



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO DE EXPLOTACIÓN DEL YACIMIENTO DE SALAVE

DOCUMENTO III. ANEXOS

TOMO II

- **ANEXO I. ESTUDIO GEOLÓGICO**
- **ANEXO II. CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS**
- **ANEXO IIIA. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MINERALIZACIÓN DE SALAVE Y ÁREAS ADYACENTES**
- **ANEXO IIIB. GESTIÓN DE AGUAS**
- **ANEXO IV. ALTERNATIVA "0" O DE NO REALIZACIÓN DEL PROYECTO**
- **ANEXO V. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS MINEROS**
- **ANEXO VI. METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS**
- **ANEXO VII. MEMORIA DE LOS MAPAS DE DISPERSIÓN DE POLVO**
- **ANEXO VIII. MEMORIA DE LOS MAPAS ACÚSTICOS**

Julio de 2021



INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L

C/ Raimundo Fernández Villaverde 53, 1º izq. 28003 Madrid

Tel: 91 535 61 72 / 91 534 91 83

Fax: 91 534 91 83

www.crsingenieria.es



ER-0240/2013



GA-2013/0102

ÍNDICE

DOCUMENTO III. ANEXOS

- **ANEXO I. ESTUDIO GEOLÓGICO**
- **ANEXO II. CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS**
- **ANEXO IIIA. ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MINERALIZACIÓN DE SALAVE Y ÁREAS ADYACENTES**
- **ANEXO IIIB. GESTIÓN DE AGUAS**
- **ANEXO IV. ALTERNATIVA "0" O DE NO REALIZACIÓN DEL PROYECTO**
- **ANEXO V. CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS MINEROS**
- **ANEXO VI. METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS**
- **ANEXO VII. MEMORIA DE LOS MAPAS DE DISPERSIÓN DE POLVO**
- **ANEXO VIII. MEMORIA DE LOS MAPAS ACÚSTICOS**
- **ANEXO IX. ESTUDIO DEL MEDIO MARINO PARA EL EMISARIO SUBMARINO PROYECTO DE SALAVE**
- **ANEXO X. ESTUDIO ESPECÍFICO SOBRE LA AFECCIÓN A LOS HÁBITATS DE INTERÉS COMUNITARIO, FLORA Y FAUNA PROTEGIDA DEL PROYECTO SALAVE**
- **ANEXO XI. PROYECTO SALAVE. ESTUDIO DE AFECCIONES AL PATRIMONIO CULTURAL 2021**
- **ANEXO XII. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA**
- **ANEXO XIII CONTESTACIÓN A CADA UNO DE LOS INFORMES Y ALEGACIONES RECIBIDAS EN EL PROCEDIMIENTO DE CONSULTAS PREVIAS.**

DOCUMENTO III

ANEXOS

ANEXO I
ESTUDIO GEOLÓGICO

ÍNDICE

	Pág nº
1. GEOLOGÍA REGIONAL.....	3
1.1. ESTRATIGRAFÍA Y PALEOGEOGRAFÍA	7
1.2. ESTRUCTURA	10
1.3. ROCAS ÍGNEAS.....	12
1.4. METAMORFISMO	14
2. GEOLOGIA LOCAL	15
2.1. ROCAS METASEDIMENTARIAS	16
2.2. ROCAS ÍGNEAS.....	17
2.2.1. <i>Complejo ígneo de Salave</i>	17
2.2.2. <i>Granodiorita de Salave</i>	17
2.2.3. <i>Gabros de Salave y Porcía</i>	19
2.2.4. <i>Granito de Punta Campega</i>	19
2.2.5. <i>Diques</i>	20
2.2.6. <i>Área de Represas</i>	20
2.3. ESTRUCTURA	21
3. MINERALIZACIÓN	23
3.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS.....	23
3.2. ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN.....	25
3.3. CONDICIONES FISICOQUÍMICAS Y MODELO GENÉTICO	27
4. ESTUDIOS GEOFÍSICOS.....	31
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

FIGURAS

Figura 1.1.- Esquema geológico de la Zona Asturoccidental-leonesa mostrando las denominaciones de las estructuras principales y subdivisión de dominios (Fuente: Pérez Estaún et al., 1990), en rojo consta la ubicación del yacimiento de Salave ...	4
Figura 1.2.- Zona Asturoccidental – Leonesa.....	6
Figura 1.3.- Columnas estratigráficas sintéticas de la Zona Asturoccidental-leonesa (unidades del manto de Mondoñedo, UMM, y del Navia, UN) y de la zona Cantábrica, (ZC Según Pérez-Estaún et al. 1990).	10
Figura 2.1.- Cartografía Geológica (Modificado de Suárez y Suarez, 1970).....	15
Figura 2.2.- Sección geológica	16
Figura 3.1.- Sección O-E. Modelo estructural esquemático	29
Figura 3.2.- Sección O-E, 4.825.700 N del modelo geológico realizado en LEAPFROG Geo 5.0.4.....	30
Figura 4.1.- Localización de las estaciones gravimétricas. Proyecto Salave	32
Figura 4.2.- Anomalía gravimétrica residual. Proyecto Salave	33

1. GEOLOGÍA REGIONAL

El yacimiento aurífero de Salave está situado en la parte noroccidental de Asturias, muy próximo a la Ría de Ribadeo. Su contexto geológico general viene definido por la denominada Zona Asturoccidental-Leonesa (ZAOL), una de las grandes zonas geológicas en las que dividieron, inicialmente Lotze (1945) y posteriormente Julivert (1972), el Macizo Ibérico. Concretamente se encuentra en el sector noroeste del Macizo Hercínico Ibérico (Figura 1.1). El término Hercínico (Varisco) comúnmente incluye los procesos orogénicos que tuvieron lugar entre los periodos Devónico Inferior y el Carbonífero Superior, provocados por la colisión de los supercontinentes Laurasia y Gondwana.

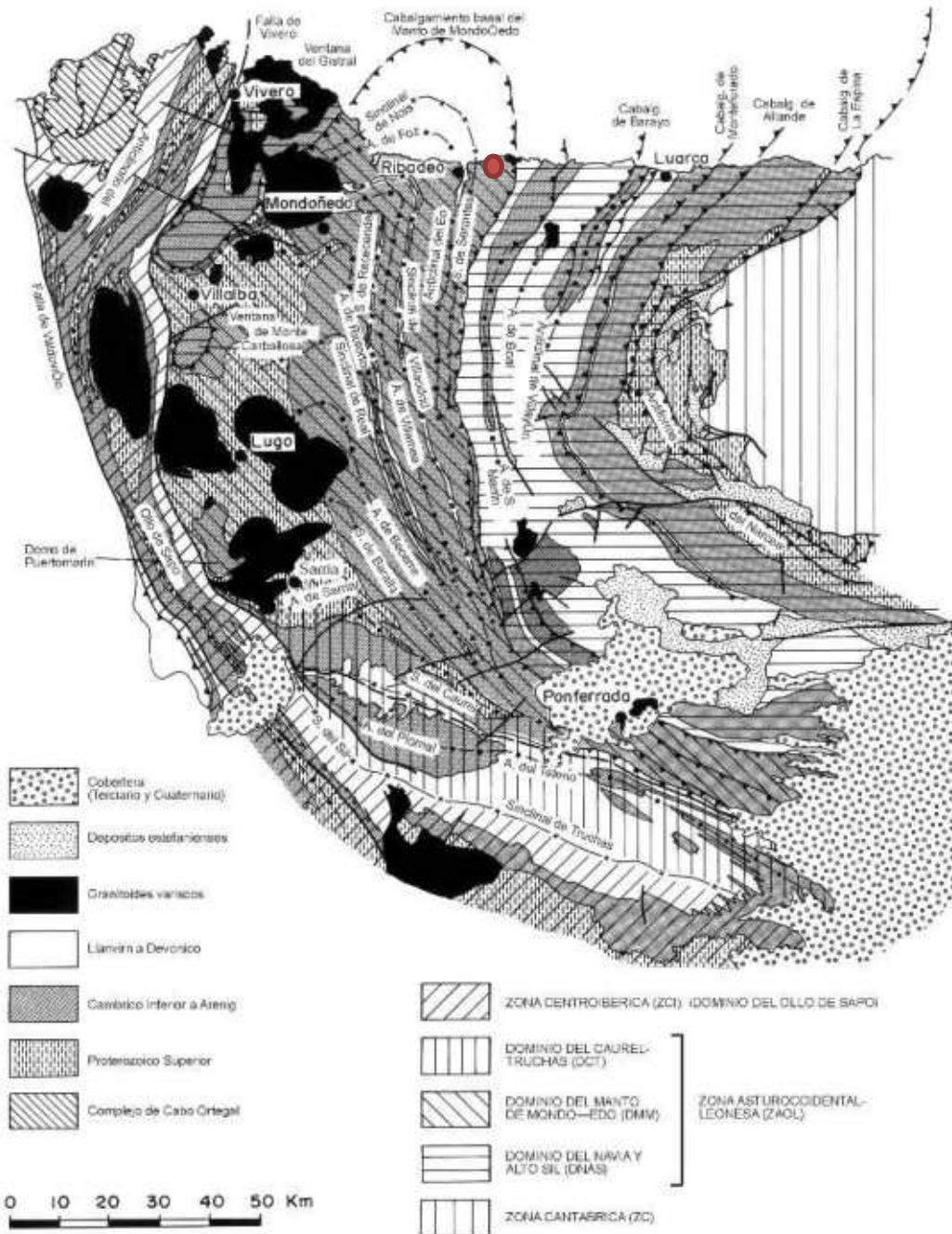


Figura 1.1.- Esquema geológico de la Zona Asturoccidental-leonesa mostrando las denominaciones de las estructuras principales y subdivisión de dominios (Fuente: Pérez Estaún et al., 1990), en rojo consta la ubicación del yacimiento de Salave

La ZAOL representa la transición entre las zonas externas (Zona Cantábrica) situadas hacia el este, y las zonas más internas, situadas hacia el oeste (Zona Centroibérica), del cinturón orogénico Hercínico del norte de la Península Ibérica. Se caracteriza por la presencia de una potente secuencia de rocas

siliciclásticas (más de 11.000 m) de edad cambro-ordovícica, las cuales han sufrido una gran cantidad de deformación. Desde el punto de vista estructural está configurada por grandes pliegues recumbentes y cabalgamientos vergentes hacia el este y noreste. También hay que destacar el desarrollo de esquistosidad y metamorfismo regional, así como la presencia de pequeños macizos graníticos.

Considerando las variaciones tectónicas y estratigráficas de esta sucesión, la ZAOL ha sido dividida en tres dominios de E a O: el Dominio del Navia y Alto Sil (DNAS), el Dominio del Manto de Mondoñedo (DMM) y el Dominio del Courel-Truchas (DCT) (Marcos, 1973); considerando los límites propuestos, la práctica totalidad del Dominio Courel-Truchas formaría parte de la Zona Centroibérica. Esta secuencia de rocas se apoya discordantemente sobre rocas precámbricas que afloran al E, en el área del Antiforme del Narcea (Pizarras negras del Narcea. Lotze, 1956), y al O, en el núcleo del Pliegue acostado de Mondoñedo (Serie de VillalbanCapdevila, 1969). En ambos casos se trata de una sucesión constituida predominantemente por pizarras que incluyen areniscas en proporción variable y niveles concordantes de rocas volcánicas y vulcanoclásticas (Pérez-Estaún et al., 1990).

El DMM está constituido por el apilamiento de grandes pliegues acostados con una vergencia general hacia el Este, que se encuentran cortados por cabalgamientos y replegados por ondulaciones suaves. Este tipo de relaciones geométricas entre las diferentes estructuras de la zona se repite a escalas menores, hasta la microscópica, indicando una evolución de la estructura en la que pueden distinguirse tres episodios o fases principales de deformación (Marcos, 1973). Esto se traduce, además de en una compleja estructura, en la presencia de esquistosidad y metamorfismo.

El DNAS se encuentra delimitado por dos accidentes tectónicos: por el Este cabalga sobre la Zona Cantábrica y por el oeste y suroeste es cabalgado por unidades correspondientes al DMM. Constituye claramente un surco en el que se alcanzan los máximos espesores del Paleozoico inferior, el cual se

representa casi completo. Hacia su parte externa los materiales paleozoicos se apoyan discordantemente sobre un substrato precámbrico de naturaleza pelítica.

El Complejo Plutónico de Salave está emplazado en el borde este del DMM, el cual está separado del DNAS por el Cabalgamiento Basal del Manto de Mondoñedo, elemento estructural de primer orden (Figura 1.2). Entre estos dos dominios pueden señalarse algunas características distintivas. Las características estructurales del DMM, con un gran apilamiento de pliegues recumbentes y cabalgamientos, contrastan con las del adyacente DNAS con pliegues menos recumbentes, más pequeños y abiertos.

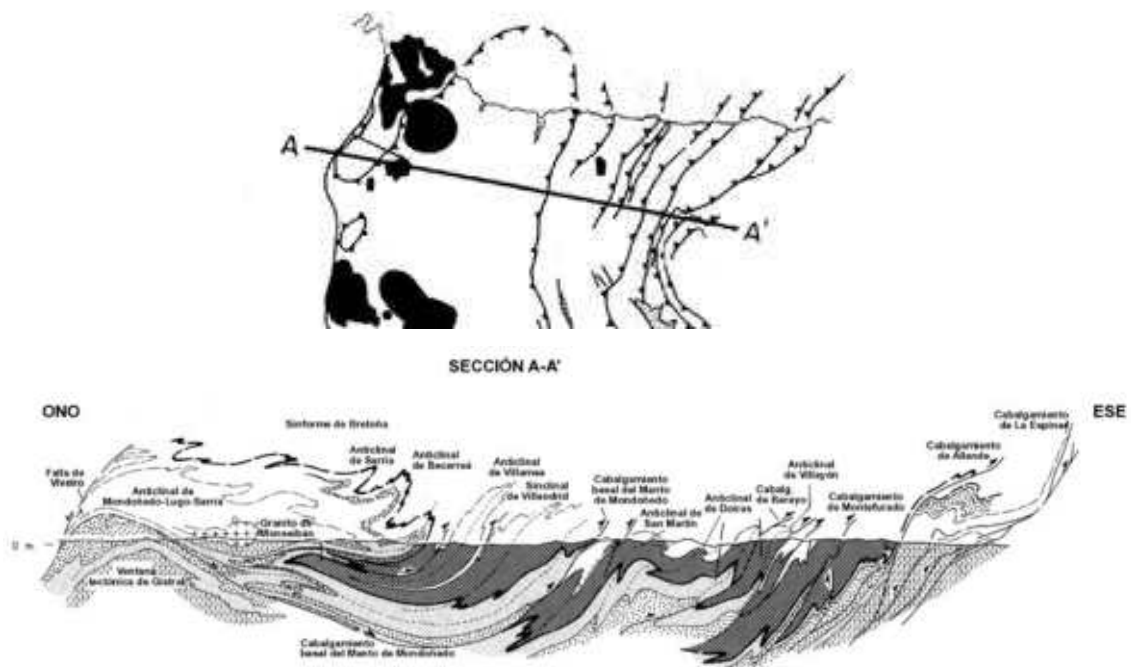


Figura 1.2.- Zona Asturoccidental – Leonesa

A nivel estructural en la ZAOL se pueden diferenciar tres tipos principales de estructuras superpuestas, en el orden descrito a continuación: pliegues recumbentes vergentes al este, cabalgamientos y finalmente grandes pliegues abiertos de plano axial sub-vertical. Todo ello combinado con algunas fallas normales.

Los intrusivos de Salave, caracterizados como de Tipo I, son posteriores a las principales estructuras hecónicas y pertenecen al conjunto de los Plutones de Granodioritas-Monzogranitos Post-tectónicos.

A continuación se describe brevemente las características principales de la ZAOL, enfocado principalmente en las proximidades del Proyecto Salave.

1.1. ESTRATIGRAFÍA Y PALEOGEOGRAFÍA

Es bien conocido que la ZAOL formó parte de un margen continental, en el que una potente secuencia pre-orogénica de rocas paleozoicas, principalmente con facies de aguas poco profundas, se depositó discordante sobre las series del Proterozoico Superior. Las diferencias en espesor y facies en la sucesión del Paleozoico Inferior se pueden relacionar con una tectónica extensional que afectaría a ese margen continental, y que habría tenido lugar antes del depósito de los sedimentos silúricos.

Las Rocas Proterozoicas no afloran en el entorno del Proyecto Salave, apareciendo en los bordes oriental y occidental de la ZAOL, en el núcleo de dos estructuras antiformales: Antiforme del Narcea (formación Pizarras del Narcea) y en el Anticlinal de Mondoñedo-Lugo-Sarria (serie de Villalba). En general la sucesión precámbrica está formada por alternancias de pizarras, esquistos y meta-areniscas, frecuentemente mostrando facies turbidíticas. Ocasionalmente afloran también gneises porfídicos y anfibolitas, los cuales derivan de un protolito volcánico o volcano-sedimentario.

La Sucesión Paleozoica está formada por una gruesa secuencia de rocas preorogénicas que abarca casi la totalidad del Cámbrico, Ordovícico y Silúrico y, en algunas localidades, el Devónico Inferior.

La sucesión se inicia con una potente unidad de más de 2.500 m de areniscas feldespáticas, pizarras y en algunas zonas se encuentra bien desarrollado un nivel de carbonatos (dolomías) y microconglomerados a muro de la unidad, denominada Grupo Cándana (Walter, 1968; Martínez Catalan, 1985) de edad esencialmente Cámbrico Inferior (Sdzu, 1961-1971; Debrenne y Lotze, 1963; Zamarreño y Perejón, 1976) en el DMM. Dicho grupo se dispone discordante sobre las rocas precámbricas. Los niveles superiores de la unidad proporcionan un paso gradual a las calizas de Vegadeo a través de las denominadas Capas de Transición. Las características sedimentarias de estas rocas muestran ambientes sedimentarios desde aguas marinas poco profundas hasta ambientes continentales.

La Caliza de Vegadeo, de edad esencialmente Cámbrico Inferior a Medio (Barrois, 1877-1882), está constituida por dolomías y calizas caracterizadas por facies de plataforma marina intermareal y de aguas poco profundas. En este dominio su espesor varía entre los 50 y 500 m, siendo su espesor medio de unos 100-150 m.

A techo de las Calizas de Vegadeo se sitúa una potente sucesión de areniscas y pizarras, la Serie de los Cabos (Lotze, 1958) de edad Cámbrico Medio a Ordovícico Inferior. Consiste en una gruesa sucesión detrítica que, en el DMM, llega a alcanzar los 2.500 m. Un nivel cuarcítico situado en su parte superior puede ser fácilmente cartografiado, siendo un buen nivel guía. Las estructuras orgánicas y sedimentarias de esta formación muestran un ambiente sedimentario marino poco profundo, aunque es posible encontrar una gran variedad de facies.

Por encima de la Serie de los Cabos afloran las Pizarras de Luarca (Barrois, 1882) de edad Ordovícico Inferior a Superior. Esta formación está constituida fundamentalmente por pizarras negras homogéneas y ricas en pirita. Presenta espesores variables llegando hasta los 1.200 m, y es característico un nivel ferruginoso oolítico en su parte media. En la parte este del DNAS aparece un nivel cuarcítico de 50-100 m de potencia (Cuarcita de Sabugo),

situado a unos 200 m de la base de esta formación. En el DMM el espesor de las Pizarras de Luarca es de solo unos 200 m, parcialmente debido a la discordancia que existe debajo de los sedimentos silúricos.

Por encima de las Pizarras de Luarca, se encuentra la Formación Agüeira (Marcos, 1970-1973; Pérez-Estaún, 1978-1990; Plgar, 1981; Gutierrez-Marco, 2002) de edad Ordovícico Superior. Está formada por metaareniscas y pizarras, que frecuentemente presentan características de una secuencia turbidítica, principalmente en su parte superior. Su espesor en la parte norte del DNAS es de unos 3.000 m, mientras que en el DMM no aparece.

Finalmente, la serie culmina con materiales del Silúrico y del Carbonífero. El Silúrico está representado por metapelitas negras, ricas en cloritoide y escasas lilitas. Tienen abundantes graptolites y en su parte alta aparecen metaareniscas y niveles cuarcíticos. El Carbonífero está representado solo por pequeños y muy escasos afloramientos de conglomerados, que aparecen controlados por fallas. Dichos materiales no aparecen en la zona de Salave.

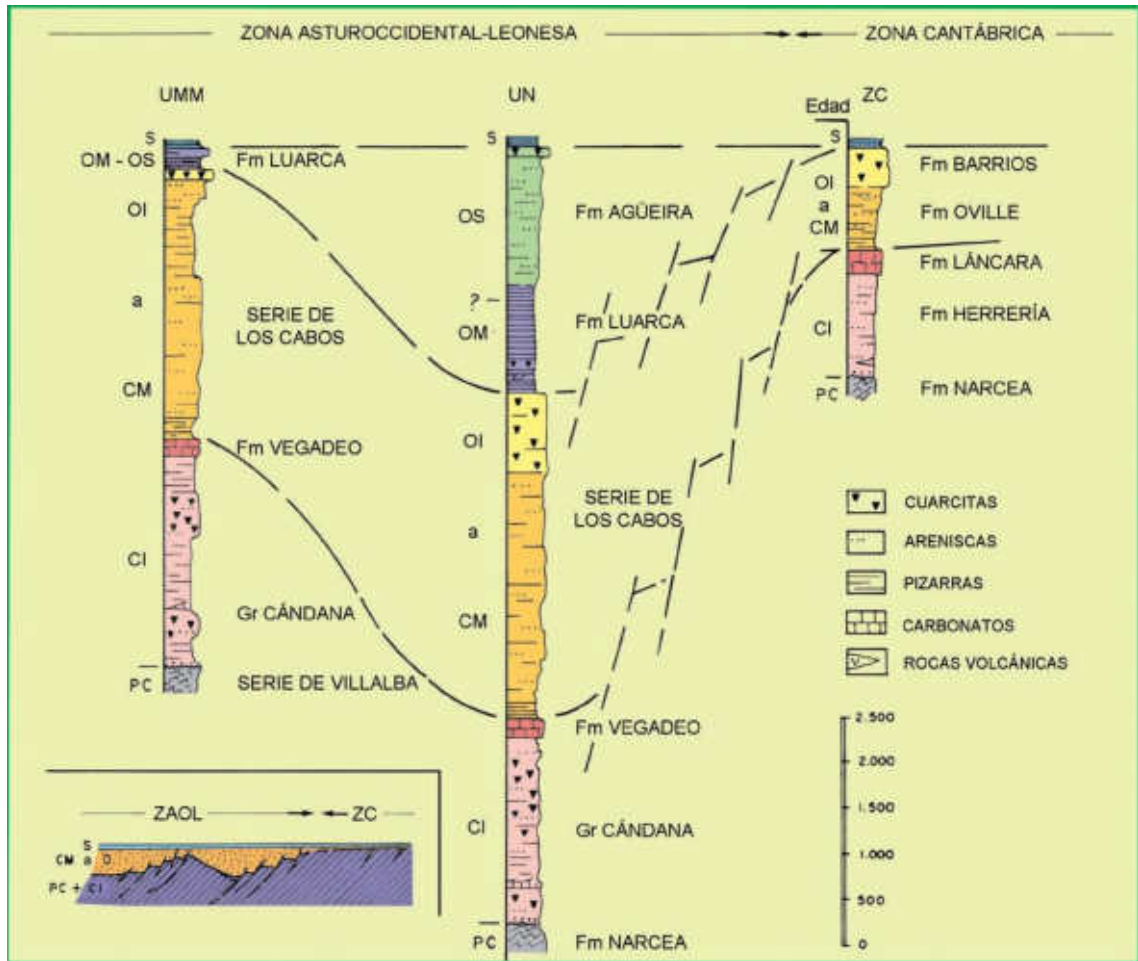


Figura 1.3.- Columnas estratigráficas sintéticas de la Zona Asturoccidental-leonesa (unidades del manto de Mondoñedo, UMM, y del Navia, UN) y de la zona Cantábrica, (ZC Según Pérez-Estaún et al. 1990).

1.2. ESTRUCTURA

Como se ha mencionado anteriormente, en la ZAOL aparecen tres tipos de estructuras principales superpuestas en orden: pliegues recumbentes vergentes al este, cabalgamientos y finalmente grandes pliegues abiertos de plano axial sub-vertical. Configurando, junto con algunas fallas normales, la estructura de la zona.

Las características estructurales de estas dos Unidades principales, el DMM y el DNAS, difieren entre sí considerablemente. El DMM está constituido por un importante apilamiento de pliegues acostados e isoclinales de gran tamaño, deformados a su vez por un gran sinforme suave, en la parte oriental y un antiforme algo más agudo en la occidental. Por el contrario, el DNAS presenta pliegues de tamaño menor y más abiertos, no produciéndose apilamiento de pliegues del tipo del que se forman en el DMM y disminuyendo en gran parte el carácter acostado de estos.

La primera fase de deformación (D1) dio lugar a pliegues recumbentes con vergencia hacia las zonas externas del orógeno, es decir hacia el este. Con estos pliegues se asocia un clivaje primario (S1). El gradiente de deformación es creciente de este a oeste, en este sentido decrece el ángulo entre flancos de pliegues y aumenta el aplastamiento en pliegues paralelos. Los pliegues existentes se desarrollan, en la parte inferior de la Serie de los Cabos y principalmente en las Capas de Bres y poseen diversos ordenes de tamaño, estos pliegues son en general asimétricos, cilíndricos y de morfología tipo "Chevron" o similar, con dirección general NNE-SSW.

La segunda fase de deformación (D2) es la responsable de la aparición de cabalgamientos vergentes también hacia el este. En relación con estos se desarrollan zonas de cizalla subhorizontales, rocas de falla y otras estructuras asociadas como pliegues en vaina, clivajes de crenulación o esquistosidades (S2) y rocas miloníticas o filoníticas. Se trata exclusivamente de pliegues menores muy numerosos que llevan asociada una esquistosidad de crenulación, no observándose ningún pliegue a escala cartográfica. Por lo tanto, esta segunda fase da lugar a cabalgamientos y a estructuras menores, con morfologías tipo "Kink" o "Chevron", acompañados por la citada esquistosidad de crenulación.

La tercera fase de deformación (D3) produce grandes pliegues abiertos, de plano axial subvertical, con pliegues menores hacia el sureste. Estos pliegues muestran una noTabla asimetría, de forma que los flancos cortos se disponen subhorizontales o suavemente inclinados al sureste mientras que los flancos largos adquieren posiciones fuertemente inclinadas, estos pliegues deforman a las estructuras anteriores y son los responsables de su disposición actual, llevan asociado un clivaje de crenulación (S3), que se desarrolla de forma más local que la S1.

Otras importantes estructuras mayores son fallas normales, como la falla de Vivero, con las que, en ocasiones, se desarrollan kinkbands sub-horizontales y crenulaciones.

Con posterioridad a la deformación hercínica, en el sector norte del Macizo Ibérico se han reconocido algunos episodios de reactivación de estructuras previas. Probablemente el más importante es de edad Alpina, y se relacione con una compresión norte-sur y subsiguiente extensión. Estas reactivaciones han dado lugar a la morfología actual del Occidente de Asturias.

1.3. ROCAS ÍGNEAS

Con la excepción de la parte más occidental, la actividad magmática en la ZAOL es muy escasa, solo evidenciada por pequeños stocks y prácticamente restringida al cinturón metamórfico de Tapia-Boal-Los Ancares.

Aunque algunas rocas volcánicas y subvolcánicas aparecen entre los materiales del Proterozoico Superior al Ordovícico, este informe se centrará en los granitoides hercínicos (de edad Carbonífero), ya que son más importantes desde un punto de vista metalogenético. Uno de estos granitoides es el encajante de la mineralización del yacimiento aurífero de Salave.

Los granitoides hercínicos en el noroeste de la Península Ibérica pueden dividirse en dos grupos principales: una asociación sin-tectónica (emplazada durante las fases de deformación D2 y D3) y una asociación post-tectónica (emplazada tras las principales fases de acortamiento cortical). El magmatismo Hercínico abarca un espacio de tiempo de aproximadamente 70 millones de años (entre 350 y 280), y tiene lugar principalmente durante las etapas de disminución en la actividad de la colisión hercínica.

Las intrusiones Sin-tectónicas están principalmente formadas por monzogranitos y leucogranitos derivados de la fusión de la corteza, son peraluminosos a fuertemente peraluminosos y con muy escasas evidencias de interacción con magmas más máficos. Estas intrusiones fueron probablemente generadas por fusión por descompresión de la corteza engrosada. Volumétricamente menos importantes son las intrusiones de tonalitas-granodioritas-monzogranitos medianamente peraluminosos a metaaluminosos, los cuales muestran evidencias de interacción con magmas máficos.

Los granitoides Post-tectónicos, a diferencia de los anteriores, muestran un predominio de intrusiones granodioríticas-monzograníticas medianamente peraluminosas y escasos leucogranitos. Por lo tanto, este magmatismo está dominado por rocas máficas e intermedias y fue generado en un corto espacio de tiempo como consecuencia del alto flujo de calor, presumiblemente generado por la delaminación de la litosfera y el ascenso del manto astenosférico. La edad de estos intrusivos está generalmente entre los 300 y 286 millones de años, siendo estas intrusiones las principales responsables de la formación del yacimiento de oro de Salave y de los actualmente en explotación de El Valle-Boinás y Carlés, así como de otros muchos indicios y prospectos en el norte de la Península Ibérica.

1.4. METAMORFISMO

El metamorfismo de la ZAOL es esencialmente sin-cinemático y es plurifacial y polifásico, de tipo de media o media-baja presión. Se incrementa hacia el oeste, aunque se aprecian ciertos eventos de metamorfismo térmico relacionados con la intrusión de granitoides post-cinemáticos.

El metamorfismo en esta zona se caracteriza por una primera etapa con la siguiente secuencia de zonas: clorita-biotita-granate-esturoлита y localmente cianita, que es indicativo de un metamorfismo de tipo barroviario. Con posterioridad ocurre un segundo evento con andalucita, sillimanita y localmente granate, indicativo de un episodio metamórfico de baja presión, con un alto gradiente geotérmico, relacionado con el ascenso e intrusión de rocas graníticas. Localmente puede distinguirse una tercera paragénesis de carácter retrógrado.

El DNAS y la parte este del DMM se sitúan fundamentalmente dentro de la zona de la clorita. Siendo moscovita, clorita y cloritoide los minerales más característicos, definiendo su orientación el clivaje S1. Sin embargo, hay dos importantes excepciones: los cinturones metamórficos de Novellana-Pola de Allande-Degaña y el de Tapia-Boal-Los Ancares, que se sitúan dentro de la zona de la biotita como se muestra en la Figura 1.1 que representa el esquema geológico de la ZOAL mostrando las denominaciones de las estructuras principales y subdivisión de dominios basado en Pérez Estaún et al., 1990.

El complejo plutónico de Salave está localizado en el cinturón metamórfico de Tapia-Boal-Los Ancares, el cual se sitúa principalmente dentro de la zona de la biotita, aunque en las proximidades de intrusiones graníticas se alcanza la isograda de la andalucita-cordierita y localmente la del granate. Las paragénesis minerales están caracterizadas por la presencia de andalucita, cordierita y, menos frecuentemente, granate, así como biotita, clorita y moscovita.

2. GEOLOGIA LOCAL

El yacimiento de Salave se sitúa en el borde este del DMM, adyacente al DNAS, como se ha observado anteriormente. Estas dos unidades geológicas están separadas por el cabalgamiento basal del Manto de Mondoñedo. Además, Salave está dentro del anteriormente mencionado cinturón metamórfico e ígneo de Tapia-Boal-Los Ancares, mayoritariamente en el Complejo Ígneo de Salave o Plutón de Salave. Esta situación geológica proporciona, como veremos más adelante, el escenario perfecto para la formación de un gran yacimiento aurífero: fuerte preparación estructural y magmatismo derivado del manto.

La cartografía geológica sobre el área del proyecto resulta difícil debido a la escasez de afloramientos, que se limitan prácticamente a los acantilados de la costa. La mayor parte del área del proyecto está cubierta por sedimentos marinos cuaternarios, denominados "Rasa", cuyo espesor varía desde algunos centímetros a unos 10 m.

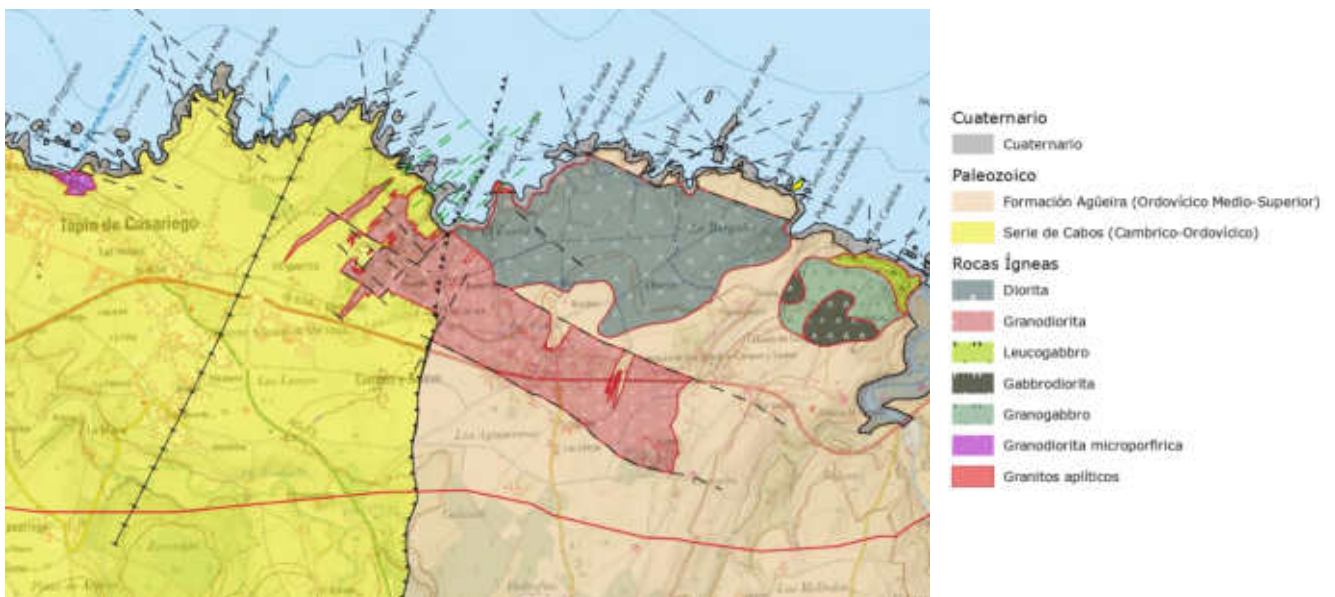


Figura 2.1.- Cartografía Geológica (Modificado de Suárez y Suarez, 1970)

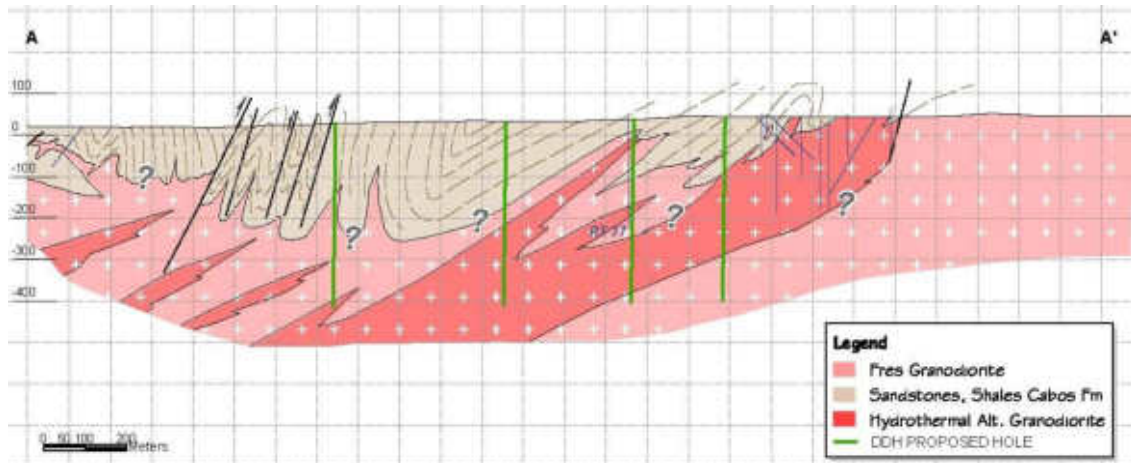


Figura 2.2.- Sección geológica

2.1. ROCAS METASEDIMENTARIAS

Estas litologías están compuestas por pizarras, areniscas, cuarcitas y algunas escasas intercalaciones de pizarras negras grafitosas, pertenecientes a la Serie de los Cabos. Estas rocas están intruidas por varios cuerpos ígneos, generando metamorfismo de contacto, y formando corneanas principalmente biotíticas y piroxénicas, con cordierita, andalucita y localmente granate.

El contacto de la granodiorita de Salave con los metasedimentos varía desde ser neto, más o menos pasivo y con pequeñas inyecciones a favor de planos de foliación, a ser forzado y producir zonas brechificadas.

En los metasedimentos la mineralización de oro se limita a estrechas venas de cuarzo-arsenopirita y pequeñas zonas de brecha. Mientras que la mayoría de las labores mineras sobre los filones de cuarzo-molibdeno se sitúan, en estas rocas, en fallas de alto ángulo y próximas al contacto con el intrusivo.

2.2. ROCAS ÍGNEAS

Estas están directamente relacionadas con la mineralización y comprenden varios stocks y diques, los cuales constituyen el Complejo Ígneo de Salave (también denominado en la literatura como "Cuerpos Intrusivos de Tapia", Corretge L.G. et al. 1990). Estas rocas ígneas (incluidas en el grupo de los "Granitos Calcoalcalinos Post-Tectónicos y Rocas Básicas Asociadas"), muestran características de intrusivos de Tipo I y siguen una serie calcoalcalina de tipo granodiorítico. Esta litología fundamentalmente consiste en intrusivos intermedios a básicos, con composiciones que varían de gabros y gabrodioritas a granodioritas.

2.2.1. Complejo ígneo de Salave

El yacimiento de Salave está dentro de este complejo, concretamente en la granodiorita alterada. Los siguientes párrafos describen las características principales de los diferentes tipos de intrusivos que se encuentran en esta área.

2.2.2. Granodiorita de Salave

A partir de los afloramientos y los sondeos puede deducirse la forma elongada de este stock. Tiene una extensión de más de 2 kilómetros de largo en dirección noroeste-sureste y unos 500 de ancho. En el área de Los Lagos, en la corta romana, una cartografía detallada muestra mejor su complicada estructura de "roof-pendants" y apófisis sub-aflorantes.

Cinco dataciones con isótopos de K-Ar en biotitas de rocas granodioríticas dan un valor medio de 284.2 +/-7 Ma (Harris 1979). Además una datación con isótopos de Rb-Sr en biotitas de la granodiorita de Salave proporcionó una edad de 287 +/-8 Ma.

Cuando está fresca, la granodiorita aparece como una roca dura, ligeramente porfídica, blanca y negra. Presenta una textura hipidiomórfica-granular, siendo los minerales esenciales plagioclasa (40%), cuarzo (30%), biotita (15%), feldespato potásico (10-15%) y moscovita (1%). Los minerales accesorios más importantes son apatito, circón, esfena, pirita, magnetita, hornblenda y, con alteración incipiente, clorita, carbonato y sericita.

La plagioclasa aparece tanto como fenocristales de hasta 6-8 mm de largo, o como pequeños cristales en la matriz. Está fuertemente zonada, variando en composición de An30 a An48.

El cuarzo es típicamente anhedral y frecuentemente tiene bordes en cúspide. Aparece como granos de forma irregular de hasta 4 mm, pero es más común como un entramado de diminutos cristales (0.1 mm) en la matriz.

La biotita se distribuye regularmente y aparece típicamente como listones de 1-2 mm de largo. Tiene un marcado pleocroismo y pequeñas inclusiones de circón o apatito.

El feldespato potásico está principalmente restringido a la matriz, aunque ocasionalmente forma fenocristales. Mayoritariamente es ortoclasa con una pequeña componente albitica. También pueden observarse intercrecimientos perfiticos.

Los enclaves básicos son frecuentes, con su dimensión larga variando de pocos centímetros a más de un metro. Son más bien de grano fino y se caracterizan por la prácticamente ausencia de feldespato potásico y un alto porcentaje de biotita y anfíbol. Estos enclaves básicos podrían representar xenolitos de los gabros previamente emplazados. Algunos de ellos han sido descritos como "enclaves cortlandíticos" (Galán y Suárez, 1989), sugiriendo un origen muy profundo de estos magmas.

Hay que mencionar que el término "granodiorita" se está utilizando para referirnos a estas litologías, por simplificar, aun cuando no es estrictamente apropiado. A menudo hay transiciones hacia cuarzo-dioritas o tonalitas al variar el contenido en feldespato potásico.

2.2.3. Gabros de Salave y Porcía

Estos gabros se extienden sobre un área de 2.5 km por 0.6 km, en dos cuerpos principales, desde la playa del Figo a la orilla oeste del río Porcía. Representan las rocas ígneas más antiguas de la zona (329.9 +/-11 Ma, K-Ar en biotitas, Harris 1979), además son frecuentes los enclaves de estos gabros dentro de la granodiorita. Los contactos con los metasedimentos son aparentemente bastante netos y xenolitos de ellos son bastante frecuentes.

Varios tipos petrológicos se han descrito dentro de este conjunto de gabros (biotítico-anfibólicos, biotítico-piroxénicos, granogabros con hiperstena y leucogabros holoplagioclásicos). También se ha propuesto una continuidad química desde los gabros a la granodiorita (Suárez, 1970).

Puede observarse algo de alteración en los gabros (sericitización, cloritización y carbonatización), generalmente controlada por fracturas, aunque es destacable que no se ha encontrado mineralización significativa en esta litología.

2.2.4. Granito de Punta Campega

Se puede describir como un microgranito o un granito aplítico. Está intruyendo el gabro de Salave justo en el borde de costa. Es una roca leucocrática y equigranular con textura alotriomórfica, formado por cuarzo, plagioclasa sericitizada, feldespato potásico, clorita sericitizada y óxidos de hierro.

2.2.5. Diques

En el área de Salave aparecen diques porfídicos de composición dacítica-riodacítica a andesítica. Varían desde centímetros a un metro de anchura. Cuando están frescos son de color oscuro y compuestos de fenocristales de feldespato, biotita y de cuarzo generalmente redondeado, en una matriz de grano muy fino de composición similar y que generalmente está alterada a sericita.

La mayoría de los diques conocidos son anteriores a la alteración hidrotermal y la mineralización, estando afectados por los mismos procesos que la granodiorita.

2.2.6. Área de Represas

Esta zona está situada justo al este de la villa de Tapia de Casariego y a menos de 1.5 km al oeste de la extensión más occidental conocida hasta el momento (sondeo RT38), de la granodiorita de Salave, con la que probablemente esté relacionada genéticamente.

En esta área, geológicamente compleja, de la playa de Represas pueden observarse algunos diques y una intrusión sub-aflorante, que han sido descritos como mineralógicamente idénticos a la granodiorita de Salave, distinguiéndose texturalmente por ser más marcadamente porfídicos (Harris, M., 1979). Los tres tipos principales de rocas ígneas que se encuentran en esta zona son:

Granodiorita rica en biotita, de grano fino, ligeramente porfídica y con fenocristales de feldespato muy sericitizados. En algunos casos es muy claro el carácter corroído de los bordes del cuarzo. Frecuentemente contiene pirita, molibdenita y en menor medida calcopirita.

Granodiorita muy rica en cuarzo, con poca mica y ausencia de cuarzos corroídos. Siendo el contenido en feldespato potásico ligeramente más alto.

También existe un pequeño afloramiento de pórfido riódacítico, de color rosado, compuesto por cuarzo, clorita y feldespato alterado, en una matriz de cuarzo y feldespato potásico. Contiene pequeñas cantidades de pirita euedral diseminada, aunque las estructuras tipo "boxwork" por lixiviación de sulfuros son frecuentes.

Las intrusiones de Represas parecen haberse canalizado a través del mismo sistema de fracturación noroeste-sureste que está controlando a gran escala la intrusión de la granodiorita de Salave.

Se encuentran muchos otros pequeños afloramientos de rocas ígneas en el borde de la costa, en su mayoría aparecen como pequeños diques en la Serie de los Cabos. Estas rocas muestran composiciones y texturas similares a las descritas en Represas y Salave. A modo de ejemplo podemos mencionar el pórfido granodiorítico-riódacítico de la playa de los Castríos, situado al este de Represas, también en el puerto de Tapia aparece un pórfido cuarzo-biotítico/clorítico-feldespático con orientaciones de flujo, o también, en la playa de Turbela situada entre Salave y Represas, hay otro pórfido gabrodiorítico de tres metros de potencia.

2.3. ESTRUCTURA

Los metasedimentos están afectados por las tres fases principales de la deformación hercínica, mostrando los correspondientes pliegues, fallas y foliaciones. Sin embargo, los sistemas de fracturas y fallas NO-SE y NE-SO son más significativos para el emplazamiento de la mineralización.

La forma aparente de grandes diques de la granodiorita de Salave y de los gabros de Salave y Porcía, parece estar controlada por fallas NO-SE. Del mismo modo varios filones de cuarzo con oro, en los metasedimentos, y algunos diques porfídicos están emplazados en estructuras de alto ángulo NO-SE.

Por otro lado, el sistema NE-SO es paralelo a las estructuras hercínicas regionales (estratificación, plegamiento, calbagamientos y fallas tardías). Así mismo esta es la orientación los cinturones ígneos, metamórficos y auríferos en la parte occidental de Asturias. En más detalle, en el área de Salave el cabalgamiento basal del manto de Mondoñedo (y estructuras relacionadas), muchos diques porfídicos y filones auríferos de cuarzo y arsenopirita, también siguen esta dirección. Además, es muy noTabla que los cuerpos de mineral en el yacimiento de Salave estén incluidos en una zona tabular de dirección NE-SO e inclinada suavemente hacia el NO.

3. MINERALIZACIÓN

El yacimiento aurífero de Salave está encajado principalmente en la parte oeste de la granodiorita de Salave cerca del contacto con los metasedimentos de la serie de Los Cabos. El yacimiento está constituido por diversos cuerpos sub-horizontales incluidos en una banda tabular de dirección NE buzando unos 30° al NW.

La mineralización de Au está relacionada con determinados estadios metasomáticos del sistema hidrotermal que provoca la alteración de la granodiorita de Salave. Particularmente, las zonas de alto contenido en Au están genéticamente ligadas a la alteración albita-sericita-carbonato con diseminación intensa de arsenopirita acicular, con contenidos variables de pirita y estibina. La destrucción de la textura original es un aspecto significativo en las zonas más alteradas y mineralizadas de la granodiorita. Los filones de cuarzo-carbonato con molibdeno son frecuentes en el entorno del yacimiento, si bien el contenido en Au de los mismos es nulo.

Según un informe de Anglo American Research Laboratories (1983), alrededor de un 70% del Au del yacimiento está asociado a sulfuros, probablemente como partículas sub-microscópicas dentro de la pirita o arsenopirita.

3.1. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

La mineralización y alteración de la granodiorita de Salave fueron descritas en detalle por primera vez por M. Harris en su tesis doctoral (1979), realizada durante la época en que Gold Fields Ltd. estaba investigando el yacimiento.

Harris (1979) propuso el "Yacimiento Tipo Salave", como aquel formado en cualquier tipo de roca cuarzo-feldespato-ferromagnesiana, probablemente

en una zona de tectonización importante, con una alteración zonada en la que se observa un decrecimiento en la carbonatización, albitización, desilicificación, sericitización y destrucción de la textura ígnea original, desde la zona mineralizada hacia fuera, estando la mineralización asociada a pirita, arsenopirita, estibina y cantidades accesorias de otros metales base.

Harris (1979), describió las diferentes alteraciones en Salave, desde la granodiorita fresca, la alteración clorítica-sericítica, propilítica, albitítica y finalmente la alteración más intensa y mineralizada (contenido en Au superior a 1g/t), a la que llamó "Hongorock", en honor a la teoría de que la morfología resultante de la zona mineralizada se asemejaba a una seta. La secuencia paragenética de deposición del Au y sulfuros sería la siguiente:

- Pirita-arsenopirita-Au
- Molibdenita (1) y probablemente más Au
- Escalerita y posiblemente algo de Au
- Estibina
- Filones con arsenopirita-pirita-calcopirita-molibdenita (2) - pirrotina-marcasita

Posteriormente a los trabajos de Harris, las referencias bibliográficas relacionadas con el yacimiento de Salave son escasas, aparte de los informes internos de las compañías que continuaron con la investigación del yacimiento.

J. Fernández Catuxo (1998) describe las alteraciones del yacimiento de Salave como el resultado de las transformaciones texturales, mineralógicas y químicas de la granodiorita de Salave, con importante aporte de metales. Las alteraciones que describe son bastante similares a las de Harris (1979), concluyendo que la mayor parte corresponden al tipo propilítico.

L.M. Rodríguez-Terente et al. (1998 y 2000) centraron su investigación en la parte más profunda del yacimiento la cual había sido recientemente sondeada por la compañía San Diego Gold Minery SA en 1996 y 1997. Ellos describen la secuencia de alteración metasomática de los componentes de la granodiorita de la siguiente manera:

- Biotita magmática se altera a clorita
- Plagioclasa magmática se altera a albita+moscovita
- Hornblenda magmática se altera a tremolita+clorita+cuarzo
- Clinopiroxeno magmático se altera primero a hornblenda+/- magnetita+/-pirrotina, después a tremolita+clorita+/-pirita+/- hematites y finalmente a clorita+dolomita+/-calcita magnésica+cuarzo.

Las paragénesis definidas por estos autores son similares a las de Harris (1979) con un estadio inicial de pirita-arsenopirita de grano fino y un estadio más tardío con estibina y molibdenita. También mencionan pirrotina, esfalerita, calcopirita, gersdorffita, berthierita, jamesonita, zinkenita y horobetsuita como sulfuros accesorios, y un estadio tardío de arsenopirita de grano grueso.

3.2. ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN

El departamento de geología de EMC ha interpretado y descrito las alteraciones del yacimiento de Salave de acuerdo con Harris (1979) de la siguiente forma:

1. Alteración clorítico-sericítica. Es la más distal respecto a la mineralización aurífera, caracterizada por el reemplazamiento de la biotita por clorita, mientras que la plagioclasa se altera a sericita. No se aprecian cambios macroscópicos en la textura original de la granodiorita.

2. Alteración propilítica. Este término fué adoptado por Harris (1979) de la bibliografía clásica relativa a alteración hidrotermal asociada a pórfidos cupríferos, si bien las paragénesis resultantes en Salave difieren de las de dichos yacimientos. La granodiorita de Salave afectada por la alteración propilítica es de color verdosa, con pérdida de textura original debido al reemplazamiento de cuarzo por carbonato; el reemplazamiento casi completo de plagioclasa por sericita y carbonato; la conversión total de biotita en clorita con carbonato, rutilo y algo de epidota; y la introducción de carbonatos secundarios, sericita, albita y sulfuros. La nueva textura puede estar intensamente orientada con buzamientos variables entre 20 y 45° hacia el oeste.

3. Alteración albitica. La albitización ha sido descrita como uno de los fenómenos más característicos de Salave. Típicamente de color crema, tiene lugar entre la alteración propilítica y la zona mineralizada "Hongorock". La formación de albita se produce como diminutos cristales euhédricos de hasta 0.01mm, asociados con venas y parches de carbonatos. También se forma albita como fenocristales de hasta 5mm de largo reemplazando a las plagioclasas originales. Frecuentemente también reemplaza al cuarzo original de forma que la desilicificación de la granodiorita es un fenómeno característico del yacimiento de Salave. En este estadio la clorita se altera parcialmente a sericita.

4. "Hongorock". Este término indica la culminación de la alteración hidrotermal en Salave produciendo una fuerte carbonatización, sericitización y albitización. La textura original de la granodiorita queda completamente destruida debido al crecimiento de sericita extruyendo de los fenocristales de feldespato; a la removilización de sílice y al influjo de carbonatos, albita y sulfuros. La clorita deja de ser estable en este campo y se altera a sericita. La paragénesis típica de sulfuros está constituida por arsenopirita y pirita

diseminada con cantidades variables de estibina, molibdenita y esfalerita accesoria que parecen ser posteriores a la fase de reemplazamiento de los silicatos.

La mineralización aurífera descrita por Harris (1979), está en relación con:

- Pirita y diminutos cristales euhedrales de arsenopirita.
- Diseminación blanquecina de carbonatos.
- Sericita amarillenta con formas aciculares.

Las investigaciones recientes realizadas por Rio Narcea Gold Mines indican que la ley de oro está fuertemente ligada con la cantidad de arsenopirita acicular diseminada, principalmente entre las láminas de sericita, de una albitita intensamente sericitizada, de tonalidad verde oliva.

Las zonas con estibina tienen valores significativos de Au, mientras que la correlación de la pirita y la arsenopirita de grano grueso con el Au, es baja. Los filones de cuarzo-carbonato con molibdenita no contienen valores de oro significantes.

3.3. CONDICIONES FISICOQUÍMICAS Y MODELO GENÉTICO

Harris (1979) estableció el siguiente modelo genético para el yacimiento de Salave: INTRUSIÓN DEL COMPLEJO GRANODIORÍTICO DE SALAVE ENTRE EL GABRO Y LOS METASEDIMENTOS A FINALES DE LA OROGENIA HERCÍNICA.

Gran cantidad de volátiles (H₂O-CO₂-H₂S) conducidos desde las rocas encajantes por estructuras regionales importantes. Estos fluidos encontraron la granodiorita en fase de enfriamiento provocando las alteraciones resultantes y la mineralización. La procedencia de los metales, As, Sb, Mo, Au, Zn, W y B no es clara. Pudieron haber sido sustraídos de los metasedimentos o proceder del propio intrusivo.

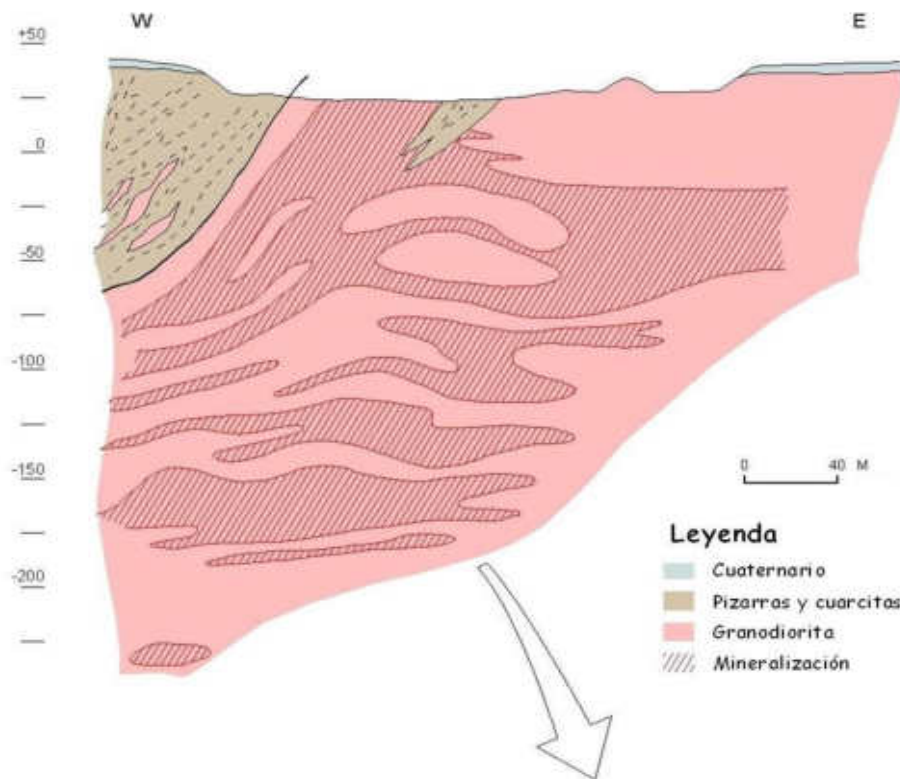
Las alteraciones producidas en la granodiorita son el resultado de una redistribución, a grandes rasgos isoquímica, de la granodiorita de Salave, bajo unas nuevas condiciones de presión, temperatura y composición del fluido. Los fluidos propuestos debieron tener un pH casi neutro, probablemente en el rango de 250-350°, con esporádicos episodios de ebullición.

ESTADIO DE FRACTURACIÓN TARDÍO QUE PROPORCIONÓ CONDICIONES OXIDANTES AL SISTEMA.

L.M. Rodríguez-Terente et al. (1998), realizaron un estudio paragenético para determinar la evolución y condiciones de formación del yacimiento basado en diversos geotermómetros, concluyendo que la temperatura de la arsenopirita de la fase inicial se incrementa con la profundidad pasando de 290 +/- 26°C en la actual superficie, a 400 +/- 38°C en la parte más profunda sondeada (unos 300m de profundidad). Las fases más tardías precipitaron a temperaturas comprendidas entre 160 y 240°C. Para ambos estadios, el pH estaría entre 6 y 8, y la presión fue siempre inferior a 300 bars. Las bajas temperaturas, el pH neutro o ligeramente alcalino y las elevadas fugacidades de S sugieren que el oro precipitó a partir de complejos sulfurados más que de complejos clorurados.

Exploraciones Mineras del Cantábrico cree que el yacimiento de Salave es un típico yacimiento asociado a un intrusivo, probablemente con un control estructural de la mineralización. La presencia de diversos cuerpos sub-horizontales englobados en una banda tabular de dirección NE buzando unos 30° al NW puede indicar que los fluidos hidrotermales circularon de forma ascendente por una estructura Hercínica, reactivada como cizalla en los estadios tardihercínicos, de forma que los esfuerzos extensionales dentro de ésta generaron conductos sub-horizontales para la circulación y precipitación de los metales.

En la figura siguiente se observa una sección E-O del yacimiento de Salave. En el esquema de la parte inferior se muestra una interpretación hipotética de un modelo estructural acorde con la morfología de los cuerpos mineralizados y con las observaciones de sondeos. Para confirmar esta idea se debe realizar un estudio estructural mucho más detallado.



Modelo estructural esquemático del Yacimiento de Salave

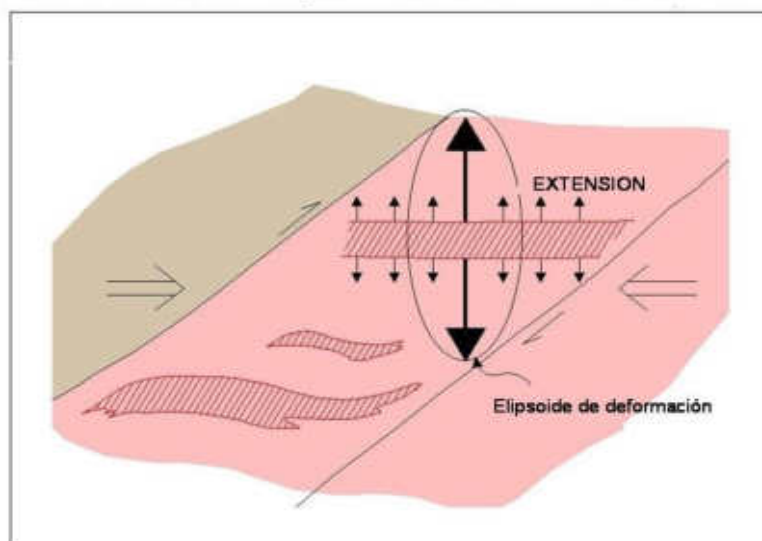


Figura 3.1.- Sección O-E. Modelo estructural esquemático

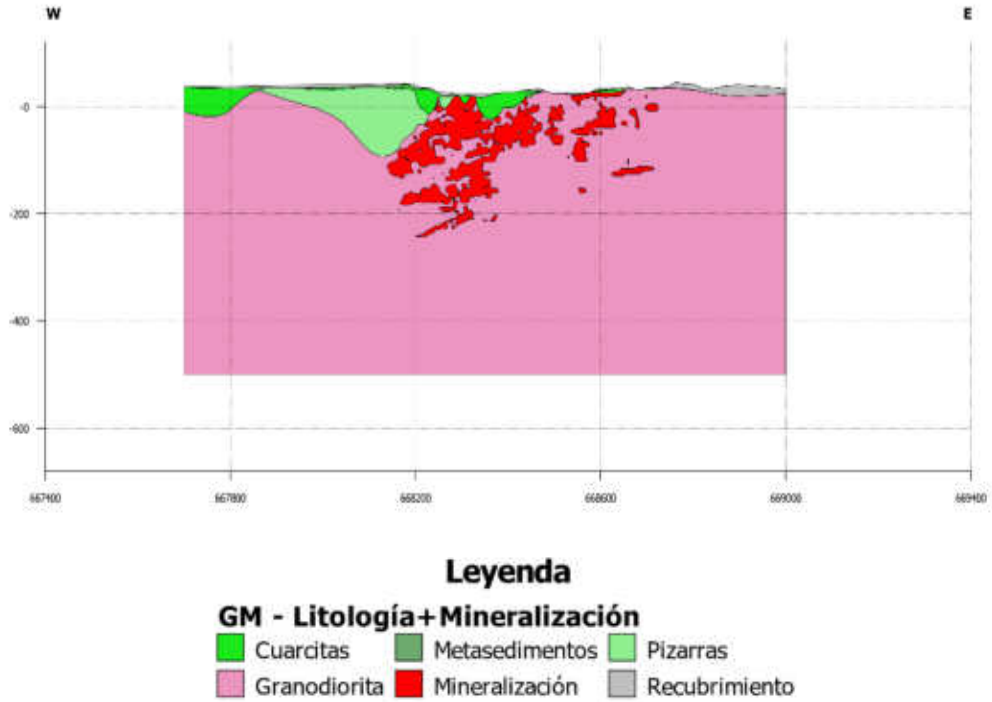


Figura 3.2.- Sección O-E, 4.825.700 N del modelo geológico realizado en LEAPFROG Geo 5.0.4

4. ESTUDIOS GEOFÍSICOS

Con los conocimientos actuales, el yacimiento de Salave se encuentra abierto en profundidad hacia el oeste, siendo en esta zona en la que hay más posibilidades de aumentar reservas a continuación de las ya localizadas o en nuevos cuerpos mineralizados.

La mineralización económica se encuentra asociada prácticamente en su totalidad a la granodiorita, por lo que la exploración también se enfoca a la localización de cúpulas graníticas no aflorantes.

El método geofísico más adecuado para estudiar la continuidad y localización de la granodiorita en profundidad es la gravimetría.

Por las particularidades de este método, la amplitud (valor máximo) y la longitud de onda (extensión) de las anomalías producidas por un cuerpo granítico de estas características es necesario que la extensión de la zona de estudio sea muy superior al área de interés propiamente dicha. En este caso, considerando que ésta es de 1,5 x 0,5 km, la zona a cubrir por la geofísica deberá tener del orden de 2 x 1,5 km aproximadamente.

Para resolver este tipo de objetivo es recomendable medir del orden de 60-70 estaciones por km² distribuidas lo más uniformemente posible, aunque aprovechando al máximo los caminos y pistas. RNGM contrató a la compañía IGT con sede en Madrid, para realizar a principios de 2005 un estudio gravimétrico de los alrededores de Salave. El estudio no está concluido, aunque se dispone de algunos mapas preliminares que se incluyen en el presente informe. En la figura siguiente, se observa la posición de las estaciones gravimétricas sobre las que se realizó las lecturas gravimétricas. En la figura posterior se observa la anomalía gravimétrica residual, que refleja la anomalía obtenida después de filtrar los efectos topográficos, la proximidad del mar.... Los bajos gravimétricos (en tonos azules) indican la presencia de cuerpos de menor densidad relativa (granodiorita alterada) por lo que el campo de exploración se extiende claramente hacia el Oeste del actual yacimiento.

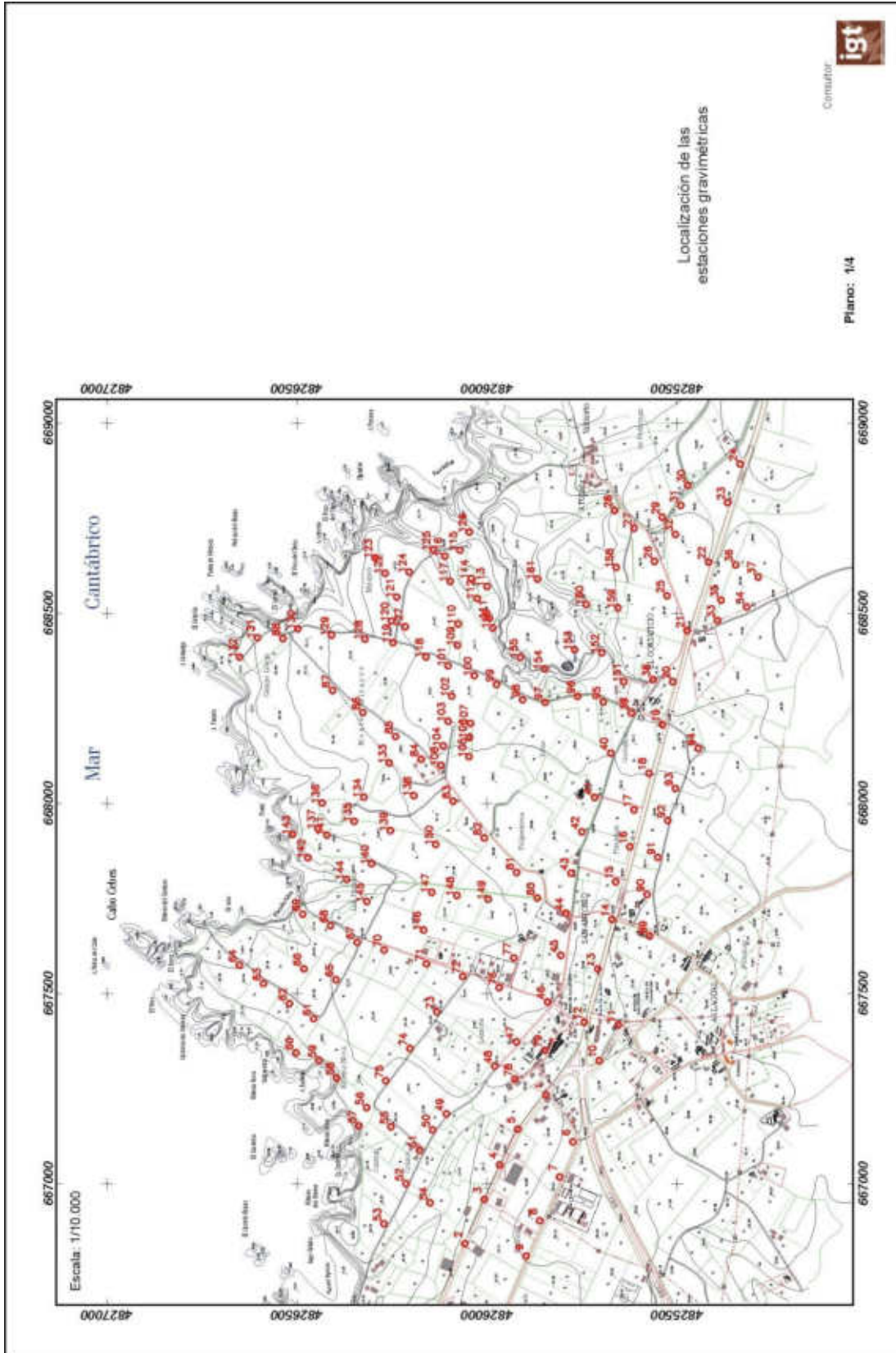


Figura 4.1.- Localización de las estaciones gravimétricas. Proyecto Salave

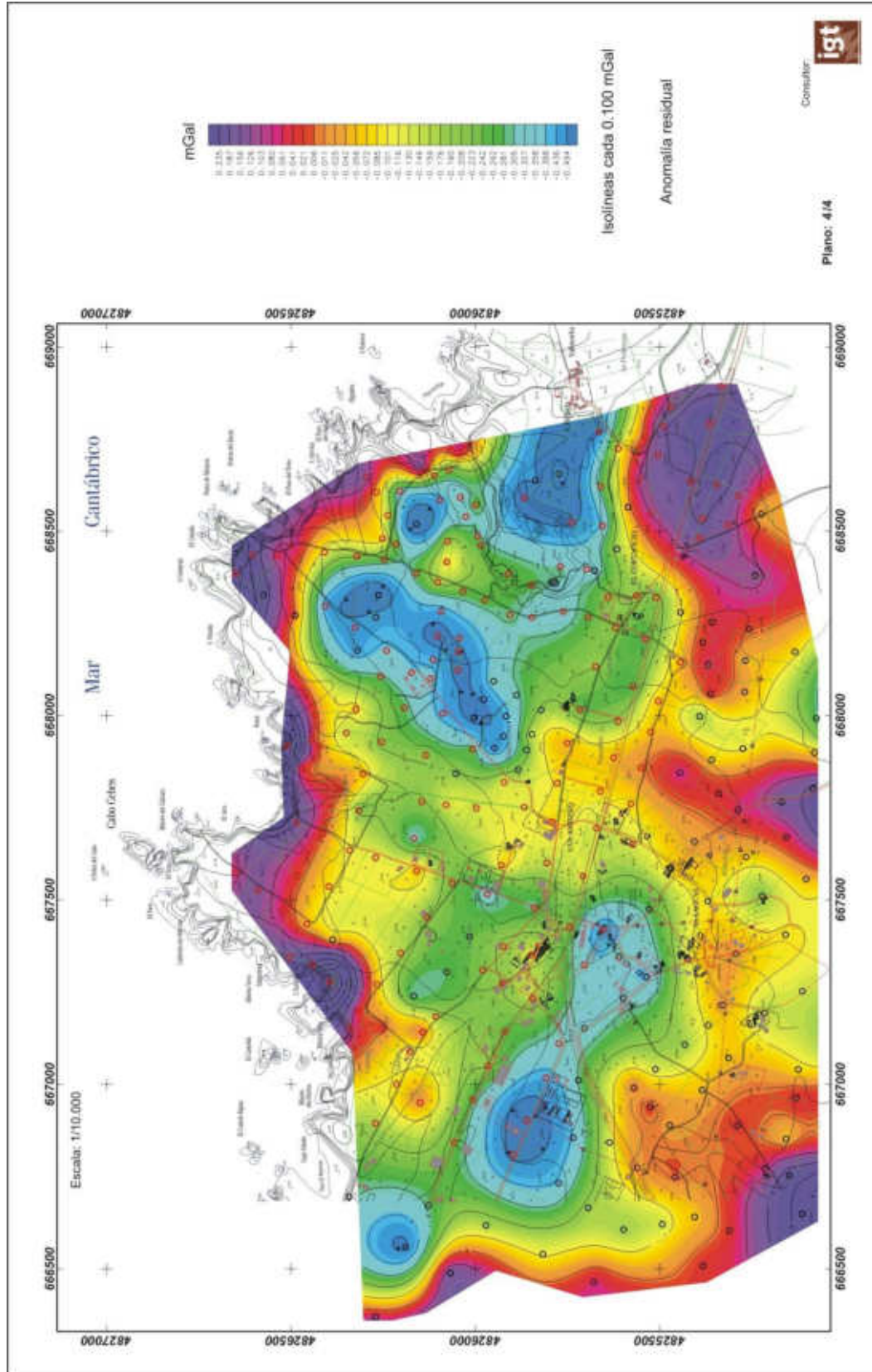


Figura 4.2.- Anomalia gravimétrica residual. Proyecto Salave



5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Corretgé, L.G., Suárez, O. and Galán, G. (1990). "West Asturian-Leonese Zone: Igneous Rocks". En: Dallmeyer R.D. and Martínez García E. (eds.), Pre-Mesozoic Geology of Iberia. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 115-128.

Fernández-Catuxo J. (1998). "The Salave gold prospect revisited: new ideas for an old deposit". En: Arias, D., Martín-Izard, A. and Paniagua, A. (eds.), "Gold Exploration and Mining in NW Spain". Facultad de Geología, Universidad de Oviedo, 82-85.

Fernández-Suárez J. (1998). "Granitoid Magmatism in the Autochthonous of the NW Iberian Variscan Belt: An Overview". En: Arias, D., Martín-Izard, A. and Paniagua, A. (eds.), Gold Exploration and Mining in NW Spain. Facultad de Geología, Universidad de Oviedo, 12-19.

Gumiel, P., Martín-Izard, A., Arias M., y Rodríguez-Terente, L. (2008): Geometrical analysis of the Punta del Pedrón shear zone (Asturias, Spain): Implications related to exploration of Salave Gold-type mineralization. Journal of Structural Geology, 30, 354-365.

Harris, M. (1979) "Alteration and mineralization at the Salave Gold Prospect, NW Spain", Ph.D. Thesis, Department of Mining Geology, Royal School of Mines, Imperial College of Science and Technology, London. Unpublished.

Martínez Catalán, J.R., Pérez-Estaún, A., Bastida, F., Pulgar, J.A. and Marcos, A. (1990). "West Asturian-Leonese Zone: Structure". En: Dallmeyer R.D. and Martínez García E. (eds.), Pre-Mesozoic Geology of Iberia. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 103-114.

Martín-Izard, A. y Rodríguez-Terente, L. (2009): Invisible gold at the Salave Deposit, NW Spain. Proceedings of the Tenth Biennial SGA Meeting, Townsville. 725-727.

Pérez-Estaún, A., Bastida, F., Martínez Catalán, J.R., Gutiérrez Marco, J.C., Marcos, A. and Pulgar, J.A. (1990). "West Asturian-Leonese Zone: Stratigraphy". En: Dallmeyer R.D. and Martínez García E. (eds.), Pre-Mesozoic Geology of Iberia. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 92-102.

Pérez-Estaún, A., Martínez Catalán, J.R. and Bastida, F. (1991). "Crustal thickening and deformation sequence in the footwall to the suture of the Variscan belt of the northwest Spain". Tectonophysics, 191: 243-253.

Rodríguez-Terente, L.M., Moreiras, D.B. and Marcos, C. (2000). "Alteration morphologies and gold grades in the gold-bearing ore deposit of Salave, Tapia de Casariego, Asturias" En: Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe, Coruña 2000. Vol 25, pp. 91-93.

Rodríguez-Terente, L.M., Moreiras, D.B. and Marcos, C. (2000). "Alteración hidrotermal del yacimiento aurífero de Salave, Tapia de Casariego, Asturias" En: Cadernos Lab. Xeolóxico de Laxe, Coruña 2000. Vol 25, pp. 95-98.

Rodríguez-Terente, L.M., Paniagua, A. and Moreiras, D.B. (1998). "Ore mineralogy and evolution of the Salave gold deposit". En: Arias, D., Martín-Izard, A. and Paniagua, A. (eds.), Gold Exploration and Mining in NW Spain. Facultad de Geología, Universidad de Oviedo, 165-169.

Rodríguez-Terente, L.M., (2007). "Las Mineralizaciones Auríferas de la Granodiorita de Salave, Tapia de Casariego (Asturias)" En: Macla nº14, revista de la sociedad española de mineralogía 2014. Vol 14, pp. 54-56.

CRS Ingeniería

Julio de 2021



INGENIERÍA Y CONSULTORÍA
EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L.
C/ Raimundo Fdez. Villaverde, 53
28003 Madrid
Tels: 91 535 61 72 / 91 534 91 83
Fax: 91 534 91 83

ANEXO II
CARACTERIZACIÓN DE LOS SUELOS

ÍNDICE

	Pág nº
1 INTRODUCCIÓN	5
2 TOMA DE MUESTRAS	7
3 ANÁLISIS REALIZADOS	13

APÉNDICES

APÉNDICE II-1: RESULTADO DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS (AGQ)

FIGURAS

Figura 2.1.- Localización y codificación de las muestras tomadas en la zona de instalaciones exteriores	8
Figura 2.2.- Localización y codificación de las muestras tomadas en la zona de labores interiores.	8
Figura 2.3.- Descripción de la muestra DP-1	10
Figura 2.4.- Descripción de la muestra DP-2	10
Figura 2.5.- Descripción de la muestra DP-3	10
Figura 2.6.- Descripción de la muestra DP-4	10
Figura 2.7.- Descripción de la muestra DP-5	11
Figura 2.8.- Descripción de la muestra PL-1	11
Figura 2.9.- Descripción de la muestra PL-2	11
Figura 2.10.- Descripción de la muestra PL-3	11
Figura 2.11.- Descripción de la muestra EX-1	12
Figura 2.12.- Descripción de la muestra EX-2	12

TABLAS

TABLA 2.1.- LOCALIZACIÓN DE LAS MUESTRAS (ETRS89 H29)	9
TABLA 3.1.- RESULTADO DE LOS ANÁLISIS Y COMPARACIÓN CON LOS NGR DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS (mg/kg)	13



1 INTRODUCCIÓN

En el presente informe se realiza una caracterización de los suelos afectados por el Proyecto de Salave.

Esta caracterización se realiza para los metales y metaloides incluidos en el Resolución de 20 de marzo de 2014, de la Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, por la que se establecen los niveles Genéricos de Referencia para metales pesados en suelos del Principado de Asturias.

Así se obtiene el punto de partida de estos suelos, estableciendo niveles de referencia y una base para contrastar, analizar y realizar un seguimiento de la evolución de estos suelos y sus variaciones futuras.

Para realizar esta caracterización se ha realizado una toma de muestras representativa de las diferentes zonas afectadas por el proyecto se ha enviado al laboratorio de AGQ de Burguillos (Sevilla).



2 TOMA DE MUESTRAS

Las muestras se toman con el objetivo de tener un nivel de base del estado de los suelos. Estos valores servirán de referencia para poder contrastar los controles que se hagan en cumplimiento del Programa de Vigilancia Ambiental. En el caso que durante estos controles se detectará algún indicio de contaminación de estos suelos, se realizará un muestreo adecuado a las características y dimensiones de la zona donde se encuentren los citados indicios.

Las muestras han sido tomadas el día 29 de enero de 2021 seleccionando puntos representativos de las diferentes zonas del proyecto. Así, se tomaron 3 en la zona de instalaciones NW, 3 en la SW y 2 en la SE. También se tomaron otras dos en la zona de explotación La ubicación de cada una de ellas se seleccionó intentando que estuvieran representados todos los tipos de suelos presentes en la zona. En la siguiente figura se representa la localización de las 10 muestras tomadas.



Figura 2.1.- Localización y codificación de las muestras tomadas en la zona de instalaciones exteriores



Figura 2.2.- Localización y codificación de las muestras tomadas en la zona de labores interiores.

Los códigos corresponden a las zonas de ubicación, así Pl representa la zona de planta y resto de instalaciones industriales y Dp la zona de depósitos, ya sean escombreras o depósito de estériles de flotación. En la tabla siguiente se indican las coordenadas de las muestras y Ex, la zona de labores interiores. Las coordenadas de los puntos donde se han tomados las muestras se incluyen en la siguiente tabla.

TABLA 2.1.- LOCALIZACIÓN DE LAS MUESTRAS (ETRS89 H29)			
Zona de proyecto	Código de la muestra	Coordenada X	Coordenada Y
Zona de instalaciones SW	DP-1	668.624	4.824.497
	DP-2	668.715	4.824.171
	DP-3	668.007	4.823.917
Zona de instalaciones SE	DP-4	669.278	4.824.168
	DP-5	669.314	4.823.891
Zona de instalaciones NW	PL-1	668.145	4.824.678
	PL-2	668.239	4.824.564
	PL-3	668.475	4.824.563
Zona de explotación	EX-1	668.668	4.825.656
	EX-2	668.162	4.825.903

Cada una de las muestras se ha tomado de poco más de un kg de los primeros 10 cm del suelo.

A continuación, se incluye una ficha por cada una de las muestras tomadas.

Dp 1

- Peso: 1189 g.
- Bosque pinos con matorral
- Suelo muy desarrollado



Figura 2.3.- Descripción de la muestra DP-1

Dp 2

- Peso: 1137 g.
- Prado
- Suelo desarrollado



Figura 2.4.- Descripción de la muestra DP-2

Dp 3

- Peso: 1174 g.
- Bosque pinos con matorral bajo
- Suelo muy desarrollado



Figura 2.5.- Descripción de la muestra DP-3

Dp 4

- Peso: 1242 g.
- Bosque pinos con matorral bajo.
- Suelo muy desarrollado



Figura 2.6.- Descripción de la muestra DP-4

Dp 5

- Peso: 1214 g.
- Finca de cultivo de maíz cosechado.
- Suelo muy desarrollado
- Muy húmedo.



Figura 2.7.- Descripción de la muestra DP-5

PI 1

- Peso: 1884 g.
- Finca de cultivo de maíz cosechado.
- Suelo muy desarrollado
- Muy saturado en agua.



Figura 2.8.- Descripción de la muestra PL-1

PI 2

- Peso: 1165 g.
- Bosque pinos con matorral bajo
- Suelo muy desarrollado



Figura 2.9.- Descripción de la muestra PL-2

PI 3

- Peso: 1232 g.
- Bosque pinos con matorral bajo
- Suelo muy desarrollado



Figura 2.10.- Descripción de la muestra PL-3



Figura 2.11.- Descripción de la muestra EX-1



Figura 2.12.- Descripción de la muestra EX-2

3 ANÁLISIS REALIZADOS

Una vez recogidas y codificadas, se enviaron al laboratorio que tiene AGQ en Burguillos (Sevilla). Una vez las muestras llegaron al laboratorio se procedió a su preparación, mediante secado en estufa a unos 60°C, para posteriormente disgregar la muestra y tamizarla por una malla de 2 mm, descartando la fracción gruesa. De la porción tamizada, se pesan 0,5 g y se digiestiona con ácido nítrico para posterior medida en ICP. Lo resultados obtenidos se incluyen al final de este documento como apéndice I.

A continuación, se resumen los resultados obtenidos:

TABLA 3.1.- RESULTADO DE LOS ANÁLISIS Y COMPARACIÓN CON LOS NGR DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS (mg/kg)												
	PL-1	PL-2	PL-3	DP-1	DP-2	DP-3	DP-4	DP-5	EX-1	EX-2	NGR suelo industrial	NGR otros usos
Antimonio total	<1,00	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1,00	2,47	<1,00	295	5
Arsénico total	17,6	20,9	27	29,9	16,5	14,5	21,6	19,9	951	90,7	200	40
Bario total	20	47,2	19,6	57,4	58,8	50,4	99,5	74,6	77,9	22,3	10.000	1.540
Berilio total	<12,5	<12,5	<5,00	<5,00	<0,5	<12,5	<12,5	<0,50	0,65	<0,50	205	20
Cadmio total	<0,1	<0,1	<0,1	0,6	0,2	<0,1	<0,1	0,2	0,2	0,2	200	2
Cobalto total	<5,0	<5,0	<5,0	6,1	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	5,6	<5,0	300	25
Cobre total	<10,0	<10,0	<10,0	<10,0	15,8	<10,0	<10,0	<10,0	12,3	<10,0	4.000	55
Cromo hexavalente	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	50	2
Cromo total	26,9	27,2	22,3	24	<50	30,3	26,4	<50,0	<50,0	<50,0	10.000	10.000
Estaño total	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	10.000	4.360
Manganeso total	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	<100	621	<100	9.635	2.135
Mercurio total	<0,10	<0,50	<0,50	0,1	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<1,00	<0,50	100	1
Molibdeno total	<1,00	<1,00	1,36	3,55	1,46	<1,0	<1,00	<1,00	14,1	2,92	600	6
Níquel total	<25,0	<25,0	<10,0	15	<50,0	<25,0	<25,00	<50,0	<50,0	<50,0	6.500	65
Plata total	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	200	2
Plomo total	8	16	13	23	25	18	19	19	64	15	800	70
Selenio total	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	<5,0	2.500	25
Talio total	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	<1,0	10	1
Vanadio total	19,2	25,1	<50	29,8	29,5	30,1	43	30,1	12,7	23,2	1.505	50
Zinc total	<20,0	<20,0	<20,0	49,9	61,4	<20,0	20,8	28,1	99,8	24,7	10.000	455

En la tabla anterior se comparan los valores obtenidos con los NGR del Principado de Asturias establecidos para suelo industrial y otros usos en la Resolución de 20 de marzo de 2014, de la Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, por la que se establecen los niveles Genéricos de Referencia para metales pesados en suelos del Principado de Asturias.

Se ha considerado el suelo industrial puesto que la propia explotación minera es una instalación industrial y son esos límites con los que se debe cumplir. No obstante, dado que para las labores de restauración se van a utilizar los materiales de excavación de la zona de depósito, balsas, etc. y esas zonas tendrán un uso futuro agrícola o forestal, se ha comparado también con los denominados otros usos que incluyen suelos que pueden soportar un uso agrícola, ganadero o forestal.

Tal y como se puede observar, solo se supera el nivel en una muestra (EX - 1) en arsénico para uso industrial y en dos (EX - 1 y EX - 2) para otros usos. Estas muestras están obtenidas en la zona de explotación donde estaban ubicadas las labores antiguas, lo que puede justificar esta presencia elevada de arsénico por existir zonas oxidadas.

Por lo tanto, se puede concluir que los suelos donde se ubican las instalaciones no son suelos contaminados en la actualidad y los materiales extraídos podrían ser utilizados para las labores de restauración futuras.

