior del vertedero dependiendo de la permeabilidad general y de detalle, con riesgos muy altos de punzonamiento de la impermeabilización en la operación de vertido, a diferencia de los vertidos en depósitos de estériles mineros.



Figura 34. Residuos vertederos



Figura 35. Estériles mineros

- Medidas para la fase de clausura.

Una vez que el depósito se ha colmatado y ha llegado a los límites previstos de operación se iniciará la fase de sellado o encapsulado del depósito. Para ello, se esperará a la retirada del agua sobrenadante y al secado de la parte superficial del depósito.

Los principales riesgos para el sistema de impermeabilización en esta fase son aquellos derivados de la composición y disposición de la capa de cubrición y la implantación de un uso posterior del terreno que pudiese generar daños.

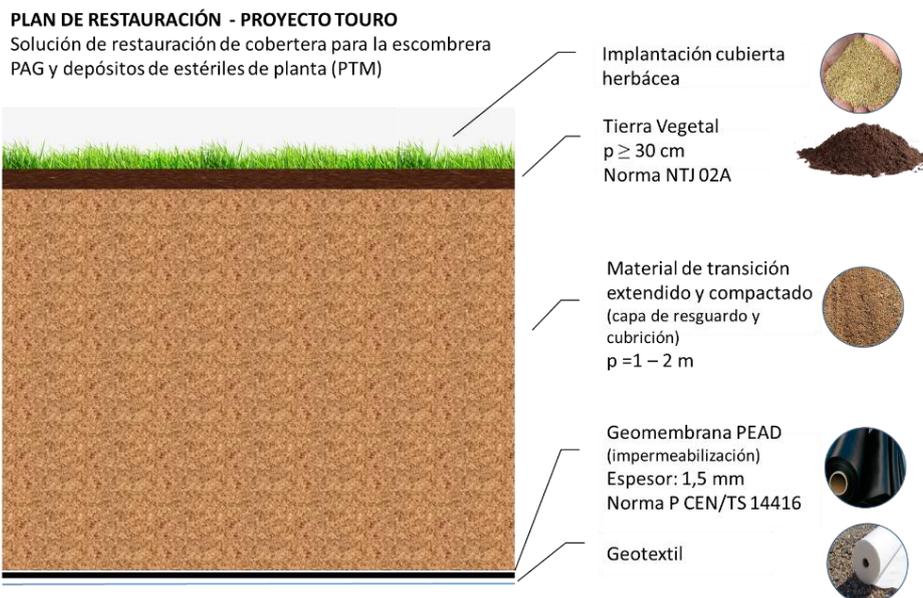
En este sentido COBRE SAN RAFAEL SL, ha dispuesto las siguientes medidas de protección:

- 1.- Contemplar la restauración del espacio afectado por la instalación de almacenamiento de residuos devolviendo un uso al terreno que no suponga riesgos para la integridad del sistema de impermeabilización. Así, se ha

propuesto la creación de pastos devolviendo a la zona un uso agro-ganadero poco exigente en laboreo de profundidad.

2.- Disponer de una capa de cubrición con materiales seleccionados y de un espesor que garantice una barrera de seguridad para acoger el uso propuesto y sus labores de mantenimiento sin comprometer la integridad del sistema de impermeabilización. En este sentido COBRE SAN RAFAEL SL, ha dispuesto:

Una vez colocada la geomembrana en cobertura, sobre la misma se extenderá una capa de material de transición (capa de resguardo y cubrición) de 1 – 2 m (variable según grado compactación del material), y por encima al menos 30 cm de tierra vegetal. La tierra vegetal estará acopiada y conservada conforme a la NTJ 02A - Acopio de tierra vegetal de obra.



3.- Se incluirá en el Programa de Vigilancia Ambiental, entre los controles de seguimiento de las superficies restauradas la detección y arranque de las plántulas de especies forestales (pimpollos) que puedan crecer entre la vegetación herbácea.

4.- COBRE SAN RAFAEL, SL. dispondrá para el sellado de cobertura de una geomembrana resistente a la perforación de raíces que cumpla con la especificación técnica **CSN CEN/TS 14416**, eliminando así cualquier riesgo derivado de la posibilidad de implantación de vegetación de porte arbóreo.

5.- Contemplar la creación de pendientes en las plataformas para favorecer la salida del agua. Así COBRE SAN RAFAEL, S.L. propone en el diseño final de las instalaciones de residuos mineros, depósitos de estériles de planta y escombrera PAG, la configuración de una plataforma final con una ligera pendiente de aproximadamente el 1-2% para garantizar la salida de las aguas y

evitar encharcamientos que puedan alterar el sellado, generando una geometría tipo domo, lo que evita las tensiones de tracción en la lámina de cubierta y mejora la integración de las superficies en el paisaje, con salida natural de las aguas de escorrentía.

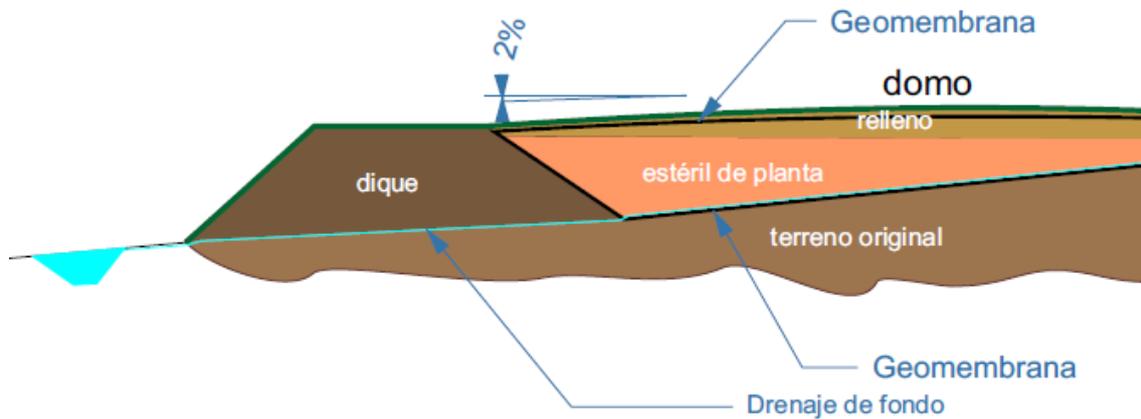


Figura 36. Detalle del sellado del depósito de estériles y pendiente de la plataforma

Respecto a la posibilidad de ocurrencia de movimientos masivos del depósito hay que aclarar que, el estéril de la Planta de Tratamiento de Mineral (PTM), es un **material homogéneo y con la fracción sólida formada por finos**, tendente a una alta compactación a medida que pierde la humedad, no debe compararse con las situaciones de riesgos en los vertederos de residuos urbanos, con materiales heterogéneos, incluso voluminosos, que pueden generar movimientos importantes del material una vez depositados y, en determinadas situaciones, daños en la impermeabilización.

c.- Disposición de los controles y garantías en la colocación.

Para la ejecución de la instalación del sistema de impermeabilización COBRE SAN RAFAEL SL, seleccionará una empresa de contrastada experiencia, que deberá tener implantado un sistema de calidad conforme a estándares internacionales, como ISO 9001 o similar. Los trabajos contarán con un Plan de Aseguramiento de la Calidad, a desarrollar por una empresa externa que lo desarrolle, y emita los correspondientes registros de calidad (informes, certificados).

El Plan de Aseguramiento de la Calidad (QA) es un sistema planificado de inspecciones y ensayos que documenta, a la satisfacción de la propiedad, autoridades, otros responsables gubernamentales y cualquier otra parte con interesada, que este cumple con el diseño, los planos y las especificaciones técnicas.

El QA debe incluir las inspecciones, así como las verificaciones, evaluaciones de materiales y evaluaciones de la calidad de los trabajos necesarios para determinar y documentar la calidad de la impermeabilización.

La propuesta de QA, tomando como referencia trabajos similares de la empresa especializada en minería Golder Associates, abarcará, al menos, las siguientes tareas:

Fase I.

QA 1. Revisión y aprobación de la totalidad de los certificados de calidad suministrados con los materiales. Esta tarea se llevará a cabo con anterioridad de su entrada en obra.

Fase II.

QA 2. Toma de muestras destructivas al comienzo de cada día de trabajo, así como paradas prolongadas que pudieran variar las condiciones de soldadura para su posterior ensayo en obra, si fuese necesario, envío a laboratorios externos certificados.

Fase III.