CRS Ingeniería

Julio de 2021



INGENIERÍA Y CONSULTORÍA
EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L.
C/ Raimundo Fdez. Villaverde, 53
28003 Madrid
Tels: 91 535 61 72 / 91 534 91 83
Fax: 91 534 91 83

APÉNDICE II-1
RESULTADO DE LOS ANÁLISIS REALIZADOS (AGQ)

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004298

Nº de Referencia:	S-21/004298-M1	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente (*):	INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L.
Análisis:	00000402-7	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio (*):	C/ Raimundo Fernández Villaverde 53 1º izq.
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	03/02/2021	Contrato:	QMT-MI210200004
Fecha Inicio:	08/02/2021	Fecha Fin:	26/02/2021	Cliente 3º(*):	----
Descripción(*):	PI 1				

Fecha/Hora Muestreo:	03/02/2021	Muestreado por:	Cliente (*)
----------------------	------------	-----------------	-------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Mónica Berrios Caballero

FECHA EMISIÓN: 26/02/2021

OBSERVACIONES (*):

Se modifica el informe para actualizar los LOQ de As, Co, Se y V

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004298

Nº de Referencia:	S-21/004298-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	PI 1	Fecha Fin:	26/02/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Totales				
* Talio Total	< 1,00	mg/kg	-	
Metales Totales				
Antimonio Total	< 1,00	mg/kg	±25%	
Arsénico Total	17,6	mg/kg PS	±25%	
Bario Total	20,0	mg/kg PS	±20%	
Berilio Total	< 12,5	mg/kg	±25%	
Cadmio Total	< 0,1	mg/kg sms	±25%	
Cobalto Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Cobre Total	< 10,0	mg/kg sms	±20%	
* Cromo Hexavalente	< 0,20	mg/kg	-	
Cromo Total	26,9	mg/kg sms	±25%	
Estaño Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Manganeso Total	< 100	mg/kg	±20%	
Mercurio Total	< 0,10	mg/kg sms	±25%	
Molibdeno Total	< 1,00	mg/kg	±25%	
Níquel Total	< 25,0	mg/kg sms	±25%	
Plata Total	< 0,5	mg/kg PS	±25%	
Plomo Total	8	mg/kg sms	±25%	
Selenio Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Vanadio Total	19,2	mg/kg PS	±25%	
Zinc Total	< 20,0	mg/kg sms	±20%	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

(1) Parametro acreditado por ENAC Nº 305

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004298

Nº de Referencia:	S-21/004298-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	PI 1	Fecha Fin:	26/02/2021

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (1)
Metales Totales				
* Talio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Metales Totales				
Antimonio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Arsénico Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Bario Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg PS
Berilio Total	PE-325	Espect ICP-MS		12,5 mg/kg
Cadmio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,1 mg/kg sms
Cobalto Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Cobre Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg sms
* Cromo Hexavalente	PE-383	Espect UV-VIS		0,20 mg/kg
Cromo Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg sms
Estaño Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Manganeso Total	PE-951	Espect ICP-OES		100 mg/kg
Mercurio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,10 mg/kg sms
Molibdeno Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Níquel Total	PE-325	Espect ICP-MS		25,0 mg/kg sms
Plata Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg PS
Plomo Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg sms
Selenio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Vanadio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Zinc Total	PE-951	Espect ICP-OES		20,0 mg/kg sms

Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.

(1) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de radioactividad es el AMD

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004299

Nº de Referencia:	S-21/004299-M1	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente (*):	INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L.
Análisis:	00000402-7	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio (*):	C/ Raimundo Fernández Villaverde 53 1º izq.
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	03/02/2021	Contrato:	QMT-MI210200004
Fecha Inicio:	08/02/2021	Fecha Fin:	26/02/2021	Cliente 3º(*):	----
Descripción(*):	PI 2				

Fecha/Hora Muestreo:	03/02/2021	Muestreado por:	Cliente (*)
----------------------	------------	-----------------	-------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Mónica Berrios Caballero

FECHA EMISIÓN: 26/02/2021

OBSERVACIONES (*):

Se modifica el informe para actualizar los LC de Arsenico Total, Selenio Total, Cobalto Total, Vanadio Total y Talio Total

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004299

Nº de Referencia:	S-21/004299-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	PI 2	Fecha Fin:	26/02/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Totales				
* Talio Total	< 1,00	mg/kg	-	
Metales Totales				
Antimonio Total	< 1,00	mg/kg	±25%	
Arsénico Total	20,9	mg/kg PS	±25%	
Bario Total	47,2	mg/kg PS	±20%	
Berilio Total	< 12,5	mg/kg	±25%	
Cadmio Total	< 0,1	mg/kg sms	±25%	
Cobalto Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Cobre Total	< 10,0	mg/kg sms	±20%	
* Cromo Hexavalente	< 0,20	mg/kg	-	
Cromo Total	27,2	mg/kg sms	±25%	
Estaño Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Manganeso Total	< 100	mg/kg	±20%	
Mercurio Total	< 0,50	mg/kg sms	±25%	
Molibdeno Total	< 1,00	mg/kg	±25%	
Níquel Total	< 25,0	mg/kg sms	±25%	
Plata Total	< 0,5	mg/kg PS	±25%	
Plomo Total	16	mg/kg sms	±25%	
Selenio Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Vanadio Total	25,1	mg/kg PS	±25%	
Zinc Total	< 20,0	mg/kg sms	±20%	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

(1) Parametro acreditado por ENAC Nº 305

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004299

Nº de Referencia:	S-21/004299-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	PI 2	Fecha Fin:	26/02/2021

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (1)
Metales Totales				
* Talio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Metales Totales				
Antimonio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Arsénico Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Bario Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg PS
Berilio Total	PE-325	Espect ICP-MS		12,5 mg/kg
Cadmio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,1 mg/kg sms
Cobalto Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Cobre Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg sms
* Cromo Hexavalente	PE-383	Espect UV-VIS		0,20 mg/kg
Cromo Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg sms
Estaño Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Manganeso Total	PE-951	Espect ICP-OES		100 mg/kg
Mercurio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,50 mg/kg sms
Molibdeno Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Níquel Total	PE-325	Espect ICP-MS		25,0 mg/kg sms
Plata Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg PS
Plomo Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg sms
Selenio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Vanadio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Zinc Total	PE-951	Espect ICP-OES		20,0 mg/kg sms

Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.

(1) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de radioactividad es el AMD

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004300

Nº de Referencia:	S-21/004300-M1	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente (*):	INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L.
Análisis:	00000402-7	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio (*):	C/ Raimundo Fernández Villaverde 53 1º izq.
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	03/02/2021	Contrato:	QMT-MI210200004
Fecha Inicio:	08/02/2021	Fecha Fin:	26/02/2021	Cliente 3º(*):	----
Descripción(*):	PI 3				

Fecha/Hora Muestreo:	03/02/2021	Muestreado por:	Cliente (*)
----------------------	------------	-----------------	-------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Mónica Berrios Caballero

FECHA EMISIÓN: 26/02/2021

OBSERVACIONES (*):

Se modifica el informe para actualizar los LC de Selenio Total, Cobalto Total y Talio Total

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004300

Nº de Referencia:	S-21/004300-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	PI 3	Fecha Fin:	26/02/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Totales				
* Talio Total	< 1,00	mg/kg	-	
Metales Totales				
Antimonio Total	< 1,00	mg/kg	±25%	
Arsénico Total	27,0	mg/kg PS	±25%	
Bario Total	19,6	mg/kg PS	±20%	
Berilio Total	< 5,00	mg/kg	±25%	
Cadmio Total	< 0,1	mg/kg sms	±25%	
Cobalto Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Cobre Total	< 10,0	mg/kg sms	±20%	
* Cromo Hexavalente	< 0,20	mg/kg	-	
Cromo Total	22,3	mg/kg sms	±25%	
Estaño Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Manganeso Total	< 100	mg/kg	±20%	
Mercurio Total	< 0,50	mg/kg sms	±25%	
Molibdeno Total	1,36	mg/kg	±25%	
Níquel Total	< 10,0	mg/kg sms	±25%	
Plata Total	< 0,5	mg/kg PS	±25%	
Plomo Total	13	mg/kg sms	±25%	
Selenio Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Vanadio Total	< 50,0	mg/kg PS	±25%	
Zinc Total	< 20,0	mg/kg sms	±20%	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

(1) Parametro acreditado por ENAC Nº 305

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004300

Nº de Referencia:	S-21/004300-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	PI 3	Fecha Fin:	26/02/2021

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (1)
Metales Totales				
* Talio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Metales Totales				
Antimonio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Arsénico Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Bario Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg PS
Berilio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,00 mg/kg
Cadmio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,1 mg/kg sms
Cobalto Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Cobre Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg sms
* Cromo Hexavalente	PE-383	Espect UV-VIS		0,20 mg/kg
Cromo Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg sms
Estaño Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Manganeso Total	PE-951	Espect ICP-OES		100 mg/kg
Mercurio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,50 mg/kg sms
Molibdeno Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Níquel Total	PE-325	Espect ICP-MS		10,0 mg/kg sms
Plata Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg PS
Plomo Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg sms
Selenio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Vanadio Total	PE-325	Espect ICP-MS		50,0 mg/kg PS
Zinc Total	PE-951	Espect ICP-OES		20,0 mg/kg sms

Los parámetros marcados con asterisco (*) no estan incluidos en el Alcance de Acreditación.

(1) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de radioactividad es el AMD

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004301

Nº de Referencia:	S-21/004301-M1	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente (*):	INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L.
Análisis:	00000402-7	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio (*):	C/ Raimundo Fernández Villaverde 53 1º izq.
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	03/02/2021	Contrato:	QMT-MI210200004
Fecha Inicio:	08/02/2021	Fecha Fin:	26/02/2021	Cliente 3º(*):	----
Descripción(*):	Dp 1				

Fecha/Hora Muestreo:	03/02/2021	Muestreado por:	Cliente (*)
----------------------	------------	-----------------	-------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Mónica Berrios Caballero

FECHA EMISIÓN: 26/02/2021

OBSERVACIONES (*):

Se modifica el informe para actualizar el LC de Selenio Total y Cobalto Total

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004301

Nº de Referencia:	S-21/004301-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Dp 1	Fecha Fin:	26/02/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Totales				
* Talio Total	< 1,00	mg/kg	-	
Metales Totales				
Antimonio Total	< 1,00	mg/kg	±25%	
Arsénico Total	29,9	mg/kg PS	±25%	
Bario Total	57,4	mg/kg PS	±20%	
Berilio Total	< 5,00	mg/kg	±25%	
Cadmio Total	0,6	mg/kg sms	±25%	
Cobalto Total	6,1	mg/kg PS	±25%	
Cobre Total	< 10,0	mg/kg sms	±20%	
* Cromo Hexavalente	< 0,20	mg/kg	-	
Cromo Total	24,0	mg/kg sms	±25%	
Estaño Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Manganeso Total	< 100	mg/kg	±20%	
Mercurio Total	0,10	mg/kg sms	±25%	
Molibdeno Total	3,55	mg/kg	±25%	
Níquel Total	15,0	mg/kg sms	±25%	
Plata Total	< 0,5	mg/kg PS	±25%	
Plomo Total	23	mg/kg sms	±25%	
Selenio Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Vanadio Total	29,8	mg/kg PS	±25%	
Zinc Total	49,9	mg/kg sms	±20%	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

(1) Parametro acreditado por ENAC Nº 305

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004301

Nº de Referencia:	S-21/004301-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Dp 1	Fecha Fin:	26/02/2021

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (1)
Metales Totales				
* Talio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Metales Totales				
Antimonio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Arsénico Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Bario Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg PS
Berilio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,00 mg/kg
Cadmio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,1 mg/kg sms
Cobalto Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Cobre Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg sms
* Cromo Hexavalente	PE-383	Espect UV-VIS		0,20 mg/kg
Cromo Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg sms
Estaño Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Manganeso Total	PE-951	Espect ICP-OES		100 mg/kg
Mercurio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,10 mg/kg sms
Molibdeno Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Níquel Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,0 mg/kg sms
Plata Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg PS
Plomo Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg sms
Selenio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Vanadio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Zinc Total	PE-951	Espect ICP-OES		20,0 mg/kg sms

Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.

(1) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de radioactividad es el AMD

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004302

Nº de Referencia:	S-21/004302-M1	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente (*):	INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L.
Análisis:	00000402-7	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio (*):	C/ Raimundo Fernández Villaverde 53 1º izq.
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	03/02/2021	Contrato:	QMT-MI210200004
Fecha Inicio:	08/02/2021	Fecha Fin:	26/02/2021	Cliente 3º(*):	----
Descripción(*):	Dp 2				

Fecha/Hora Muestreo:	03/02/2021	Muestreado por:	Cliente (*)
----------------------	------------	-----------------	-------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Mónica Berrios Caballero

FECHA EMISIÓN: 26/02/2021

OBSERVACIONES (*):

Se modifica el informe para actualizar el LC de Arsenico Total, Berilio Total, Cobalto Total, Selenio Total, Vanadio Total y Talio Total.

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004302

Nº de Referencia:	S-21/004302-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Dp 2	Fecha Fin:	26/02/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Totales				
* Talio Total	< 1,00	mg/kg	-	
Metales Totales				
Antimonio Total	< 1,00	mg/kg	±25%	
Arsénico Total	16,5	mg/kg PS	±25%	
Bario Total	58,8	mg/kg PS	±20%	
Berilio Total	< 0,50	mg/kg	±25%	
Cadmio Total	0,2	mg/kg sms	±25%	
Cobalto Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Cobre Total	15,8	mg/kg sms	±20%	
* Cromo Hexavalente	< 0,20	mg/kg	-	
Cromo Total	< 50,0	mg/kg sms	±25%	
Estaño Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Manganeso Total	< 100	mg/kg	±20%	
Mercurio Total	< 0,50	mg/kg sms	±25%	
Molibdeno Total	1,46	mg/kg	±25%	
Níquel Total	< 50,0	mg/kg sms	±25%	
Plata Total	< 0,5	mg/kg PS	±25%	
Plomo Total	25	mg/kg sms	±25%	
Selenio Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Vanadio Total	29,5	mg/kg PS	±25%	
Zinc Total	61,4	mg/kg sms	±20%	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

(1) Parametro acreditado por ENAC Nº 305

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004302

Nº de Referencia:	S-21/004302-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Dp 2	Fecha Fin:	26/02/2021

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (1)
Metales Totales				
* Talio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Metales Totales				
Antimonio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Arsénico Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Bario Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg PS
Berilio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,50 mg/kg
Cadmio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,1 mg/kg sms
Cobalto Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Cobre Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg sms
* Cromo Hexavalente	PE-383	Espect UV-VIS		0,20 mg/kg
Cromo Total	PE-325	Espect ICP-MS		50,0 mg/kg sms
Estaño Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Manganeso Total	PE-951	Espect ICP-OES		100 mg/kg
Mercurio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,50 mg/kg sms
Molibdeno Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Níquel Total	PE-325	Espect ICP-MS		50,0 mg/kg sms
Plata Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg PS
Plomo Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg sms
Selenio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Vanadio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Zinc Total	PE-951	Espect ICP-OES		20,0 mg/kg sms

Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.

(1) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de radioactividad es el AMD

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004303

Nº de Referencia:	S-21/004303-M1	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente (*):	INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L.
Análisis:	00000402-7	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio (*):	C/ Raimundo Fernández Villaverde 53 1º izq.
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	03/02/2021	Contrato:	QMT-MI210200004
Fecha Inicio:	08/02/2021	Fecha Fin:	26/02/2021	Cliente 3º(*):	----
Descripción(*):	Dp 3				

Fecha/Hora Muestreo:	03/02/2021	Muestreado por:	Cliente (*)
----------------------	------------	-----------------	-------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Mónica Berrios Caballero

FECHA EMISIÓN: 26/02/2021

OBSERVACIONES (*):

Se modifica el informe para actualizar el LC de Arsenico Total, Cobalto Total, Selenio Total, Vanadio Total y Talio Total.

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004303

Nº de Referencia:	S-21/004303-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Dp 3	Fecha Fin:	26/02/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Totales				
* Talio Total	< 1,00	mg/kg	-	
Metales Totales				
Antimonio Total	< 1,00	mg/kg	±25%	
Arsénico Total	14,5	mg/kg PS	±25%	
Bario Total	50,4	mg/kg PS	±20%	
Berilio Total	< 12,5	mg/kg	±25%	
Cadmio Total	< 0,1	mg/kg sms	±25%	
Cobalto Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Cobre Total	< 10,0	mg/kg sms	±20%	
* Cromo Hexavalente	< 0,20	mg/kg	-	
Cromo Total	30,3	mg/kg sms	±25%	
Estaño Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Manganeso Total	< 100	mg/kg	±20%	
Mercurio Total	< 0,50	mg/kg sms	±25%	
Molibdeno Total	< 1,00	mg/kg	±25%	
Níquel Total	< 25,0	mg/kg sms	±25%	
Plata Total	< 0,5	mg/kg PS	±25%	
Plomo Total	18	mg/kg sms	±25%	
Selenio Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Vanadio Total	30,1	mg/kg PS	±25%	
Zinc Total	< 20,0	mg/kg sms	±20%	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

(1) Parametro acreditado por ENAC Nº 305

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004303

Nº de Referencia:	S-21/004303-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Dp 3	Fecha Fin:	26/02/2021

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (1)
Metales Totales				
* Talio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Metales Totales				
Antimonio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Arsénico Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Bario Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg PS
Berilio Total	PE-325	Espect ICP-MS		12,5 mg/kg
Cadmio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,1 mg/kg sms
Cobalto Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Cobre Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg sms
* Cromo Hexavalente	PE-383	Espect UV-VIS		0,20 mg/kg
Cromo Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg sms
Estaño Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Manganeso Total	PE-951	Espect ICP-OES		100 mg/kg
Mercurio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,50 mg/kg sms
Molibdeno Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Níquel Total	PE-325	Espect ICP-MS		25,0 mg/kg sms
Plata Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg PS
Plomo Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg sms
Selenio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Vanadio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Zinc Total	PE-951	Espect ICP-OES		20,0 mg/kg sms

Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.

(1) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de radioactividad es el AMD

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004304

Nº de Referencia:	S-21/004304-M1	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente (*):	INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L.
Análisis:	00000402-7	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio (*):	C/ Raimundo Fernández Villaverde 53 1º izq.
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	03/02/2021	Contrato:	QMT-MI210200004
Fecha Inicio:	08/02/2021	Fecha Fin:	26/02/2021	Cliente 3º(*):	----
Descripción(*):	Dp 4				

Fecha/Hora Muestreo:	03/02/2021	Muestreado por:	Cliente (*)
----------------------	------------	-----------------	-------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Mónica Berrios Caballero

FECHA EMISIÓN: 26/02/2021

OBSERVACIONES (*):

Se modifica el informe para actualizar los LC de Arsenico Total, Cobalto Total, Selenio Total, Vanadio Total y Talio Total.

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004304

Nº de Referencia:	S-21/004304-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Dp 4	Fecha Fin:	26/02/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Totales				
* Talio Total	< 1,00	mg/kg	-	
Metales Totales				
Antimonio Total	< 1,00	mg/kg	±25%	
Arsénico Total	21,6	mg/kg PS	±25%	
Bario Total	99,5	mg/kg PS	±20%	
Berilio Total	< 12,5	mg/kg	±25%	
Cadmio Total	< 0,1	mg/kg sms	±25%	
Cobalto Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Cobre Total	< 10,0	mg/kg sms	±20%	
* Cromo Hexavalente	< 0,20	mg/kg	-	
Cromo Total	26,4	mg/kg sms	±25%	
Estaño Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Manganeso Total	< 100	mg/kg	±20%	
Mercurio Total	< 0,50	mg/kg sms	±25%	
Molibdeno Total	< 1,00	mg/kg	±25%	
Níquel Total	< 25,0	mg/kg sms	±25%	
Plata Total	< 0,5	mg/kg PS	±25%	
Plomo Total	19	mg/kg sms	±25%	
Selenio Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Vanadio Total	43,0	mg/kg PS	±25%	
Zinc Total	20,8	mg/kg sms	±20%	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

(1) Parametro acreditado por ENAC Nº 305

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004304

Nº de Referencia:	S-21/004304-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Dp 4	Fecha Fin:	26/02/2021

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (1)
Metales Totales				
* Talio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Metales Totales				
Antimonio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Arsénico Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Bario Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg PS
Berilio Total	PE-325	Espect ICP-MS		12,5 mg/kg
Cadmio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,1 mg/kg sms
Cobalto Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Cobre Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg sms
* Cromo Hexavalente	PE-383	Espect UV-VIS		0,20 mg/kg
Cromo Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg sms
Estaño Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Manganeso Total	PE-951	Espect ICP-OES		100 mg/kg
Mercurio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,50 mg/kg sms
Molibdeno Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Níquel Total	PE-325	Espect ICP-MS		25,0 mg/kg sms
Plata Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg PS
Plomo Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg sms
Selenio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Vanadio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Zinc Total	PE-951	Espect ICP-OES		20,0 mg/kg sms

Los parámetros marcados con asterisco (*) no estan incluidos en el Alcance de Acreditación.

(1) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de radioactividad es el AMD

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004305

Nº de Referencia:	S-21/004305-M1	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente (*):	INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L.
Análisis:	00000402-7	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio (*):	C/ Raimundo Fernández Villaverde 53 1º izq.
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	03/02/2021	Contrato:	QMT-MI210200004
Fecha Inicio:	08/02/2021	Fecha Fin:	26/02/2021	Cliente 3º(*):	----
Descripción(*):	Dp 5				

Fecha/Hora Muestreo:	03/02/2021	Muestreado por:	Cliente (*)
----------------------	------------	-----------------	-------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Mónica Berrios Caballero

FECHA EMISIÓN: 26/02/2021

OBSERVACIONES (*):

Se modifica el informe para actualizar el LC de Arsenico Total, Berilio Total, Cobalto Total, Selenio Total, Vanadio Total y Talio Total.

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004305

Nº de Referencia:	S-21/004305-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Dp 5	Fecha Fin:	26/02/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Totales				
* Talio Total	< 1,00	mg/kg	-	
Metales Totales				
Antimonio Total	< 1,00	mg/kg	±25%	
Arsénico Total	19,9	mg/kg PS	±25%	
Bario Total	74,6	mg/kg PS	±20%	
Berilio Total	< 0,50	mg/kg	±25%	
Cadmio Total	0,2	mg/kg sms	±25%	
Cobalto Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Cobre Total	< 10,0	mg/kg sms	±20%	
* Cromo Hexavalente	< 0,20	mg/kg	-	
Cromo Total	< 50,0	mg/kg sms	±25%	
Estaño Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Manganeso Total	< 100	mg/kg	±20%	
Mercurio Total	< 0,50	mg/kg sms	±25%	
Molibdeno Total	< 1,00	mg/kg	±25%	
Níquel Total	< 50,0	mg/kg sms	±25%	
Plata Total	< 0,5	mg/kg PS	±25%	
Plomo Total	19	mg/kg sms	±25%	
Selenio Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Vanadio Total	30,1	mg/kg PS	±25%	
Zinc Total	28,1	mg/kg sms	±20%	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

(1) Parametro acreditado por ENAC Nº 305

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004305

Nº de Referencia:	S-21/004305-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Dp 5	Fecha Fin:	26/02/2021

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (1)
Metales Totales				
* Talio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Metales Totales				
Antimonio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Arsénico Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Bario Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg PS
Berilio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,50 mg/kg
Cadmio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,1 mg/kg sms
Cobalto Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Cobre Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg sms
* Cromo Hexavalente	PE-383	Espect UV-VIS		0,20 mg/kg
Cromo Total	PE-325	Espect ICP-MS		50,0 mg/kg sms
Estaño Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Manganeso Total	PE-951	Espect ICP-OES		100 mg/kg
Mercurio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,50 mg/kg sms
Molibdeno Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Níquel Total	PE-325	Espect ICP-MS		50,0 mg/kg sms
Plata Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg PS
Plomo Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg sms
Selenio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Vanadio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Zinc Total	PE-951	Espect ICP-OES		20,0 mg/kg sms

Los parámetros marcados con asterisco (*) no estan incluidos en el Alcance de Acreditación.

(1) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de radioactividad es el AMD

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004306

Nº de Referencia:	S-21/004306-M1	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente (*):	INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L.
Análisis:	00000402-7	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio (*):	C/ Raimundo Fernández Villaverde 53 1º izq.
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	03/02/2021	Contrato:	QMT-MI210200004
Fecha Inicio:	08/02/2021	Fecha Fin:	26/02/2021	Cliente 3º(*):	----
Descripción(*):	Ex 1				

Fecha/Hora Muestreo:	03/02/2021	Muestreado por:	Cliente (*)
----------------------	------------	-----------------	-------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Mónica Berrios Caballero

FECHA EMISIÓN: 26/02/2021

OBSERVACIONES (*):

Se modifica el informe para actualizar los LC de Berilio Total, Cobalto Total, Selenio Total, Vanadio Total, y Talio Total.

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004306

Nº de Referencia:	S-21/004306-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Ex 1	Fecha Fin:	26/02/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Totales				
* Talio Total	< 1,00	mg/kg	-	
Metales Totales				
Antimonio Total	2,47	mg/kg	±25%	
Arsénico Total	951	mg/kg PS	±25%	
Bario Total	77,9	mg/kg PS	±20%	
Berilio Total	0,65	mg/kg	±25%	
Cadmio Total	0,2	mg/kg sms	±25%	
Cobalto Total	5,6	mg/kg PS	±25%	
Cobre Total	12,3	mg/kg sms	±20%	
* Cromo Hexavalente	< 0,20	mg/kg	-	
Cromo Total	< 50,0	mg/kg sms	±25%	
Estaño Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Manganeso Total	621	mg/kg	±20%	
Mercurio Total	< 1,00	mg/kg sms	±25%	
Molibdeno Total	14,1	mg/kg	±25%	
Níquel Total	< 50,0	mg/kg sms	±25%	
Plata Total	< 0,5	mg/kg PS	±25%	
Plomo Total	64	mg/kg sms	±25%	
Selenio Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Vanadio Total	12,7	mg/kg PS	±25%	
Zinc Total	99,8	mg/kg sms	±20%	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

(1) Parametro acreditado por ENAC Nº 305

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004306

Nº de Referencia:	S-21/004306-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Ex 1	Fecha Fin:	26/02/2021

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (1)
Metales Totales				
* Talio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Metales Totales				
Antimonio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Arsénico Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Bario Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg PS
Berilio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,50 mg/kg
Cadmio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,1 mg/kg sms
Cobalto Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Cobre Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg sms
* Cromo Hexavalente	PE-383	Espect UV-VIS		0,20 mg/kg
Cromo Total	PE-325	Espect ICP-MS		50,0 mg/kg sms
Estaño Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Manganeso Total	PE-951	Espect ICP-OES		100 mg/kg
Mercurio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg sms
Molibdeno Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Níquel Total	PE-325	Espect ICP-MS		50,0 mg/kg sms
Plata Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg PS
Plomo Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg sms
Selenio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Vanadio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Zinc Total	PE-951	Espect ICP-OES		20,0 mg/kg sms

Los parámetros marcados con asterisco (*) no estan incluidos en el Alcance de Acreditación.

(1) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de radioactividad es el AMD

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004307

Nº de Referencia:	S-21/004307-M1	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente (*):	INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L.
Análisis:	00000402-7	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio (*):	C/ Raimundo Fernández Villaverde 53 1º izq.
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	03/02/2021	Contrato:	QMT-MI210200004
Fecha Inicio:	08/02/2021	Fecha Fin:	26/02/2021	Cliente 3º(*):	----
Descripción(*):	Ex 2				

Fecha/Hora Muestreo:	03/02/2021	Muestreado por:	Cliente (*)
----------------------	------------	-----------------	-------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Mónica Berrios Caballero

FECHA EMISIÓN: 26/02/2021

OBSERVACIONES (*):

Se modifica el informe para actualizar los LC de Berilio Total, Cobalto Total, Selenio Total, Vanadio Total y Talio Total

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004307

Nº de Referencia:	S-21/004307-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Ex 2	Fecha Fin:	26/02/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Totales				
* Talio Total	< 1,00	mg/kg	-	
Metales Totales				
Antimonio Total	< 1,00	mg/kg	±25%	
Arsénico Total	90,7	mg/kg PS	±25%	
Bario Total	22,3	mg/kg PS	±20%	
Berilio Total	< 0,50	mg/kg	±25%	
Cadmio Total	0,2	mg/kg sms	±25%	
Cobalto Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Cobre Total	< 10,0	mg/kg sms	±20%	
* Cromo Hexavalente	< 0,20	mg/kg	-	
Cromo Total	< 50,0	mg/kg sms	±25%	
Estaño Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Manganeso Total	< 100	mg/kg	±20%	
Mercurio Total	< 0,50	mg/kg sms	±25%	
Molibdeno Total	2,92	mg/kg	±25%	
Níquel Total	< 50,0	mg/kg sms	±25%	
Plata Total	< 0,5	mg/kg PS	±25%	
Plomo Total	15	mg/kg sms	±25%	
Selenio Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Vanadio Total	23,2	mg/kg PS	±25%	
Zinc Total	24,7	mg/kg sms	±20%	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

(1) Parametro acreditado por ENAC Nº 305

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004307

Nº de Referencia:	S-21/004307-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Ex 2	Fecha Fin:	26/02/2021

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (1)
Metales Totales				
* Talio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Metales Totales				
Antimonio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Arsénico Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Bario Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg PS
Berilio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,50 mg/kg
Cadmio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,1 mg/kg sms
Cobalto Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Cobre Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg sms
* Cromo Hexavalente	PE-383	Espect UV-VIS		0,20 mg/kg
Cromo Total	PE-325	Espect ICP-MS		50,0 mg/kg sms
Estaño Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Manganeso Total	PE-951	Espect ICP-OES		100 mg/kg
Mercurio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,50 mg/kg sms
Molibdeno Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Níquel Total	PE-325	Espect ICP-MS		50,0 mg/kg sms
Plata Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg PS
Plomo Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg sms
Selenio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Vanadio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Zinc Total	PE-951	Espect ICP-OES		20,0 mg/kg sms

Los parámetros marcados con asterisco (*) no estan incluidos en el Alcance de Acreditación.

(1) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de radioactividad es el AMD

ANEXO IIIA
ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA
MINERALIZACIÓN DE SALAVE Y ÁREAS ADYACENTES



UNIVERSIDAD
DE OVIEDO

ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE LA MINERALIZACIÓN DE SALAVE Y ÁREAS ADYACENTES

Departamento de
Explotación y
prospección de minas



Julio, 2021

Índice

1. ANTECEDENTES	1
2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO	4
3. CLIMATOLOGÍA	7
4. GEOLOGÍA	11
4.1. CONTEXTO GEOLÓGICO	11
4.2. LITOESTRATIGRAFÍA	12
4.2.1. <i>Serie Los Cabos</i>	14
4.2.2. <i>Formaciones superficiales: depósitos de rasa y aluviales</i>	16
4.3. ROCAS ÍGNEAS.....	16
4.4. FRACTURACIÓN.....	20
4.4.1. <i>Observaciones realizadas en la sección de la playa del Figo</i>	22
5. HIDROLOGÍA	27
5.1. RED DE CAUCES DE AGUA SUPERFICIAL	27
5.2. RIESGO DE INUNDACIÓN	31
5.2.1. <i>Cálculo de máximas avenidas</i>	32
5.3. AFOROS DE CAUCES SUPERFICIALES	39
5.4. LAGUNAS DE SILVA	47
6. HIDROGEOLOGÍA	51
6.1. FUENTES 51	
6.2. POZOS Y SONDEOS.....	55
6.3. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS HIDROGEOLÓGICOS	56
6.3.1. <i>Complejo ígneo mineralizado</i>	56
6.3.2. <i>Metasedimentos paleozoicos (Serie Los Cabos)</i>	61
6.3.3. <i>Formaciones superficiales</i>	62
7. DRENAJE DE LA EXPLOTACIÓN MINERA	69
8. HIDROQUÍMICA	75
9. GESTIÓN DE AGUAS	81
9.1. CALIDAD ESPERABLE DE LAS AGUAS	83
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	87
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
APÉNDICE I: DIAGRAMAS ESTEREOGRÁFICOS DE LA FRACTURACIÓN EN LAS SERIES PIZARROSAS Y EN LAS ROCAS ÍGNEAS DE LA PLAYA DE EL FIGO 92	
APÉNDICE II: ENSAYOS DE BOMBEO	95
APÉNDICE III: RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICOS DE AGUAS.....	110

Índice de Tablas

Tabla 1. Actividad exploratoria previa sobre la mineralización de Salave (CSA Global, 2018)	1
Tabla 2. Concesiones de explotación del grupo minero de Salave	6
Tabla 3. Valores climatológicos para un año hidrológico medio en la zona de estudio.....	9
Tabla 4: Datos analíticos de elementos mayoritarios (óxidos) de la granodiorita inalterada (valores en %; ND: no disponible).....	17
Tabla 5. Medidas de la fracturación realizadas en la playa del Figo	23
Tabla 6. Precipitaciones máximas diarias en la estación de Ribadeo-Vilaframil	33
Tabla 7. Cálculo de la precipitación diaria P_d correspondiente a cada periodo de retorno	34
Tabla 8. Valores del coeficiente de escorrentía.....	36
Tabla 9. Cálculo de caudal punta a la salida de la cuenca del reguero Gamazá para varios periodos de retorno, según el método racional	37
Tabla 10. Cálculo de caudal punta a la salida de la subcuenca de la zona de actuación para varios periodos de retorno, según el método racional.....	37
Tabla 12. Puntos de aforo y valores de caudal (en l/s) estimados	39
Tabla 13. Parámetros medidos in situ en las aguas superficiales (situación en figura 26).....	42
Tabla 14. Caudal medido en el drenaje de la Playa de El Figo	49
Tabla 15. Parámetros medidos in situ en las Lagunas de Silva	49
Tabla 16. Caudal y parámetros medidos in situ en las fuentes próximas a la zona de estudio	53
Tabla 17. Profundidad del nivel de agua (respecto al brocal) y parámetros medidos in situ en el agua del sondeo L0201	55
Tabla 18. Resumen de los parámetros hidrogeológicos obtenidos durante la interpretación de los ensayos de bombeo en la granodiorita	59
Tabla 19. Calificación hidrogeológica en función de la permeabilidad y la transmisividad.....	60
Tabla 20. Resumen de los parámetros hidrogeológicos obtenidos durante la interpretación de los ensayos de bombeo en la Serie Los Cabos.....	61
Tabla 21. Cálculo de caudal de infiltración a la galería de acceso mediante la aplicación de diversos métodos analíticos.....	71
Tabla 22. Comparación de los resultados analíticos de aguas muestradas en 2013, 2020 y 2021	76

Índice de Figuras

Figura 1. Situación de los sondeos realizados por diferentes compañías en la mineralización de Salave	2
Figura 2. Situación regional de la zona de estudio.....	4
Figura 3. Localización del PI "Sallave", que rodea por completo al grupo minero de Salave, donde se encuentran las concesiones de explotación.....	5
Figura 4. Zona de estudio (recuadro)	6
Figura 5. Ubicación de las estaciones de la AEMET más próximas a la zona de estudio	7
Figura 6. Hietograma anual para el periodo 1994-2020 en la estación de Ribadeo-Vilaframil.....	8
Figura 7. Curva de desviación acumulada de la precipitación anual respecto a la media	8
Figura 8. Diagrama ombrotérmico correspondiente a la estación de Ribadeo Vilaframil (1994-2020)	9
Figura 9. Rosa de los vientos según el registro de la estación Ribadeo-Vilaframil (2009-2019).....	10
Figura 10. Esquema tectónico del sector de la ría del Eo-Salave (IGME, 1976)	11
Figura 11. Cartografía geológica de la zona de estudio, obviando el recubrimiento de formaciones superficiales (Rguez.-Terente, 2007).....	13
Figura 12. Aspecto en lámina delgada de las pizarras de la serie Los Cabos. Las figuras superiores están tomadas, sobre el mismo campo, con luz polarizada plana (izda.) y luz polarizada cruzada (dcha.) y su encuadre horizontal son 2,6 mm. La imagen inferior ilustra que las fracturas se encuentran total o parcialmente selladas (encuadre horizontal: 1,3 mm).....	15
Figura 13. Huecos existentes en las pizarras de la serie Los Cabos (señalados en amarillo, inconexos, de unas 200 μm de eje mayor). Encuadre horizontal: 1,3 mm; luz polarizada plana.....	15
Figura 14. Fila superior: detalle de la cloritización de la biotita; Fila intermedia: sericitización intensa de cristales idiomorfos de plagioclasa; Fila inferior: aspecto del carbonato intersticial. Las imágenes de la izda. están tomadas con luz polarizada plana y las de la dcha., con luz polarizada cruzada sobre el mismo campo (encuadre horizontal: 2,6 mm para las primeras dos filas y 1,3 mm para la tercera)	18

Figura 15. Fila superior: cristales de moscovita (¿secundaria?), vistos con luz polarizada plana (izda.) y luz polarizada cruzada (dcha.); Fila inferior: dispersión de opacos: sulfuros (imagen izda.) y cristales de apatito (centro de la imagen dcha.) (encuadre horizontal: 650 µm para la última imagen y 1,3 mm para el resto)	19
Figura 16. Mapa simplificado y corte geológico idealizado desde la ría del Eo a la localidad de Salave (según Bastida y Pulgar, 1978).....	21
Figura 17. Modelo idealizado de la zona de cizalla sobre la que aparece la masa mineral de Salave (Gumiel et al., 2008).....	21
Figura 18. Representación en la proyección estereográfica de las medidas de fracturación señaladas en la tabla anterior	24
Figura 19. Diferentes aspectos de la serie de la playa del Figo. A) Familias de fracturas 1 y 2 (en azul y rojo, respectivamente). B) Sistema de fracturas conjugadas; C) Planos de fractura bien definidos; D) Pliegue en la terminación occidental de la playa, que marca el tránsito del predominio cuarcítico al predominio pizarroso	26
Figura 20. Zonificación (sistemas de explotación) de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental en Asturias (CHC, 2016)	27
Figura 21. Sistema de explotación Porcía y detalle de la zona de estudio (CHC, 2016)	28
Figura 22. Cauces próximos a la zona de estudio (río Anguileiro y tributarios)	29
Figura 23. Cuenca del río Anguileiro (arriba); subcuencas del reguero Gamazá, el arroyo Gamazá y el río Muria (abajo) (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2020).....	30
Figura 24. Cartografía de zonas inundables (ZI) en la cuenca del río Anguileiro (contorno azul). En color rojo: ZI con alta probabilidad (T=10 años); en color rosa: ZI de inundación frecuente (T=50 años); en color naranja: ZI con probabilidad media u ocasional (T=100 años) y en color amarillo: ZI con probabilidad baja o excepcional (T=500 años) (SNCZI, 2020).....	31
Figura 25. Propuesta de canales perimetrales a la zona de actuación	38
Figura 26. Situación de los puntos de aforo y muestreo de aguas superficiales.....	40
Figura 27. Puntos de aforo y muestreo en 2020: Punto 1 (arroyo Orjales); Punto 2 (Arroyo Gamazá); Punto 3 (reguero Gamazá en verano (izda.) e invierno (dcha.))	43
Figura 28. Puntos de aforo y muestreo en verano (izda.) e invierno (dcha.) de 2020: Punto 4 (afluente W del río Muria); punto 5 (río Muria en su tramo final); punto 6 (río Anguileiro en su desembocadura)	44
Figura 29. Puntos de aforo y muestreo en verano de 2020: Punto 10 (río Anguileiro junto a la fuente de la Virgen); Punto 12 (río Muria, antes de recibir su afluente E); Punto 13 (afluente E del río Muria)	45
Figura 30. Puntos de aforo y muestreo en invierno de 2020: Punto 14 (Regato afluente N del Reguero Gamazá); Punto 15 (regato de San Antonio en verano (izda.), en invierno (centro) y desembocadura en la playa de Tapia (dcha.)).....	46
Figura 31. Lagunas de Silva: imagen de 1910 y estado actual (2021)	47
Figura 32. Situación de las lagunas de Silva (contorno azul) y puntos de muestreo.....	48
Figura 33. Galería de Mo y drenaje que procedente de ésta entra a la Laguna Seca.....	48
Figura 34. De izquierda a derecha y de arriba abajo (ver situación en Figura 32): Galería 1; Punto 7; Punto A; Punto B; Punto C; Punto D y Punto 9 (drenaje por la galería romana hacia la playa de El Figo en marzo, junio y diciembre de 2020).....	50
Figura 35. Masas de agua de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental (CHC, 2015)	51
Figura 36. Situación de las fuentes próximas a la zona de estudio	52
Figura 37. Fuentes próximas a la zona de estudio: Fuente de San Antonio (en verano (izda.) e invierno (dcha.)) y Fuente del Reguero (oculta).....	53
Figura 38. Fuentes próximas a la zona de estudio: Fuente de la Virgen de la Encontreira, Fuente Calabaza (en verano (izda.) e invierno (dcha.)) y Fuente Nueva (exterior e interior)	54
Figura 39. Situación de los pozos accesibles en el entorno de la zona de explotación	55
Figura 40. Sondeo L0201.....	56
Figura 41. Testigo de granodiorita enviado a Holanda para determinación de permeabilidad	56
Figura 42. Ejemplo de interpretación de un ensayo de bombeo en el sondeo HIDRO2, para obtener la transmisividad de la granodiorita por los métodos de Theis y Jacob	58
Figura 43. Aspecto de la rasa continental en la zona donde fue muestreada	62
Figura 44. Curva granulométrica de una muestra de la rasa, sobre las curvas de Breddin	64
Figura 45. Instalación del permeámetro en una zona de recubrimiento de rasa.....	65
Figura 46. Zona donde fue muestreado el material aluvial del río Anguileiro	66
Figura 47. Curva granulométrica de una muestra de material aluvial, sobre las curvas de Breddin	67

Figura 48. Medida de permeabilidad in situ en dos zonas próximas de depósitos aluviales; izda.: depósitos arenosos actuales del río Anguleiro; dcha.: material aluvial con vegetación a unos 25 m del punto anterior (éste se ve al fondo).....	68
Figura 49. Mapa geológico (mod. Rguez.-Terente, 2007) indicando la galería de acceso y los pozos propuestos para drenaje; Corte geológico simplificado en la dirección de la galería –en proyección- (nótese que la escala vertical está exagerada: $E_V = 2 \cdot E_H$).....	70
Figura 50. Estimación conservadora del caudal entrante a la galería (no revestida) según su avance.....	71
Figura 51. Recuperación total (a) y parcial (b) del nivel piezométrico en un acuífero ilimitado (a) y uno limitado, asimilable a un embalse minero (b) (mod. Álvarez et al., 2016).....	74
Figura 52. Muestreo y filtrado de agua del sondeo L0201 para análisis químico.....	75
Figura 53. Diagrama de Piper de las muestras analizadas en 2020.....	78
Figura 54. Diagramas de Stiff de las muestras analizadas en 2020 (izda.) y 2021 (dcha.).....	79
Figura 55. Gestión del agua durante la fase activa de la explotación.....	81
Figura 56. Estimación de valores medios de precipitación, evaporación (datos de la estación de Ribadeo) y caudal de agua disponible en el depósito para su recirculación, a lo largo del año.....	82

1. ANTECEDENTES

La mineralización de Salave cuenta con una dilatada historia de campañas de prospección minera durante los últimos 50 años: esto se traduce en que existe una gran cantidad de documentación disponible, sobre todo de los aspectos geológicos y mineros, cuyo estudio en detalle resulta complejo y exigente. Como referencia se recogen, en la Tabla 1 y por orden cronológico, las distintas compañías que han acometido acciones prospectivas y los datos totales de los sondeos realizados en cada caso.

Tabla 1. Actividad exploratoria previa sobre la mineralización de Salave (CSA Global, 2018)

Periodo	Compañía	Sondeos con testigo		Sondeos a percusión/RC		Sondeos totales	
		Número	Metros	Número	Metros	Número	Metros
1970-1971	Northgate	34	7.026			34	7.026
1971-1972	Rio Tinto	10	2.014			10	2.014
1976	Gold Fields	8	1.855			8	1.855
1981-1988	Anglo	99	15.412	26	116	125	15.528
1981-1989	Anglo	22	1.081			22	1.081
1988	Oromet	20	503			20	503
1990-1991	Newmont	32	5.874	2	202,5	34	6.076
1996-1997	Lyndex	23	9.078	109	5333	132	14.411
2004-2005	Río narcea	77	17.332	2	140	79	17.472
2011-2013	Astur	10	589			10	589
2013	Astur	10	3.031			10	3.031
2018	EMC	6	2.217			6	2.217
TOTAL		351	66.011	139	5792	490	71.803

Tal y como se puede observar en la figura siguiente, las perforaciones se concentran de forma mayoritaria en el sector de las lagunas de Silva y en las zonas inmediatamente al NW de las mismas, lo que se corresponde aproximadamente con la zona que sufre alteración hidrotermal (ver capítulo 4 de esta memoria). La mayoría de los sondeos realizados fuera de este ámbito son de poca profundidad, fundamentalmente de carácter geotécnico y realizados por AsturGold entre los años 2011 y 2013.

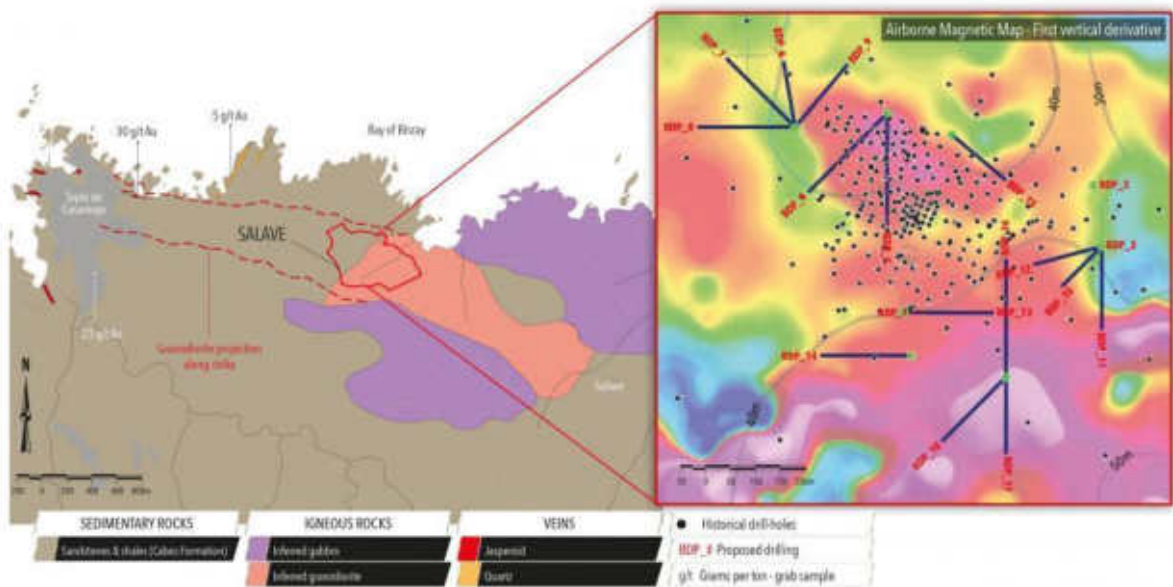


Figura 1. Situación de los sondeos realizados por diferentes compañías en la mineralización de Salave

Exploraciones Mineras del Cantábrico tiene otorgadas 5 concesiones de explotación y 1 permiso de investigación, dentro de los cuales propone la explotación de la mineralización compleja de Salave mediante el método subterráneo de cámaras por subniveles adaptado progresivamente a la evolución y conocimiento del yacimiento. Se respetará un macizo de protección o pilar corona de unos 40 m respecto a la superficie del terreno. El acceso a la zona de explotación se plantea mediante una galería subterránea de casi 800 m de longitud y una

pendiente aproximada del 10% que, entrando desde el sur llevaría una dirección aproximada N13E hasta alcanzar la parte superior de la mineralización. Se construiría un emisario submarino para el vertido de las aguas no utilizadas en el proceso minero o de beneficio, sin vertido a cauces terrestres y promoviendo su protección. El proceso de flotación propuesto para la separación de los sulfuros mineralizados y del estéril generará un concentrado de sulfuros vendible y unas colas de flotación, no inertes y no peligrosas, que se devolverán a los huecos de la explotación. Los excedentes de esta operación de relleno y cualquier otro estéril procedente de la explotación subterránea, serán depositados en un depósito excavado a tal efecto. Para eliminar cualquier potencial riesgo, éste se construirá completamente aislado del entorno y encapsulado, además de reforzar la inertización, compactación e impermeabilización mediante la adición de productos adecuados a tal propósito como cemento y cal viva.

Todas las aguas limpias o depuradas implicadas en la gestión del proyecto como el agua procedente de la depresión del nivel piezométrico, agua de escorrentía y agua depurada procedente de la explotación minera serán gestionadas a través del emisario al mar. El agua implicada fundamentalmente en el proceso de flotación o cualquier otro específico, con mayor concentración de elementos disueltos procedentes del mineral tratado, así como reactivos biodegradables, se gestionará en un circuito cerrado entre la planta y el depósito de estériles, de modo que únicamente será necesario introducir en el circuito agua que compense las pérdidas en el circuito cerrado, fundamentalmente por evaporación y venta del concentrado, si fuera necesario.

En este documento se realiza un breve estudio del medio físico (climatología, geología, hidrología, hidrogeología, hidroquímica) de la zona de estudio. También se determinan los parámetros hidrogeológicos de los materiales geológicos implicados, y se define el comportamiento hidrogeológico de los mismos, lo que resultará fundamental para la gestión de aguas durante la explotación minera.

2. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

Este estudio se centra en el entorno de la mineralización aurífera de Salave, dentro del concejo de Tapia de Casariego, sobre la terminación occidental de la costa asturiana. La masa mineral de Salave está localizada en la zona más septentrional del denominado “Cinturón aurífero de Ibias-Los Oscos” (Spiering *et al.*, 2000, entre otros).



Figura 2. Situación regional de la zona de estudio

Las coordenadas UTM del punto central de la antigua explotación romana son, aproximadamente, X=667242 e Y=4825155 (datum ETRS89, Huso 29). Estas labores antiguas (se observa bien su morfología en la figura siguiente) constituyen, de forma aproximada, la proyección en superficie de la zona que se pretende beneficiar de forma subterránea.

La empresa Exploraciones Mineras del Cantábrico (EMC SL) tiene otorgado en la actualidad un permiso de investigación para oro, denominado “Sallave” (número de registro 30812, 100 cuadrículas mineras, ver parte inferior de la Figura 3) que rodea varias concesiones de explotación que la misma empresa tiene otorgadas en el sector costero y que se podrían denominar “Grupo minero de Salave”. Las características de estas concesiones se sintetizan en la Tabla 2.

Tabla 2. Concesiones de explotación del grupo minero de Salave

Concesiones de explotación	Nº de registro	Área (Ha)	Fecha de concesión	Fecha de vigencia
Dos amigos	24371	41,99	10-9-1941	10-10-2045
Salave	25380	67,98	10-4-1945	10-10-2045
Figueras	29500	212,02	25-1-1977	25-1-2037
Demasía a Figueras		92,55		
Ampliación de Figueras	29969	10,99	9-11-1988	9-11-2048
Demasía		68,85		
2ª ampliación de Figueras	29820	100,04	16-9-1981	16-9-2041
Demasía		67,55		
Total		661,97		

Teniendo en cuenta el diseño del proyecto minero (acceso mediante galería subterránea a la mineralización, con instalaciones de acopio y tratamiento de mineral al sur de la masa mineral, distantes de la misma unos 0,9 km en proyección), resulta necesario considerar, a efectos de gestión del agua, un área que englobe tanto a la zona a explotar como a las instalaciones mineras. A tal efecto, el ámbito geográfico que en este trabajo se propone, se centra en la cuenca hidrográfica del río Anguleiro, junto con el área comprendida entre dicha cuenca y el mar Cantábrico.



Figura 4. Zona de estudio (recuadro)

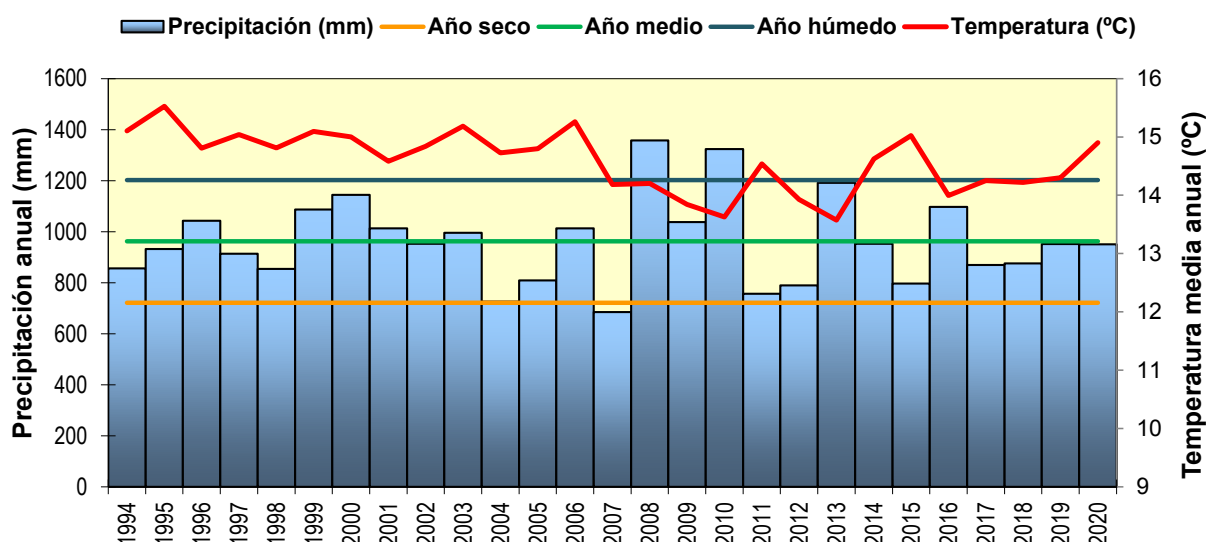


Figura 6. Hietograma anual para el periodo 1994-2020 en la estación de Ribadeo-Vilaframil

En lo que se refiere a la precipitación, se aprecia una importante variabilidad en el periodo considerado, en el cual ha habido 3 años secos (2004, 2007 y 2011) y 3 húmedos (2008, 2010 y 2013). Para determinar tipos de secuencias (secas/húmedas) dentro de una serie pluviométrica, es preciso obtener la curva de desviaciones acumuladas con respecto a la media y de acuerdo con ésta se distinguen básicamente 2 secuencias húmedas y 2 secas en los últimos 27 años (Figura 7).

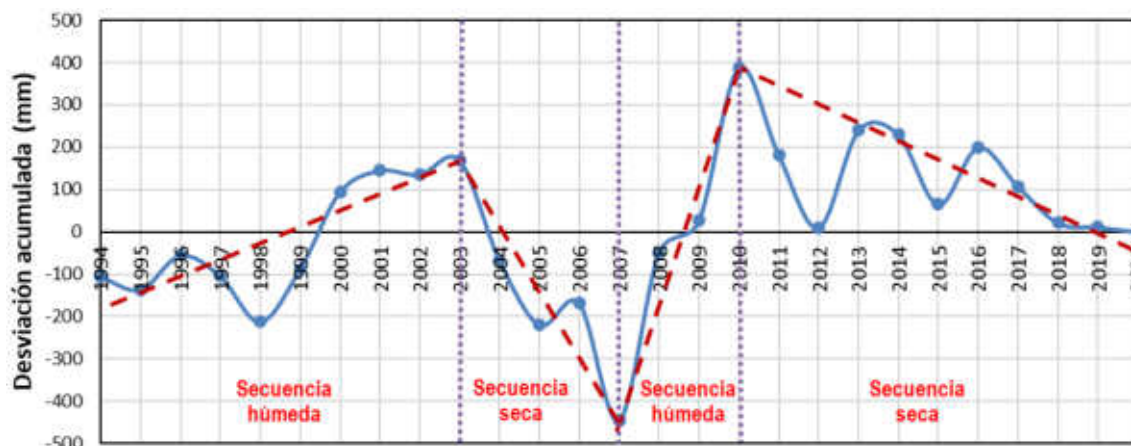


Figura 7. Curva de desviación acumulada de la precipitación anual respecto a la media

Los valores medios mensuales y anuales para un año hidrológico medio, obtenidos para el periodo de funcionamiento de la Estación Ribadeo-Vilaframil, se recogen en la Tabla 3. Las medias mensuales de precipitación y temperatura se han representado en un climograma o diagrama ombrotérmico (Figura 8). En este tipo de diagrama, si la escala de precipitación duplica la de temperatura, se puede comprobar si existe un periodo de aridez cuando la curva de temperatura está por encima de las barras de precipitación, pero en este caso se observa que prácticamente ésta no existe ni en la temporada más seca (junio a septiembre).

En lo que se refiere a la temperatura, la media mensual oscila entre 10 y 20°C, siendo febrero el mes más frío y agosto el más cálido. Esta variable rara vez baja a menos de 3 °C o sube a más de 26 °C en la zona de estudio. En la Figura 6 no se aprecia un incremento de la temperatura en los últimos años a consecuencia del cambio climático.

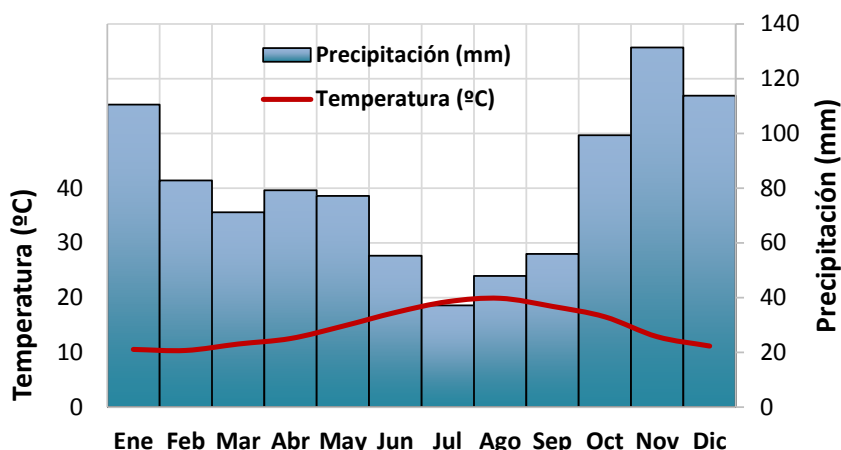


Figura 8. Diagrama ombrotérmico correspondiente a la estación de Ribadeo Vilaframil (1994-2020)

Tabla 3. Valores climatológicos para un año hidrológico medio en la zona de estudio

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	AÑO
Precipitación (mm)	99,4	131,5	113,8	110,6	82,8	71,2	79,2	77,2	55,3	37,2	48,0	56,0	962
Temperatura media (°C)	16,5	12,9	11,1	10,5	10,3	11,5	12,5	14,8	17,3	19,3	19,9	18,4	14,6
Evapotranspiración Potencial (mm)	64,2	38,0	29,3	27,8	27,6	40,3	49,7	72,0	91,8	109,7	106,5	82,8	740
Evapotranspiración Real (mm)	64,2	38,0	29,3	27,8	27,6	40,3	49,7	72,0	91,8	100,7	48,0	56,0	645
Reserva (mm)	0	35,2	100	100	100	100	100	100	100	63,5	0	0	
Déficit (mm)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,0	58,6	26,8	94
Superávit (mm)	0	28,6	84,5	82,8	55,2	30,9	29,5	5,2	0	0	0	0	317
										Precipitación útil (mm)			317
										Precipitación año seco (mm)			722
										Precipitación año húmedo (mm)			1203

Como se recoge en la tabla anterior, se han calculado también los valores medios mensuales de evapotranspiración potencial y real, según el método de Thorntwaite, que se considera adecuado para la zona de estudio (la aplicación del método de Turc conduce a un valor semejante). Se obtiene con el método de Thorntwaite un valor de 645 mm/año de evapotranspiración real (Tabla 3), lo que representa un 67% de la precipitación anual (960 mm/año). Por tanto, la lluvia útil (diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración real) es de 317 mm/año, la cual se repartirá entre escorrentía superficial e infiltración.

Por otra parte, el balance hecho mes a mes, permite estimar que la reserva del suelo (se ha tomado un valor de 100 mm de reserva útil) está llena 7 meses al año, de diciembre a junio. Existe déficit en los meses de julio, agosto y septiembre (únicos meses en los que la evapotranspiración real es inferior a la potencial) y superávit (exceso que generará escorrentía) en el periodo que va de noviembre a mayo. Asimismo, se recogen también los valores de la precipitación de un año seco y un año húmedo. Todos estos valores se consideran extrapolables a la zona de estudio.

En lo que se refiere al régimen de vientos, éste se caracteriza en el litoral asturiano por su estacionalidad: durante la estación fría, los vientos son preferentemente del S-SO (templados a cálidos) y en el verano dominan los vientos del NE (templados a fríos), lo que ayuda a moderar el régimen térmico. Los vientos del SE se presentan con poca frecuencia.

En este caso se han considerado los datos disponibles de dirección y velocidad del viento registrados en la estación de Ribadeo-Vilaframil (AEMET) en el periodo 2009-2019. Los resultados se resumen en la rosa de los vientos que se muestra en la siguiente figura. Para el periodo considerado en conjunto se puede observar una mayor frecuencia de la componente S, seguida de la componente E, y entre un 10-15% de frecuencia se sitúan las componentes NE, SO y O.

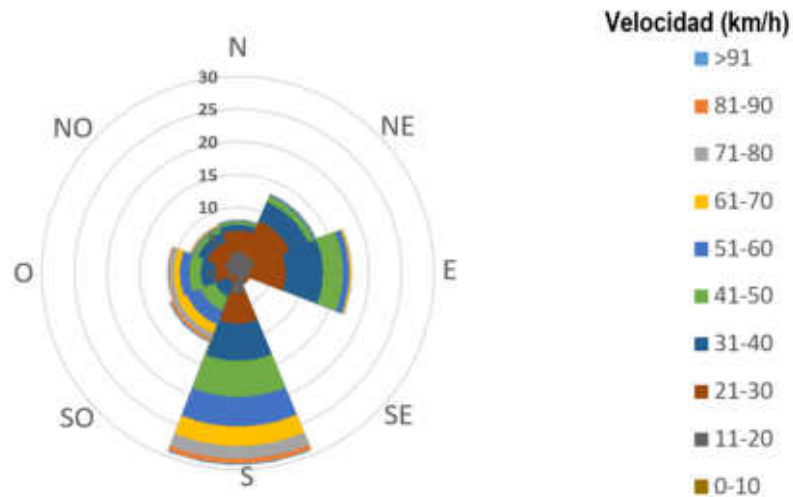


Figura 9. Rosa de los vientos según el registro de la estación Ribadeo-Vilaframil (2009-2019)

4. GEOLOGÍA

Metodológicamente, el estudio geológico se lleva a cabo mediante análisis de cartografía existente, observaciones propias de campo y estudio de muestras seleccionadas en el laboratorio mediante técnicas convencionales (microscopía óptica y difracción de rayos X).

4.1. Contexto geológico

La zona de interés se sitúa, como ya se ha visto en el capítulo 3 de este trabajo, muy próxima al mar Cantábrico, unos 2,5 km al este de la localidad de Tapia de Casariego. Geológicamente constituye un punto singular, ya que coincide con el lugar donde una gran estructura (una falla inversa conocida como “cabalgamiento basal del manto de Mondoñedo”) entra al continente, separando dos zonas de características estructurales diferentes: el dominio del Navia-Alto Sil (al este) y el dominio del manto de Mondoñedo (al oeste). Estos dos dominios forman el sector norte de la denominada “Zona Asturoccidental-Leonesa”, ZAOL) que es una de las grandes unidades en las que clásicamente se ha dividido el macizo ibérico.

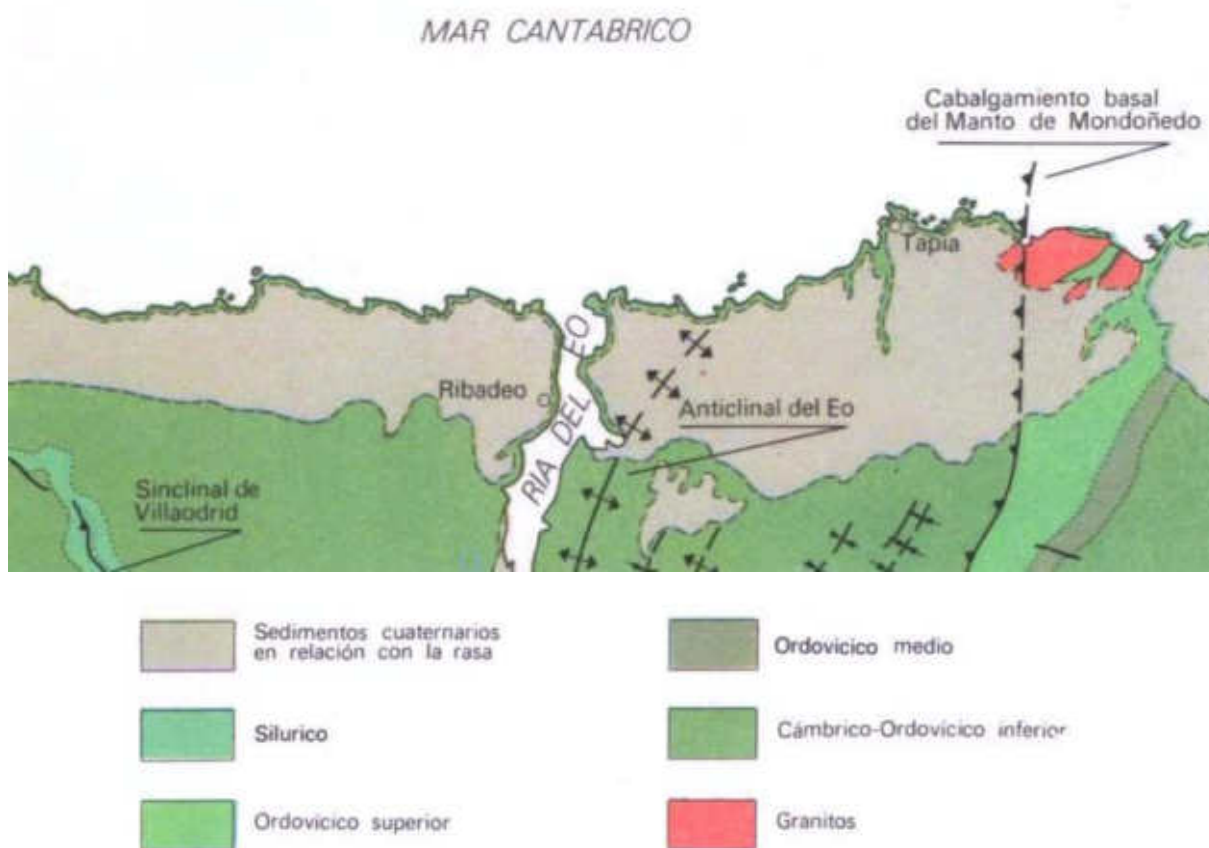


Figura 10. Esquema tectónico del sector de la ría del Eo-Salave (IGME, 1976)

La ZAOL hace de tránsito entre la parte externa del orógeno hercínico (Zona Cantábrica, al este) y la parte más interna (Zona Centro Ibérica, al oeste), haciéndose evidente un aumento en la intensidad del metamorfismo desde el este al oeste. Así, en el área de estudio nos encontramos con rocas afectadas por un metamorfismo regional de grado medio o medio-bajo (“metasedimentarias”) al que se superpone un metamorfismo de contacto de mayor grado en las inmediaciones del conjunto intrusivo de Porcía-Salave-Represas.

El interés económico que presenta la mineralización aurífera asociada al cuerpo granodiorítico de Salave justifica que éste haya sido objeto de variados trabajos de índole petrológica/geoquímica y metalogénica que han sido publicados (Rodríguez-Terente *et al.*, 2018; Martín-Izard y Rodríguez-Terente, 2009; Gumiel *et al.*, 2008; Fernández-Catuxo, 1998; Rodríguez-Terente *et al.*, 1998; Harris, 1980a y 1980b; Suárez y Suárez, 1970) y se encuentran disponibles para consulta. Esta mineralización aparece en el sector más occidental del intrusivo de Salave, que se sitúa sobre el dominio del manto de Mondoñedo. Las instalaciones del proyecto minero están proyectadas también sobre el dominio del manto de Mondoñedo, por lo que, en lo que sigue, únicamente se hará referencia a este ámbito.

4.2. Litoestratigrafía

En este apartado se presenta una descripción de las rocas presentes en la zona de estudio, con especial énfasis en sus características mineralógicas-geoquímicas y texturales, dado que serán éstas las que definan en mayor medida el comportamiento del macizo rocoso en su interacción con el agua subterránea. Este apartado se ha elaborado a partir de una síntesis de la extensa bibliografía existente (especialmente la tesis doctoral de Rodríguez-Terente (2007) y el trabajo Rodríguez-Terente *et al.* (2018), como obras más destacadas y recientes) y de observaciones realizadas en campo y sobre muestras recientes de sondeos de prospección y otras que se conservan en la litoteca del laboratorio de Investigación de yacimientos de la Escuela de Ingeniería de Minas, Energía y Materiales de la Universidad de Oviedo. La cartografía geológica existente de mayor detalle es la propuesta por Rodríguez-Terente *et al.* (2018) y es la que se tomará como referencia en este trabajo, aunque tiene la particularidad de no representar las formaciones superficiales, las cuales serán estudiadas más adelante. Se muestra en la siguiente figura.

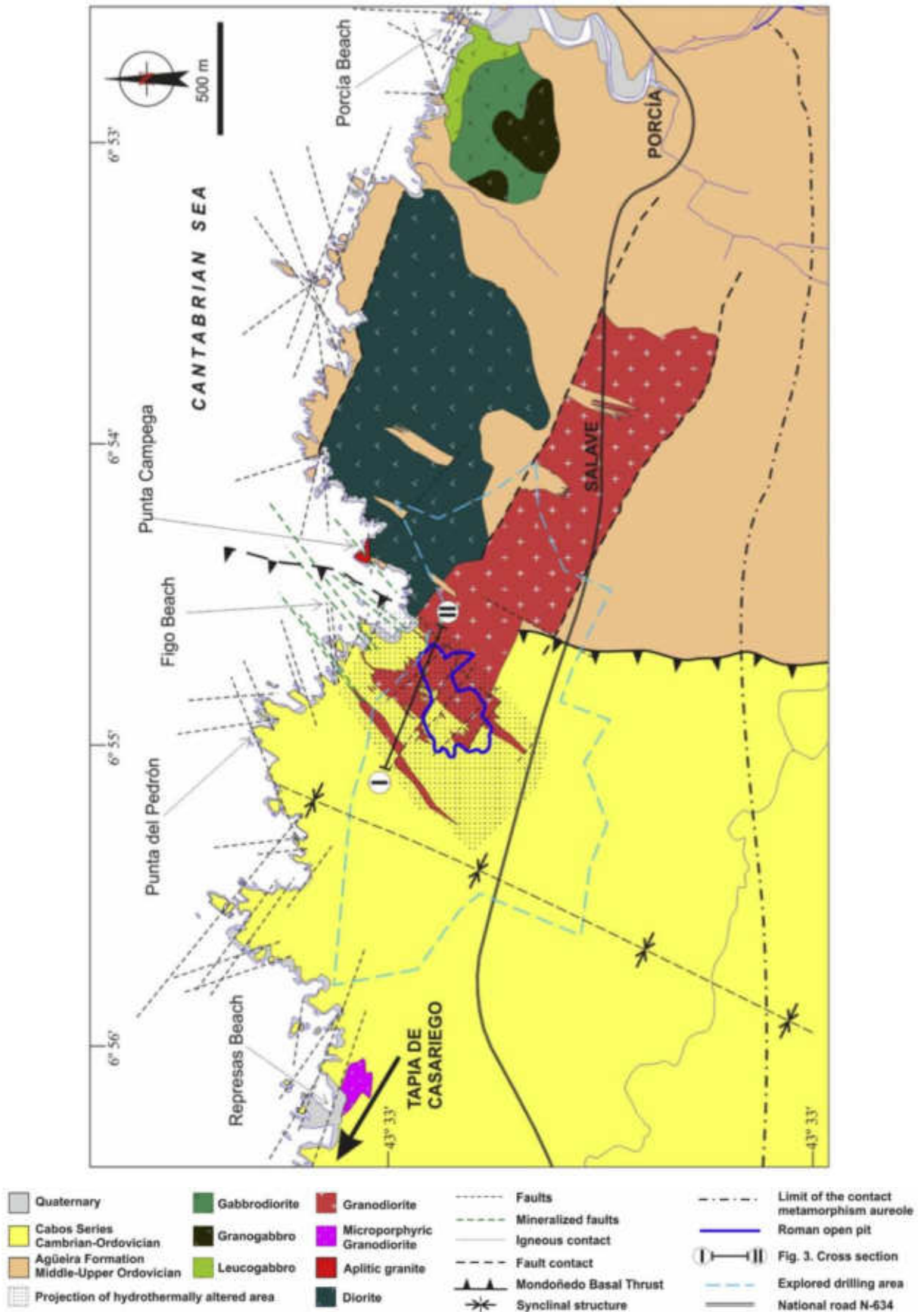


Figura 11. Cartografía geológica de la zona de estudio, obviando el recubrimiento de formaciones superficiales (Rquez.-Terente, 2007)

En una primera aproximación, se puede decir que el área de estudio está constituida por rocas metasedimentarias del Paleozoico Inferior que, coincidiendo con el trazado del cabalgamiento basal del Manto de Mondoñedo, han sido intruidas por una serie de cuerpos ígneos que a su vez se ven afectados de forma epigenética por soluciones hidrotermales que los alteran y mineralizan. Todo este conjunto, erosionado, está recubierto por formaciones superficiales (materiales sueltos, no consolidados) recientes que, si bien ocupan extensiones respetables, cuentan con potencias muy modestas, lo que por otra parte limita su interés práctico.

La descripción de los materiales se presenta siguiendo un orden temporal, comenzando por los más antiguos. En la unidad del manto de Mondoñedo, además de los materiales precámbricos (serie de Villalba), están descritas en la bibliografía dos unidades litoestratigráficas cámbricas (Grupo Cándana y Fm Vegadeo) a las que aquí no se hará referencia, al encontrarse ausentes y no tener, por tanto, relación con el proyecto.

4.2.1. Serie Los Cabos

Esta unidad ha sido objeto de trabajos a escala regional de gran detalle (véase, por ejemplo, Marcos, 1973) y está descrita como un conjunto predominantemente pizarroso con frecuentes intercalaciones de cuarcitas o areniscas. Las pizarras están constituidas mineralógicamente por cuarzo y clorita, con cantidades subordinadas de sericita y moscovita y presentan una marcada esquistosidad. La buena alineación de las micas indica la existencia de un metamorfismo regional previo al emplazamiento de las masas ígneas, como ya se había comentado en la introducción.

En el entorno del stock de Salave las rocas se encuentran, lógicamente, afectadas por un metamorfismo de contacto intenso. Suárez y Suárez (1970) citan para esta zona un metamorfismo de alta intensidad (en facies de las corneanas piroxénicas), algo menor en el entorno de la zona del proyecto. Este metamorfismo se traduce en la presencia de pizarras mosqueadas y ausencia de fósiles y resulta menos manifiesto en los términos cuarcíticos. Este conjunto se dispone en bancos de espesor variable, con estratificación bien definida y con buzamientos elevados hacia el oeste, dirección en la que también avanza el grado de metamorfismo.

Sobre una muestra recogida en los afloramientos de la playa del Figo se ha elaborado una lámina delgada que permite conocer la textura de esta unidad en la microescala. Esencialmente, se trata de una pizarra, en sentido estricto, constituida por cuarzo y filosilicatos en tamaño limo. Por los colores de transparencia y de interferencia respectivamente, los filosilicatos son, por orden de importancia, clorita y moscovita. Presenta una marcada alineación de los filosilicatos en la dirección de los planos de estratificación. Si se observa con mucho aumento, este rasgo se aprecia también en algunos cristales de cuarzo, que resultan ser elongados. Cuenta con rasgos evidentes de metamorfismo y presenta una marcada anisotropía en la dirección perpendicular a la estratificación. Un aspecto representativo de su textura se muestra en la siguiente figura.

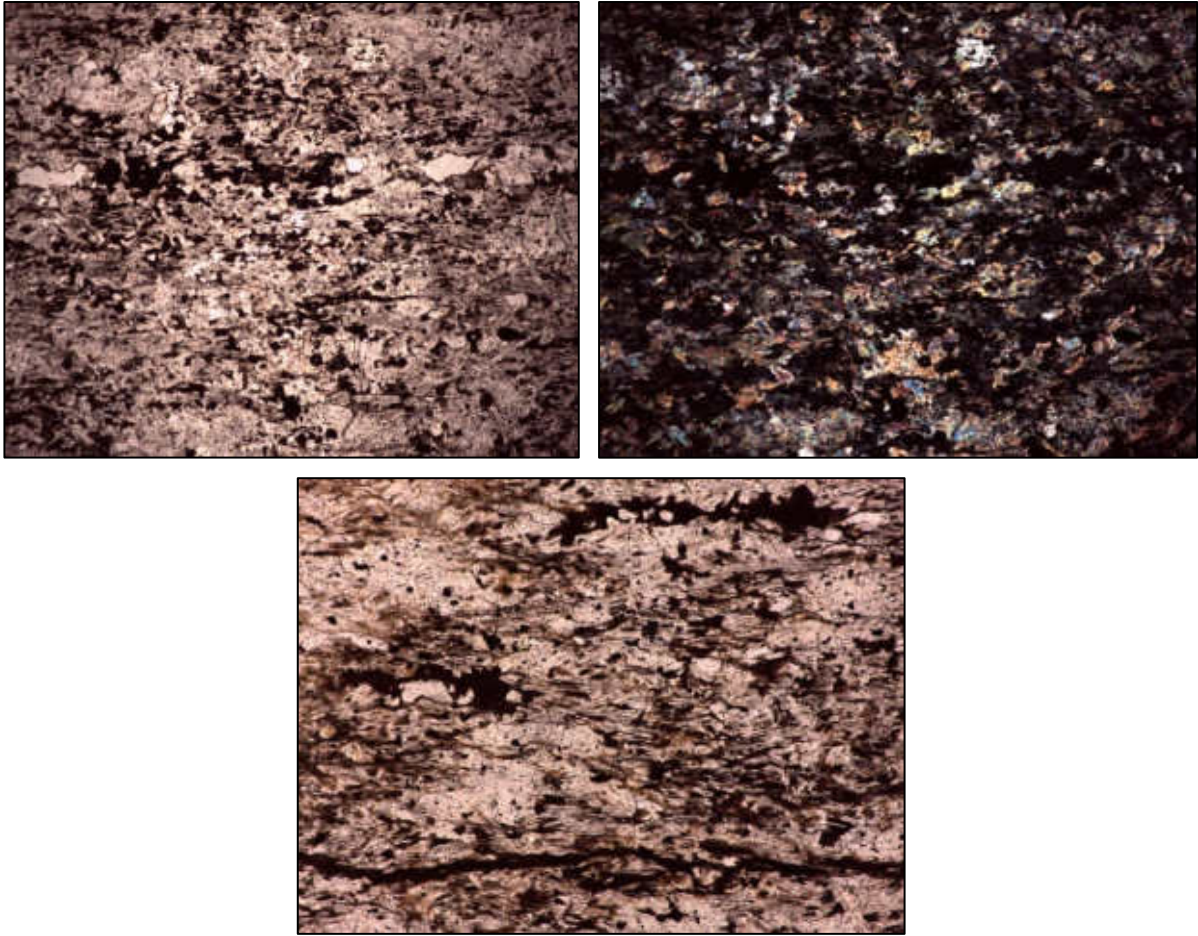


Figura 12. Aspecto en lámina delgada de las pizarras de la serie Los Cabos. Las figuras superiores están tomadas, sobre el mismo campo, con luz polarizada plana (izda.) y luz polarizada cruzada (dcha.) y su encuadre horizontal son 2,6 mm. La imagen inferior ilustra que las fracturas se encuentran total o parcialmente selladas (encuadre horizontal: 1,3 mm)

Los espacios vacíos son muy escasos, siempre siguen las direcciones de la alineación marcada por los filosilicatos y aparecen parcialmente rellenos y sin interconexión, por lo que no computan en términos de porosidad efectiva.

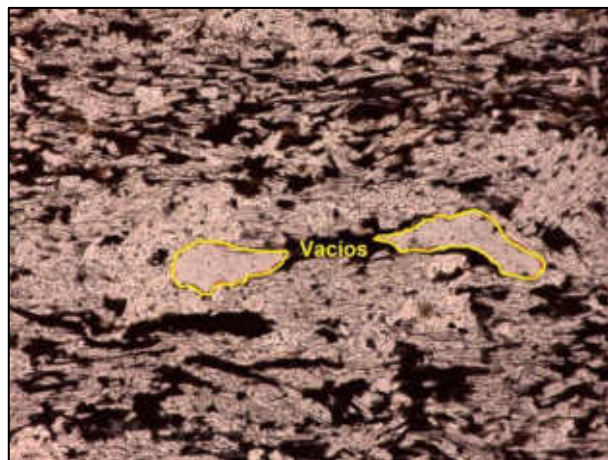


Figura 13. Huecos existentes en las pizarras de la serie Los Cabos (señalados en amarillo, inconexos, de unas 200 μm de eje mayor). Encuadre horizontal: 1,3 mm; luz polarizada plana

Todos los factores descritos con anterioridad (carácter metamórfico, marcada esquistosidad...) y su tamaño de grano fino hacen que esta unidad se comporte de una manera muy impermeable en cuanto a las propiedades de la roca matriz (acuicludo). Su capacidad de almacenar y transmitir agua se ve entonces reducida a la que pueda almacenar en las fracturas abiertas. La densa red de fracturación de la serie pizarrosa paleozoica generalmente presenta fracturas, en su mayor parte rellenas con cuarzo (cicatrizadas).

Se ha realizado un estudio de fracturación en los afloramientos de la Playa del Figo, que se presenta en el apartado 5.4. de este trabajo.

4.2.2. Formaciones superficiales: depósitos de rasa y aluviales

Se trata de sedimentos y suelos recientes, de espesores reducidos en ambos casos. En relación a los depósitos de rasa, son retazos discontinuos en esa franja de 2 km, que en su mayor parte están cubiertos por pasto y monte. Solamente se puede comprobar su presencia o ausencia donde haya sondeos o en algunos taludes limpios, pero es evidente que son "islas". A diferencia de las unidades anteriores, estos materiales poco consolidados no han despertado el interés de los diferentes autores que han trabajado con anterioridad en este sector: únicamente se describen, en el anexo de la hoja correspondiente del mapa geológico nacional (10, Ribadeo –IGME, 1976) como depósitos marinos (ligados a la superficie de abrasión) de cantos, arenas y arcillas de 6 -7 m de espesor. También se cita en la misma fuente que las arcillas, en ocasiones son muy predominantes, son principalmente illita y caolinita, las cuales limitan el flujo de agua, al reducir la permeabilidad del conjunto.

4.3. Rocas ígneas

Tal y como se aprecia en la Figura 11 existen, alineadas de oeste a este, tres manifestaciones ígneas que reciben las denominaciones de Represas, Salave y Porcía respectivamente. El único de ellos que guarda relación con el proyecto minero es el grupo de Salave, por lo que será el único que se describa en esta memoria.

El stock de Salave es el cuerpo de mayor extensión (unos 4 km², según Rodríguez-Terente, 2007) y cuenta con dos facies principales: i) una de granodiorita, en una banda que atraviesa los lagos de Silva en dirección WNW-ESE y cuya extensión en afloramiento es algo inferior a los 450 m y ii) una gabrodiorita, que se sitúa entre el corredor de granodiorita y la costa. Dado que la facies mineralizada y, por consiguiente, la única a la que afecta el proyecto es la primera, no se prestará más atención a la gabrodiorita, una vez señalada su presencia y localización.

En relación a la geoquímica, diversos estudios anteriores, como por ejemplo (Suárez y Suárez, 1970) señalan que la facies granodiorítica del stock de Salave es hiperpotásica, de carácter calcoalcalino y metaaluminosa. Se trata de una roca rica en plagioclasa de tipo andesina y pobre en feldespato potásico, rayando habitualmente el campo de las tonalitas. Sus minerales esenciales son, por tanto, y en orden de importancia, la andesina (0,1-7 mm), el cuarzo (0,2-3 mm) y la ortosa (tamaño similar al cuarzo). Como fenocristales, además de los anteriores, también presenta biotita. Como minerales accesorios se han citado los siguientes: apatito, clorita, titanita, circón, opacos (óxidos de Ti y magnetita), además de allanita. La composición geoquímica de la roca total (3 muestras) se muestra en la siguiente Tabla (Rodríguez-Terente, 2007).

Tabla 4: Datos analíticos de elementos mayoritarios (óxidos) de la granodiorita inalterada (valores en %; ND: no disponible)

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
SiO₂	64,16	67,39	64,57
Al₂O₃	15,95	15,96	16,05
Fe₂O₃	4,73	3,62	4,93
CaO	3,97	3,53	4,21
Na₂O	3,33	3,85	3,22
K₂O	3,22	2,66	3,06
MgO	2,06	1,65	1,95
Pérdidas al fuego	0,99	ND	0,80
TiO₂	0,61	0,43	0,64
P₂O₅	0,17	ND	0,15
MnO	0,08	0,09	0,07
FeO	0,00	0,00	0,00
TOTAL	99,25	99,18	99,65

Cabe destacar que todos los autores que han abordado el estudio en láminas delgadas de este intrusivo indican que se encuentra, sobre todo en las zonas mineralizadas, fuertemente alterado por los fluidos hidrotermales responsables de la mineralización metálica. Las principales alteraciones descritas (Harris, 1980b; Suárez y Suárez, 1970) son la sericitización de la plagioclasa y la cloritización de la biotita. Todos los minerales originales de la granodiorita son relativamente estables desde el punto de vista químico frente a su interacción con el agua subterránea (silicatos, fosfatos y óxidos).

Se han tomado dos muestras representativas de la granodiorita, ambas de testigos de sondeos de la campaña de perforación llevada a cabo en 2018 por EMC: la primera de ellas (sondeo BD-1, metro 182) representa al cuerpo intrusivo en su estado más sano (de visu) y la segunda (sondeo BD-5, metro 136), una facies similar a la anterior, pero con desarrollo de minerales de alteración de tono verdoso-amarillento (alteración predominante). Con estas muestras se han preparado sendas láminas delgadas, que permiten conocer la microtextura de la roca en la zona en la que se propone la explotación. Únicamente se comentarán los aspectos mineralógicos y texturales de mayor relevancia en relación a la circulación de agua subterránea. Ambas muestras presentan una textura holocristalina e inequigranular, de tamaño absoluto de grano medio, siendo los minerales esenciales, tal y como se cita en los estudios precedentes, plagioclasa, cuarzo y feldespato potásico (ortosa) (por orden de importancia). La plagioclasa suele presentar cristales (sub)idiomorfos, milimétricos, con desarrollo de maclas polisintéticas (en algún caso de Carlsbad), zonados y se encuentra de moderada (en la muestra sana) a intensamente sericitizada. La sericita presente es policristalina y microgranular, y se desarrolla muy comúnmente a partir del núcleo de los cristales de plagioclasa. El cuarzo es menos abundante que la plagioclasa y presenta más dispersión de tamaños, pero es frecuente el milimétrico. Su forma más típica es subidiomorfo o alotriomorfo. El mineral accesorio más importante es la biotita, que se encuentra siempre cloritizada, generalmente de forma parcial. También existe escasa moscovita, que se encuentra en mejor estado de conservación que la biotita. Existe, también en ambas muestras, calcita cristalina (a veces maclada), intersticial, más abundante en la muestra alterada. Finalmente, se puede citar la presencia de opacos, comúnmente idiomorfos, dispersos en la roca y algunos pequeños cristales de apatito (60 μm de eje mayor) incluidos

en el cuarzo. La conjunción de sericita-clorita-calcita-sulfuros (opacos) indica, según se describe en la teoría de la petrología endógena, una alteración propilítica. En las siguientes figuras se ilustran algunos de los aspectos descritos en este párrafo.

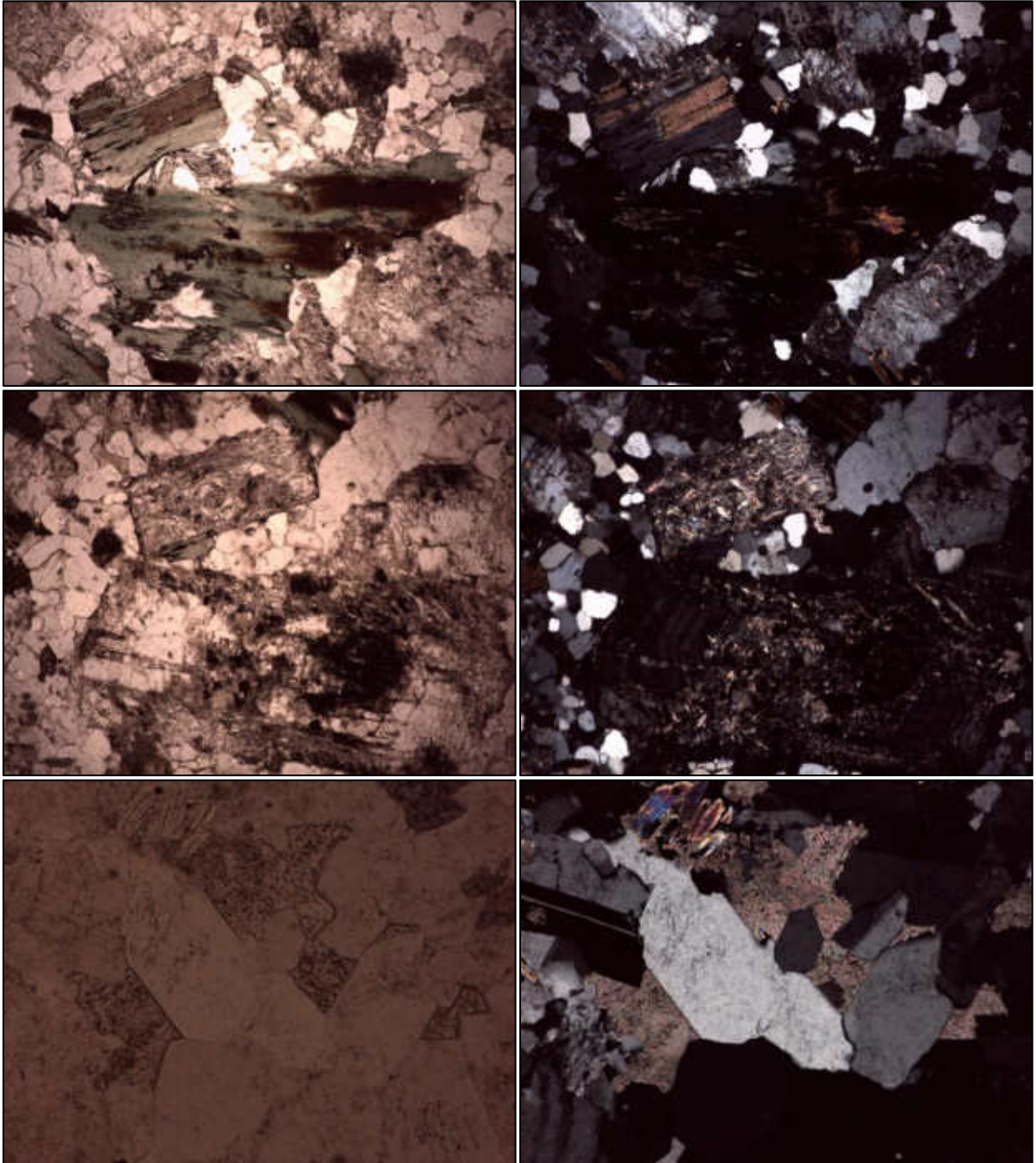


Figura 14. Fila superior: detalle de la cloritización de la biotita; Fila intermedia: sericitización intensa de cristales idiomorfos de plagioclasa; Fila inferior: aspecto del carbonato intersticial. Las imágenes de la izda. están tomadas con luz polarizada plana y las de la dcha., con luz polarizada cruzada sobre el mismo campo (encuadre horizontal: 2,6 mm para las primeras dos filas y 1,3 mm para la tercera)

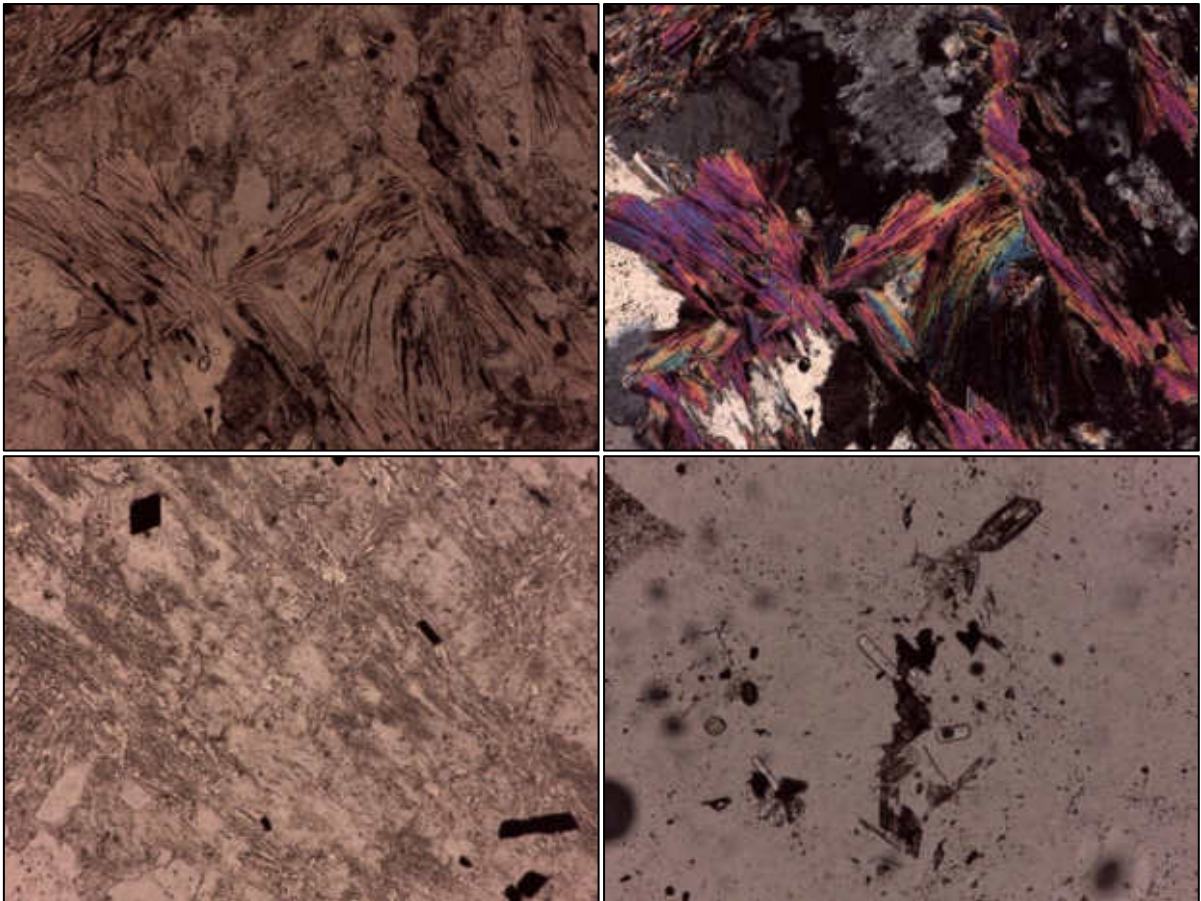


Figura 15. Fila superior: cristales de moscovita (¿secundaria?), vistos con luz polarizada plana (izda.) y luz polarizada cruzada (dcha.); Fila inferior: dispersión de opacos: sulfuros (imagen izda.) y cristales de apatito (centro de la imagen dcha.) (encuadre horizontal: 650 μm para la última imagen y 1,3 mm para el resto)

La mineralización aurífera, por su parte, se emplaza tanto en relleno de fracturas como diseminada en el propio cuerpo ígneo, con mayor profusión en las partes más alteradas del mismo. Los rellenos de las fracturas pueden ser, como en el caso de la Serie Los Cabos, de cuarzo y/o carbonato, pero también pequeñas acumulaciones de sulfuros. Los ámbitos más adecuados para el Au son las venas de cuarzo y carbonatos, dado que las de sulfuros son escasas y de muy poca potencia (<2 cm). Cuando el relleno es de cuarzo y carbonatos, los principales sulfuros presentes son la molibdenita, pirrotina, calcopirita y esfalerita, mientras que las venas con relleno de sulfuros suelen contener pirita, arsenopirita y estibina. En cualquier caso, la mineralización volumétricamente más importante es la diseminada (ver figura anterior), donde las fases principales son la pirita (asociada a la cloritización) y la arsenopirita (más abundante en las zonas sericitizadas): ambas, especialmente la segunda, contienen Au refractario.

Como se puede apreciar en las texturas observadas en las imágenes anteriores, no ha sido posible identificar la presencia de espacios vacíos, al menos en tamaños por encima del poder de resolución de la técnica (aproximadamente 2 μm). Esta observación encaja con el valor tan bajo que para la permeabilidad primaria de la roca se ha obtenido mediante el ensayo en laboratorio (ver apartado 6.1.1.): se trata de una roca cristalina de naturaleza impermeable. Así, desde la perspectiva hidrogeológica, cabe esperar de esta unidad el comportamiento

típico de los cuerpos ígneos: permeabilidad primaria muy baja y porosidad útil restringida a la red de fracturación (acuífugo).

4.4. Fracturación

Como bien es sabido, la hidrogeología de los medios cristalinos (en la literatura científica “HRA”, *Hard Rock Aquifers*) es netamente diferente al análisis hidrogeológico en rocas (o cuencas) sedimentarias debido a que la conductividad hidráulica en las rocas ígneas y metamórficas está relacionada con su fracturación/fisuración, y apenas entra en juego la influencia de la distribución de espacios vacíos en la roca.

Existen trabajos de investigación sobre la hidrogeología de medios cristalinos, enfocados a la gestión y aprovechamiento del agua subterránea que se centran en la capa superficial más meteorizada (y, por tanto, más permeable) y suelen llegar a unas decenas de metros de profundidad, antes de encontrar la roca sana. Este no va a ser el caso del presente estudio, dado que la alteración meteórica media en el área de Salave está estimada en 25 m (IGME, 2015). Gran parte de la zona meteorizada se ha eliminado en las lagunas de Silva debido a la antigua explotación (ver siguiente apartado), reduciendo el espesor en esa zona y el pilar corona se diseña 40 m por debajo del fondo de dichas lagunas. La fracturación en las rocas cristalinas se ha venido interpretando clásicamente como debida bien a esfuerzos tectónicos, bien a la descompresión asociada a la pérdida de carga litostática: estudios más recientes también advierten sobre el papel que la alteración meteórica puede jugar en la definición de fracturas. En el caso que nos ocupa, el factor más importante habrá de ser el origen tectónico, habida cuenta que los otros dos afectarán únicamente a las zonas más superficiales. El stock de Salave cuenta con una edad de unos 290 Ma y se considera, por tanto, post-hercínico; pero sí ha estado sometido a los esfuerzos del ciclo alpino. Tal y como se muestra en la figura siguiente, la masa ígnea intruye una estructura plegada muy apretada y bastante verticalizada, con los planos axiales buzando al W.

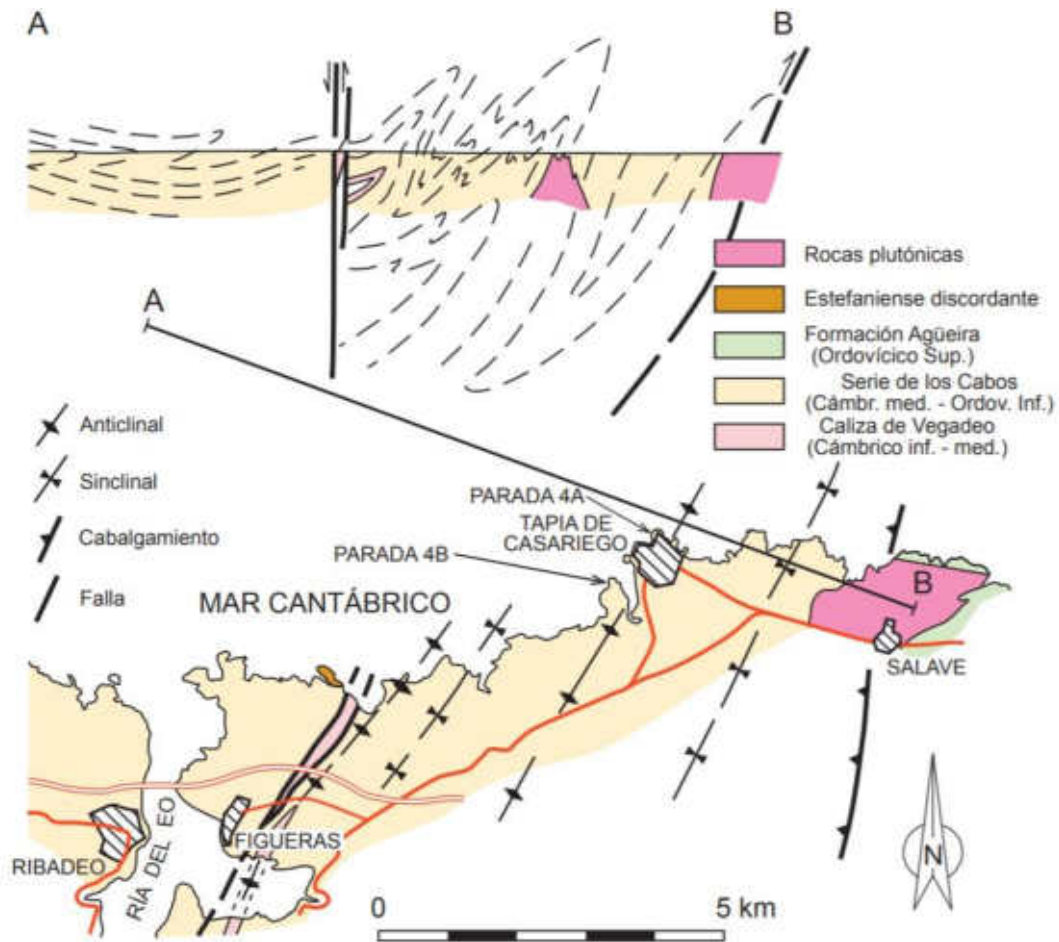


Figura 16. Mapa simplificado y corte geológico idealizado desde la ría del Eo a la localidad de Salave (según Bastida y Pulgar, 1978)

Por otra parte, Gumiel *et al.* (2008), en un trabajo de gran detalle sobre la fracturación en el sector de la punta del Pedrón (acantilados al NW de la zona mineralizada) deducen que la masa mineral se encuentra, además de sobre el trazado del cabalgamiento basal del manto de Mondoñedo, sobre el centro de un sistema de cizalla de dirección WSW-ENE (dextral)-NW-SE (sinistral). Se muestra en la siguiente figura:

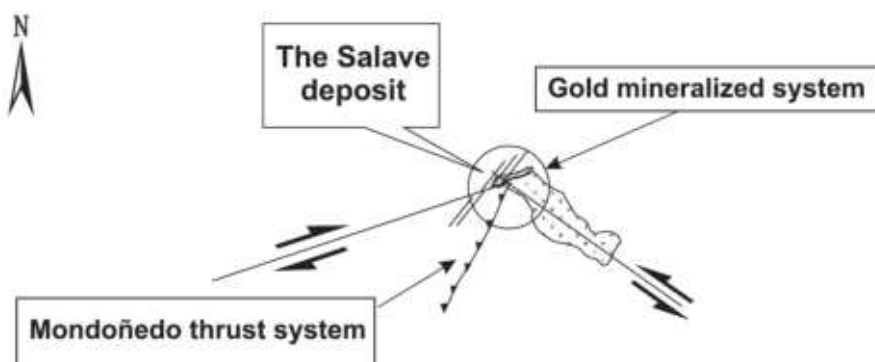


Figura 17. Modelo idealizado de la zona de cizalla sobre la que aparece la masa mineral de Salave (Gumiel *et al.*, 2008)

En el campo resulta poco menos que imposible determinar los patrones de fracturación en el intrusivo, dado que los afloramientos son muy escasos y muy modestos en cuanto a tamaño. Sí ha sido posible, por el contrario, tomar algunas medidas en la serie encajante en el sector occidental de la playa del Figo, que se presentan a continuación.

4.4.1. Observaciones realizadas en la sección de la playa del Figo

La Serie Los Cabos, en el sector W de la playa, está constituida por cuarcitas blanquecinas con bandeado metamórfico, dispuestas en bancos decimétricos y métricos, con la estratificación bien definida, buzando como media unos 50° al W y con un rumbo N40E que evoluciona a N-S según avanzamos hacia el W. Este sector es el más interesante para la recogida de datos de fracturación, dado que se corresponde en mejor medida que la zona E de la playa con la proyección sobre la línea de costa de la zona mineralizada. La Serie Los Cabos, hacia el E, evoluciona a pizarras oscuras, que se disponen en contacto con el cuerpo ígneo de naturaleza gabroica que se ha cita en el apartado 4.3 de este trabajo.

En la terminación occidental de la playa del Figo se encuentra un curioso pliegue (ver figura siguiente) en virtud del cual cambia ligeramente la dirección de la serie y el buzamiento se vuelve más tendido. En esta zona, la combinación de niveles pizarrosos (con foliación tectónica) con niveles cuarcíticos da lugar a un comportamiento dúctil/frágil que en el eje del pliegue se materializa en una curiosa y marcada inflexión.

La serie, metamórfica, presenta abundantes fracturas, en la práctica totalidad de los casos cerradas, ocasionalmente selladas con cuarzo tardío y con costras oscuras debidas a la presencia de óxidos de Mn. Las medidas que se han podido realizar se recogen en la siguiente tabla (la dirección de cada plano se mide sobre la línea de máxima pendiente):

Tabla 5. Medidas de la fracturación realizadas en la playa del Figo

Medida	Dirección	Buzamiento	Observaciones
1	310	55	Estratificación
2	88	30	Diaclasas
3	95	20	Diaclasas
4	155	75	Diaclasas
5	166	60	Diaclasas
6	160	50	Diaclasas
7	66	76	Fractura
8	56	65	Diaclasas
9	310	90	Fractura en el cuerpo albítico del embarcadero
10	88	65	Fractura en el cuerpo albítico del embarcadero
11	304	50	Estratificación serie pizarrosa oscura
12	34	80	Fracturas en las pizarras
13	342	65	Fracturas en las pizarras
14	225	32	Fracturas en el cuerpo gabroico (G1)
15	304	60	Fracturas en el cuerpo gabroico (G2)
16	232	42	Fracturas en el cuerpo gabroico (G3)
17	154	65	Fracturas en el cuerpo gabroico (G4)
18	295	55	Estratificación al W de la bocamina (cuarcitas)
19	94	28	Fractura en la serie cuarcítica
20	96	30	Fractura en la serie cuarcítica
21	36	76	Fractura menor en la serie cuarcítica
22	33	80	Fractura menor en la serie cuarcítica
23	94	40	Fractura en la serie cuarcítica
24	34	85	Fractura menor en la serie cuarcítica
25	145	60	Fractura en bocamina (con cuarzo y costras de Mn-óx.)
26	20	75	Fractura importante al W del drenaje
27	140	52	Fractura asociada a la anterior (menor)
28	124	78	Fractura asociada a la estación 26 (menor)
29	196	55	Fractura al E del pliegue
30	24	72	Fractura conjugada con la anterior, menos marcada
31	268	36	Flanco W del pliegue
32	106	50	Fractura menor en flanco W del pliegue
33	200	48	Fractura menor en flanco W del pliegue

El conjunto de fracturas medidas sobre la denominada “Serie cuarcítica” se ha representado, para una mejor definición de las familias, en un diagrama estereográfico con ayuda del software libre Stereonet (Allmendinger, 2020).

Los resultados (planos y polos) se muestran en la siguiente figura:

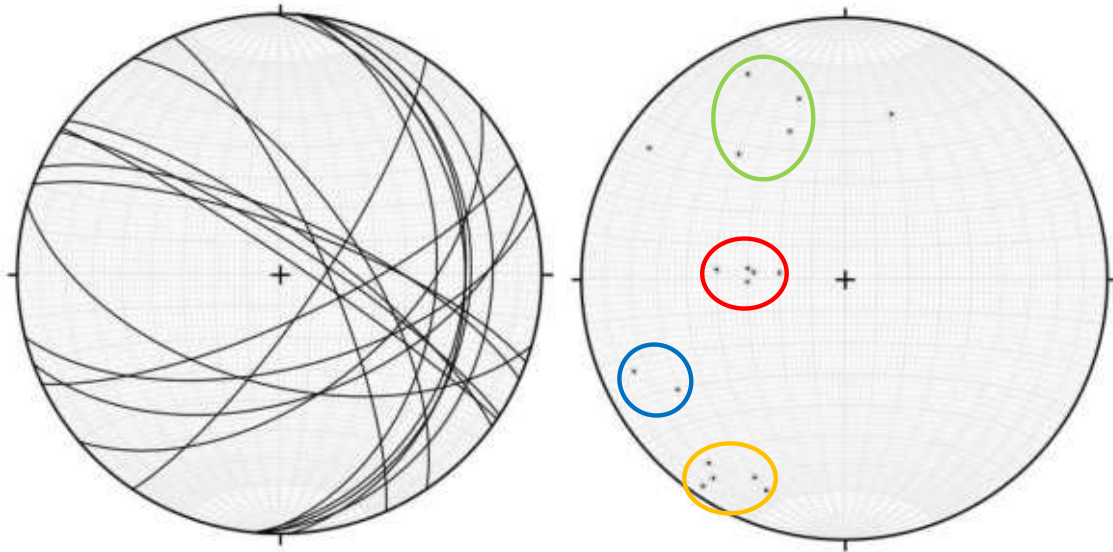


Figura 18. Representación en la proyección estereográfica de las medidas de fracturación señaladas en la tabla anterior

Como se puede observar en los gráficos anteriores, existen 4 familias bastante bien definidas de fracturas: una primera, que denominaremos F1 (medidas 1-2-16-17 y 20, color rojo) que presentan dirección aproximada N-S y un buzamiento suave al E; una segunda familia (F2) discurre en dirección WNW-ESE con buzamientos elevados al NE (medidas 18-19-21-22 y 26, color anaranjado). La tercera familia en importancia no está tan bien agrupada como las anteriores, presenta buzamientos más variables y una dirección general ENE-WSW (medidas 3-4-5 y 23, color verde); dentro de este grupo, con reservas, podrían incluirse las fracturas correspondientes a las medidas 24 y 25 (que, de otra, forma, quedarían sin asignar a una familia). La última agrupación solamente contiene 2 medias (números 6 y 7 en la tabla anterior, color azul) que corresponden a fracturas de trazado NW-SE y elevado buzamiento al NE. En trabajos anteriores (FRASA, 2004; Gumiel *et al.*, 2008), se cita la existencia de las familias F2 y F3, pero no así la de la familia F1 que, curiosamente, es la mejor definida en la sección de la playa del Figo. Esta familia sí aparece citada, junto con la F2, en otro informe más reciente (IGME, 2015).

Se deduce, por tanto, que de prolongarse hacia el Sur las fracturas medidas en los afloramientos de la serie cuarcítica, las principales direcciones de circulación del agua subterránea en la Serie Los Cabos serían los definidos por las familias F1, F2 y F3, señaladas en la figura anterior, aunque, como se ha señalado, dichas fracturas están cerradas en su totalidad. Durante la realización de los ensayos de bombeo en el entorno de la zona mineralizada, la única familia de las anteriores según la cual los descensos en los pozos de observación son manifiestos, es la F2. Un bombeo en el pozo L0201 que generó un descenso del nivel piezométrico de 12 m en dicho pozo, causó un descenso de 4 m en el sondeo RN20 situado en la dirección de la familia F2 y a una distancia de 27,6 m del pozo de bombeo. No obstante, el nivel en el sondeo L9717 en esa misma dirección, pero a 89,4 de distancia del pozo de bombeo ya no registró descensos, así como tampoco el nivel del sondeo RN40, el más próximo al pozo de bombeo pero en otra dirección. Por su parte, según la dirección de la familia F3 también se han notificado descensos en los pozos de observación, si bien de magnitudes poco significativas: un descenso inferior a 20 cm a una distancia de 9,5 m del pozo

de bombeo Hidro2, el cual registró descensos de más de 20 m (en el Apéndice II se recogen los datos relativos a los ensayos de bombeo realizados y la situación de los pozos citados). **El hecho de que el bombeo en un pozo tenga efectos en sondeos próximos en una dirección y en otras no, revela la anisotropía del macizo, indicando que el flujo de agua está condicionado por la existencia de discontinuidades/fracturas según ciertas direcciones principales.**

Los planos de fracturas medidos en las series pizarrosas al E y al W de la serie cuarcítica central, y en los afloramientos de rocas ígneas (cuerpo albítico y gabro) no son tan representativos de los que pueden afectar a la zona mineralizada y, por consiguiente, no se tratarán en este apartado. Sus representaciones gráficas se pueden consultar en el Apéndice I.

En las siguientes fotografías se muestran algunos aspectos comentados en el texto:

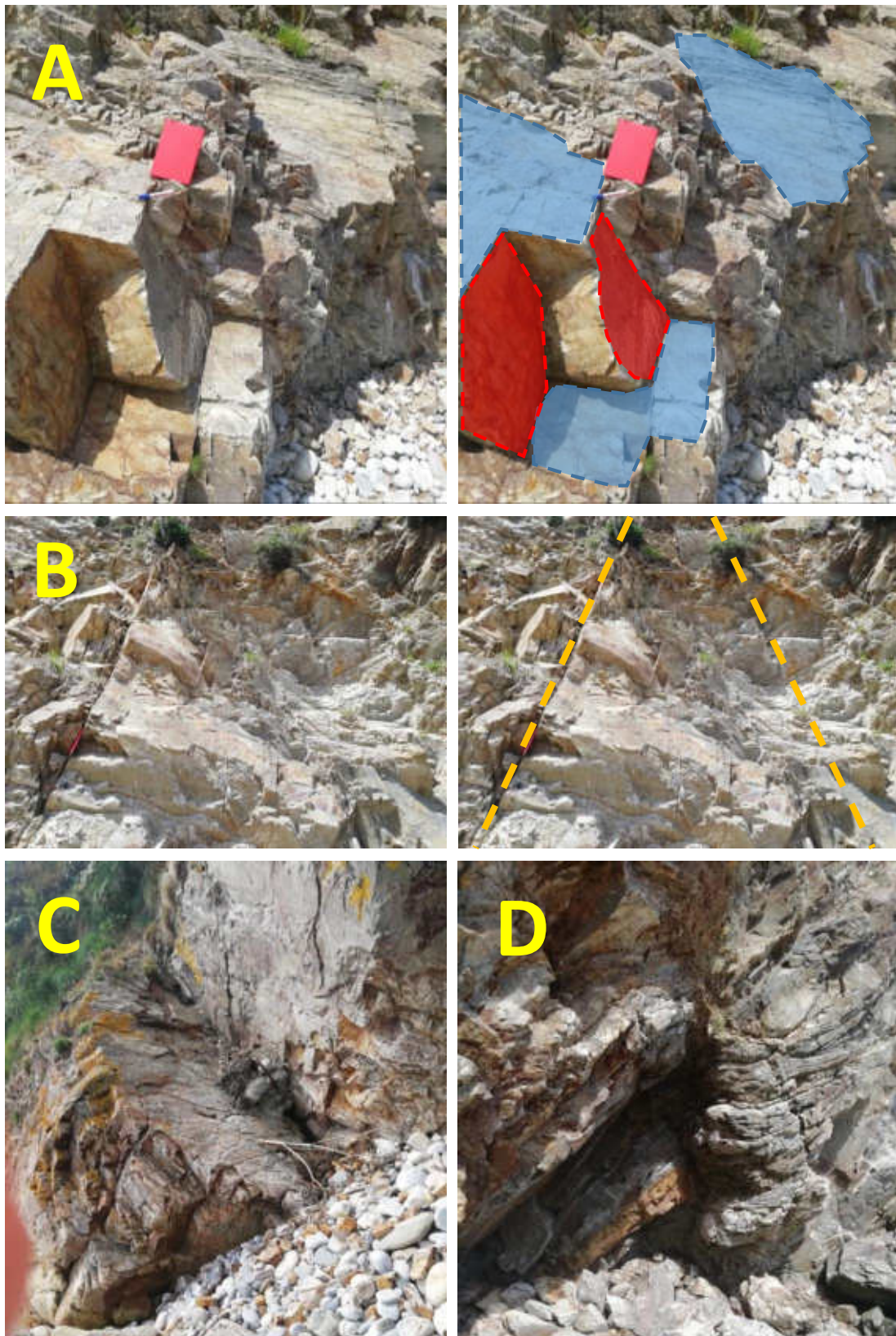


Figura 19. Diferentes aspectos de la serie de la playa del Figo. A) Familias de fracturas 1 y 2 (en azul y rojo, respectivamente). B) Sistema de fracturas conjugadas; C) Planos de fractura bien definidos; D) Pliegue en la terminación occidental de la playa, que marca el tránsito del predominio cuarcítico al predominio pizarroso

5. HIDROLOGÍA

En este apartado se describen los principales puntos de agua de la zona de estudio: la red de cauces de aguas superficiales, para los cuales se ha analizado el riesgo de inundación, así como las lagunas de Silva. Se incluyen los resultados de las medidas de caudal y de parámetros medidos in situ, realizadas en todos los puntos en los que fue posible.

5.1. Red de cauces de agua superficial

De las zonas definidas como sistemas de explotación en la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental, la zona de estudio se ubica en el sistema Porcía. Este sistema tiene una densidad de población de unos 40 hab/km² y el sector primario (actividad ganadera orientada al sector lácteo) es la base de su economía. Los recursos hídricos superficiales del sistema se estiman en 135,5 hm³/año; la demanda urbana de Tapia de Casariego es de 1,03 hm³/año, su demanda agraria es de 0,15 hm³/año y no existe demanda industrial en todo el sistema, ni otros usos (centrales térmicas, hidroeléctricas o piscifactorías) (CHC, 2015).

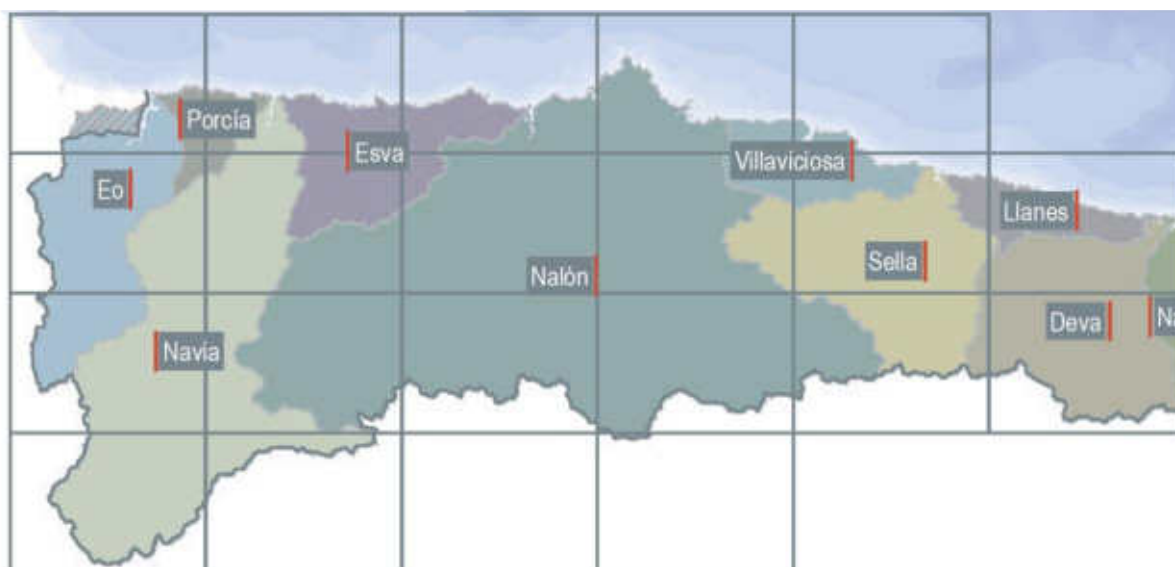


Figura 20. Zonificación (sistemas de explotación) de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental en Asturias (CHC, 2016)

Los sistemas de explotación se han delimitado atendiendo a criterios hidrográficos y de funcionalidad en la explotación de los recursos hídricos y pueden estar constituidos por varias zonas; éste es el caso del sistema de explotación Porcía, con un total de 239 km², de los que 144 km² corresponden a la cuenca del río Porcía, 49 km² a la cuenca del Porcía-Eo, donde se ubican el río de Tol y el río Budois Anguilleira y 47 km² se asignan a la cuenca del Navia-Porcía (CHC, 2015).

El Río Porcía nace en La Sierra de Bobia, atraviesa los concejos de Castropol, Tapia de Casariego y El Franco y desemboca en la Playa de Porcía. Tiene una longitud de unos 30 km y una cuenca de 143,9 km² (CHC, 2020). Su caudal medio anual es de 2,3 m³/s, con mínimos estivales y una caudaliosidad específica de 18,7 l/s/km² (IGME, 1985).

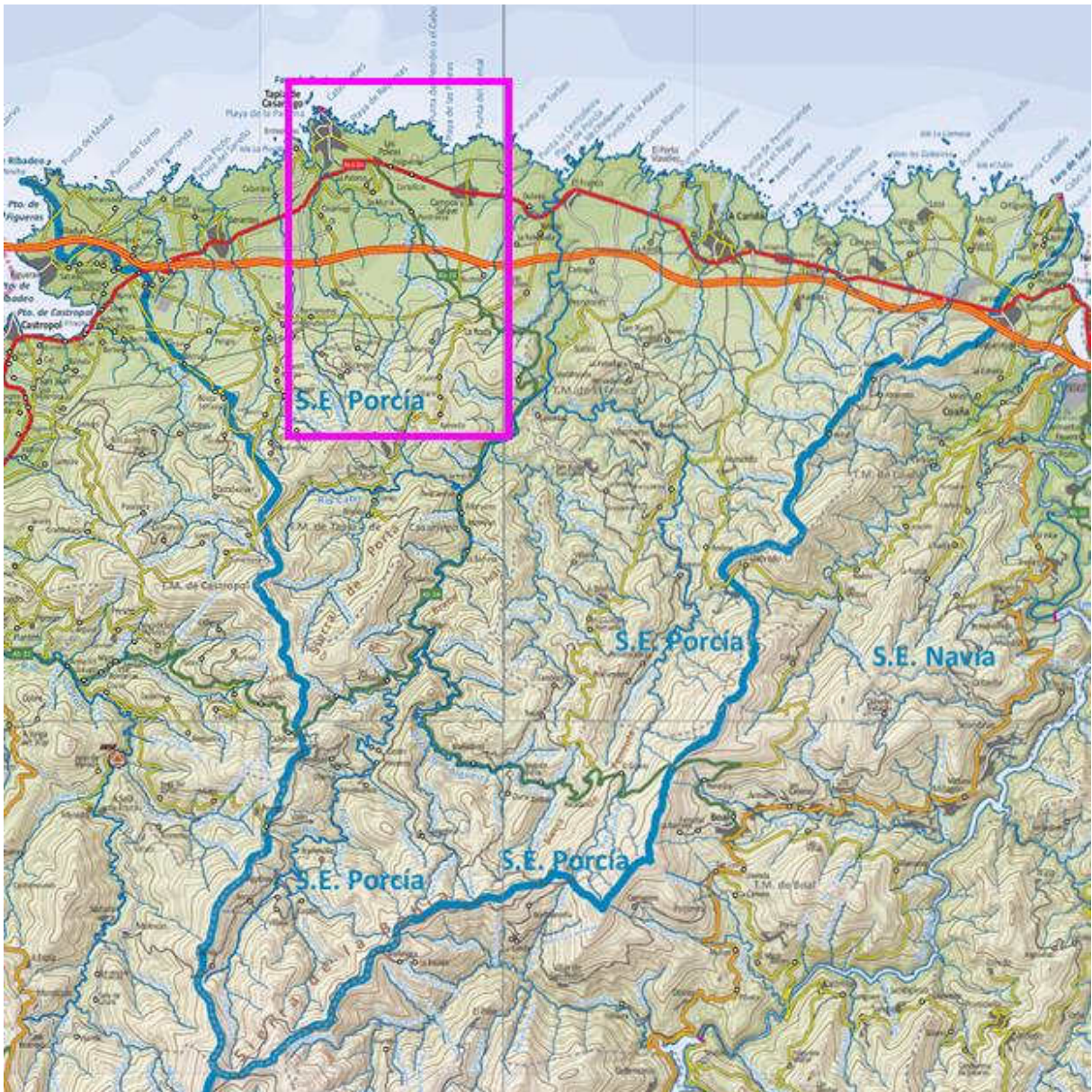


Figura 21. Sistema de explotación Porcía y detalle de la zona de estudio (CHC, 2016)

Este estudio se centrará en la cuenca del río Anguileiro, también denominado de Anguileira, en su tramo alto (CHC, 2016), cuya longitud es de 8,11 km y su cuenca de 18,50 km². Este río recibe al río Muria poco antes de su desembocadura en la Playa de Anguileiro (Figura 22). La cuenca del río Muria se extiende a 11,8 km² y sus principales tributarios son los arroyos Orjales y Gamazá, así como el denominado reguero Gamazá, en cuya proximidad se proyectan las actuaciones mineras. El arroyo Gamazá tiene una longitud de 3,01 km y una cuenca de 1,99 km²; la longitud del arroyo Orjales es de 3,26 km y su cuenca de 2,93 km²; finalmente, el reguero Gamazá, fundamental en este estudio, tiene una longitud y una cuenca de 1,55 km y 1,82 km², respectivamente (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2020). El reguero Gamazá tiene como tributario por su margen derecha, un pequeño regato sin nombre (ver en línea discontinua en la siguiente figura). Este regato tiene un escaso caudal en su tramo final y gran parte del año está seco en su cabecera y tramo medio; su cauce tiene una longitud aproximada de 1 km y su cuenca se extiende unos 0,88 km².



Figura 22. Cauces próximos a la zona de estudio (río Anguleiro y tributarios)

Dado el carácter prácticamente impermeable del sustrato geológico, estos cursos superficiales están muy influidos por la alimentación directa de las precipitaciones y la escorrentía superficial asociada, con poca regulación subterránea. Se trata de ríos de cuencas pequeñas y rápidas, muy poco urbanizadas y apenas poseen encajamiento sobre la superficie de abrasión marina elevada que supone la rasa continental. En cuanto a su trazado, poseen un claro rumbo N-S en su curso alto que posteriormente se convierte en NW-SE o bien SW-NE, siempre siguiendo un trazado de tipo subsecuente a favor de discontinuidades estructurales. Respecto a los usos del suelo predominantes, la cuenca del río Anguileiro está dedicada en su mayor parte a zonas de cultivo, bosques y praderías, con muy baja urbanización del área.

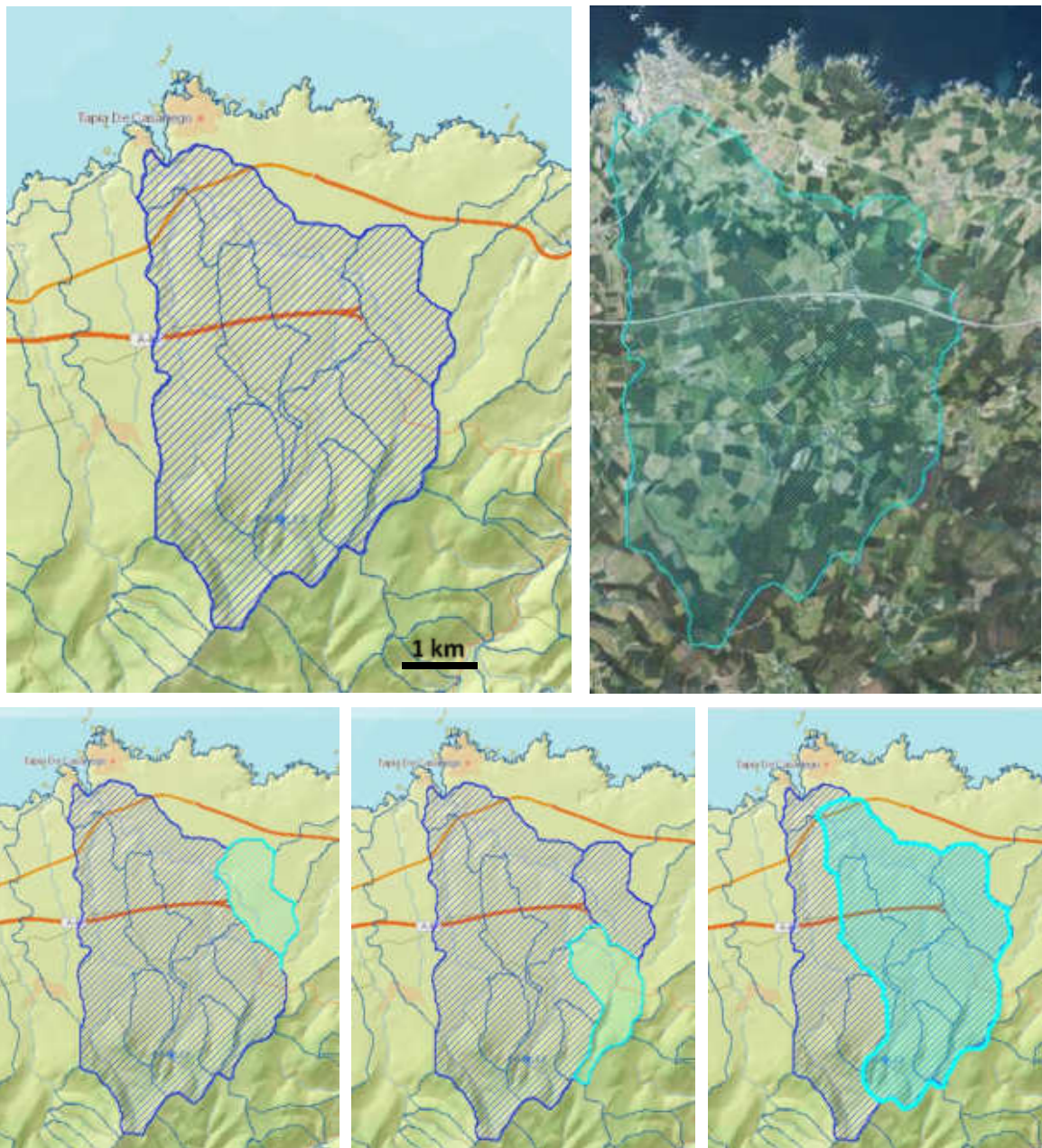


Figura 23. Cuenca del río Anguileiro (arriba); subcuencas del reguero Gamazá, el arroyo Gamazá y el río Muria (abajo) (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2020)

5.2. Riesgo de inundación

Según la Directiva 2007/60 y de acuerdo con los artículos 8, 9 y 10 del Real Decreto 903/2010, para las Áreas de Riesgo Potencial Significativo de Inundación (ARPSI), se han elaborado mapas de peligrosidad de inundación (cálculo de la zona inundable) y de riesgo de inundación (incorporación a la zona inundable de los usos del suelo en esa zona y de los principales daños esperados). Como queda establecido por el Sistema Nacional de Cartografía de Zonas inundables (SNCZI), en la zona de estudio o su entorno no existe ningún ARPSI (en ninguno de los dos ciclos: 2013 y 2019), ni riesgo o peligrosidad por inundación fluvial. Tampoco se tiene constancia histórica de eventos destacables de inundación en esta zona. No obstante, **el proyecto minero respetará las zonas inundables** (incluso aquellas de probabilidad baja o excepcional). Éstas se corresponden, en la zona de estudio, al río Muria y los tramos finales del reguero Gamazá y el arroyo Orjales y se limitan, en la zona de actuaciones previstas, y dentro de la cuenca del río Anguileiro, a un máximo de anchura total de zona inundable de unos 100 m (cartografía SNCZI).



Figura 24. Cartografía de zonas inundables (ZI) en la cuenca del río Anguileiro (contorno azul). En color rojo: ZI con alta probabilidad (T=10 años); en color rosa: ZI de inundación frecuente (T=50 años); en color naranja: ZI con probabilidad media u ocasional (T=100 años) y en color amarillo: ZI con probabilidad baja o excepcional (T=500 años) (SNCZI, 2020)

5.2.1. Cálculo de máximas avenidas

Dado que las actuaciones previstas se proponen fundamentalmente en la cuenca del reguero Gamazá, se realizará un cálculo de máximas avenidas para esa cuenca. Los estudios hidrológicos de avenidas buscan estimar datos de diseño para trabajos de planificación, como puede ser la determinación de zonas inundables o el dimensionado de infraestructuras. Existen dos enfoques para definir la crecida: i) la generada por la cuenca ante una tormenta previamente definida y ii) la que tiene una determinada probabilidad de no ser superada (periodo de retorno, que se verá más adelante) (Ferrer, 2000). Este último enfoque es el tradicionalmente empleado en España y el que se adoptará en este estudio.

Se entiende por avenida la elevación de los niveles de agua en el cauce a valores no usuales, como consecuencia del crecimiento del caudal que circula por la red de drenaje. Este aumento del caudal, en la mayoría de los casos, es consecuencia de precipitaciones extraordinarias de una magnitud tal que la superficie de la cuenca no es capaz de asimilarlas en su totalidad. El objetivo del cálculo consiste en estimar los máximos valores de flujo (caudal punta), originados en una sección determinada de un cauce, para una determinada precipitación que incide en la cuenca vertiente correspondiente a dicha sección. En este caso, se tomará la sección del reguero Gamazá a la salida de su cuenca, es decir, en su desembocadura en el río Muria.

Para el cálculo de caudales punta se emplean tradicionalmente métodos como el Racional que tienen en cuenta las características de la cuenca de aporte y se apoyan en un estudio estadístico de datos históricos de precipitaciones máximas. El caudal máximo de desagüe se utiliza comúnmente para proyectar obras relacionadas con el drenaje superficial (captación, conducción o evacuación de aguas). En particular, la Norma 5.2-IC Drenaje Superficial de la Instrucción de Carreteras (Min. Fomento, Orden Fom/298/2016) se aplica a los sistemas de drenaje superficial de la Red de Carreteras del Estado (BOE, 2016).

Método Racional

El método Racional supone la generación de escorrentía en una determinada cuenca a partir de una intensidad de precipitación uniforme en el tiempo, sobre toda su superficie. Previamente se definen dos conceptos:

-*Periodo de retorno, T*: periodo de tiempo expresado en años para el cual el caudal máximo anual tienen una probabilidad de ser excedido igual a $1/T$. La probabilidad de que en un año se produzca un caudal máximo (Q) superior al de periodo de retorno T (Q_T), viene dada por la expresión:

$$p(Q > Q_T) = \frac{1}{T}$$

En este estudio se considerarán periodos de retorno de 10, 25, 50, 100 y 500 años, que corresponden a probabilidades de 10, 4, 2, 1 y 0.2%, respectivamente.

-*Tiempo de concentración, t_c* : tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe, de manera que corresponde al tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe. Se calcula mediante la fórmula (siempre que $t_c > 0,25$ h):

$$t_c = 0.3 \cdot L_c^{0.76} \cdot J_c^{-0.19}$$

Donde:

- t_c [horas] → tiempo de concentración

- L_c [km] → longitud máxima recorrida por el agua en la cuenca
- J_c [adimensional] → pendiente media en la misma

En la cuenca del reguero Gamazá, L_c se estima en 2,4 km y la pendiente media J_c en 0,021, con lo que se obtiene un tiempo de concentración $t_c = 1,23$ h. Se ha tomado como cuenca la natural de este reguero, que no está antropizada y aunque es atravesada por la autopista A-8, al estar ésta elevada sobre el terreno, no afecta al flujo.

AJUSTE DE GUMBEL

Esta ley de distribución de frecuencias se utiliza para el estudio de valores extremos. De acuerdo con ella, la probabilidad de que se presente un valor inferior a x es: $F(x) = e^{-e^{-b}}$ con:

$$b = \sigma_y \left(\frac{x - \bar{x}}{\sigma_x} \right) + \mu_y$$

Donde:

- σ_x → desviación típica de la serie de datos
- \bar{x} → media aritmética de la serie de datos
- σ_y y μ_y → coeficientes que dependen del número de datos de la serie

A partir de los datos diarios de precipitación facilitados por la AEMET para la estación de Ribadeo-Vilaframil, se han calculado los valores máximos anuales en el periodo 1994-2020.

Tabla 6. Precipitaciones máximas diarias en la estación de Ribadeo-Vilaframil

Año	Pmax (mm/día)
1994	52,5
1995	30,0
1996	82,2
1997	37,3
1998	40,5
1999	65,0
2000	46,0
2001	94,5
2002	32,5
2003	46,2
2004	34,0
2005	33,2
2006	103,0
2007	26,8
2008	66,5
2009	33,5
2010	79,5
2011	29,0
2012	56,5
2013	61,5
2014	69,3
2015	28,7
2016	79,8
2017	50,2
2018	34,0
2019	41,2
2020	65,0

Se dispone por tanto de una serie de 27 valores y los datos son los siguientes:

$$\bar{x} = 52,53 \frac{mm}{día}$$

$$\sigma_x = 21,30 \frac{mm}{día}$$

$$\sigma_y = 1,0998$$

$$\mu_y = 0,5330$$

Para los periodos de retorno considerados se obtienen las intensidades máximas de precipitación que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 7. Cálculo de la precipitación diaria P_d correspondiente a cada periodo de retorno

T (años)	$p = 1/T = 1-F(x)$	F(x)	b	$x = P_d$ (mm/día)
10	0,100	0,90	2,2504	85,8
25	0,040	0,96	3,1985	104,2
50	0,020	0,98	3,9019	117,8
100	0,010	0,99	4,6001	131,3
500	0,002	1,00	6,2136	162,6

La ecuación para obtener el caudal punta correspondiente a un periodo de retorno T, mediante el método racional es la siguiente:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

Donde:

- Q_T [m^3/s] →caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno T, en el punto de desagüe de la cuenca
- $I(T, t_c)$ [mm/h] →intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado T, para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración t_c , de la cuenca.
- C [adimensional] →coeficiente medio de esorrentía de la cuenca considerada
- A [km^2] →área de la cuenca considerada. En este caso la cuenca del Reguero Gamazá tiene una superficie de $A = 1,82 km^2$
- K_t [adimensional] →coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

La intensidad de precipitación, $I(T, t_c)$ se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$I(T, t_c) [mm/h] = I_d \cdot F_{int}$$

Donde:

- I_d [mm/h] →intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al periodo de retorno T. Se obtiene con la expresión:

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$$

Donde:

- P_d [mm] → precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T. Para su cálculo existen varios procedimientos, pero el más riguroso es un estudio estadístico de las series de precipitaciones diarias máximas anuales, medidas en pluviómetros existentes en la cuenca. En este caso, se ha ajustado la serie de precipitaciones máximas registrada en la estación de Ribadeo, a la función de distribución extremal de Gumbel (Tabla 7).
- K_A [adimensional] → factor reductor de la precipitación por área de la cuenca. Tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda su superficie. En este caso, $K_A = 0,98$.
 - Si $A < 1 \text{ km}^2 \rightarrow K_A = 1$
 - Si $A \geq 1 \text{ km}^2 \rightarrow K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$
- F_{int} [adimensional] → introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio. Se tomará el valor mayor de los obtenidos de entre los que se indica a continuación:

$$F_{int} = \text{máx} (F_a, F_b)$$

Donde:

- F_a [adimensional] → factor obtenido a partir del índice de torrencialidad. Se obtiene mediante:

$$F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3.5287 - 2.5287 \cdot t_c^{0.1}}$$

Donde:

- $\frac{I_1}{I_d}$ [adimensional] → índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica. A la zona de estudio aquí considerada le corresponde el valor de 8 (aunque está casi en el límite con la zona donde se considera un valor de 9; BOE, 2016), que es el más reducido de España.
- t_c [horas] → duración del aguacero. Por tanto, $F_a = 7,18$.
- F_b [adimensional] → factor obtenido a partir de las curvas IDF (Intensidad-Duración-Frecuencia) de un pluviómetro próximo. Como estas curvas no están disponibles para la zona de estudio, se toma $F_{int} = F_a = 7,18$.

El valor de I_d obtenido para cada periodo de retorno se recoge en la Tabla 8.

El coeficiente de escorrentía C define la parte de la precipitación de intensidad $I(T, t_c)$ que genera el caudal de avenida en el punto de desagüe de la cuenca. Se obtendrá mediante la siguiente formula:

$$\text{Si } P_d \cdot K_A > P_0 \rightarrow C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1 \right) \cdot \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23 \right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11 \right)^2}$$

$$\text{Si } P_d \cdot K_A < P_0 \rightarrow C = 0$$

Donde:

- C [adimensional] → Coeficiente de escorrentía

- $P_d[mm]$ → Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T considerado. Se ha obtenido mediante el ajuste de Gumbel.
- $K_A[adimensional]$ → Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca. En este caso se ha calculado como 0,98.
- $P_0[mm]$ → Umbral de escorrentía. Representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se determinará mediante la siguiente fórmula:

$$P_0 = P_0^i \cdot \beta$$

Donde:

- $P_0[mm]$ → Umbral de escorrentía
- $P_0^i[mm]$ → Valor inicial del umbral de escorrentía
- $\beta [adimensional]$ → Coeficiente corrector del umbral de escorrentía

El valor inicial del umbral de escorrentía P_0^i , se determinará a partir de: i) series de datos o mapas publicados por la Dirección General de Carreteras, en los que se obtenga directamente el valor de P_0^i para una determinada localización geográfica o ii) a partir de datos tabulados (en función del uso y el tipo de suelo) cuando la información anterior no esté disponible o en otras circunstancias detalladas en la Instrucción de carreteras (BOE, 2016). En este caso se selecciona “prados arbolados”, de pendiente <3% y Grupo del suelo “C”, con lo que $P_0^i = 22$.

La formulación del método racional efectuada requiere una calibración con datos reales de las cuencas, que se introduce en el método a través de un coeficiente corrector del umbral de escorrentía β . Cuando no se disponga de información suficiente en la propia cuenca de cálculo o en cuencas próximas similares, para llevar a cabo la calibración, se puede tomar el valor del coeficiente corrector a partir de datos tabulados (BOE, 2016). En este caso, a la región de Asturias (nº 12) le corresponde un valor medio $\beta_m = 0,95$. Por tanto, se obtienen los siguientes valores de c para cada periodo de retorno considerado.

Tabla 8. Valores del coeficiente de escorrentía

T (años)	P_d (mm/día)	K_A	P_0^i (mm)	β	P_0 (mm)	C
10	85,8	0,98	22	0,95	20,9	0,36
25	104,2					0,43
50	117,8					0,47
100	131,3					0,51
500	162,6					0,59

Finalmente, el coeficiente de uniformidad K_t , tiene en cuenta la falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación. Se obtendrá a través de la siguiente expresión:

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1.25}}{t_c^{1.25} + 14}$$

Donde:

- $K_t[adimensional]$ → Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación
- $t_c[horas]$ → Tiempo de concentración de la cuenca

En este caso, $K_t = 1,08$ y ya es posible calcular el caudal punta para diferentes periodos de retorno.

Tabla 9. Cálculo de caudal punta a la salida de la cuenca del reguero Gamazá para varios periodos de retorno, según el método racional

Periodo de retorno = T (años)	t_c (h)	A (km ²)	P_d (mm/día)	K_A	I_d (mm/h)	F_{int}	$I(T, t_c)$ (mm/h)	C	K_t	Q_T (m ³ /s)
10	1,23	1,82	85,8	0,98	3,51	7,18	25,2	0,36	1,08	5,0
25			104,2		4,26		30,6	0,43		7,2
50			117,8		4,82		34,6	0,47		9,0
100			131,3		5,38		38,6	0,51		10,8
500			162,6		6,66		47,8	0,59		15,3

Por lo tanto, el máximo caudal esperable a la salida de la cuenca del reguero Gamazá, para una precipitación de carácter excepcional, por ejemplo, con un periodo de retorno de 50 años (probabilidad del 2%), se estima en unos 9 m³/s. Por otra parte, teniendo en cuenta la lluvia útil media anual calculada en el estudio climático (317 mm/año) y el área de la cuenca (1,82 km²), el caudal medio anual de este reguero es de 18 l/s = **0,018 m³/s**. De hecho, este cauce habitualmente lleva muy poco agua y prácticamente se seca en periodos estivales o intervalos secos, ya que dada la baja permeabilidad del sustrato, hay muy poca infiltración y el caudal se debe fundamentalmente a la escorrentía superficial generada directamente por las precipitaciones. Como se verá más adelante, en los aforos realizados en el presente año, el caudal de este reguero fue siempre inferior a 30 l/s.

El caudal punta calculado corresponde al aporte de toda la cuenca y lógicamente, cualquier tipo de actuación (instalaciones, depósito) que se ubicara en la misma recibiría un aporte de escorrentía muy inferior. Si se considera la subcuenca (parte norte) cuya escorrentía pudiera interferir con las zonas de actuación (área coloreada en azul en la siguiente figura), de 0,44 km² de extensión, cálculos análogos a los explicados para la cuenca completa, conducen a los siguientes valores:

Tabla 10. Cálculo de caudal punta a la salida de la subcuenca de la zona de actuación para varios periodos de retorno, según el método racional

Periodo de retorno = T (años)	t_c (h)	A (km ²)	P_d (mm/día)	K_A	I_d (mm/h)	F_{int}	$I(T, t_c)$ (mm/h)	C	K_t	Q_T (m ³ /s)
10	0,63	0,44	85,8	1,00	3,57	10,13	36,2	0,37	1,04	1,7
25			104,2		4,34		44,0	0,44		2,4
50			117,8		4,91		49,7	0,48		3,0
100			131,3		5,47		55,4	0,52		3,6
500			162,6		6,77		68,6	0,59		5,1

Se recomienda que la zona de actuación sea limitada por un canal perimetral correctamente diseñado y dimensionado, de acuerdo con los datos de la anterior tabla, de forma que el agua de escorrentía de la parte norte de la cuenca no pueda entrar dentro de dicho recinto y se desvíe por dicho canal de "aguas limpias" para terminar discurriendo hacia el reguero Gamazá (ver siguiente figura), mientras que el resto de la cuenca, no afectada, seguirá drenando de forma natural. Se estima que este canal estará seco en periodos sin lluvias y llevará un caudal muy bajo el resto del año. Por otra parte, un canal paralelo al anterior o externo, pero en este

caso dentro de la zona de actuación y circundando perimetralmente a ésta, recogerá las “aguas de contacto” que serán gestionadas internamente en dicha zona para las necesidades de operación y sin posible afección al exterior. El diseño conceptual que se propone en esta figura es susceptible de modificaciones para conseguir un buen ajuste del canal de drenaje a la topografía del terreno y las necesidades del proyecto.

Con esta medida, que debería mantenerse mientras la mina esté en activo, se evitarán afecciones a las aguas superficiales, tanto en lo que se refiere a cantidad como a calidad del recurso. Aunque no se considera necesario, para una mayor seguridad, el reguero Gamazá podría ser entubado durante la vida activa de la mina (teniendo en cuenta los cálculos anteriores para el dimensionamiento de la sección de canalización), si el organismo de cuenca así lo requiriese.

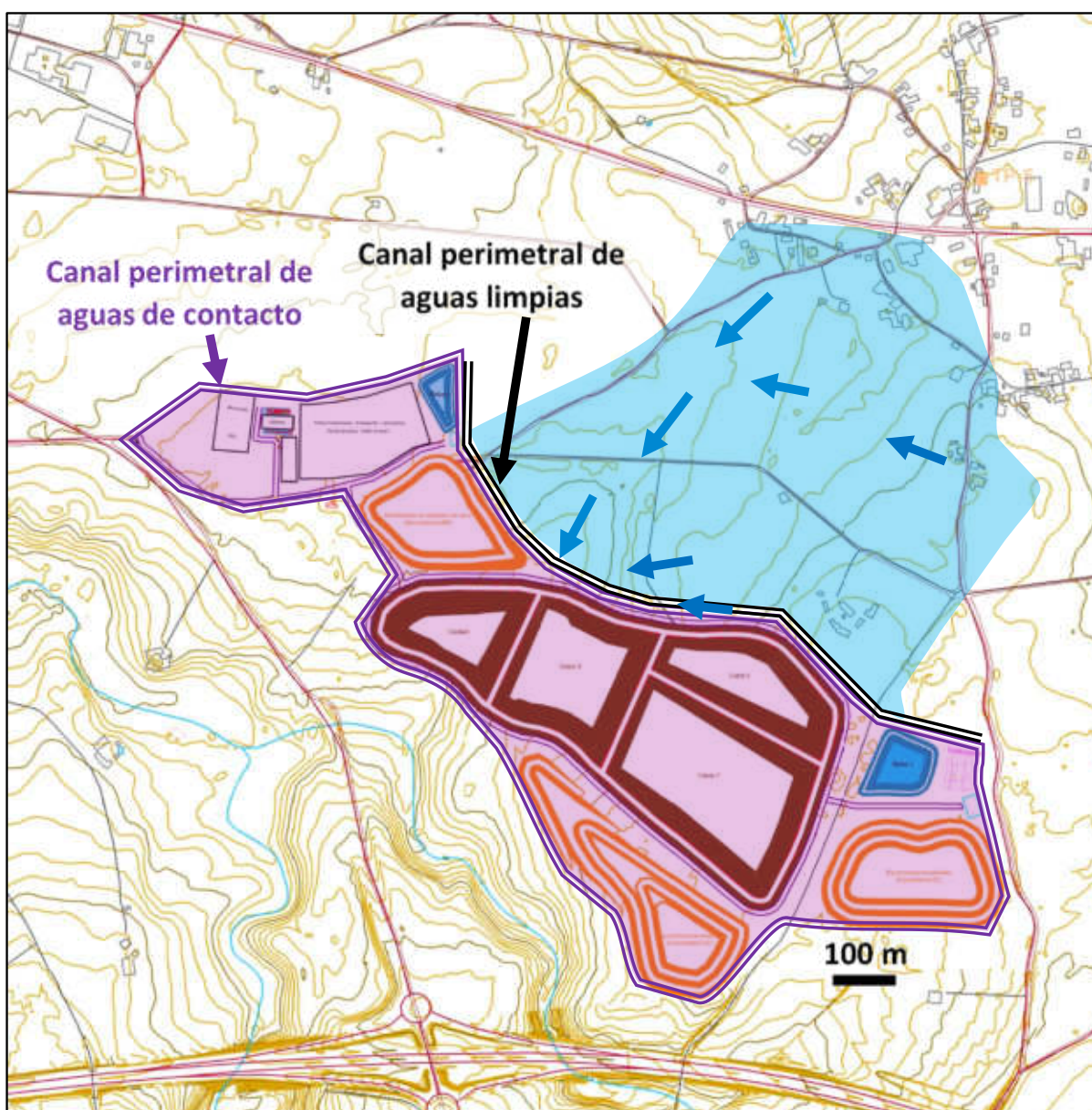


Figura 25. Propuesta de canales perimetrales a la zona de actuación

5.3. Aforos de cauces superficiales

Los aforos de aguas superficiales se han realizado mediante el empleo del molinete, que permite medir la velocidad del agua en varios perfiles (a varias profundidades en cada uno de ellos) de una sección del río, para finalmente obtener el caudal como producto de la velocidad por el área de la sección. Si ésta es lo suficientemente extensa, se subdivide en subsecciones y se calcula el caudal total como suma de los caudales parciales que atraviesan cada una de dichas subsecciones (se calcula una velocidad media de las velocidades puntuales medidas en cada una de ellas).

Se ha procurado establecer un punto de control en los cauces principales, así como en otros secundarios y estacionales. Los puntos seleccionados para aforo, así como el caudal medido en distintas fechas, se indican en la siguiente tabla. La situación de dichos puntos se muestra en la figura que se muestra a continuación.

Tabla 12. Puntos de aforo y valores de caudal (en l/s) estimados

Punto	Cauce	2013 mar-jul	2020						2021 04-jun
			06-mar	28-may	17-jun	03-jul	07-sep	30-dic	
1	Arroyo Orjales (cerca de su confluencia con el arroyo Gamazá)	[0,7 - 169]		46	7,5	3,5	9,1		11
2	Arroyo Gamazá (antes de su confluencia con el arroyo Orjales)	[4,0 - 98]		30	6,5	4,7	3,0		9,4
3	Reguero Gamazá (bajo la autopista)		27	25	3,3	<1	<1	30	2,0
4	Afluente W del río Muria por su margen izquierda	[0,4 - 31]			3,0	0,9	1,0	96	4,7
5	Río Muria (molino)	[5,8 - 379]	44	45	52	32	22	642	80
6	Río Anguileiro (desembocadura)	[16,5 - 916]		51	82	52	34	1451	132
10	Río Anguileiro (cerca de Fuente de la Virgen)	[10,3 - 207]				21			46
12	Río Muria (antes de recibir su afluente E por su margen izquierda)	[29,5 - 305]				11			47
13	Afluente E del río Muria por su margen izquierda	[3,6 - 18]			<1	<1	seco		
14	Regato sin nombre afluente N del Reguero Gamazá				seco	<1	seco	<1	<1
15	Regato de San Antonio					<1	seco	6,8	1,1
16	Río Anguileiro (cerca de Brul)								45

De acuerdo con los aforos realizados dentro del periodo considerado, el caudal del río Anguileiro puede llegar a superar 1 m³/s en invierno, con mínimos en verano. Como ya se ha adelantado, el caudal medido en el reguero Gamazá ha sido inferior a 30 l/s en el periodo de registro y su afluente (regato sin nombre) nunca supera 1 l/s.

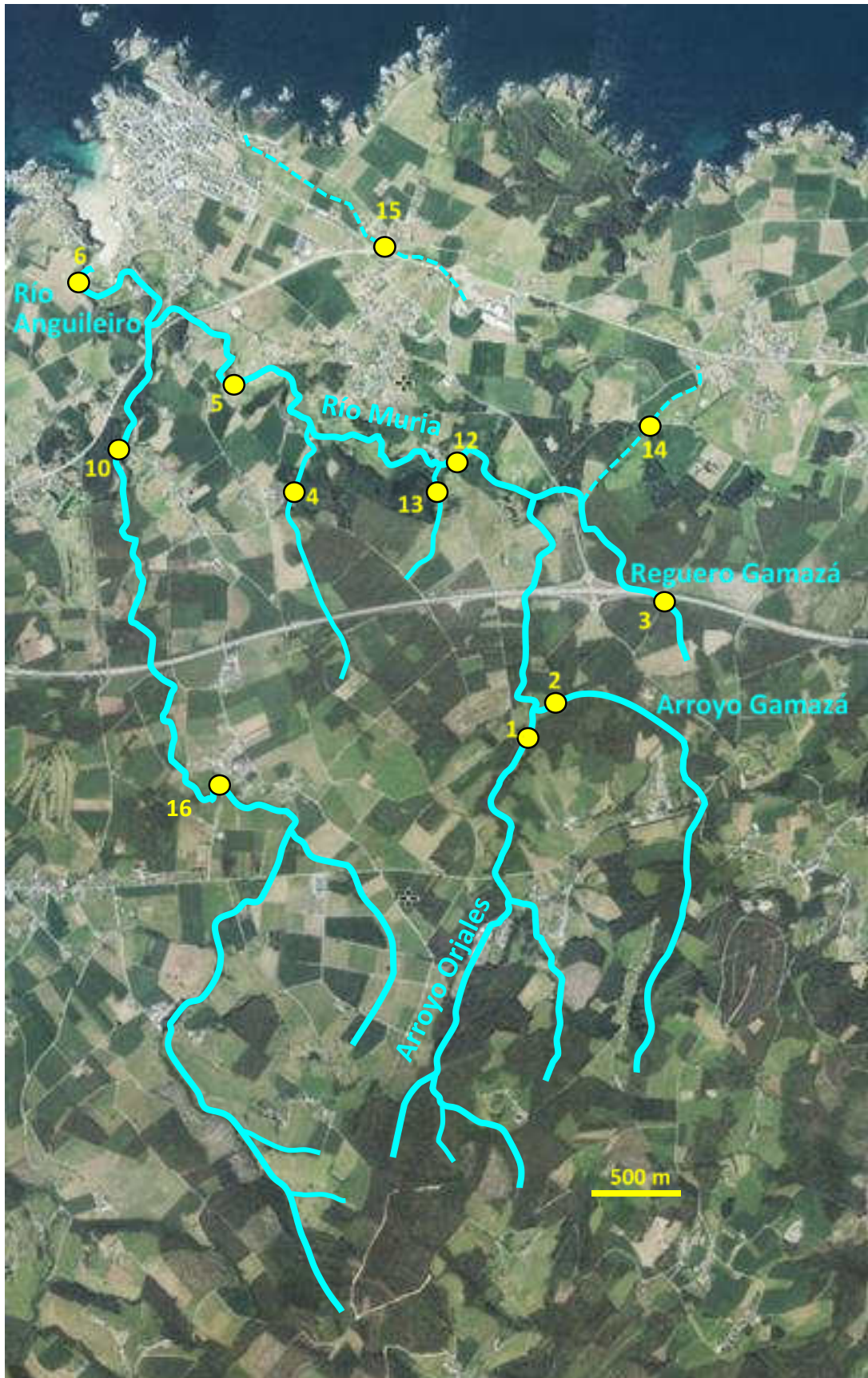


Figura 26. Situación de los puntos de aforo y muestreo de aguas superficiales

En todos los puntos indicados en la figura anterior se han realizado también medidas de parámetros in situ mediante una sonda multiparamétrica mod. HANNA, los cuales se recogen en la siguiente tabla.

De acuerdo con las medidas realizadas, las aguas superficiales muestreadas presentan un pH circumneutral y, en general, un débil grado de mineralización (baja concentración de iones disueltos). Únicamente cabe destacar que el río Anguileiro en su desembocadura llega a alcanzar una conductividad eléctrica superior a 2 mS/cm en julio y septiembre de 2020, lo cual se debe a la influencia mareal en la playa en la que desemboca y en mayo del mismo año una temperatura superior a los 24°C.

Las figuras que se incluyen a continuación muestran fotos de los puntos seleccionados, en algunos casos en épocas distintas (ver situación en la Figura 26).

Por otra parte, cabe indicar que se muestrearon los puntos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 en junio de 2020 y los puntos 1, 2, 3, 4, 6, 10, 12, 14, 15 y 16 en junio de 2021 para realizar un análisis químico en laboratorio, cuyos resultados se recogen en el apartado de Hidroquímica.

Tabla 13. Parámetros medidos in situ en las aguas superficiales (situación en figura 26)

Punto	Cauce	Fecha	pH	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	TDS (ppm)	Salinidad (mg/l)
1	Arroyo Orjales	abr 2013	5,74	11,3	105		
		28/05/2020	6,87	19,2	197	94	
		17/06/2020	7,15	17,0	180	127	93
		03/07/2020	6,45	17,4	256	181	121
		07/09/2020	7,78	18,2	188	145	95
		04/06/2021	7,04	13,4	153	109	71
2	Arroyo Gamazá	abr-jun 2013	[6,05 - 6,41]	[11,2 - 13,6]	[95 - 247]		
		28/05/2020	6,83	16,7	156	77	
		17/06/2020	7,12	16,9	201	133	95
		03/07/2020	6,70	15,1	151	107	70
		07/09/2020	7,88	16,8	145	102	66
		04/06/2021	7,19	14,8	159	108	70
3	Reguero Gamazá	abr-jul 2013	[6,00 - 6,70]	[10,3 - 15,4]	[143 - 190]		
		28/05/2020	6,67	19,2	196	98	
		17/06/2020	6,86	15,3	219	174	104
		03/07/2020	6,64	16,1	212	149	97
		07/09/2020	7,22	18,7	244	165	109
		30/12/2020	7,37	11,4	166	118	78
04/06/2021	6,79	15,4	233	162	109		
4	Afluente W del río Muria	abr-jul 2013	[6,35 - 6,63]	[12,2 - 17,6]	[161 - 191]		
		17/06/2020	7,19	17,3	222	154	124
		03/07/2020	6,78	17,4	232	193	110
		07/09/2020	7,47	17,6	187	133	88
		30/12/2020	7,56	9,8	191	135	90
		04/06/2021	6,58	15,4	199	142	94
5	Río Muria (tramo final)	abr-jul 2013	[6,31 - 6,41]	[11,1 - 11,2]	[218 - 247]		
		28/05/2020	6,79	19,3	221	112	
		17/06/2020	7,16	16,6	204	145	97
		03/07/2020	6,83	16,8	217	154	103
		07/09/2020	7,41	18,8	202	143	95
		30/12/2020	7,73	11,1	246	171	114
04/06/2021	6,60	16,4	211	151	101		
6	Río Anguileiro (desembocadura)	abr-jul 2013	[6,50 - 6,83]	[10,8 - 12,9]	[176 - 363]		
		28/05/2020	8,45	24,4	363	182	
		17/06/2020	7,36	17,4	945	671	465
		03/07/2020	7,57	23,0	2310	1642	1262
		07/09/2020	8,67	23,7	3190	2270	1877
		30/12/2020	7,10	10,1	388	275	185
04/06/2021	6,73	20,7	358	254	171		
10	Río Anguileiro	abr-jul 2013	[6,75 - 7,18]	[11,5 - 12,9]	[201 - 284]		
		03/07/2020	6,72	16,3	245	173	116
		04/06/2021	6,73	14,4	250	178	119
12	Río Muria (antes de recibir afluente E)	abr 2013	6,27	10,9	137		
		03/07/2020	6,83	16,0	181	129	85
		04/06/2021	6,62	14,8	174	124	81
13	Afluente E del río Muria	17/06/2020	6,72	16,3	184	131	86
		03/07/2020	6,73	19,1	241	171	115
14	Regato afluente N del Reguero Gamazá	03/07/2020	6,83	18,9	280	199	133
		04/06/2021	6,68	17,1	361	255	171
15	Regato de San Antonio	03/07/2020	6,69	20,6	363	264	176
		30/12/2020	6,75	10,3	275	187	125
		04/06/2021	6,92	17,6	331	234	156
16	Río Anguileiro (Brul)	04/06/2021	6,66	16,7	184	130	87



Figura 27. Puntos de aforo y muestreo en 2020: Punto 1 (arroyo Orjales); Punto 2 (Arroyo Gamazá); Punto 3 (reguero Gamazá en verano (izda.) e invierno (dcha.))

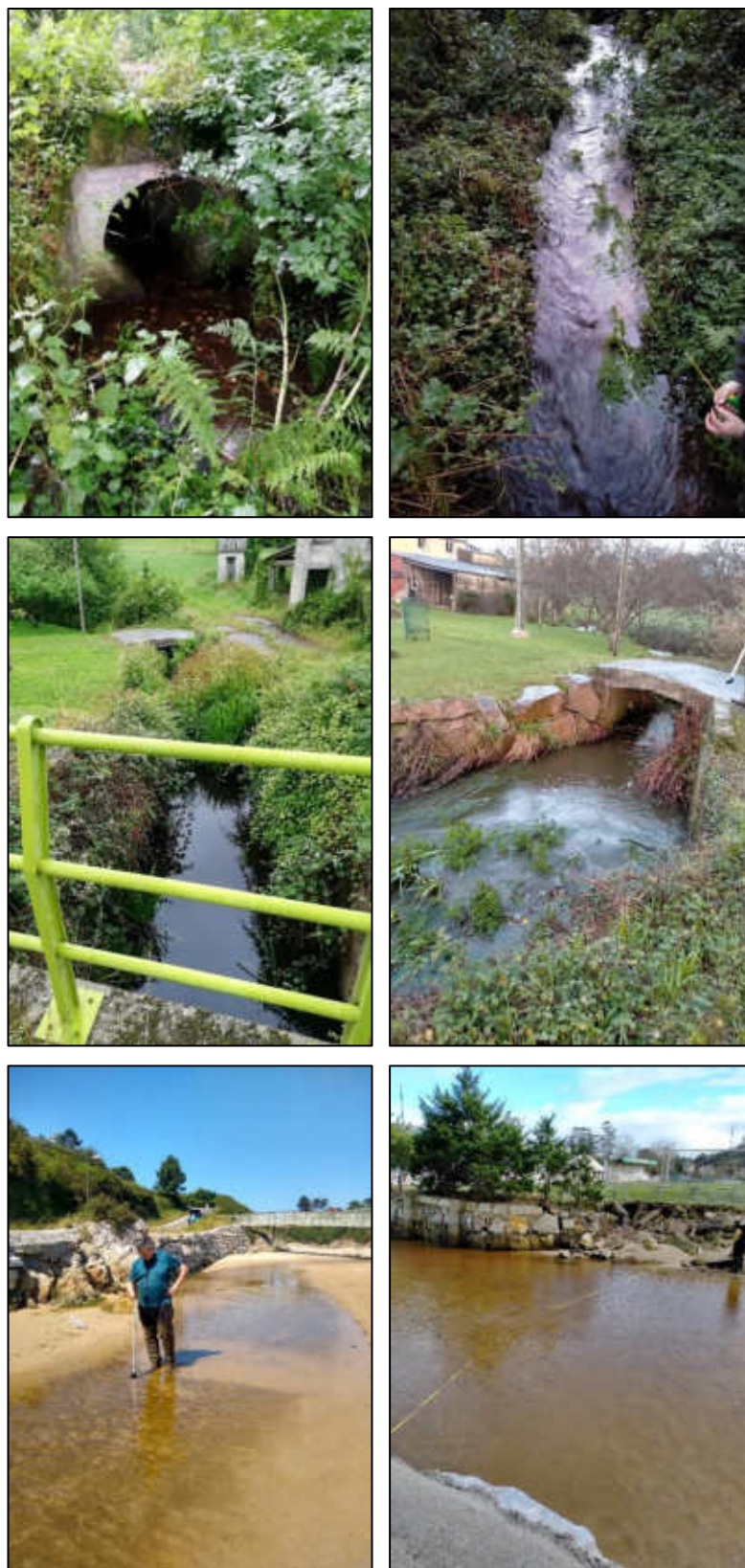


Figura 28. Puntos de aforo y muestreo en verano (izda.) e invierno (dcha.) de 2020: Punto 4 (afluente W del río Muria); punto 5 (río Muria en su tramo final); punto 6 (río Anguileiro en su desembocadura)

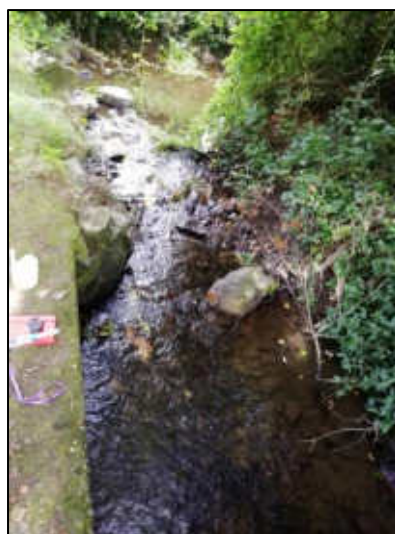


Figura 29. Puntos de aforo y muestreo en verano de 2020: Punto 10 (río Anguileiro junto a la fuente de la Virgen); Punto 12 (río Muria, antes de recibir su afluente E); Punto 13 (afluente E del río Muria)



Figura 30. Puntos de aforo y muestreo en invierno de 2020: Punto 14 (Regato afluente N del Reguero Gamazá); Punto 15 (regato de San Antonio en verano (izda.), en invierno (centro) y desembocadura en la playa de Tapia (dcha.))

5.4. Lagunas de Silva

Estas lagunas son el resultado de la explotación minera romana de los s. I y II. Actualmente quedan incluidas en un bosque cerrado de pinos y eucaliptos de forma que casi no entra la luz del sol y el agua está eutrofizada. Existen varias lagunas, que tienen unas pocas decenas de metros de diámetro y de poca profundidad en general. Dos de ellas son lagunas permanentes y el resto son efímeras, que mantienen agua sólo en épocas húmedas. Las lagunas han sufrido procesos de colmatación, en parte debido al aporte antrópico procedente de una explotación minera de molibdeno muy próxima, desarrollada en los años 40 del pasado siglo, además de la colmatación natural a consecuencia de la materia vegetal en descomposición.



Figura 31. Lagunas de Silva: imagen de 1910 y estado actual (2021)

El sistema de las lagunas constituye una pequeña cuenca exorreica, que drena hacia la Playa de El Figo, a través de una galería minera romana de 1,5 m de alto por 80 cm de ancho, situada a unos 5 m por encima del nivel de la playa. Este sistema recibe agua de precipitación, que hace que el nivel de las lagunas oscile hasta 50 cm (según el registro en piezómetros entre marzo y julio de 2013) y de escorrentía, como por ejemplo un pequeño aporte procedente de la galería de la explotación de Mo, que entra en la llamada Laguna Seca, cuyo caudal es inferior a 0,4 l/s (Universidad de Oviedo, 2013). Existe una segunda galería, al oeste de la primera y con la misma dirección, en la que no se observó presencia de agua durante los reconocimientos de campo realizados.



Figura 32. Situación de las lagunas de Silva (contorno azul) y puntos de muestreo



Figura 33. Galería de Mo y drenaje que procedente de ésta entra a la Laguna Seca

Además de la galería romana que drena hacia la playa de El Figo, existe otra análoga a una cota inferior, pero cuya salida está cegada por material de arrastre de la marea y existe constancia de una tercera galería, también colmatada (Universidad de Oviedo, 2013). De acuerdo con los aforos del drenaje de la primera galería realizados (tabla siguiente), su caudal es bajo, variando entre <1 y 9 l/s.

Tabla 14. Caudal medido en el drenaje de la Playa de El Figo

Fecha	Caudal (l/s)
04/06/2021	4,0
30/12/2020	5,0
03/07/2020	< 1
17/06/2020	2,5
06/03/2020	3,8
ene-mar 2013	[4,0 - 9,4]

También se han realizado medidas de parámetros in situ y muestreo en los puntos que se señalan en la Figura 32 (A, B, C, D, 7 y 9). En los 6 puntos señalados se realizaron medidas de parámetros in situ en varias fechas de 2020 y 2021. En los puntos 7 (entrada a la Laguna Seca, donde recibe el aporte de la galería de Mo) y 9 (drenaje a través de la galería romana en la Playa de El Figo), se tomaron además sendas muestras para realizar un análisis químico más completo, cuyos resultados se comentan en el apartado de Hidroquímica. El punto 9 (drenaje desde la galería) está incluido en el Inventario de aguas minerales y termales del Principado de Asturias (IGME, 2002) como “Fuente del Figo”; en el estudio también del IGME, pero más reciente (2015), se le atribuyen un pH de 7,2 (neutro) y una conductividad eléctrica de 566 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (mineralización débil-moderada), los cuales son coherentes con los medidos por la Universidad de Oviedo en los últimos años (2013, 2020 y 2021).