Los trabajos de QA durante la colocación de los materiales geosintéticos incluyen la supervisión de las siguientes actividades principales:

QA 3. Desarrollo y manejo de los materiales;

QA 4. Pruebas de arranque y de conformidad de soldadores;

QA 5. Realización de las soldaduras;

QA 6. Supervisión de ensayos no destructivos sobre las soldaduras (de canal y de extrusión)-ensayos de presión, de vacío y/o de chispa;

QA 7. Supervisión de ensayos destructivos realizados en terreno (tensiómetros de campo) – Si fuera necesario se realizarán ensayos destructivos en laboratorios externos certificados de comprobación;

QA 8. Detección de los defectos de instalación;

QA 9. Comprobación y verificación de la reparación y ensayo no destructivo de los posibles defectos de instalación;

QA 10. Coordinación de la confección de los planos de despliegue.

La prueba no destructiva permitirá asegurar que no haya orificios en las costuras, que la alineación de la soldadura sea correcta y que no haya defectos obvios. Entre las pruebas no destructivas están:

- **Pruebas de presión de aire**

Norma de referencia: UNE 104481-3-2

- **Prueba de caja de vacío**

Respecto a los ensayos destructivos de hermeticidad. A diferencia de los ensayos no destructivos, que tienen como objetivo determinar la estanqueidad de todas las uniones del revestimiento, sirven para evaluar estadísticamente la calidad de las soldaduras. Tanto para las uniones ejecutadas por cuña o por extrusión, los ensayos son de dos tipos:

- **Corte y Desgarre**

Los trabajos de supervisión del QA serán llevados a cabo por un ingeniero especialista a pie de obra, apoyado según se requiera de personal técnico y expertos en diseño.

Se requerirá la presencia continuada del personal de supervisión del QA durante la totalidad de las obras de impermeabilización. A continuación se detallan las principales actividades de supervisión a realizar.

Control General de las Actividades de Impermeabilización:

- ✓ Revisión y/o confección, junto con la Dirección de Obra, del cronograma detallado de impermeabilización;
- ✓ Mantenimiento y gestión de la documentación según programa de QA durante la construcción, registro de los resultados de ensayos, acorde a las especificaciones.
- ✓ Aprobación de la implantación de procedimiento para establecer conformidad dónde se hayan detectado no conformidades.
- ✓ Seguimiento: reuniones de trabajo con elaboración de Actas, Informes semanales y mensuales de progreso del QA.

Materiales Geosintéticos:

- ✓ Se aprobarán todos los certificados de calidad suministrados de los materiales previo a su entrada a obra;
- ✓ Los trabajos de QA durante la colocación de los materiales geosintéticos incluirán la supervisión, desarrollo y manejo de los materiales de QA.

3.- GARANTIZAR UN SISTEMA DE SEGURIDAD ANTE UN HIPOTÉTICO FALLO DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN.

Con las medidas de seguridad, protección y control indicados se garantiza la seguridad del sistema de impermeabilización propuesto. Indicar que el Control de Calidad durante la instalación de la geomembrana evita situaciones de fallo durante la impermeabilización, ya que requiere de un control de estanqueidad de la misma, de manera que no será posible iniciar la deposición de los estériles a no ser que se certifique la calidad de la impermeabilización. Además, durante la fase de operación, las medidas adoptadas por COBRE SAN RAFAEL SL, respecto al vertido de estériles y las características del estéril (que se caracterizan por ser homogéneos y estar formados por finos) evitan situaciones de riesgo.

Por otro lado, en el documento anexo denominado SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE RESIDUOS MINEROS se describen más detalladamente las actuaciones de protección y actuación frente a escenarios alternativos de riesgo, para garantizar la viabilidad del sistema de impermeabilización y evitar filtraciones.

Aun así, COBRE SAN RAFAEL SL, ha previsto medidas de seguimiento, detección, control y gestión de filtraciones, para evitar cualquier riesgo de contaminación del suelo y agua subterránea, según se indica:

1. Seguimiento piezométrico de filtraciones en base a la instalación de una red de piezómetros de control.

La empresa Golder, referencia mundial en consultoría minera junto con el GEAMA han diseñado dicha red contemplando dos tipos de piezómetros:

- **Piezómetros someros**, para caracterizar las aguas epidérmicas correspondientes al acuífero somero: tendrán una profundidad entre 1-2 m.
- **Piezómetros profundos**, para caracterizar las aguas subterráneas correspondientes al acuífero fracturado: tendrán una profundidad entre 20-30 m.

Con esta red, susceptible de cambios según estime el órgano sustantivo o competente y la evolución de los resultados, se obtendrá una información extensiva y detallada sobre la calidad de las aguas epidérmicas y subterráneas en toda el área de la explotación minera, contando con dos piezómetros de contraste (los situados al norte). Los resultados de la red piezométrica se completarán con los controles de la red hidrológica.