El agua de las lagunas muestra en general un aspecto de agua estancada (punto A), en algunos casos con un característico color verde (punto B). El punto C corresponde a un pequeño regato que atraviesa la zona y que presentaba espumas blancas y el punto D a la laguna situada a cota más elevada. A continuación, se incluyen fotos de estos puntos y una tabla con los valores de los parámetros determinados in situ con una sonda multiparamétrica. En estos resultados se aprecia que el agua en las lagunas tiene un pH neutro, una conductividad eléctrica comprendida entre 250 y 780 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (mineralización débil-moderada) y un ORP negativo, como corresponde a un ambiente reductor.

Tabla 15. Parámetros medidos in situ en las Lagunas de Silva

Punto	Descripción	Fecha	pH	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	TDS (ppm)	ORP (mV)	Salinidad (mg/l)
7	Entrada a Laguna (galería Mo)	abr-jul 2013	[5,51 - 7,52]	[9,2 - 17,7]	[213 - 503]			
		06/03/2020	7,45	14,4	325	163		
		28/05/2020	7,27	22,7	296	136		
		17/06/2020	6,91	16,5	346	245	-7,8	165
		03/07/2020	6,33	19,6	273	196	-10,1	131
A	Laguna (agua estancada)	06/03/2020	7,04	11,5	705	355		
		04/06/2021	6,55	14,0	327	237		160
B	Laguna (agua verde)	06/03/2020	6,59	11,7	259	130		
C	Regato con espumas	06/03/2020	7,26	12,1	457	229		
D	Laguna a mayor cota	06/03/2020	7,10	13,0	779	380		
9	Drenaje galería romana Playa El Figo	abr-jul 2013	[6,55 - 7,41]	[10,9 - 11,1]	[558 - 588]			
		06/03/2020	7,45	11,4	420	209		
		17/06/2020	7,87	15,4	485	337	-61,7	232
		03/07/2020	7,20	16,2	480	339	-28,2	230
		04/06/2021	7,00	14,1	440	313	-12,7	212



Figura 34. De izquierda a derecha y de arriba abajo (ver situación en Figura 32): Galería 1; Punto 7; Punto A; Punto B; Punto C; Punto D y Punto 9 (drenaje por la galería romana hacia la playa de El Figo en marzo, junio y diciembre de 2020)

6. HIDROGEOLOGÍA

Hidrogeológicamente, la zona de estudio se enmarca en la masa de agua subterránea Eo-Navia-Narcea (cód. 12.001). No existen sistemas hidrogeológicos en sentido estricto sino niveles de pizarras, areniscas y cuarcitas de la Zona Astur Occidental-Leonesa, metamorizadas y afectadas de intenso plegamiento y que pueden tener una baja permeabilidad por fracturación y diaclasado por descompresión, por lo que no procede hablar de recursos y reservas. El mecanismo principal de recarga es la infiltración de la precipitación sobre las zonas de mayor permeabilidad relativa y la descarga natural se realiza a través de los principales ríos. Existen pequeños manantiales y sondeos de poca profundidad (<50 m) realizados a rotopercusión para abastecimientos a núcleos rurales y ganaderías con caudales inferiores a 1 l/s por sondeo. Debido a su naturaleza poco permeable, esta masa de agua presenta una vulnerabilidad a la contaminación mayoritariamente baja-muy baja, aunque existe riesgo de contaminación por residuos ganaderos que finalmente son arrastrados a los arroyos. Esto ha sido confirmado por la detección de elevados contenidos en nitratos en aguas superficiales y subterráneas (IGME, 2015).



Figura 35. Masas de agua de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental (CHC, 2015)

A continuación, se comentan los datos recogidos acerca de fuentes, sondeos y pozos en la zona de estudio.

6.1. Fuentes

Se describen a continuación las fuentes próximas a la zona de estudio. Dado el carácter poco permeable del sustrato geológico, no existen fuentes de entidad en el entorno. Las que se han estudiado surgen en los materiales cuaternarios, excepto una (Fuente de la Virgen) que aflora en la Serie Los Cabos y tienen un caudal muy bajo, inferior a 0,2 l/s. La situación de las fuentes estudiadas se muestra en la siguiente figura y a continuación éstas se describen brevemente.

- **Fuente San Antonio:** Se sitúa inmediatamente al sur de la N-634 y por su situación se deduce que drena depósitos superficiales marinos (rasa). Se encuentra en buen estado de conservación. Su caudal se incorpora al arroyo de San Antonio.
- **Fuente del Reguero:** Se ubica al norte de la localidad de Salave y, aunque no se ha podido comprobar directamente, se estima que drena una formación superficial dispuesta sobre

la granodiorita. Se encuentra totalmente inaccesible, lo que impide su aforo y su muestreo. A pesar de su curiosa situación, los vecinos consultados confirman que tiene un pequeño caudal, similar al de la Fuente Nueva, que no se llega a secar en verano.

- **Fuente Nueva:** Localizada al oeste de la localidad de Salave, presenta idénticas características a las descritas para la Fuente del Reguero, aunque está bien acondicionada y es accesible.
 - **Fuente de la Virgen de la Encontrela:** Se ubica en un sendero que se aleja de la carretera, al sur del desvío a Casariego, desde la N-634. Constituye un drenaje natural de la Serie Los Cabos, unos m por debajo de un horizonte de cuarcitas blancas, que proporciona un relieve positivo.
 - **Fuente Calabaza:** Se encuentra en un sendero que desde Pontraviza discurre en dirección oeste. Se corresponde aproximadamente con el contacto entre los depósitos de grava y arena de la rasa (a la que drena) y el aluvial del río Muria, coincidiendo con un ligero cambio de pendiente. Está accesible y bien acondicionada.
- ***Fuente Pontevella:** Aunque figura en la cartografía, no se ha localizado en el reconocimiento de campo y los vecinos desconocen su existencia.



Figura 36. Situación de las fuentes próximas a la zona de estudio

En julio y diciembre de 2020 y junio de 2021 se visitaron estas fuentes para aforar su caudal y realizar unas medidas de parámetros in situ, mediante una sonda multiparamétrica. Los resultados se recogen en la siguiente tabla.

Se observa que todas presentan un pH en torno a 6-7 y un caudal muy similar, el cual, aunque se incrementa en época de lluvias no alcanza 0,5 l/s en ningún caso. El agua de la fuente que drena la Serie Los Cabos (Fuente de la Virgen) tiene una conductividad eléctrica y un contenido en sólidos disueltos algo inferiores al resto, que drenan los depósitos de rasa. Las siguientes figuras muestran el aspecto de cada una de las fuentes.

Tabla 16. Caudal y parámetros medidos in situ en las fuentes próximas a la zona de estudio

		Caudal (l/s)	pH	Temperatura (°C)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	TDS (ppm)	ORP (mV)	Salinidad (mg/l)
Fuente San Antonio	03-07-20	0,13	5,84	17,9	346	247	53	165
	30-12-20	0,21	6,01	14,7	233	167	44	112
	04-06-21	0,05	6,64	17,0	302	215	7,7	146
Fuente Nueva	03-07-20	0,18	6,26	18,0	442	312	31	233
	30-12-20	0,42	7,21	14,2	456	323	22	218
	04-06-21	0,13	6,54	18,2	462	339	10	228
Fuente de la Virgen	03-07-20	0,19	6,06	17,7	219	157	41	106
	30-12-20	0,29	5,53	14,4	200	150	71	109
	04-06-21	0,28	6,47	15,9	240	169	13	113
Fuente Calabaza	03-07-20	0,15	6,32	15,5	233	213	26	121
	30-12-20	0,30	7,60	10,5	170	120	35	79
	04-06-21	0,19	6,68	14,3	183	130	2,2	86



Figura 37. Fuentes próximas a la zona de estudio: Fuente de San Antonio (en verano (izda.) e invierno (dcha.)) y Fuente del Reguero (oculta)

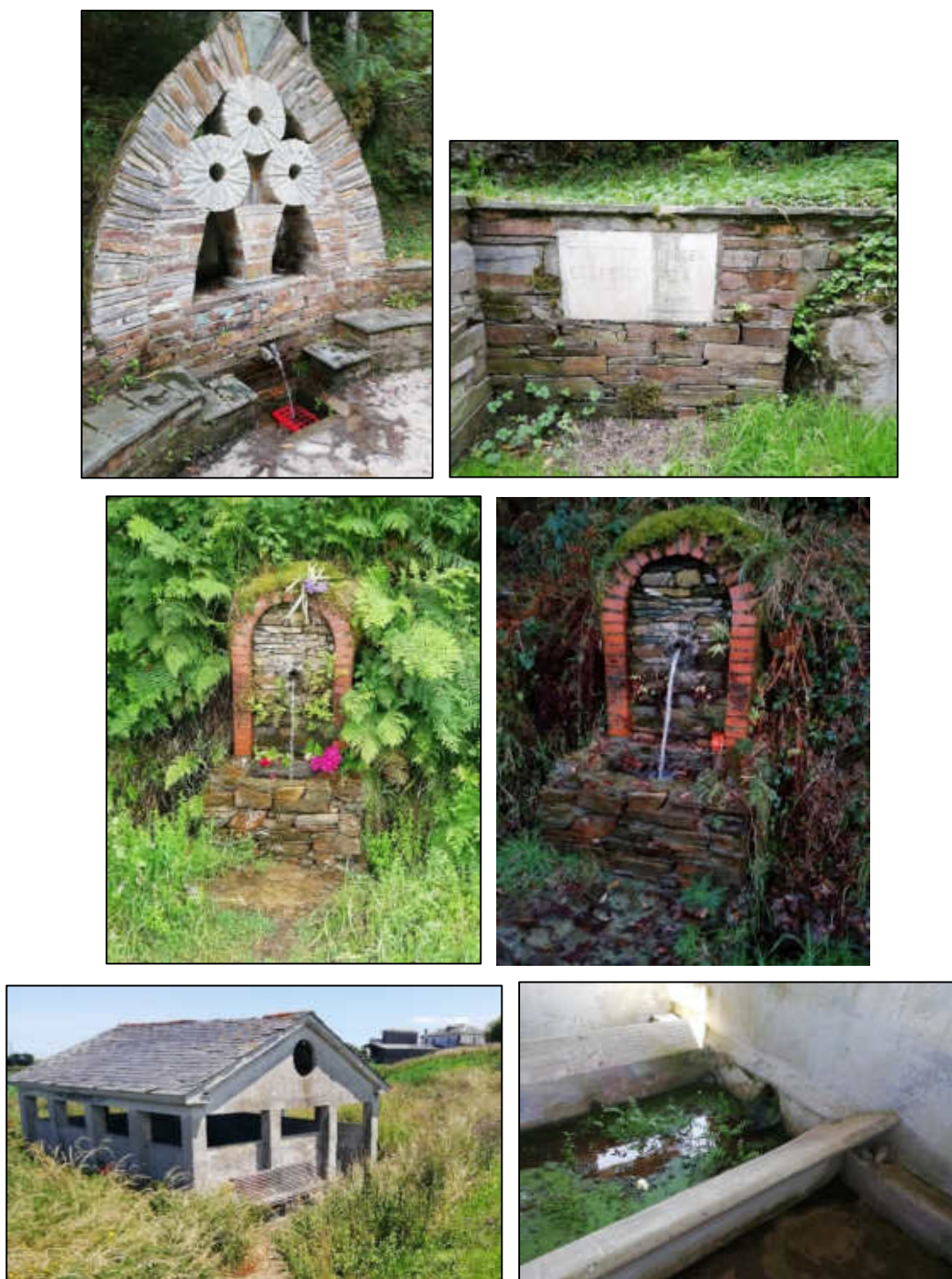


Figura 38. Fuentes próximas a la zona de estudio: Fuente de la Virgen de la Encontrela, Fuente Calabaza (en verano (izda.) e invierno (dcha.)) y Fuente Nueva (exterior e interior)

6.2. Pozos y sondeos

En informes anteriores (FRASA, 2004; IGME, 2015) se cita la existencia de varios pozos particulares, pero la mayoría de ellos no se encuentran ya operativos. En la siguiente figura se muestra la situación de 2 pozos (Casas Teixo y La Foyada) que fueron muestreados en 2015.



Figura 39. Situación de los pozos accesibles en el entorno de la zona de explotación

De los más de 100 sondeos realizados por las compañías mineras en diversas campañas en los últimos años, en la actualidad solamente se encuentra accesible el sondeo L0201, también llamado de abastecimiento. Fue realizado a rotoperusión por la empresa Lyndex en 2002, con un diámetro de interior de 34 cm y hasta una profundidad de 200 m, estando el primer tramo entubado. Se ubica en terrenos propios de la empresa y está debidamente acondicionado para que no exista riesgo de accidentes. En este sondeo se ha podido medir el nivel del agua y muestrear ésta en 2020 y 2021 (los resultados analíticos se recogen en el apartado de Hidroquímica). La profundidad del nivel de agua está en torno a 10 m por debajo del borde de la tubería, que se encuentra a 21 cm por encima de la superficie; medidas de campañas anteriores revelan que el nivel estaba hasta 4 m más alto (FRASA, 2004). Los valores de profundidad del nivel y medidas de parámetros in situ realizados en 2020 y 2021 se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 17. Profundidad del nivel de agua (respecto al brocal) y parámetros medidos in situ en el agua del sondeo L0201

	28/05/2020	17/06/2020	03/07/2020	07/09/2020	30/12/2020	04/06/2021
Profundidad N.P. (m)	10,7	10,5	11,1		10,9	11,0
pH		7,80	6,89	7,77	7,88	6,65
Temperatura (°C)		15,3	15,5	15,4	13,3	14,4
Conductividad eléctrica (µS/cm)		199	190	190	196	184
TDS (ppm)		99	135	89	141	132
Salinidad (mg/l)		85	89	135	93	87



Figura 40. Sondeo L0201

6.3. Determinación de parámetros hidrogeológicos

Además de las consideraciones ya expuestas en la descripción geológica, se han podido determinar los parámetros hidrogeológicos, tales como conductividad hidráulica, transmisividad o coeficiente de almacenamiento en los materiales geológicos presentes en la zona de estudio, fundamentalmente mediante ensayos de laboratorio y ensayos de bombeo en campo. Los métodos aplicados y los resultados obtenidos se incluyen a continuación, para cada uno de los mismos.

6.3.1. Complejo ígneo mineralizado

Una muestra de granodiorita fresca, procedente de un testigo del sondeo RN-27 realizado por la empresa Río Narcea Gold Mines en la zona mineralizada, y tomada a 298 m de profundidad, fue sometida a un ensayo de permeabilidad. Dado que en España no se encontró ningún laboratorio que realice este tipo de determinaciones en rocas de baja permeabilidad, la muestra fue remitida al laboratorio de *PanTerra Geoconsultants* (Países Bajos).



Figura 41. Testigo de granodiorita enviado a Holanda para determinación de permeabilidad

El procedimiento es el siguiente: A partir de la muestra de mano se corta una muestra cilíndrica de 1,5 pulgadas de diámetro, y ésta se seca en un horno hasta alcanzar un peso estable. La muestra se carga en un soporte o cámara de tipo Hassler y se aplica una presión de confinamiento de 400 psi. Un permeámetro digital de nitrógeno gas va conectado al soporte, de forma que se inyecta el gas a través de la muestra. Cuando se alcanzan las

condiciones de equilibrio (presión y caudal en régimen permanente, sin variar con el tiempo), se toman los valores de temperatura, caudal, presión y tamaño de la muestra. La permeabilidad se obtiene en milidarcys (mD) a partir de la aplicación de la ley de Darcy:

$$k_g = \frac{M \cdot Q \cdot P_b \cdot L}{A \cdot D_p \cdot P_m}$$

Donde:

k_g : permeabilidad al gas (darcy)

M : viscosidad del gas (centipoise)

Q : caudal de gas (ml/s)

P_1 y P_2 : presión en los extremos inicial y final del testigo (muestra), respect. (atmósferas)

$P_m = (P_1 + P_2)/2$: presión media de poro (atmósferas)

P_b : presión base o atmosférica (atmósferas)

$D_p = (P_1 - P_2)$: presión diferencial (atmósferas)

L : longitud de la muestra (cm)

A : sección transversal de la muestra (cm²)

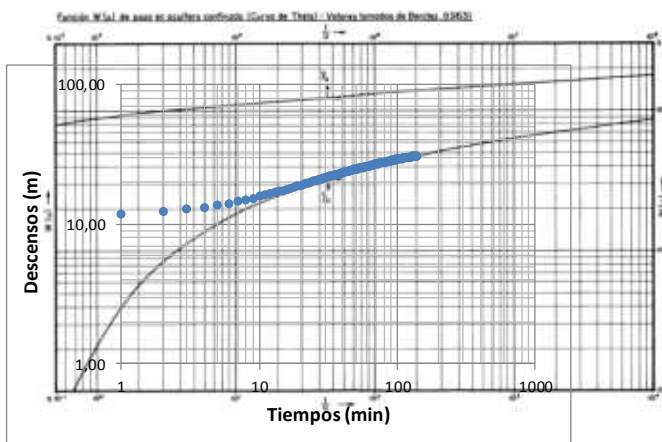
El resultado obtenido para la muestra de granodiorita es una permeabilidad muy baja, de 0,005 mD, lo que equivale a **4,155 · 10⁻⁶ m/día**, o lo que es lo mismo, **4,80 · 10⁻¹¹ m/s**, prácticamente en el límite inferior de lo que este ensayo puede determinar -la permeabilidad se considera muy baja por debajo de 10⁻² m/día y en este caso es 4 órdenes inferior (Tabla 19)-. A modo de comparación, se puede citar que según el RD 1481/2001, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, establece que para la base y los lados de los vertederos de residuos peligrosos, es necesaria una barrera geológica natural de al menos 5 m de espesor y una permeabilidad menor o igual a 10⁻⁹ m/s. Por otra parte, según la clasificación hidrogeológica de Custodio y Llamas (2001), los materiales de permeabilidad inferior a 10⁻⁴ m/día se consideran “prácticamente impermeables”. **Se puede considerar, en definitiva, que la roca primaria es impermeable.**

No obstante, la permeabilidad que puede llegar a tener esta roca ígnea es la debida a la fracturación que haya podido sufrir (asociada a su porosidad secundaria). Para ello, el mejor método para determinar los parámetros hidrogeológicos de una formación geológica in situ, es un ensayo de bombeo. Los ensayos de bombeo permiten caracterizar los pozos de captación de aguas subterráneas y el acuífero en que se encuentran. La metodología consiste en, tras una medida inicial de los niveles de agua iniciales, bombear (a caudal constante o variable) en un sondeo siguiendo la evolución (descenso) del nivel del agua en el propio pozo de bombeo y en otros cercanos denominados pozos de observación. Cuando se apaga la bomba, el nivel se recupera hasta el estadio inicial y el control de dicho ascenso permite interpretar el ensayo en recuperación. El registro de los datos de nivel suele realizarse con sensores tipo Diver. El estudio de las variaciones de estos niveles permite establecer los parámetros hidrogeológicos (permeabilidad (k), transmisividad (T) y coeficiente de almacenamiento (S)), siguiendo los métodos de interpretación aplicables. En este caso, pese a que no se trata de un acuífero en sentido estricto, se aplicará este método para obtener unos parámetros hidrogeológicos equivalentes.

En 2013 se realizaron varios ensayos de bombeo en la zona mineralizada, en cada uno de los sondeos que contaban con unas condiciones aptas de acabado y conservación para este fin (L0201, Hidro1 e Hidro2), que fueron realizados a caudal constante (continuo y escalonado) e interpretados en bombeo y en recuperación (régimen variable) por dos métodos (Theis y Jacob) y en régimen permanente (método de Thiem). Los parámetros hidrogeológicos del

complejo ígneo obtenidos son perfectamente válidos y no se entrará en este apartado a describir los ensayos (los detalles se recogen en el Apéndice II) ni la interpretación de los mismos. Únicamente se presenta, a modo de ejemplo, la interpretación del ensayo realizado en el sondeo Hidro2, por estar completamente perforado (unos 60 m) en la granodiorita.

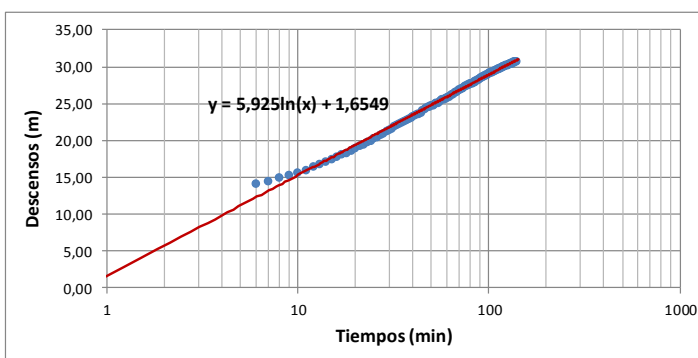
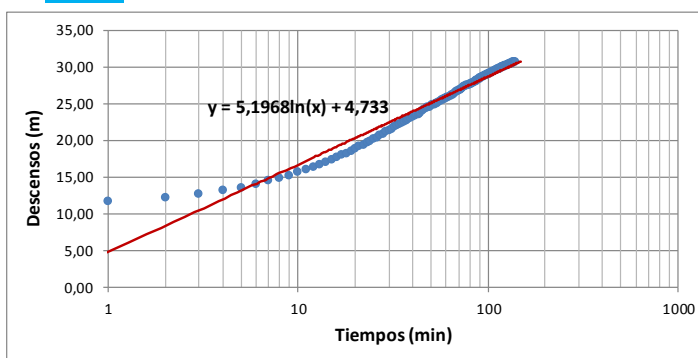
THEIS Pozo de bombeo



$$T = \frac{QW(u)}{4\pi d}$$

Q (l/s)	Q (m ³ /día)	W(u)	1/u	d (m)	t (min)	t (días)	T (m ² /día)
0,092	7,95	4	100	25,82	60	0,0417	0,10
0,092	7,95	3	30	18,36	18	0,0125	0,10
							0,10

JACOB Pozo de bombeo



Ajuste en periodo de validez de Jacob (despreciando valores iniciales)

$$T = 0,183 \frac{Q}{\Delta d}$$

Q (l/s)	Q (m ³ /día)	Δd (m)	T (m ² /día)
0,092	7,95	13,628	0,11

Figura 42. Ejemplo de interpretación de un ensayo de bombeo en el sondeo HIDRO2, para obtener la transmisividad de la granodiorita por los métodos de Theis y Jacob

En la siguiente tabla se muestra un resumen de todos los resultados obtenidos.

Tabla 18. Resumen de los parámetros hidrogeológicos obtenidos durante la interpretación de los ensayos de bombeo en la granodiorita

Pozo de Bombeo	Tipo de ensayo	Descensos medidos en:	Método de interpretación	T (m ² /día)	k (m/día)	S	
L0201	Bombeo escalonado	Pozo bombeo	Escalón1	Theis	0,72	0,008	-
				Jacob	0,79		-
			Escalón2	Theis	0,56	0,006	-
				Jacob	0,62		-
		Piezómetro RN20	Theis	0,72	0,010	3,6E-04	
			Jacob	0,85		2,5E-04	
	Descensos específicos	Pozo bombeo	Theis	0,78	0,006	-	
			Jacob	0,56		-	
		Piezómetro RN20	Theis	0,51	0,033	2,6E-04	
			Jacob	1,02		2,2E-04	
Recuperación	Pozo bombeo	Theis	0,77	0,015	-		
		Jacob	0,73		-		
Piezómetro	Theis	1,01	0,008	-			
	Hidro1	Bombeo 1	Pozo bombeo	Theis	2,44	0,025	-
Jacob				2,12	-		
Recuperación parcial 1		Pozo bombeo	Theis	0,09	0,022	-	
			Jacob	0,13		-	
Bombeo 2		Pozo bombeo	Theis	0,21	0,003	-	
			Jacob	0,22		-	
Recuperación total		Pozo bombeo	Theis	0,21	0,113	-	
			Jacob	0,54		-	
Hidro1 bis	Bombeo1	Pozo bombeo	Theis	0,32	0,009	-	
			Jacob	0,70		-	
	Recuperación1	Pozo bombeo	Theis	1,03	0,140	-	
			Jacob	1,27		-	
	Bombeo2	Pozo bombeo	Theis	0,77	0,012	-	
			Jacob	0,32		-	
	Recuperación2	Pozo bombeo	Theis	0,61	0,096	-	
			Jacob	1,03		-	
Hidro2	Bombeo escalonado	Pozo bombeo	Escalón1	Theis	0,21	0,004	-
				Jacob	0,83		-
			Escalón2	Theis	0,10	0,005	-
				Jacob	0,11		-
	Descensos específicos	Pozo bombeo	Theis	0,18	0,004	-	
			Jacob	0,17		-	
	Recuperación1	Pozo bombeo	Theis	0,05	0,019	-	
			Jacob	0,18		-	
	Bombeo2	Pozo bombeo	Theis	0,16	0,005	-	
			Jacob	0,29		-	
Recuperación2	Pozo bombeo	Theis	0,06	0,029	-		
		Jacob	0,17		-		
L0201	Bombeo rég. Permanente	Pozo bombeo	Thiem	0,47	0,003	-	
	Recuperación	Pozo bombeo	Theis	0,52	0,004	-	
Jacob			0,54	-			
NSC14	Oscilación del nivel piezométrico			-	-	1,5E-04	
Mínimo:				0,05	0,003	1,5E-04	
Máximo:				2,44	0,140	3,6E-04	
Mediana:				0,54	0,009	2,5E-04	
Media logarítmica:				0,41	0,012	2,4E-04	
Media aritmética:				0,58	0,025	2,5E-04	

En la siguiente tabla se muestra una calificación estimativa de los parámetros hidrogeológicos estudiados:

Tabla 19. Calificación hidrogeológica en función de la permeabilidad y la transmisividad

Permeabilidad = k (m/día)	Calificación	Acuífero	Transmisividad = T (m ² /día)	Calificación
$< 10^{-2}$	Muy baja	Impermeable, no drena	< 10	Muy baja
$10^{-2} - 1$	Baja	Drena mal	10 – 100	Baja
1 - 10	Media	Drena bien	100 - 500	Media
10 - 100	Alta		500 - 1000	Alta
> 100	Muy alta		> 1000	Muy alta

Los parámetros hidrogeológicos medios determinados para la granodiorita a partir de los ensayos de bombeo realizados se estiman en: $T = 0,5 \text{ m}^2/\text{día}$, $k = 0,01 \text{ m/día}$ y $S = 2 \cdot 10^{-4}$. **Se trata por tanto de una formación de muy baja permeabilidad y transmisividad** (especialmente esta última, ya que se considera muy baja por debajo de $10 \text{ m}^2/\text{día}$). Dado el coeficiente de almacenamiento obtenido, no se indican condiciones de claro confinamiento, ya que la liberación elástica en formaciones de esqueleto rígido no suele mostrarse con valores de S superiores a 10^{-5} , lo que seguramente se deriva de la influencia de la zona superior meteorizada o alterada. Estos parámetros carecen de su sentido clásico cuando se aplican a una roca ígnea como la que aquí se estudia, que no es un acuífero idealmente homogéneo e isótropo. Se trata más bien de una abstracción o aproximación a la realidad, que ayuda a valorar su comportamiento hidrogeológico en conjunto, pues el flujo de agua depende de la existencia de fracturas y éstas no se reparten homogéneamente por toda la roca, disminuyendo especialmente con la profundidad. Esto se comprueba por el hecho de diferencias piezométricas significativas en pozos próximos. En los ensayos de bombeo, el descenso y recuperación del nivel piezométrico puede producirse de modo desigual, en función de la fracturación abierta y también parece demostrarse la existencia de barreras impermeables en algún caso; Lachassagne *et al.* (2001) indican que, al contrario de lo se sobreentiende normalmente, la presencia de fracturas no implica necesariamente la creación de sistemas permeables en este tipo de rocas, ya que con frecuencia el corazón de estas fracturas tiene un relleno arcilloso impermeable que puede actuar como barrera hidrogeológica. Como ya se ha comentado, se trata de materiales originalmente impermeables y el agua se acumula únicamente en sus fracturas abiertas, lo que les confiere una muy baja permeabilidad por fisuración.

Cabe destacar que la bomba en los ensayos descritos se colocó a una profundidad de entre 45 y 75 m, y que la permeabilidad en este contexto se espera que disminuya con la profundidad, pasando a partir de unos 150 m a un macizo muy poco activo hidrogeológicamente. La profundidad del cuerpo mineralizado llega hasta unos 300 m: al reducirse la fracturación, es probable que en el avance de la explotación minera a mayores profundidades se intercepte una granodiorita con una permeabilidad más parecida a la determinada en laboratorio en la muestra tomada a 298 m de profundidad que a la determinada en los ensayos de bombeo, siendo la primera 4 órdenes de magnitud inferior a la segunda. En sentido contrario, y atenuando la anterior aseveración entraría en juego la fracturación, local, inducida por las voladuras. A este respecto, estudios anteriores estiman que la meteorización alcanza una profundidad de entre 18 a 25 m (en cualquier caso por encima de la explotación, ya que ésta

respetaría un macizo de protección de 40 m) y que cabe esperar que la permeabilidad a la profundidad de extracción sea aún inferior a la ya muy baja estimada en los ensayos de bombeo y que incluso el macizo sin explotar pueda actuar como una especie de barrera hidrogeológica (IGME, 2015; Universidad de Oviedo, 2013).

6.3.2. Metasedimentos paleozoicos (Serie Los Cabos)

En 2013 se realizaron varios ensayos de bombeo en los sondeos GT2 y GT14, ubicados al sur del yacimiento, en la Serie Los Cabos. La profundidad de bombeo varió entre 45 y 75 m. La metodología es análoga a la descrita en el apartado anterior (los detalles se recogen en el Apéndice II).

En la siguiente tabla se resumen los resultados de los ensayos realizados en estos pozos. Como valores representativos se obtienen $T = 4 \text{ m}^2/\text{día}$, $k = 0,08 \text{ m/día}$ y $S = 8,5 \cdot 10^{-5}$. **Se trata por tanto de una formación de muy baja permeabilidad y muy baja transmisividad.** Análogamente al caso anterior, se trata de materiales impermeables y el agua se acumula únicamente en las fracturas (baja permeabilidad por fisuración).

Tabla 20. Resumen de los parámetros hidrogeológicos obtenidos durante la interpretación de los ensayos de bombeo en la Serie Los Cabos

Pozo de Bombeo	Tipo de ensayo	Descensos medidos en:	Método de interpretación	T (m ² /día)	k (m/día)	S	
GT2 Hidro	Bombeo 1	Pozo bombeo	Theis	2,21	0,020	-	
			Jacob	2,44		-	
		Piezómetro GT2 Obs	Theis	1,55	0,020	3,4E-04	
			Jacob	1,66		2,4E-04	
	Recuperación 1	Pozo bombeo	Theis	1,77	0,033	-	
			Jacob	2,18		-	
		Piezómetro GT2 Obs	Theis	2,44	0,024	2,3E-05	
			Jacob	3,00		2,7E-05	
GT14 Hidro	Bombeo1	Pozo bombeo	Theis	8,05	0,200	-	
			Jacob	7,29		-	
	Recuperación 1	Pozo bombeo	Theis	4,83	0,179	-	
			Jacob	7,20		-	
	Bombeo 2 (escalonado)	Pozo bombeo	Escalón1	Theis	7,95	0,260	-
				Jacob	10,85		-
			Escalón2	Theis	6,09	0,171	-
				Jacob	5,84		-
			Escalón3	Theis	8,22	0,170	-
				Jacob	6,06		-
	Recuperación 2	Pozo bombeo	Theis	2,68	0,116	-	
			Jacob	4,33		-	
	Mínimo:				1,55	0,02	2,3E-05
	Máximo:				10,85	0,26	3,4E-04
Mediana:				4,58	0,14	1,4E-04	
Media logarítmica:				4,05	0,08	8,5E-05	
Media aritmética:				4,83	0,12	1,6E-04	

En definitiva, tanto las rocas ígneas como los metasedimentos de la Serie Los Cabos no constituyen ningún acuífero y únicamente poseen unos valores muy bajos de permeabilidad asociada a fracturas y diaclasas (las cuales están además habitualmente cerradas), por lo que la transmisividad es especialmente baja. Esto queda patente en las diferencias del nivel de agua entre sondeos situados a corta distancia (incluso menor de 10 m) y en el reducido radio de influencia de los bombeos en algunos pozos, como se reporta en estudios anteriores (Universidad de Oviedo, 2013; Sundblad, 1991).

6.3.3. Formaciones superficiales

Como ya se ha indicado previamente, este conjunto es de poco espesor y en general poca relevancia desde el punto de vista geológico en la zona de estudio, pero se ha creído necesario realizar algunas determinaciones hidrogeológicas. Al igual que se hizo en el apartado de Litoestratigrafía, se diferenciarán los depósitos marinos de rasa y los aluviales.

A) Depósitos de rasa

Se tomó una muestra de la rasa en la margen izquierda del río Anguileiro, al E del campo de golf Cierro Grande (Les Mourelles). Como se observa en la siguiente fotografía, el material que constituye esta formación es heterométrico, variando desde material muy fino (arcilloso-limoso) hasta tamaño grava. Esta muestra fue sometida a un análisis granulométrico (Figura 43).



Figura 43. Aspecto de la rasa continental en la zona donde fue muestreada

Existen procedimientos para determinar la permeabilidad en materiales detríticos basados en su granulometría y/o porosidad. Algunos de éstos se exponen a continuación; la mayoría se centra en determinar la permeabilidad intrínseca (k_0), que representa la influencia de las características del medio en la permeabilidad (k), dado que la influencia de las características del fluido (cociente entre el peso específico y la viscosidad del agua), es prácticamente nula en Hidrogeología.

Fórmula de Hazen

Es una fórmula clásica. Su expresión es la siguiente:

$$k = 8,64 \cdot C \cdot d_{10}^2$$

Donde:

k: permeabilidad en m/día

d_{10} : diámetro en mm que deja pasar el 10% de los granos. En el caso de la muestra de rasa estudiada, $d_{10} = 0,3$ mm

C: Coeficiente que depende del grano y su uniformidad, pero hay que tener en cuenta que Hazen experimentó con arenas uniformes con diámetro entre 0,1 y 3 mm. Existen ábacos que permiten estimar C, dentro del rango de valores estudiados por Hazen; en este caso, considerando un grado de uniformidad muy pobre y un diámetro medio de grano medio-grueso, se tiene un valor de $C = 40$, con lo que la permeabilidad $k = 31$ m/día (media-alta).

Alternativamente, algunos autores sugieren tomar: $C = 150 \cdot (m/0,45)^6$, siendo m la porosidad, pero de esta forma se obtienen valores muy bajos de C si $m < 0,4$ (Custodio y Llamas, 2001).

La porosidad total puede obtenerse a partir de la expresión de Vukovic y Soro (1992):

$$m = 0,255 \cdot (1 + 0,83^U)$$

donde $U = d_{60} / d_{10}$, es el llamado coeficiente de uniformidad. En este caso, $d_{60} = 5,5$ mm, por lo que $U = 18,33$ (poco uniforme) y $m = 0,26$. Por tanto, $C = 5,58$ y $k = 4,3$ m/día (media).

Fórmula de U.S. Bureau of Reclamation

Aún más simple que la de Hazen es esta expresión (en Kasenow, 2002):

$$k = 311 \square d_{20}^{2,3}$$

donde:

k: permeabilidad en m/día

d_{20} = diámetro en mm que deja pasar el 20% de los granos. En este caso, $d_{20} = 0,5$ mm, por lo que se obtiene una permeabilidad $k = 63$ m/día (alta)

Fórmula de Kozeny-Carman

Actualmente se aboga por dejar de lado la expresión de Hazen y utilizar otras expresiones que como ésta tienen en cuenta la uniformidad y la porosidad:

$$K = \frac{g}{\nu} \times 8.3 \times 10^{-3} \left[\frac{m^3}{(1-m)^2} \right] d_{10}^2$$

donde:

k: permeabilidad en m/s

g: aceleración de la gravedad (m/s^2)

ν : viscosidad cinemática (m^2/s); para 18°C, $\nu = 1,055 \cdot 10^{-6} m^2/s$

d_{10} = diámetro en m que deja pasar el 10% de los granos. En este caso, $d_{10} = 0,0003$ m

En este caso, se obtiene una $k = 19$ m/día (media-alta)

Fórmula de Terzaghi

Es otra variante en función de la porosidad y el grado de redondeamiento de los granos:

$$k = \lambda \cdot \left(\frac{m - 0,13}{\sqrt[3]{1 - m}} \right)^2 \cdot d_{10}^2$$

donde:

k: permeabilidad en cm/s

λ : coeficiente dependiente de la forma de las partículas; vale 800 si son redondeadas y 460 si son irregulares; Custodio y Llamas (2001) recomiendan el valor de 600.

m: porosidad

d_{10} = diámetro en cm que deja pasar el 10% de los granos. En este caso, $d_{10} = 0,03$ cm

En este caso, se obtiene una $k = 9,6$ m/día (media)

Curvas de Breddin

Finalmente, también existe un procedimiento gráfico para determinar la permeabilidad en materiales granulares no consolidados, superponiendo la curva granulométrica sobre las denominadas Curvas de Breddin, que clasifican los materiales en 12 clases según su permeabilidad. En realidad, fueron definidas para ser aplicadas a un área concreta de Alemania, pero pueden servir para dar una idea de la permeabilidad de un material no consolidado si su curva granulométrica se ajusta a las del gráfico. Si la curva queda dentro del área correspondiente a una clase, es sencillo, pero si se sitúa entre dos o más áreas, se tomará una permeabilidad media más próxima a la de la clase de índice mayor, ya que los materiales más finos dominarán el tipo de permeabilidad. En este caso, se deduce una permeabilidad media-alta, tratándose de un material poco uniforme (mal clasificado), como se ve en la curva.

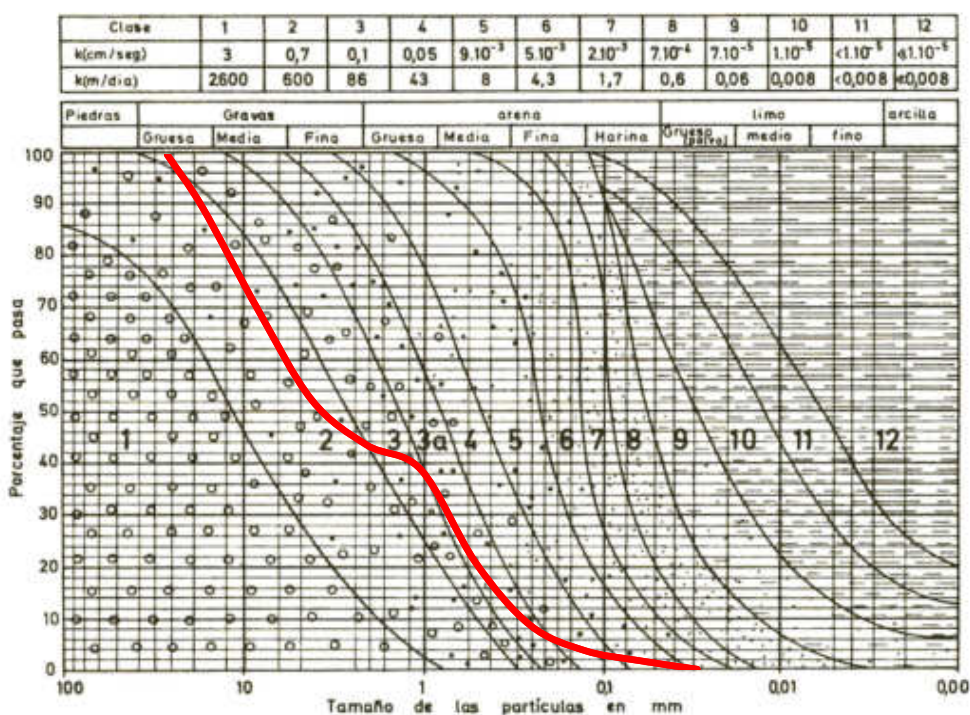


Figura 44. Curva granulométrica de una muestra de la rasa, sobre las curvas de Breddin

MEDIDA DE PERMEABILIDAD IN SITU

Se ha podido determinar la conductividad hidráulica in situ mediante el uso de un permeámetro de carga constante marca GUELPH, mod. 2800K1, que opera en base al principio de Mariotte, perteneciente al Dpto. de Explotación y prospección de minas de la Universidad de Oviedo. Para la obtención de este parámetro es preciso realizar un sondeo manual con un perforador tipo auger de 3 cm de radio y entre 15 y 40 cm de profundidad, en el cual se introduce el tubo interior del permeámetro (sujeto con un trípode), que se conecta, a su vez, con un tubo exterior y ambos se rellenan con agua. Se establece una determinada carga hidráulica en el interior del sondeo (p.e. 5 ó 10 cm) y se va registrando el descenso del nivel de agua en el permeámetro (a medida que se infiltra en el terreno) con el tiempo (p.e. en cm/min) para cada carga hidráulica hasta llegar a un descenso constante. A partir de este parámetro, las características físicas del sondeo y el permeámetro, así como el tipo de terreno, se obtienen la conductividad hidráulica saturada en campo, la capacidad de absorción de suelo y el potencial de flujo, por medio de una serie de fórmulas o la aplicación de un software específico, de acuerdo con la norma ASTM D5126.

En este caso, la determinación in situ de la conductividad hidráulica de la rasa se realizó en una zona próxima al sondeo de abastecimiento y se obtuvo un valor de $2,14 \cdot 10^{-3} \text{ cm/s} = \mathbf{1,8 \text{ m/día}}$, que corresponde a una permeabilidad inferior a la obtenida mediante procedimientos indirectos (el límite entre permeabilidad media y baja se establece en 1 m/día).



Figura 45. Instalación del permeámetro en una zona de recubrimiento de rasa

Los materiales de la rasa se caracterizan por ser heterométricos, con tamaños de grano que varían entre muy finos y gruesos, por lo que puede haber cierta dispersión en los resultados obtenidos en diferentes muestras y por diferentes procedimientos, pero que **en definitiva proporcionan una permeabilidad media**. Como es sabido, la presencia de material fino reducirá la permeabilidad del conjunto; además, la permeabilidad vertical será inferior a la horizontal y, por tanto, la circulación del agua será más bien subsuperficial. El agua que se infiltre en la rasa, seguirá circulando preferentemente por el contacto entre ésta y el zócalo

metasedimentario (Serie Los Cabos), en lugar de infiltrarse en el mismo, dada la baja permeabilidad de éste.

B) Depósitos aluviales

Se tomó una muestra de material aluvial en la desembocadura del río Anguileiro (Figura 41). Se trata de un material fundamentalmente arenoso, más homométrico que el anterior. Esta muestra fue también sometida a un análisis granulométrico (Figura 42).



Figura 46. Zona donde fue muestreado el material aluvial del río Anguileiro

Se han aplicado los mismos procedimientos para determinación de la permeabilidad que en el caso anterior. En este caso se han obtenido los siguientes valores:

Fórmula de Hazen

De la curva granulométrica se obtiene $d_{10} = 0,14$ mm. Considerando un grado de uniformidad bueno y un diámetro medio de grano medio, se tiene un valor de $C = 120$, con lo que la permeabilidad $k = 20$ m/día (media-alta).

También a partir de la curva se deduce $d_{60} = 0,31$ mm, con lo que $U = 2,2$ (uniforme, homométrico). Mediante la fórmula de Vukovic y Soro (1992) se calcula $m = 0,42$.

Alternativamente, calculando C a partir de la fórmula que tienen en cuenta la porosidad, se llega a $C = 99$, con lo que $k = 17$ m/día (media-alta).

Fórmula de U.S. Bureau of Reclamation

Se obtiene $d_{20} = 0,18$ mm a partir de la curva granulométrica, con lo que se calcula $k = 6$ m/día (media).

Fórmula de Kozeny-Carman

Considerando el mismo valor de viscosidad que en el caso anterior y los valores ya expuestos para este caso, se llega a $k = 28$ m/día (alta).

Fórmula de Terzaghi

Análogamente, se obtiene una $k = 12$ m/día (media-alta)

Curvas de Breddin

En este caso, se trata de un material uniforme (bien clasificado), como se ve en la curva, la cual se ajusta bastante bien a la clase 5, que corresponde a una $k = 8$ m/día (media).

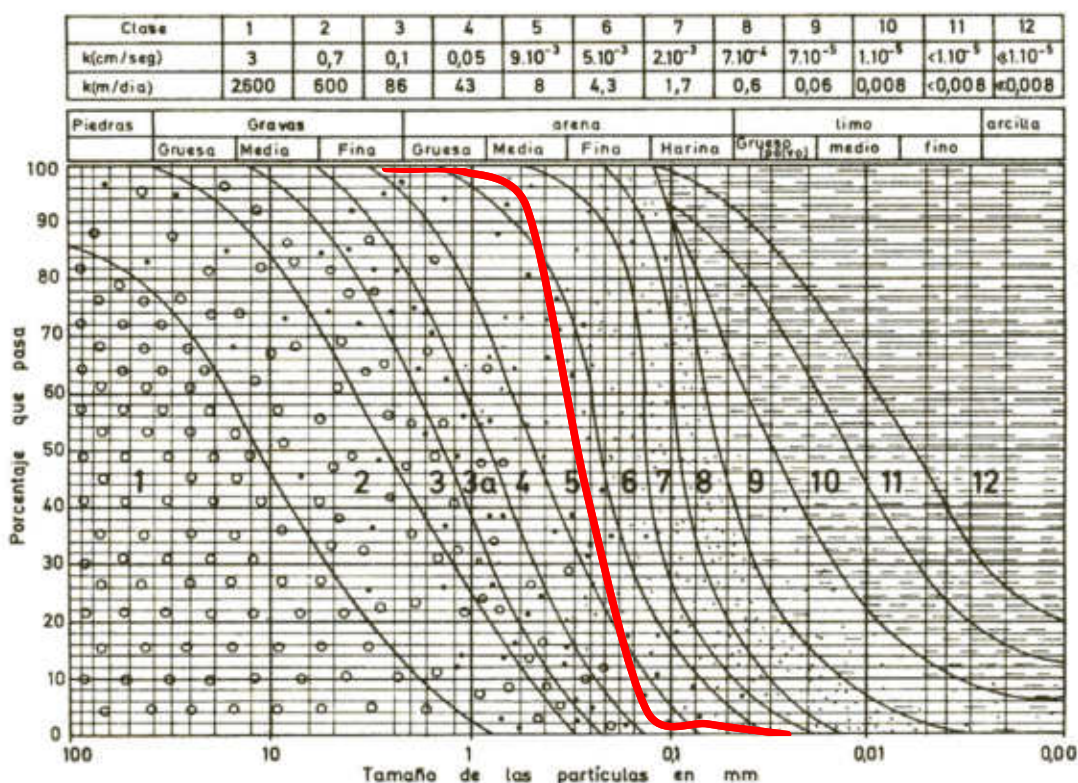


Figura 47. Curva granulométrica de una muestra de material aluvial, sobre las curvas de Breddin

Para esta muestra también existe dispersión entre los valores obtenidos. Comparada con la de la rasa, tiene menor porcentaje de granos gruesos, pero al ser más uniforme, su porosidad es mayor y, en definitiva también tiene una permeabilidad más bien media, que puede llegar a ser media-alta. Los comentarios anteriores acerca de la circulación del agua se consideran válidos en este caso.

MEDIDA DE PERMEABILIDAD IN SITU

Al igual que en el caso anterior, se ha determinado la conductividad hidráulica in situ mediante el uso del permeámetro descrito. Se seleccionó la misma zona en la que se había tomado la muestra estudiada (depósitos arenosos en la desembocadura del río Anguileiro, la zona que se considera más permeable, ver siguiente figura) y una zona próxima, menos arenosa, al otro lado de la carretera. En el primer punto, al tratarse de material suelto, de elevada porosidad y sin vegetación, se obtuvo una permeabilidad de $4,8 \cdot 10^{-2}$ cm/s = 41,5 m/día (alta) y en el segundo punto se hicieron dos determinaciones, cuya media es de $9,6 \cdot 10^{-4}$ cm/s = 0,83 m/día

(baja), debido a un cierto desarrollo del suelo orgánico y a una mayor presencia de materiales finos. Esto da idea de la variabilidad de la permeabilidad de estos materiales, pero dado que cuantitativamente se asemejan más a las características del segundo punto, se podría decir que la permeabilidad de los depósitos cuaternarios es en general media.



Figura 48. Medida de permeabilidad in situ en dos zonas próximas de depósitos aluviales; izda.: depósitos arenosos actuales del río Anguileiro; dcha.: material aluvial con vegetación a unos 25 m del punto anterior (éste se ve al fondo)

En estudios anteriores se establece que los depósitos fluviales y litorales pueden constituir niveles acuíferos con porosidad intergranular pero de escasa potencia, por lo que su interés local es variable en función del contenido en finos, mientras que los depósitos de rasa presentan poca potencia (1-2 m) y alto contenido en finos, por lo que se podrían clasificar entre acuíferos pobres y acuitardos. Se estiman valores de permeabilidad entre 0,001 m/día para materiales con mayor contenido en finos y 1 m/día para los sedimentos de carácter más arenoso, pudiendo alcanzar valores más elevados en los depósitos fluviales y litorales (IGME, 2015).

Por tanto, se concluye que estas formaciones superficiales no constituyen acuíferos de entidad, por su escasa potencia y variación lateral y su contenido en finos; el agua que en ellas se infiltre circulará (sub)superficialmente hacia los cauces de forma preferente, dada la baja permeabilidad del macizo rocoso subyacente.

7. DRENAJE DE LA EXPLOTACIÓN MINERA

En este apartado se expone el sistema de drenaje propuestos para las labores mineras subterráneas, así como el caudal de agua interceptado por la galería de acceso.

En la siguiente figura se muestra un mapa geológico simplificado (mod. de Rodríguez-Terente, 2007) y un corte geológico en la dirección del trazado de la galería de acceso (A-A'). En el mapa geológico se indican las formaciones principales (no se indican las superficiales). La galería se emboquilla en la Serie Los Cabos y primero mediante un falso túnel y después de forma subterránea atraviesa unos 680 m de esta formación, para luego atravesar unos 160 m de granodiorita, manteniendo una pendiente del 10%.

Por otra parte, la línea de color magenta y las líneas azules limitan la extensión de las labores mineras a -254 y -103 m s.n.m., respectivamente. Se indican también los pozos propuestos para drenaje de dichas labores, de forma que los círculos rojo y verdes representan las áreas drenadas mediante el bombeo en los pozos a dichas cotas, respectivamente, como se explicará más adelante.

Finalmente, las líneas discontinuas de color rojo indican la posible ubicación de piezómetros para la monitorización de las aguas subterráneas, aguas arriba y abajo de la explotación y fuera del dominio de influencia del desagüe.

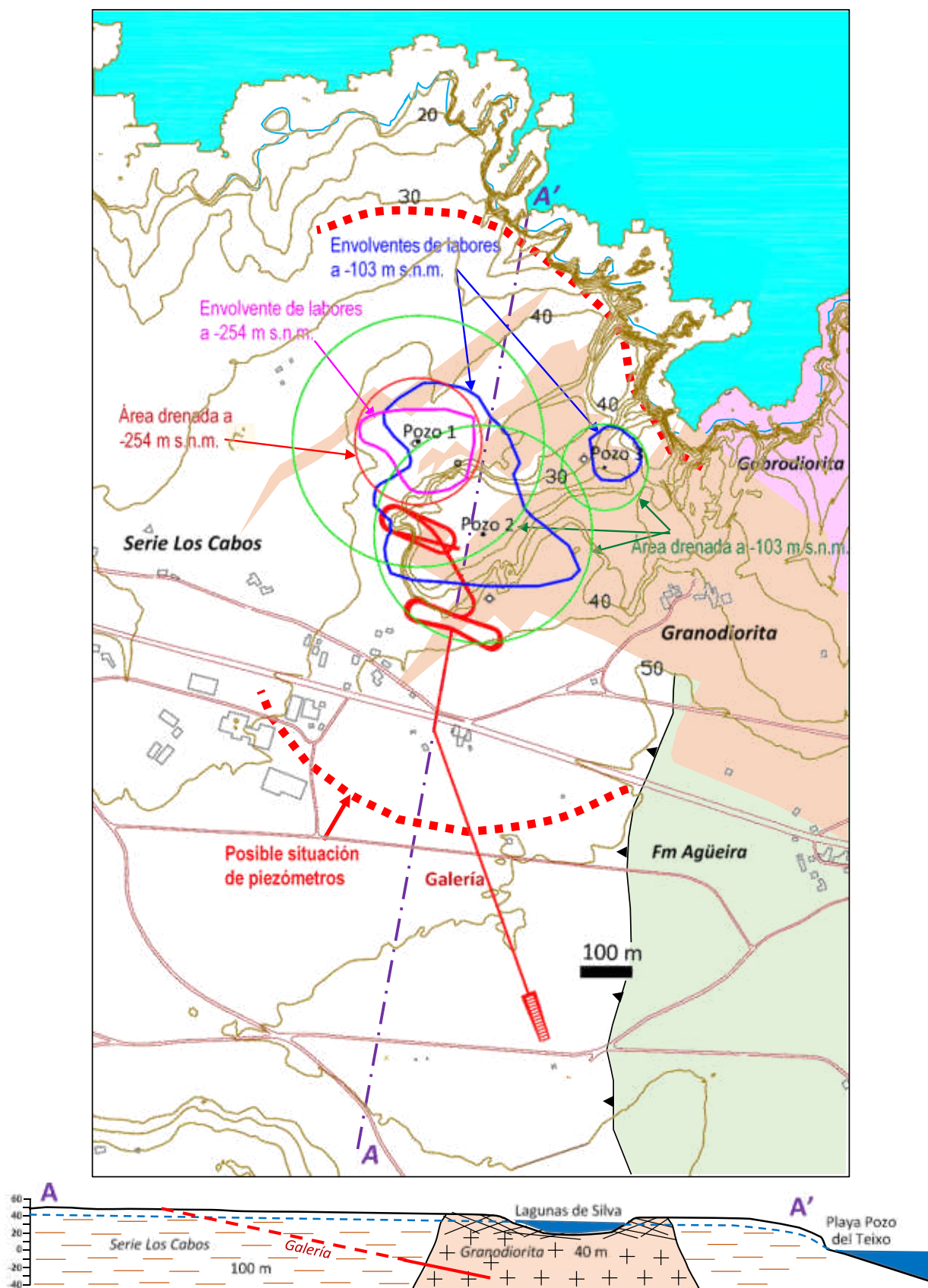


Figura 49. Mapa geológico (mod. Rguez.-Terente, 2007) indicando la galería de acceso y los pozos propuestos para drenaje; Corte geológico simplificado en la dirección de la galería –en proyección– (nótese que la escala vertical está exagerada: $E_V = 2 \cdot E_H$)

El caudal de agua que va a afluir a un túnel o galería (en este caso la galería de acceso), depende de la permeabilidad del medio en el que se excava la galería y del propio revestimiento. Su cálculo se puede abordar, o bien por formulaciones de tipo analítico, como las de Goodman o Heuer, entre otras, o bien mediante un modelo más sofisticado, recurriendo a modelos numéricos de flujo de elementos o diferencias finitas (González de Vallejo *et al.*, 2002). En este caso, se han aplicado los métodos analíticos más citados en la bibliografía, considerando una longitud de galería de 840 m (680 en rocas sedimentarias y el resto en rocas ígneas), una altura piezométrica variable y una permeabilidad equivalente a la estimada para la Serie Los Cabos (0,08 m/día) y la granodiorita (0,01 m/día), así como otros parámetros hidrogeológicos obtenidos en los ensayos de bombeo y parámetros geométricos para obtener el caudal infiltrado por unidad de avance (ver siguiente Tabla).

Tabla 21. Cálculo de caudal de infiltración a la galería de acceso mediante la aplicación de diversos métodos analíticos

Método	Caudal infiltrado por m de avance (l/s/m)	
	pizarras	granodiorita
Goodman	0,049	0,011
Heuer	0,044	0,011
Thiem	0,049	0,014
Polubarinova-Kochina	0,044	0,010
Lei	0,049	0,011
Karlsruud	0,049	0,011
Lombardi	0,044	0,010

Se obtienen valores de caudal de agua infiltrado a la galería en torno a 0,04 y 0,01 l/s por m de avance en la Serie Los Cabos y la granodiorita, respectivamente, los cuales se consideran bajos. Además, ha de tenerse en cuenta que la permeabilidad por fisuración decrece con la profundidad y que estas fórmulas se aplican al diseño de túneles totalmente drenantes en su conjunto, lo que no se corresponde con este caso, ya que durante la construcción se prevé realizar un sostenimiento primario seguido de un revestimiento definitivo de hormigón encofrado y gunitado de las paredes de la perforación en aquellos tramos de mayor afluencia de agua y por tanto cabe esperar que el caudal total se reduzca sensiblemente. En los primeros 150 m se realizará un falso túnel que luego será cubierto. En la gráfica siguiente se representa el caudal entrante a la galería en función de su avance, calculado según el método de Goodman (conservador) y sin tener en cuenta las consideraciones anteriores, que minorarán dicho caudal.

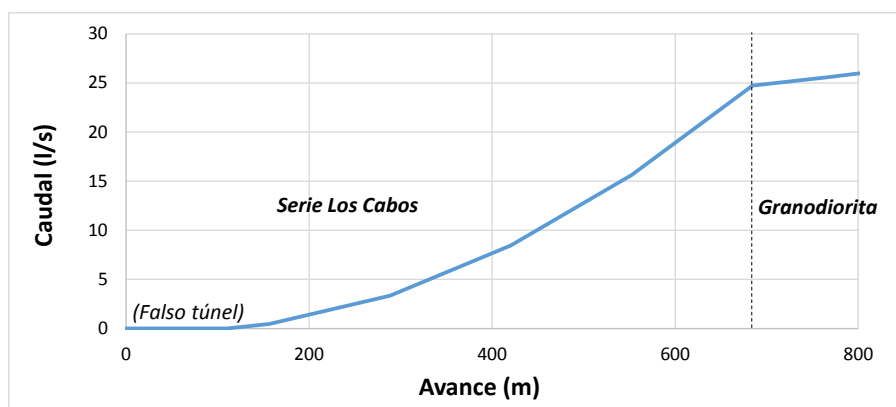


Figura 50. Estimación conservadora del caudal entrante a la galería (no revestida) según su avance

Pese a la baja permeabilidad de los materiales a atravesar, en todas las formaciones los accidentes tectónicos como pliegues, fallas o diaclasas son zonas de debilidad que pueden aportar caudales localizados, por ejemplo, actuando como barreras hidráulicas al poner en contacto estratos de diferente permeabilidad y dando lugar a diferencias piezométricas puntuales (Bayón, 2005). Por tanto, se recomienda realizar un seguimiento controlado durante la perforación de la galería con impermeabilización selectiva a medida que se produce el avance para responder a potenciales variaciones de caudal al atravesar posibles zonas de mayor permeabilidad (secundaria).

Por otra parte, la explotación minera requerirá un bombeo que mantenga deprimido el nivel piezométrico en la zona mineralizada. Como se ha indicado repetidamente, el contexto hidrogeológico indica que no se trata de un acuífero ideal, sino de una masa ígnea cristalina con cierta fracturación y mineralización y muy baja permeabilidad y potente espesor, aunque desconocido, y los valores de coeficiente de almacenamiento obtenidos indican un comportamiento en condiciones de confinamiento. De ahí que se haya optado por el modelo de Thiem para el cálculo de los descensos, dado que se ajusta mejor a las particularidades de este sistema. La conocida expresión de Thiem relaciona el caudal bombeado (Q) con el descenso del dicho nivel (d_1 , d_2) respecto a su posición original en función de la distancia al pozo de bombeo (r_1 , r_2) y la transmisividad del acuífero (T), en régimen permanente (independiente del tiempo):

$$d_1 - d_2 = \frac{Q}{2\pi T} \cdot \ln \frac{r_2}{r_1}$$

Como cálculo sencillo, y suponiendo que se cumplen las hipótesis establecidas por este método, se proponen 3 pozos con la siguiente configuración, todos ellos con un radio de influencia inferior a la distancia a la costa:

Pozo 1: Se realiza en la zona donde se proyecta una mayor profundidad de explotación (oeste). Para mantener en seco la envolvente de las labores mineras a cota -254 m s.n.m., se drenaría una superficie de unos 0,05 km² (representada por un círculo rojo en la Figura 49). Considerando una transmisividad para el conjunto de la zona desaguada de 0,5 m²/día, sería necesario extraer un caudal de unos **8,6 l/s**. Con este caudal se deprimiría una superficie de 0,20 km² a cota -103 m s.n.m., representada por un círculo verde, que mantendría en seco la mayor parte de la envolvente de las labores mineras a dicha cota.

Pozo 2: Manteniendo las hipótesis y parámetros anteriores, este pozo permitiría completar el drenaje de las labores a cota -103 m s.n.m., de forma que se mantuviese en seco la envolvente de las mismas por la acción conjunta de los pozos 1 y 2. Con un caudal de **6,0 l/s** se drenaría un área de 0,14 km² a dicha cota (círculo verde con centro en el pozo 2).

Pozo 3: El drenaje de la explotación más oriental se conseguiría con un pozo que deprimiese un área de 0,04 km² a cota -103 m s.n.m. que incluyese a la envolvente a dicha explotación y la conexión de ésta con la anterior (círculo verde con centro en el pozo 3), bombeando un caudal de **12,3 l/s**.

De acuerdo con este esquema de drenaje, el primer pozo en entrar en funcionamiento sería el 2, para drenar la parte final de la galería y gran parte de la explotación situada al oeste y posteriormente, de forma consecutiva y a medida que avanzase la actividad minera, comenzarían a bombear los pozos 1 y 3. Los tres sondeos propuestos tendrían una profundidad aproximada de unos 700, 500 y 700 m, respectivamente, con revestimiento

ranurado en la granodiorita y tubería ciega en la parte superior. Respecto al diámetro de perforación de los pozos, éste depende directamente del caudal de agua que se espera extraer de los mismos, es decir, del diámetro del grupo de bombeo, ya que debe ser suficiente para instalar las electrobombas sumergibles (los caudales extraíbles suelen aumentar con el diámetro de las bombas) y también depende de los diámetros de las tuberías de revestimiento. En este caso, aunque depende de las bombas que se seleccionen, se estima que un diámetro de pozo de 12" ó 18" sería suficiente.

Debe indicarse que las anteriores son estimaciones teóricas, que pueden verse modificadas en función de las heterogeneidades del macizo, con permeabilidad por fracturación, como ya se ha expuesto. Según estos cálculos, el total de caudal a extraer en los tres pozos sería de casi 27 l/s, aunque durante el progreso de la actividad, el bombeo será secuenciado (no simultáneo y máximo) en los tres pozos, estimándose un caudal de 15 l/s como valor medio. No obstante, se recomienda disponer de una capacidad de bombeo del doble (30 l/s) como medida de seguridad.

Por otra parte, la expresión de Jacob, aplicable a régimen variable, relaciona las variables anteriores, junto con el coeficiente de almacenamiento (S), en función del tiempo (t):

$$d = 0,183 \cdot \frac{Q}{T} \cdot \log \left[\frac{2,25 \cdot T \cdot t}{r^2 \cdot S} \right]$$

Se obtiene así que, en el mismo escenario anterior, y considerando un valor de $S = 2,4 \cdot 10^{-4}$ para la zona desaguada, bombeando 8,6 l/s se tardarían unos 43 días en hacer descender el nivel piezométrico para dejar en seco las labores a cota -254 m s.n.m. Lógicamente, valores inferiores de coeficiente de almacenamiento harán disminuir el tiempo calculado.

No obstante, la aplicación de estas fórmulas reside en la hipótesis de que se trata de un acuífero homogéneo, isótropo e ilimitado, lo cual no se ajusta a la realidad. La siguiente figura ilustra las diferencias teóricas: al bombear en un acuífero ilimitado (caso a), se genera un cono de depresión (estadio 2) respecto al estadio inicial 1, pero al cesar el bombeo, el nivel piezométrico se recupera hasta su posición inicial (3) a expensas del aporte lateral del acuífero en el entorno del cono de depresión (fenómeno conocido como "*groundwater rebound*"). Por el contrario, en una especie de embalse minero subterráneo, constituido por materiales cuya permeabilidad original era muy baja, pero que se ha incrementado en cierta medida por la fracturación inducida por las labores mineras, constituye un pseudoacuífero –aunque aún de reducida permeabilidad- y limitado en su extensión. En este caso, un bombeo en la zona "minada" hará deprimir el nivel piezométrico pero al cesar el desagüe su posición final (3) estará por debajo de la inicial (1) ya que el volumen extraído (diferencia entre las superficies 1 y 3, considerando el coeficiente de almacenamiento) no es reemplazado por el "acuífero", dada su baja transmisividad; el nivel se irá recuperando a expensas de la recarga por precipitación, pero mucho más lentamente que si se tratara de un acuífero extenso, no limitado, desde el que se produciría un rápido aporte radial al pozo. **Por tanto, se espera que una vez deprimido el nivel piezométrico hasta la altura deseada, el caudal de bombeo se reduzca** -dado el escaso aporte lateral subterráneo- y varíe en función de la recarga, que estos ejemplos no tienen en cuenta (tampoco están representados los materiales cuaternarios). En este caso, considerando la reducida área de extensión de las labores mineras y el bajo

coeficiente de infiltración en la misma, que se estima en torno a 20-23% de la lluvia útil (Álvarez *et al.*, 2016), la recarga será inferior a 1 l/s.

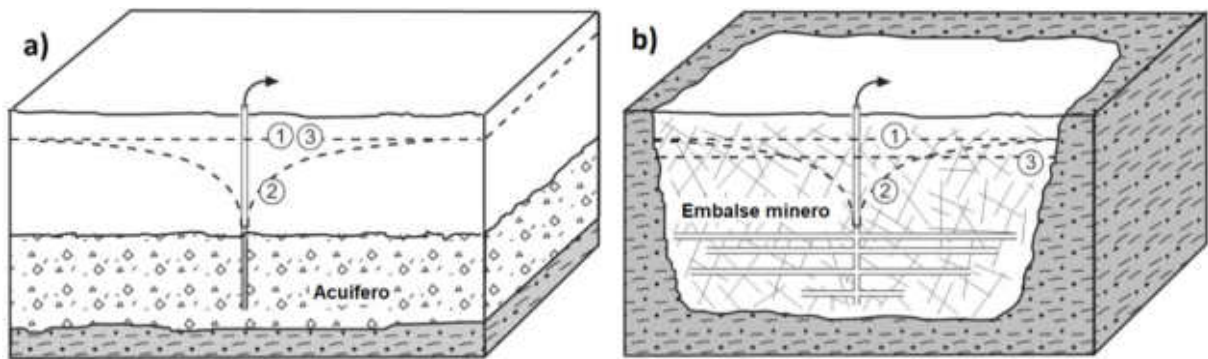


Figura 51. Recuperación total (a) y parcial (b) del nivel piezométrico en un acuífero ilimitado (a) y uno limitado, asimilable a un embalse minero (b) (mod. Álvarez *et al.*, 2016)

En lo que se refiere a posibles afecciones del bombeo, en las mediciones realizadas durante los ensayos de bombeo se pudo comprobar que a una distancia de 180 m de la línea de costa no existe ningún tipo de influencia mareal. Por otra parte, este drenaje inducido no afectará significativamente al caudal de aguas superficiales ya que, dada la baja permeabilidad del sustrato, la mayor parte del caudal de los ríos procede de la escorrentía superficial, con poco aporte de origen subterráneo; tampoco se espera que afecte al caudal de las fuentes de la rasa, ni a la única encontrada en la Serie Los Cabos (Fuente de la Virgen de la Encontrela), ya que se encuentra en la vertiente oeste del río Anguileiro. El nivel de agua en las lagunas será controlado y si se advirtiese que desciende significativamente, éstas podrían ser recargadas con el agua de bombeo, para restaurar dicho nivel o bien incluso ser impermeabilizadas en su base para mantener su flujo.

8. HIDROQUÍMICA

Existen datos hidroquímicos históricos de anteriores estudios, destacando el realizado por la Universidad (2013), donde se hace un muestreo amplio de aguas superficiales y subterráneas. Se concluye que la calidad de las aguas muestreadas es, en general, buena, y se mantiene en el tiempo, a excepción de un pH en torno a 6 en algunos cauces superficiales y ciertos contenidos elevados en Fe en la cuenca del Anguileiro, probablemente relacionados con la presencia de una mineralización que fue explotada hace décadas en la cabecera de dicha cuenca y cuya clausura se llevó a cabo sin medidas preventivas. También existen valores algo elevados en As, Al, Ba y Mn en algunas muestras de agua superficial (ver Tabla 22) y se destaca la influencia de la actividad agro-ganadera en la zona en la calidad de las aguas superficiales, con un elevado contenido en nitratos en muchos casos (IGME, 2015).

Como ya se ha indicado, en junio de 2020 se tomaron 6 muestras de cauces superficiales (puntos 1 a 6, según se indica en la Figura 26), una en la entrada a una de las principales lagunas de Silva (7) y 2 muestras de aguas subterráneas, correspondientes al agua del sondeo L0201 (8) y el drenaje de la galería romana de la Playa de El Figo (9) y se enviaron, previamente filtradas, al laboratorio ALS (Sevilla) para su análisis de iones principales y algunos metales. Este muestreo fue repetido en éstos y otros puntos adicionales (aguas superficiales en los puntos 10, 12, 14, 15 y 16 y subterráneas en las 4 fuentes ya citadas –puntos 17 a 20) en junio de 2021, analizándose más parámetros en este caso y con una mayor precisión analítica (ver Apéndice III). Las muestras de los puntos 5 (río Muria) y 9 (drenaje de la playa de El Figo) fueron enviadas por duplicado al laboratorio (con la denominación de 11 y 13, respectivamente), obteniéndose concentraciones muy similares en las muestras duplicadas, con una desviación típica relativa media del 6%. Los resultados comparados se muestran en la siguiente tabla. Se indican en color azul las aguas superficiales y en amarillo las subterráneas.



Figura 52. Muestreo y filtrado de agua del sondeo L0201 para análisis químico

Tabla 22. Comparación de los resultados analíticos de aguas muestreadas en 2013, 2020 y 2021

	pH		Conduct. el.			TDS	Dureza			Ag		Al		
	unid.		uS/cm			mg/L	mg/L CaCO3			ug/L		ug/L		
	jun'21	2013	jun'21	jun'20	2013	jun'21	jun'21	jun'20	2013	jun'21	2013	jun'21	jun'20	2013
1 Arroyo Orjales (cerca de su confluencia con el arroyo Gamazá)	7,40	5,74	151	131	105	86	37	39	23	0,016	<5,0	43	16	56,4
2 Arroyo Gamazá (antes de su confluencia con el arroyo Orjales)	7,30	6,41	150	122	95	84	33	35	32	0,008	<5,0	73	39	107
3 Reguero Gamazá (bajo la autopista)	7,30		181	154		95	52	53		0,006		51	32	
4 Afluente W del río Muria por su margen izquierda	7,30	6,63	203	153	191	111	41	41	51	0,012	<5,0	61	27	244
5 Río Muria (molino)	7,40	6,64	216	158	161	120	48	42	36	0,007	<5,0	57	26	131
6 Río Anguileiro (desembocadura)	7,60	7,03	356	773	363	182	68	124		0,006		85	23	
7 Lagunas de Silva	7,40	5,61	354	274	328	193	90	88	78	0,012	<5,0	17	<10	126
8 Sondeo L0201	7,90		191	155		88	30	30		0,011		7	<10	
9 Drenaje de la Playa de El Figo	7,90	7,41	474	367	558	251	114	99	120	0,010	<5,0	41	16	20,7
10 Río Anguileiro (cerca de la Fuente de la Virgen)	7,40	7,18	245		201	129	62			0,019	<5,0	126		310
12 Río Muria (antes de recibir su afluente E por su margen izda.)	7,40	6,27	177		137	90	42			0,013	<5,0	59		129
14 Regato afluente N del Reguero Gamazá	7,20		324			172	77			0,010		43		
15 Regato de San Antonio	7,50		331			169	85			0,006		268		
16 Río Anguileiro en Brul	7,40	6,18	188		179	100	46			0,013	<5,0	46		45,5
17 Fuente de San Antonio	6,90		311			162	69			0,006		16		
18 Fuente Nueva	7,10		458			253	102			0,017		10		
19 Fuente de la Virgen	6,50		233			116	27			0,058		142		
20 Fuente Calabaza	6,70		189			96	19			0,018		80		

	As			Au	B			Ba			Be	Bi			Br	Ca			Cd		Ce	Cl		
	ug/L			ug/L	ug/L			ug/L			ug/L	ug/L			mg/L	mg/L			ug/L		ug/L	mg/L		
	jun'21	jun'20	2013	jun'21	jun'21	2013	jun'21	jun'20	2013	jun'21	jun'21	2013	jun'21	jun'21	2013	jun'21	jun'20	2013	jun'21	2013	jun'21	jun'21	jun'20	2013
1	1,03	<5	<0,50	<0,002	11	<20	12	12	13,5	0,014	<0,01	<0,5	0,15	8,8	9,5	4,7	0,01	0,022	0,201	24,3	25,1	20,3		
2	0,60	<5	0,59	<0,002	10	<20	14	15	15,7	0,028	<0,01	<0,5	0,13	7,1	7,6	7,0	0,054	0,41	0,174	26,7	27,3	29,1		
3	0,61	<5		<0,002	15		7	8,2		0,01	<0,01		0,2	11,4	11,9		0,023		0,167	25,8	26,1			
4	1,56	<5	4	<0,002	12	20,4	18	15	9,3	0,025	0,01	<0,5	0,33	8,5	9,2	12,9	0,019	0,031	0,21	37,4	33,9	37,4		
5	3,03	<5	0,76	0,002	19	<20	29	24	24,8	0,021	0,03	<0,5	0,25	10,2	8,9	7,5	0,038	0,076	0,232	34,9	34,0	30,2		
6	6,46	5,3		<0,002	30		25	25		0,025	<0,01		0,34	14,0	17,8		0,016		0,278	65,6	238			
7	7,24	6,9	92	<0,002	34	46,2	34	36	87	0,078	<0,01	<0,5	0,27	13,1	12,4	12,6	0,067	0,12	0,073	40,6	40,9	61,9		
8	1,18	<5		<0,002	9		7	31		0,008	<0,01		0,35	2,8	3,0		<0,005		0,03	25,8	23,0			
9	77,3	54	160	0,002	31	32,8	55	47	70	0,019	0,01	<0,5	0,4	20,7	17,5	21,5	0,017	0,033	0,179	82,7	77,5	92,1		
10	7,91		2,9	<0,002	17	<20	31		29,6	0,045	<0,01	<0,5	0,22	13,8		11,4	0,033	0,044	0,56	33,6		29,4		
12	1,32		0,64	<0,002	12	<20	16		17,3	0,012	0,01	<0,5	0,21	9,6		6,8	0,027	0,093	0,199	28,6		25,7		
14	8,64			0,002	18		50			0,076	0,02		0,39	12,5			0,031		0,639	45,8				
15	7,09			0,003	34		55			0,044	0,01		0,33	18,9			0,07		1,025	43,7				
16	0,49		0,52	<0,002	14	<20	18		24	0,009	0,01	<0,5	0,14	9,6		11,2	0,013	0,022	0,196	25,5		25,9		
17	4,15			0,002	39		54			0,013	0,01		0,33	14,9			0,028		0,406	46,8				
18	9,16			0,004	39		132			0,024	0,01		0,44	19,4			0,042		0,103	72,6				
19	13,1			0,005	10		64			0,064	<0,01		0,67	2,9			0,074		0,335	52,3				
20	0,34			0,004	30		30			0,037		<0,01	0,45	1,2			0,012		0,369	45,5				

	Co	CO2	Cr	Cs	Cu	F	Fe	Ga	HCO3	Hf	Hg	In									
	ug/L	mg/L	ug/L	ug/L	ug/L	mg/L	mg/L	ug/L	mg/L	ug/L	ug/L	ug/L									
	jun'21	2013	jun'20	jun'21	2013	jun'21	2013	jun'21	jun'20	2013	jun'21	jun'20	2013								
1	0,281	<0,50	27,7	0,7	<0,50	0,017	0,7	0,6	0,04	<0,10	0,858	0,199	0,163	<0,05	27	35,2	11,5	<0,005	<0,05	<0,01	<0,01
2	0,495	0,88	14,9	0,6	<0,50	0,014	0,5	1,1	0,04	0,13	0,443	0,207	0,261	<0,05	20	17,8	20,3	<0,005	<0,05	<0,01	<0,01
3	0,875		31	0,6		0,006	0,6		0,06		0,252	0,093		<0,05	29	36,5		<0,005	<0,05		<0,01
4	0,283	1,2	29,1	0,8	0,82	0,008	0,5	1,0	0,05	0,12	0,319	0,131	0,536	<0,05	26	36,9	41,5	<0,005	<0,05	<0,01	<0,01
5	0,204	0,98	21,9	1,2	<0,50	0,023	1,1	1,0	0,05	<0,10	0,558	0,188	0,166	<0,05	24	27,3	36,5	0,005	<0,05	<0,01	<0,01
6	0,256		34,8	0,6		0,029	0,9		0,06		0,490	0,100		<0,05	33	48,3		0,008	<0,05		<0,01
7	1,1	2,3	15,5	<0,5	<0,50	0,109	4,2	0,6	0,12	0,11	0,284	0,020	13,33	<0,05	16	16,5	21	<0,005	<0,05	<0,01	<0,01
8	0,08		38,5	<0,5		0,009	0,9		<0,02		2,310	0,004		<0,05	38	53,4		<0,005	<0,05		<0,01
9	0,864	<0,50	60,9	0,6	<0,50	0,023	2,4	1,8	0,08	0,18	0,885	0,114	0,775	<0,05	70	84,5	55,3	<0,005	<0,05	<0,01	<0,01
10	0,545	1,2		0,7	0,65	0,036	1,7	0,9	0,05	<0,10	0,522		0,430	<0,05	32		20,8	<0,005	<0,05	<0,01	<0,01
12	0,405	1,8		0,5	<0,50	0,01	0,7	1,0	0,04	<0,10	0,785		0,184	<0,05	26		16,3	<0,005	<0,05	<0,01	<0,01
14	1,995			<0,5		0,142	0,6		0,05		0,995			<0,05	27			<0,005	<0,05		<0,01
15	2,04			0,6		0,072	1,6		0,06		0,589			<0,05	42			0,007	<0,05		<0,01
16	0,227	<0,50		<0,5	<0,50	0,015	1	1,4	0,03	<0,10	0,203		0,079	<0,05	27		25,0	0,005	<0,05	<0,01	<0,01
17	0,089			<0,5		0,066	0,4		<0,02		0,007			<0,05	21			<0,005	<0,05		<0,01
18	0,088			<0,5		0,008	0,3		0,03		0,050			<0,05	38			<0,005	<0,05		<0,01
19	0,594			0,5		0,08	0,3		0,03		<0,003			<0,05	7			<0,005	<0,05		<0,01
20	0,982			<0,5		0,012	0,7		0,03		0,015			<0,05	3			<0,005	<0,05		<0,01

	K			La	Li	Mg			Mn			Mo			Na			Nb	Ni	
	mg/L			ug/L	ug/L	mg/L			ug/L			ug/L			mg/L			ug/L	ug/L	
	jun'21	jun'20	2013	jun'21	jun'21	jun'21	jun'20	2013	jun'21	jun'20	2013	jun'21	jun'20	2013	jun'21	jun'20	2013	jun'21	jun'21	2013
1	2,8	2,26	2,00	0,069	2,1	3,61	3,79	2,70	6,83	<0,5	12,5	0,07	<2	<1,0	13,3	14,2	12,7	<0,005	1,6	1,9
2	1,23	1,42	2,10	0,086	2,4	3,61	3,80	3,50	11,05	0,79	16,3	<0,05	<2	<1,0	14,7	16,0	16,0	<0,005	1,9	2,4
3	0,74	0,86		0,09	4,9	5,62	5,69		17,50	5,48		<0,05	<2		14,8	15,1		<0,005	3,1	
4	1,41	1,88	3,80	0,112	1,2	4,82	4,44	4,50	12,15	<0,5	33,5	<0,05	<2	<1,0	21,5	17,4	20,4	<0,005	1,5	2,4
5	3,65	3,00	2,60	0,157	2,4	5,46	4,77	4,10	7,40	0,54	26,3	0,06	<2	<1,0	20,3	18,8	17,6	<0,005	1,7	3,3
6	5,27	11,6		0,159	2,5	7,96	19,10		7,87	1,12		0,08	<2		36,9	136		<0,005	2,9	
7	3,98	4,56	3,40	0,069	11,1	13,7	13,60	11,10	36,80	1,03	328,0	16,15	16,5	6,8	28,0	29,8	34,7	<0,005	13,3	8,4
8	0,79	0,65		0,026	0,7	5,52	5,36		200	387		4,06	2,3		25,9	25,2		<0,005	0,5	
9	4,72	5,07	4,80	0,083	4,8	14,95	13,20	15,90	70,10	0,99	61,6	6,53	12,2	17,9	49,0	45,3	49,3	<0,005	3,5	3,6
10	5,78		4,30	0,331	2,2	6,6		5,50	20,90		42,4	0,09		<1,0	19,7		17,8	<0,005	2,5	2,8
12	2,43		1,90	0,118	2,1	4,41		3,60	18,35		49,4	0,07		<1,0	16,2		15,8	<0,005	1,4	4,1
14	2,68			0,303	5,4	11,1			80,80			0,13			28,0			<0,005	4,8	
15	7,92			0,615	1,9	9,05			70,00			0,12			26,4			0,008	1,7	
16	3,81		4,90	0,096	1,7	5,41		5,50	7,11		15,0	0,07		<1,0	15,2		15,4	<0,005	1,2	1,7
17	10,55			0,317	0,6	7,76			4,67			0,08			23,2			<0,005	0,6	
18	3,93			0,081	7,5	12,75			7,51			0,07			40,6			<0,005	0,9	
19	1,77			0,194	0,9	4,73			8,08			<0,05			27,8			<0,005	1,3	
20	0,85			0,181	0,6	3,85			9,27			<0,05			26,8			<0,005	1,1	

	NO3			P		Pb			Pd	Pt	Rb	Re	S	Sb			Sc	Se			Si
	mg/L			mg/L		ug/L			ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	mg/L	ug/L			ug/L	ug/L			mg/L
	jun'21	jun'20	2013	jun'21	2013	jun'21	jun'20	2013	jun'21	jun'21	jun'21	jun'21	jun'21	jun'21	jun'21	jun'20	2013	jun'21	jun'21	jun'20	2013
1	0,60	<2,0	0,72	0,041	<0,020	0,22	<5	<0,50	0,013	<0,005	1,98	<0,002	2	0,1	<10	0,60	0,06	<0,05	<10	<0,50	3,04
2	1,20	4,85	0,79	0,009	<0,020	0,31	<5	1,30	0,015	<0,005	1,15	<0,002	2,1	0,09	<10	<0,50	0,13	<0,05	<10	<0,50	4,15
3	0,54	<2,0		0,006		0,24	<5		0,018	<0,005	0,84	0,002	5,5	0,18	<10		0,09	0,14	<10		2,81
4	1,33	3,8	<0,11	0,014	0,054	0,7	<5	0,51	0,015	<0,005	1,52	0,002	2,7	0,09	<10	1,60	0,13	0,05	<10	<0,50	3,97
5	3,08	9,36	2,40	0,024	<0,020	0,3	<5	<0,50	0,03	<0,005	2,44	0,002	4,1	0,11	<10	<0,50	0,16	0,17	<10	<0,50	3,58
6	3,14	10,6		0,05		0,3	<5		0,027	<0,005	3,35	<0,002	6,3	0,08	<10		0,13	0,12	<10		3,72
7	0,77	2,31	<0,11	0,015	<0,020	0,54	<5	2,20	0,042	<0,005	1,35	0,003	26	0,34	<10	1,40	0,27	0,05	<10	<0,50	11,1
8	0,01	<2,0		0,01		0,35	<5		<0,005	<0,005	0,81	0,002	4,4	0,03	<10		<0,01	<0,05	<10		2,33
9	1,16	5,05	0,12	0,034	0,062	1,09	<5	<0,50	0,049	<0,005	1,71	0,002	9,3	2,94	<10	6,50	0,34	0,10	<10	<0,50	9,82
10	3,92		4,60	0,099	0,047	0,43		<0,50	0,042	<0,005	4,03	0,002	5,5	0,08		<0,50	0,16	0,19		<0,50	4,68
12	1,39		1,40	0,022	<0,020	0,23		<0,50	0,021	<0,005	1,89	0,002	2,9	0,11		<0,50	0,13	0,05		<0,50	3,66
14	10,0			0,028		0,26			0,069	<0,005	5,2	0,003	4,8	0,12			0,21	<0,05			6,35
15	4,84			0,053		0,93			0,08	<0,005	5,33	0,002	9,5	0,17			0,1	0,38			5,02
16	3,12		4,30	0,082	0,041	0,28		<0,50	0,021	<0,005	2,52	<0,002	2,7	0,08		<0,50	<0,01	0,12		<0,50	4,02
17	5,50			0,01		0,12			0,04	<0,005	5,13	0,002	8,5	0,09			0,07	0,92			3,74
18	6,47			0,039		0,16			0,036	<0,005	0,63	0,002	13,1	0,05			0,11	1,10			12,8
19	1,97			0,021		0,15			0,046	0,008	2,76	<0,002	2,2	0,02			0,09	0,19			4,99
20	1,79			<0,005		0,19			0,019	<0,005	1,11	0,003	0,8	0,06			0,06	<0,05			4,24

	Sn		SO4			Sr	Ta	Te	Th	Ti	Tl	U	V	W	Y	Zn		Zr	
	ug/L		mg/L			ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L		ug/L	ug/L	ug/L		ug/L
	jun'21	2013	jun'21	jun'20	2013	jun'21	jun'21	jun'21	jun'21	jun'21	jun'21	jun'21	jun'21	2013	jun'21	jun'21	jun'21	2013	jun'21
1	<0,05	<5,0	5,3	6,35	7,3	31,4	<0,01	<0,01	0,041	<0,2	0,002	0,026	0,22	<0,50	0,02	0,093	2,5	5,6	0,13
2	<0,05	<5,0	5,6	6,65	7,8	34,2	<0,01	<0,01	0,031	<0,2	0,004	0,032	0,24	<0,50	0,01	0,106	9,3	13,9	0,14
3	<0,05		16,2	15,1		41,2	<0,01	<0,01	0,017	<0,2	0,004	0,024	0,18		0,03	0,129	4,9		0,10
4	<0,05	<5,0	7,4	7,4	<5,0	47,8	<0,01	<0,01	0,095	<0,2	0,005	0,043	0,30	0,89	0,02	0,114	2,0	<5,0	0,18
5	<0,05	<5,0	11,6	10,2	11,4	71,3	0,01	<0,01	0,214	<0,2	0,012	0,057	0,41	<0,50	0,09	0,192	6,0	11,0	0,14
6	<0,05		18	39,9		103	<0,01	<0,01	0,032	<0,2	0,009	0,056	0,34	---	0,04	0,166	3,4	---	0,14
7	<0,05	<5,0	75,6	71,5	36,1	81,9	<0,01	<0,01	0,006	<0,2	0,013	0,013	0,08	1,4	0,05	0,274	50,0	35,8	0,03
8	0,09		12,8	9,32		38,5	<0,01	<0,01	<0,005	<0,2	<0,002	0,002	<0,05		0,01	0,028	2,1		<0,02
9	<0,05	<5,0	26,3	21,4	43,8	166	<0,01	<0,01	0,025	<0,2	0,003	0,057	0,21	<0,50	0,18	0,343	9,7	17,0	0,15
10	<0,05	<5,0	15,9		16,5	74,5	<0,01	<0,01	0,03	<0,2	0,014	0,058	0,34	<0,50	0,02	0,279	6,9	7,2	0,10
12	<0,05	<5,0	8,1		10,4	42	<0,01	0,01	0,032	<0,2	0,005	0,032	0,29	<0,50	0,01	0,147	4,8	15,3	0,14
14	<0,05		13,8			117	<0,01	<0,01	0,015	<0,2	0,034	0,025	0,25		0,01	0,448	11,0		0,05
15	<0,05		27,5			162,5	<0,01	<0,01	0,025	10	0,033	0,076	1,04		0,03	0,540	15,1		0,25
16	<0,05	<5,0	7,6		9,5	49,1	<0,01	0,01	0,019	<0,2	0,007	0,026	0,19	<0,50	0,01	0,150	3,3	5,9	0,11
17	<0,05		24,8			228	<0,01	<0,01	0,006	<0,2	0,034	0,033	0,08		0,01	0,266	1,6		0,04
18	<0,05		38,9			265	<0,01	<0,01	0,012	<0,2	0,003	0,041	0,24		0,01	0,251	2,1		0,02
19	<0,05		6,2			34,8	<0,01	<0,01	<0,005	<0,2	0,017	0,061	0,07		0,01	0,312	3,4		<0,02
20	<0,05		2,2			30,1	<0,01	<0,01	0,014	<0,2	0,011	0,019	0,07		0,01	0,128	2,1		<0,02

Se puede observar que los contenidos en elementos minoritarios hallados en la mayoría de las muestras, a excepción de lo ya comentado en relación a ciertos elementos como Fe, As, Mn, Zn e incluso Se, no son en general, destacables. Las normas de calidad ambiental (RD 817/2015) son superadas para As y Zn en alguna de las muestras de las Lagunas de Silva.

El punto 9 (drenaje desde la galería romana hacia la Playa de El Figo) está incluido en el Inventario de aguas minerales y termales del Principado de Asturias (IGME, 2002) como “Fuente del Figo” y, según un análisis de 2001, en esa fuente bibliográfica, se indica que se trata de “*un agua clorurada sódico-magnésica, dura y de mineralización notable, destacando la presencia de Fe (0,090 mg/l), Mn (0,434 mg/L), As (0,019 mg/l), Zn (0,15 mg/l) y Al (0,805 mg/l). La elevada concentración en cloruros se atribuye a una concentración mayor de sales en el agua de lluvia dada la proximidad al mar, o al lavado de los sedimentos cuaternarios de origen marino (depósitos de rasa). Esta surgencia fue utilizada con fines terapéuticos por considerarse adecuada para el tratamiento de anemia, clorosis, enfermedades del estómago y tuberculosis*”. Según las medidas más recientes, el pH de este agua es neutro y presenta una mineralización débil-moderada. Los contenidos en Sb, Cd, Cr y Hg de las aguas subterráneas analizadas están por debajo del Nivel genérico de Intervención establecido para aguas subterráneas por la Confederación Hidrográfica del Ebro (en ausencia de unos niveles análogos establecidos para el Principado de Asturias). Únicamente el drenaje de la Playa de El Figo supera el límite de As en algunas muestras.

En lo que se refiere a los iones mayoritarios, como se puede ver en las siguientes figuras, correspondientes a los análisis de 2020 y 2021, el drenaje de la playa de El Figo y todas las aguas superficiales muestreadas son cloruradas sódicas, especialmente la de la desembocadura del río Anguleiro, debido a la influencia de la proximidad del mar (ver diagrama de Stiff). También este agua presenta en algunas muestras un grado de mineralización moderado y una moderada dureza, mientras que el resto son aguas blandas o ligeramente duras y de mineralización débil. El agua de las lagunas de Silva es sulfatada sódico-magnésica y la del agua del sondeo es bicarbonatada-clorurada sódica, probablemente por la influencia de los niveles de calcita y dolomita que se intercalan en la granodiorita. En el diagrama de Piper se observa que estas tres muestras se separan del resto.

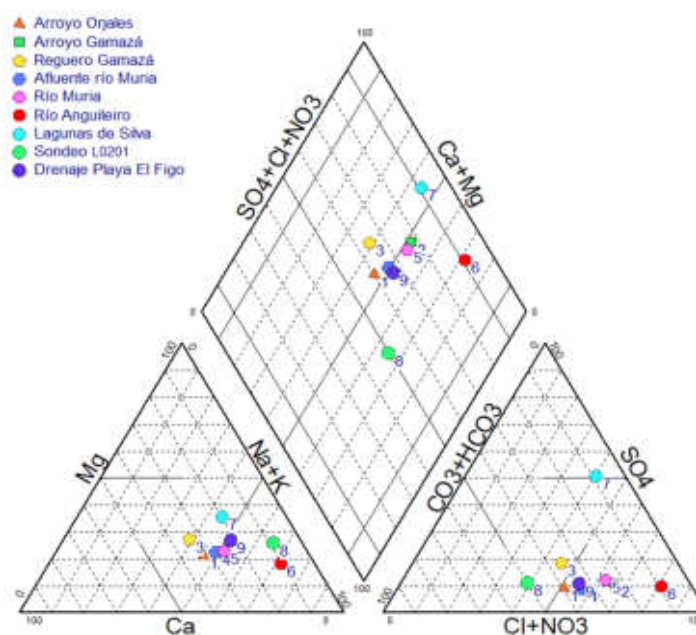


Figura 53. Diagrama de Piper de las muestras analizadas en 2020

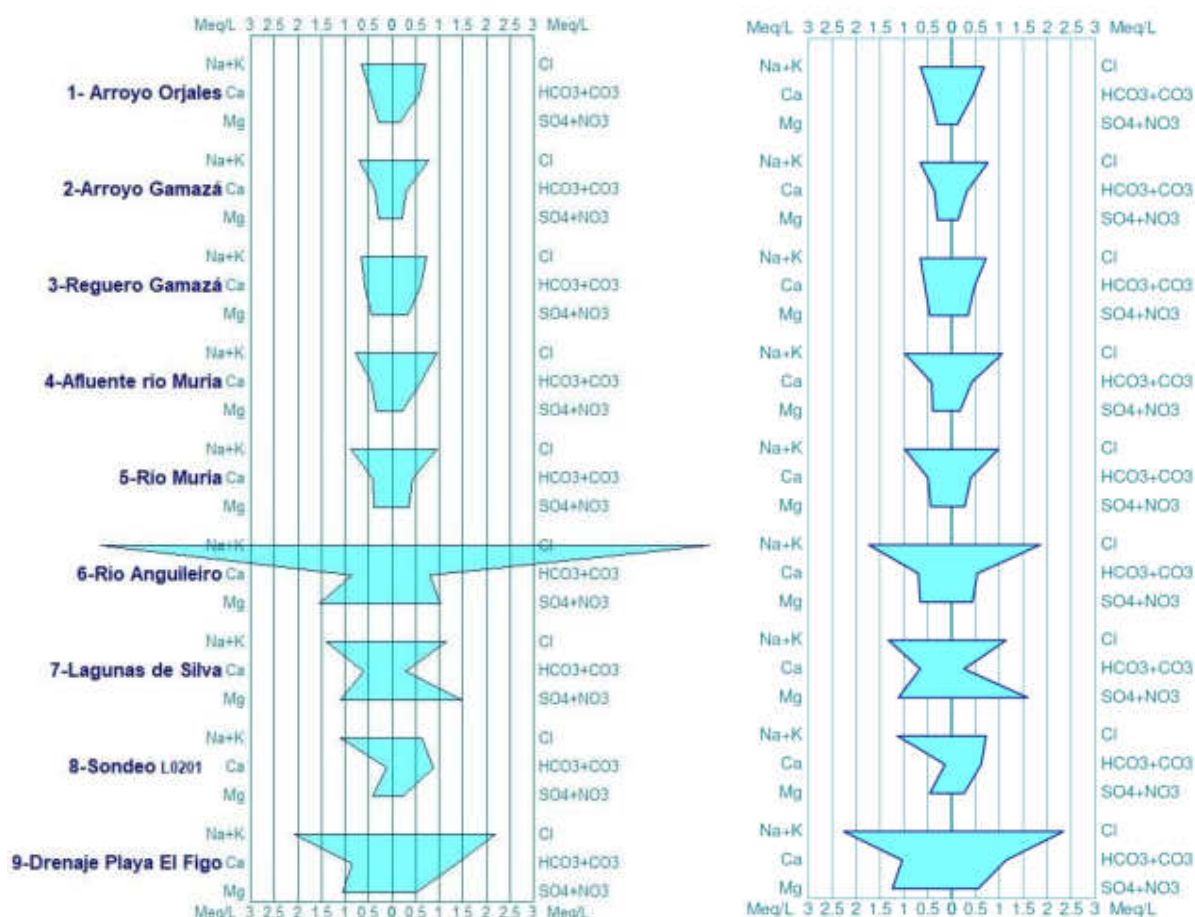


Figura 54. Diagramas de Stiff de las muestras analizadas en 2020 (izda.) y 2021 (dcha.)

En los análisis de aguas subterráneas realizados en estudios anteriores (Universidad de Oviedo, 2013; FRASA, 2004), tanto en la zona mineralizada, como en la zona donde se ubicarán las instalaciones, solamente destacan algunas muestras puntuales con contenidos algo elevados en Fe y Mn (estos dos elementos no están considerados en la lista de contaminantes para los que se establecen los niveles genéricos de referencia de contaminantes en aguas subterráneas por parte de la Confederación Hidrográfica del Ebro).

No se espera que la calidad del agua que se extraiga de los sondeos de drenaje de la explotación difiera mucho de la muestreada en el sondeo L0201 muestreado. Por otra parte, una vez cese la actividad extractiva y se interrumpa el bombeo, el nivel de agua volverá a rellenar las fracturas del sustrato cristalino. Al respecto de este punto, los perfiles de conductividad eléctrica realizados en estudios anteriores ponen de manifiesto la existencia de un gradiente de densidad vertical (densidad creciente a medida que aumenta la profundidad y el grado de mezcla), el cual, en la inundación postclausura, limitaría el transporte difusivo de solutos desde la zona minada hasta niveles superiores, lo que representaría una especie de barrera natural de protección del agua subterránea del Cuaternario (IGME, 2015).

Se recomienda establecer una red de piezómetros para controlar la calidad del agua subterránea durante y tras el cese de la actividad (hasta alcanzar valores estables); para ello, se proponen dos zonas (líneas discontinuas de color rojo en la Figura 49) en las que se podrían ubicar al menos un piezómetro aguas arriba y 2 aguas abajo de la explotación. Durante el periodo de actividad, el mejor modo de control es la monitorización del agua que bombean los sondeos de drenaje.

Si se cumplen los parámetros establecidos por el organismo competente en los términos que establece la legislación, la explotación no comprometerá la calidad del medio hídrico local (IGME, 2015).

9. GESTIÓN DE AGUAS

En la siguiente figura se muestra la gestión de aguas durante la vida activa de la explotación minera.

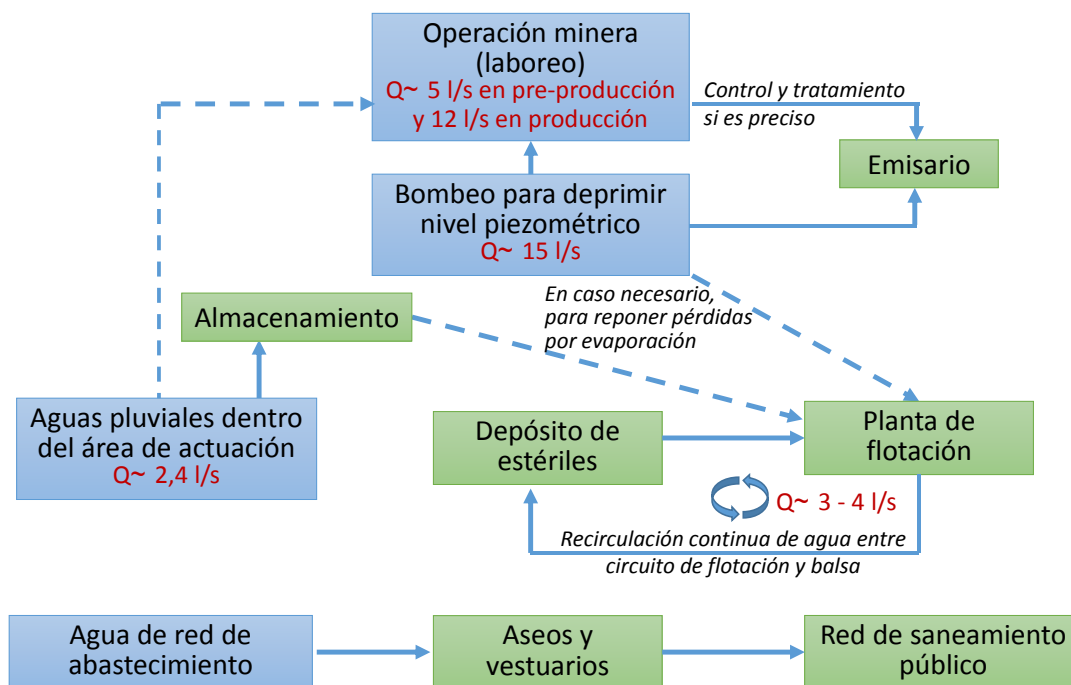


Figura 55. Gestión del agua durante la fase activa de la explotación

El agua subterránea será drenada para deprimir el nivel piezométrico por debajo del nivel de explotación y poder trabajar en seco y este agua será vertida a través del emisario. Durante el proceso de explotación será necesario un cierto volumen de agua para el laboreo minero y para ello puede emplearse parte de la anterior o bien agua fresca (de origen pluvial). Este agua entra en contacto con las paredes de la explotación y puede tener sólidos en suspensión y elementos disueltos, por lo que su calidad deberá ser controlada. Se recogerá, junto con aquella que pueda venir de pequeñas infiltraciones al hueco minero y se enviará al emisario, previa depuración, si fuera necesario.

Para la gestión de las colas de flotación o *tailings* se establecería una recirculación de agua entre el depósito de estériles y el circuito de flotación (circuito cerrado sin vertido). Las colas se someterán a un proceso de espesado, que elimine una gran parte de su humedad que se devuelve al proceso, antes de dirigirse al depósito en el que la segregación entre sólidos y líquido permitirá devolver este al circuito de flotación. La adición de cemento, cal u otro aglomerante/inertizante a los finos, lo que incrementará significativamente su estabilidad física y química. Si la planta de tratamiento mineral necesitase un aporte de agua para compensar las pérdidas por evaporación del agua del depósito de estériles, ésta podrá proceder del agua bombeada para deprimir el nivel piezométrico o de las aguas pluviales almacenadas.

Para estimar el caudal de aguas pluviales que se podrían recoger en el área minera, tanto por precipitación directa en las balsas destinadas a tal fin, como por la recogida de aguas de escorrentía en dicho área, se ha considerado una subcuenca dentro de la cuenca del Reguero

Gamazá de 0,5 km², a la que habría que descontar el área del depósito de estériles (0,2 km²). Tomando la lluvia útil calculada (apartado de Climatología) de 317 mm/año y suponiendo un coeficiente de infiltración de 0,2, se obtiene un caudal medio anual de unos 2,4 l/s, aunque lógicamente éste depende del tipo de año (húmedo, medio, seco) y sobre todo de la época del año, siendo mayor en los meses de octubre a enero y menor de junio a septiembre; la regulación permitiría almacenar en balsas este superávit para los meses de verano, con mayor ratio de evaporación y menor volumen de precipitaciones.

El depósito de estériles recibe en su superficie un caudal medio de precipitación directa de unos 6 l/s. Para el cálculo de la evaporación se puede aplicar la fórmula de Langbein, que estima dicho parámetro -en función de la temperatura media anual- en 823 mm/año (86% de la precipitación), lo que para el depósito supone 5,2 l/s. Por otra parte, existen registros de medidas reales en tanques de evaporación en algunas estaciones mantenidas por la AEMET, como la de Ribadeo-Vilaframil (Lugo), la más próxima a la zona de estudio y éstos se consideran más ajustados a la realidad de dicha zona. En la siguiente figura se muestran los valores medios mensuales de precipitación (línea azul) y evaporación (línea roja) registrados en esta estación en el periodo de registro del evaporímetro (1998-2015) y afectados éstos últimos por un coeficiente igual a 0,8 que se suele emplear para salvar el efecto de las paredes del tanque. Obviamente, se trata sólo de estimaciones medias, ya que ni el caudal de precipitación ni el de evaporación son constantes a lo largo del año, siendo este último mayor entre los meses de mayo y septiembre. En la misma figura se muestra una simulación de valores medios de caudal de agua (barras) disponible para su uso en la planta a lo largo del año (se ha tomado un consumo medio de ésta de 3,5 l/s). Se aprecia que, en los meses de octubre a febrero, la precipitación supera a la evaporación y el volumen de agua aumenta en el depósito, por lo que se podría abastecer a la planta y habría superávit. En el resto de los meses, especialmente en los de verano, la precipitación no compensa el agua que se evapora, de forma que se reduce el volumen y si no se puede garantizar dicho consumo, será necesario aportar agua externa (de lluvia o de bombeo), como ya se ha comentado.

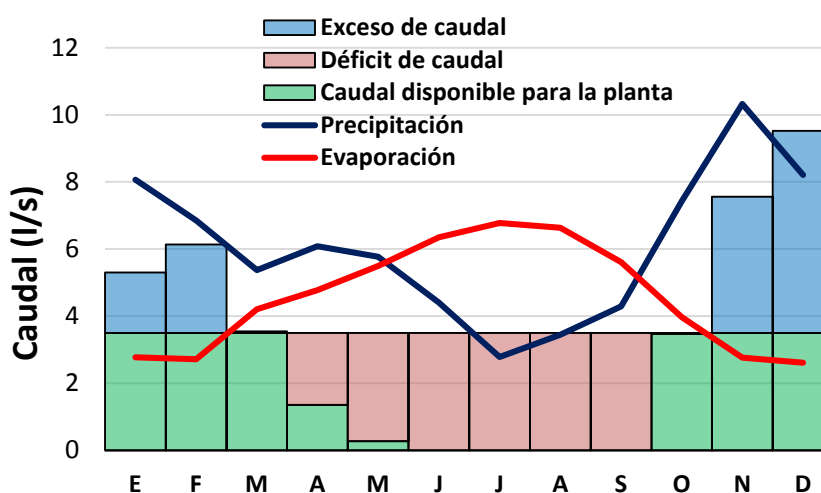


Figura 56. Estimación de valores medios de precipitación, evaporación (datos de la estación de Ribadeo) y caudal de agua disponible en el depósito para su recirculación, a lo largo del año

Por otra parte, en términos de máxima avenida, según lo calculado en el apartado 5.2.1, para un periodo de retorno de 500 años, en el área de estudio se tiene una precipitación máxima de 162,6 mm/día, lo que para la superficie del depósito corresponde a 32520 m³, que harían subir el nivel en su interior 0,16 m.

Las aguas de escorrentía serán dirigidas a los canales perimetrales diseñados para albergar al menos una capacidad correspondiente a un periodo reglamentariamente exigido. Como ya se ha indicado, el agua de escorrentía externa no entrará en la zona de las instalaciones y seguirá su flujo natural en la cuenca, mientras que las aguas pluviales dentro de dicha zona serán recogidas y gestionadas internamente. Es por ello que **no se producirán vertidos al dominio público hidráulico, por lo que no habrá riesgo de empeoramiento de la calidad de las aguas, sedimentos y ecosistemas fluviales y costeros asociados.**

De la red de abastecimiento se obtendrá el agua precisa para duchas y aseos del personal en las instalaciones y las aguas residuales generadas son asimilables a las Aguas Residuales Urbanas (ARU) y como tales se pueden incorporar a la red municipal de saneamiento.

9.1. Calidad esperable de las aguas

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, debe prestarse atención a la calidad de tres tipos de aguas que se generarán y gestionarán durante la explotación minera:

1. Aguas de bombeo para desaguar la explotación. Se extraerán deprimiendo el nivel piezométrico antes de la explotación, por lo que su calidad será similar a la que se ha muestreado en los sondeos realizados en el yacimiento, como el L0201 (ver apartado de Hidroquímica). Esta agua tiene pH neutro y una mineralización débil, con contenidos elementales por debajo del Nivel genérico de Intervención establecido para aguas subterráneas por la Confederación Hidrográfica del Ebro (en ausencia de unos niveles análogos establecidos para el Principado de Asturias), por lo que no se prevé necesario su tratamiento, aunque sería aconsejable un control periódico de su calidad. Su caudal medio se estimó en unos 15 l/s en el apartado 7 y dada su buena aptitud, se considera apta para redirigir al emisario, así como para su reutilización para las operaciones de laboreo y para reponer pérdidas de evaporación en el circuito cerrado del agua de planta en caso necesario, como ya se ha comentado.

Para la predicción de la calidad del agua de bombeo, es habitual la realización de diversos estudios de laboratorio que se pueden dividir en dos grandes grupos, según su naturaleza estática o dinámica. Dentro del primer grupo, los más aceptados son el ensayo ABA (Acid/Base Account) y el ensayo NAG (Net Acid Generation potential); estos tests indican, en esencia, el potencial de generación de aguas ácidas. Se dispone de datos históricos de ambos tipos de tests (AGQ, 2013) que indican, en líneas generales, que en el área mineralizada (muestras de granodiorita con mayor o menor grado de alteración y/o mineralización) no existe riesgo de generación de acidez en las aguas, debido en buena parte al efecto tampón que desempeñan los carbonatos presentes (se comenta más adelante). Sí existe, por el contrario, cierto potencial de generación de acidez en muestras de las pizarras de la Serie Los Cabos, por las que parcialmente discurrirá la galería de acceso a las labores.

En relación a los test dinámicos, son habituales los ensayos de cinética geoquímica denominados “de celdas húmedas” (Humidity Cell Tests, HCTs) que consisten en recircular agua, durante periodos de tiempo largos, en contacto con una masa determinada de la muestra a ensayar. Aunque las pruebas de laboratorio no generan

lixiviados del todo equivalentes a aquellos producidos en una operación minera real (ya que no integran los aspectos de variación de la temperatura o distribución de la precipitación, entre otros), sí permiten conocer, de forma razonable, los niveles relativos de reactividad/movilización de constituyentes en el sólido ensayado. Los resultados obtenidos en estudios previos a las 35 semanas de ensayo en celdas, revelan una concentración para los lixiviados de muestras de granodiorita inferiores a 0,0005 mg/l de Sb y 0,002 mg/l As, y cuando la granodiorita presenta alteración clorítica, se llega a un máximo de 0,0016 mg/l Sb y 0,0044 mg/l de As. El buen comportamiento de la granodiorita mineralizada ante la lixiviación queda evidenciado al comparar los resultados anteriores con los obtenidos en la misma batería de tests para las calizas de la Zona Asturoccidental-Leonesa, que han proporcionado, a las 35 semanas, concentraciones de 0,0254 mg/l Sb y 0,0769 mg/l As. Pese al menor contenido de estos elementos en la roca original, son lixiviados en mayor proporción desde la caliza, por su carácter más reactivo (mayor solubilidad).

2. Aguas de entrada a la mina en las fases de laboreo. Se trata del agua que llegue a los huecos mineros por infiltración de agua de lluvia (escasa (< 1 l/s), dada la baja permeabilidad del macizo superior) y la necesaria para la propia operación minera (jumbos, taladros, equipos de *grouting*, sprays de polvo, equipos de aspersión, etc.) que procederá del agua de bombeo (tipo anterior) y, si fuese necesario, del exceso de aguas pluviales recogidas y almacenadas en el área minera. Esta agua entrará en contacto con el polvo generado por la propia perforación y otros trabajos de explotación minera, además de con las paredes de los huecos mineros, etc., por lo que es probable que aumente su contenido en sólidos en suspensión, aceites y grasas y elementos disueltos. Por tanto, se recomienda su recogida y control durante los trabajos mineros, monitorizando su calidad, y si fuese necesario, se tratará hasta alcanzar la calidad exigida para su reutilización o vertido a través del emisario. El caudal de estas aguas ha sido estimado por la empresa de ingeniería CRS (Madrid) en base a los requerimientos (tipo y número de equipos) en 5 y 12 l/s para las fases de pre-producción y producción, respectivamente.

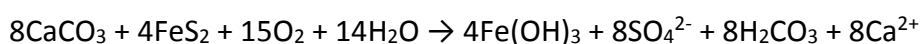
Aguas de proceso. Se trata aquellas aguas que se utilizan en la planta metalúrgica y que son conducidas al depósito de estériles, desde la que se recirculan a la planta de nuevo. Únicamente se empleará agua fresca de origen pluvial o procedente del bombeo para reponer pérdidas por evaporación en dicho depósito. De todos los tipos de aguas presentes en la explotación, es éste agua la que se espera que tenga una calidad más baja, por su contenido de elementos disueltos, pero no será vertida en ningún caso (recirculación con vertido cero). Su caudal se estima entre 3 y 4 l/s. Ensayos previos en celdas dinámicas análogos a los ya comentados revelan un contenido esperable en las aguas de el depósito de estériles de entre 0,0123 y 0,0239 mg/l As y entre 0,772 y 1,320 mg/l Sb.

Como ya se ha comentado, las aguas de operación minera no se espera que sean ácidas. El oxígeno es necesario para la oxidación directa de los sulfuros (típicamente piritita) y la respiración bacteriana. Los materiales geológicos con contenido en sulfuros que puedan ser atravesados están saturados. La velocidad de difusión del oxígeno en agua es muy lenta, por lo que cuando las rocas que contienen piritita son inundadas completamente, las reacciones por las que se forman aguas ácidas se hacen considerablemente más lentas (Clarke, 1995).

Con objeto de estimar la calidad de los posibles lixiviados de la granodiorita mineralizada en el peor escenario posible, se tomó una muestra de testigo de sondeo muy mineralizada, con visible presencia de arsenopirita y tras ser molida, se analizó mediante FRX en el laboratorio de Metalogenia de la Escuela de ingeniería de minas, energía y materiales de Oviedo. Esta muestra tan mineralizada, que contiene 37 mg/kg de Au, presenta elevados contenidos de As y Fe (11869 mg/kg As y 13735 mg/kg Fe). Posteriormente, la muestra fue sometida a un ensayo de lixiviabilidad según la norma UNE-EN 12457:4 en el laboratorio acreditado por ENAC (ISO 9001) de Envira Ingenieros (Asturias). El lixiviado, una vez analizado por ICP-MS en dicho laboratorio, contiene 0,7 mg/kg As y <2,0 mg/kg Fe y presenta un pH de 7,78. Considerando la cantidad de muestra sólida sometida a ensayo, el volumen de lixiviante y las concentraciones obtenidas, se deduce que se ha lixiviado sólo un 0,06% del As presente en la roca original. Obviamente, la distribución de la concentración de As dista mucho de ser homogénea en la granodiorita y las condiciones de fracturación, pH, etc. pueden afectar a la lixiviación, pero, dado que se ha elegido una muestra de la zona más mineralizada y que el ensayo no reproduce las condiciones reales (muestra molida, agitación y contacto potenciado con el lixiviante), se considera un dato conservador si se compara con el agua que se infiltre en la roca a través de fisuras y llegue al interior de la mina.

Por otra parte, una muestra de finos o *tailings* caracterizada por AGQ Mining & Bioenergy S.L. (Sevilla) revela que se trata de un residuo no ecotóxico y de bajo contenido en azufre, con un potencial de acidez bajo, así como un potencial de neutralización alto:

En lo que se refiere al contenido en azufre, el potencial de producción de acidez de una muestra determinada es una estimación de la cantidad de ácido que ésta puede llegar a producir. La pirita (sulfuro de hierro, FeS₂) es el mineral más abundante de los que poseen potencial para generar acidez y éste será máximo cuando toda la pirita de la muestra reaccione para formar hidróxido férrico y ácido sulfúrico, aunque en la práctica no toda la pirita estará activa (además en este caso, la proporción pirita/arsenopirita es aproximadamente 30/70, siendo esta última un sulfuro de menor potencial de generación de acidez). La acidez se suele expresar como la cantidad de carbonato cálcico que sería necesaria para efectuar la neutralización, de acuerdo con la siguiente reacción:



Según la anterior estequiometría, se requiere un mol de CaCO₃ por cada mol de azufre, lo que significa que la acidez producida por 32,08 g de azufre es neutralizada por 100,09 g de CaCO₃ y por tanto, el potencial de producción de acidez del azufre pirítico es de 3,125 g de acidez (como CaCO₃) por cada gramo de azufre. Por este motivo, según el RD 777/2012, se exige a los residuos inertes un cociente entre potencial de neutralización y potencial de acidez superior a 3, así como un contenido máximo en azufre en forma de sulfuro del 0,1%. La muestra de *tailings* analizada posee un contenido en sulfuro inferior al 0,1% y por tanto un potencial de acidez bajo (<3,1 g CaCO₃/kg); también posee un potencial de neutralización alto (126,8 g CaCO₃/kg), debido a su contenido en carbonatos, por lo que el cociente entre ambos es superior a 40, muy por encima de 3. Dados los valores obtenidos para una muestra de granulometría muy fina (en torno a 50 micras) y, por tanto, con mayor superficie reactiva, no se espera que se generen aguas ácidas, debido tanto al bajo contenido en sulfuros como a la capacidad neutralizadora de los carbonatos presentes. Si esto no ocurre con los lixiviados de una muestra de finos de flotación, no ocurrirá tampoco con ninguno de los tipos de aguas generadas durante la explotación ya comentados.

El resultado de la aplicación del software ABATES (Acid-Base Accounting Tool), desarrollado por Earth Systems - INAP (International Network for Acid Prevention), a muestras de granodiorita muy mineralizada, a partir de su composición mineralógica, revela que su capacidad de neutralización es más del doble que su potencial generador de acidez, por lo que “se considera improbable que las rocas con dicha mineralogía generen aguas ácidas”. La aplicación a muestras de estéril de flotación da el mismo resultado, pero de forma más acusada (la capacidad de neutralización supera en 65 veces el potencial generador de acidez), ya que en el estéril se ha reducido mucho el contenido en sulfuros respecto a la roca original.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Desde el punto de vista del contexto geológico, la zona de estudio se compone de dos unidades: i) un zócalo cristalino, fracturado, que comprende el sector occidental del cabalgamiento basal del manto de Mondoñedo, y que está constituido por una serie de rocas metamórficas (pizarras y cuarcitas) de rumbo NE-SW y buzamiento elevado al W que es intruida por un cuerpo de composición granodiorítica, que en su extremo occidental presenta una marcada alteración hidrotermal con mineralización metálica; ii) un depósito reciente, cuaternario, discontinuo, sobre la superficie de arrasamiento, que consiste en depósitos marinos, poco potentes, de gravas, arenas y limos y que coexiste con rellenos aluviales de poca entidad en las zonas anexas a los cauces vivos. La conexión hidráulica entre ambos conjuntos puede considerarse poco significativa.

La zona de estudio pertenece al sistema de explotación Porcía, cuyas demandas suponen el 0,8% de sus recursos, que son de los más bajos de Asturias. Dado el carácter básicamente impermeable del sustrato geológico, los cursos superficiales están muy influidos por la alimentación directa de las precipitaciones y la escorrentía superficial, con poca regulación subterránea.

En la zona de estudio no existe ningún ARPSI, ni riesgo o peligrosidad por inundación fluvial. No obstante, se recomienda que las actuaciones del proyecto minero no interfieran con las zonas inundables, incluso aquellas de probabilidad baja o excepcional.

Se recomienda que la zona de actuaciones sea limitada por un canal perimetral externo al recinto para recoger el agua de escorrentía de la parte norte de la cuenca y desviarla hacia el reguero Gamazá. Se estima que este canal estará seco en periodos sin lluvias y llevará un caudal muy bajo el resto del año. La escorrentía del resto de la cuenca de dicho reguero discurrirá de forma natural, tal y como lo hacía antes de la explotación. No se producirán vertidos al dominio público hidráulico, por lo que no habrá riesgo de empeoramiento de la calidad de las aguas, sedimentos y ecosistemas fluviales y costeros asociados.

A excepción de los materiales cuaternarios, no cabe hablar *sensu stricto* de otros acuíferos (rocas metamórficas o ígneas), ya que, aunque puedan estar saturadas de agua, su baja permeabilidad limita el flujo de agua subterránea. Únicamente la porosidad secundaria debida a la fracturación incrementarán la permeabilidad de estos materiales, que en todo caso será muy baja. Los parámetros hidrogeológicos determinados tanto para las rocas ígneas como para la Serie Los Cabos son muy bajos, especialmente la transmisividad. Además, el hecho de que el bombeo realizado en un determinado pozo afecte de forma desigual a los pozos circundantes y próximos, confirma la anisotropía del macizo, por lo que el flujo de agua está condicionado por la existencia de discontinuidades/fracturas según ciertas direcciones principales y será inexistente en otras. Aunque los parámetros hidrogeológicos son muy superiores en las formaciones superficiales, éstas tampoco constituyen acuíferos de entidad, por su escasa potencia, su contenido en finos y su extensión discontinua, y el agua que en ellas se infiltre circulará (sub)superficialmente de forma preferente por el contacto con el sustrato subyacente, dada la baja permeabilidad de éste, lo cual dificulta su recarga.

El caudal de drenaje de la explotación minera se ha estimado en torno a 15 l/s, con un máximo de 27 l/s si en todos los pozos previstos se bombeara simultáneamente. Este drenaje no afectará significativamente al caudal de aguas superficiales ya que, dada la baja permeabilidad del sustrato, la mayor parte del caudal de los ríos procede de la escorrentía superficial;

tampoco se espera que afecte al caudal de las fuentes inventariadas ni se espera intrusión salina, debido a la baja transmisividad del macizo y a la probable existencia de barreras hidrogeológicas. En relación a las lagunas de Silva, sus niveles de agua serán controlados regularmente y si se produce un descenso significativo de éstos, no atribuible a la estacionalidad, dichas lagunas podrán ser rellenadas con agua procedente del bombeo o podría considerarse la impermeabilización de su base. En superficie, estas lagunas van a ser respetadas, ya que la única actuación superficial prevista (pozos de drenaje y piezómetros) se propone fuera de sus ámbitos de protección. Por otra parte, dado el deterioro actual de las lagunas y la baja calidad de sus aguas eutrofizadas, se recomienda que una vez terminada la actividad minera, la zona sea saneada y acondicionada para ser visitada.

Durante la vida activa de la explotación, todas las aguas serán controladas periódicamente y tratadas cuando sea necesario y no se producirán vertidos a cauces de aguas superficiales. En la etapa de postclausura, se controlará el caudal y calidad de las aguas implicadas si fuera necesario hasta alcanzar un valor estable y dentro de los límites aceptados. El depósito de estériles será aislado utilizando las mejores técnicas disponibles (BAT), asegurando su estabilidad e impermeabilización, lo cual se vería aún mejorado al inertizar los estériles, mezclándolos con cemento y cal viva, al limitar su capacidad de lixiviación.

De acuerdo con las medidas recientes realizadas, las aguas superficiales y subterráneas muestreadas presentan un pH circumneutral y, en general, un débil grado de mineralización. Únicamente cabe destacar la influencia del mar en la cuenca del río Anguileiro y la asociada a la actividad agro-ganadera y la presencia de algunas mineralizaciones de Fe y Mn. En cualquier caso, se recomienda monitorizar la calidad del agua, especialmente la subterránea (en piezómetros y pozos de bombeo), para garantizar que se mantiene dentro de los límites establecidos por el Organismo competente.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allmendinger, R.W., 2020. Stereonet, versión 11. Rick Allmendinger's Stuff. <http://www.geo.cornell.edu/geology/faculty/RWA/programs/stereonet.html>
- Álvarez, R., Ordóñez, A., De Miguel, E., Loredó, C., 2016. Prediction of the flooding of a mining reservoir in NW Spain. *Journal of Environmental Management*, 184: 219-228.
- Bastida, F., Pulgar, J.A., 1978. La estructura del manto de Mondoñedo entre Burela y Tapia de Casariego (Costa Cantábrica, NW de España). *Trabajos de Geología*, 10: 75-159.
- Bayón, E., 2005. El drenaje de los túneles. Implicaciones constructivas y medioambientales. INOCSA, 29 p.
- Black Dragon Gold, 2020. Technical Maps. Inventory of historical and recent technical maps, pertinent to the Salave Gold Project. <https://www.blackdragongold.com/images/content/technical-maps/black-dragon-gold---salave-concession-boundaries.jpg>
- CHC (Confederación Hidrográfica del Cantábrico), 2015. Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental; revisión 2015 – 2021. Apéndice VI.1, Descripción de los sistemas de explotación, 139 p. https://www.chcantabrico.es/documents/20143/57799/22_Apendice_VI.1.pdf/fc295d44-6c66-ddd5-1f03-37e74342b113?version=1.0
- CHC (Confederación Hidrográfica del Cantábrico), 2016. Mapa de la red fluvial de la Confederación Hidrográfica del Cantábrico, Escala 1:100.000, 44 p. <http://www.chcantabrico.es/index.php/es/atencionciudadano/documentos/publicaciones>
- CHC (Confederación Hidrográfica del Cantábrico), 2020. Ficha del río Porcía. <https://www.chcantabrico.es/las-cuencas-cantabricas/marco-fisico/hidrologia/rios/porcia>
- Clarke, L.B., 1995. Coal mining and water quality. IEA Coal Research, IEACR/80, 99 p.
- Custodio, E., Llamas, M.R., 2001. Hidrología subterránea. 2ª edición. Ediciones Omega, Barcelona, 2347 p.
- Fernández-Catuxo, J., 1998. The Salave gold prospect revisited: new ideas for an old deposit. En: Arias, D, Martín-Izard, A y Paniagua, A (Eds.), *Gold exploration and mining in NW Spain*. Facultad de Geología, Universidad de Oviedo, 82-85.
- Ferrer, F.J., 2000. Recomendaciones para el cálculo hidrometeorológico de avenidas. CEDEX, Madrid, 76 p.
- FRASA Ingenieros consultores, 2004. Proyecto SALAVE (Tapia de Casariego). Rio Narcea Gold Mines. Estudio hidrogeológico-minero de base. Informe inédito, 79 p.
- Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea (FCIHS), 2009. Hidrogeología. Comisión Docente Curso Internacional de Hidrología Subterránea. Barcelona.
- González de Vallejo, L.I., Ferrer, M., Ortuño, L., Oteo, C., 2002. *Ingeniería Geológica*. Pearson Educación, Madrid, 744 p.

- Gumiel, P., Martín-Izard, A., Arias, M., Rodríguez-Terente, L., 2008. Geometrical analysis of the Punta del Pedrón shear zone (Asturias, Spain): implications related to exploration of Salave gold-type mineralization. *Journal of Structural Geology*, 30: 354-365.
- Harris, M., 1980a. Gold mineralization at the Salave gold prospect, northwest Spain. *Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy (section B: Applied Earth Sciences)*, 89: b1-b4.
- Harris, M., 1980b. Hydrothermal alteration at the Salave gold prospect, northwest Spain. *Transactions of the Institute of Mining and Metallurgy (section B: Applied Earth Sciences)*, 89: b5-b15.
- IGME, 1976. Mapa Geológico Nacional (Hoja 10, Ribadeo). Mapa y memoria anexa, 26 p.
- IGME, 1985. AL025: Desembocadura del río Porcía. Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG). Patrimonio geológico y minero. <http://info.igme.es/ielig/LIGInfo.aspx?codigo=AL025>
- IGME, 2002. ESTUDIO DEL POTENCIAL DE AGUAS MINERALES Y TERMALES DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS (1ª FASE). Tomo 2. Oviedo, 357 p. http://info.igme.es/SidPDF/077000/675/Tomo%20II/77675_0002.pdf
- IGME, 2015. Estudio sobre la posible afección de la explotación minera de Salave (Tapia de Casariego) sobre el medio hídrico http://info.igme.es/SidPDF/166000/820/166820_0000001.pdf
- IGME, 2020. Mapa Geológico Continuo de España a escala 1/50.000. GEODE - Zona Z1000 (Cantábrica) (online).
- Kasenow, M., 2002. Determination of Hydraulic Conductivity From Grain Size Analysis. *Water Resources Pub.*, 97 p.
- Lachassagne, P., Wyns, R., Dewandel, B., 2011. Weathering and permeability of Hard Rock Aquifers. *Terra Nova*, 23: 145-161.
- Marcos, A., 1973. Las series del Paleozoico Inferior y la estructura herciniana del Occidente de Asturias (NW. de España). *Trabajos de geología*, 6: 1-113.
- Martín-Izard, A., Rodríguez-Terente, L.M., 2009. Invisible gold at the Salave deposit, NW Spain. En: Williams (Ed.), *Smart Science for exploration and mining*: 725-727.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2020. Geo-Portal. <https://sig.mapama.gob.es/geoportal/>
- Odong, J., 2007. Evaluation of Empirical Formulae for Determination of Hydraulic Conductivity based on Grain-Size Analysis. *Journal of American Science*, 3(3): 54-62.
- Rodríguez-Terente, L.M., 2007. Las mineralizaciones auríferas de la granodiorita de Salave (Tapia de Casariego, Asturias). Tesis doctoral inédita (Universidad de Oviedo), 403 p.
- Rodríguez-Terente, L.M., Paniagua, A., Moreiras, D., 1998. Ore mineralogy and evolution of the Salave Gold deposit. En: Arias, D, Martín-Izard, A y Paniagua, A (Eds.), *Gold exploration and mining in NW Spain*. Facultad de Geología, Universidad de Oviedo, 165-170.

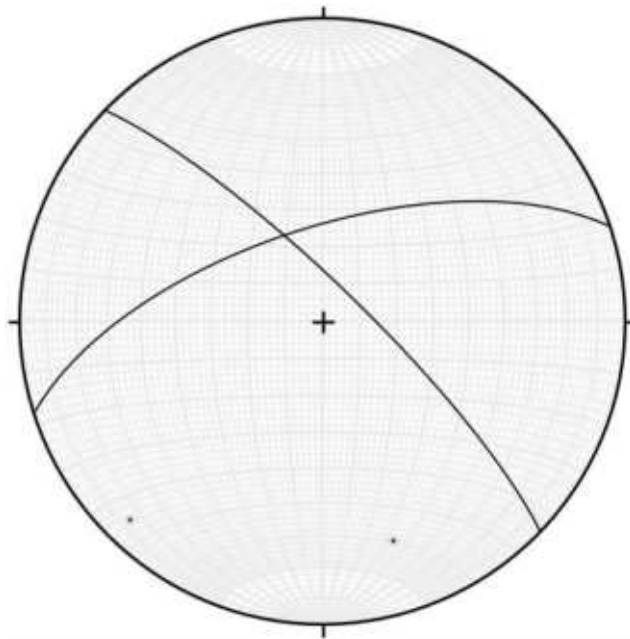
SNCZI (Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables), 2020. Visor cartográfico. Ministerio para la Transición ecológica y el reto demográfico <https://sig.mapama.gob.es/snczi/>

Suárez, O., Suárez, V., 1970. Sobre las rocas plutónicas de la zona de Tapia (Asturias, España): Boletín geológico y minero, 81(2-3): 157-163.

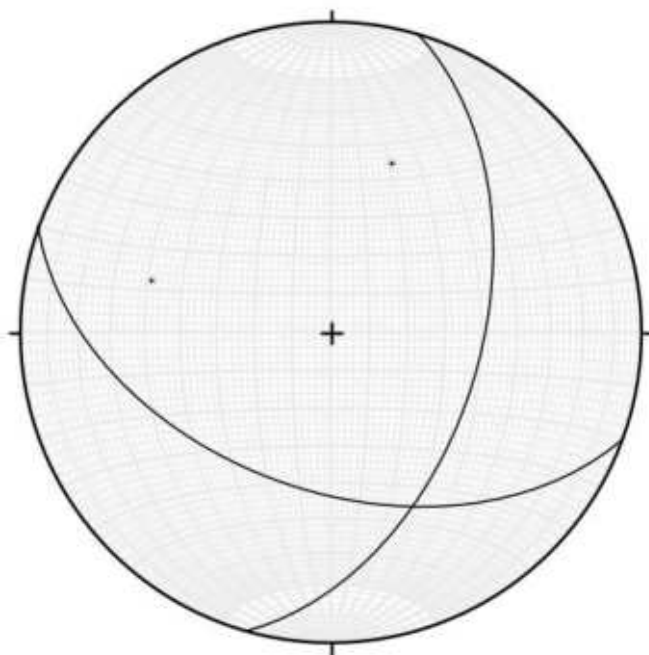
Sundblad, C., 1991. Salave Gold Deposit. DRAFT. Hydrological Reconnaissance Evaluation. Informe inédito, 24 p.

Universidad de Oviedo, 2013. Características hidrológicas de la cuenca del río Anguileiro y el proyecto minero de Salave. Informe inédito.

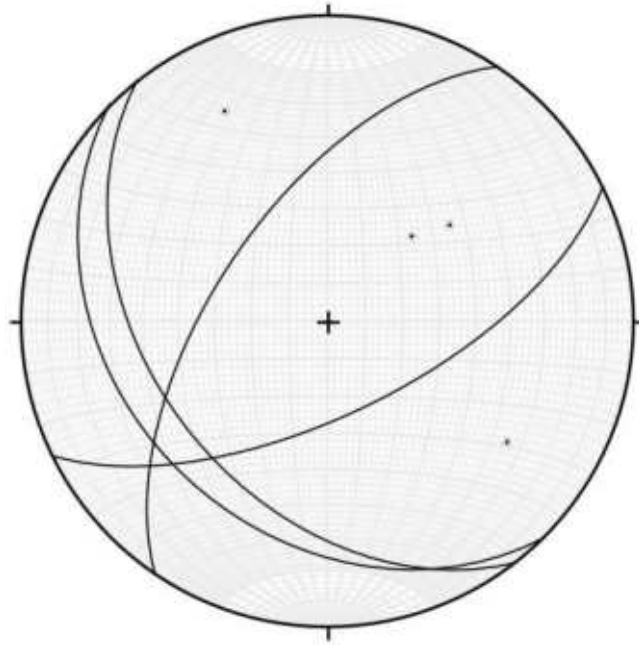
APÉNDICE I: Diagramas estereográficos de la fracturación en las series pizarrosas y en las rocas ígneas de la Playa de El Figo



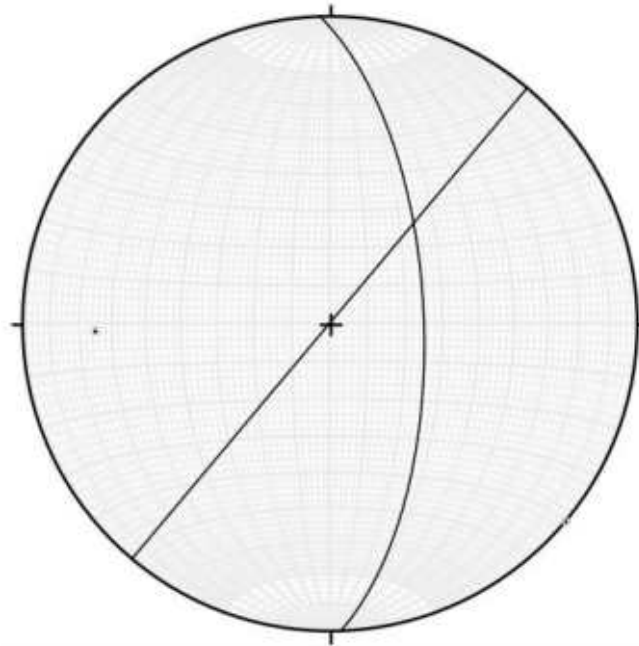
Serie pizarrosa E



Serie pizarrosa oeste



Gabro



Cuerpo albítico del embarcadero

APÉNDICE II: Ensayos de bombeo

Los ensayos de bombeo realizados en pozos que captan aguas subterráneas tienen como objeto obtener los parámetros hidrogeológicos del acuífero que atraviesan. La metodología es sencilla, consiste en, tras una medida inicial de control de los niveles de agua en los sondeos, bombear en los mismos, a caudal constante o variable, siguiendo la evolución del nivel del agua, tanto en el propio pozo de bombeo como en otros cercanos denominados pozos de observación. El estudio de las variaciones de niveles en dichos pozos permite establecer los parámetros hidrogeológicos del acuífero.

La elección de los puntos de bombeo fue compleja por los problemas de acceso y el estado de los propios sondeos. En todos los casos, los ensayos de bombeo se realizaron tras la limpieza de los sondeos, asegurándose de la situación de la rejilla para conocer el nivel del que procede el agua bombeada. El control de los descensos de nivel se realizó con equipos de medición (tipo MiniDiver) en el pozo de bombeo y en los de observación. Como complemento y comprobación, se realizaban mediciones manuales de evolución de niveles en el pozo de bombeo con una sonda hidronivel. El agua extraída se dispuso en bidones de 1000 l para evitar su infiltración de nuevo en el terreno.

Los ensayos, llevados a cabo a caudal constante y en régimen variable, se han interpretado por los métodos clásicos de Theis y Jacob, que permiten obtener la transmisividad (T) y el coeficiente de almacenamiento (S), este último si se registran descensos en piezómetros dentro del área de influencia del bombeo. En los casos de bombeo escalonado, la interpretación se ha realizado también considerando los descensos específicos. En todos los casos, para el cálculo de la permeabilidad se ha tenido en cuenta que los pozos son parcialmente penetrantes en el acuífero.

A continuación, se describen los detalles de la realización de cada ensayo. Los 5 primeros corresponden a sondeos perforados en la granodiorita y los 2 siguientes a aquellos realizados más al sur, en la Serie Los Cabos.

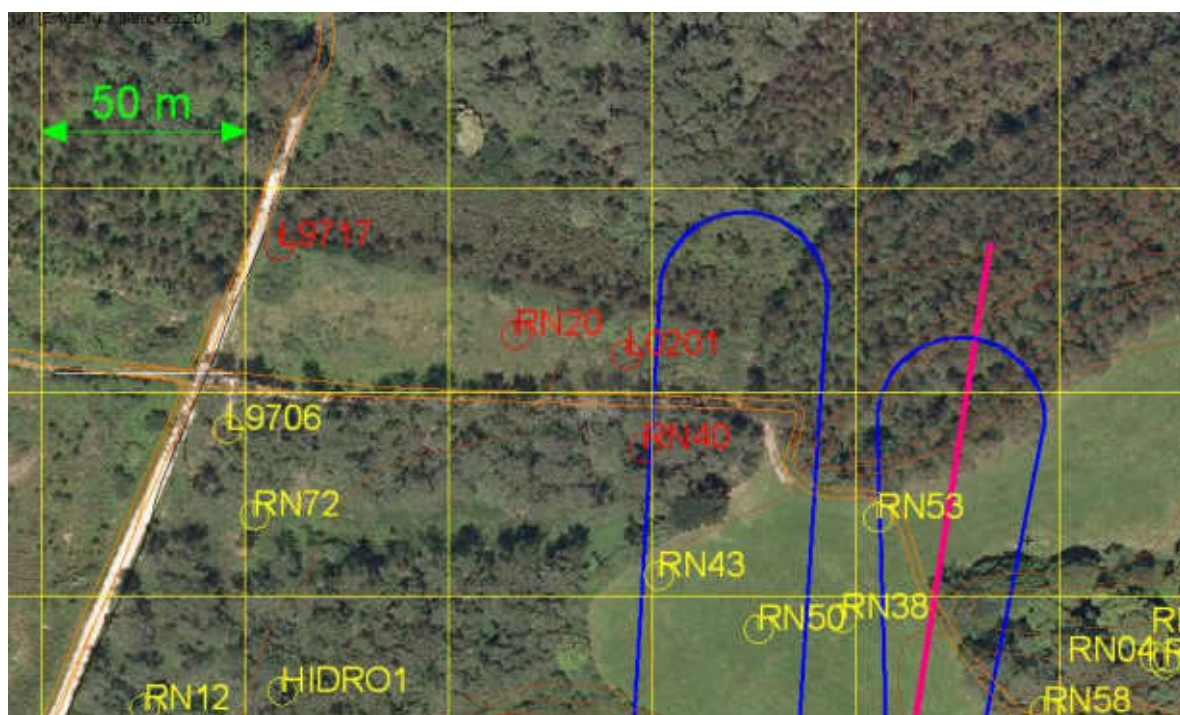
ENSAYOS DE BOMBEO EN LA GRANODIORITA

Ensayo de bombeo 1: Sondeo L0201

Con fecha de 28 de febrero de 2013 se instalan en el sondeo L0201 los equipos para la realización al día siguiente, 1 de marzo, del ensayo de bombeo programado. El equipo está formado por una bomba AP200M con el sistema Venturi situado a 45 metros de profundidad. El agua bombeada se vierte a cubas de 1000 litros de capacidad instaladas en las cercanías del sondeo. Se acondicionan como piezómetros los sondeos L0201, L9717 y RN20 con equipos de control de nivel de agua Diver. Estos equipos registran automáticamente el nivel y la temperatura del agua.

Distancia desde el pozo de bombeo (L0201) a los pozos de observación y profundidad del nivel de agua en su interior antes del bombeo

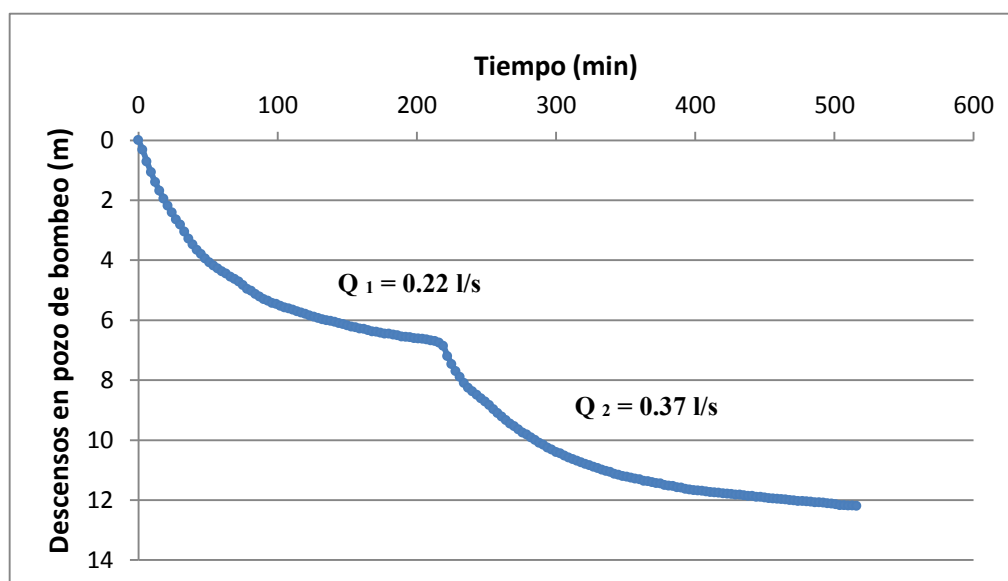
Sondeo	Distancia al pozo de bombeo (m)	Profundidad del nivel de agua inicial (m)
L0201	0	12,1
L9717	89,42	8
RN20	27,66	9,71
RN40	23,26	5,1



Situación de los sondeos (en color rojo) del ensayo de bombeo N° 1

Antes del comienzo del ensayo de bombeo se midieron los niveles de agua en los sondeos más próximos y que estaban instrumentados con equipos Diver (programados con una frecuencia de medición de 3 minutos). También se comprobó su profundidad efectiva.

Se plantea llevar a cabo un ensayo con escalones en caudal ascendente, hasta la estabilización del nivel de agua en cada uno de ellos. Sólo se pudieron realizar dos escalones debido al volumen de agua bombeada, por lo que se decidió parar el bombeo en la estabilización del segundo escalón, cuando se habían bombeado aproximadamente 10.000 litros. El primer escalón se realizó a un caudal de 0,22 l/s y duró 210 minutos. Se elevó el caudal hasta los 0,40 l/s para el siguiente escalón, estabilizándose éste pasados unos minutos en 0,37 l/s hasta la finalización del ensayo, que se prolongó un total de 516 minutos para ambos escalones.



Curva descensos-tiempo en el sondeo L0201 (control con sonda hidronivel)

Durante el ensayo se llevó a cabo el control en dos piezómetros próximos: L9717 y RN20. Estos sondeos estaban instrumentados con Diver. También se llevó a cabo el seguimiento del nivel de agua en el sondeo RN40, pero éste no pudo ser equipado análogamente, por estar situado en una finca privada. En este sondeo se llevó a cabo un control manual periódico, aproximadamente cada 15-20 minutos, del nivel de agua con sonda hidronivel.

En los pozos L9717 y RN40 no se observaron variaciones, no así en el pozo RN20, donde se registró un descenso total de casi 4 m durante el bombeo.

INTERPRETACIÓN

En este ensayo fue interpretado el bombeo escalonado (por escalones y conjuntamente, considerando descensos específicos), así como la recuperación del mismo, por los métodos de Theis y Jacob en régimen variable. La información registrada en el piezómetro permitió determinar el coeficiente de almacenamiento. **Se obtienen finalmente unos valores de transmisividad muy baja, permeabilidad muy baja y un coeficiente de almacenamiento medio de $2,7 \cdot 10^{-4}$.**

Resultados de la interpretación del ensayo de bombeo en el sondeo L0201

Pozo de Bombeo	Tipo de ensayo	Descensos medidos en:	Método de interpretación	T (m ² /día)	k (m/día)	S	
L0201	Bombeo escalonado	Pozo bombeo	Escalón1	Theis	0,72	0,008	-
				Jacob	0,79		-
			Escalón2	Theis	0,56	0,006	-
				Jacob	0,62		-
		Piezómetro RN20	Theis		0,72	0,010	3,6E-04
			Jacob		0,85		2,5E-04
	Descensos específicos	Pozo bombeo	Theis		0,78	0,006	-
			Jacob		0,56		-
		Piezómetro RN20	Theis		0,51	0,033	2,6E-04
			Jacob		1,02		2,2E-04
	Recuperación	Pozo bombeo	Theis		0,77	0,015	-
			Jacob		0,73		-
		Piezómetro	Theis		1,01	0,008	
	Media logarítmica:				0,73	0,010	2,7E-04
Media aritmética:				0,74	0,012	2,7E-04	

Ensayo de bombeo 2: Sondeo Hidro1

El segundo ensayo de bombeo programado fue en el sondeo Hidro 1, pero se vio la necesidad de encontrar algún sondeo próximo que pudiera ser utilizado como pozo de observación. Así se localizaron y comprobaron sus condiciones el RN12, L9716 y RN67.

En este ensayo se utilizó una Bomba Micra Modelo 100M – 3”, suspendida de un cable de acero galvanizado e instalada a 75 metros de profundidad. Los trabajos previos a la ejecución del ensayo de bombeo fueron análogos a los descritos para el anterior ensayo; se midieron los niveles de agua en los sondeos y se instalaron los equipos Diver.

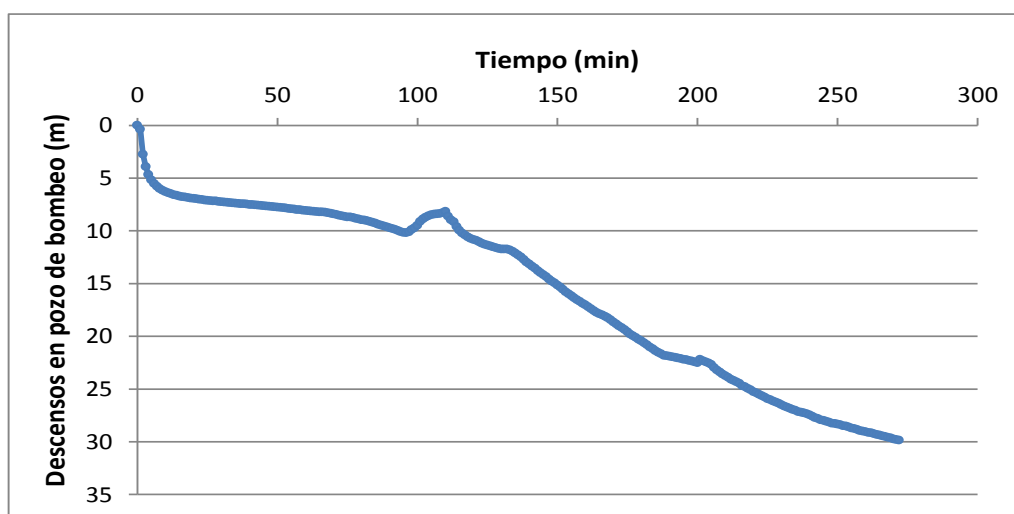
Distancia desde el pozo de bombeo (Hidro1) a los pozos de observación y profundidad del nivel de agua en su interior antes del bombeo

Sondeo	Distancia al pozo de bombeo (m)	Profundidad del nivel de agua inicial (m)
Hidro1	0	2,0
RN12	34,1	1,5
L9716	30,7	2,3
L9719	54,7	4,2
RN67	46,6	13



Situación de los sondeos (en color rojo) de los ensayos de bombeo 2 y 3

El 18 de marzo de 2013 se bombea en el sondeo Hidro 1 con una bomba sumergida un caudal medio de 0,74 l/s durante 93 minutos; este primer bombeo fue seguido de una recuperación parcial y un segundo bombeo hasta 272 minutos en total. En ninguno de los pozos próximos se registraron descensos relevantes derivados del bombeo (11 y 16 cm en L9716 para el primer y el segundo bombeo, respectivamente), lo que no permitió la interpretación en piezómetro.



Gráfica descensos-tiempo correspondiente al ensayo 2 en el sondeo Hidro1

INTERPRETACIÓN

En este ensayo fueron interpretados ambos bombeos, así como las recuperaciones de los mismos, por los métodos de Theis y Jacob en régimen variable. Al no registrarse descensos apreciables en los sondeos próximos, no fue posible determinar el coeficiente de almacenamiento. Existe cierta variabilidad entre los valores obtenidos en cada interpretación y en el caso de promediar valores de diferentes órdenes de magnitud resulta más adecuada la media logarítmica que las medias lineales aunque, en cualquier caso, la calificación estimativa de los parámetros hidrogeológicos (alta, media, baja...) no varía. **Se obtienen unos valores medios de transmisividad muy baja y permeabilidad baja.** Cabe destacar que en el segundo bombeo, más prolongado, parece mostrarse la existencia de una barrera impermeable, que se estima se encuentra a una distancia menor de 100 m del pozo L9716.

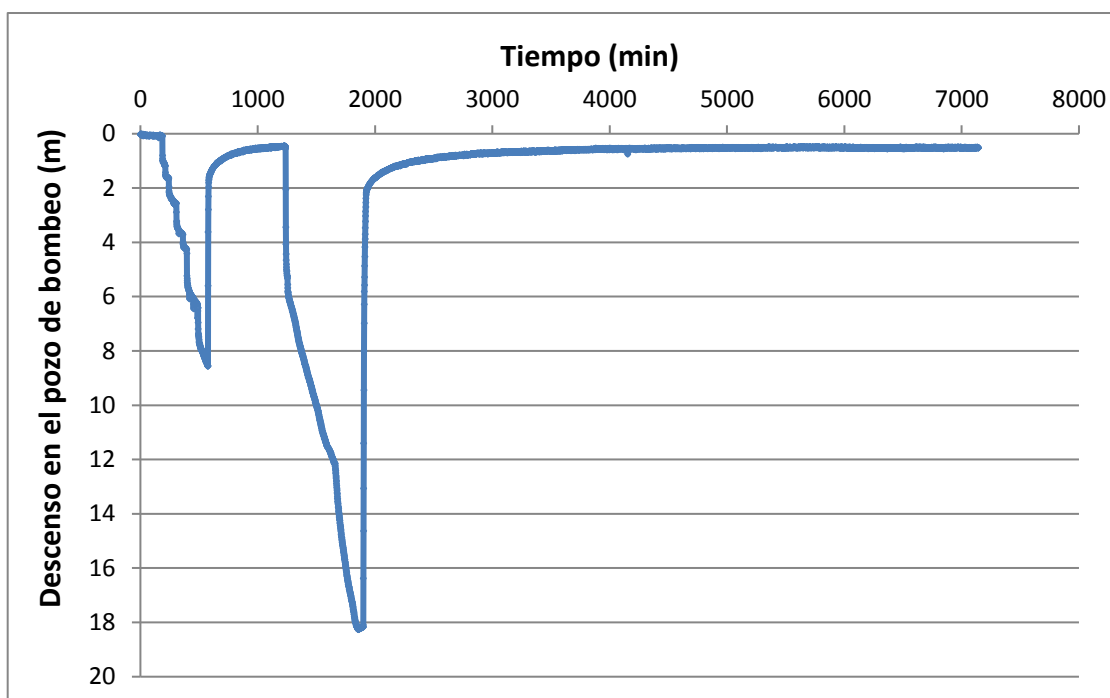
Resultados de la interpretación del ensayo de bombeo 2 en el sondeo Hidro1

Pozo de Bombeo	Tipo de ensayo	Descensos medidos en:	Método de interpretación	T (m ² /día)	k (m/día)	S
Hidro1	Bombeo 1	Pozo bombeo	Theis	2,44	0,025	-
			Jacob	2,12		-
	Recuperación parcial 1	Pozo bombeo	Theis	0,09	0,022	-
			Jacob	0,13		-
	Bombeo 2	Pozo bombeo	Theis	0,21	0,003	-
			Jacob	0,22		-
	Recuperación total	Pozo bombeo	Theis	0,21	0,113	-
			Jacob	0,54		-
Media logarítmica:				0,36	0,020	-
Media aritmética:				0,74	0,041	-

Ensayo de bombeo 3: Sondeo Hidro1bis

Dado que la bomba sumergida se había quedado atascada en el ensayo anterior, el 10 de abril de 2013 se realizó un bombeo continuo en el sondeo Hidro 1 con la bomba de superficie utilizada en otros bombeos. Análogamente al ensayo previo, se habilitaron los pozos de observación RN12, L9716 y L9717 con sensores registradores de nivel MiniDiver.

Se realizó una prueba de bombeo como comprobación del funcionamiento de la bomba y así poder ajustar el caudal bombeado (0,7 l/s durante 575 minutos). Se deja recuperar durante 662 minutos y se realiza el bombeo continuo con el mismo caudal constante (0,7 l/s) durante también 662 minutos y finalmente se deja recuperar de nuevo (ver siguiente gráfica).



Gráfica descensos-tiempo correspondiente al ensayo 3 en el sondeo Hidro 1

INTERPRETACIÓN

En este ensayo fueron interpretados ambos bombeos, así como las recuperaciones de los mismos, por los métodos de Theis y Jacob en régimen variable. Al no registrarse descensos apreciables en los sondeos próximos, no fue posible determinar el coeficiente de almacenamiento. **Se obtienen unos valores medios de transmisividad muy baja y permeabilidad baja.**

Resultados de la interpretación del ensayo de bombeo 3 en el sondeo Hidro1

Pozo de Bombeo	Tipo de ensayo	Descensos medidos en:	Método de interpretación	T (m ² /día)	k (m/día)	S
Hidro1 bis	Bombeo1	Pozo bombeo	Theis	0,32	0,009	-
			Jacob	0,70		-
	Recuperación1	Pozo bombeo	Theis	1,03	0,140	-
			Jacob	1,27		-
	Bombeo2	Pozo bombeo	Theis	0,77	0,012	-
			Jacob	0,32		-
	Recuperación2	Pozo bombeo	Theis	0,61	0,096	-
			Jacob	1,03		-
Media logarítmica:				0,68	0,035	-
Media aritmética:				0,76	0,064	-

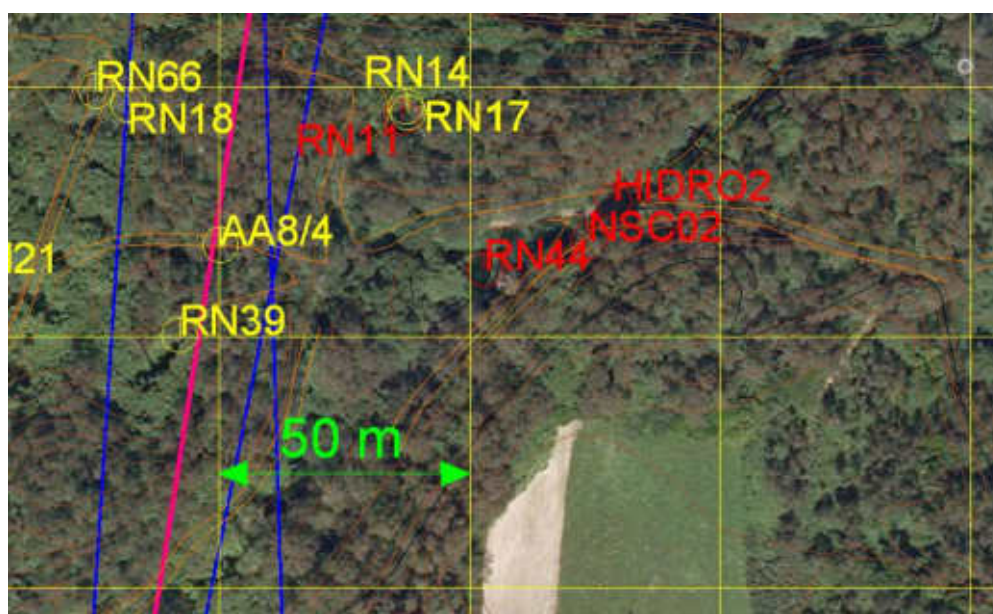
Ensayo de bombeo 4: Sondeo Hidro2

Se realizó un ensayo de bombeo en el sondeo Hidro 2, con la bomba de superficie AP200M, que se había utilizado en el primer ensayo. Se realizaron comprobaciones en los sondeos localizados más próximos al pozo de bombeo y se decidió instrumentar con Diver los sondeos

NSC02, RN44 y RN11. En estos piezómetros se comprobó su profundidad efectiva y el nivel de agua inicial

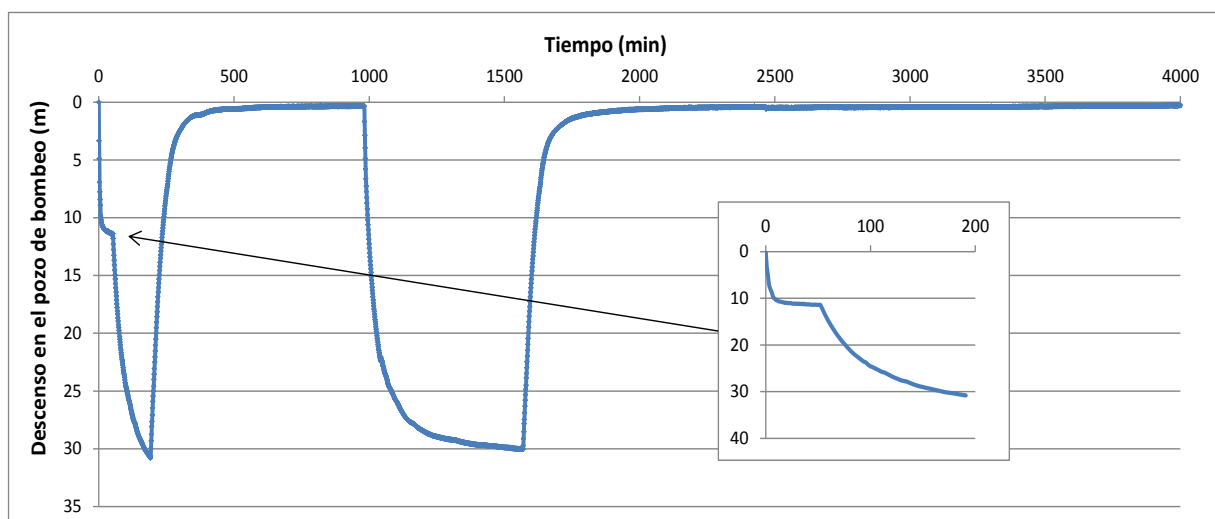
Distancia desde el pozo de bombeo (Hidro2) a los pozos de observación y profundidad del nivel de agua en su interior antes del bombeo

Sondeo	Distancia al pozo de bombeo (m)	Profundidad del nivel de agua inicial (m)
Hidro2	0	2,57
NSC02	9,55	1,63
RN44	29,18	1,06
RN11	45,43	8,56



Situación de los sondeos (en color rojo) del ensayo de bombeo realizado en el sondeo Hidro 2

Se realizaron dos escalones de bombeo el día 20 de marzo de 2013 (0,108 l/s durante 52 minutos y 0,20 l/s durante 139 minutos), dejando recuperar el nivel durante la noche (13,2 h) y un bombeo continuo el día 21 (0,186 l/s durante 9,8 h). Una vez finalizado el bombeo se dejaron los sensores registradores de nivel durante varios días.



Gráfica descensos-tiempo correspondiente al ensayo 4 en el sondeo Hidro2

INTERPRETACIÓN

En este ensayo fue interpretado el bombeo escalonado (por escalones y conjuntamente, considerando descensos específicos) y el bombeo continuo, así como las recuperaciones de los mismos, por los métodos de Theis y Jacob en régimen variable. El escaso descenso registrado en los pozos próximos (11 y 19 cm en el sondeo NSC02, para los bombeos primero y segundo, respectivamente) no permitió determinar el coeficiente de almacenamiento. **Se obtienen unos valores medios de transmisividad muy baja y permeabilidad muy baja.**

Resultados de la interpretación del ensayo de bombeo 4 en el sondeo Hidro2

Pozo de Bombeo	Tipo de ensayo	Descensos medidos en:	Método de interpretación	T (m ² /día)	k (m/día)	S	
Hidro2	Bombeo escalonado	Pozo bombeo	Escalón1	Theis	0,21	0,004	-
				Jacob	0,83		-
			Escalón2	Theis	0,10	0,005	-
				Jacob	0,11		-
	Descensos específicos	Pozo bombeo	Theis		0,18	0,004	-
			Jacob		0,17		-
	Recuperación1	Pozo bombeo	Theis		0,05	0,019	-
			Jacob		0,18		-
	Bombeo2	Pozo bombeo	Theis		0,16	0,005	-
			Jacob		0,29		-
	Recuperación2	Pozo bombeo	Theis		0,06	0,029	-
			Jacob		0,17		-
	Media logarítmica:				0,16	0,008	-
	Media aritmética:				0,21	0,011	-

Ensayo de bombeo 5: Sondeo L0201

Finalmente, se reinterpretaron los datos de un ensayo de bombeo realizado en 2004 en régimen permanente, mediante el método de Thiem y la recuperación del mismo, por los métodos de Theis y Jacob, en régimen variable. Sólo se dispone de registro de datos en el propio pozo de bombeo. Los resultados medios son: T = 0,51 m²/día y k = 0,003 m/día **(transmisividad y permeabilidad muy bajas).**

Resultados de la interpretación del ensayo de bombeo 5 en el sondeo L0201

Pozo de Bombeo	Tipo de ensayo	Descensos medidos en:	Método de interpretación	T (m ² /día)	k (m/día)	S
L0201	Bombeo rég. Permanente	Pozo bombeo	Thiem	0,47	0,003	-
	Recuperación	Pozo bombeo	Theis	0,52	0,004	-
			Jacob	0,54		-
Media logarítmica:				0,50	0,003	-
Media aritmética:				0,51	0,003	-

Efecto de la proximidad de la costa

El nivel de la superficie del agua del mar, respecto al nivel de referencia tomado como 0, puede definirse por medio de una expresión sinusoidal de la forma:

$$h = h_0 \text{sen} \left(\frac{2\pi t}{t_0} \right)$$

donde

h_0 = semiamplitud de oscilación de la marea

t_0 = período de la marea = 12 h 25 min = 0,52 días

Utilizando esta expresión como condición de contorno para la ecuación de flujo (despreciando los efectos de densidad variable) se llega a la siguiente expresión para el nivel piezométrico de un acuífero costero genérico (no el caso de estudio):

$$h(t) = h_0 \exp \left(-x \sqrt{\frac{\pi S}{t_0 T}} \right) \text{sen} \left(\frac{2\pi t}{t_0} - x \sqrt{\frac{\pi S}{t_0 T}} \right) \quad (1)$$

con

S = coeficiente de almacenamiento del acuífero

T = transmisividad del acuífero

x = distancia a la línea de costa o al afloramiento del acuífero en el mar

Esto supone que en cada punto del acuífero la marea se ve amortiguada y retardada. La amortiguación sigue una ley exponencial decreciente conforme aumenta la distancia a la costa y el retardo es directamente proporcional a la distancia a la línea de costa (FCIHS, 2009).

En el sondeo NSC14, situado a 116.8 m de la costa, fue registrada una ligera oscilación del nivel de agua, que podría atribuirse a esta causa, tras instrumentar el pozo entre los días 27 de Febrero y 1 de marzo de 2013, aunque se aprecia amortiguamiento y un cierto retardo con respecto a la variación de las mareas en la costa. La amplitud máxima de oscilación registrada en el sondeo es de 8 cm el primer día y de 6 cm el tercero, mientras que la amplitud de la marea, es decir, la diferencia de altura entre el nivel de la marea baja y el de la pleamar en Tapia de Casariego se estima de media en torno a 4 m (50 veces más). En los días considerados la media de esta variación fue de 3,67 m, por lo que h_0 se tomará igual a 1,83 m. Tomando el valor medio de transmisividad obtenido en los ensayos de bombeo, se obtiene en la expresión (1) el coeficiente de almacenamiento (S) para el que mejor ajusta la curva oscilatoria teórica a los datos reales registrados en el sondeo NSC14, que tiene un valor de $S = 1,5 \cdot 10^{-4}$, muy similar a los obtenidos en los ensayos de bombeo.

Tomando por válidos los valores anteriores, se obtiene la expresión de la variación con el tiempo del nivel piezométrico, en función de la distancia a la costa y se observa que la oscilación se amortigua mucho con dicha distancia, siendo de apenas 1 cm a 150 m y nula a 180 m. Por tanto, no es posible detectar el efecto de las mareas en piezómetros ubicados a distancias superiores a dicho valor.

ENSAYOS DE BOMBEO EN LA SERIE LOS CABOS

Ensayo de bombeo continuo en Sondeo GT2 Hidro

El día 12 de Junio de 2013, a las 8:50 se inicia un bombeo en el sondeo GT2 Hidro, que se prolongará hasta las 21:50, para luego registrar mediante sensores de nivel tipo Diver la recuperación del mismo, la cual se prolongará hasta las 15:00 del día 14. Partiendo de un nivel piezométrico a cota 47,24 m.s.n.m. (a 8,2 m de la superficie), el descenso máximo alcanzado en este pozo fue de 9,7 m. La bomba se encontraba colocada a 75 m de profundidad desde la boca del sondeo.

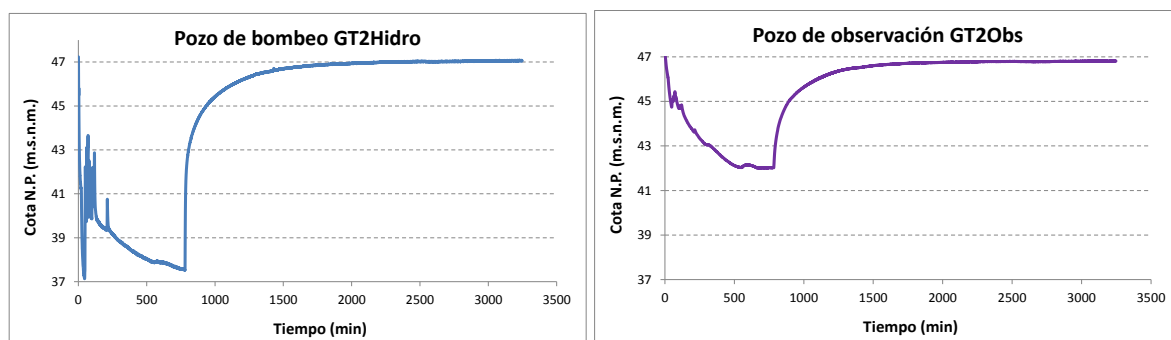
Como piezómetro de control se consideró el sondeo GT2 Obs, situado a una distancia de 15,89 m del pozo de bombeo. El descenso máximo del nivel piezométrico observado en este pozo durante el bombeo fue de 4,8 m, estando originalmente a 8,17 m de la superficie (47,07 m.s.n.m.).



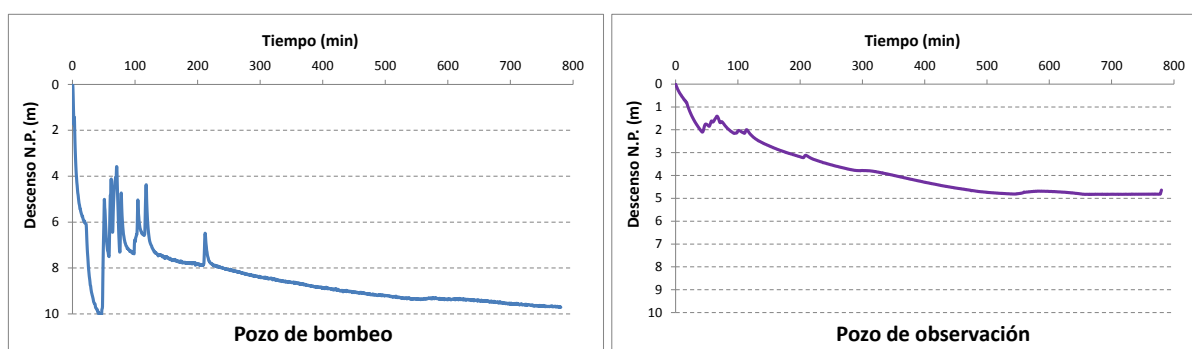
Situación de los sondeos GT2 Hidro (pozo de bombeo) y GT2' = GT2 Obs (pozo de observación)

El bombeo realizado tuvo algunas interrupciones, pero se ha interpretado como a caudal constante, considerando el caudal medio medido de forma frecuente durante todo el bombeo (0,355 l/s).