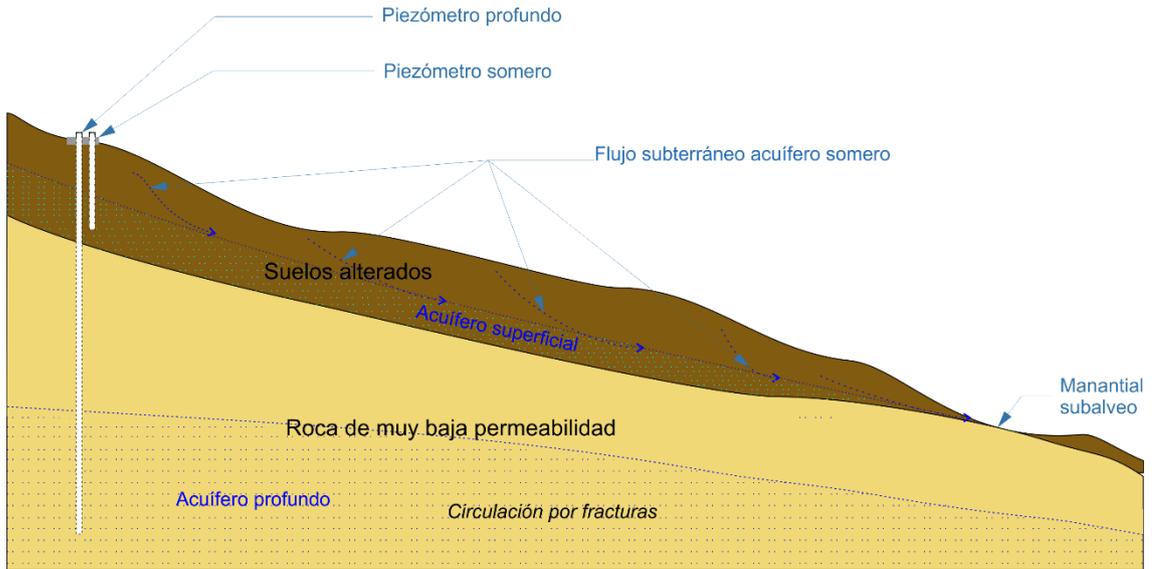


Figura 37. Sección piezómetros

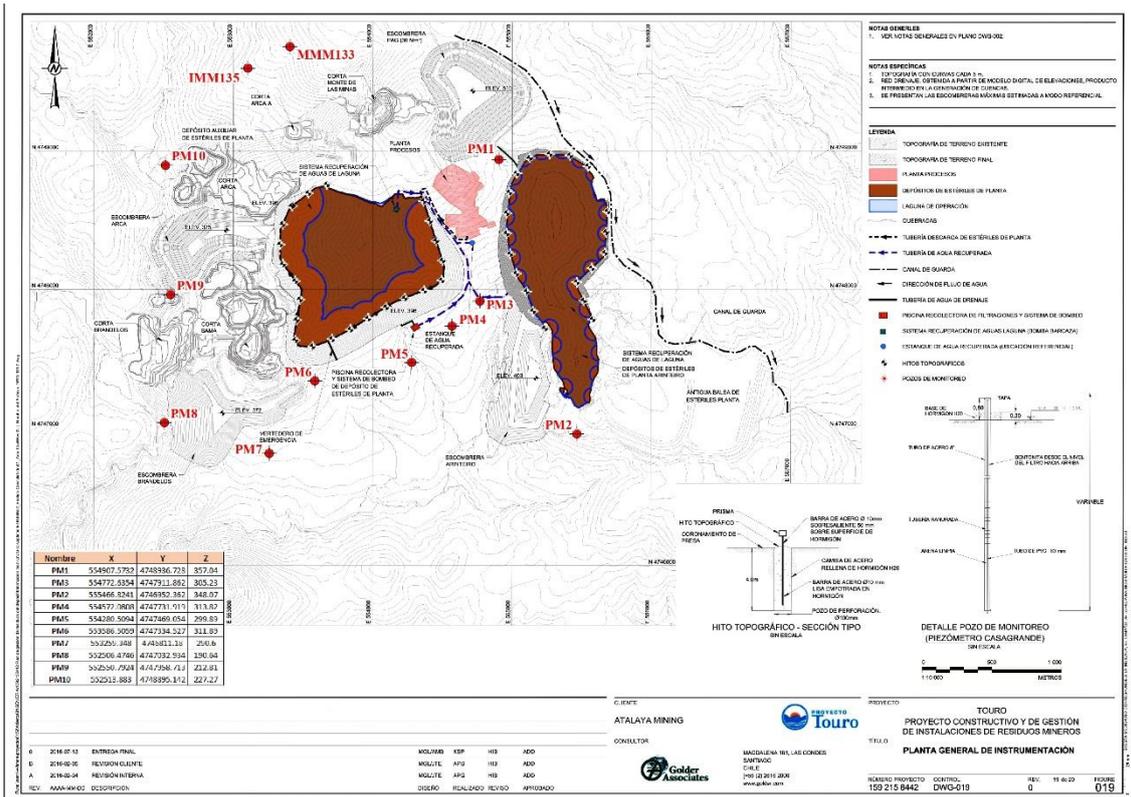


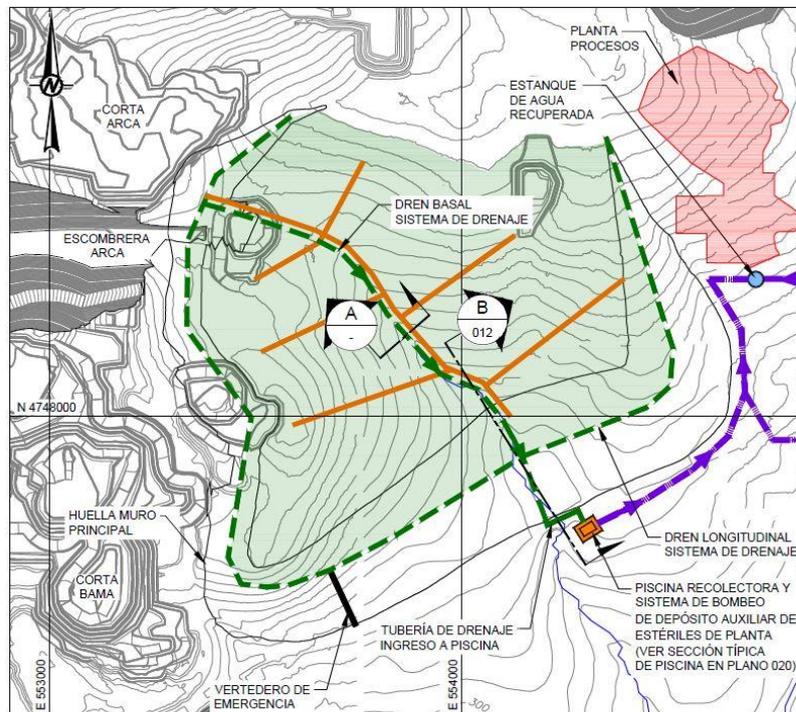
Figura 38. Red Piezométrica propuesta.

2. Creación de red de drenaje basal.

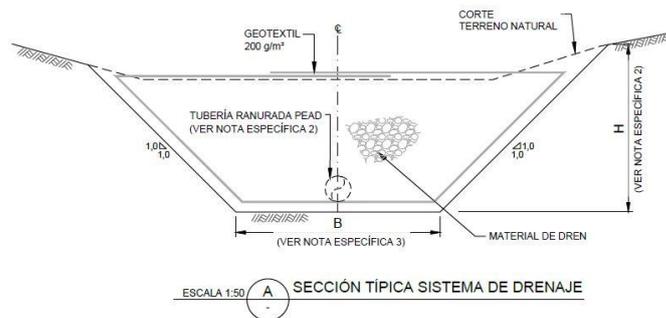
El Proyecto contempla, como medida de control adicional, la creación de una red de drenaje basal que abarque la superficie de ocupación de las instalaciones de almacenamiento de residuos mineros. En caso de filtración, la red de drenaje

captaría dichas filtraciones para llevarlas a una piscina de almacenamiento desde la que serían bombeadas de nuevo junto al sobrenadante del depósito de estériles.

En la siguiente figura extraída de los planos del Proyecto Constructivo se puede ver la disposición del drenaje basal en el depósito de estériles temporal.

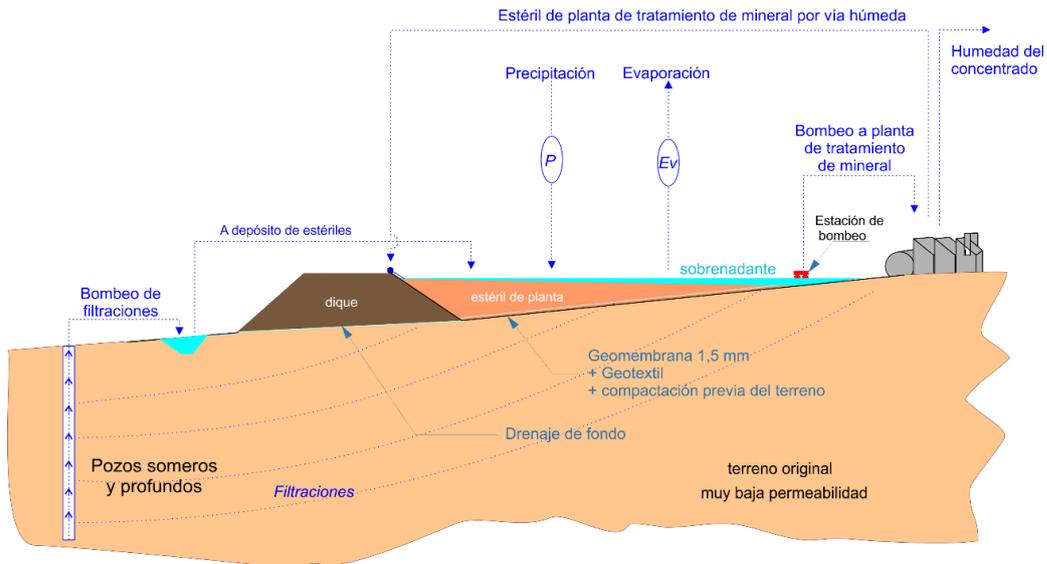


PLANTA GENERAL - SISTEMA DE DRENAJE
ESCALA 1:7.500



ESCALA 1:50 A SECCIÓN TÍPICA SISTEMA DE DRENAJE

3. Instalación de bombes en los pozos de control profundos de forma que, en caso de detectarse filtraciones podría bombearse el agua de nuevo al depósito de estériles. Esta medida correctora puede automatizarse, instalándose medidores de pH y conductividad, conectados a bombas, succionando el agua de los pozos al alcanzar un determinado valor de acidez.



A modo de resumen se recoge en la siguiente tabla el conjunto de medidas adoptadas por COBRE SAN RAFAEL SL., en función de los objetivos y el tipo de medida adoptada.

TABLA RESUMEN DE LAS MEDIDAS ADOPTADAS POR COBRE SAN RAFAEL PARA GARANTIZAR LA EFICACIA DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES DE ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS PROYECTADAS.		
OBJETIVO	MEDIDA ADOPTADA POR COBRE SAN RAFAEL SL	FIN PERSEGUIDO
GARANTIZAR LA ADECUACIÓN DEL EMPLAZAMIENTO	Realización estudio de estabilidad	Preventiva Asegurar la capacidad del terreno para la construcción de las instalaciones de almacenamiento de residuos. Construcción de diques.
	Realización de estudio sísmico	Preventiva Asegurar la ausencia de riesgo por movimientos sísmicos.
	Realización de estudio geológico-geotécnico	Preventiva Conocimiento de los materiales y estructura de las capas del terreno.
	Análisis topográfico	Preventiva Optimizar diseños de drenajes basales. Optimizar diseño de instalaciones.
	Estudio de permeabilidad	Preventiva Conocimiento para evaluar el comportamiento del terreno en caso de filtración.
GARANTIZAR UN SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN ÓPTIMO	Barrera impermeable GBR-P polietileno alta densidad espesor 1,5mm	Preventiva Mejor sistema disponible como barrera impermeable. - Polímero conocido con mayor resistencia química. - Durabilidad garantizada de más de 100 años. - Propiedades mecánicas excelentes. - Sencillez de instalación y posibilidad de verificar la estanquidad de las soldaduras. - Experiencia amplia de uso en instalaciones similares con resultados garantizados.

	Utilización de lámina geotextil en combinación con la geomembrana impermeable.	Protectora Protección de la geomembrana contra roturas y punzonamientos.
	Adecuación base de apoyo y compactación.	Protectora Protección de la geomembrana contra roturas y punzonamientos. Reducción de la permeabilidad del terreno
	Anclaje de geomembrana en zanja	Protectora Protección contra roturas por desprendimientos
	Vertido y deposición de estériles a través de tubería y espigos	Protectora Protección contra roturas por manejo de maquinaria pesada.
	Restauración con uso agro-ganadero formación de pastos	Protectora Uso poco exigente en laboreo profundo. Reducción de riesgos por daños en sistema de impermeabilización.
	Capa de cubrición con material seleccionado y de espesor 1-2m	Protectora Protección del sistema de impermeabilización frente a los usos del terreno restaurado previsto.
	Utilización de geomembrana resistente a perforación por raíces	Protectora Protección del sistema de impermeabilización contra daños provocados por raíces.
	Configuración de plataformas con pendientes	Protectora Protección del sistema de impermeabilización contra daños por deformaciones generadas por acumulación de agua.
	Plan de aseguramiento de la calidad en la colocación del sistema de impermeabilización	Preventiva Garantizar la estanqueidad del encapsulado.
GARANTIZAR UN SISTEMA DE SEGURIDAD ANTE UN HIPOTÉTICO FALLO DEL SISTEMA DE IMPERMEABILIZACIÓN	Red de piezómetros para el seguimiento y detección de filtraciones	Preventiva Proporcionar un sistema de detección y seguimiento de posibles filtraciones. Optimizar diseño de medidas correctoras
	Drenaje basal para recogida de filtraciones	Correctora Recogida y gestión de posibles filtraciones. Reducir riesgos de contaminación.
	Instalación de bombeos en los pozos de control.	Correctora Gestión de posibles filtraciones. Reducir riesgo de contaminación.

2.15 Cuestiones planteadas por el Servicio de Conservación de la Naturaleza de A Coruña:

2.15.1 No quedará acreditado hasta el momento de la explotación, qué estériles tienen una condición u otra (NAG o PAG) ya que la naturaleza de los estériles queda condicionada a posteriores analíticas.

En el año 2016, Golder Associates (Golder) elaboró el Plan de Gestión de Residuos del Proyecto, de acuerdo a los requerimientos establecidos en el RD 975/2009. El proyecto constructivo de las instalaciones de manejo de residuos se elaboró a un nivel de

ingeniería básica para evaluación ambiental y contempló el diseño de un depósito temporal de almacenamiento de estériles de tratamiento, un depósito permanente de estériles de tratamiento en el interior de las cortas de Arinteiro y Vieiro y un conjunto de escombreras temporales y permanentes para acopio de los estériles de mina.

También se propone un programa de ensayos que deben realizarse a continuación con el fin de alcanzar un nivel de información superior y que permita incrementar el entendimiento de los materiales en estudio y desarrollar estrategias de manejo de residuos, en base a los contenidos de azufre y litología aportando esta información al modelo de bloques utilizado para la planificación minera y gestión de estériles.

En la actualidad se está desarrollando el informe (complementario a la inicial, de Julio 2016 del anexo del Plan de Gestión del Proyecto de Restauración), CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA DE LOS ESTERILES DE TOURO, donde quedarán perfectamente definidos en calidad y cantidad dichos estériles, en base a evaluar la estabilidad ambiental de desechos mineros, en particular relacionado al drenaje ácido de roca (DAR) y al potencial de lixiviación de metales (LM), dicho informe contiene:

PROGRAMA DE CARACTERIZACION GEOQUÍMICA

Visión General del programa

El objetivo general del programa de caracterización geoquímica es evaluar la estabilidad ambiental de los estériles mineros, en particular lo relativo al drenaje ácido de roca (DAR) y al potencial de lixiviación de metales (LM). Esta información se usará para desarrollar procedimientos apropiados para el manejo de los estériles mineros. El programa de caracterización se realiza en varias fases, comenzando con ensayos estáticos cortos, seguido de ensayos cinéticos a largo plazo. Los ensayos estáticos se realizan para describir las características generales de un material estéril. Estos ensayos están primeramente designados para evaluar el potencial de lixiviación de metales o generación de ácido desde un estéril. Si los ensayos estáticos indican un potencial de DAR/LM, generalmente se realizan ensayos cinéticos para verificar si efectivamente el potencial de DAR/LM se producirá en el tiempo, medir las tasas asociadas a dichas reacciones (oxidación de sulfuros, agotamiento del potencial de neutralización, disolución mineral), y para determinar la composición de las descargas a largo plazo.

Golder ha recibido por parte de Atalaya los resultados de la caracterización geoquímica para setenta y dos (72) muestras del proyecto Touro, a las cuales se les realizó un ensayo de conteo ácido base (ABA, por sus siglas en inglés).

Geología del Yacimiento

A partir del conocimiento existente en la actualidad del yacimiento, se pueden diferenciar sectores o depósitos que, aunque comparten una metalogenia similar, pueden presentar algunas diferencias en cuanto a la tipología de la mineralización, siendo éstos:

- Arinteiro: la mineralización es bastante uniforme con una inclinación de 20-30° al este, y está claramente relacionada con la garnetita (20-90% de granate). Las perforaciones interceptaron un sulfuro semi-masivo con textura de brecha (pirrotina>>calcopirita) de varios centímetros de grosor;
- Vieiro: la mineralización es muy parecida a la de Arinteiro (garnetita típica) pero con una mayor complejidad estructural. Esta zona está abierta e inclinada al este, pero la mayor parte de este depósito es un cuerpo con una ley relativamente elevada (0,6% de Cu de media, con zonas locales de más del 1%) con una forma elipsoide muy alargada, con inclinación al norte y orientación norte-sur;
- Bama: la mineralización es muy parecida a la Arinteiro y básicamente consiste en pirrotina-calcopirita asociada con garnetita cizallada;
- Brandelos: La mineralización en Brandelos es muy parecida a la del tipo garnetita de Bama. Este depósito es la prolongación hacia el oeste de Bama y está abierto;
- Arca: En este depósito se pueden diferenciar dos tipologías diferentes: en la parte central de Arca predomina la mineralización superficial de tipo garnetita y en el norte y conectado con el Monte de las Minas, existen dos capas mineralizadas bastante continuas, y
- Monte las Minas: La mineralización es bastante parecida a la de Arca, no tan solo morfológicamente sino también mineralógicamente, con la zona superior de garnetita y la cizalla en la zona inferior de contacto con los paragneises de muro.

Muestras Ensayadas

Basado en el entendimiento del proyecto, Golder asume que las muestras seleccionadas son representativas de los distintos huecos mineros del proyecto, y que además representan la composición de estériles.

La distribución de muestras incluyó:

- Corta Arinteiro: 12 muestras;
- Corta Vieiro: 12 muestras;
- Corta Monte de las Minas: 12 muestras;
- Corta Arca combinado: 16 muestras;

- Corta Bama: 12 muestras, y
- Corta Brandelos: 8 muestras.

Ensayos Geoquímicos

El conteo ácido base (ABA) se lleva a cabo para predecir las características de generación de ácido de un material a través del potencial de neutralización de ácido (NP) y el potencial de generación de acidez (AP). El análisis ABA incluyó la determinación de lo siguiente:

- NP general mediante el método modificado de Sobek;
- Potencial de neutralización por carbonatos (CaNP) a partir del análisis de carbono total inorgánico (TIC);
- pH pasta, y
- Especiación de azufre (azufre total – S (T); azufre como sulfuro – S (S^{2-}); azufre como sulfato – S (SO_4^{2-})) para la determinación de AP.

El NP general de un residuo minero se determina tratando la muestra con un exceso conocido de ácido clorhídrico y haciendo una valoración inversa de la cantidad no consumida de ácido utilizando hidróxido de sodio. Mientras el método original de Sobek incluía calentar la muestra durante la valoración, el método modificado usado aquí no calienta la muestra. Los principales minerales neutralizantes en la mayoría de los materiales geológicos son los carbonatos de calcio y magnesio. Minerales neutralizantes adicionales que son contabilizados en la determinación de NP general incluyen silicatos básicos tales como feldespatos cálcicos, olivino, anfíbol, y biotita. Sin embargo, debido a su tasa de disolución más lenta, su contribución al NP generalmente es considerada menor bajo condiciones ambiente. Silicatos félsicos, tales como feldespatos sódicos y potásicos, moscovita, la mayoría de los minerales arcillosos y cuarzo, no contribuyen significativamente al NP. Además, los carbonatos que contienen hierro y/o manganeso no reportan a la medición de NP, por razones explicadas en el párrafo siguiente. El NP se expresa en unidades convencionales de kilogramos equivalentes de carbonato de calcio por tonelada de material (kg $CaCO_3/t$), representando la capacidad de los sólidos de neutralizar ácido, pero no implicando necesariamente que la calcita esté presente.