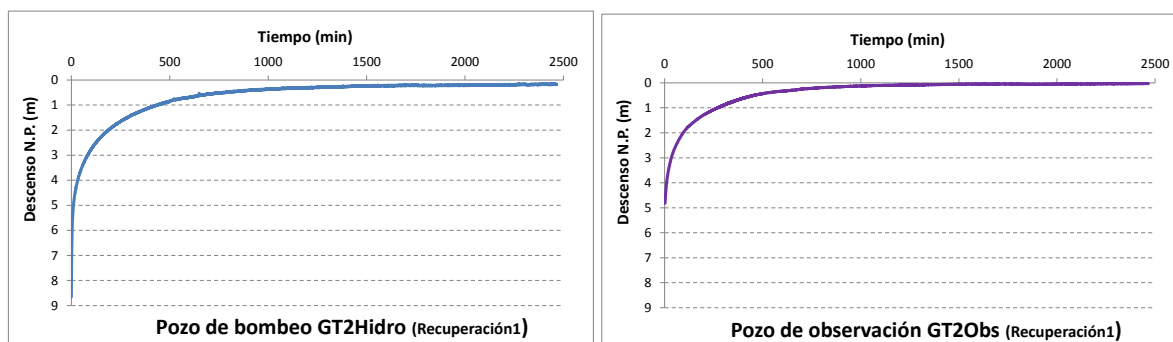
En las siguientes gráficas se observa la evolución completa de la cota del nivel piezométrico durante el ensayo de bombeo (descenso y recuperación), tanto en el pozo de bombeo como en el piezómetro, así como las curvas descenso-tiempo para las etapas de bombeo y recuperación en cada uno de los pozos a la misma escala.



Evolución completa del N.P. en los sondeos GT2 Hidro y GT2 Obs durante los ensayos de bombeo y recuperación



Curvas descenso-tiempo registradas en los sondeos GT2 Hidro y GT2 Obs durante el ensayo de bombeo



Curvas descenso-tiempo registradas en los sondeos GT2 Hidro y GT2 Obs durante el ensayo de recuperación

INTERPRETACIÓN

En este ensayo fue interpretado el bombeo, así como la recuperación del mismo, por los métodos de Theis y Jacob en régimen variable, considerando un caudal medio constante. La información registrada en el piezómetro permitió determinar el coeficiente de almacenamiento. Al igual que en los anteriores ensayos, para el cálculo de la permeabilidad se tuvo en cuenta que los pozos no son totalmente penetrantes en el acuífero. **Se obtienen unos valores medios de transmisividad muy baja, permeabilidad baja y coeficiente de almacenamiento en torno a 10^{-4} .**

Resultados de la interpretación del ensayo de bombeo continuo en el sondeo GT2 Hidro

Pozo de Bombeo	Tipo de ensayo	Descensos medidos en:	Método de interpretación	T (m ² /día)	k (m/día)	S
GT2 Hidro	Bombeo 1	Pozo bombeo	Theis	2,21	0,020	-
			Jacob	2,44		-
		Piezómetro GT2 Obs	Theis	1,55	0,020	3,4E-04
			Jacob	1,66		2,4E-04
	Recuperación 1	Pozo bombeo	Theis	1,77	0,033	-
			Jacob	2,18		-
		Piezómetro GT2 Obs	Theis	2,44	0,024	2,3E-05
			Jacob	3,00		2,7E-05
Media logarítmica:				2,11	0,023	8,5E-05
Media aritmética:				2,16	0,024	1,6E-04

Ensayos de Bombeo continuo y escalonado en el sondeo GT14 Hidro

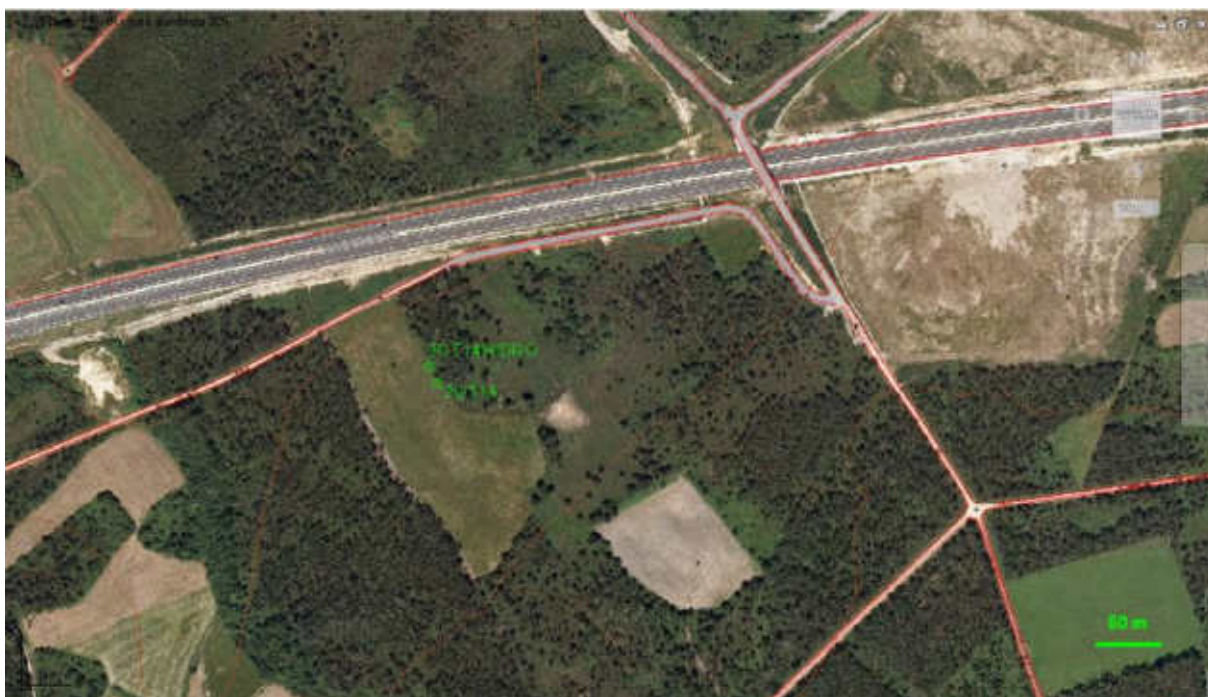
El día 11 de Junio de 2013, a las 10:54 se inicia un bombeo continuo a caudal constante (1 l/s) en el sondeo GT14 Hidro, que se prolongará hasta las 22:32, para posteriormente registrar mediante sensores tipo Diver la recuperación del mismo, la cual se prolongará hasta las 15:45 del día siguiente. Partiendo de un nivel piezométrico a cota 54,03 m.s.n.m. (a 0,57 m de la superficie), el descenso máximo alcanzado en este pozo fue de 5,3 m. La bomba se encontraba a una profundidad de 35 m.

Como piezómetro de control se consideró el sondeo GT14 Obs, situado a una distancia de 14,22 m del pozo de bombeo. El descenso máximo del nivel piezométrico observado en este pozo con el bombeo fue sólo de 17,7 cm (por lo que no pudo determinarse el coeficiente de almacenamiento), estando originalmente a 1,25 m de la superficie (54,37 m.s.n.m.).

Inmediatamente después de la anterior recuperación se inicia un bombeo escalonado, cuyos detalles se resumen en la siguiente tabla. El primer escalón se realiza de forma irregular, por lo que la interpretación del mismo no resultará precisa. Al final del tercer escalón se alcanzan unos descensos máximos del nivel piezométrico de 4,37 m y 24,4 cm en los pozos de bombeo y observación, respectivamente. A las 20:07 del día 12 de Junio se interrumpe el bombeo y se deja recuperar, finalizando esta etapa a las 15:10 del día 14.

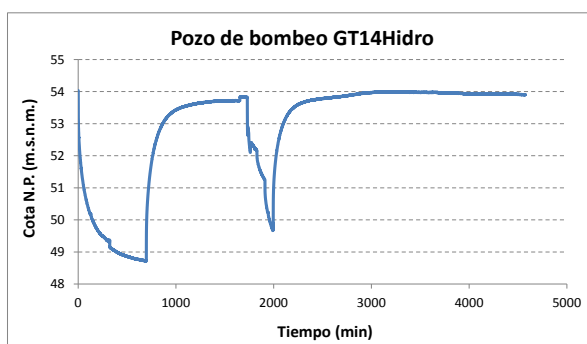
Duración y caudal de los escalones del 2º bombeo realizado en GT14 Hidro

	Q (l/s)	t (min)
Escalón1	0,402	100
Escalón2	0,619	80
Escalón3	1,000	62
Tiempo total:		242

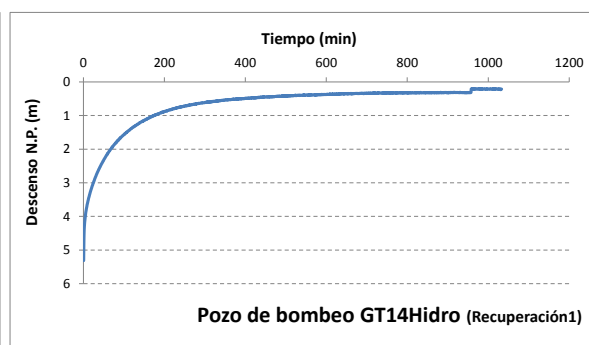
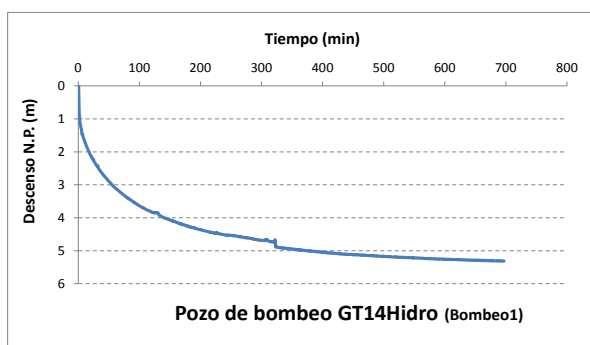


Situación de los sondeos GT14 Hidro (pozo de bombeo) y GT14 Obs (pozo de observación)

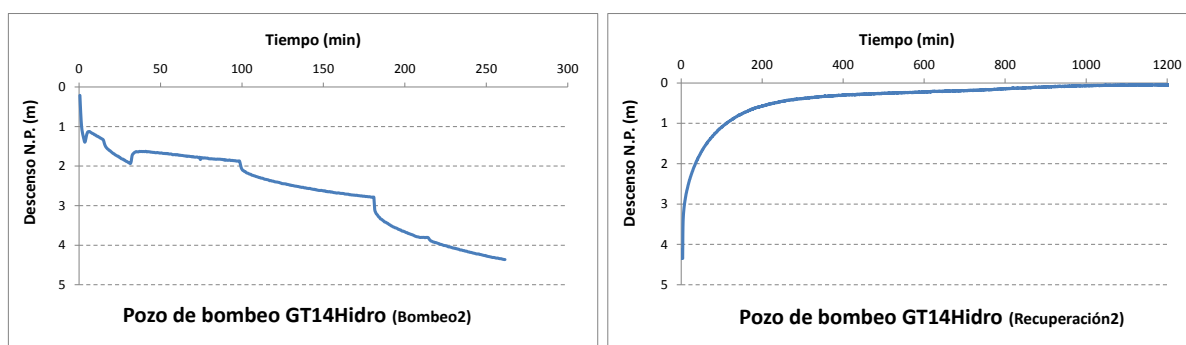
En la siguiente gráfica se observa la evolución completa de la cota del nivel piezométrico durante los sucesivos ensayos de bombeo continuo y escalonado (descenso y recuperación), en el pozo de bombeo. A continuación se muestran en detalle y a la misma escala las curvas descenso-tiempo para las etapas de bombeo y recuperación para ambos ensayos en dicho pozo.



Evolución completa del N.P. en el sondeo GT14 Hidro durante los ensayos de bombeo continuo y escalonado



Curvas descenso-tiempo registradas en el sondeo GT14 Hidro durante el bombeo y la recuperación del ensayo continuo



Curvas descenso-tiempo registradas en el sondeo GT14 Hidro durante el bombeo escalonado y su recuperación

INTERPRETACIÓN

En ambos ensayos fue interpretado el bombeo, así como la recuperación, por los métodos de Theis y Jacob en régimen variable, considerando un caudal medio constante en el primer caso y un caudal escalonado en el segundo. Al no registrarse descensos apreciables en el sondeo de observación en ningún caso, no fue posible determinar el coeficiente de almacenamiento. Se obtienen finalmente unos valores medios de $T = 6,64 \text{ m}^2/\text{día}$ y $k = 0,175 \text{ m/día}$.

Resultados de la interpretación de los ensayos de bombeo continuo y escalonado en el sondeo GT14 Hidro

Pozo de Bombeo	Tipo de ensayo	Descensos medidos en:	Método de interpretación	T (m ² /día)	k (m/día)	S	
GT14 Hidro	Bombeo1	Pozo bombeo	Theis	8,05	0,200	-	
			Jacob	7,29		-	
	Recuperación 1	Pozo bombeo	Theis	4,83	0,179	-	
			Jacob	7,20		-	
	Bombeo 2 (escalonado)	Pozo bombeo	Escalón1	Theis	7,95	0,260	-
				Jacob	10,85		-
			Escalón2	Theis	6,09	0,171	-
				Jacob	5,84		-
			Escalón3	Theis	8,22	0,170	-
				Jacob	6,06		-
	Recuperación 2	Pozo bombeo	Theis	2,68	0,116	-	
			Jacob	4,33		-	
Media logarítmica:				6,04	0,172	-	
Media aritmética:				6,50	0,179	-	

APÉNDICE III: Resultados de análisis químicos de aguas



CERTIFICATE OF ANALYSIS

Work Order	: PR2061610	Issue Date	: 02-Jul-2020
Customer	ALS Laboratory Group SL	Laboratory	: ALS Czech Republic, s.r.o.
Contact	ALSSV laboratory	Contact	: Client Service
Address	Calle Camino Mozarabe 15 Poligono Parque Plata 41900 Sevilla Spain	Address	: Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany 190 00 Czech Republic
E-mail	alssv.lab@alsglobal.com	E-mail	: customer.support@alsglobal.com
Telephone	: ---	Telephone	: +420 226 226 228
Project	: ---	Page	: 1 of 4
Order number	SV20128597	Date Samples Received	: 25-Jun-2020
		Quote number	: PR2014ALSLS-ES0008 (CZ-251-14-1286)
Site	SPAIN	Date of test	: 26-Jun-2020 - 02-Jul-2020
Sampled by	client Mr.Uniedo	QC Level	: ALS CR Standard Quality Control Schedule

General Comments

This report shall not be reproduced except in full, without prior written approval from the laboratory.
The laboratory declares that the test results relate only to the listed samples. If the section "Sampled by" of the Certificate of analysis states: "Sampled by Customer" then the results relate to the sample as received.

Responsible for accuracy

Testing Laboratory No. 1163
Accredited by CAI according to
CSN EN ISO/IEC 17025:2018

Signatories
Zdeněk Jiráček

Position
Environmental Business Unit
Manager



Issue Date : 02-Jul-2020
 Page : 2 of 4
 Work Order : PR2061610
 Customer : ALS Laboratory Group SL



Analytical Results

Sub-Matrix: GROUNDWATER				Client sample ID		1		2		3	
				Laboratory sample ID		PR2061610-001		PR2061610-002		PR2061610-003	
				Client sampling date / time		25-Jun-2020		25-Jun-2020		25-Jun-2020	
Parameter	Method	LOR	Unit	Result	MU	Result	MU	Result	MU	Result	MU
Nonmetallic Inorganic Parameters											
Carbonates (CO3 2-)	W-CO2F-CC2	0.00	mg/L	0.00	—	0.00	—	0.00	—	0.00	—
Chloride	W-CL-IC	1.00	mg/L	25.1	± 15.0%	27.3	± 15.0%	26.1	± 15.0%	26.1	± 15.0%
Nitrates	W-NO3-IC	2.00	mg/L	<2.00	—	4.85	± 15.0%	<2.00	—	<2.00	—
Sulphate as SO4 2-	W-SO4-IC	5.00	mg/L	6.35	± 15.0%	6.65	± 15.0%	15.1	± 15.0%	15.1	± 15.0%
Base neutralizing capacity (acidity) pH 8.3	W-ACID-PCT	0.150	mmol/L	<0.150	—	<0.150	—	<0.150	—	<0.150	—
Hydrogen carbonates (HCO3-)	W-CO2F-CC2	0.00	mg/L	35.2	± 12.0%	17.8	± 12.0%	38.5	± 12.0%	38.5	± 12.0%
Nitrate as N	W-NO3-IC	0.500	mg/L	<0.500	—	1.10	± 15.0%	<0.500	—	<0.500	—
Total Carbon Dioxide as CO2	W-CO2F-CC2	0.00	mg/L	27.7	± 12.0%	14.9	± 12.0%	31.0	± 12.0%	31.0	± 12.0%
Base neutralizing capacity (acidity) pH 4.5	W-ACID-PCT	0.150	mmol/L	<0.150	—	<0.150	—	<0.150	—	<0.150	—
Free Carbon Dioxide as CO2	W-CO2F-CC2	0.00	mg/L	2.37	± 12.0%	2.11	± 12.0%	4.74	± 12.0%	4.74	± 12.0%
Aggressive CO2	W-CO2F-CC2	0.00	mg/L	2.33	± 12.0%	2.11	± 12.0%	4.65	± 12.0%	4.65	± 12.0%
Acid neutralizing capacity (alkalinity) pH 4.5	W-ALK-PCT	0.150	mmol/L	0.578	± 12.0%	0.291	± 12.0%	0.598	± 12.0%	0.598	± 12.0%
Acid neutralizing capacity (alkalinity) pH 8.3	W-ALK-PCT	0.150	mmol/L	<0.150	—	<0.150	—	<0.150	—	<0.150	—
Dissolved Metals / Major Cations											
Aluminium	W-METAXFL1	0.010	mg/L	0.016	± 10.0%	0.039	± 10.0%	0.032	± 10.0%	0.032	± 10.0%
Antimony	W-METAXFL1	0.010	mg/L	<0.010	—	<0.010	—	<0.010	—	<0.010	—
Arsenic	W-METAXFL1	0.0050	mg/L	<0.0050	—	<0.0050	—	<0.0050	—	<0.0050	—
Barium	W-METAXFL1	0.00050	mg/L	0.0121	± 10.0%	0.0154	± 10.0%	0.00815	± 10.0%	0.00815	± 10.0%
Calcium	W-METAXFL1	0.0050	mg/L	9.48	± 10.0%	7.58	± 10.0%	11.9	± 10.0%	11.9	± 10.0%
Iron	W-METAXFL1	0.0020	mg/L	0.199	± 10.0%	0.207	± 10.0%	0.0925	± 10.0%	0.0925	± 10.0%
Lead	W-METAXFL1	0.0050	mg/L	<0.0050	—	<0.0050	—	<0.0050	—	<0.0050	—
Magnesium	W-METAXFL1	0.0030	mg/L	3.79	± 10.0%	3.80	± 10.0%	5.69	± 10.0%	5.69	± 10.0%
Manganese	W-METAXFL1	0.00050	mg/L	<0.00050	—	0.00079	± 10.0%	0.00548	± 10.0%	0.00548	± 10.0%
Molybdenum	W-METAXFL1	0.0020	mg/L	<0.0020	—	<0.0020	—	<0.0020	—	<0.0020	—
Potassium	W-METAXFL1	0.015	mg/L	2.28	± 10.0%	1.42	± 10.0%	0.862	± 10.0%	0.862	± 10.0%
Selenium	W-METAXFL1	0.010	mg/L	<0.010	—	<0.010	—	<0.010	—	<0.010	—
Sodium	W-METAXFL1	0.030	mg/L	14.2	± 10.0%	16.0	± 10.0%	15.1	± 10.0%	15.1	± 10.0%

Sub-Matrix: GROUNDWATER				Client sample ID		4		5		6	
				Laboratory sample ID		PR2061610-004		PR2061610-005		PR2061610-006	
				Client sampling date / time		25-Jun-2020		25-Jun-2020		25-Jun-2020	
Parameter	Method	LOR	Unit	Result	MU	Result	MU	Result	MU	Result	MU
Nonmetallic Inorganic Parameters											
Carbonates (CO3 2-)	W-CO2F-CC2	0.00	mg/L	0.00	—	0.00	—	0.00	—	0.00	—
Chloride	W-CL-IC	1.00	mg/L	33.9	± 15.0%	34.0	± 15.0%	238	± 15.0%	238	± 15.0%
Nitrates	W-NO3-IC	2.00	mg/L	3.80	± 15.0%	9.36	± 15.0%	10.6	± 15.0%	10.6	± 15.0%
Sulphate as SO4 2-	W-SO4-IC	5.00	mg/L	7.40	± 15.0%	10.2	± 15.0%	39.9	± 15.0%	39.9	± 15.0%
Base neutralizing capacity (acidity) pH 8.3	W-ACID-PCT	0.150	mmol/L	<0.150	—	<0.150	—	<0.150	—	<0.150	—
Hydrogen carbonates (HCO3-)	W-CO2F-CC2	0.00	mg/L	36.9	± 12.0%	27.3	± 12.0%	48.3	± 12.0%	48.3	± 12.0%
Nitrate as N	W-NO3-IC	0.500	mg/L	0.859	± 15.0%	2.11	± 15.0%	2.40	± 15.0%	2.40	± 15.0%
Total Carbon Dioxide as CO2	W-CO2F-CC2	0.00	mg/L	29.1	± 12.0%	21.9	± 12.0%	34.8	± 12.0%	34.8	± 12.0%
Base neutralizing capacity (acidity) pH 4.5	W-ACID-PCT	0.150	mmol/L	<0.150	—	<0.150	—	<0.150	—	<0.150	—
Free Carbon Dioxide as CO2	W-CO2F-CC2	0.00	mg/L	2.46	± 12.0%	2.16	± 12.0%	0.00	—	0.00	—
Aggressive CO2	W-CO2F-CC2	0.00	mg/L	2.41	± 12.0%	2.15	± 12.0%	0.00	—	0.00	—
Acid neutralizing capacity (alkalinity) pH 4.5	W-ALK-PCT	0.150	mmol/L	0.604	± 12.0%	0.448	± 12.0%	0.792	± 12.0%	0.792	± 12.0%
Acid neutralizing capacity (alkalinity) pH 8.3	W-ALK-PCT	0.150	mmol/L	<0.150	—	<0.150	—	<0.150	—	<0.150	—
Dissolved Metals / Major Cations											

Issue Date : 02-Jul-2020
 Page : 3 of 4
 Work Order : PR2061610
 Customer : ALS Laboratory Group SL



Sub-Matrix: GROUNDWATER				Client sample ID		4		5		6	
				Laboratory sample ID		PR2061610-004		PR2061610-005		PR2061610-006	
				Client sampling date / time		25-Jun-2020		25-Jun-2020		25-Jun-2020	
Parameter	Method	LOR	Unit	Result	MU	Result	MU	Result	MU	Result	MU
Dissolved Metals / Major Cations - Continued											
Aluminium	W-METAXFL1	0.010	mg/L	0.027	± 10.0%	0.026	± 10.0%	0.023	± 10.0%		
Antimony	W-METAXFL1	0.010	mg/L	<0.010	—	<0.010	—	<0.010	—		
Arsenic	W-METAXFL1	0.0050	mg/L	<0.0050	—	<0.0050	—	0.0053	± 10.0%		
Barium	W-METAXFL1	0.00050	mg/L	0.0150	± 10.0%	0.0235	± 10.0%	0.0247	± 10.0%		
Calcium	W-METAXFL1	0.0050	mg/L	9.15	± 10.0%	8.93	± 10.0%	17.8	± 10.0%		
Iron	W-METAXFL1	0.0020	mg/L	0.131	± 10.0%	0.188	± 10.0%	0.0996	± 10.0%		
Lead	W-METAXFL1	0.0050	mg/L	<0.0050	—	<0.0050	—	<0.0050	—		
Magnesium	W-METAXFL1	0.0030	mg/L	4.44	± 10.0%	4.77	± 10.0%	19.1	± 10.0%		
Manganese	W-METAXFL1	0.00050	mg/L	<0.00050	—	0.00054	± 10.0%	0.00112	± 10.0%		
Molybdenum	W-METAXFL1	0.0020	mg/L	<0.0020	—	<0.0020	—	<0.0020	—		
Potassium	W-METAXFL1	0.015	mg/L	1.88	± 10.0%	3.00	± 10.0%	11.6	± 10.0%		
Selenium	W-METAXFL1	0.010	mg/L	<0.010	—	<0.010	—	<0.010	—		
Sodium	W-METAXFL1	0.030	mg/L	17.4	± 10.0%	18.8	± 10.0%	136	± 10.0%		

Sub-Matrix: GROUNDWATER				Client sample ID		7		8		9	
				Laboratory sample ID		PR2061610-007		PR2061610-008		PR2061610-009	
				Client sampling date / time		25-Jun-2020		25-Jun-2020		25-Jun-2020	
Parameter	Method	LOR	Unit	Result	MU	Result	MU	Result	MU	Result	MU
Nonmetallic Inorganic Parameters											
Carbonates (CO3 2-)	W-CO2F-CC2	0.00	mg/L	0.00	—	0.00	—	0.00	—		
Chloride	W-CL-IC	1.00	mg/L	40.9	± 15.0%	23.0	± 15.0%	77.5	± 15.0%		
Nitrates	W-NO3-IC	2.00	mg/L	2.31	± 15.0%	<2.00	—	5.05	± 15.0%		
Sulphate as SO4 2-	W-SO4-IC	5.00	mg/L	71.5	± 15.0%	9.32	± 15.0%	21.4	± 15.0%		
Base neutralizing capacity (acidity) pH 8.3	W-ACID-PCT	0.150	mmol/L	<0.150	—	<0.150	—	<0.150	—		
Hydrogen carbonates (HCO3-)	W-CO2F-CC2	0.00	mg/L	16.5	± 12.0%	53.4	± 12.0%	84.5	± 12.0%		
Nitrate as N	W-NO3-IC	0.500	mg/L	0.521	± 15.0%	<0.500	—	1.14	± 15.0%		
Total Carbon Dioxide as CO2	W-CO2F-CC2	0.00	mg/L	15.5	± 12.0%	38.5	± 12.0%	60.9	± 12.0%		
Base neutralizing capacity (acidity) pH 4.5	W-ACID-PCT	0.150	mmol/L	<0.150	—	<0.150	—	<0.150	—		
Free Carbon Dioxide as CO2	W-CO2F-CC2	0.00	mg/L	3.62	± 12.0%	0.00	—	0.00	—		
Aggressive CO2	W-CO2F-CC2	0.00	mg/L	3.62	± 12.0%	0.00	—	0.00	—		
Acid neutralizing capacity (alkalinity) pH 4.5	W-ALK-PCT	0.150	mmol/L	0.270	± 12.0%	0.876	± 12.0%	1.38	± 12.0%		
Acid neutralizing capacity (alkalinity) pH 8.3	W-ALK-PCT	0.150	mmol/L	<0.150	—	<0.150	—	<0.150	—		
Dissolved Metals / Major Cations											
Aluminium	W-METAXFL1	0.010	mg/L	<0.010	—	<0.010	—	0.016	± 10.0%		
Antimony	W-METAXFL1	0.010	mg/L	<0.010	—	<0.010	—	<0.010	—		
Arsenic	W-METAXFL1	0.0050	mg/L	0.0069	± 10.0%	<0.0050	—	0.0542	± 10.0%		
Barium	W-METAXFL1	0.00050	mg/L	0.0360	± 10.0%	0.0309	± 10.0%	0.0473	± 10.0%		
Calcium	W-METAXFL1	0.0050	mg/L	12.4	± 10.0%	2.99	± 10.0%	17.5	± 10.0%		
Iron	W-METAXFL1	0.0020	mg/L	0.0195	± 10.0%	0.0035	± 10.0%	0.114	± 10.0%		
Lead	W-METAXFL1	0.0050	mg/L	<0.0050	—	<0.0050	—	<0.0050	—		
Magnesium	W-METAXFL1	0.0030	mg/L	13.6	± 10.0%	5.36	± 10.0%	13.2	± 10.0%		
Manganese	W-METAXFL1	0.00050	mg/L	0.00103	± 10.0%	0.387	± 10.0%	0.00099	± 10.0%		
Molybdenum	W-METAXFL1	0.0020	mg/L	0.0165	± 10.0%	0.0023	± 10.0%	0.0122	± 10.0%		
Potassium	W-METAXFL1	0.015	mg/L	4.56	± 10.0%	0.649	± 10.0%	5.07	± 10.0%		
Selenium	W-METAXFL1	0.010	mg/L	<0.010	—	<0.010	—	<0.010	—		
Sodium	W-METAXFL1	0.030	mg/L	29.8	± 10.0%	25.2	± 10.0%	45.3	± 10.0%		

When sampling time information is not provided by the client, sampling dates are shown without a time component. In these instances, the time component has been assumed by the laboratory for processing purposes. If no sampling date is provided, the sampling date will be assumed by the laboratory and displayed in brackets without a time component. Measurement uncertainty is expressed as expanded measurement uncertainty with coverage factor k = 2, representing 95% confidence level.

Key: LOR = Limit of reporting; MU = Measurement Uncertainty. The MU does not include sampling uncertainty.

Issue Date : 02-Jul-2020
 Page : 4 of 4
 Work Order : PR2061610
 Customer : ALS Laboratory Group SL



The end of result part of the certificate of analysis

Brief Method Summaries

Analytical Methods	Method Descriptions
<i>Location of test performance: Na Harfe 336/9 Prague 9 - Vysocany Czech Republic 190 00</i>	
W-ACID-PCT	CZ_SOP_D06_02_073 (CSN 75 73 72) Determination of base neutralizing capacity (acidity) by potentiometric titration.
W-ALK-PCT	CZ_SOP_D06_02_072 (CSN EN ISO 9963-1, CSN EN ISO 9963-2, CSN 75 7373, SM2320) Determination of acid neutralizing capacity (alkalinity) by potentiometric titration and determination of the carbonate hardness and determination of CO ₂ forms by calculation from measured values including the calculation of total mineralization.
W-CL-IC	CZ_SOP_D06_02_068 (CSN EN ISO 10304-1, CSN EN 16192) Determination of dissolved fluoride, chloride, nitrite, bromide, nitrate and sulphate by ion liquid chromatography and determination of nitrite nitrogen and nitrate nitrogen and sulfate sulfur by calculation from measured values including the calculation of total mineralization.
W-CO2F-CC2	CZ_SOP_D06_02_072 (CSN EN ISO 9963-1, CSN 75 7373) Determination of acid neutralizing capacity (alkalinity) by potentiometric titration and determination of the carbonate hardness and determination of CO ₂ forms by calculation from measured values including the calculation of total mineralization.
W-METAXFL1	CZ_SOP_D06_02_001 (US EPA 200.7, CSN EN ISO 11885, CSN EN 16192, US EPA 6010, SM 3120, CSN 75 7358, samples prepared as per CZ_SOP_D06_02_J02 chap. 10.1 and 10.2) - Determination of elements by atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma and stoichiometric calculations of compounds concentration from measured values including the calculation of total mineralization and calculating the sum of Ca+Mg. Sample was filtered by microfilter with porosity 0.45 µm followed by nitric acid addition prior to analysis.
W-NO3-IC	CZ_SOP_D06_02_068 (CSN EN ISO 10304-1, CSN EN 16192) Determination of dissolved fluoride, chloride, nitrite, bromide, nitrate and sulphate by ion liquid chromatography and determination of nitrite nitrogen and nitrate nitrogen and sulphate sulphur by calculation from measured values including the calculation of total mineralization.
W-SO4-IC	CZ_SOP_D06_02_068 (CSN EN ISO 10304-1, CSN EN 16192) Determination of dissolved fluoride, chloride, nitrite, bromide, nitrate and sulphate by ion liquid chromatography and determination of nitrite nitrogen and nitrate nitrogen and sulfate sulfur by calculation from measured values including the calculation of total mineralization.

A "*" symbol preceding any method indicates laboratory or subcontractor non-accredited test. In the case when a procedure belonging to an accredited method was used for non-accredited matrix, would apply that the reported results are non-accredited. Please refer to General Comment section on front page for information. If the report contains subcontracted analysis, those are made in a subcontracted laboratory outside the laboratories ALS Czech Republic, s.r.o.
 The calculation methods of summation parameters are available on request in the client service.



ALS Laboratory Group, SL
 Polígono Parque Plata
 Calle Camino Mozarabe naves 13 y 15
 Camas (Sevilla) 41900
 www.alsglobal.com/geochemistry

A: EXPLORACIONES MINERAS DEL CANTABRICO
 C/ AMOR DE DIOS, 7- BAJO
 TAPIA DE CASADIEGO
 ASTURIAS OVIEDO 33740

Página: 2 - B
 Número total de paginas: 2 (A - E)
 El Apéndice positivo Pagina
 Fecha Completada:
 25-JUN-2021
 Cuenta: EXICO

Proyecto: NOT PROVIDED

CERTIFICADO DE ANÁLISIS SV21146452

Descripción de la Muestra	Método Analítico	Unidades	LDD	ME-MS14L																
				Cu	Fe	Ca	Hf	Hg	In	K	La	Li	Mg	Mn	Mo	Na	Nb	Ni		
SL1		ug/L	0.1	0.658	0.003	0.05	0.005	0.05	0.01	0.005	0.069	2.1	3.61	6.83	0.07	13.30	<0.005	1.6		
SL2		ug/L	0.5	0.443	<0.05	<0.05	<0.005	<0.05	<0.01	0.086	2.4	3.61	11.05	0.07	14.65	<0.005	1.9			
SL3		ug/L	0.6	0.252	<0.05	<0.05	<0.005	<0.05	<0.01	0.090	4.9	5.62	17.50	<0.05	14.75	<0.005	3.1			
SL4		ug/L	0.5	0.319	<0.05	<0.05	<0.005	<0.05	<0.01	0.112	1.2	4.82	12.15	<0.05	21.5	<0.005	1.5			
SL5		ug/L	1.1	0.358	<0.05	<0.05	0.005	<0.05	<0.01	0.157	2.4	5.46	7.40	0.06	20.3	<0.005	1.7			
SL6		ug/L	0.9	0.490	<0.05	<0.05	0.008	<0.05	<0.01	0.159	2.5	7.96	7.87	0.06	36.9	<0.005	2.9			
SL7		ug/L	4.2	0.284	<0.05	<0.05	<0.005	<0.05	<0.01	0.069	11.1	13.70	36.8	16.15	28.0	<0.005	13.3			
SL8		ug/L	0.9	2.31	<0.05	<0.05	<0.005	<0.05	<0.01	0.026	0.7	5.52	200	4.06	25.9	<0.005	0.5			
SL9		ug/L	2.4	0.885	<0.05	<0.05	<0.005	<0.05	<0.01	0.083	4.8	14.95	70.1	6.53	48.0	<0.005	3.5			
SL10		ug/L	1.7	0.522	<0.05	<0.05	<0.005	<0.05	<0.01	0.331	2.2	6.80	20.9	0.09	19.70	<0.005	2.5			
SL11		ug/L	0.8	0.537	<0.05	<0.05	<0.005	<0.05	<0.01	0.155	2.3	5.33	6.73	0.07	19.85	<0.005	1.7			
SL12		ug/L	0.7	0.785	<0.05	<0.05	<0.005	<0.05	<0.01	0.118	2.1	4.41	18.35	0.07	16.20	<0.005	1.4			
SL13		ug/L	3.0	0.867	<0.05	<0.05	0.007	<0.05	<0.01	0.096	4.1	14.35	70.3	6.33	47.8	<0.005	3.5			
SL14		ug/L	0.6	0.985	<0.05	<0.05	<0.005	<0.05	<0.01	0.303	5.4	11.10	80.8	0.13	28.0	<0.005	4.8			
SL15		ug/L	1.6	0.589	<0.05	<0.05	0.007	<0.05	<0.01	0.815	1.9	9.05	70.0	0.12	26.4	<0.005	1.7			
SL16		ug/L	1.0	0.203	<0.05	<0.05	0.005	<0.05	<0.01	0.096	1.7	5.41	7.11	0.07	15.20	<0.005	1.2			
SL17		ug/L	0.4	0.007	<0.05	<0.05	<0.005	<0.05	<0.01	0.317	0.6	7.76	4.67	0.08	23.2	<0.005	0.6			
SL18		ug/L	0.3	0.050	<0.05	<0.05	<0.005	<0.05	<0.01	0.081	7.5	12.75	7.51	0.07	40.6	<0.005	0.9			
SL19		ug/L	0.3	<0.003	<0.05	<0.05	<0.005	<0.05	<0.01	0.194	0.9	4.73	8.08	<0.05	27.8	<0.005	1.3			
SL20		ug/L	0.7	0.015	<0.05	<0.05	<0.005	<0.05	<0.01	0.181	0.6	3.85	9.27	<0.05	26.8	<0.005	1.1			



ALS Laboratory Group, SL
 Polígono Parque Plata
 Calle Camino Mozarabe naves 13 y 15
 Camas (Sevilla) 41900
 www.alsglobal.com/geochemistry

A. EXPLORACIONES MINERAS DEL CANTABRICO
 C/ AMOR DE DIOS, 7- BAJO
 TAPIA DE CASADIEGO
 ASTURIAS OVIEDO 33740

Página: 2 - E
 Número total de paginas: 2 (A - E)
 El Apéndice positivo Pagina
 Fecha Completada:
 25-JUN-2021
 Cuenta: EXICO

Proyecto: NOT PROVIDED

CERTIFICADO DE ANÁLISIS SV21146452

Descripción de la Muestra	Método Análisis Unidades LOD	MS14L-ANPH MS14L-ANPH MS14L-ANPH MS14L-ANPH MS14L-ANPH MS14L-ANPH					
		TDS mg/L	Conducti uS/cm	Alkalini mg/L CaCO3eq	Alkalini mg/L CaCO3e	Alkalini mg/L CaCO3e	Alkalini mg/L CaCO3e
SL1		86	151	27	27	<1	<1
SL2		84	150	20	20	<1	<1
SL3		95	181	29	29	<1	<1
SL4		111	203	26	26	<1	<1
SL5		120	216	24	24	<1	<1
SL6		182	356	33	33	<1	<1
SL7		193	354	16	16	<1	<1
SL8		88	191	38	38	<1	<1
SL9		251	474	70	70	<1	<1
SL10		129	245	32	32	<1	<1
SL11		124	214	24	24	<1	<1
SL12		90	177	26	26	<1	<1
SL13		303	479	72	72	<1	<1
SL14		172	324	27	27	<1	<1
SL15		169	331	42	42	<1	<1
SL16		100	188	27	27	<1	<1
SL17		162	311	21	21	<1	<1
SL18		253	458	38	38	<1	<1
SL19		116	233	7	7	<1	<1
SL20		96	189	3	3	<1	<1



ALS Laboratory Group, SL
 Polígono Parque Plata
 Calle Camino Mozarabe naves 13 y 15
 Camas (Sevilla) 41900
 www.alsglobal.com/geochemistry

A: EXPLORACIONES MINERAS DEL CANTABRICO
 C/ AMOR DE DIOS, 7- BAJO
 TAPIA DE CASADIEGO
 ASTURIAS OVIEDO 33740

Página: Apéndice 1
 Totalice # Páginas de Apéndice: 1
 Fecha Completada:
 25-JUN-2021
 Cuenta: EXICO

Proyecto: NOT PROVIDED

CERTIFICADO DE ANÁLISIS SV21146452

COMENTARIOS DE CERTIFICADO

DIRECCIÓN DEL LABORATORIO
 Polígono Parque Plata, Calle Camino Mozarabe naves 13 y 15, Camas (Sevilla), Spain.
 SND-01
 WEI-21

Procesado en ALS Seville, Polígono Parque Plata, Calle Camino Mozarabe naves 13 y 15, Camas (Sevilla), Spain.
 LOG-22

Procesado en ALS Vancouver, 2103 Dollarton Hwy, North Vancouver, BC, Canada.
 ME-MS14L

Procesado en ALSE Vancouver, Burnaby, BC, Canada.
 MS14L-ANPH

Métodos Aplicados:

Métodos Aplicados:

Métodos Aplicados:

ANEXO IIIB
GESTIÓN DE AGUAS

ÍNDICE

Pág nº

1. INTRODUCCIÓN	7
2. CIRCUITOS DEL AGUA DENTRO DEL PROYECTO.....	9
2.1. TIPOS Y VOLUMENES DE AGUA CALCULADOS	11
2.2. GESTIÓN DURANTE LA CONSTRUCCIÓN (LABORES PREPARATORIAS).....	13
2.3. GESTIÓN DURANTE LA EXPLOTACIÓN.....	16
2.4. GESTIÓN DURANTE EL CIERRE	18
2.5. GESTIÓN DURANTE LA POST-CLAUSURA	19
3. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS	21
3.1. AGUAS DE DEPRESIÓN NIVEL FREÁTICO.....	21
3.1.1. Selección de bombas	24
3.1.2. Calidad esperable de las aguas de depresión del freático.....	25
3.2. AGUAS RESULTANTES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA RAMPA DE ACCESO A LA MINERALIZACIÓN	28
3.2.1. Calidad esperable de las aguas generadas durante la construcción de la rampa	29
3.3. AGUAS DE OPERACIÓN MINERA (CONTACTO)	29
3.3.1. Calidad esperable de las aguas de drenaje interior de mina	31
3.4. AGUAS DE PROCESO (FLOTACIÓN)	32
3.4.1. Calidad esperable de las aguas de proceso	33
3.5. AGUAS DE ESCORRENTÍA INTERNA (CONTACTO).....	35
3.5.1. Delimitación de las subcuencas.....	38
3.5.2. Cálculo de caudales. Método racional.....	42
3.5.3. Cálculo de caudales en la zona de explotación	49
3.5.4. Cálculo de la red de drenaje	53
3.5.5. Balsas	60
3.5.5.1. Balsas de decantación	62
3.5.5.2. Balsas de almacenamiento	63
3.5.6. Calidad esperable de las aguas de escorrentía interna	63

3.6.	CONCLUSIONES	64
3.7.	PLANTA DE TRATAMIENTO	64
3.8.	AGUAS DE NO CONTACTO	67
3.8.1.	<i>Cálculo de caudales</i>	68
3.8.2.	<i>Cálculo de la red de drenaje</i>	70
3.9.	CIRCUITO DE AGUA POTABLE	71
3.10.	CIRCUITO DE AGUAS RESIDUALES	71
3.11.	SISTEMA CONTRA INCENDIOS	72
3.12.	AGUAS DESTINADAS A OTROS USOS	73

FIGURAS

Figura 2.1.- Gestión del agua durante la fase activa de la explotación	10
Figura 2.2.- Diseño final para la construcción del emisario.....	14
Figura 2.3.-Esquema del emisario completo.....	15
Figura 3.1.- Localización de los tres pozos de depresión del nivel freático y sus tuberías de conducción en la zona del yacimiento.	21
Figura 3.2.- Localización pozos de bombeo y drenaje de aguas.	23
Figura 3.3.-Esquema general de las bombas.....	24
Figura 3.4.-Curvas de rendimiento de las bombas.	25
Figura 3.5.- Esquema gestión del agua de escorrentía de contacto.	37
Figura 3.6.- Zonas de recepción de escorrentía interna por parte de las balsas (la balsa 1 recibe la escorrentía de la superficie marcada en morado y la balsa 2 recibe la de la superficie marcada en azul).	37
Figura 3.7.- Subcuencas aguas de contacto en escombrera de estériles de mina NW.....	39
Figura 3.8.- Subcuencas de las aguas de contacto en escombrera de material de excavación SW.....	39
Figura 3.9.- Subcuencas de las aguas de contacto en escombrera de material de excavación SE.....	40
Figura 3.10.- Subcuencas de las aguas de contacto en depósito de estériles	40
Figura 3.11.- Subcuencas aguas de contacto en instalaciones	41
Figura 3.12.- Subcuencas aguas de contacto en otras zonas de contacto.....	41
Figura 3.13.- Valor de la ratio I1/Id o índice de torrencialidad (norma 5.2-IC).....	45
Figura 3.14.- Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía (norma 5.2-IC, 2016).	48
Figura 3.15.- Mapa de la red de drenaje de las aguas de contacto en la escombrera de estériles de mina (canales de drenaje en rojo, punto de bombeo en verde). ...	55
Figura 3.16.- Mapa de la red de drenaje de las aguas de contacto en la escombrera de material de excavación SW (canales de drenaje en rojo, punto de bombeo en verde).....	56
Figura 3.17.- Mapa de la red de drenaje de las aguas de contacto en la escombrera de material de excavación SE (canales de drenaje en rojo, punto de bombeo en verde).....	56
Figura 3.18.- Mapa de la red de drenaje de las aguas de contacto en las instalaciones (canales de drenaje en rojo, punto de bombeo en verde).	57

Figura 3.19.-Mapa de la red de drenaje de las aguas de contacto en otras zonas de contacto (canales de drenaje en rojo, punto de bombeo en verde).	57
Figura 3.20.- Mapa de la red de drenaje de las aguas de contacto en el depósito de estériles durante la fase de explotación (canales de drenaje en rojo, punto de bombeo en verde).	58
Figura 3.21.- Puntos de bombeo (puntos verdes) y red de drenaje de contacto (líneas rojas).	59
Figura 3.22.- Localización de las balsas de almacenamiento y decantación.	62
Figura 3.23.- Distintos modelos de la planta PROflex y caudales tratables.	65
Figura 3.24.- Modelo de la planta de tratamiento PROflex: modelo americano.....	66
Figura 3.25.- Subcuencas para las aguas de no contacto	67
Figura 3.26.- Mapa de la red de drenaje de las aguas de no contacto (canales de drenaje en azul y puntos de bombeo en verde oscuro).	70

TABLAS

TABLA 2.1.- RESUMEN DE TIPOS DE AGUAS	11
TABLA 3.1.- COORDENADAS DE LOS POZOS DE DRENAJE EN ETRS89-H30	21
TABLA 3.2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS DE DRENAJE.	23
TABLA 3.3.- CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS	24
TABLA 3.4.- CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS	24
TABLA 3.5.- CONCENTRACIÓN QUE PRESENTARÁ EL VERTIDO AL MAR SI ESTÁ FORMADO POR EL AGUA EXTRAÍDA DE LOS SONDEOS	26
TABLA 3.6.- REQUERIMIENTOS DE AGUA. FASE DE CONSTRUCCIÓN	28
TABLA 3.7.- REQUERIMIENTOS DE AGUA. FASE DE EXPLOTACIÓN	30
TABLA 3.8.- RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL AGUA PROCEDENTE DE LA MINA	32
TABLA 3.9.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE PROCESO DE FLOTACIÓN	34
TABLA 3.10.- VALORES DE ID SEGÚN LOS PERÍODOS DE RETORNO CONSIDERADOS.	44
TABLA 3.11.- REGIONES DE LAS CALIBRACIONES REGIONALES DEL COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA (NORMA 5.2-IC).	48
TABLA 3.12.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS SUBCUENCAS	50
TABLA 3.13.- VALORES DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN	51
TABLA 3.14.- VALORES PARÁMETROS ESCORRENTÍA.....	52
TABLA 3.15.-CAUDAL DE REFERENCIA DE LA SUBCUENCA QUE AFECTA A LAS BALSAS PARA EL PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS.	53
TABLA 3.16.- CANALES AGUA DE CONTACTO INTERNAS	60
TABLA 3.17.- CARACTERÍSTICAS DE LAS BALSAS DE DECANTACIÓN.....	62
TABLA 3.18.- CARACTERÍSTICAS DE LAS BALSAS DE ALMACENAMIENTO	63
TABLA 3.19.- VALORES DE ID SEGÚN LOS PERÍODOS DE RETORNO CONSIDERADOS.	68
TABLA 3.20.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS SUBCUENCAS DE AGUAS DE NO CONTACTO	68
TABLA 3.21.- VALORES DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN SUBCUENCAS AGUAS NO CONTACTO.....	69
TABLA 3.22.- VALORES PARÁMETROS ESCORRENTÍA SUBCUENCAS NO CONTACTO.....	69

TABLA 3.23.- CAUDAL DE REFERENCIA DE LAS SUBCUENCAS DE LAS AGUAS DE NO CONTACTO PARA EL PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS.	69
TABLA 3.24.- CANALES AGUA DE NO CONTACTO	71

1. INTRODUCCIÓN

Un proyecto minero debe llevar asociada una correcta gestión de las aguas que se utilicen durante el desarrollo del proceso. En ese sentido, se deben prever ciertas inversiones que serán de importancia para el proyecto en cuestión, las cuales pueden englobar desde captaciones de agua para los distintos procesos de los proyectos, hasta conducciones, balsas de almacenamiento, plantas de tratamiento, circuitos de reutilización o, incluso, su retorno al medio.

Para una correcta gestión de este recurso lo primero que se debe tener en cuenta es el balance hídrico existente en la zona en la que se va a desarrollar el proyecto. Este balance será fundamental para conocer los recursos de los que dispone el medio y para diseñar una red de drenaje con las dimensiones adecuadas.

Uno de los usos principales de agua en un proyecto como el de Salave, es el proceso de flotación para separar físicamente los sulfuros de su ganga granítica. Para optimizar los volúmenes utilizados y gestionar mejor su calidad, se propone un circuito cerrado de circulación del agua y estériles entre la planta de flotación y el depósito de estériles de modo que el agua sea la misma reutilizada de manera continua, exceptuando las pérdidas que se produzcan por evaporación o que en menor cuantía permanezcan en el concentrado.

El proyecto contempla, para gestionar y cubrir esas inevitables pérdidas y como sistema de regulación, control y adecuada gestión, dos balsas de capacidad suficiente para reponer dichas pérdidas, facilitar su control y limitar al máximo la utilización de volúmenes de agua adicionales.

La procedencia del agua almacenada en las balsas podrá ser de tres fuentes:

- De los procesos de escorrentía superficial interna (aguas de contacto), de toda la zona de instalaciones.
- De las aguas procedentes del desagüe de las labores mineras (aguas de operación minera, también de contacto), durante todas las fases del proyecto.
- Si llegara a ser necesario se podrían abastecer del agua subterránea extraída por bombeo desde los pozos de depresión del nivel piezométrico de la zona del yacimiento y su entorno inmediato.

Por todo lo anterior, en el presente documento se recogen los aspectos más relevantes del Sistema de Gestión del Agua durante las fases de labores preparatorias, explotación y desmantelamiento del Proyecto de Explotación de Salave, el cual ha tenido en todo momento en consideración el Dominio Público Hidráulico de la zona, con el fin de no afectarlo.

2. CIRCUITOS DEL AGUA DENTRO DEL PROYECTO

Dentro del Sistema de Gestión de Aguas del proyecto se deben diferenciar los siguientes circuitos de agua:

Aguas limpias o sin contacto:

- Aguas de depresión del nivel piezométrico
- Aguas de escorrentía exteriores a la zona de afección

Aguas de contacto:

- Aguas procedentes de construcción del frente de la galería (asimilables al agua de explotación minera)
- Aguas procedentes de la explotación minera (desagüe del laboreo minero)
- Aguas de escorrentía dentro de la zona de actuación.

Aguas de proceso:

- Aguas implicadas en el proceso de flotación.

Resto de aguas:

- Agua potable (consumo humano)
- Aguas residuales de saneamiento.

La gestión de aguas durante la vida activa de la explotación minera viene representada en la siguiente figura:



Figura 2.1.- Gestión del agua durante la fase activa de la explotación

Por lo tanto, la gestión del agua puede quedar resumida en los siguientes dos puntos:

- Aprovechamiento y recirculación del agua: con el fin de aprovechar al máximo las aguas que se gestionan internamente y no depender de consumos adicionales externos a la actuación, el proyecto contará con un volumen importante de almacenamiento de aguas (conformado por aguas de escorrentía interna, aguas de depresión del freático o aguas del laboreo minero) en forma de balsas, que será reutilizado en diferentes usos propios de la actividad (reposición de pérdidas en el proceso, alimentación a la actividad minera o lucha contra el polvo).

El agua de la planta de flotación es recirculada de manera continua entre ésta, los espesadores, las balsas de soporte de planta y el depósito de estériles en un circuito cerrado pero expuesto a las condiciones atmosféricas que pueden determinar déficits de agua en el circuito por evaporación. Estos, déficits serán cubiertos por agua almacenada en las balsas propias sin ningún requerimiento externo.

- Gestión final del agua: aunque un objetivo importante del proyecto pretende optimizar la recirculación y reutilización del agua interceptada por la actuación, se estima que se generará un excedente del recurso, principalmente procedente del bombeo de agua subterránea para deprimir el nivel freático o circunstancialmente por eventos de lluvia que aporten cantidades excepcionales de agua, sobrepasando la capacidad de reutilización.

Para cubrir estas circunstancias, el proyecto está dotado de un emisario marino subterráneo que puede descargar agua desde la zona de instalaciones mineras en el fondo marino a 17 m de profundidad y más de 800 m de la costa. El agua de todos los circuitos internos es controlada y analizada sistemáticamente para mantener un control exhaustivo de la calidad de las mismas, garantizando que su posible vertido cumple con las Normas de Calidad Ambiental del medio receptor. El proyecto incluye asimismo sistemas de depuración y tratamiento de agua para dar respaldo adicional a los controles en caso de ser necesario.

2.1. TIPOS Y VOLUMENES DE AGUA CALCULADOS

Desde el punto de vista cuantitativo se ha elaborado la siguiente tabla resumen de los tipos de aguas implicadas en el proyecto, su caudal y su gestión, sin tener en cuenta el posible tratamiento.

TABLA 2.1.- RESUMEN DE TIPOS DE AGUAS					
Tipo aguas	Periodo (Años)	Fase	Caudal (l/s)	Descarga al mar	Gestión
Aguas de depresión del nivel freático (aguas limpias)	1,5	Labores preparatorias	15 (Q medio)	Sí	<ul style="list-style-type: none"> • Mar (emisario) • Balsas (cuando se necesite)
	13	Operación			

TABLA 2.1.- RESUMEN DE TIPOS DE AGUAS

Tipo aguas	Periodo (Años)	Fase	Caudal (l/s)	Descarga al mar	Gestión
Aguas construcción rampa (contacto)	1,5	Labores preparatorias	5 (Q medio)	Sí	<ul style="list-style-type: none"> Balsa (Recirculación) Proceso (cuando se necesite, desde balsa) Mar (emisario, cuando exista exceso, desde balsa)
Aguas de operación minera (desagüe de mina) (contacto)	13	Operación	12 (Q medio)	Sí	<ul style="list-style-type: none"> Balsa (Recirculación) Proceso (cuando se necesite, desde balsa) Mar (emisario, cuando exista exceso, desde balsa)
Escorrentía interna (contacto)	1,5	Labores preparatorias	Caudal punta: 8,7 m ³ /s (T=100)	Sí	<ul style="list-style-type: none"> Balsa (Recirculación) Proceso (cuando se necesite, desde balsa) Mar (emisario, cuando exista exceso, desde balsa)
	13	Operación			
	2	Cierre y clausura			
Escorrentía externa (aguas limpias)	1,5	Labores preparatorias	Caudal punta: 4,3 m ³ /s (T=100)	No	Se derivan a su curso natural
	13	Operación			
	2	Cierre y clausura			
Agua proceso	13	Operación	3-4 (Q medio)	No	Circuito cerrado
Agua residual	13	(L.P.: aseos químicos) Operación		No	Derivada a colector general

2.2. GESTIÓN DURANTE LA CONSTRUCCIÓN (LABORES PREPARATORIAS)

La gestión de las aguas dará comienzo desde el inicio de la fase de labores preparatorias, consistente en la construcción de toda la infraestructura necesaria para el correcto desarrollo de las actividades de extracción y procesado del mineral. Esta fase presenta una duración de 1,5 años.

Una vez se hayan retirado la vegetación y la tierra vegetal de la superficie de proyecto (primer mes de esta fase), se comenzará con la construcción del sistema de balsas y de la red de segregación y recogida de aguas (canales perimetrales que recogen las aguas de contacto) de la zona de actuación, con el fin de disponer desde el inicio de una gestión diferenciada de las aguas de escorrentía interna (contacto) y externa (aguas limpias), las cuales serán recogidas por una cuneta perimetral exterior a la zona de proyecto (ubicada al noreste del depósito de estériles) y serán derivadas a su curso natural vertidas al medio por no haber entrado en contacto con el área de trabajos. Por su parte, las aguas de escorrentía superficial interna se irán conduciendo por gravedad o bombeo a las balsas de decantación, previo a su vertido a las balsas de almacenamiento. Esta red de gestión interna se conformará entorno a las principales estructuras del proyecto (principalmente instalaciones de residuos mineros, pistas e instalaciones generales).

Además, hacia el tercer mes, se comenzará a ejecutar el bombeo de agua subterránea de la zona de explotación, con el objeto de deprimir el nivel piezométrico por debajo del nivel de los trabajos proyectados. De esta manera se podrán realizar las distintas infraestructuras necesarias y, posteriormente, comenzar con la extracción del mineral sin contacto con el agua subterránea.

Estas aguas serán vertidas, de manera general, a través del emisario al medio marino, siendo parcialmente derivadas a las balsas de almacenamiento para cubrir eventuales necesidades del proceso o laboreo, dependiendo del progreso constructivo de los diferentes componentes de las infraestructuras. Así, las aguas subterráneas bombeadas serán almacenadas en las balsas ya construidas hasta la finalización del emisario submarino (mes 8).

El emisario subterráneo se construye íntegramente al inicio de esta fase mediante perforación dirigida. Consta de dos tramos y se construirá con tubería de polietileno de 355 mm de diámetro. Dispone de un sistema de descarga, única parte que aflora en el lecho marino, con un difusor multiorificio que promueve la mezcla rápida y eficiente del efluente.



Figura 2.2.- Diseño final para la construcción del emisario.

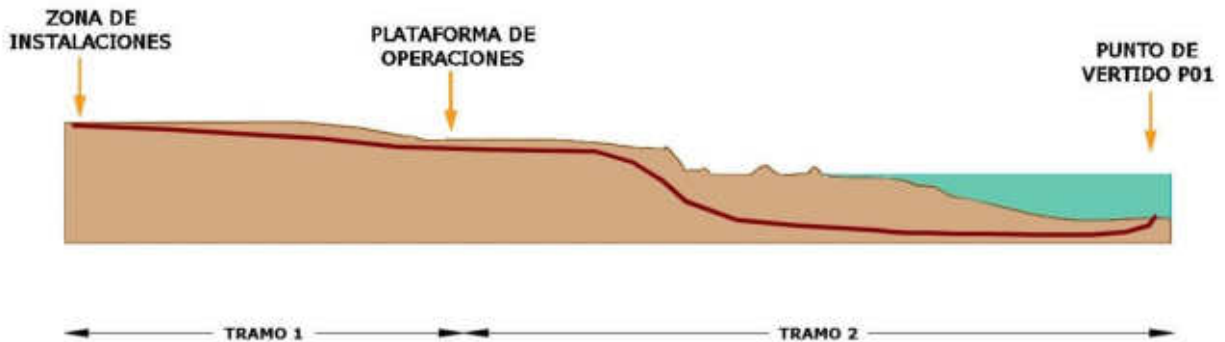


Figura 2.3.-Esquema del emisario completo.

De manera general su construcción servirá para la evacuación de las aguas de no contacto de depresión del freático en la zona de trabajos al medio marino. Además, en determinados momentos en los que se produzca un exceso de almacenamiento de agua en las balsas (previamente decantadas y tratadas), el volumen excedente podrá ser derivado hacia dicho emisario para regular dichos niveles de almacenamiento.

Por otra parte, el agua de contacto de las labores mineras, principalmente la bocamina y rampa principal de acceso (cuyo comienzo se dará en el mes 3), será enviada hacia las balsas de almacenamiento, pasando previamente por el sistema de tratamiento diseñado (decantación y depuración). Las aguas depositadas en las mencionadas balsas podrán ser recirculadas para cubrir las necesidades de maquinaria en las labores de minería subterránea.

La decantación se realizará en una balsa de dimensiones adecuadas que permita la correcta decantación de partículas finas en suspensión, mientras que la planta modular al efecto tendrá como objetivo y capacidades específicas la limitación de concentraciones de hidrocarburos para su reutilización en las labores mineras. También, a modo de respaldo tendrán capacidad de depuración de cierto contenido en metales para asegurar los niveles de referencia previos a su descarga al mar mediante el emisario. Estas plantas se describen con más detalle en el apartado 3.7.

2.3. GESTIÓN DURANTE LA EXPLOTACIÓN

La fase de explotación consiste en el desarrollo de la propia explotación minera subterránea, una vez que las infraestructuras e instalaciones necesarias estén finalizadas y operativas. La actividad principal será la explotación de las 535 cámaras de las que consta la explotación subterránea, pero también la gestión de los residuos mineros que se vayan generando a partir de dicha explotación. La vida de la explotación será de un total de 13 años.

El agua utilizada durante las labores mineras por parte de la maquinaria (como los jumbos, etc.), al igual que la de la apertura de la rampa hasta su llegada a los distintos niveles de explotación, procederá inicialmente del agua de la depresión del nivel freático y del agua de escorrentía interna almacenada en las balsas de almacenamiento (previa decantación/tratamiento). Durante el funcionamiento habitual, la mayor parte de esta agua es recirculada hacia las balsas y desde allí podrá ser dirigida de nuevo para el mismo propósito.

Esta agua puede entrar en contacto con las paredes de la explotación, algunas de ellas con cierto grado de mineralización, por lo que podrá cargarse de sólidos en suspensión y elementos disueltos, incluso hidrocarburos / grasas, por lo que su calidad será controlada periódicamente. Estas aguas de contacto se recogerán mediante bombeo, junto a pequeñas infiltraciones de precipitación al hueco minero en explotación, y se enviarán a la balsa de decantación para la eliminación de los posibles sólidos en suspensión que hayan acumulado. Tras su paso por la decantación, pasarán por la planta de tratamiento, para la eliminación de hidrocarburos (si los hubiere), y de ahí finalizarán en las balsas de almacenamiento, para utilizarlas con el mismo propósito o en eventuales necesidades del proceso.

El proceso de tratamiento está diseñado en circuito cerrado y se desarrolla en vía húmeda por lo que necesitará cierto volumen de agua para su funcionamiento. El aporte inicial de agua podrá venir de la que se vaya almacenando durante las labores constructivas en las balsas de almacenamiento, de la extraída en la depresión del freático o de aguas de escorrentía acumuladas. Posteriormente sólo será necesario reponer posibles pérdidas del sistema que, aunque cerrado está expuesto a las condiciones atmosféricas (evaporación) y a pérdida de humedad en los productos finales.

El resto de las aguas generadas durante esta fase son similares a las producidas durante la fase de labores preparatorias, las cuales se vendrán gestionando de la misma manera.

En lo referido a las aguas de depresión del nivel freático, se espera que, durante esta fase, se reduzca el caudal de extracción. Estas aguas, al igual que se hacía anteriormente, serán vertidas al mar mediante el emisario.

El desagüe de las aguas de contacto seguirá funcionando de la misma manera, transportando las aguas hasta las balsas de decantación y, finalmente, a las de almacenamiento.

Conviene también mencionar las posibles escorrentías de la escombrera de estéril de mina (residuos no inertes no peligrosos). Esta escombrera, aunque desaparecerá al final del proyecto, se construirá aislada del terreno donde se ubica y rodeada de su correspondiente canal perimetral que recogerá el agua que pueda caer sobre ella. Las limitadas cantidades que se puedan producir serán dirigidas a la balsa de decantación, pasando posteriormente, por si fuera necesario, a la planta de tratamiento antes de su depósito en las balsas de almacenamiento.

En cuanto al depósito de estériles, debido a la adecuación de su estructura y las medidas de seguridad y control implantadas durante su construcción (impermeabilización de las celdas e inertización del estéril con cal y cemento) no producirá efluentes.

2.4. GESTIÓN DURANTE EL CIERRE

Una vez finalizada la explotación, dará comienzo la fase de cierre de la misma. En ella se procederá al desmantelamiento de toda la infraestructura de tratamiento y se eliminarán tres de las instalaciones de residuos mineros implementadas durante la explotación. Esta fase presenta una duración de 2 años.

Será además hacia el final de esta fase cuando cesarán los bombeos de la zona de extracción, una vez que se haya finalizado totalmente la extracción de mineral y su relleno. Cuando se complete además el relleno de toda la infraestructura auxiliar (galerías y pozos de ventilación, etc.) se dejará que el nivel piezométrico inicie su recuperación de forma natural, por lo que este circuito de aguas dejará de ser funcional.

El desagüe del agua de contacto de mina continuará en activo hasta que se finalice por completo el relleno, el cual irá avanzando en retroceso hasta concluir con el relleno de la rampa de acceso a la mina. La calidad esperable de estas aguas será mejor que en los momentos de explotación, ya que durante esta fase cesa el contacto con la zona mineralizada y la maquinaria usada será mucho menor que durante la propia explotación.

En superficie se continuará con la diferenciación entre las aguas de escorrentía superficial internas y externas. La red de drenaje creada en superficie será una de las últimas infraestructuras que será desmantelada o incluso parcialmente mantenida, puesto que seguirá realizando su función de recogida y segregación del agua de escorrentía y transporte a balsas hasta que finalice el desmantelamiento y restauración de la gran mayoría del terreno afectado.

Una vez finalizada la restauración, las aguas que hayan quedado recogidas en las balsas de almacenamiento, ya decantadas y tratadas, serán vertidas por el emisario al medio marino, de forma que se pueda proceder con el desmantelamiento de dichas balsas. Ésta será la última acción de rehabilitación y restauración del terreno afectado, junto con el desmantelamiento de la planta de tratamiento y de la entrada al emisario.

2.5. GESTIÓN DURANTE LA POST-CLAUSURA

Finalizada la restauración de toda la zona afectada por el proyecto, comienza la fase de post-clausura, durante la cual se tendrá que llevar a cabo un control regular y exhaustivo de las instalaciones de residuos mineros que permanecen. La duración de esta fase será de un mínimo de 5 años, pero podrá alargarse más si así lo considerase el órgano competente.

El depósito de estériles de flotación será la única instalación de residuos mineros permanente, la cual habrá quedado debidamente sellada (mediante impermeabilización superior de la celda) y restaurada. Su encapsulado e impermeabilización permitirá que las aguas de lluvia que caigan sobre su superficie restaurada se dirijan hacia las zonas preferentes de drenaje existentes de forma previa a la explotación (zona SW del depósito). A su salida de la zona del depósito se dirigirán por su curso natural hasta el reguero Gamazá, como aguas de escorrentía limpia, pues no entrarán en contacto con el estéril encapsulado e inertizado.

En la zona exterior al proyecto, se mantendrá la cuneta perimetral naturalizada de la zona NE de la instalación, encargada de recoger las aguas limpias de escorrentía externa, facilitando el flujo de esas aguas hacia su curso natural sin acumulaciones en la zona noreste del depósito.

Durante la vida y funcionamiento del proyecto, se realizarán controles sistemáticos de todos los flujos de agua esperados dentro del mismo, que habrán permitido contrastar la eficacia y eficiencia de las medidas propuestas y en caso necesario ir paulatinamente realizando ajustes, correcciones y mejoras enfocadas en el curso habitual de la operación, pero muy especialmente en su eficacia en el largo plazo.

Pese a ello y para mantener el nivel de seguridad con el que se ha concebido el proyecto, se seguirá realizando de forma periódica un control post-clausura en el que se analizarán las aguas de escorrentía a la salida del depósito restaurado para corroborar la preservación de su calidad en relación al entorno durante el período mínimo de 5 años, de manera que sus características se mantengan estables.

Además, se mantendrán el seguimiento del sistema de arquetas de control habilitadas en el fondo del depósito de estériles durante fases anteriores, con el fin de comprobar la ausencia de flujos procedentes del depósito, corroborando los resultados del control llevados a cabo durante la operación y siempre considerando la forma constructiva y de deposición de los estériles, que serán encapsulados, compactados, impermeabilizados y químicamente inactivados.

3. CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS

3.1. AGUAS DE DEPRESIÓN NIVEL FREÁTICO

Con el fin de separar y proteger el agua subterránea de las labores mineras se procederá a una depresión del nivel freático de la zona mineralizada. Para ello, como se describe en detalle en el Anexo III.A., se construirán tres sondeos: dos de ellos en la propia mineralización (1 y 3) y un tercero en el perímetro su perímetro (2). La finalidad de estos sondeos será la de drenar todo el área del yacimiento, por lo que mediante su bombeo se conseguirá que el agua subterránea se deprima temporalmente.

La siguiente tabla muestra la localización en superficie de los tres sondeos de drenaje subterráneo

TABLA 3.1.- COORDENADAS DE LOS POZOS DE DRENAJE EN ETRS89-H30		
Pozos de drenaje	X	Y
1	668.211	4.825.813
2	668.363	4.825.508
3	668.546	4.825.781



Figura 3.1.- Localización de los tres pozos de depresión del nivel freático y sus tuberías de conducción en la zona del yacimiento.

El inicio del bombeo en esta zona dará comienzo durante la fase de labores de preparación del proyecto, con el fin de ir reduciendo el nivel freático y alejando el agua subterránea lo antes posible de las labores iniciales para la ejecución de la rampa de acceso.

La calidad de esta agua, como se verá más adelante, es perfectamente compatible con su envío al mar a través del emisario. Mientras se finaliza su construcción se puede almacenar temporalmente esta agua en cualquiera de las balsas cuya ejecución esté finalizada.

Además, parte de esta agua dirigida a las balsas de almacenamiento servirá para apoyar la puesta en marcha de los diferentes procesos implicados como la flotación, mantenimiento, etc.

Una vez se tenga construida la infraestructura necesaria para su vertido a través de emisario, esta agua se dirigirá hacia el mismo. En cualquier caso, se realizarán controles de calidad periódicos de las aguas, con el fin de mantener un claro y preciso conocimiento y control de volúmenes y calidades, ya que las analíticas realizadas muestran que, a través de los procesos de dilución producidos en el medio marino, estas aguas disponen de una caracterización absolutamente compatible con el medio marino y su preservación.

La gestión y control de los caudales de cada pozo será regular y sistemática, para asegurar las distancias necesarias y suficientes del laboreo de la mina, aunque según los cálculos al respecto los caudales extraídos de cada pozo fluctuarán a medida que se genera la depresión correspondiente a su área de influencia.

La siguiente tabla muestra el caudal estimado que se bombeará en cada pozo, la profundidad de cada pozo y la altura total a la que será elevado dicho caudal para generar la depresión suficiente del nivel piezométrico para mantener en seco las labores en curso (incluso en su máximo desarrollo).

TABLA 3.2.- CARACTERÍSTICAS DE LOS POZOS DE DRENAJE.			
	Caudal (l/s)	Profundidad aproximada (m)	Altura total (m)
Pozo 1	8,6	700	712,5
Pozo 2	6,0	500	510,5
Pozo 3	12,3	700	724,0

El caudal de drenaje del acuitardo a través de estos pozos puede tener un máximo de 27 l/s si todos ellos bombean simultáneamente, pero dado que los bombeos se irán produciendo en función de la zona de trabajo, se espera un caudal de drenaje medio de 15 l/s.

El agua drenada será dirigida al emisario para su evacuación en el medio marino (Figura 3.2), o bien, será dirigida a las balsas de almacenamiento cuando se considere necesario. Desde allí podrá ser reutilizada para operaciones de laboreo o reponer pérdidas por evaporación en el circuito cerrado del agua de planta en caso de que fuera necesario.

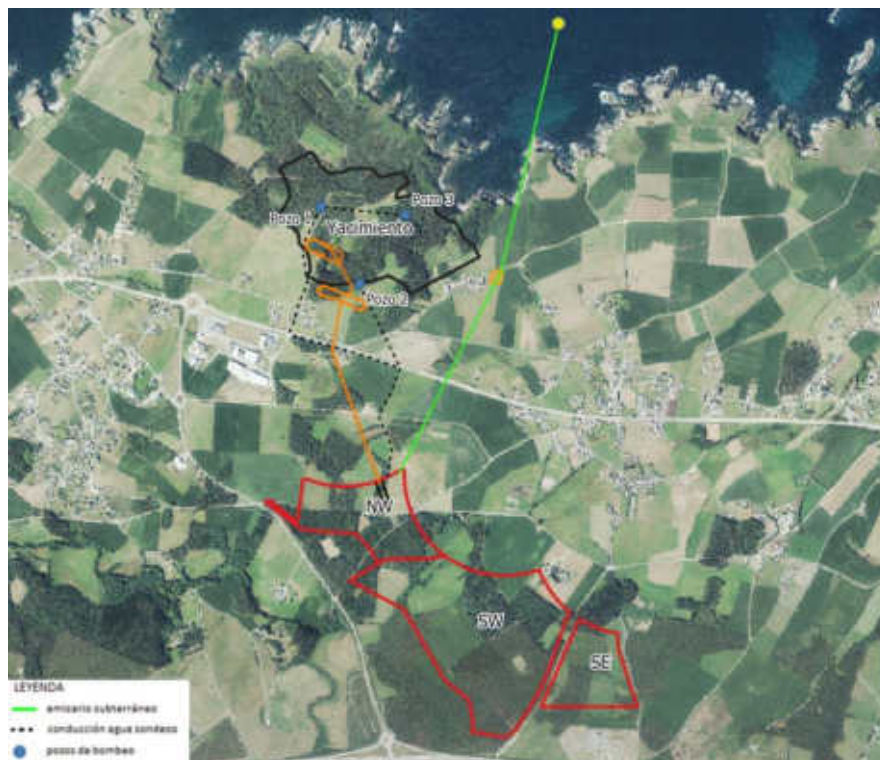


Figura 3.2.- Localización pozos de bombeo y drenaje de aguas.

3.1.1. Selección de bombas

Las características de las bombas seleccionadas que impulsarán el agua para su descarga al mar vienen reflejadas en la siguiente tabla y en el apéndice IIIB - 1 a este documento, se puede encontrar la ficha técnica.

TABLA 3.3.- CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS			
	Bomba	Marca	Características
Pozo 1	NR250A/A20	BOHISA-SAER	10" /170 kW-230 HP
Pozo 2	RP201-X/26 (70CV)	BOHISA-SAER	10" /132 kW-180 HP
Pozo 3	NR250A/A22	BOHISA-SAER	10" / 185 kW-250 HP

En la figura siguiente se puede ver un esquema general acotado de las bombas y en la tabla siguiente las dimensiones de cada bomba seleccionada.

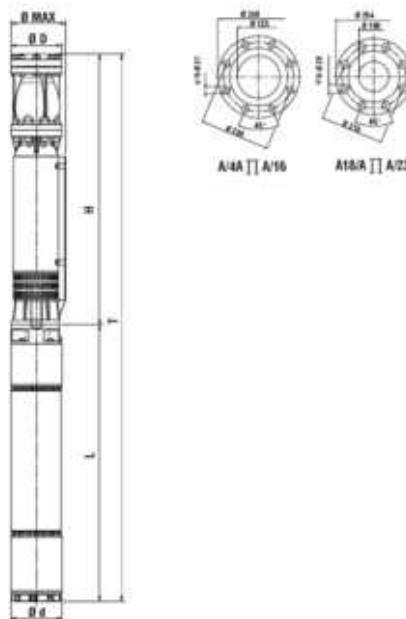


Figura 3.3.-Esquema general de las bombas.

TABLA 3.4.- CARACTERÍSTICAS DE LAS BOMBAS						
Tipo	T	H	L	Ø Max	Ø D	Ø d
T y H	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	"G	(mm)
NR250A/A20	4260	2640	1800	264	5"	236
RP201-X/26 (70CV)	3473	2408	1065	198	3"	193
NR250A/A22	4690	2780	1910	264	5"	236

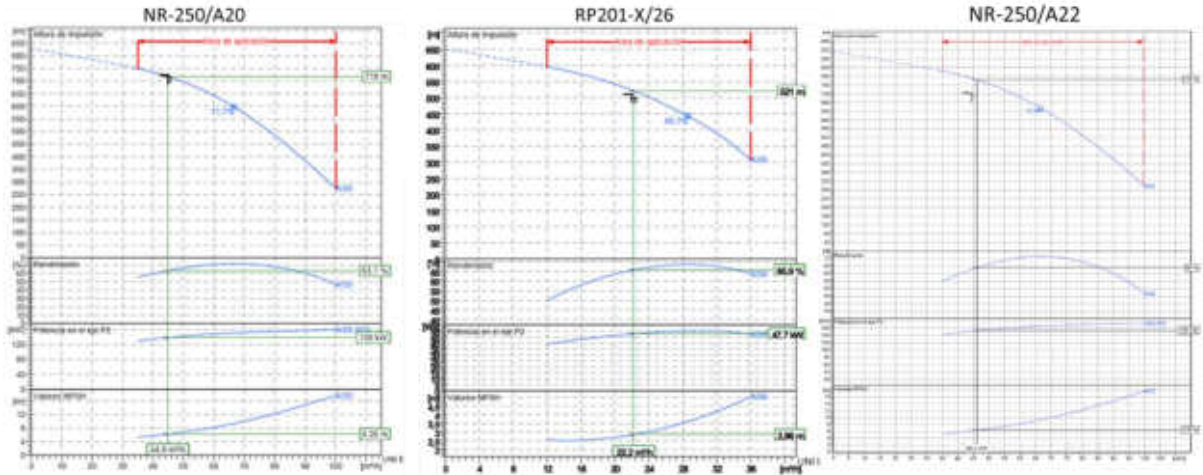


Figura 3.4.-Curvas de rendimiento de las bombas.

3.1.2. Calidad esperable de las aguas de depresión del freático

Se han realizado varios estudios, espaciados en el tiempo, para conocer la calidad de las aguas subterráneas en la zona minera. En el presente apartado se pretende determinar la calidad de las aguas esperable en la extracción realizada desde los sondeos de rebaje y comprobar su compatibilidad con el vertido en el medio marino.

Dentro de la zona de las lagunas de Silva, también conocidas como las lagunas de Salave, una zona que históricamente (desde época romana) ha sido importante para la minería, se encuentran una serie de sondeos abandonados, realizados para las distintas prospecciones realizadas a lo largo de los años en la zona. Existe uno de ellos, codificado como L0201 (X:668.344, Y:4.825.859, huso 29, UTM ETRS89), aún accesible y en condiciones óptimas para la realización de muestreos y para la medición de niveles de agua.

La Universidad de Oviedo ha realizado, en junio de 2020 y de 2021, una toma de muestras de agua para proceder a su análisis. Del mismo modo, se han rescatado los análisis (realizados por el laboratorio AGQ) de una muestra de

agua extraída de ese mismo sondeo en mayo de 2013, con el fin de poder realizar una comparativa de la evolución de esas aguas respecto a los resultados obtenidos en los análisis actuales. Estos resultados quedan recogidos en la siguiente TABLA 3.5.

TABLA 3.5.- CONCENTRACIÓN QUE PRESENTARÁ EL VERTIDO AL MAR SI ESTÁ FORMADO POR EL AGUA EXTRAÍDA DE LOS SONDEOS						
Parámetros en agua	Sondeo L0201 Junio 2021	Sondeo L0201 Junio 2020	Sondeo L0201 Mayo 2013	Concentración tras la dilución inicial Sondeo L0201 Mayo 2013		Valor máximo establecido por la Norma de Calidad Ambiental RD 817/2015
				Min. (1:47)	Max. (1:1400)	
Antimonio Total (µg/l)	0,03	<10	0,2	0,004	0,000	No aplica
Arsénico Total (µg/l)	1,18	<5	9,6	0,204	0,007	25
Cadmio Total (µg/l)	0,0025		0,9	0,019	0,001	0,2
Calcio (mg/l)	2,75	2,99	12	0,255	0,009	No aplica
COT (mg/l)			2,3	0,049	0,002	No aplica
Cianuro Total (mg/l)			0	0,000	0,000	No aplica
Cloruros (mg/l)		23	47,7	1,015	0,034	No aplica
Cobalto total (µg/l)	0,08		14,4	0,306	0,010	No aplica
Cobre Total (µg/l)	0,9		16,6	0,353	0,012	25
Conductividad eléctrica (µS/cm a 25°C)		155	302,5	6,436	0,216	No aplica
Cromo Total (µg/l)	0,25		1,1	0,023	0,001	No aplica
DQO (mg/l)			9	0,191	0,006	No aplica
Estaño total (µg/l)	0,09		0	0,000	0,000	No aplica
Fluoruros (mg/l)			0	0,000	0,000	No aplica
Hierro total (µg/l)	2,31	3,5	5	0,106	0,004	No aplica
Magnesio (mg/l)	5,52	5,36	11,6	0,247	0,008	No aplica
Manganeso total (µg/l)	200	387	94,1	8,234	0,276	No aplica
Molibdeno total (µg/l)	4,06	2,3	2,8	0,086	0,003	No aplica
Níquel total (µg/l)	0,5		1,1	0,023	0,001	20
Plata total (µg/l)	0,011		0,2	0,004	0,000	No aplica
Plomo total (µg/l)	0,35	<5	3,9	0,083	0,003	7,2
Potasio (mg/l)	0,79	0,65	1	0,021	0,001	No aplica
Selenio total (µg/l)	0,025	<10	1,3	0,028	0,001	10
Silicio (mg/l)	2,33		13,8	0,294	0,010	No aplica
Sodio (mg/l)	25,9	25,2	35,9	0,764	0,026	No aplica
Sulfatos (mg/l)		9,32	8,9	0,189	0,006	No aplica
Sulfitos (mg/l)			0,5	0,011	0,000	No aplica
Zinc Total (µg/l)	2,1		80,3	1,709	0,057	60

Las concentraciones del efluente se han comparado con las concentraciones límite de las normas de calidad ambiental (NCA) del Real Decreto 817/2015, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado

de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental, en las masas de agua superficiales no continentales (categoría "Otras aguas superficiales"). En este Real Decreto, en el Anexo IV se detallan las NCA para las sustancias prioritarias y otros contaminantes, entre los cuales se hallan el cadmio, el níquel, el plomo y el selenio, mientras que en el Anexo V constan las NCA para sustancias preferentes (arsénico, cobre, zinc). El resto de las sustancias analizadas en el efluente no están reguladas por esta normativa.

Teniendo en cuenta que las concentraciones analizadas sufrirán una dilución en continuo, tal y como indica el informe del IH Cantabria *Análisis ambiental y estudios de detalle complementarios para un emisario submarino en Tapia de Casarego, ene-2019*, presentado como parte del Anexo IX, se ha estudiado esa dilución para las concentraciones más elevadas de cada elemento entre las tres muestras analizadas. Consecuentemente la dilución inicial de un vertido al medio marino, en las condiciones propuestas, presenta un valor mínimo de 47 (reducción de la concentración del vertido de 47 veces su valor), situándose del lado de la seguridad, de acuerdo con resultados obtenidos en estudios con efluentes y características del sistema de vertido similares. Al entrar en contacto con el medio marino, se dan procesos de dilución que pueden llegar a reducir la concentración del vertido hasta un máximo de 1.400 veces, según el citado informe.

Debido a la citada dilución, se puede concluir que los resultados de la modelización corroboran el cumplimiento de las NCA para todos los parámetros contaminantes, por lo que no se prevé necesario su tratamiento, pero se realizará un control periódico de su calidad, para confirmar que esas calidades se mantienen en el tiempo. En el caso contrario, se realizará un tratamiento previo para que su vertido sea viable.

Dada su buena aptitud, esta agua se considera igualmente apta para su reutilización en las operaciones de laboreo, cuando sea necesario.

3.2. AGUAS RESULTANTES DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA RAMPA DE ACCESO A LA MINERALIZACIÓN

Se trata del agua que llegará a la zona de apertura de la rampa de acceso a la mineralización por infiltración del agua de lluvia (estimada escasa, en menos de 1 l/s) y de la utilizada para la propia operación de apertura de la galería (maquinaria y riego).

TABLA 3.6.- REQUERIMIENTOS DE AGUA. FASE DE CONSTRUCCIÓN						
Equipo	Modelo	Uds.	Consumo /ud. (l/s)	Consumo Max. (l/s)	Uso total (disp. y utilización)	Consumo medio (l/s)
Jumbos	Boomer M2C22	2	3,2	6,4	50%	3,20
Taladro producción	Simba M6C	0	3,6	0	15%	0,00
ITH	Cubex – Aries ITH	0	5,1	0	30%	0,00
Grouting/cabo It	Cabletec LC BL17066	1	2	2	15%	0,30
Rockbolter	Boltec MC	0	1,7	0	51%	0,00
Sprays Polvo	Nozzle sprays	1	0,7	0,7	20%	0,14
Aspersión cámaras	Nozzle sprays	0	0,7	0	40%	0,00
Exploración/CL	LM 90 Rig	1	3,5	3,5	20%	0,70
Subtotal		5		12,6		4,34
Pérdidas	15,00%			1,89		0,65
Total				14,49		4,99

Su caudal de generación se espera que sea, aproximadamente, de unos 5 l/s. Este caudal será dirigido hacia la balsa de decantación situada en la zona Noroeste, y tras realizar la decantación continuará su proceso hasta la planta de tratamiento, desde la cual será enviado a la balsa de almacenamiento ubicada en esa misma zona (balsa 2).

3.2.1. Calidad esperable de las aguas generadas durante la construcción de la rampa

Las aguas generadas durante la construcción de la galería, se espera que tengan una composición similar o incluso que su calidad sea mejor (menor concentración en metales) que aquellas que se extraigan de la propia operación minera, ya que, pese a que se generan por los mismos mecanismos, la apertura de la rampa no atraviesa zonas mineralizadas como ocurre dentro del yacimiento.

Se trata de una sola galería que se va avanzando hasta llegar a la mineralización. Se utiliza menor número de maquinaria

Por este motivo, se espera que las aguas puedan contener sólidos en suspensión e incluso restos de hidrocarburos por su contacto con la maquinaria. Debido a la similitud con las aguas de operación minera, su tratamiento y gestión será el mismo que el que éstas reciban.

3.3. AGUAS DE OPERACIÓN MINERA (CONTACTO)

Las aguas de drenaje del interior de la mina (aguas de contacto) estarán formadas por las aguas que llegarán a los propios huecos mineros por infiltración de agua de lluvia (estimada en < 1 l/s, debido a la baja permeabilidad del macizo superior) y la necesaria para la propia operación minera (debida al uso de jumbos, taladros, equipos de grouting, equipos de aspersión, etc.), como ya se ha indicado en la fase anterior.