El potencial de neutralización de carbonato (CaNP) de una muestra se determina a partir de su contenido total de carbono inorgánico (TIC). El TIC se determina midiendo la cantidad de dióxido de carbono (CO_2) generado a partir de una muestra acidificada. El CaNP es una medida de la capacidad de neutralización de una muestra logrado sólo a partir de minerales de carbonato, asumiendo que todos los carbonatos reaccionan como calcita. Como se mencionó anteriormente, los carbonatos de calcio y magnesio son por lo general los principales minerales neutralizantes en la mayoría de los

materiales geológicos. Los carbonatos de hierro y manganeso (ej., siderita, FeCO_3 , ankerita, $\text{CaFe}(\text{CO}_3)_2$ y rodocrosita, MnCO_3) no contribuyen a la capacidad tamponante, ya que hidrólisis subsecuentes del hierro y del manganeso tienden a generar acidez. Por lo tanto, si carbonatos de hierro y manganeso están presentes, el CaNP sobreestimaré la capacidad neutralizante del material. El potencial de sobreestimación puede ser abordado explícitamente mediante cuidadosas evaluaciones mineralógicas y la determinación de NP usando métodos específicos para aislar cualquier efecto potencial proveniente de los carbonatos de hierro y manganeso.

El pH de pasta aporta información sobre las actuales condiciones del material. Se determina mezclando el sólido con una cantidad fija de agua destilada y midiendo el pH del lodo resultante. El pH pasta refleja el balance de los componentes fácilmente solubles generadores de ácido y los componentes neutralizantes en la misma muestra.

El AP de una muestra se obtiene a partir de la determinación de azufre. El enfoque ambiental más conservador para el cálculo de AP es presumir que todo el azufre de la muestra es potencialmente reactivo y por lo tanto capaz de generar ácido. Sin embargo, este enfoque ignora el hecho que no todo el azufre contribuirá acidez (ej., azufre en yeso, barita o calcosina). Para este estudio, el AP fue calculado usando el azufre como sulfuro, y asumiendo que este es igual a la diferencia entre el azufre total medido y el azufre en sulfato. Al igual que para NP, el AP es expresado en $\text{kg CaCO}_3/\text{t}$. Por convención en los estudios ABA, se asume que el azufre presente como sulfuro está presente completamente en la forma de pirita (FeS_2) y la estequiometría de la oxidación de la pirita es usada para calcular una cantidad teórica de ácido sulfúrico que puede ser generado, requiriendo entonces una cantidad correspondiente de carbonato para su neutralización.

Todas las muestras de estériles fueron enviadas para los ensayos ABA.

Conclusiones:

De acuerdo a los resultados obtenidos en el test ABA, complementados con mineralogía y análisis elemental, se desprende lo siguiente:

- En base a los resultados preliminares de caracterización geoquímica obtenidos y disponibles hasta la fecha, y de acuerdo a lo establecido en el RD 975/2009 y RD 777/2012 se infiere que la ocurrencia de estéril de mina potencialmente no generador de ácido (NAG) sea de aproximadamente un 50 % y con baja capacidad de movilización de metales, el cual podrá ser usado para construcción de dique de depósito de estériles y acondicionamiento de bancos para la impermeabilización de cortas, así como en zonas de relleno de las cortas que queden liberadas.

- Es esperable la ocurrencia de estéril de mina potencialmente generador de ácido (PAG) y con alta capacidad de movilización de metales, aproximadamente un 50 % que será definido exactamente a la conclusión de los estudios y conjuntamente con la realización del modelo de bloques de estériles de mina, que podría ser utilizado para relleno de cortas bajo nivel freático, minería de transferencia.
- De la proporción de estéril de mina PAG es esperable que parte de este presente una velocidad de oxidación alta, y por lo tanto el esquema de disposición de este material en escombreras o corta, deberá ajustarse para permitir que este material sea encapsulado dentro del tiempo adecuado.
- Por otra parte, es esperable también que parte de los estériles de mina PAG presenten velocidad de oxidación lenta, por lo que su manejo se vuelve menos restringido respecto a exigencias constructivas.

Además, para disponer de una caracterización más completa, se está realizando, el siguiente programa de ensayos complementario:

- Ensayo NAG con análisis de lixiviados;
- Ensayo lixiviación. SPLP, y
- Ensayos Cinéticos. Celda húmeda.

CARACTERIZACIÓN DE ESTÉRILES DE PLANTA DE TRATAMIENTO

Como documento complementario para la caracterización de los estériles de planta se adjunta el documento: CARACTERIZACIÓN COLAS FLOTACIÓN, que tiene como objeto el desarrollo de un estudio de caracterización de materiales según los criterios incluidos en el R.D. 975/2009, que transpone la Decisión de la Comisión Europea 2009/359/CE, y según las modificaciones a este que se recogen en el R.D 777/2012 de una muestra de colas de flotación del proyecto Touro.

Una vez analizados todos los resultados de cada uno de los conjuntos analíticos que constituyen la caracterización, se concluye que la muestra APT20171218 no cumpliría los criterios establecidos en el RD 777/2012 para ser clasificada como inerte, en base a:

- I. Tiene un contenido en sulfuro superior al 1 %, por lo que no cumpliría el requisito de contenido en sulfuro para ser considerada inerte
- II. La concentración de metales no cumpliría con los niveles genéricos de referencia establecidos para el Cu.
- III. El ensayo de ecotoxicidad concluye que la muestra no es ecotóxica.
- IV. Del ensayo mediante norma UNE-EN 12457-4, se concluye que la lixiviabilidad de la muestra es baja.

La caracterización de los estériles está realizada y en parte se está avanzando hasta niveles de detalle propios de la fase de operación del proyecto. Es en esta fase de operación cuando se realizará la clasificación (análisis de control de leyes), de la misma forma que se van identificando las zonas mineralizadas que deben ser enviadas a planta de tratamiento y las de estériles y su destino.

2.15.2 El potencial acidificante y de intercambio metalífero de los estériles tendrá vital importancia habida cuenta la previsión de depositar algunos de estos estériles directamente sobre el terreno y gestionar sus escorrentías superficiales y subterráneas.

La propia clasificación y caracterización de los estériles obliga a un diferente tipo de gestión siendo su operación y uso distinto para los clasificados como PAG y NAG. La construcción de la escombrera PAG y la gestión de las aguas está definida en el Proyecto Constructivo incluido en la Parte IV del Plan de Restauración.

2.15.3 Los canales de drenaje proyectados sobre roca, como indica el proyecto, deberán prever las discontinuidades de manera que resulten completamente impermeables, impermeabilizándolos si esto no fuera así.

Los drenajes superficiales son cunetas o canales perimetrales. Las cunetas recogen las aguas de escorrentía que discurren sobre los taludes de las escombreras de estériles de mina (NAG y PAG), y el dique del depósito temporal de estériles de la planta de tratamiento (se utiliza material NAG). Los canales perimetrales recogen, en cumbre de las cortas, las aguas de escorrentía para evitar su entrada en los huecos mineros evitando el riesgo de acidificación.

La cuneta de la escombrera PAG que recoge agua de escorrentía, será impermeabilizada en su totalidad. El resto de las cunetas y los canales perimetrales sólo los tramos donde exista presencia de roca con sulfuros, o fracturas con posibilidad de infiltración. En el momento de la ejecución de las excavaciones, Cobre San Rafael definirá las zonas donde existe riesgo de contacto de escorrentía con materiales acidificantes o zonas de fracturas, procediéndose a su impermeabilización.

Como medida de precaución adicional, el material resultante de las excavaciones realizadas para la construcción de estos canales, sea de tipo PAG o no, se ha tomado la decisión de tratarlo íntegramente como si así lo fuese, y se depositará en la escombrera diseñada para albergar este tipo de materiales. De este modo, aunque el material retirado fuese fuente de acidificación será tratado con todas las garantías necesarias.

Se propone realizar esta impermeabilización con **hormigón proyectado sulforesistente con refuerzo de fibras poliméricas o lámina de polietileno recubierta con gaviones, dejándolo a criterio del órgano sustantivo.**



Ejemplo de lámina de polietileno situada bajo los gaviones.

Para el caso del proyectado de gunita sobre perfil del cauce, en el anejo 4 de la normativa española de instrucción de hormigón (EHE), se citan las recomendaciones para la selección del tipo de cemento a emplear en hormigones estructurales; y en su punto número 5 se muestra la siguiente tabla en función de las clases de exposición:

TABLA A4.5. Tipos de cementos en función de las clases de exposición

CLASE DE EXPOSICIÓN	TIPO DE PROCESO (agresividad debida a)	CEMENTOS RECOMENDADOS
I	Ninguno	Todos los recomendados según la aplicación prevista
II	Corrosión de las armaduras de origen diferente de los cloruros	CEM I, cualquier CEM II (preferentemente CEM II/A), CEM III/A, CEM IV/A.
III (*)	Corrosión de las armaduras por cloruros de origen marino	Muy adecuados los cementos CEM II/S, CEM II/V (preferentemente los CEM II/B-V), CEM II/P (preferentemente los CEM II/B-P), CEM III/A-D, CEM III, CEM IV (preferentemente los CEM IV/A) y CEM V/A
IV	Corrosión de las armaduras por cloruros de origen no marino	Preferentemente, los CEM I y CEM II/A y, además, los mismos que para la clase de exposición III.
Q (**)	Ataque al hormigón por sulfatos	Los mismos que para la exposición III
Q	Lixiviación del hormigón por aguas puras, ácidas, o con CO ₂ agresivo	Los cementos comunes de los tipos CEM II/P, CEM II/V, CEM II/A-D, CEM II/S, CEM III, CEM IV y CEM V
Q	Reactividad álcali-árido	Cementos de bajo contenido en alcalinos (***) (óxidos de sodio y de potasio) en los que $(Na_2O)_{eq} = Na_2O (\%) + 0,658 K_2O (\%) < 0,60$

(*) En esta clase de exposición es necesario cumplir las prescripciones relativas al empleo de la característica adicional de resistencia al agua de mar (MR), tal y como establece la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

(**) En esta clase de exposición es necesario cumplir las prescripciones relativas al empleo de la característica adicional de resistencia a los sulfatos (SR), en el caso de la clase específica Qb o Qc, tal y como establece el articulado de esta Instrucción. En los casos en que el elemento esté en contacto con agua de mar será necesario cumplir las prescripciones relativas al empleo de la característica adicional de resistencia al agua de mar (MR).

(***) También son recomendables los cementos citados en la tabla A4.2. para hormigones con áridos potencialmente reactivos (que necesitarían cementos con bajo contenido en alcalinos)

Clasificación de la agresividad química

Tipo de exposición	Agua						Suelo	
	Valor del pH	CO ₂ agresivo (mg CO ₂ /l)	Ion amonio (mg NH ₄ ⁺ /l)	Ion magnesio (mg Mg ²⁺ /l)	Ion sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /l)	Residuo seco (mg/l)	Grado de acidez ⁹	Ion sulfato (mg SO ₄ ²⁻ /kg ¹⁰)
Qa	6,5-5,5	15-40	15-30	300-1000	200-600	>150	>20	2000-3000
Qb	5,5-4,5	40-100	30-60	1000-3000	600-3000	50-150	—	3000-12000
Qc	<4,5	>100	>60	>3000	>3000	<50	—	>12000

Por lo tanto, el hormigón sulfuresistente utilizado será de tipo III-Qc cumpliendo las especificaciones técnicas referidas en la norma UNE 80-303-96.

El refuerzo del hormigón se realizará con fibras poliméricas, estas fibras se emplean para reducir la fisuración por retracción plástica del hormigón, y además también mejoran el comportamiento frente al fuego. Se rigen por la norma UNE 83-500-2.



Figura 47. Microfibra polimérica estrutural

2.15.4 Existen analíticas y sondeos realizados por el proyecto que ponen en evidencia la potencialidad contaminante de la actividad y en particular de los estériles y aguas inadecuadamente gestionadas.

El Proyecto ha contemplado las mejores técnicas disponibles como es el caso del documento BREF denominado Best Available Techniques Reference Document for the Management of Waste from the Extractive Industries, in accordance with Directive 2006/21/EC, para la correcta gestión de los diferentes tipos de residuos mineros y para la minimización y control del drenaje ácido. Del mismo modo, cuenta con un Sistema Integral de Gestión de Todas las Aguas del Proyecto, con infraestructuras específicas y adecuadas en función de cada tipo de agua a gestionar, y un Plan de Vigilancia y Control de las aguas tanto interiores como exteriores, para garantizar la efectividad de todas las medidas de protección adoptadas. Por lo que en ningún momento se realizará una gestión inadecuada ni deficiente de las aguas, ya que el conocimiento previo del comportamiento de los diferentes tipos de materiales y estériles presentes en la zona, permiten gestionar dichas aguas de forma adecuada y diferenciada en función de sus características.

En concreto, para la gestión de aguas del Proyecto, partiendo del análisis de las subcuencas naturales y de proyecto, se han diferenciado los siguientes flujos de aguas superficiales, agrupados por tipo de elemento del que procede.

- Drenaje de subcuencas externas
- Desvío de arroyos
- Pluviales de depósitos
- Drenajes de escombreras
- Sistema de drenaje de corta

- Drenaje de pluviales de las instalaciones de planta

Todos estos flujos diferenciados forman un sistema que se va a gestionar de manera integral diferenciando entre aguas de contacto y de no contacto.

Las aguas externas al proyecto (aguas de lluvia, sin contacto con las zonas de proyecto y desvío de arroyos), se consideran aguas de no-contacto.

Las aguas de subcuencas de proyecto se consideran aguas de contacto, entre las que se encuentran las aguas de las subcuencas de escombreras, depósitos, instalaciones de la planta y también las aguas de drenaje de las cortas y sus viales.

Según las dos clases de aguas (contacto y no-contacto), los flujos 1 de la Tabla 17 corresponden a las aguas externas, las cuáles se evita que entren en la zona de proyecto a través de un canal perimetral que recorre la zona noreste del proyecto para entregar esas aguas de escorrentía al canal de desvío del Rego das Pucheiras.

Los flujos 2, 3 y 4 se generan en las zonas internas del proyecto y se consideran aguas de contacto (en contacto con áreas excavadas, con el hueco minero, con zonas de paso de vehículos, escombreras, depósitos, etc.).

Las aguas que llegan a la corta minera, bien por precipitación directa o por flujos subterráneos serán recogidas en balsas excavadas en los fondos de corta y desde dicha balsa serán bombeadas hacia el estanque de agua recuperada.

Los drenajes del muro de los depósitos y de la escombrera PAG serán recogidas en piscinas de filtración y bombeadas al interior de los depósitos. Las aguas recogidas en los canales perimetrales de los depósitos y de las escombreras NAG, al estar en contacto con materiales NAG, se recogerán en las balsas de decantación y serán bombeadas al estanque de agua recuperada. Las aguas de filtración recogidas en las escombreras NAG se derivarán a las balsas de decantación previstas para su gestión mediante bombeo al estanque de agua recuperada.

En la siguiente figura se representa un esquema de la gestión del agua del proyecto de explotación:

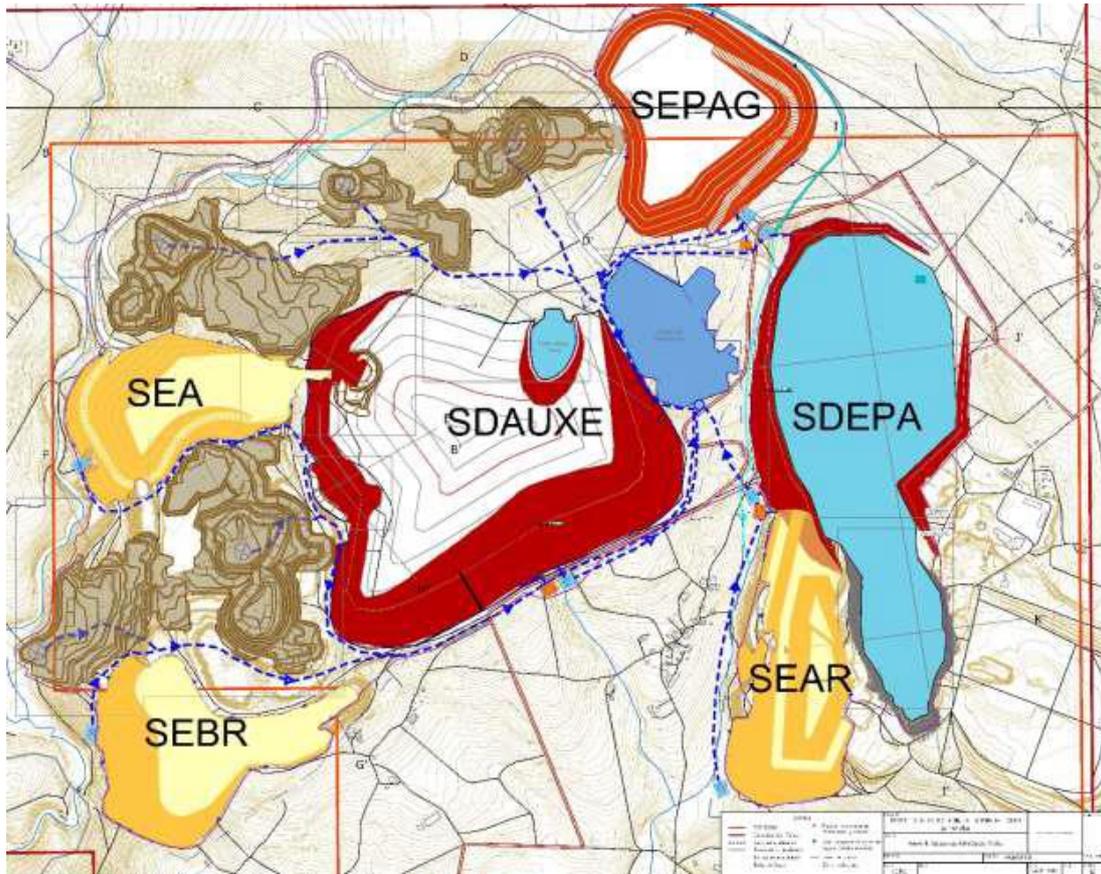


Figura 39. Esquema de gestión del agua del proyecto de explotación. (Elaboración: CRS Ingeniería, S.L.).