A continuación, se muestran las tablas que recogen los requerimientos de agua que presenta la citada maquinaria tanto para la fase de construcción (labores preparatorias), como para la fase de explotación.

TABLA 3.7.- REQUERIMIENTOS DE AGUA. FASE DE EXPLOTACIÓN

Equipo	Modelo	Uds.	Consumo/ud. (l/s)	Consumo Max. (l/s)	Uso total (disp. y utilización)	Consumo medio (l/s)
Jumbos	Boomer M2C22	2	3,2	6,4	34%	2,18
Taladro producción	Simba M6C	1	3,6	3,6	15%	0,54
ITH	Cubex - Aries ITH	1	5,1	5,1	30%	1,53
Grouting/cabo It	Cabletec LC BL17066	2	2	4	15%	0,60
Rockbolter	Boltec MC	1	1,7	1,7	51%	0,87
Sprays Polvo	Nozzle sprays	3	0,7	2,1	50%	1,05
Aspersión cámaras	Nozzle sprays	5	0,7	3,5	40%	1,40
Exploración/CL	LM 90 Rig	1	3,5	3,5	60%	2,10
Subtotal		16		29,9		10,26
Pérdidas	15,00%			4,49		1,54
Total				34,39		11,80

La alimentación de estas aguas procederá de la almacenada en las balsas al efecto.

Una vez dirigidas a la explotación subterránea, estarán en contacto con polvo generado por la propia perforación u otros trabajos de la propia explotación minera y con las paredes de los huecos mineros, ubicados, a diferencia de la rampa, en zonas mineralizadas, etc. Por todo esto, es probable que incrementen su contenido en sólidos en suspensión, aceites, grasas y elemento disueltos, como ocurría con las aguas implicadas en la construcción de la rampa (pese a que éstas no están en contacto directo con zonas mineralizadas).

Por este motivo, esta agua deberá ser recogida y controlada durante los trabajos mineros, monitorizando su calidad y realizándose el tratamiento necesario de forma previa a su entrada en las balsas de almacenamiento (decantación y tratamiento), pues de ahí podrán volver ser utilizadas para la maquinaria de explotación o para otros fines.

El caudal medio de estas aguas para esta fase ha sido estimado en base a los requerimientos (tipo y número de equipos) en 12 l/s.

3.3.1. Calidad esperable de las aguas de drenaje interior de mina

En estudios anteriores realizados por Exploraciones Mineras del Cantábrico (EMC) para la explotación subterránea se realizó una modelización con el fin de obtener unos parámetros de calidad de las aguas esperables asociadas a la operación minera.

Estas aguas serán tratadas adecuadamente para permitir su reutilización en la operación minera. No obstante, con el fin de dotar de mayor flexibilidad y seguridad a la gestión de las aguas, se ha contrastado la calidad esperable del agua con los requerimientos de descarga en el mar a través del emisario y su sistema de dilución según se ha explicado con anterioridad.

Los valores determinados por el citado modelo hidroquímico se muestran en la siguiente tabla, sobre los cuales, paralelamente, se han valorado sus concentraciones de descarga en las cabezas difusoras del emisario una vez aplicados los coeficientes de dilución ya calculados. En este caso, y aplicando los valores de dilución esperables para la descarga del emisario al mar (mín: 47 y máx: 1.400), tal y como se ha aplicado para la descarga de las aguas de rebaje del nivel freático al medio marino (punto 3.1.2), se espera que las concentraciones en el medio queden por debajo de los valores máximos establecidos por la Norma de Calidad Ambiental con márgenes notables de seguridad. Por este motivo, su posible descarga en el mar requeriría un mínimo tratamiento para eliminar sólidos, grasas o hidrocarburos que pudieran haberse incorporado al agua durante las labores de explotación. Además, se podrá incorporar una planta de respaldo con capacidad de reducir la concentración de elementos con especial relevancia como el arsénico, si fuera necesario. De todos modos, las concentraciones estimadas permiten con márgenes amplios considerar su descarga al mar en condiciones de

inocuidad y respetando los límites reglamentarios de las Normas de Calidad Ambiental del medio marino.

TABLA 3.8.- RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL AGUA PROCEDENTE DE LA MINA					
Parámetro	Unidades	Desagüe - operación de mina	Concentración tras la dilución inicial		Valor máximo establecido por la Norma de Calidad
			Min, (1:47)	Max, (1:1400)	
Sulfatos	mg/L	73,6	1,57	0,05	No aplica
pH		Neutro			
Aluminio	mg/L	0,0202	0,0004	1,44E-05	
Antimonio	µg/L	85,1	1,81	0,061	No aplica
Arsénico	µg/L	381	8,11	0,272	25
Cadmio	µg/L	0,2	0,0042	0,00014	0,2
Cobalto	µg/L	5	0,11	0,0036	No aplica
Cobre	µg/L	25,5	0,54	0,0182	25
Cromo	µg/L	129	2,74	0,0921	No aplica
Hierro	µg/L	2080	44,26	1,49	No aplica
Manganeso	µg/L	677	14,4	0,48	No aplica
Mercurio	mg/L	0,0002	4,26E-06	1,42E-07	No aplica
Molibdeno	µg/L	10,7	0,23	0,0076	No aplica
Níquel	µg/L	0,9	0,019	0,00064	20
Plata	µg/L	6,14	0,13	0,0044	No aplica
Plomo	µg/L	1	0,021	0,00071	7,2
Selenio	µg/L	1	0,021	0,00071	10
Talio	mg/L	0,0003	6,38E-06	2,14E-07	No aplica
Zinc	µg/L	145	3,09	0,1036	60

3.4. AGUAS DE PROCESO (FLOTACIÓN)

Se trata de aquellas aguas que se utilizan en la planta de concentración (proceso) y que serán periódicamente dirigidas a las balsas de regulación / aireación (balsas de soporte), desde las que se recirculan a la planta de nuevo.

Como se ha comentado anteriormente, al inicio de la fase de explotación, se realizará un llenado del circuito del proceso, con agua de diferente procedencia almacenada en las balsas al efecto.

Durante su funcionamiento, el circuito cerrado entre la planta y el depósito de estériles está expuesto a las condiciones climatológicas y sufre pérdidas por humedad propia del concentrado y estériles y especialmente por evaporación que eventualmente requieran de compensación de agua normalmente procedente de la almacenada en las balsas al efecto.

3.4.1. Calidad esperable de las aguas de proceso

El proceso de separación de los sulfuros y su ganga se lleva a cabo en etapas de molienda y flotación en vía húmeda. El agua utilizada en ellas, o agua de proceso, está sometida a intensos mecanismos de agitación y aireación que favorecen en gran medida la incorporación de elementos disueltos, y su movilidad.

Por este motivo las aguas implicadas en el proceso son las que presentarán una calidad más baja, por su contenido en elementos disueltos. No será vertida ni descargada fuera de su circuito de funcionamiento. Su caudal está estimado, tras las pruebas de flotación, entre 3 y 4 l/s. La planta de proceso está construida dentro de una cubeta impermeable de hormigón con capacidad para contener toda la masa circulante en cada momento.

A lo largo del tiempo se han realizado diversas pruebas piloto de flotación de la mineralización de Salave, con el fin de determinar con suficiente precisión, los parámetros óptimos a utilizar, sus rendimientos y la calidad del concentrado obtenido. En algunos casos se ha analizado también la calidad de las aguas utilizadas en las pruebas.

Se ha tomado como referencia para establecer la calidad del agua de proceso, ensayos realizados por los Laboratorios AGQ en Sevilla (apéndice IIIB - 2), sobre mineralizaciones de diferentes zonas representativas de Salave que permitan dar rangos de variación de la calidad esperable de estas.

Se realizó un filtrado a presión y se recolectaron muestras de agua para su análisis, aunque es de reseñar que la metodología de deposición de los estériles propuesta adicionando cal y cemento y restringiendo las zonas de deposición, permite asegurar una mínima retención de líquido en la masa de estériles que con cierta rapidez se inactiva, solidifica e impermeabiliza.

Los resultados del análisis de las muestras de agua de proceso resultantes se muestran en la siguiente tabla.

TABLA 3.9.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE PROCESO DE FLOTACIÓN			
		Muestra 1 de Agua de Flotación de la zona superior	Muestra 2 de Agua de Flotación de la zona inferior
		Agua Flot Composite 1 A-13/11082	Agua Flot Composite 1 A-13/11083
Sb total	µg/l	432	124
As total	µg/l	334	407
Cd total	µg/l	0,6	0,7
Ca	mg/l	51,2	40,6
TOC	mg/l	4,9	3,4
Cianuro total	mg/l	0	0
Cl	mg/l	60,8	56,4
Co total	µg/l	9,7	14
Cu total	µg/l	16,1	17,7
EC	µS/cm(25°C)	614	493
Cr total	µg/l	6,8	8,2
COD	mg/l	72	68
Sn total	µg/l	1	0,4
F	mg/l	0,3	0,2
Fe total	µg/l	303	356
Mg	mg/l	17,7	15
Mn total	µg/l	110,7	100,2
Mo total	µg/l	16	16
Ni total	µg/l	3,7	3,9
Ag total	µg/l	0,9	0,9
Pb total	µg/l	3,1	5,7
K	mg/l	13,4	11,4

TABLA 3.9.- RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA DE PROCESO DE FLOTACIÓN			
		Muestra 1 de Agua de Flotación de la zona superior	Muestra 2 de Agua de Flotación de la zona inferior
		Agua Flot Composite 1 A-13/11082	Agua Flot Composite 1 A-13/11083
Se total	µg/l	2,5	0,5
Si	mg/l	14	13,2
Na	mg/l	46,3	46,9
SO₄	mg/l	166,7	53,1
Sulfitos	mg/l	1	0,5
Zn total	µg/l	131,1	129,9

Como se ha indicado, estas aguas van a circular en circuito cerrado y las pérdidas que se produzcan principalmente por evaporación será repuestas por agua de diferente procedencia. No se producirá ninguna descarga o vertido fuera de su circuito de funcionamiento.

En cualquier caso, si a las concentraciones esperables de estas aguas se les aplicasen los criterios de dilución calculados para su descarga al mar (mín: 47 y máx: 1.400), del mismo modo que se valoró anteriormente para otras calidades de agua implicadas en el proyecto, las concentraciones esperables en el medio quedarían por debajo de los valores máximos establecidos por la Norma de Calidad Ambiental.

3.5. AGUAS DE ESCORRENTÍA INTERNA (CONTACTO)

Se consideran aguas de escorrentía de contacto, el agua procedente de la lluvia que se deposita en las escombreras, instalaciones mineras y pistas de transporte.

Durante la fase de labores preparatorias se comenzará a construir toda la infraestructura necesaria para el funcionamiento de la instalación y con ella, la red de drenaje y gestión de aguas de la misma, con las dimensiones suficientes para recoger la escorrentía superficial que se pueda producir en ellas.

El agua de escorrentía procedente de las cuencas internas del área de actuación, escombreras, pistas, instalaciones y del depósito de estériles será evacuada mediante una red de cunetas y canales perimetrales, y desviada hacia las balsas de decantación correspondientes, de manera previa a su vertido en las balsas de almacenamiento.

Los canales de desvío estarán contruidos con la cota y pendiente necesarias y suficientes para asegurar la evacuación de las aguas de escorrentía por gravedad y en el caso que no sea posible, se realizará mediante bombeos.

La siguiente figura muestra el diagrama de la gestión de las aguas de escorrentía interna (contacto).

- El agua procedente de la escombrera NW y de la zona de instalaciones (sector NW), será recogida en la red de cunetas diseñadas y se dirigirá a la balsa de decantación 2, donde una vez que se haya realizado el proceso de decantación, pasará por la planta de tratamiento, para eliminar cualquier posible residuo de hidrocarburos que quede en ellas y de ahí, a la balsa de almacenamiento 2.
- El agua procedente de las escombreras SW y SE, del depósito de estériles de flotación y de otras zonas de contacto, realizará un proceso similar al anterior, pero en la zona SE. Estas aguas se dirigirán a la balsa de decantación 1 y posteriormente, tras ser tratadas en la planta, se derivarán a la balsa de almacenamiento 1.

Zona NW



Zonas SW y SE

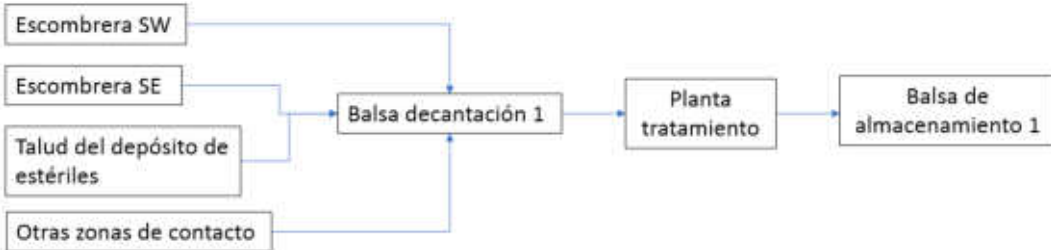


Figura 3.5.- Esquema gestión del agua de escorrentía de contacto.

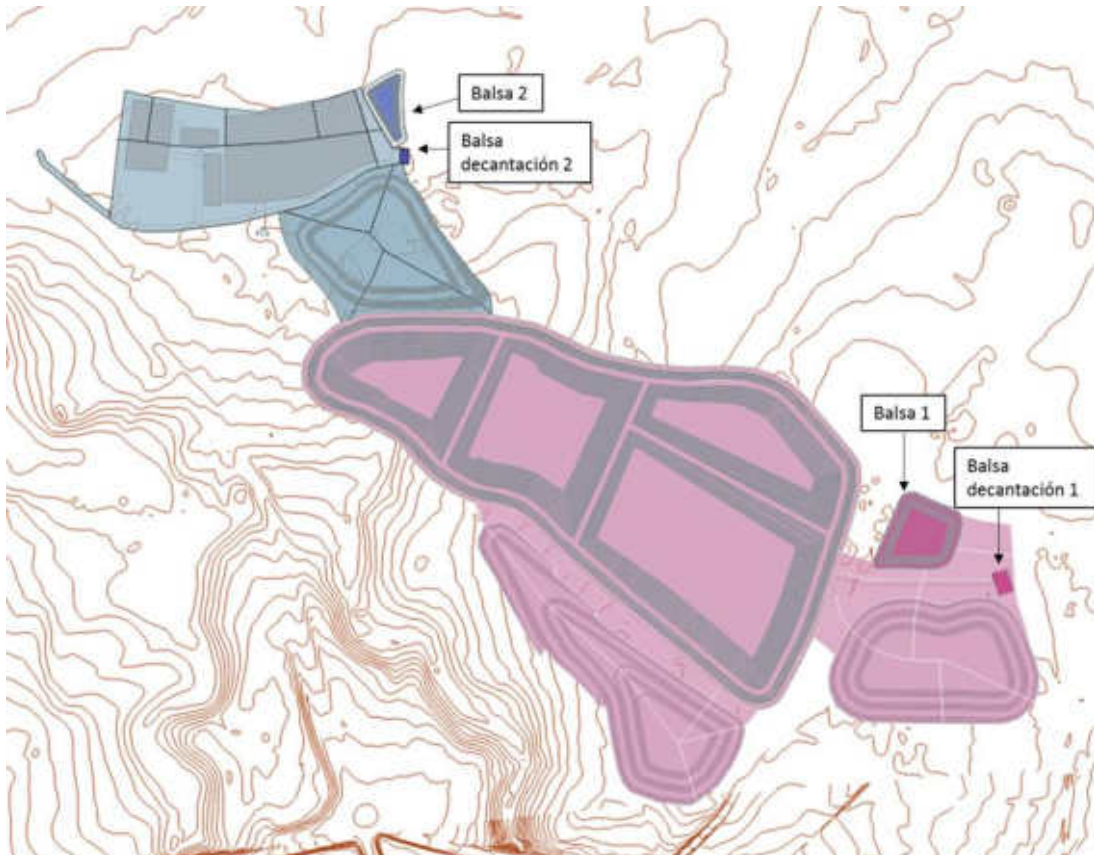


Figura 3.6.- Zonas de recepción de escorrentía interna por parte de las balsas (la balsa 1 recibe la escorrentía de la superficie marcada en morado y la balsa 2 recibe la de la superficie marcada en azul).

Para el cálculo de las dimensiones de la red de drenaje necesaria para la efectiva recogida de las aguas, ha sido necesaria la realización de un estudio previo de delimitación y análisis de las subcuencas de proyecto, con el fin de poder calcular caudales de agua de escorrentía esperable. A continuación, se desarrolla todo este método.

3.5.1. Delimitación de las subcuencas

En este apartado se han diseñado las subcuencas de proyecto, considerando para ello las características físicas del terreno durante el desarrollo del mismo, para poder calcular posteriormente el caudal de escorrentía que se podría recibir y recoger dentro de la zona de instalaciones, evitando sobrecargas y pérdidas indeseables de agua, asegurando una gestión adecuada.

Para ello se ha dividido las zonas de estudio en 7 subzonas o subcuencas, las cuales se muestran a continuación. Se trata de las siguientes zonas:

- Escombrera de estériles de mina (NW) (Figura 3.7)
- Escombrera de material de excavación SW (Figura 3.8)
- Escombrera de material de excavación SE (Figura 3.9)
- Depósito de estériles de flotación (Figura 3.10)
- Zona de instalaciones (Figura 3.11)
- Otras zonas de contacto (Figura 3.12)



Figura 3.7.- Subcuencas aguas de contacto en escombrera de estériles de mina NW



Figura 3.8.- Subcuencas de las aguas de contacto en escombrera de material de excavación SW



Figura 3.9.- Subcuencas de las aguas de contacto en escombrera de material de excavación SE

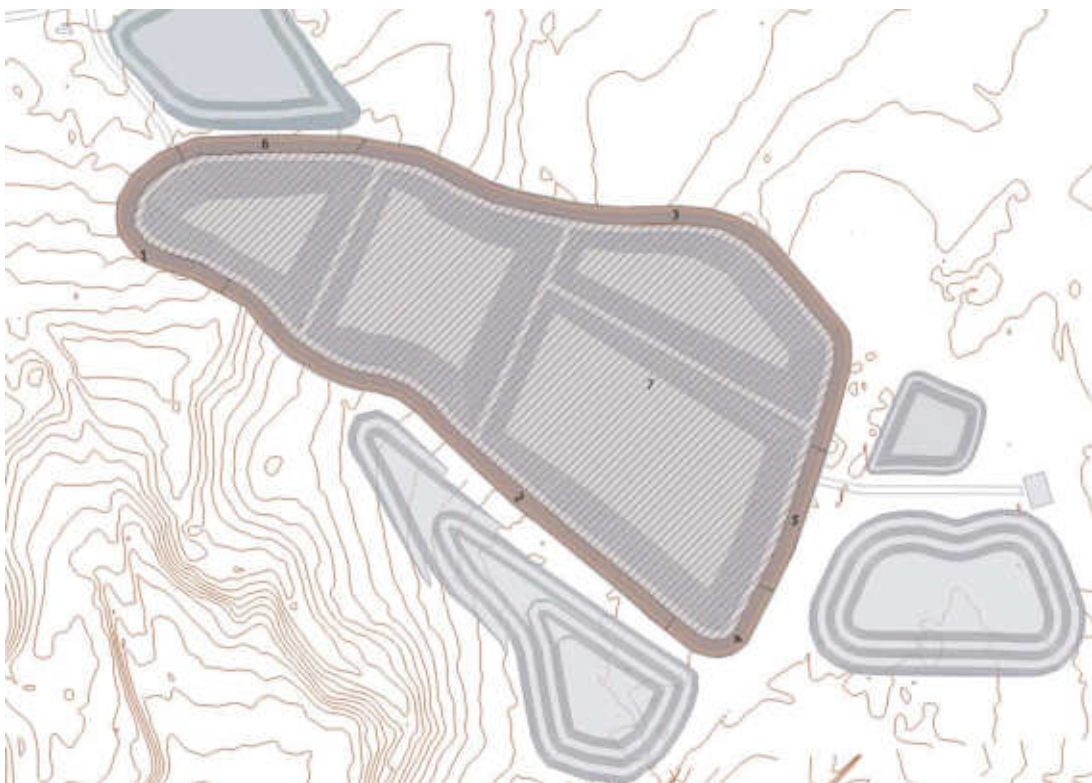


Figura 3.10.- Subcuencas de las aguas de contacto en depósito de estériles



Figura 3.11.- Subcuencas aguas de contacto en instalaciones

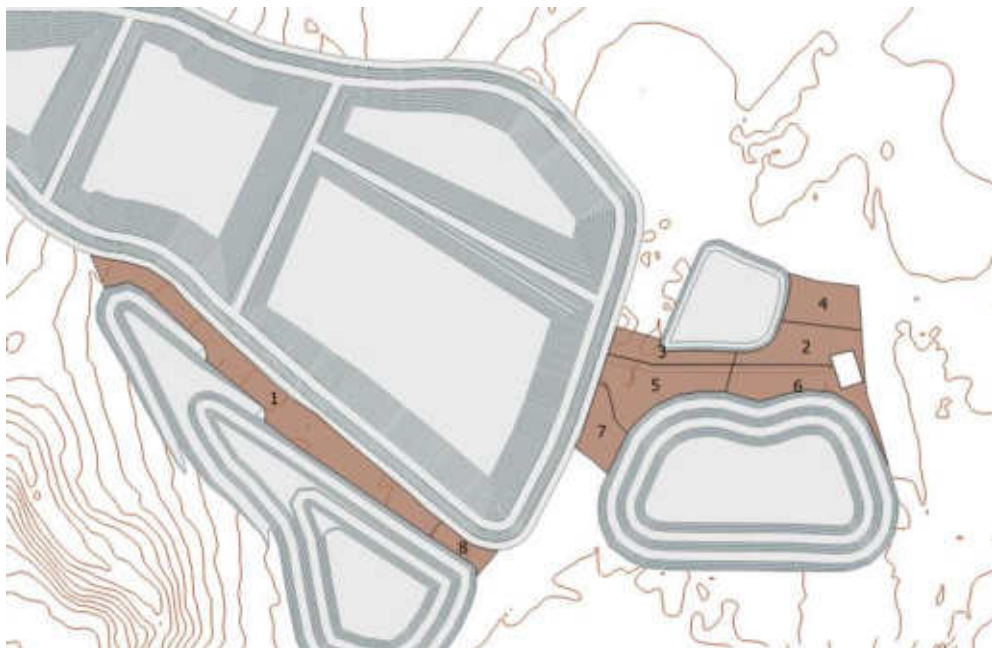


Figura 3.12.- Subcuencas aguas de contacto en otras zonas de contacto

3.5.2. Cálculo de caudales. Método racional

Para el cálculo de los caudales de referencia se sigue el Método Racional, descrito en la Instrucción de Carreteras, Norma 5.2-IC/2.016.

El método supone la generación de escorrentía en una determinada cuenca a partir de una intensidad de precipitación uniforme en el tiempo sobre toda su superficie.

El caudal máximo anual Q_T correspondiente a un periodo de retorno T se calcula mediante la fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

Siendo:

Q_T : Caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno T , en el punto de desagüe de la cuenca; en m^3/s .

$I(T, t_c)$: Intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado T , para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración; en mm/h .

C : Coeficiente medio de escorrentía de la cuenca o superficie considerada.

A : Área de la cuenca o superficie considerada; en km^2 .

K_t : Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

La intensidad de precipitación $I(T, t)$ correspondiente a un período de retorno T , y a una duración del aguacero t , a emplear en la estimación de caudales por el Método Racional, se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$I(T, t) = I_d \cdot F_{int}$$

Siendo:

$I(T, t)$: Intensidad de precipitación correspondiente a un período de retorno T y a una duración del aguacero t ; en mm/h.

I_d : Intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente al período de retorno T ; en mm/h.

F_{int} : Factor de intensidad.

La intensidad de precipitación a considerar en el cálculo del caudal máximo anual para el período de retorno T , en el punto de desagüe de la cuenca, Q_T , es la que corresponde a una duración del aguacero igual al tiempo de concentración ($t = t_c$) de dicha cuenca.

La intensidad media diaria de precipitación corregida correspondiente a un determinado periodo de retorno T se obtiene mediante la fórmula:

$$I_d = \frac{P_d \cdot K_A}{24}$$

Donde:

I_d : Intensidad media diaria de precipitación corregida del periodo de retorno T .

P_d : Precipitación diaria correspondiente al periodo T , en mm.

K_A : Factor reductor de la precipitación por periodo reductor de la cuenca.

El periodo de retorno es el periodo de tiempo expresado en años para el cual el caudal máximo anual tienen una probabilidad de ser excedido igual a $1/T$. La probabilidad de que en un año se produzca un caudal máximo (Q) superior al de periodo de retorno T (Q_T), viene dada por la expresión:

$$p(Q > Q_T) = \frac{1}{T}$$

En este estudio se considerará el periodo para 100 años ya que las instalaciones de los residuos mineros han sido categorizadas como no A.

El cálculo de la máxima precipitación diaria (P_d) se hace a partir de los datos diarios de precipitación facilitados por la AEMET para la estación de Ribadeo-Vilaframil, se han calculado los valores máximos anuales en el periodo 1994-2020 mediante el ajuste de Gumbel. Los resultados de precipitación diaria P_d para un periodo de 100 años es de 131,3 mm/d.

El factor reductor de la precipitación por área de la cuenca K_A tiene en cuenta la no simultaneidad de la lluvia en toda su superficie, y su valor es:

$$\text{Si } A < 1 \text{ km}^2 \quad K_A = 1$$

$$\text{Si } A \geq 1 \text{ km}^2 \quad K_A = 1 - \frac{\log_{10} A}{15}$$

Siendo que todas las cuencas definidas son de superficie inferior a 1 km², el valor de la intensidad media diaria (I_d) de precipitación corregida es:

TABLA 3.10.- VALORES DE I_d SEGÚN LOS PERÍODOS DE RETORNO CONSIDERADOS.	
T (años)	I_d (mm/h)
100	5,471

El factor de intensidad introduce la torrencialidad de la lluvia en el área de estudio que, en este caso corresponde a la expresión:

$$F_{int} = F_a = \left(\frac{I_1}{I_d} \right)^{3,5287 - 2,5287 \cdot t^{0,1}}$$

Siendo:

F_a : el factor obtenido a partir del índice de torrencialidad (I_1/I_d).

I_1/I_d : Índice de torrencialidad que expresa la relación entre la intensidad de precipitación horaria y la media diaria corregida. Su valor se determina en función de la zona geográfica, a partir del siguiente mapa:

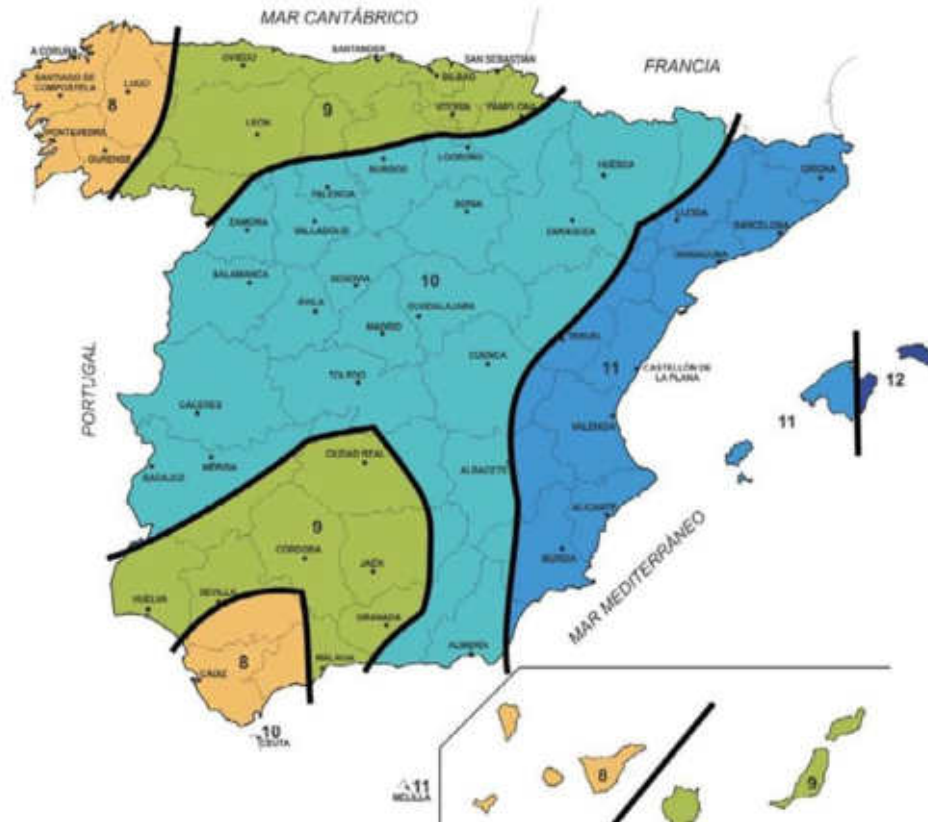


Figura 3.13.- Valor de la ratio I_1/I_d o índice de torrencialidad (norma 5.2-IC).

De acuerdo con el mapa, en la zona objeto de estudio, el índice de torrencialidad I_1/I_d corresponde a 9 (Figura 3.13).

El tiempo de concentración es el tiempo mínimo necesario desde el comienzo del aguacero para que toda la superficie de la cuenca esté aportando escorrentía en el punto de desagüe. Se obtiene calculando el tiempo de recorrido más largo desde cualquier punto de la cuenca hasta el punto de desagüe, según:

- Para las cuencas principales, el valor del tiempo de concentración es:

$$t_c = 0,3 \cdot L_c^{0,76} \cdot J_c^{-0,19}$$

Siendo:

t_c : Tiempo de concentración en horas.

L_c : Longitud del cauce en km.

J_c : Pendiente media del cauce, en m/m.

- Sin embargo, si el tiempo de concentración así calculado es inferior a un cuarto de hora ($t_c \leq 0,25$ h), se emplea el tiempo de recorrido en flujo difuso sobre el terreno, calculado según:

$$t_{dif} = 2 \cdot L_{dif}^{0,408} \cdot n_{dif}^{0,312} \cdot J_{dif}^{-0,209}$$

Siendo:

t_{dif} : Tiempo de recorrido en flujo difuso sobre el terreno, en minutos.

n_{dif} : Coeficiente de flujo difuso.

L_{dif} : Longitud de recorrido en flujo difuso, en m.

J_{dif} : Pendiente media, en m/m.

El coeficiente de escorrentía (C), define la proporción de la componente superficial de la precipitación de intensidad I, y depende de la razón entre la precipitación diaria P_d , correspondiente al periodo de retorno y el umbral de escorrentía P_0 a partir del cual se inicia esta. Este umbral de escorrentía es característico de cada cuenca.

El valor de C podrá obtenerse de la fórmula:

$$\text{Si } P_d \cdot K_A > P_0 \quad C = \frac{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} - 1\right) \left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 23\right)}{\left(\frac{P_d \cdot K_A}{P_0} + 11\right)^2}$$

$$\text{Si } P_d \cdot K_A \leq P_0 \quad C = 0$$

Siendo:

C: Coeficiente de escorrentía.

P_d : Precipitación diaria correspondiente al periodo de retorno T considerado, en mm.

K_A : Factor reductor de la precipitación por área de la cuenca.

P_0 : Umbral de escorrentía, en mm.

El umbral de escorrentía representa la precipitación mínima que debe caer sobre la cuenca para que se inicie la generación de escorrentía. Se obtiene por la fórmula:

$$P_0 = P_0^i \cdot \beta$$

Siendo:

P_0^i : Valor inicial del umbral de escorrentía, en mm.

β : Coeficiente reductor del umbral de escorrentía.

- Valor inicial del umbral de escorrentía

Para la determinación de P_0^i se emplea la tabla 2.3 de la norma 5.2-IC/2016, con las hipótesis de entrada de zonas de escombreras y vertederos (código 13200) y zona industrial para las instalaciones (código 12110) y un grupo de suelo tipo B (Infiltración moderada, potencia media y drenaje moderado) tomando un valor de P_0^i igual a 11 y 7 respectivamente.

- Coeficiente corrector del umbral de escorrentía

Supone la calibración del Método Racional con datos reales de las cuencas, realizándose la caracterización a partir de la región en que se ubica la zona de estudio, corrigiendo el valor medio del coeficiente corrector del umbral de escorrentía de esa región con un factor dependiente del periodo de retorno:

$$\beta^{PM} = \beta_m \cdot F_T$$

Siendo:

β^{PM} : Coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

β_m : Valor medio de la región, del coeficiente corrector del umbral de escorrentía.

F_T : Factor función del periodo de retorno T.

La región considerada en la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía es la 12 (Figura 3.14 , marcada en amarillo).



Figura 3.14.- Regiones consideradas para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía (norma 5.2-IC, 2016).

TABLA 3.11.- REGIONES DE LAS CALIBRACIONES REGIONALES DEL COEFICIENTE CORRECTOR DEL UMBRAL DE ESCORRENTÍA (NORMA 5.2-IC).

Región	Valor medio, β_m	Desviación respecto al valor medio para el intervalo de confianza del			Período de retorno T (años), F_T				
		50% Δ_{50}	67% Δ_{67}	90% Δ_{90}	2	5	25	100	500
11	0,90	0,20	0,30	0,50	0,80	0,90	1,13	1,34	1,59
12	0,95	0,20	0,25	0,45	0,75	0,90	1,14	1,33	1,56
13	0,60	0,15	0,25	0,40	0,74	0,90	1,15	1,34	1,55
21	1,20	0,20	0,35	0,55	0,74	0,88	1,18	1,47	1,90
22	1,50	0,15	0,20	0,35	0,74	0,90	1,12	1,27	1,37
23	0,70	0,20	0,35	0,55	0,77	0,89	1,15	1,44	1,82
24	1,10	0,15	0,20	0,35	0,76	0,90	1,14	1,36	1,63
25	0,60	0,15	0,20	0,35	0,82	0,92	1,12	1,29	1,48

El coeficiente corrector del umbral de escorrentía se obtendrá del producto del valor medio de la región del coeficiente corrector del umbral de escorrentía por un factor dependiente del periodo de retorno T .

La falta de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación se resuelve en el Método Racional mediante la incorporación del coeficiente K_t , que se expresa:

$$K_t = 1 + \frac{t_c^{1,25}}{t_c^{1,25} + 14}$$

Siendo:

K_t : Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

T_c : Tiempo de concentración de la cuenca, en horas.

Aplicando el Método Racional se obtiene el caudal que produce la esorrentía de cada cuenca para cada periodo de retorno (caudal de referencia), que se obtenía mediante la fórmula:

$$Q_T = \frac{I(T, t_c) \cdot C \cdot A \cdot K_t}{3,6}$$

Siendo:

Q_T : Caudal máximo anual correspondiente al periodo de retorno T , en el punto de desagüe de la cuenca; en m^3/s .

$I(T, t_c)$: Intensidad de precipitación correspondiente al periodo de retorno considerado T , para una duración del aguacero igual al tiempo de concentración; en mm/h .

C : Coeficiente medio de esorrentía de la cuenca o superficie considerada.

A : Área de la cuenca o superficie considerada; en km^2 .

K_t : Coeficiente de uniformidad en la distribución temporal de la precipitación.

3.5.3. Cálculo de caudales en la zona de explotación

El objetivo de este apartado es calcular los caudales generados en las distintas subcuencas delimitadas (Figura 3.7 - Figura 3.12) con el fin de abordar el diseño y comprobación del drenaje necesario. Los caudales se han calculado siguiendo las instrucciones del Método Racional versión 2016 con las particularidades del apartado 2.3. de la Norma 5.2-IC "Drenaje

Superficial”, aprobada mediante Orden FOM/298/2016, de 15 de febrero y publicada en el jueves 10 de marzo de 2016, en el Boletín Oficial del Estado.

La TABLA 3.12 indica las características físicas de cada zona de escorrentía o subcuenca.

TABLA 3.12.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS SUBCUENCAS					
Zona	Subcuenca	Área (Km²)	Longitud máxima (Km)	Cota máxima (m)	Cota mínima (m)
Escombrera NW	1	0,0069	0,194	61,00	49,74
	2	0,0091	0,173	61,00	54,00
	3	0,0165	0,249	61,00	45,00
	4	0,0042	0,212	61,00	45,00
Escombrera SW	1	0,0262	0,485	79,00	55,00
	2	0,0167	0,451	79,00	55,00
	3	0,0024	0,128	79,00	64,00
	4	0,0054	0,146	79,00	64,00
Escombrera SE	1	0,0167	0,273	79,00	64,44
	2	0,0057	0,140	79,00	64,44
	3	0,0149	0,246	79,00	64,00
	4	0,0075	0,119	79,00	64,00
Depósito de estériles	1	0,0044	0,239	49,74	40,00
	2	0,0109	0,614	66,00	40,00
	3	0,0130	0,714	66,00	45,00
	4	0,0026	0,156	66,00	65,20
	5	0,0029	0,168	66,00	65,20
	6	0,0036	0,195	49,74	45,00
	7	0,1937	0,634	71,00	35,00
Otras zonas de contacto	1	0,0111	0,431	66,00	54,00
	2	0,0037	0,118	65,80	65,00
	3	0,0023	0,135	66,00	65,00
	4	0,0031	0,069	66,00	65,00
	5	0,0050	0,139	66,00	64,44
	6	0,0039	0,106	66,00	64,44
	7	0,0023	0,100	66,00	65,00
	8	0,0012	0,090	66,00	65,50
Instalaciones	1	0,0374	0,257	64,00	53,50
	2	0,0188	0,160	64,00	54,00
	3	0,0024	0,106	54,00	53,50
	4	0,0011	0,137	54,30	51,24

La siguiente tabla muestra los parámetros que se han considerado para calcular la intensidad de precipitación en las distintas zonas del proyecto.

TABLA 3.13.- VALORES DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN				
Zona	Subcuenca	t_c (h)	F_{int}	I(T,t) (mm/h)
				T=100 años
Escombrera NW	1	0,2036	20,38	111,52
	2	0,2095	20,11	110,01
	3	0,2207	19,62	107,33
	4	0,1998	20,57	112,51
Escombrera SW	1	0,3064	16,73	91,51
	2	0,2860	17,30	94,67
	3	0,1484	23,63	129,26
	4	0,1609	22,76	124,51
Escombrera SE	1	0,2382	18,91	103,46
	2	0,1578	22,97	125,65
	3	0,2220	19,56	107,02
	4	0,1418	24,12	131,95
Depósito de estériles	1	0,2387	18,89	103,36
	2	0,3776	15,07	82,46
	3	0,4539	13,73	75,09
	4	0,3093	16,65	91,09
	5	0,3238	16,28	89,05
	6	0,2447	18,67	102,13
	7	0,3659	15,31	83,77
Otras zonas de contacto	1	0,3125	16,57	90,63
	2	0,2604	18,12	99,11
	3	0,2700	17,80	97,37
	4	0,1785	21,69	118,66
	5	0,2505	18,46	100,97
	6	0,2120	20,00	109,41
	7	0,2244	19,46	106,48
	8	0,2430	18,73	102,47
Instalaciones	1	0,1688	22,26	121,78
	2	0,1273	25,34	138,61
	3	0,1846	21,35	116,78
	4	0,1481	23,64	129,35

El coeficiente de escorrentía resultante para cada período de retorno se muestra a continuación:

TABLA 3.14.- VALORES PARÁMETROS ESCORRENTÍA			
Zona	Subcuenca	T=100 años	
		P_o	C
Escombrera NW	1	13,90	0,66
	2	13,90	0,66
	3	13,90	0,66
	4	13,90	0,66
Escombrera SW	1	13,90	0,66
	2	13,90	0,66
	3	13,90	0,66
	4	13,90	0,66
Escombrera SE	1	13,90	0,66
	2	13,90	0,66
	3	13,90	0,66
	4	13,90	0,66
Depósito de estériles	1	13,90	0,66
	2	13,90	0,66
	3	13,90	0,66
	4	13,90	0,66
	5	13,90	0,66
	6	13,90	0,66
	7	13,90	0,66
Otras zonas de contacto	1	13,90	0,66
	2	13,90	0,66
	3	13,90	0,66
	4	13,90	0,66
	5	13,90	0,66
	6	13,90	0,66
	7	13,90	0,66
	8	13,90	0,66
Instalaciones	1	8,85	0,78
	2	8,85	0,78
	3	8,85	0,78
	4	8,85	0,78

Los caudales obtenidos para las subcuencas consideradas para un periodo de retorno de 100 años se muestran a continuación.

TABLA 3.15.-CAUDAL DE REFERENCIA DE LA SUBCUENCA QUE AFECTA A LAS BALSAS PARA EL PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS.				
Zona	Subcuenca	Kt	Q(m³/s)	Q (l/s)
Escombrera NW	1	1,0097	0,141	140,60
	2	1,0100	0,183	183,12
	3	1,0107	0,326	326,33
	4	1,0095	0,088	87,88
Escombrera SW	1	1,0160	0,444	443,90
	2	1,0147	0,291	291,48
	3	1,0065	0,057	56,96
	4	1,0072	0,123	122,89
Escombrera SE	1	1,0117	0,318	317,63
	2	1,0071	0,131	130,84
	3	1,0108	0,294	294,27
	4	1,0062	0,182	181,65
Depósito de estériles	1	1,0118	0,084	84,04
	2	1,0207	0,167	166,90
	3	1,0259	0,182	182,43
	4	1,0162	0,044	44,27
	5	1,0171	0,048	47,74
	6	1,0121	0,067	66,90
	7	1,0199	3,013	3012,88
Otras zonas de contacto	1	1,0164	0,186	186,38
	2	1,0131	0,068	68,29
	3	1,0137	0,041	41,14
	4	1,0082	0,068	68,47
	5	1,0125	0,093	92,68
	6	1,0102	0,079	79,38
	7	1,0109	0,045	45,44
	8	1,0120	0,022	21,81
Instalaciones	1	1,0077	0,999	988,75
	2	1,0054	0,571	570,99
	3	1,0086	0,063	62,52
	4	1,0065	0,031	31,46

3.5.4. Cálculo de la red de drenaje

A partir de los caudales máximos obtenidos que se han calculado en el apartado anterior, se presentan a continuación los cálculos justificativos de las estructuras de la red de drenaje para dichos caudales. Generalmente la sección típica de los canales será una sección trapezoidal de taludes 1V:1H.

Para el cálculo de estas cunetas se han aplicado las siguientes fórmulas:

$$Q = \frac{S}{n} \cdot i^{1/2} \cdot R_H^{2/3}$$

$$R_H = \frac{(b + z \cdot y) \cdot y}{b + 2 \cdot y \cdot \sqrt{1 + z^2}}$$

$$S = (b + z \cdot y) \cdot y$$

Siendo:

Q : Caudal que atraviesa la sección del canal (m^3/s)

S : Sección mojada del canal (m^2)

n : coeficiente de rugosidad de Manning, en este caso 0,013 si tiene revestimiento de hormigón y 0,04 si están excavadas en el terreno.

R_H : radio hidráulico (m)

z : talud, en este caso 1 porque es siempre 1V:1H

b : ancho de la solera del canal (m)

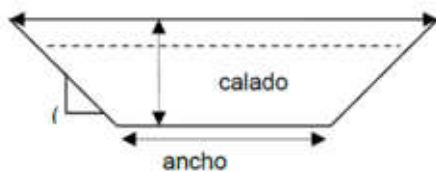
y : calado del canal (m)

i : pendiente del canal (m/m)

El cálculo de las cunetas se llevará a cabo mediante las fórmulas de Manning para el ajuste de las secciones del canal, siendo:

P : perímetro mojado (m)

V : velocidad media en la sección considerada (m/s)



$$v = \frac{1}{n} \cdot i^{1/2} \cdot R_H^{2/3}$$

$$R_H = \frac{(b + z \cdot y) \cdot y}{b + 2 \cdot y \cdot \sqrt{1 + z^2}}$$

$$P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$B = b + 2zy$$

La aplicación en obra de las dimensiones de las cunetas se realizará de modo que las dimensiones nominales finales sean siempre iguales o superiores a las teóricas calculadas.

El sistema general de desagüe de las instalaciones se compone de un conjunto de cunetas que recogen y conducen las escorrentías generadas en las subcuencas de proyecto.

Las siguientes figuras muestran el esquema del sistema de drenaje del proyecto para las aguas de contacto durante y después del proyecto. En la cota más baja de los canales perimetrales se recogen las aguas y son bombeadas a su balsa correspondiente.



Figura 3.15.- Mapa de la red de drenaje de las aguas de contacto en la escombrera de estériles de mina (canales de drenaje en rojo, punto de bombeo en verde).



Figura 3.16.- Mapa de la red de drenaje de las aguas de contacto en la escombrera de material de excavación SW (canales de drenaje en rojo, punto de bombeo en verde).

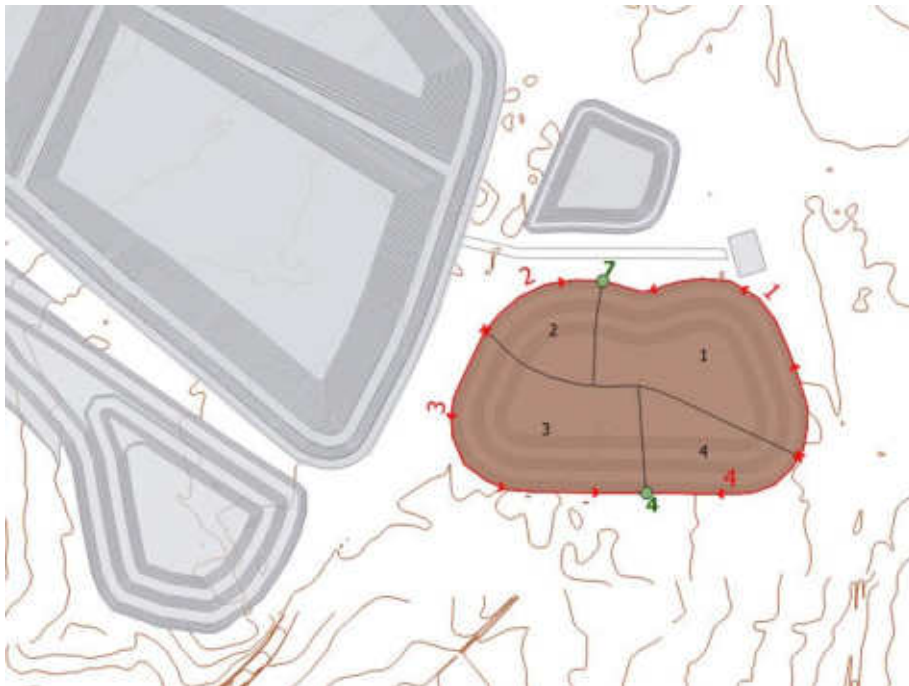


Figura 3.17.- Mapa de la red de drenaje de las aguas de contacto en la escombrera de material de excavación SE (canales de drenaje en rojo, punto de bombeo en verde).



Figura 3.18.- Mapa de la red de drenaje de las aguas de contacto en las instalaciones (canales de drenaje en rojo, punto de bombeo en verde).



Figura 3.19.-Mapa de la red de drenaje de las aguas de contacto en otras zonas de contacto (canales de drenaje en rojo, punto de bombeo en verde).

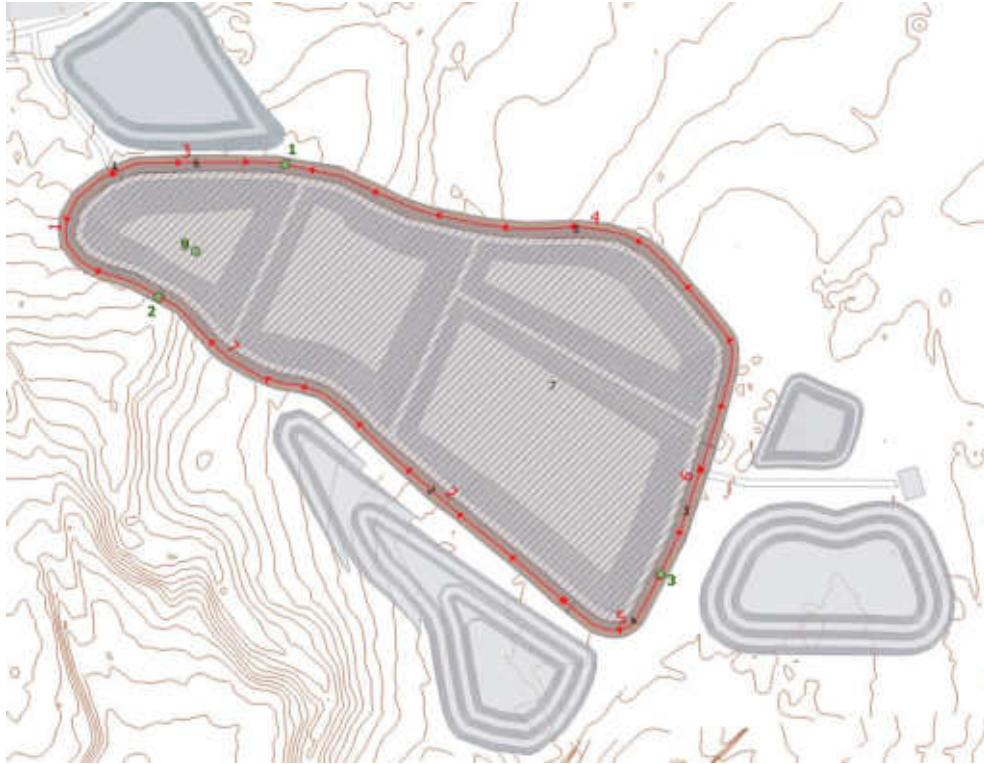


Figura 3.20.- Mapa de la red de drenaje de las aguas de contacto en el depósito de estériles durante la fase de explotación (canales de drenaje en rojo, punto de bombeo en verde).

El subsistema de drenaje en viales y taludes está constituido por toda la red de cunetas de los accesos, pistas y zonas de paso de vehículos. Estará formado por cunetas de sección trapezoidal en el lado interior de las pistas y tuberías bajo pista con arquetas de encuentro para puntos de enlace entre viales, etc.

Estos drenajes se han calculado con el fin de captar y dirigir las aguas de contacto hacia distintas balsas de decantación. El drenaje de las escombreras se llevará a cabo mediante canales perimetrales contruidos sobre material prefabricado u hormigonado que evacuará las aguas de escorrentía procedentes de las distintas subcuencas implicadas y estas aguas de contacto serán conducidas a sus respectivas balsas de decantación. El drenaje en las pistas de la zona de instalaciones y los de las propias instalaciones serán excavados y hormigonados; en el drenaje del resto de pistas, instalaciones y de los canales situados en la zona del depósito de estériles se lleva a cabo

mediante canales perimetrales excavados en la tierra con y sin vegetación, o, si fuese necesario, excavados y hormigonados. Estos canales desembocarán en distintos puntos de bombeo donde se bombeará el agua y se dirigirá a la balsa de decantación correspondiente. La siguiente figura muestra los 11 puntos de bombeo que se encuentran en las zonas con cota más baja de la red de drenaje.

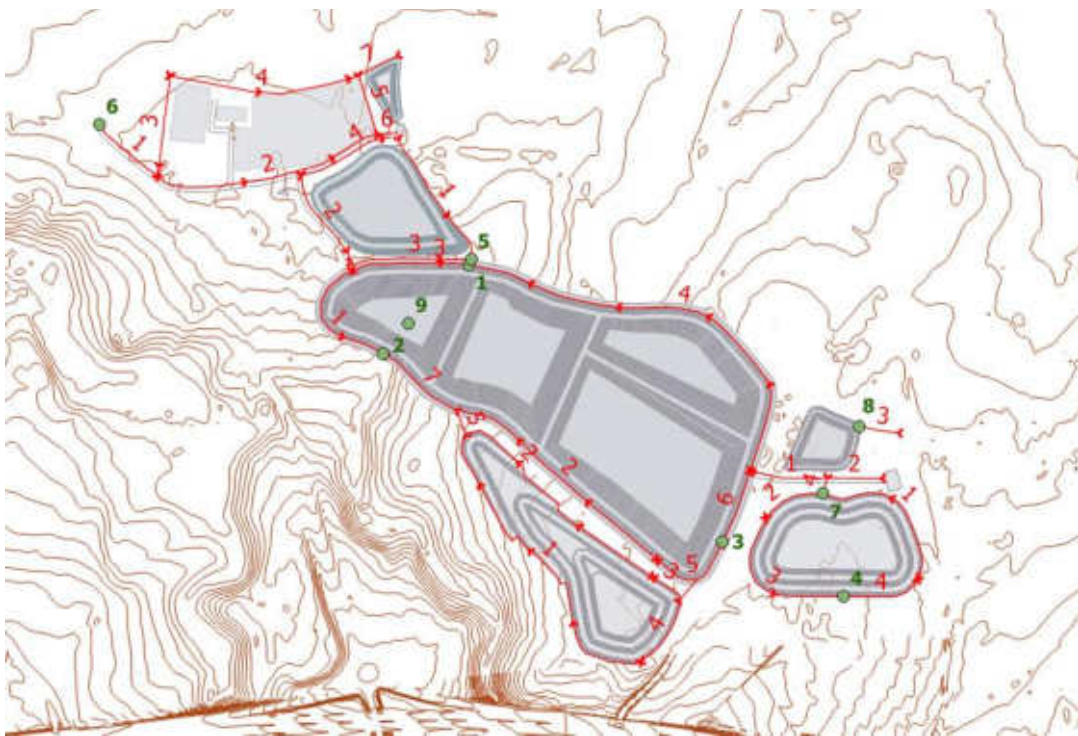


Figura 3.21.- Puntos de bombeo (puntos verdes) y red de drenaje de contacto (líneas rojas).

El agua de escorrentía procedente de las zonas SW y SE se verterá en la balsa de mayores dimensiones, situada en la zona SE. En cambio, el agua procedente de la zona NW será vertida en la balsa ubicada en su interior.

La TABLA 3.16 muestra las dimensiones de dichos canales de drenaje para las aguas de contacto. Para realizar los cálculos de estas dimensiones, se han aplicado las fórmulas de Manning. La aplicación en obra de las dimensiones de los canales se realizará de modo que las dimensiones finales sean iguales o superiores a las teóricas calculadas.

TABLA 3.16.- CANALES AGUA DE CONTACTO INTERNAS				
Zona	Canal	Altura (m)	Base (m)	Longitud (m)
Escombrera NW	1	0,30	0,30	253
	2	0,20	0,20	174
	3	0,30	0,30	208
	4	0,30	0,40	164
Escombrera SW	1	0,30	0,40	568
	2	0,30	0,30	422
	3	0,20	0,30	62
	4	0,30	0,30	130
	5	0,40	0,40	45
	6	0,30	0,30	45
Escombrera SE	1	0,40	0,40	277
	2	0,30	0,40	112
	3	0,50	0,50	275
	4	0,30	0,30	139
Depósito de estériles	1	0,20	0,20	235
	2	0,20	0,20	450
	3	0,20	0,20	197
	4	0,20	0,30	711
	5	0,40	0,40	146
	6	0,20	0,20	159
	7	0,50	0,50	154
Instalaciones	1	0,50	0,50	130
	2	0,60	0,60	400
	3	0,50	0,50	173
	4	0,50	0,50	329
	5	0,40	0,50	108
	6	0,50	0,50	31
	7	0,50	0,50	73
Otras zonas de contacto	1	0,20	0,20	124
	2	0,30	0,30	93
	3	0,30	0,30	68
	4	0,30	0,30	28

3.5.5. Balsas

En la zona de instalaciones existirán dos tipos de balsas: de decantación y de almacenamiento.

Las balsas de decantación actuarán como elementos de regulación, recepción y tratamiento de las aguas colectadas de la escombrera, para reducir su carga sedimentaria, principalmente la fracción más fina en suspensión, pudiendo llegar a usarse floculantes orgánicos si fuese necesario.

Las aguas de contacto se coleccionarán en dos balsas de decantación situadas junto a las balsas de almacenamiento 1 y 2 (Figura 3.22). Las balsas de decantación estarán unidas a las balsas de almacenamiento que serán las encargadas de recoger el agua "limpia" tras el proceso de decantación. Todas las balsas serán impermeabilizadas para otorgar una mayor seguridad.

Las balsas de decantación, cuyas dimensiones se indican en el siguiente subapartado, contarán con la capacidad suficiente para almacenar la precipitación máxima establecida para un período de retorno de $T = 100$ y las aguas que provienen del desagüe de mina. El dimensionado de drenaje será el necesario para garantizar la capacidad de desagüe necesaria en caso de avenida. Así pues, la balsa de decantación 1 verterá su agua a la balsa de almacenamiento 1 y la balsa de decantación 2 hará lo mismo sobre la balsa de almacenamiento 2.

Durante la actividad de la mina, los recursos que reciben las balsas de almacenamiento se integrarán en el sistema de gestión de agua del proyecto, es decir, podrán ser derivados hacia el proceso, para reponer las pérdidas que se produzcan en la flotación; hacia la maquinaria que trabaja en la explotación subterránea; para riegos de pistas; o en caso de que existan excedentes, podrán derivarse al emisario para su vertido al medio marino.

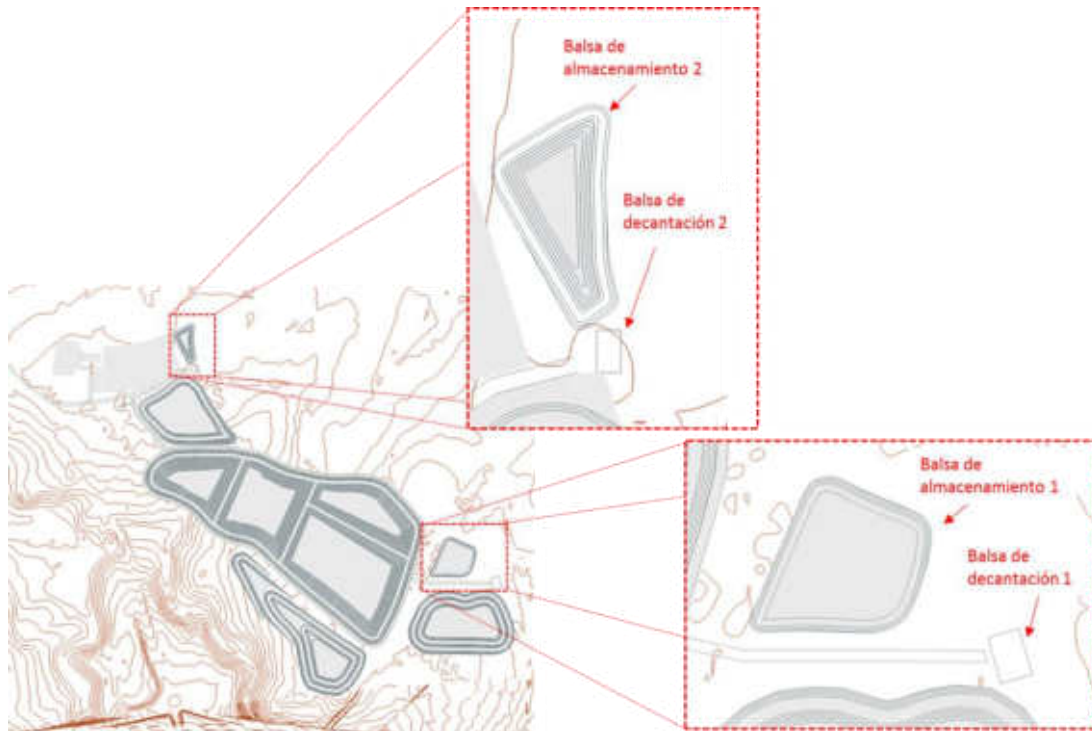


Figura 3.22.- Localización de las balsas de almacenamiento y decantación.

3.5.5.1. Balsas de decantación

Las dimensiones de las balsas de decantación han sido calculadas mediante la ley de Stokes y para un período de retorno de $T = 100$ años. Las características especiales de estas balsas se muestran en la siguiente tabla:

TABLA 3.17.- CARACTERÍSTICAS DE LAS BALSAS DE DECANTACIÓN			
		Balsa 1	Balsa 2
Superficie real de la balsa	m ²	816	330
Anchura	m	24	15
Profundidad	m	1,50	1,20
Longitud	m	34	22
Volumen	m ³	1.224	396

Estas balsas dispondrán de un canal de conexión directa con sus balsas de almacenamiento correspondientes, para que en el caso que se dé una situación de emergencia se pueda evacuar el agua directamente a la balsa de almacenamiento y evitar cualquier situación anómala en el sistema de aguas.

3.5.5.2. Balsas de almacenamiento

El diseño de las balsas de almacenamiento se ha basado en contar con unas dimensiones que permita almacenar el volumen de aguas suficiente para el suministro.

TABLA 3.18.- CARACTERÍSTICAS DE LAS BALSAS DE ALMACENAMIENTO			
		Balsa 1	Balsa 2
Superficie total	m ²	10.177	4.400
Profundidad	m	6	5
Altura sobre el terreno	m	2	0,81
Volumen	m ³	32.000	9.000

3.5.6. Calidad esperable de las aguas de escorrentía interna

Las aguas de escorrentía recogerán el agua generada en el interior de la zona de actuación, por lo que es esperable que contengan un contenido significativo de sólidos en suspensión.

Además, se espera que pueda tener ligeras trazas de hidrocarburos, por el contacto que puedan llegar a tener con parte de la maquinaria que trabaja y se mueve en superficie.

Por este motivo, de forma previa a su vertido en las balsas de almacenamiento, estas aguas pasarán por las balsas de decantación, en la que se reducirá sensiblemente su contenido en sólidos en suspensión, y por la planta de tratamiento, que eliminará cualquier tipo de contenido en hidrocarburo que puedan llegar a contener.

3.6. CONCLUSIONES

Los resultados del balance de agua y de las predicciones de calidad en los diferentes procesos implicados en su gestión indican que todas ellas son susceptibles de ser vertidas al medio marino en las condiciones propuestas por el proyecto (decantación y eliminación de hidrocarburos) para la construcción y condiciones de dilución del emisario, de modo que se respetan con amplio margen los límites establecidos por la Norma de Calidad Ambiental (NCA) del medio receptor haciendo innecesario un tratamiento del agua previo a su vertido.

No obstante, el proyecto incluye una planta de tratamiento de aguas, que se detalla en el punto 3.7, a modo de respaldo complementario y con el fin de garantizar una mayor eficiencia en la separación de sólidos, grasas, hidrocarburos y niveles especialmente altos de posibles metales o metaloides como el As.

3.7. PLANTA DE TRATAMIENTO

Tal y como se ha comentado en el apartado anteriores se plantea la instalación de una planta de tratamiento de aguas que permita reducir la carga que las aguas generadas en la explotación puedan llegar a tener en sustancias como hidrocarburos o grasas e incluso la concentración de algunos metales o metaloides como el Arsénico.

Se trata de la planta PROflex (Suez), la cual dispone de distintos modelos que se ajustan a distintos caudales de tratamiento (características recogidas en el apéndice IIIB - 1), tal y como se muestra en la siguiente figura.

PROflex flow ranges

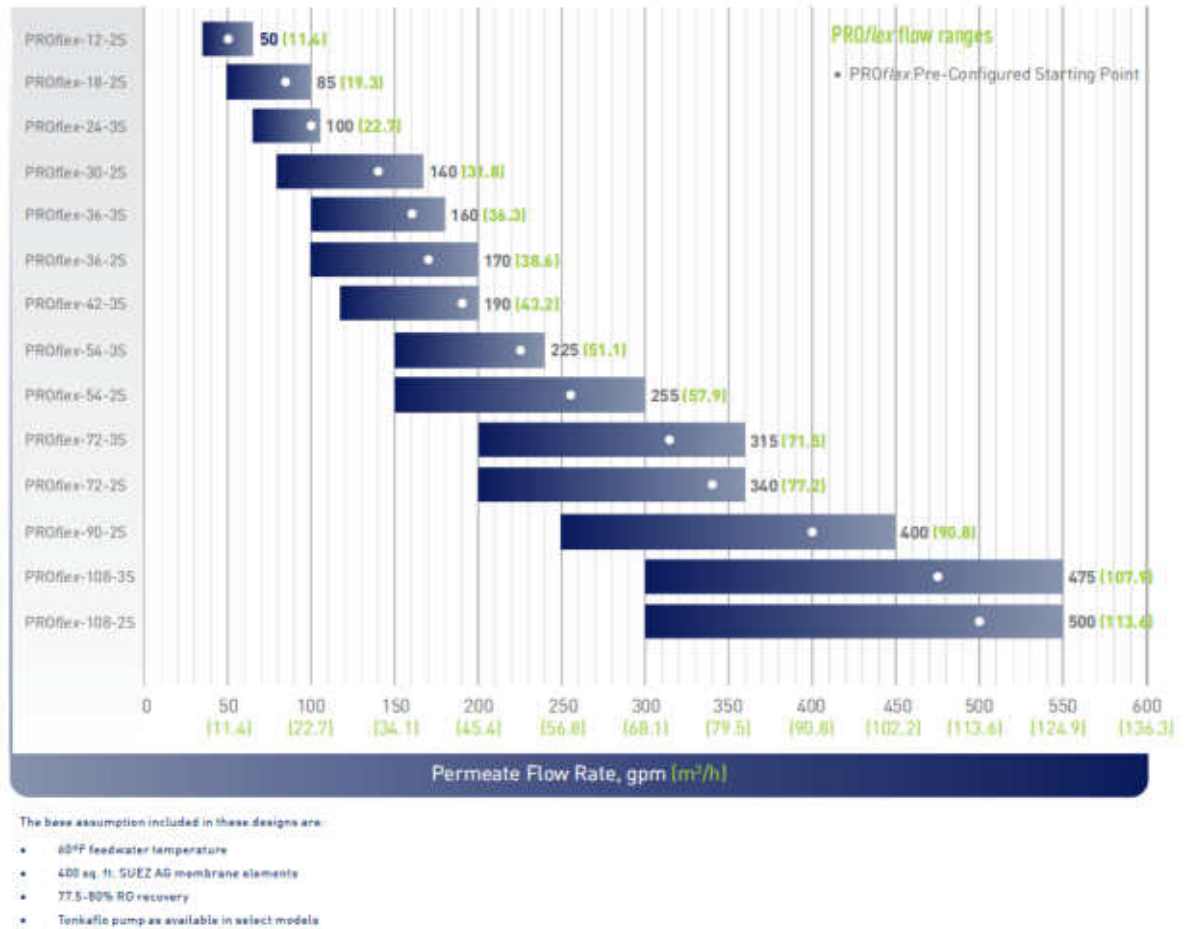


Figura 3.23.- Distintos modelos de la planta PROflex y caudales tratables.
Fuente: SUEZ

Estas plantas funcionan en dos fases, siendo la primera la que elimina sustancias y contaminaciones de tipo orgánico (como hidrocarburos), mientras que la segunda está más enfocada a la disminución de la concentración de algunos metales, como el arsénico.

En total se dispondrán de dos plantas de las mismas características, con capacidad de tratamiento de 90 m³/h, las cuales quedarán situadas entre las balsas de decantación y las balsas de almacenamiento. Estas plantas cubrirán principalmente el caudal derivado de las aguas de desagüe de mina (operación minera).



Figura 3.24.- Modelo de la planta de tratamiento PROflex: modelo americano.
Fuente: SUEZ

La **nanofiltración** es un proceso de filtración de membrana que se utiliza para aguas bajas concentraciones de sólidos disueltos totales. Este proceso produce una nanoseparación de sólidos disueltos al pasar el agua a presión a través de las membranas (filtro). La técnica es principalmente aplicada para la eliminación de sustancias orgánicas, tales como micro contaminantes e iones multivalentes. Otras aplicaciones pueden ser la eliminación de metales pesados de las aguas residuales, ablandamiento del agua, eliminación de nitratos, etc.

La **ósmosis inversa** consiste en el movimiento de moléculas a través de una membrana parcialmente permeable porosa. Está basada en la búsqueda del equilibrio. Si dos fluidos que contienen diferente concentración de sólidos disueltos son puestos en contacto, estos se mezclarán hasta que la concentración se uniformice. Cuando estos dos fluidos están separados por una membrana semipermeable, un fluido que contenga una menor concentración se moverá a través de la membrana hacia el fluido que contenga una mayor concentración de sólidos disueltos (Binnie e.a., 2002).

Después de un tiempo el nivel de agua será mayor a uno de los lados de la membrana que en el otro, pero la concentración se equipara. La diferencia en altura se denomina presión osmótica.

El pretratamiento del agua de abastecimiento para las instalaciones de nanofiltración y de ósmosis inversa influye mucho en la eficacia de la instalación. La forma de pretratamiento requerida depende de la calidad del agua entrante. En el caso del proyecto, el agua pasará por unas balsas de decantación en las que inicialmente se reducirá sensiblemente la concentración de sólidos en suspensión.

3.8. AGUAS DE NO CONTACTO

Se consideran aguas de no contacto, las aguas de lluvia que caen y recorren superficies del terreno que no han sido afectados por la explotación minera, así como las aguas que se infiltran o discurren por las superficies no afectadas.



Figura 3.25.- Subcuencas para las aguas de no contacto

Para calcular los caudales de referencia se ha realizado mediante el Método Racional (Instrucción de Carreteras, Norma 5.2-IC/2.016), y explicado en el apartado 3.5.2 de este documento.

Debido a que todas las cuencas definidas son de superficie inferior a 1 km², el valor de la intensidad media diaria (I_d) de precipitación corregida es:

TABLA 3.19.- VALORES DE I_d SEGÚN LOS PERÍODOS DE RETORNO CONSIDERADOS.	
T (años)	I_d (mm/h)
100	5,471

El índice de torrencialidad I_1/I_d corresponde a 9 (Figura 3.13), como valor inicial del umbral de escorrentía se ha tomado de la tabla 2.3 de la norma 5.2-IC/2016, con la hipótesis de entrada de "prados arbolados de pendiente <3% y grupo de suelo C (código 23100) tomando un valor de $P_o^i=22$. Para la caracterización del coeficiente corrector del umbral de escorrentía, la región considerada es la 12 (Figura 3.14 y TABLA 3.11).

3.8.1. Cálculo de caudales

Para el cálculo de los caudales de las aguas de no contacto se han seguido los mismos pasos que vienen definidos en el apartado de 3.5.3 de este documento y que corresponden al Método Racional definido en la Instrucción de Carreteras, Norma 5.2-IC/2.016. La TABLA 3.20 muestra las características físicas de las subcuencas de las aguas de no contacto que se han delimitado.

TABLA 3.20.- CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS SUBCUENCAS DE AGUAS DE NO CONTACTO				
Subcuenca	Área (Km²)	Longitud máxima (Km)	Cota máxima (m)	Cota mínima (m)
1	0,42	0,889	64,00	45,00
2	0,06	0,350	54,00	45,00
3	0,02	0,303	68,00	65,00
4	0,01	0,244	66,00	64,00

Los parámetros que se han considerado para calcular la intensidad de precipitación son:

TABLA 3.21.- VALORES DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN SUBCUENCAS AGUAS NO CONTACTO			
Subcuenca	t_c (h)	F_{int}	I(T,t) (mm/h)
			T=100 años
1	0,5697	12,20	52,96
2	0,2708	17,77	97,23
3	0,2910	17,16	93,87
4	0,2558	18,27	99,96

El coeficiente de escorrentía resultante para cada período de retorno se muestra a continuación:

TABLA 3.22.- VALORES PARÁMETROS ESCORRENTÍA SUBCUENCAS NO CONTACTO		
Subcuenca	T=100 años	
	P_o	C
1	27,80	0,42
2	27,80	0,42
3	27,80	0,42
4	27,80	0,42

Los caudales obtenidos para las subcuencas consideradas para un periodo de retorno de 100 años se muestran a continuación.

TABLA 3.23.- CAUDAL DE REFERENCIA DE LAS SUBCUENCAS DE LAS AGUAS DE NO CONTACTO PARA EL PERÍODO DE RETORNO DE 100 AÑOS.			
Subcuenca	Kt	Q(m³/s)	Q (l/s)
1	1,0341	3,323	3323,4
2	1,0138	0,665	665,5
3	1,0150	0,204	204,2
4	1,0128	0,059	59,5

3.8.2. Cálculo de la red de drenaje

Los cálculos justificativos de las estructuras de la red de drenaje para los caudales calculados en el apartado anterior se han realizado mediante el mismo procedimiento que se ha hecho para las aguas de contacto (apartado 3.5.4).

El sistema de drenaje de las aguas de no contacto se compone de un conjunto de cunetas que recogen y conducen el agua procedente por escorrentía generada en zonas con cota más alta y así evitar que dicha agua de no contacto entre en las zonas del proyecto.

La siguiente figura muestra el esquema del sistema de drenaje del proyecto para las aguas de no contacto. En la cota más baja de los canales perimetrales 1 y 2 se recogen las aguas mediante bombeo y será dirigida al punto de vertido 1. Y los canales 3 y 4 dirigirán el agua a los puntos de vertido 2 y 3 respectivamente.



Figura 3.26.- Mapa de la red de drenaje de las aguas de no contacto (canales de drenaje en azul y puntos de bombeo en verde oscuro).

La TABLA 3.24 muestra las dimensiones de los canales de drenaje para las aguas de no contacto. Los cálculos de estas dimensiones se han realizado utilizando las fórmulas de Manning, al igual que para las aguas de contacto (apartado 3.5.4). La aplicación en obra de las dimensiones de los canales se realizará de modo que las dimensiones finales sean iguales o superiores a las teóricas calculadas.

El drenaje de las aguas de no contacto se llevará a cabo mediante canales perimetrales excavados y hormigonados si fuera necesario, los cuales evacuarán las aguas de escorrentía siendo conducidas a sus respectivos puntos de descarga. Para los canales 1 y 2 se ha considerado un coeficiente de Manning de 0,02 considerando que se situarán sobre una zona de tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa, y los canales 3 y 4 se ha considerado que se situarán sobre una tierra uniforme y con vegetación espesa, considerando un coeficiente de Manning de 0,04.

TABLA 3.24.- CANALES AGUA DE NO CONTACTO				
	Canal	Base (m)	Altura (m)	Longitud (m)
Externa	1	0,70	0,60	665
	2	0,40	0,40	248
	3	0,50	0,40	242
	4	0,30	0,20	271

3.9. CIRCUITO DE AGUA POTABLE

Se trata del agua destinada al consumo humano (aseos, duchas, etc.). Para su uso se solicitará suministro municipal desde la red de abastecimiento.

3.10. CIRCUITO DE AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales serán las generadas principalmente en aseos y duchas. Estas aguas serán consideradas como asimilables a las Aguas Residuales Urbanas (ARU). Dado a que las instalaciones conectarán con la red municipal de saneamiento, estas aguas se incorporarán directamente a la misma y seguirán el mismo tratamiento que el resto de las aguas residuales urbanas del municipio.

3.11. SISTEMA CONTRA INCENDIOS

Con el fin de combatir la posibilidad de generación de un incendio. El proyecto contará con un sistema incendios de capacidad suficiente y con características autónomas. Este equipo tendrá una disponibilidad permanente.

El proyecto contará con sus propios recursos. Tendrá agua disponible en sus balsas de almacenamiento y la presencia permanente de personal en la zona ligada a la propia actividad funcionará como elemento temprano de alerta. Además, contará con brigadas de incendios especializada en subterráneo quienes, además, serán hábiles en incendios forestales.

El sistema contraincendios no supone un punto de consumo, pero precisa una disponibilidad de agua a demanda para permitir la rápida extinción de un eventual fuego.

Las líneas contraincendios irán provistas de hidrantes, tomas de mangueras y presurizarán el sistema de sprinklers de las zonas que lo precisen, tales como almacenamiento de reactivos, oficinas, vestuarios, almacén, etc.

Las líneas estarán enterradas donde sea posible y los hidrantes de exterior serán del tipo "columna seca" para prevenir posibles riesgos de helada en los mismos.

En la zona del proyecto existen los siguientes recursos de extinción de incendios:

- BRIF (Brigada de Refuerzo de Incendios Forestales) del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. La más cercana localizada en Tineo (Asturias), la cual está presente durante todo el año.

- Protección Civil cuenta en Asturias con el “Plan de Protección Civil de Emergencia por Incendios Forestales del Principado de Asturias (INFOPA)” en el que se detallan los medios que dispone el principado para la prevención y extinción de incendios forestales. Todas estas acciones estarán coordinadas por el SEPA (Servicio de Emergencias del Principado de Asturias).

3.12. AGUAS DESTINADAS A OTROS USOS

El agua procedente de las balsas de almacenamiento o del drenaje de las aguas subterráneas se utilizará para riegos interiores, eliminación de polvo y mantenimiento de pistas. Estas aguas volverán por escorrentía hacia el sistema de cunetas interiores, por lo que la parte que no se evapore volverá a recircular hasta las balsas.