En la tabla siguiente se presentan los flujos, las subcuencas de origen y los elementos constructivos que implicará cada flujo.

FLUJO CIRCUITO	O	SUBCUENCAS	ELEMENTOS SISTEMA	DEL	TIPO DEL FLUJO	DESTINO
1	Pluviales de laderas anexas	S2 y S4	Canal perimetral		Escoorrentías externas No-contacto	Canal de desvío Rego das Pucheiras
2	Drenaje de las escombreras	SEA, SEBR y SEAR	Drenaje de fondo		Aguas de filtración	Estanque de agua recuperada
		SEA, SEBR y SEAR	Canal perimetral/Salida hacia balsa de decantación Conjunto de bombeo y línea de impulsión y elevación en balsa de decantación		Aguas de pluviales y aguas de contacto.	Estanque de agua recuperada
	Drenaje de los depósitos y aguas de filtración SEPAG	SDEPA, SDAUXE y SEPAG	Drenaje de fondo y canal perimetral de SEPAG		Aguas de filtración	Bombeo a SDEPA y SDAUXE
		SDEPA, SDAUXE	Canal perimetral/Salida hacia balsa de recogida. Conjunto de bombeo y línea de impulsión y elevación en piscina de filtración		Aguas de pluviales y aguas de contacto	Estanque de agua recuperada
3	Sistema de bombeo de fondo de corta	SMM, SCAA, SCA, SCB y SCBR	Balsa excavada en la corta de aguas de contacto Conjunto flotante de bombeo y línea de impulsión y elevación desde el fondo Cunetas viales		Aguas de pluviales, aguas de contacto y aguas subterráneas del fondo de corta.	Estanque de agua recuperada
4	Drenaje de la planta de instalaciones	SP	Balsa de recogida Cuneta perimetral de drenaje		Aguas de pluviales y aguas de contacto.	Estanque de agua recuperada

Tabla 17. Flujos de proyecto, subcuencas y elementos constructivos relacionados.

Por último, Cobre San Rafael S.L. ha encargado un estudio de investigación que pretende conocer la procedencia del contenido en Cd detectado en los arroyos de la zona del yacimiento de cobre de Touro, y las posibles implicaciones ambientales que podría tener en su entorno, incluyendo la salud de las personas que aquí habitan.

El Dr. Daniel Arias Prieto como Director del Grupo de Investigación de Geología Aplicada a Ingeniería de la Universidad de Oviedo ha sido el encargado de la realización de dicho informe, llegando a las siguientes conclusiones:

“Las dos muestras con presencia de Cd por encima del límite de detección presentan asimismo los contenidos más altos en N y sus compuestos; además de en Mg y K lo que coincide plenamente con una génesis de aguas contaminadas con purines. De ninguna

manera el Cadmio puede derivar del yacimiento de Touro o de su roca de caja, ya que este elemento aparece a nivel de trazas en dichos materiales pétreos, siendo su potencial de lixiviación indetectable”.

Se adjunta a este documento el informe completo: “ORIGEN DEL CONTENIDO EN CADMIO DE LAS AGUAS SUPERFICIALES DE LA ZONA DEL YACIMIENTO DE COBRE DE TOURO (GALICIA)”

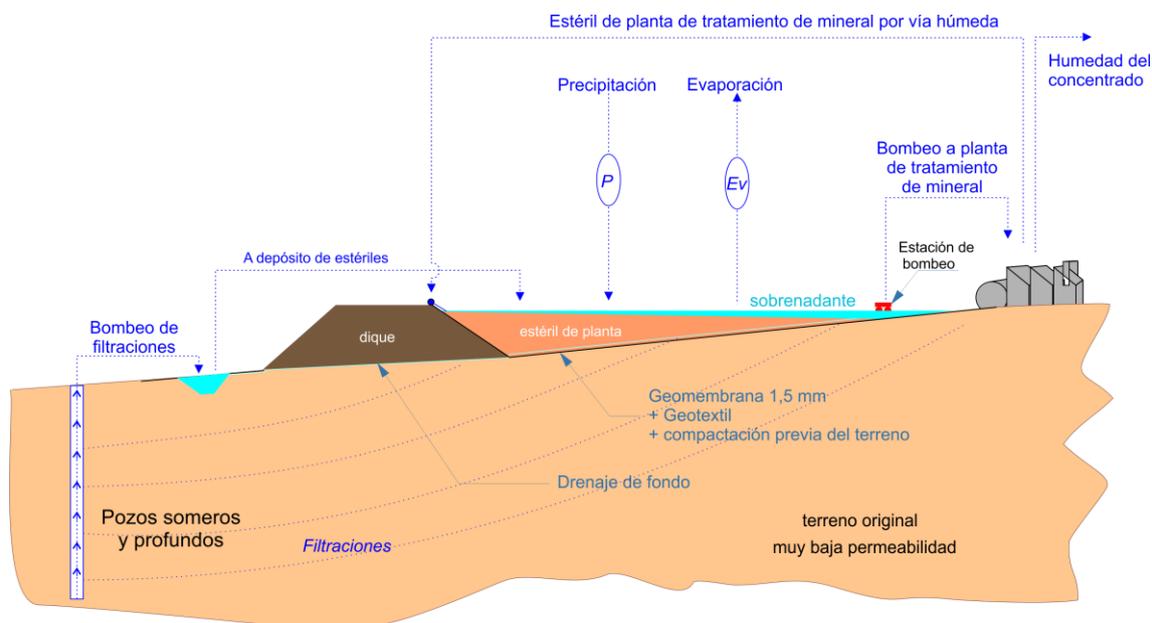
2.15.5 Medidas de seguimiento de la eficiencia de las geomembranas y sistema de emergencias en caso de riesgo.

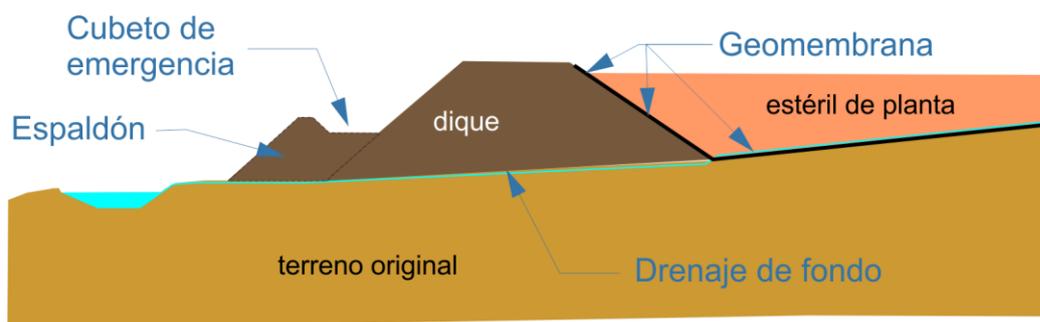
A esta cuestión se le da respuesta en el apartado 2.14. Cuestiones relativas a la impermeabilización de los residuos peligrosos, del presente documento.

Como medida de control de funcionamiento de la impermeabilización y para el control de las aguas subterráneas se instalarán pozos y bombes aguas abajo que en el caso de detectar anomalías en el pH o conductividad bombearían las aguas al depósito de estériles o a la PTA en fase de cierre.

Esta medida de control puede automatizarse, instalándose medidores de pH y conductividad, conectados a bombas, succionando el agua de los pozos al alcanzar un determinado valor de acidez.

Un esquema general de esta solución se representa en la figura siguiente:





Una de las medidas a contemplar en caso de emergencia y como contención es la ejecución de un cubeto de emergencia, que se realiza a medida que se construye el dique formando parte del mismo y como medida de protección.

2.15.6 Análisis específico y pormenorizado de la gestión de los reactivos utilizados en la flotación que se incorporan a los estériles.

Para la recuperación del mineral sulfurado de cobre, se utilizará el proceso de flotación, que se basa en el aprovechamiento de su hidrofobicidad natural inherente. Para incentivarlo se utilizarán los siguientes reactivos:

1. *Hidrato de cal o cal apagada*. Se utiliza para el control del pH, y el suministro es mediante cisternas en estado sólido, por lo que es necesario mezclarla con agua antes de la dosificación en el proceso.
2. *Amil Xantato Potásico e Isopropil Etil Tionocarbamato*. Se utilizan como colectores, y son suministrados en estado sólido. No hace falta prepararlos porque se dosifican directamente.
3. *Eter monometil polipropilenglicol*. Este reactivo funciona como espumante, y no necesitan una preparación previa a su uso, se dosifican directamente, tal y como son suministrados.

La gran mayoría de los reactivos de flotación que se utilizan se van con el concentrado, por lo que sólo una pequeña proporción se va en los estériles.

La dosificación promedio es de unos 30 g/t, y si asumimos que utilizamos estequiométricamente los reactivos con la cantidad de cobre del mineral, y que la recuperación de Cobre es del 85%, entonces sólo el 15% de los reactivos que utilizamos se irán con los estériles. Teniendo en cuenta esto, quiere decir que en los estériles la concentración de reactivo será de 4.5 g/t.

Contenido de Reactivos (g/t)

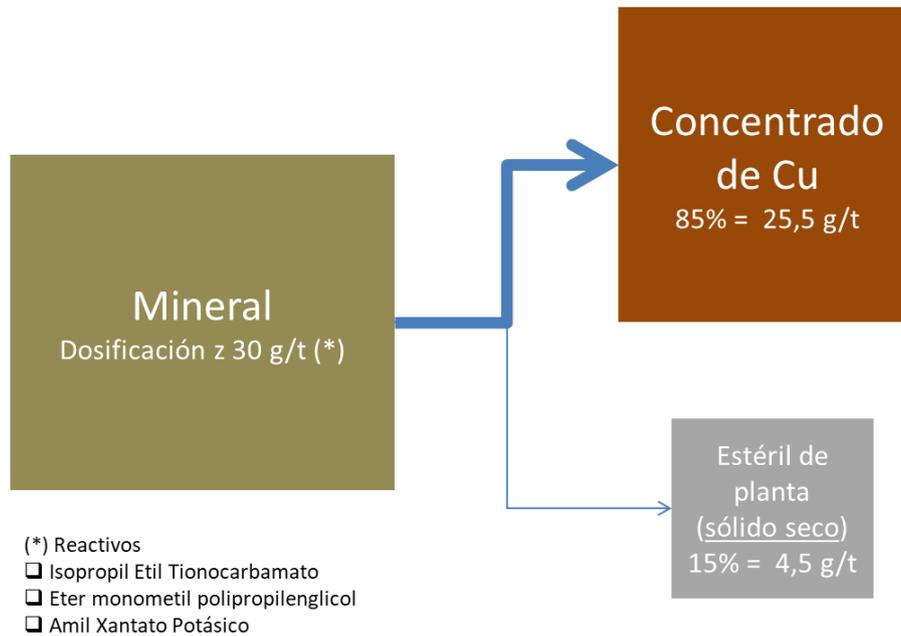


Figura 40. Contenido de reactivos en concentrado y en el estéril de planta

Atendiendo a las fichas de seguridad elaboradas por distintos fabricantes autorizados de reactivos, los límites de toxicidad son muy bajos y solo pueden afectar al ser humano en circunstancias muy particulares como ingesta.

Las concentraciones de los reactivos en la pulpa, de mineral y agua, que se envía a la balsa se muestran en la siguiente tabla:

REACTIVO	CONCENTRACIÓN EN PULPA 33% SÓLIDOS	LIMITE TOXICIDAD DL50 Aguda (Oral para rata)
Isopropil Etil Tionocarbamato	1.48 g/t	>2500 g/t
Eter monometil polipropilenglicol	1.48 g/t	>1260 g/t
Amil Xantato Potásico	1.48 g/t	>500 g/t
Lechada de cal	825 g/t	>2000 g/t

Tabla 18. Concentración en pulpa de reactivos y límite de toxicidad

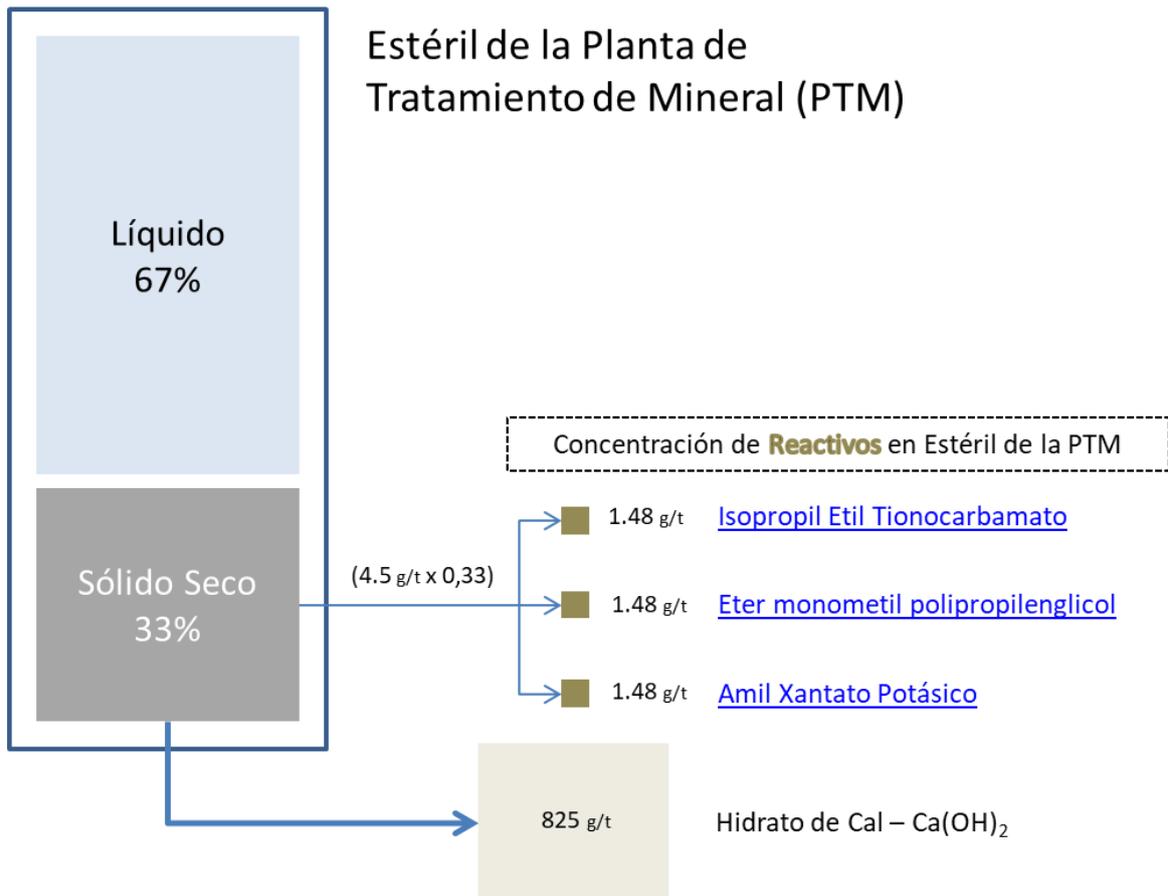


Figura 41. Concentración de reactivos en estéril de planta

Además, debemos tener en cuenta que el hidrato de cal reduce la acidez, por lo que, aunque sean cantidades muy pequeñas, causa un efecto corrector en los residuos ácidos de la balsa.

El almacenamiento de estos productos se regula por el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos RD 656/2017.

Por último, en el plan de prevención de riegos se establecerán tanto las medidas de manipulación, como las de almacenamiento y gestión de los residuos derivados del empaquetado de estos productos.

2.15.7 La no afección a la ZEC Río Ulla perdería validez en caso de fallo de las medidas de protección, por lo que se solicita análisis de riesgos y medidas de contingencias supeditadas al funcionamiento anómalo de la impermeabilización de las balsas, al lixiviado ácido de los muros de los estériles NAG, al correcto funcionamiento de los drenajes, al tratamiento correcto en la PTA y al fallo de los muros que encapsulan los residuos. El análisis de riesgo debería evaluar los posibles escenarios de emergencia.

Se anexa al presente documento un ANÁLISIS DE RIESGOS AMBIENTALES -ARM- que contempla todos los aspectos identificados en el presente apartado.

2.15.8 Cumplimiento de lo que dispone el art 80 de la Ley 7/1992, del 24 de julio, de pesca fluvial relativo a la calidad mínima exigible a las aguas continentales.

Este artículo se corresponde con el DECRETO 130/1997, de 14 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de ordenación de la pesca fluvial y de los ecosistemas acuáticos continentales.

El Proyecto dará cumplimiento a toda la normativa de aplicación, así como a lo establecido en la Declaración de Impacto Ambiental y en las autorizaciones correspondientes al organismo competente en materia de aguas (Aguas de Galicia). Además, cuenta con un Plan de Vigilancia y Control de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas a fin de garantizar la calidad de las aguas continentales.