CRS Ingeniería

Julio de 2021

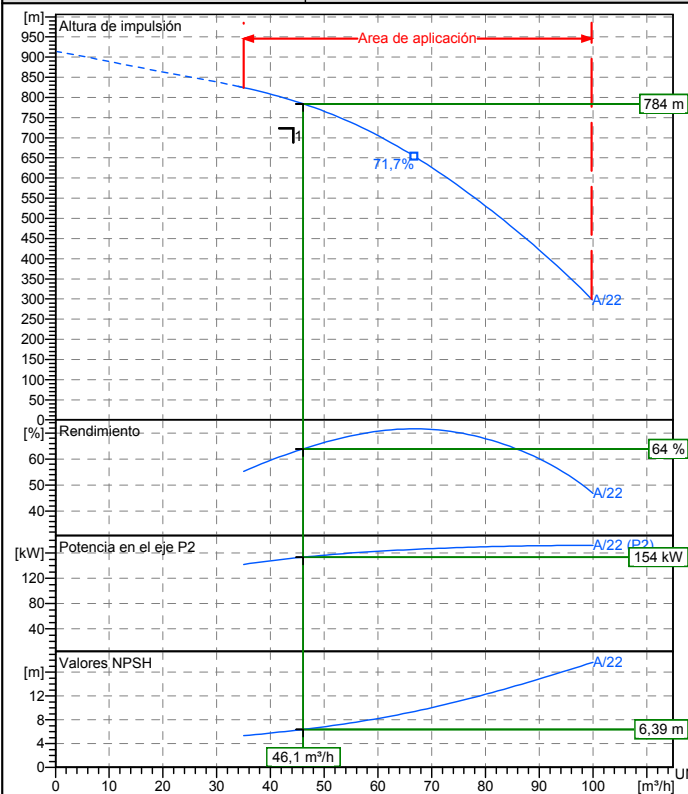


INGENIERÍA Y CONSULTORÍA
EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L.
C/ Raimundo Fdez. Villaverde, 53
28003 Madrid
Tels: 91 535 61 72 / 91 534 91 83
Fax: 91 534 91 83

APÉNDICE IIIB-1
FICHAS BOMBAS Y PLANTA

Destinatario

Remitente

 Sociedad
 Jefe de departamento
 Encargado
 Tel. n.
 Fax n.
 E-mail

Datos operativos especificado

Caudal nominal	m³/h 44,28
Preponderancia nominal	m 724
Preponderancia estatica	m 0
NPSH instalacion	m 0
Pression de entrada	bar 0,09793
Fluido	Agua limpia
Temperatura fluido t A	°C 20
Densidad a t A	kg/dm³ 0,9983
Viscosidad cinetica a t A	mm²/s 1,005

Bomba

Nombre Bomba	NR-250A/22		
Size			
Design			
Velocidad 1/min	2900	N. estadios	22
Impulsor tipo	Rodete radial		
Caudal	Nominal	m³/h	46,1
	Max-	m³/h	99,9
	Min-	m³/h	35
Preponderancia	Nominal	m	784
	Max-	m	824
	Min-	m	298
Preponderancia H(Q=0)	m 914		
NPSH 3%	m 6,39		
Pression max de trabajo	bar 89,6		
Potencia sobre eje	kW 154		
Efficiencia	% 64		
Max absorbed power	kW 172,1		

Materiales Bomba

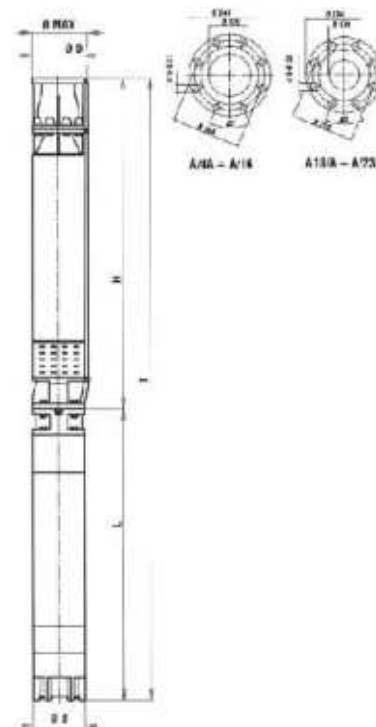
Eje	Stainless steel AISI 431 (1.4057)
Impulsor	Brass
Difusor	Cast iron EN-GJL-250
Soporte de aspiracion	Spheroidal Cast iron EN-GJS-500
Salida de impulsión	Spheroidal Cast iron EN-GJS-500
Pump pipe	Carbon steel
Cubre cable	Acero inox AISI304 (1.4301)
Valve	Stainless steel AISI 316 (1.4401)
Rubber components	Rubber EPDM

Motor	Tamaño de construcción	10h		
Constructor/Mod.	SAER MS251-250			
Potencia kW	185	Rendimiento 4/4	90,8 %	
Corriente eléctrica A	325	Velocidad 1/min	2930	
Tensión eléctrica V	400 V	3~	Hz	50
Tipo de arranque	Directo			
Grado de protección	IP 68	Clase de aislamiento		

Notas:

Dimensions in mm

H	2780
ød	236
øD	G 5"
øMax	264
T	4690



D G 6"

Destinatario

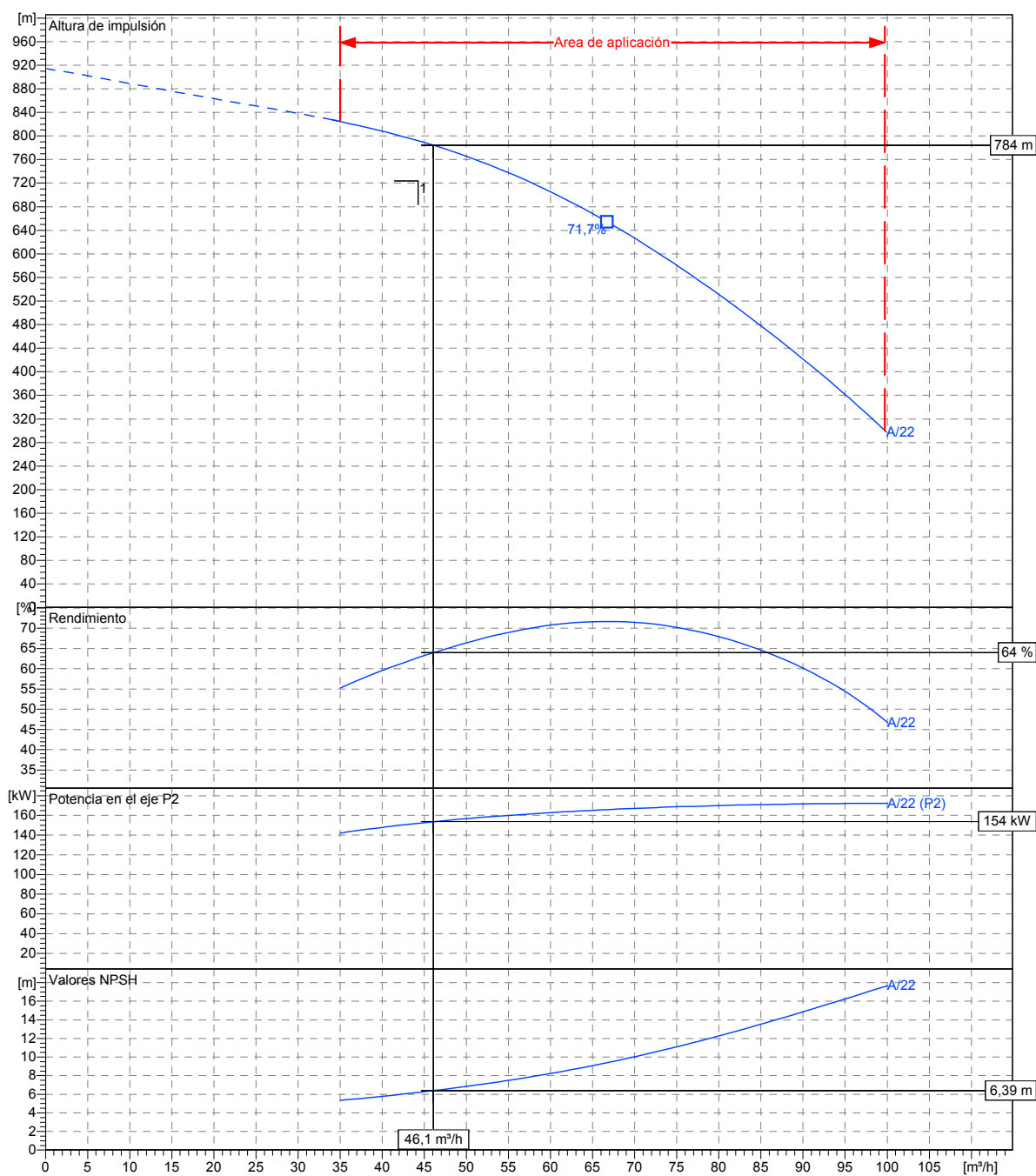
Remite

 Sociedad
 Jefe de departemento
 Encargado
 Tel. n.
 Fax n.
 E-mail

Campo de trabajo	Caudal	Preponderancia	Tipo de impulsor	Rodete radial
Datos operativos especificado	44,28 m ³ /h	724 m	Construccion impulsor	Cerrado
Pump data	46,1 m ³ /h	784 m	Sentido de rotacion	en el sentido del reloj
			Dimensiones Salida	G6"
	Caudal	Preponderancia	Potencia sobre eje P2	Velocidad
	Min. Max. h Max.	H(Q=0) h Max.	P2(Q=0) Max. h Max.	1/min 2900
	m ³ /h m ³ /h m ³ /h	m m	kW kW kW	Frecuencia Hz 50 Hz
	35 99,7 66,7	914 654	172 166	

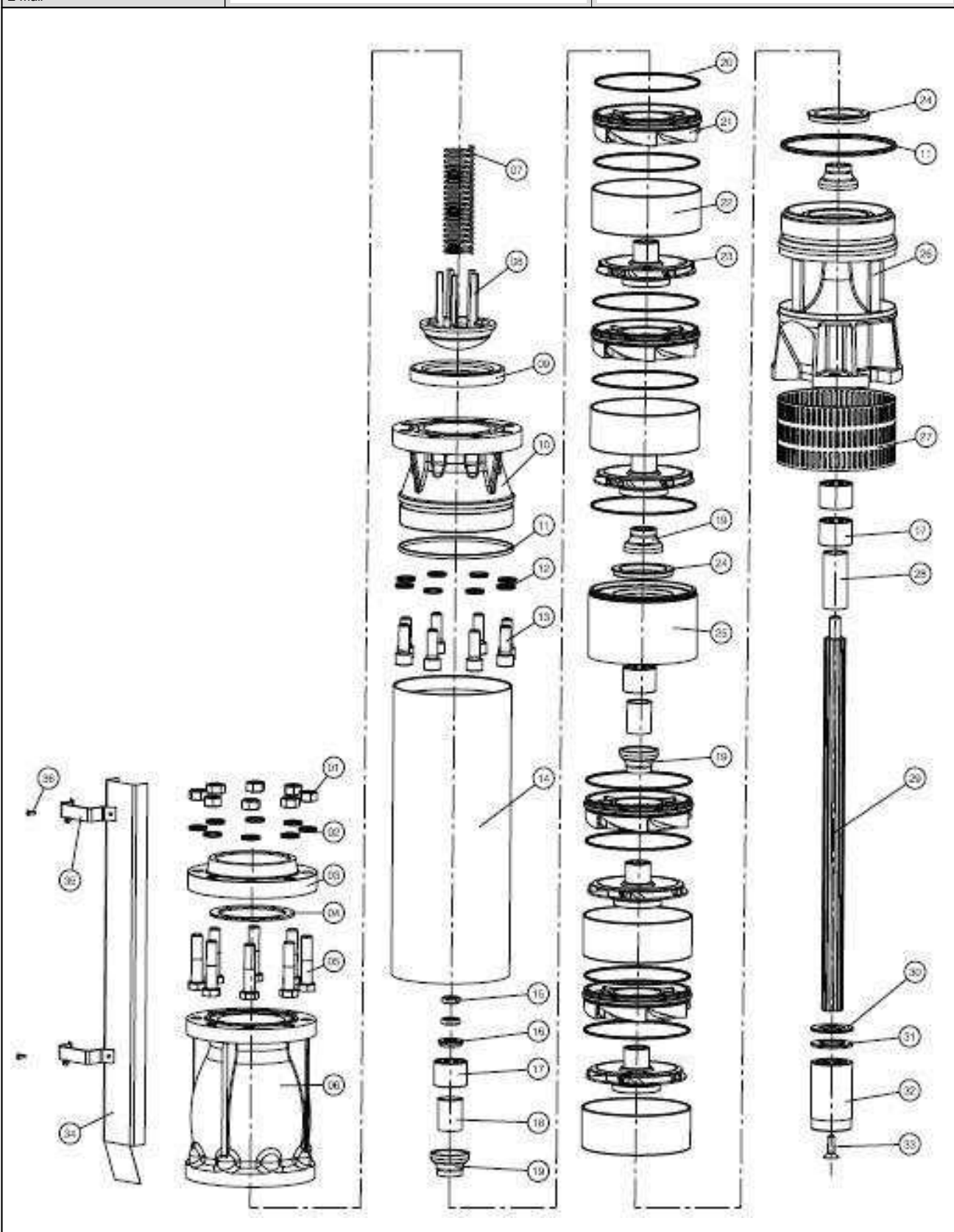
 Rendimiento sobre: Agua limpia [100%]; 20°C; 0,998kg/dm³; 1mm²/s

UNI EN ISO 9906:2012 - Grade 3B



Proyecto	ID proyecto	Creado por	Creado el	Ultima actualización
			14.06.2021	

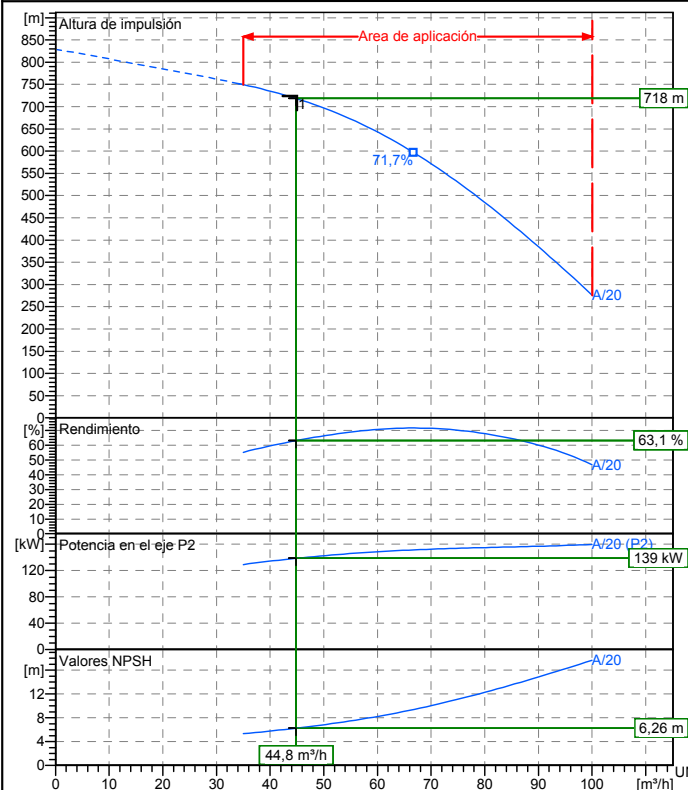
Sociedad
Jefe de departamento
Encargado
Tel. n.
Fax n.
E-mail



Proyecto	ID proyecto	Creado por	Creado el 14.06.2021	Ultima actualización
----------	-------------	------------	-------------------------	----------------------

Destinatario

Remitente

 Sociedad
 Jefe de departamento
 Encargado
 Tel. n.
 Fax n.
 E-mail

Datos operativos especificado

Caudal nominal	m ³ /h	45
Preponderancia nominal	m	724
Preponderancia estatica	m	0
NPSH instalacion	m	0
Pression de entrada	bar	0,09793
Fluido	Agua limpia	
Temperatura fluido t A	°C 20	
Densidad a t A	kg/dm ³	0,9983
Viscosidad cinetica a t A	mm ² /s	1,005

Bomba

Nombre Bomba	NR-250A/20		
Size			
Design			
Velocidad 1/min	2900	N. estadios	20
Impulsor tipo	Rodete radial		
Caudal	Nominal	m ³ /h	44,8
	Max-	m ³ /h	100
	Min-	m ³ /h	35
Preponderancia	Nominal	m	718
	Max-	m	749
	Min-	m	275
Preponderancia H(Q=0)	m 829		
NPSH 3%	m 6,26		
Pression max de trabajo	bar 81,2		
Potencia sobre eje	kW 139		
Eficiencia	% 63,1		
Max absorbed power	kW 159,84		

Materiales Bomba

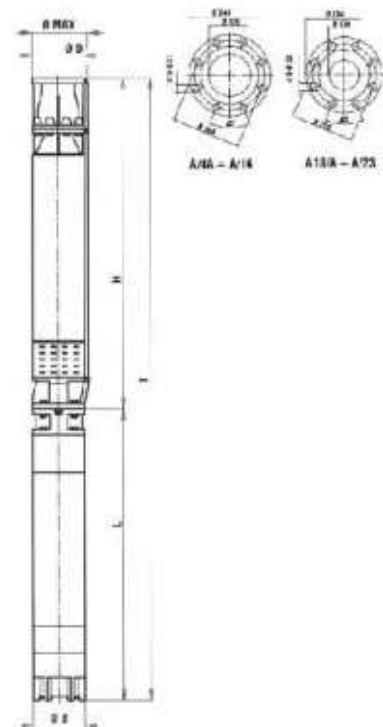
Eje	Stainless steel AISI 431 (1.4057)
Impulsor	Brass
Difusor	Cast iron EN-GJL-250
Soporte de aspiracion	Spheroidal Cast iron EN-GJS-500
Salida de impulsión	Spheroidal Cast iron EN-GJS-500
Pump pipe	Carbon steel
Cubre cable	Acero inox AISI304 (1.4301)
Valve	Stainless steel AISI 316 (1.4401)
Rubber components	Rubber EPDM

Motor	Tamaño de construcción	10h		
Constructor/Mod.	SAER MS251-230			
Potencia kW	170	Rendimiento 4/4	89,8 %	
Corriente eléctrica A	308	Velocidad 1/min	2930	
Tensión eléctrica V	400 V	3~	Hz	50
Tipo de arranque	Directo			
Grado de protección	IP 68	Clase de aislamiento		

Notas:

Dimensions in mm

H	2640
ød	236
øD	G 5"
øMax	264
T	4440



D G 6"

Destinatario

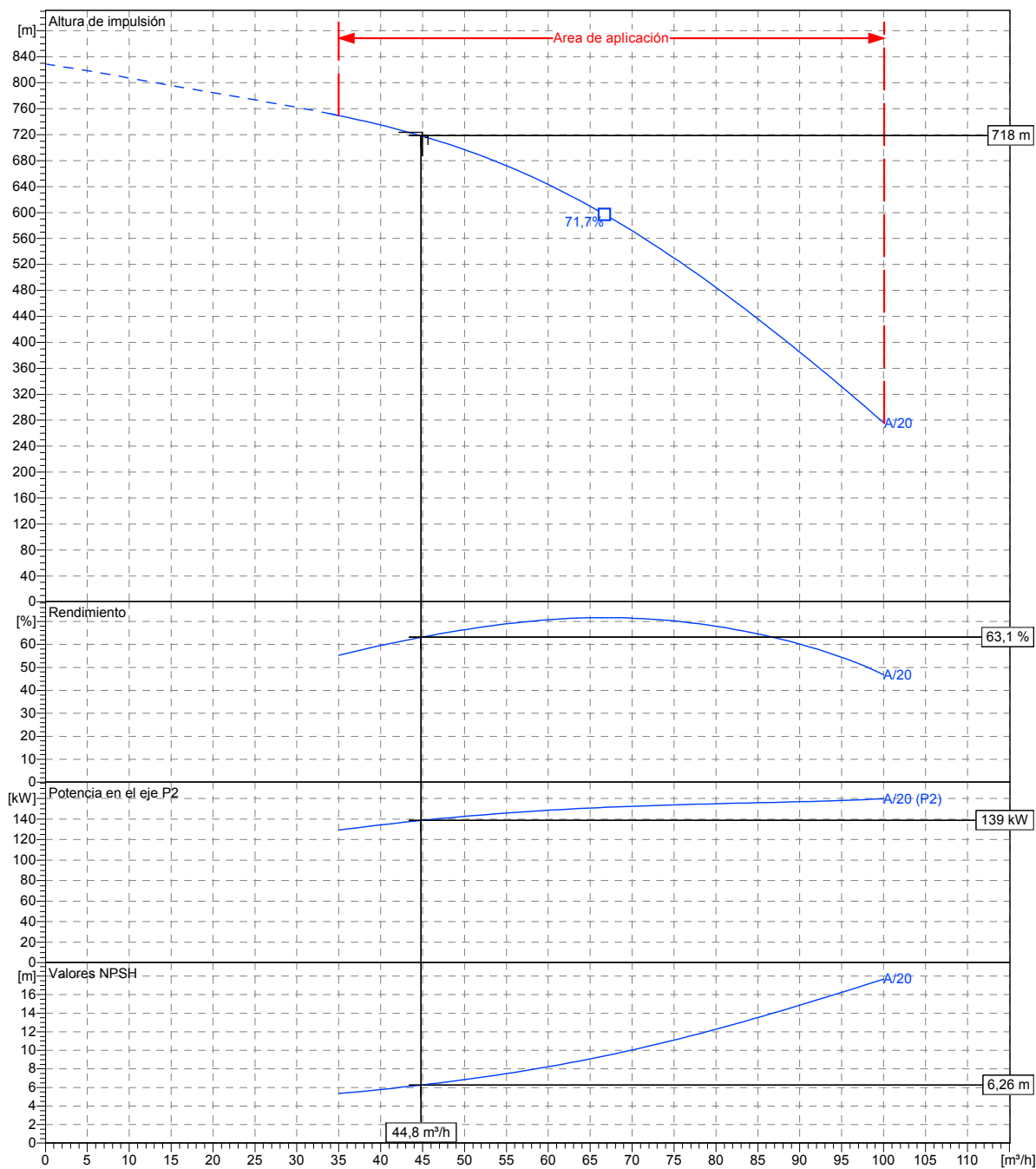
Remite

 Sociedad
 Jefe de departemento
 Encargado
 Tel. n.
 Fax n.
 E-mail

Campo de trabajo	Caudal	Preponderancia	Tipo de impulsor	Rodete radial
Datos operativos especificado	45 m ³ /h	724 m	Construccion impulsor	Cerrado
Pump data	44,8 m ³ /h	718 m	Sentido de rotacion	en el sentido del reloj
			Dimensiones Salida	G6"
	Caudal	Preponderancia	Potencia sobre eje P2	Velocidad
	Min. Max. h Max.	H(Q=0) h Max.	P2(Q=0) Max. h Max.	1/min 2900
	m ³ /h m ³ /h m ³ /h	m m	kW kW kW	Frecuencia Hz 50 Hz
	35 100 66,7	829 597	160 151	

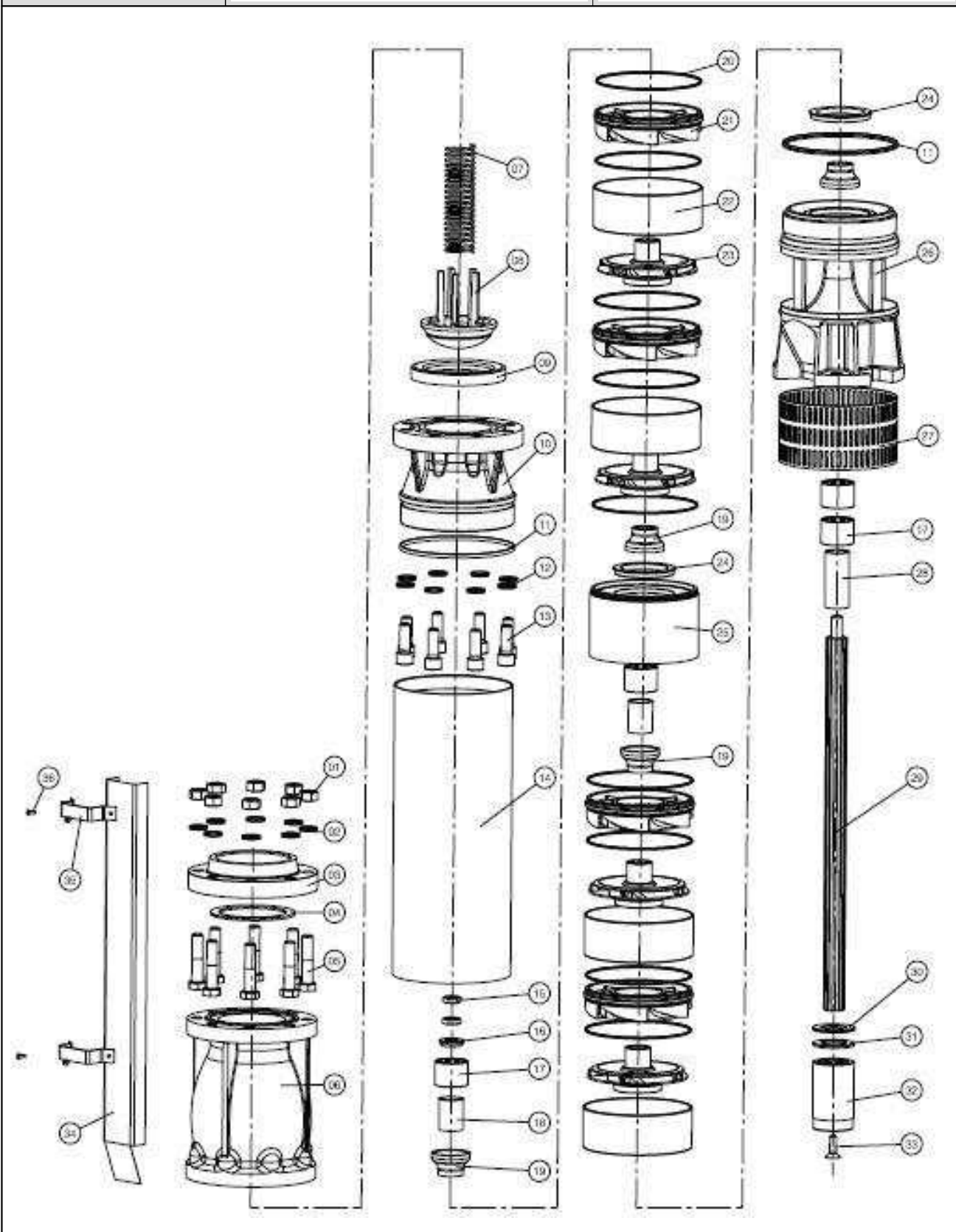
 Rendimiento sobre: Agua limpia [100%] ; 20°C; 0,998kg/dm³; 1mm²/s

UNI EN ISO 9906:2012 - Grade 3B



Proyecto	ID proyecto	Creado por	Creado el	Ultima actualización
			01.06.2021	

Sociedad
Jefe de departamento
Encargado
Tel. n.
Fax n.
E-mail

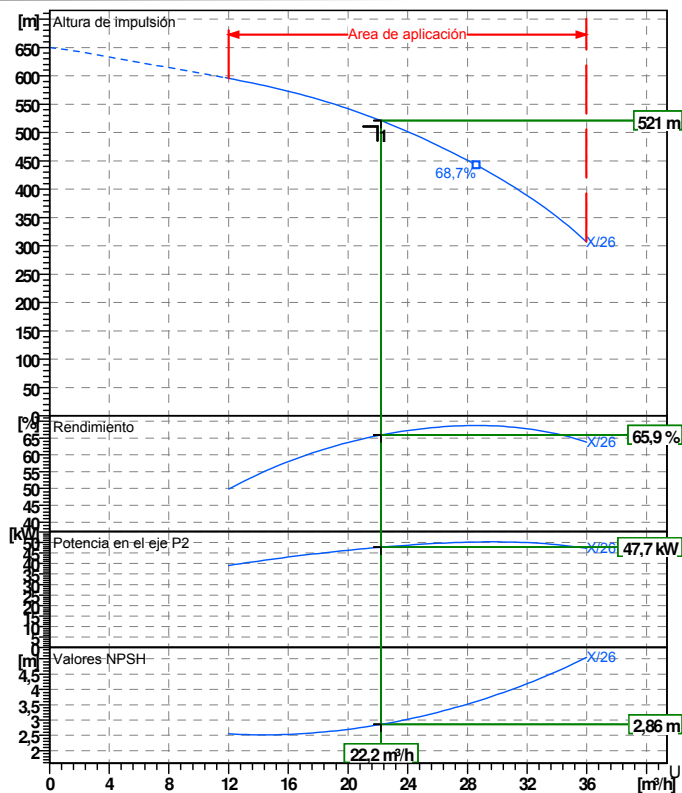


Proyecto	ID proyecto	Creado por	Creado el 01.06.2021	Ultima actualización
----------	-------------	------------	-------------------------	----------------------

Destinatario

Remitente

Sociedad
Jefe de departamento
Encargado
Tel. n.
Fax n.
E-mail



Datos operativos especificado

Caudal nominal	m³/h	22
Preponderancia nominal	m	511
Preponderancia estatica	m	0
NPSH instalacion	m	0
Pression de entrada	bar	0,09793
Fluido		Agua limpia
Temperatura fluido t A	°C	20
Densidad a t A	kg/dm³	0,9983
Viscosidad cinetica a t A	mm²/s	1,005

Bomba

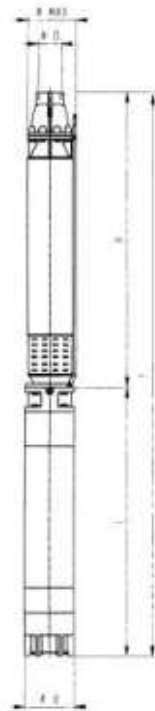
Nombre Bomba	NR-201X/26		
Size			
Design			
Velocidad 1/min	2900	N. estadios	26
Impulsor tipo	Rodete radial		
Caudal	Nominal	m³/h	22,2
	Max-	m³/h	36
	Min-	m³/h	12
Preponderancia	Nominal	m	521
	Max-	m	596
	Min-	m	308
Preponderancia H(Q=0)	m 650		
NPSH 3%	m 2,86		
Pression max de trabajo	bar 63,8		
Potencia sobre eje	kW 47,7		
Efficiencia	% 65,9		
Max absorbed power	kW 50,272		

Materiales Bomba

Eje	Stainless steel AISI 431 (1.4057)
Impulsor	Latón
Difusor	Fundicion gris EN-GJL-250
Soporte de aspiracion	Fundicion gris EN-GJL-250
Salida de impulsion	Spheroidal Cast iron EN-GJS-500
Pump pipe	Carbon steel
Cubre cable	Acero inox AISI304 (1.4301)
Valve	AISI 304 (1.4301) + Cast Iron EN-GJL-250
Rubber components	Rubber EPDM

Dimensions in mm

H 2408
L 1065
ød 193
øD G 3"
øMax 198
T 3473



Motor	Tamaño de construcción			
Constructor/Mod.	SAER	MSB201-70		
Potencia kW	52	Rendimiento 4/4	86 %	
Corriente eléctrica A	105	Velocidad 1/min	2890	
Tensión eléctrica V	400 V	3~	Hz	50
Tipo de arranque	Directo			
Grado de protección	IP 68	Clase de aislamiento		

Notas:

Proyecto	ID proyecto	Creado por	Creado el 07.06.2021	Ultima actualización
----------	-------------	------------	-------------------------	----------------------

Destinatario

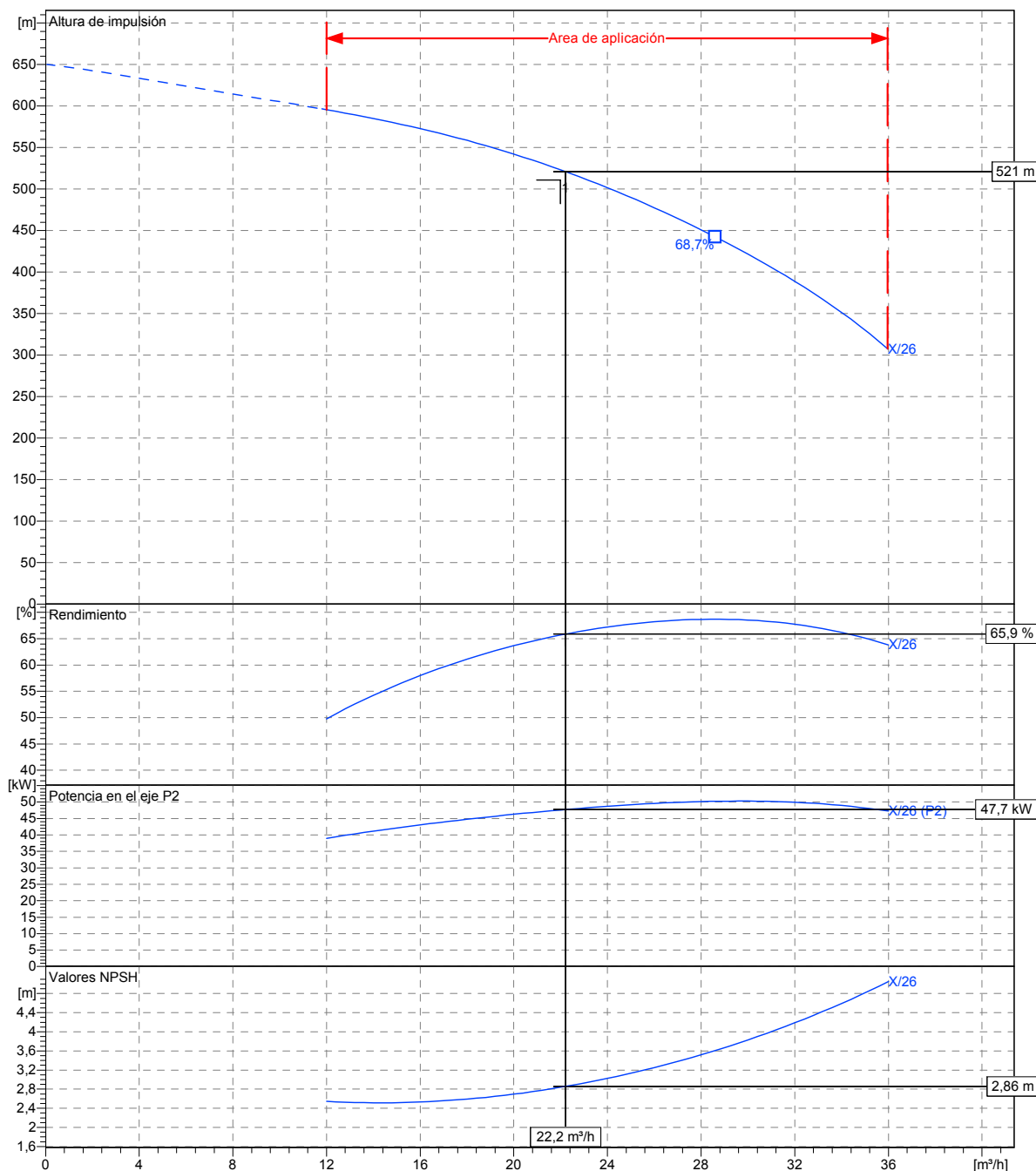
Remitente

 Sociedad
 Jefe de departemento
 Encargado
 Tel. n.
 Fax n.
 E-mail

Campo de trabajo	Caudal	Preponderancia	Tipo de impulsor	Rodete radial
Datos operativos especificado	22 m ³ /h	511 m	Construccion impulsor	Cerrado
Pump data	22,2 m ³ /h	521 m	Sentido de rotacion	en el sentido del reloj
			Dimensiones Salida	G3"
	Caudal	Preponderancia	Potencia sobre eje P2	Velocidad
	Min. Max. h Max.	H(Q=0) h Max.	P2(Q=0) Max. h Max.	1/min 2900
	m ³ /h m ³ /h m ³ /h	m m	kW kW kW	Frecuencia Hz 50 Hz
	12 36 28,6	650 443	50,3 50,2	

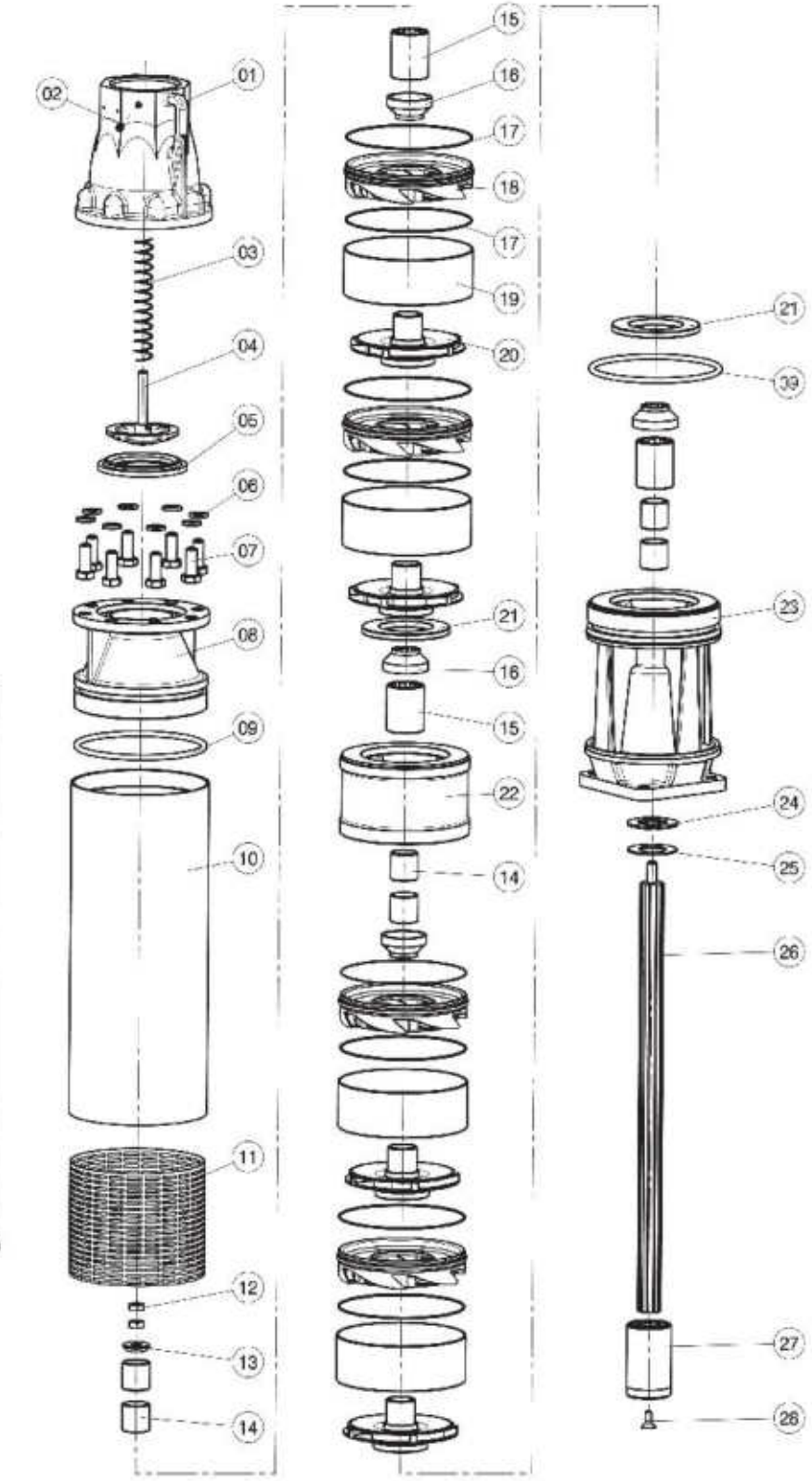
 Rendimiento sobre: Agua limpia [100%] ; 20°C; 0,998kg/dm³; 1mm²/s

UNI EN ISO 9906:2012 - Grade 3B



Proyecto	ID proyecto	Creado por	Creado el	Ultima actualización
			07.06.2021	

Sociedad
Jefe de departamento
Encargado
Tel. n.
Fax n.
E-mail



Proyecto

ID proyecto

Creado por

Creado el
07.06.2021

Ultima actualización



Membrane System

Model	PROflex EU/CIS 36-2S
Part Number	Configure to Order

Performance Data

Design Permeate Flow	36 m ³ /hr
Feed Flow	46 m ³ /hr
Concentrate Flow Rate	10 m ³ /hr
Recovery	77.5 %
Design Temperature	15.6 °C
Design pH	5.5 - 8.5
System Inlet Pressure	2.76 bar
System Operating Pressure	16 bar

Components

Cartridge Filtration

Housing Quantity	2
Housing Model, Manufacturer	HSG,HXHF01-3.0V-FRP-A, ROPV or Equal
Cartridge Filter Model	FLT,CTG,DEPTH,HF.Zs 01-40-FSB, Melt-blown polypropylene
Rating, Length	1-micron nominal, 40-inches
Filter Quantity	2
Valves	Pre-filter manual isolation, post filter auto isolation, vent and drain
TIES of Filter	54

Membrane Element Housings

Membrane Housing Model	300P-8
Housing Manufacturer	ROPV or Equal
Number of Housings	6
Housing length	6
Housing Diameter	8 inches
Banking Arrangements	4-2

High-Pressure Pump

Model	46SV8
Manufacturer	Xylem
Quantity	1
Motor Size and Type	30 kW, TEFC

Rev: 1.0, Presentation Date: Jun 29,2021 Valid until: Jul 29,2021

SUEZ Confidential and Proprietary Information - The information contained in this document is submitted for evaluation by Customer only. Customer agrees not to reveal its contents except to those in Customer's organization necessary for evaluation. Copies of this document may not be made without the prior written consent of SUEZ Management. If the preceding is not acceptable to Customer, this document shall be returned to SUEZ.



Motor FLA Refer to electrical drawing for rated amps

Membrane Elements

Model	AG8040F-400
Manufacturer	SUEZ
Quantity	36
Membrane Type	FRP Wrapped, PA

Material of Constructions

Filter Housing	FRP, White
Feedwater Piping	PVC, PN10
High-Pressure Piping	316 Stainless Steel, PN25, Mill Finish
Permeate Piping	PVC, PN10
High-Pressure Pump Housing	316 Stainless Steel, Mill Finish
High-Pressure Pump Internals	316 Stainless Steel
Membrane Element Housings	FRP, White
Frame	Carbon steel painted, Epoxy-coated blue finish
Pneumatic Tubing	Polyethylene Tubing
Fittings and Couplings	Thermoplastic low pressure, painted steel high pressure
Materials of Construction Note	Please consult with SUEZ Water if the feed water to the RO system has a concentration more than 350 mg/l of chloride as ion to verify the materials of construction proposed have adequate corrosion resistance. Please provide minimum, maximum, and average levels of Chloride, Sulfate, pH, and Temperature of the feedwater solution.

Installation and Utility Requirements

Inlet	DN100, Flange
Permeate	DN80, Flange
Concentrate	DN40, Flange
Inlet (CIP)	DN100, Flange
Permeate (CIP)	DN80, Flange
Concentrate (CIP)	DN40, Flange
Compressed Air	G 1/2
Inlet Water Pressure	2.07 bar
Compressed Air Requirement	5.5 Bar minimum oil-free
Drain to be Sized for	46.45 m ³ /hr
Motor Power	380 VAC, 3-phase, 50 Hz
Control Circuit	230 VAC, 1 PH, 50 Hz
Skid (H X W X D) (mm)	2388 X 6960 X 1270
Shipping Weight Estimate (kg)	3402

Rev: 1.0, Presentation Date: Jun 29,2021 Valid until: Jul 29,2021

SUEZ Confidential and Proprietary Information - The information contained in this document is submitted for evaluation by Customer only. Customer agrees not to reveal its contents except to those in Customer's organization necessary for evaluation. Copies of this document may not be made without the prior written consent of SUEZ Management. If the preceding is not acceptable to Customer, this document shall be returned to SUEZ.



Controls / Electrical Systems

Processor	PLC - Siemens S7 1200
SUEZ Insight Hardware	Not Included
Enclosure	IP66, RO Skid Mounted
Operator Interface	Siemens TP1200 Touchpanel
Communications	Ethernet
Conduit	Single and three-phase power wire in liquid-tight flexible conduit. Low voltage signal wire shall be provided in shielded multiconductor cable per EN60204-1. Wires to be run in central cable tray.

Controls Screens Included

- Security access screen
- System overview
- System data display
- Alarm history
- Individual component display of operational status, 4-20 mA instruments and control
- Alarm status and indication
- Alarm description
- Set point screens

VFD, Starters and Disconnect Adds Fused Disconnect to Included Motor Starter. Details:
 STARTER,N4X,380/200-240VAC,S&S,18-85A
 FUSE-DELAY,600V,150A,LPJ-150SP
 DISCONNECT-SWITCH,600V,200A,IP55,FUSED

Instrumentation

Location	Type	Model
Feed	Conductivity Sensor	N/A
Permeate	Conductivity Sensor	2850 George Fischer Signet Conductivity Sensor with Transmitter
Permeate	Flow Meters	2537 George Fischer Signet Paddle Wheel Flow meter/Transmitter
Concentrate	Flow Meters	2537 George Fischer Signet Paddle Wheel Flow meter/Transmitter
Pre-filter,post-filter, primary,pump discharge,final	Pressure Gauge	Span, Wika, or Equal
Feed, Permeate, Concentrate	Pressure Switch	IFM Efector model PK6524
Prefilter,Post filter, Primary,Final	Pressure Transmitter	N/A
Inlet	Temperature Sensor/Transmitter	IFM Efector model TA2613
Inlet	pH Meter	N/A
Inlet	ORP Meter	N/A
Feed	Chlorine Sensor	N/A
Panel	Multiparameter Analyzer	N/A

Rev: 1.0, Presentation Date: Jun 29,2021 Valid until: Jul 29,2021

SUEZ Confidential and Proprietary Information - The information contained in this document is submitted for evaluation by Customer only. Customer agrees not to reveal its contents except to those in Customer's organization necessary for evaluation. Copies of this document may not be made without the prior written consent of SUEZ Management. If the preceding is not acceptable to Customer, this document shall be returned to SUEZ.



Note, if ORP option is chosen, it is mandatory to confirm the feedwater feeding the RO system is free of oxidizing material such as free and total chlorine. A daily manual confirmation or use of a calibrated online free or total chlorine analyzer is required. ORP analyzers may be used as supplemental notification but are not reliable enough to protect the membranes from oxidization damage. The SUEZ warranty does not cover membrane oxidation damage due to faulty ORP instrument readings.

Membrane System Alarms

Low Inlet Pressure

- High Temperature
- High Permeate Pressure
- High Concentrate Pressure
- Low Permeate Flow
- Low Concentrate Flow
- High Permeate Conductivity

Features

- Siemens processor and components
- FCA Wuxi, China
- Electronic copy of program
- Pre-filter cartridge filter housing mounted on the membrane skid
- High-pressure pump mounted on the membrane skid
- CE Marked
- Permeate flush on Shutdown
- Low voltage control panel mounted on RO skid

Accessories

VFD	VFD,30KW,380-480V,IP66,RFI,FC202,DANFOSS
VFD	FUSE-FAST,600V,CLASS J,80A,BUS DISCONNECT-SWITCH,600V,100A,IP55,FUSED
CIP Tank	TANK,CIP-BAS,1500L,PP

Rev: 1.0, Presentation Date: Jun 29,2021 Valid until: Jul 29,2021

SUEZ Confidential and Proprietary Information - The information contained in this document is submitted for evaluation by Customer only. Customer agrees not to reveal its contents except to those in Customer's organization necessary for evaluation. Copies of this document may not be made without the prior written consent of SUEZ Management. If the preceding is not acceptable to Customer, this document shall be returned to SUEZ.



CIP Pump
CIP Starter

PUMP&MTR,CIP-EU,60M3/H@30M,50HZ,LOWARA, 7.5 KW
ELEC-ASSY,MOTOR STARTER,400VAC,DS,7.5KW

Water Technologies & Solutions

PROflex*

reverse osmosis and nanofiltration systems

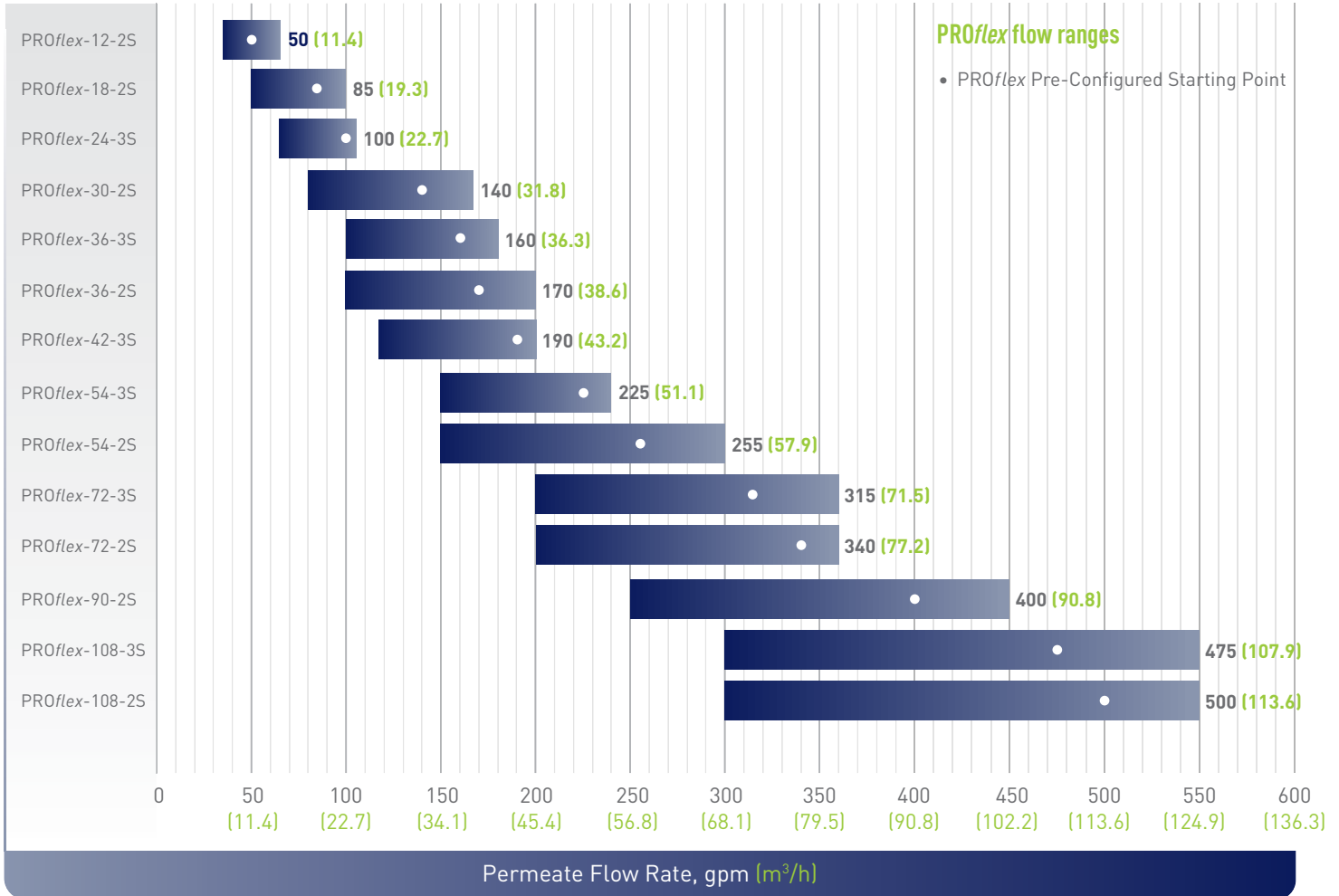


Pictured:
North American model

PROflex – true flexibility to design a system you want

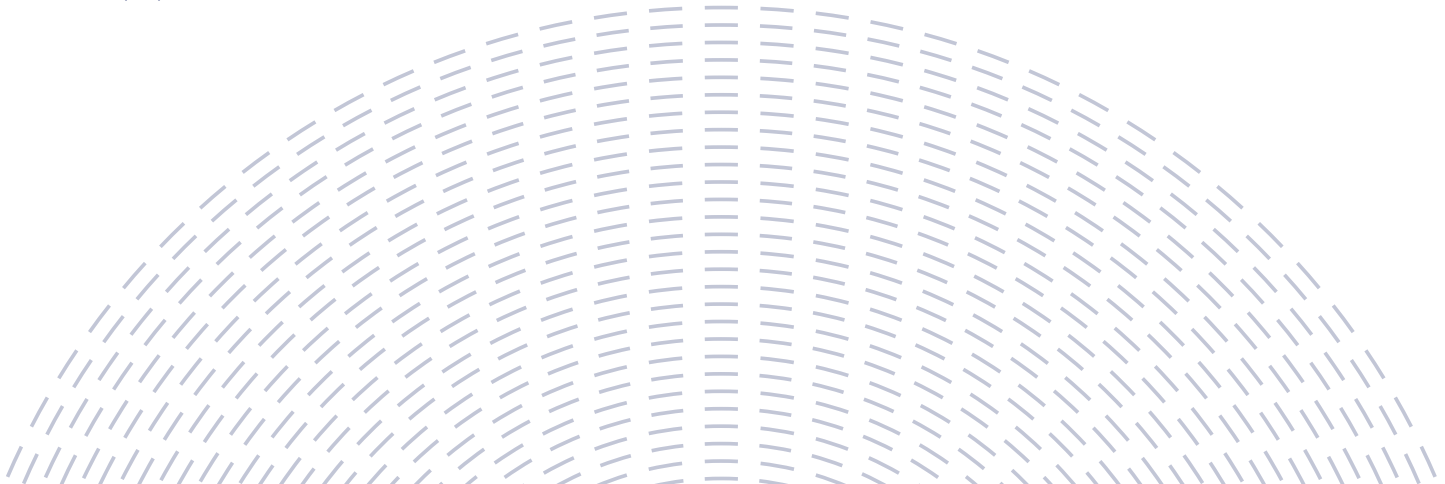
PROflex offers the flexibility to choose a system that will allow you to choose an aggressive or conservative design to meet the capital requirements of your specific situation. PROflex allows complete choice on arrays, number of elements, and pump sizes within each array. There are further options for your choice of instrumentation, PLC controller, electrical components, membranes and other hardware such as frame and housings. You can also reduce engineering time by letting SUEZ include complementary pre-treatment and chemical cleaning equipment. The figure below identifies the 14 default configurations and also the hydraulic limits of the design as indicated by the flow range for each model.

PROflex flow ranges



The base assumption included in these designs are:

- 60°F feedwater temperature
- 400 sq. ft. SUEZ AG membrane elements
- 77.5-80% RO recovery
- Tonkaflo pump as available in select models



PROflex RO features and benefits:



one source
Better protection and longer filter life with high flow Z-Plex* 1-micron prefilter

flexible design
Your choice:

- 2 or 3 stage
- Number and type of elements
- Many different pump sizes
- Many different PLC and instrument packages to choose from

reliability
Factory tested integrated control package

one source
Competitive performance and single source accountability with SUEZ membranes

reliability
80% water recovery and lower mineral scale potential with 3-stage array

flexible solutions with speed
Some PROflex series default skids will be inventoried for speed to market

reliability
Reduced cleaning frequency and extended membrane life with feed or permeate flush

one source
Reduced footprint and single source accountability with SUEZ Tonkaflo Pump (in North American models only)

reliability
Reduced footprint and stronger assembly with fiberglass or 4-port housing in stainless steel

reliability
UL/cUL compliant
ISO 9001 compliant factory



PROflex: a platform that meets your needs

The PROflex can easily integrate with a range of pre-engineered pre and post treatment and supporting components like multi-media filters, carbon filters, water softeners, chemical feed systems, tanks, and pumps for the building blocks of a full-scale configurable water system. With decades of engineering and manufacturing experience worldwide, SUEZ offers superior integration and optimization of RO system design.

Find a contact near you by visiting www.suezwatertechnologies.com and clicking on "Contact Us."

*Trademark of SUEZ; may be registered in one or more countries.

©2020 SUEZ. All rights reserved.

GEA33187 Apr-20



APÉNDICE IIIB-2
INFORME DE TRABAJOS PARA LA REALIZACIÓN DE
ENSAYOS DE FLOTACIÓN CON MUESTRAS DE
MINERAL
(AGQ MINING & BIOENERGY)



**INFORME DE TRABAJOS
PARA LA REALIZACIÓN DE ENSAYOS
DE FLOTACIÓN CON MUESTRAS DE MINERAL
(AGQ MINING & BIOENERGY)**

INFORME N° MI13-0010-MET-1

Fecha: 20 de Agosto de 2013



INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L

C/ Raimundo Fernández Villaverde 53, 1º izq. 28003 Madrid

Tel: 91 535 61 72 / 91 534 91 83

Fax: 91 534 91 83

www.crsingenieria.es



ER-0240/2013

GA-2013/0102

3. CARACTERIZACIÓN DE AGUAS DE FLOTACIÓN

3.1. PREPARACIÓN DE MUESTRAS

Con fecha 14 de abril de 2013 se recibieron dos conjuntos de muestras de mineral denominadas "upper composites" y "lower composites" enviadas por EMC, que venían junto a una muestra de agua denominada "muestra agua sondeos L 0201" de fecha 04/04/2013. Con cada uno de los conjuntos de muestras que se detallan a continuación se preparó un composite que se denominó:

COMPOSITE 1: con la mezcla de las siguientes muestras

Upper composite intervals

	SAMPLE	DRILL HOLE	INTERVAL		LENGTH (m)	WEIGHT (g)	Au (g/t)	LITO
			FROM	TO				
1	AST-1	RN11	74.2	74.52	0.32	1028	3.735	GA
2	AST-2	RN18	46	46.35	0.35	750	4.83	GH
3	AST-3	RN24	75.7	76.25	0.55	946	4.05	GH
4	AST-4	RN29	46.2	46.5	0.3	460	3.4	GH
5	AST-5	RN32	54.15	54.36	0.21	532	3.53	GH
6	AST-6	RN30	56.5	67	0.5	1000	3.34	GH
7	AST-7	RN66	48.45	48.78	0.33	558	3.22	GH
Total :					2.56	5274		

COMPOSITE 2: con la mezcla de las siguientes muestras:

Lower composite intervals

	SAMPLE	DRILL HOLE	INTERVAL		LENGTH (m)	WEIGHT (g)	Au (g/t)	LITO
			FROM	TO				
1	AST-8	RN35	224.88	225.05	0.17	298	3.67	GP
2	AST-9	RN16	260.65	261	0.35	528	3.03	GH
3	AST-10	RN19	216.45	216.9	0.45	648	3.42	GH
4	AST-11	RN23	246.95	247.38	0.43	668	3.64	GH
5	AST-12	RN26	152.8	153.3	0.5	790	3.53	GH
6	AST-13	RN31	126.2	126.42	0.22	380	3.18	GH
7	AST-14	RN42	236.1	236.7	0.6	1076	4.07	GH
8	AST-15	RN47	198.2	198.5	0.3	506	4.14	GCS
9	AST-16	RN48	209.3	209.7	0.4	684	4.35	GH
Total :					3.42	5580		

Inicialmente, se realizó la trituración de la muestra mediante triturador de mandíbulas hasta conseguir un tamaño de partícula menor de 2 mm, asegurándolo mediante cernido por tamiz metálico, y procediendo a volver a triturar el rechazo sobrante. De esta forma se consigue el primer objetivo de reducción de tamaño y también facilitar la tarea de homogeneización de la muestra global.

Para la homogeneización de la muestra se utilizó una manta de cuarteo de polipropileno de 2x2 m y se prepararon 6 lotes de muestras (envasadas mediante bolsas de polipropileno) a partir de las cuales se extraen con posterioridad las diferentes alícuotas necesarias para los ensayos de flotación.

3.2. ESTUDIO DE MOLIENDA

El siguiente paso en el estudio metalúrgico fue la definición de los tiempos y cargas molturantes necesarias para reducir el tamaño de partícula desde los 2 mm hasta un K-80 de unas 105 micras.

Para ello se utiliza un molino rotatorio, mediante un tambor de acero con cierre hermético.

Las condiciones estándar con las que se llevaron a cabo las moliendas son las siguientes:

- Masa de sólido: 700 gramos
- Masa de agua: 540 g (Dp 56%)
- Masa de bolas de 20 mm de diámetro: 5000 gramos
- Masa de bolas de 15 mm de diámetro: 2500 gramos.
- Masa de bolas de 9 mm de diámetros: 500 gramos.
- Volumen total de tarro molienda: 5000 cc.
- Velocidad de giro de tarro: 80 r.p.m

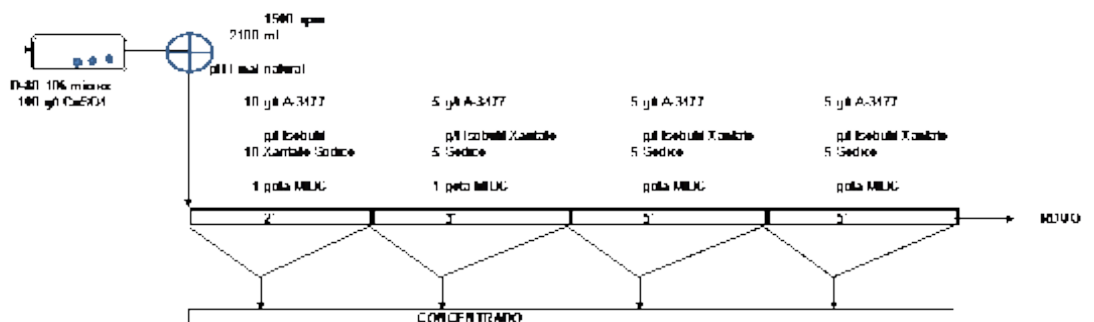


Detalle de tarro de molienda

Con estas condiciones estándar, se procedió a realizar los ensayos de molienda sobre la muestra, manteniendo la densidad de pulpa y barriendo a dos diferentes tiempos molienda.

3.3. ENSAYOS DE FLOTACIÓN DE DESBASTE

Una vez definidos los tiempos de molienda se realizaron los ensayos de flotación de desbaste con las dos muestras de mineral en un equipo de flotación de laboratorio (DENVER 10). Las condiciones aplicadas fueron las siguientes:



Finalizados los ensayos de flotación se procedió a la separación de los sólidos y las aguas por filtración a presión, en la tabla siguiente se muestran los datos analíticos de las dos aguas del proceso de flotación, así como, la del agua usada en los dos ensayos de flotación y remitida por EMC:

Muestra		Agua sondeos L 0201 A-13/11081	Agua Flotación Composite 1 A-13/11082	Agua Flotación Composite 2 A-13/11083
Parámetro	Unidades			
pH	-	7,21	7,71	7,94
Antimonio Total en Aguas	µg/L	0,2	432,2	124,3
Arsénico Total en Aguas	µg/L	9,6	334,1	406,7
Cadmio Total en Aguas	µg/L	0,9	0,6	0,7
Calcio en Aguas	mg/L	12,0	51,2	40,6
Carbono Orgánico Total en Aguas	mg/L	2,3	4,9	3,4
Cianuro Total en Aguas	mg/L	0,0	0,0	0,0
Cloruros en Aguas	mg/L	47,7	60,8	56,4
Cobalto Total en Aguas	µg/L	14,4	9,7	14,0
Cobre Total en Aguas	µg/L	16,6	16,1	17,7
Conductividad Eléctrica en Aguas	µS/cm a 25°C	302,5	613,6	492,8
Cromo Total en Aguas	µg/L	1,1	6,8	8,2
DQO en Aguas	mg/L	9,0	72,0	68,0
Estaño Total en Aguas	µg/L	0,0	1,0	0,4
Fluoruros en Aguas	mg/L	0,0	0,3	0,2
Hierro Total en Aguas	µg/L	< 10,0	303,2	355,9
Magnesio en Aguas	mg/L	11,6	17,7	15,0
Manganeso Total en Aguas	µg/L	94,1	110,7	100,2
Molibdeno total en Aguas	µg/L	2,8	16,0	16,0
Níquel Total en Aguas	µg/L	1,1	3,7	3,9
Plata Total en Aguas	µg/L	0,2	0,9	0,9
Plomo Total en Aguas	µg/L	3,9	3,1	5,7
Potasio en Aguas	mg/L	< 2,0	13,4	11,4
Selenio Total en Aguas	µg/L	1,3	2,5	0,5
Silicio en Aguas	mg/L	13,8	14,0	13,2
Sodio en Aguas	mg/L	35,9	46,3	46,9

Muestra		Agua sondeos L 0201 A-13/11081	Agua Flotación Composite 1 A-13/11082	Agua Flotación Composite 2 A-13/11083
Sulfatos en Aguas	mg/L	8,9	166,7	53,1
Sulfitos en Aguas	mg/L	0,5	1,0	0,5
Zinc Total en Aguas	µg/L	80,3	131,1	129,9

3. LABORATORIO DE ENSAYOS

Los ensayos analíticos de las muestras han sido realizados en el laboratorio acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), bajo la norma UNE EN ISO/IEC 17025:2005, con Nº de Acreditación: 479//LE1035, y por el Servicio Internacional de Acreditación (IAS) con número de expediente TL-475.

4. CERTIFICACIÓN.

Que los resultados reflejados en el presente informe se corresponden con el día y horas indicados, empleando los procedimientos y equipos descritos y siendo desarrollados sobre la instalación referenciada por personal de AGQ Mining & Bioenergy, S.L.

Elaborado por:



Miguel A. Mejías
Ldo. En Química



Manuel José García Gómez
Dr Ciencias Químicas

El informe tiene validez siempre y cuando no varíen las condiciones de funcionamiento de la instalación y los requisitos de referencia sigan siendo aplicables.

El informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de AGQ Mining & Bioenergy, SL y del CLIENTE.

Los resultados obtenidos únicamente atañen al ítem inspección.

ANEXO IV
ALTERNATIVA "0" O DE NO REALIZACIÓN DEL
PROYECTO



Alternativa 0 o de no ejecución del Proyecto Salave

*Análisis territorial de
la comarca Eo-Navia*



GeoNalón
Consultoría Territorial y GIS

jun 2021

Edita: Exploraciones Mineras del Cantábrico



Director de proyecto: Carlos Sánchez López, Geógrafo colegiado nº2.684.

Autores: GeoNalón, Consultoría Territorial y GIS

Carlos Sánchez López

Jaime López Simón

Tomás Ramón Álvarez

Adrián Menéndez Sánchez



Preámbulo	1
1. Comarca.....	1
2. Bastidor natural	3
2.1. Clima.....	3
2.1.1. Factores atmosféricos que influyen en el clima de Asturias.....	3
2.1.2. Análisis del clima de Asturias	4
2.1.3. Evolución del clima en Asturias y cambio climático.....	7
2.1.4. Conclusiones	12
2.2. Relieve y geomorfología	13
2.3. Usos del suelo	15
2.4. Espacios naturales protegidos	16
2.5. Resumen del bastidor natural.....	19
3. Población.....	20
3.1. Evolución	20
3.2. Estructura de la población	21
3.3. Indicadores demográficos.....	22
3.3.1. Índice de masculinidad	22
3.3.2. Índices de juventud y vejez	23
3.3.3. Índice de dependencia.....	23
3.3.4. Tasa de Natalidad	24
3.3.5. Tasa de mortalidad.....	24
3.3.6. Crecimiento vegetativo o natural	25
3.3.7. Saldo migratorio	25
3.3.8. Variaciones residenciales	26
3.3.9. Lugar de nacimiento y residencia	27
3.3.10. Residentes en el extranjero	27
3.4. Poblamiento	28
3.4.1. Distribución de la población.....	28
3.4.2. Unidades de población.....	29
3.5. Resumen de la población y el poblamiento	31
4. Actividades económicas y mercado laboral	33
4.1. Mercado laboral.....	33
4.1.1. Asalariados vs no asalariados.....	33
4.1.2. Empleo.....	34
4.1.3. Paro	37

4.1.4. Renta familiar disponible	38
4.2. Actividades económicas	38
4.2.1. Valor Añadido Bruto, reparto territorial y sectorial.....	38
4.2.2. Actividad empresarial.....	40
4.2.3. Sector primario.....	41
4.2.4. Áreas industriales y techo industrial	47
4.2.5. Alojamientos turísticos y actividad	48
4.2.7. Camino de Santiago.....	49
4.3. Resumen de actividades económicas y mercado de trabajo.....	51
5. Servicios y cohesión territorial	53
5.1. Educación.....	53
5.2. Sanidad	53
5.3. Vivienda, transacciones y valoración de inmuebles	54
5.4. Planeamiento.....	56
5.5. Infraestructuras de transporte	57
5.6. Telecomunicaciones.....	57
5.8. Resumen de servicios y cohesión territorial.....	59
6. Paisaje	60
7. Conclusiones y escenario futuro	62
7.1. Cambio climático y posibles efectos	62
7.2. Conclusiones generales y escenario futuro	64
8. Bibliografía y fuentes consultadas	67

Preámbulo

Este documento pretende abordar el análisis y evolución previsible de la comarca Eo-Navia, subregión perteneciente al Principado de Asturias.

En primer lugar, recoge una aproximación a la realidad territorial para delimitar el área de estudio. Posteriormente se abordará el bastidor natural, es decir, todo aquello que condiciona la actividad humana (relieve, clima), así como parte del resultado de la interacción del hombre con el medio y su evolución más reciente (usos del suelo).

En el segundo apartado se estudia la evolución de la población y el poblamiento, reflejo y componente indispensable del siguiente punto, las actividades económicas y el mercado laboral. A continuación, se analizan los servicios, infraestructuras y equipamientos que garantizan la cohesión territorial.

Tras el análisis del paisaje -expresión de la interacción de los componentes y factores antes descritos-, finaliza el documento con un resumen de los puntos que se consideran de mayor interés y un breve apunte a las necesidades de la comarca: elementos necesarios para garantizar la sostenibilidad social, económica y ambiental del territorio.

1. Comarca

Para efectuar un análisis óptimo de los factores y dinámicas que influyen en el territorio, resulta imprescindible delimitar el territorio en cuestión atendiendo a las diferentes características físicas y funcionales de los concejos occidentales de la región.

Desde la redacción y aprobación del Estatuto de Autonomía (1.981), aparecen estudios de distinta época y con diferentes fines que abordan esta cuestión:

- **Decreto 112/1984 (LPAS 1984/2383), Mapa Sanitario de Asturias.** Con las competencias en Sanidad transferidas a las comunidades autónomas, la administración regional afronta la división del territorio en diferentes áreas jerarquizadas para organizar la gestión de los recursos sanitarios. Se efectúan revisiones periódicas, la última en 2.007, que divide el Principado en 8 áreas principales: dos en el Occidente, una en el Oriente y las cinco restantes en el centro de la región.
- **Delimitación de comarcas e interacción espacial en Asturias, Sociedad Asturiana de Estudios Económicos e Industriales (SADEI, 1985).** Estudio elaborado por el principal organismo estadístico de la región. El análisis está fuertemente condicionado por los principales núcleos estructurantes del territorio: las ciudades y villas, entes que aglutinan actividades y servicios de los que dependen las entidades menores próximas.



Ilustración 1. Áreas sanitarias de Asturias (2006).



Ilustración 2. Comarcas de Asturias, SADEI (1.985) y DROT (1991).

Esta delimitación solo difiere de la sanitaria en un concejo, y ha sido utilizada para la redacción de las **Directrices Regionales de Ordenación del Territorio (DROT, 1991)** en vigor.

- Avance de las nuevas DROT (2.006). Los nuevos desafíos a los que se enfrenta el territorio a comienzos del presente siglo provocan un intento de reformulación de los contenidos de las DROT. A pesar de no llegar a término, en el documento de avance se propone una comarcalización en detalle: pasarían de 8 a 13 comarcas, ampliando la división en la Subregión Central y adaptando -al menos en parte- las subregiones periféricas a la división comarcal empleada para la aplicación de los Programas de Desarrollo Rural comunitarios iniciados en la década de 1.990 (LEADER y PRODER).



Ilustración 3. Izquierda: programas comarcales LEADER en vigor. Derecha: Avance de las nuevas DROT (2.006).

Atendiendo a las diferentes divisiones y a la realidad física y funcional, **la comarcalización propuesta por SADEI y en vigor para las políticas territoriales (DROT, 1.991) parece ajustarse mejor al presente análisis:**

- Como podrá verse en diferentes apartados del análisis, el concejo de Navia constituye el principal motor económico del Noroccidente, gracias al destacado papel de la actividad industrial. El paso del principal eje de comunicación del área Cantábrica también facilita la reducción de tiempos en la comunicación con el resto de concejos, lo que posibilita el establecimiento y mantenimiento de población -especialmente en la **franja costera**- que participará en la dinámica territorial como *commuters* o habitantes que realizan desplazamientos pendulares para ir al trabajo o a centros educativos.
- Teniendo en cuenta el espacio central que ocupa Navia en la dinámica territorial, parece más que razonable incluir en la comarca el **valle del río homónimo**. Además del vecino concejo de Villayón, los concejos de Coaña, Boal, Illano, Pesoz y Grandas de Salime están vertebrados por la carretera AS-12, “tributaria” del eje costero y que inicia su trazado en la villa naviega.

Dinámica similar presentan el resto de **valles interiores** de la comarca propuesta: las vías de comunicación, del mismo modo que el relieve y la red hidrográfica, están fuertemente jerarquizadas y orientan los flujos hacia la costa, donde se encuentran los principales núcleos de población (villas) y actividad.

- El concejo de Valdés puede generar dudas en cuanto a su inclusión en la comarca Eo-Navia, en tanto en cuanto está situado en el extremo oriental de la misma y presenta áreas con diferentes dinámicas: costa oriental próxima a Cudillero y relativamente cerca del área de influencia de Avilés; interior ganadero en el área de influencia de Tineo; y costa occidental, aunque con personalidad propia, muy próxima a Navia. Al situarse el área más poblada y dinámica en la costa occidental (Luarca-Almuña-Barcia) se opta por incluirla en la presente comarcalización.



Ilustración 4. Dinámica territorial en la comarca Eo-Navia.

En los siguientes apartados se analizarán la situación actual y las dinámicas de los siguientes componentes y factores que forman parte e influyen en la comarca Eo-Navia:

- El bastidor natural, como condicionante de las actividades y dinámicas que se han venido desarrollando en el territorio.
- La población, como componente y a la vez expresión de las actividades desarrolladas.
- Las actividades económicas, el mercado laboral y los servicios y equipamientos; como parte fundamental del análisis, pues permiten aproximarse a la estructura y funcionamiento del territorio.
- El paisaje, como síntesis de los puntos anteriores y expresión de los valores naturales y culturales de la comarca.

2. Bastidor natural

2.1. Clima

2.1.1. Factores atmosféricos que influyen en el clima de Asturias

El clima que domina en la península ibérica es muy diverso: si atendemos a la clasificación climática de Köppen, el clima que predomina en la península es el templado, sin embargo, dentro del clima templado se contempla bastante variabilidad entre territorios. A grandes rasgos, destaca la diferencia entre el clima que domina en el Norte (en torno al Cantábrico) respecto al clima predominante en la Meseta.

Para realizar la clasificación climática del Principado, utilizamos la versión modificada Köppen- Geiger que se aproxima más a la realidad climática del momento. Si en ella incluimos los datos de precipitación y temperatura de los que

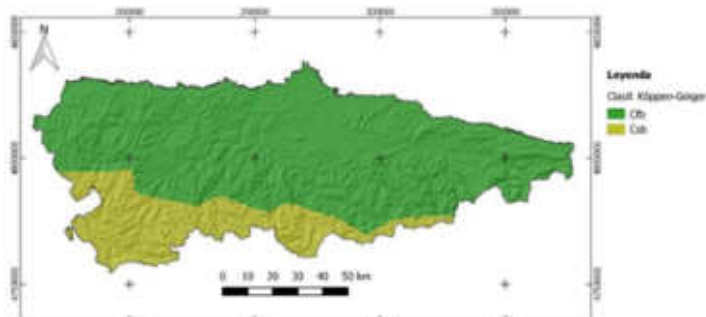


Ilustración 5. Mapa de clasificación climática de Köppen-Geiger en el Principado de Asturias. Olivares Navarro, 2015.

disponemos para la realización de este estudio, pueden observarse dos tipos de clima:

- Cfb: Son climas templados, sin estación seca, y con un verano templado que es el clima que domina en la mayor parte de la cornisa cantábrica.
- Csb: Son los climas templados, con verano seco. Este clima predomina en la parte interior occidental del principado de Asturias.

2.1.2. Análisis del clima de Asturias

Para comenzar con el análisis es importante señalar las fuentes con las que se puede contar hoy en día para estudiar el clima de Asturias. Teniendo en cuenta que el clima es un fenómeno global y que las variables meteorológicas que se dan en un lugar inciden de una u otra manera en otro, es importante constatar que los datos meteorológicos recogidos hasta la actualidad (2020), son muy escasos en el tiempo aproximado de 50 años (serie completa de datos de Oviedo), mientras que en otros lugares la disponibilidad de datos es muy variable: en alguna estación aunque se tienen datos de periodos concretos más lejanos en el tiempo, son datos aislados y que no tienen datos similares con lo que comparar, por lo que su utilidad es escasa. No obstante, apoyándonos en datos que tenemos actualmente sí que podemos hacer un análisis bastante completo sobre la evolución del clima de Asturias durante los últimos 40 años. Para ello, aparte de los datos de las estaciones automáticas del AEMET, utilizaremos datos recogidos de manera manual por los distintos observadores que conforman la red de observadores de meteorológicos de España.

Por otro lado, también usaremos mapas históricos de temperaturas a diferentes alturas, precipitaciones, vientos, así como mapas sinópticos y diferentes estudios que se han realizado sobre el clima de Asturias, sobre el clima de España y sobre el cambio climático.

2.1.2.1. Precipitaciones

Las precipitaciones son uno de los aspectos más representativos del clima en Asturias, siendo este uno de los rasgos diferenciadores entre los climas mediterráneo y oceánico. También, es una variable meteorológica fundamental para explicar el bastidor natural asturiano.

Es importante destacar no solo la cantidad de lluvia total que cae en un lugar a lo largo del año, también la estacionalidad y torrencialidad de la misma a lo largo del año, factor que determina dos estaciones extremas y una intermedia: una estación fría y húmeda (otoño e invierno), con precipitaciones abundantes- acumula el mayor número de días de lluvia anuales-, capaces de saturar el suelo en algún momento de la estación, generando escorrentías y produciendo crecidas en los ríos; una estación seca y templada (verano), donde se produce el mínimo de precipitaciones anuales, llegando a resultar algún mes seco; y una estación intermedia (primavera) con tipos de tiempo variables y que pueden aproximarse a distintos extremos.

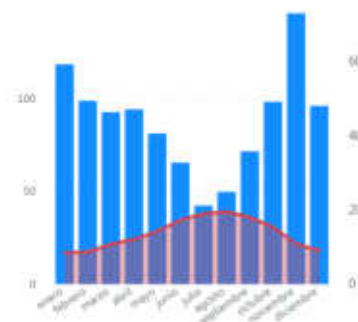


Ilustración 6. Promedio de precipitaciones y temperaturas medias mensuales. AEMET, 2.000-2.019.

Teniendo clara estas bases generales, si analizamos las precipitaciones de una manera particular encontraríamos grandes diferencias entre unos lugares y otros, aun teniendo un tipo de clima similar o encontrarse en latitudes aproximadas. Estas diferencias vienen determinadas por tres factores diferenciales: la situación latitudinal, la posición respecto al mar y la topografía. Asturias se encuentra en una posición sometida a una **interacción entre dos masas de aire de naturaleza muy distinta**: por un lado, una de origen polar (N); y otra, de origen subtropical (S). Este hecho hace que nos encontremos en una latitud donde, al confluir las dos capas, se forman remolinos de bajas presiones denominados borrascas. Estas borrascas llevan consigo un frente frío y un frente cálido. Los centros de bajas presiones viajan a lo largo del planeta como una

corriente que va de Oeste a Este. La cornisa Cantábrica y en particular Principado de Asturias se encuentra en una zona donde circulan estas borrascas con sus frentes asociados, generando lluvias. Estas suelen producirse en los meses de invierno debido al descenso del frente polar en esta época del año, y cuando se generan situaciones de vientos del O y sobre todo N y NO, que generan tipos de tiempo lluvioso que en ocasiones pueden ser lluvias fuertes y persistentes.

En los meses de verano, sin embargo, el frente polar tiende a estabilizarse hacia el Norte, dejando paso al frente subtropical que se deja notar con tipos de tiempo anticiclónicos o con vientos del NE que tienen cierta continentalidad y por lo tanto secos en su naturaleza, haciendo de las precipitaciones escasas.

El segundo factor determinante en las precipitaciones de la región es la **influencia marítima**. La España peninsular se extiende en una porción de tierra rodeada de agua en todo su territorio -salvo los Pirineos-, este hecho hace que muchos de los vientos dominantes puedan llegar con un aporte de humedad importante a la península. Asturias en particular se encuentra en el Norte de la península, teniendo contacto directo al Norte con el Mar Cantábrico; mientras al Oeste, aún no teniendo contacto directo con el Océano Atlántico, recibe una influencia marítima notable.

Con ello podemos explicar la distribución anual de las precipitaciones: en los meses de invierno los vientos predominantes son del O, NO y N; vientos húmedos, de origen marítimo, que generalmente presentan grandes recorridos que se truncan al chocar directamente con la península, dejando grandes cantidades de precipitación a su paso.

Otro aspecto relacionado para tener en cuenta es la temperatura del Mar Cantábrico, bastante elevada para la latitud en la que se encuentra. Este detalle es bastante importante ya que, cuando está bajo la influencia de vientos del Norte, la capacidad de generar inestabilidad es mayor y por tanto las precipitaciones pueden ser más intensas. Como ejemplo podemos poner la diferencia de temperatura del mar que encontramos entre las costas gallega y vasca en verano, debido a que las temperaturas de las aguas del Golfo de Vizcaya son más altas que las del Océano Atlántico (Ilustración), genera más transferencia de calor y humedad, y por tanto, mayor inestabilidad y precipitaciones en el cantábrico oriental. Asturias se encuentra entre estas dos realidades: se puede apreciar en la parte oriental mayores precipitaciones en verano que en el extremo occidental.

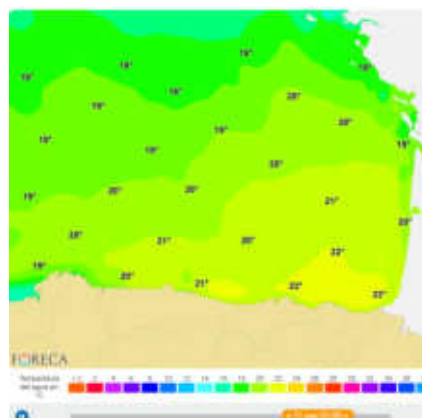


Ilustración 7. Mapa de temperatura del mar a finales de verano. FORECA.

El último factor diferencial para explicar la distribución de las precipitaciones es la **topografía u orografía**.

La Cordillera Cantábrica estando lejos de la altitud y longitud de otras grandes formaciones montañosas de Europa, juega un papel muy importante en el clima de Asturias. Constituye una frontera natural entre dos tipos de clima, oceánico y mediterráneo. La Cordillera Cantábrica hace de obstáculo cuando los vientos entran de N o NO, originando un estancamiento nuboso y por tanto precipitaciones en el área de barlovento (efecto Föhn). Dependiendo del origen de las masas de aire pueden ser simples lloviznas (orbayo) o precipitaciones persistentes y localmente fuertes. Debido a este motivo, Asturias no es sólo una de las regiones más húmedas de España, también una de las que cuenta con un menor índice de insolación.

También relacionado con la orografía, es necesario hacer hincapié en las sierras adyacentes a la Cordillera, normalmente orientadas en dirección N-S. Ello implica también la aparición del efecto ladera o Föhn, que provoca diferencias significativas de precipitaciones entre lugares

separador por pocos kilómetros de distancia. Ello también explica porque en el litoral -donde la ausencia en gran parte del territorio de sierras cercanas- se recogen menos precipitaciones que en otros lugares, donde las laderas de las sierras hacen que en la ladera de barlovento precipite con mayor cantidad e intensidad.

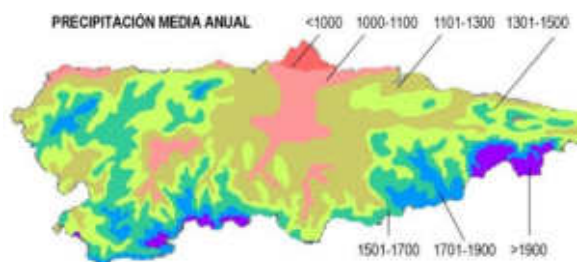


Ilustración 8. Mapa de distribución de las precipitaciones medias anuales en el Principado. Felicísimo, 1.992.

2.1.2.2. Temperaturas

Las temperaturas en el Principado por lo general presentan un carácter suave, con una temperatura media 13,9 grados. Esta se caracteriza por ser regular a lo largo del año sin grandes amplitudes térmicas. Las mínimas suelen alcanzarse en los meses de diciembre y enero, en épocas donde el anticiclón es propenso a alcanzar la península, dejando ausencia de nubosidad y viento; y, coincidiendo con las noches más largas del año, suele producir heladas en los valles debido a la inversión térmica. Por otro lado, los inviernos -en general- en las zonas de costa y valles suelen ser suaves, mientras que en las zonas de montaña son fríos. Los veranos suelen ser cálidos en el interior con una temperatura media rondando los 19 grados con máximas que rozan los 25 grados de media. El periodo más caluroso del año se suele dar entre el 15 de Julio y el 15 de agosto, aunque en ocasiones puede fluctuar dependiendo del año. En las zonas de costa las temperaturas máximas suelen ser más suaves debido a la influencia de las brisas marítimas.

A pesar del carácter apacible de las temperaturas, existen episodios de temperaturas extremas: olas de calor y olas de frío. Hasta hace pocos años uno de los mayores problemas era la inexistencia de una definición única y precisa del concepto “ola de calor”, por lo que cada experto interpretaba los datos de manera distinta: lo que para uno era una ola de calor, para otro no, dando lugar a interpretaciones subjetivas del término. Fue en el año 2.019 cuando la AEMET homogeneizó el término, optando por la siguiente definición: *se considera ola de calor a un episodio de al menos 3 días consecutivos, en que como mínimo un 10% de las estaciones consideradas registran máximas por encima del percentil 95% de su serie de temperaturas máximas diarias de los meses de julio y agosto del periodo 1971-2000*. Para la estación de Oviedo podemos comprobar como el umbral de temperatura estaría situado en 28,2 °C y este umbral debería ser sobrepasado durante 3 días seguidos. Si aplicamos el cálculo a los datos que disponemos de la serie de Oviedo, vemos como desde que se tienen datos en Asturias hemos sufrido **13 olas de calor**.

En cuanto a las olas de frío, tampoco se contaba con una definición homogénea para poder analizar con exactitud el fenómeno en cuestión, esto llevaba siempre a interpretaciones muy subjetivas. En el año 2.019 la AEMET optó por la siguiente definición: *se considera ola de frío a un episodio de al menos tres días consecutivos, en que como mínimo el 10% de las estaciones consideradas registran mínimas por debajo del percentil 5% de su serie de temperaturas mínimas diarias de los meses de enero y febrero del periodo 1971-2000*. En este caso el umbral se situaría en los -0,2°C, y aplicando los cálculos a la serie histórica el recuento arrojaría un total de **24 olas de frío**.

2.1.2.3. Viento

Los vientos en el Principado destacan por su estacionalidad: por un lado, en la estación invernal nos encontramos con unos vientos marcados del SE, debido preferentemente a la cercanía del anticiclón en estos meses del año; durante el verano, el régimen de vientos cambia radicalmente, ya que el anticiclón cambia de posición quedando emplazado en la zona de las Azores. Ello combinado con la cercanía de borrascas atlánticas, genera vientos del NE. Estos vientos tienen un carácter seco y fresco.

2.1.3. Evolución del clima en Asturias y cambio climático

2.1.3.1. Cambio climático

El clima es dinámico, a lo largo de la historia ha sufrido una evolución constante. Se calcula que, en el último millón de años, la temperatura de la tierra ha sufrido oscilaciones muy importantes: periodos glaciares (muy fríos) y periodos interglaciares (muy cálidos). Estas oscilaciones tienen gran importancia a nivel planetario, tanto a nivel natural como humano.

La última edad de hielo fue hace 20.000 años (último máximo glacial), desde ese momento se inicia un periodo en el que las temperaturas de la tierra van en ascenso paulatino y por tanto las grandes placas de hielo se van retirando, dejando paso a extensiones de vegetación y esculpiendo el paisaje que conocemos hoy en día (periodo interglacial).

Los motivos por los que se producen estos cambios son diversos y en la actualidad probablemente no se tengan suficientes datos para explicar a ciencia cierta el porqué de estas fluctuaciones, aunque si hay pruebas que permiten explicarlo en parte. Por un lado y como siempre en los cambios climáticos, no hay un solo motivo que explique estos cambios, sino que son una concatenación de hechos que hace que se produzcan.

Por un lado, es importante resaltar el papel que juega el **sol**, que emite con sus rayos gran cantidad de energía sobre la superficie de la Tierra: debido a la forma esférica, hay regiones que reciben más energía que otras, por ejemplo: en latitudes meridionales (Ecuador) reciben más energía que en los polos, hecho que explica que el clima sea cálido-templado en torno al Ecuador y frío en ambos polos.

Otro de los factores que influye es el **albedo** y los cambios que se puedan producir en él. El albedo es la capacidad que tiene un objeto de reflejar los rayos que recibe del sol. Hay objetos que están de manera natural en la Tierra, que tienen una capacidad de albedo como son la nieve, el hielo, o las nubes. Algunos de estos objetos/materiales sufren cambios: en ocasiones hay más cantidad y por tanto la reflectividad es mayor (periodos glaciares), mientras que en otras ocasiones hay mucho menos (periodos interglaciares). Estas variaciones implican que, a mayor capacidad de reflectividad, el clima sea más frío; mientras que cuando hay menos capacidad de reflejar el sol, la Tierra tiene más capacidad de calentarse, ya que absorbe la energía como podemos ver en el gráfico.

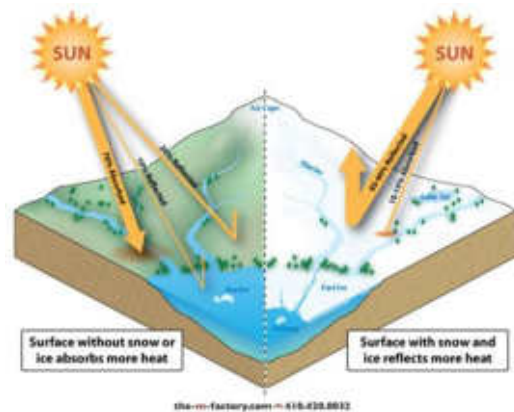


Ilustración 9. Principio teórico del albedo.

La **actividad volcánica** es otro de los factores que tienen capacidad de alterar el clima de la Tierra, ya que inyectan a la atmósfera una cantidad de materiales y gases como el dióxido de azufre, que hace que se generen mayor cantidad de nubes y por tanto el efecto de albedo se incrementa, haciendo que las temperaturas por lo general bajen. Las cenizas también pueden ser enviadas a gran altura alcanzando la estratosfera, lo que hace que genera una pantalla protectora de la radiación solar, reduciendo la temperatura.

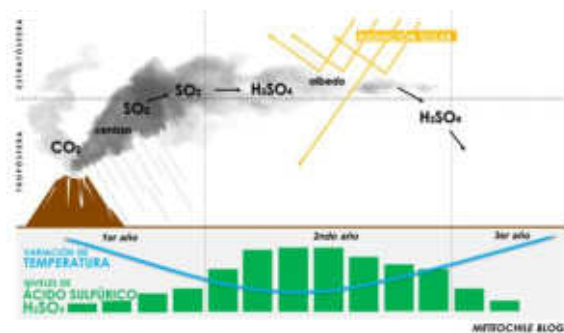


Ilustración 10. Alteraciones climáticas provocadas por erupciones volcánicas. Meteochile.

El último factor que podemos enumerar como de los más importantes es el de los gases de efecto invernadero o CO₂. A lo largo de la historia el índice de concentración de este de gas ha ido aumentando y disminuyendo según las épocas. Estos gases absorben parte de la radiación de la Tierra, disminuyendo la pérdida de calor hacia el espacio y, por tanto, recalentando el planeta. Está demostrado que los periodos cálidos corresponden a la época donde más concentración de CO₂ ha habido, pero esta se ha producido por causas naturales. Desde el siglo XIX el incremento de CO₂ en el planeta ha ido creciendo exponencialmente, pero en este caso no ha sido de manera natural, sino los humanos a raíz de las distintas revoluciones industriales hemos ido produciendo mayor cantidad de estos gases y trasladándose a la atmósfera sin ningún tipo de control hasta hace pocas décadas. El resultado es el que puede observarse en el gráfico: desde el comienzo de la era Industrial (1881) hay una relación directa entre la concentración de CO₂ y las anomalías de temperatura de la tierra. En la actualidad este es uno de los principios fundamentales para los expertos en sus teorías sobre el calentamiento global y el cambio climático.

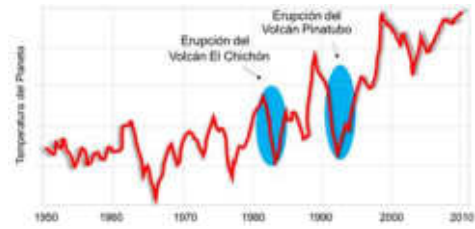


Ilustración 11. Influencia de las erupciones volcánicas en la evolución de la temperatura global.

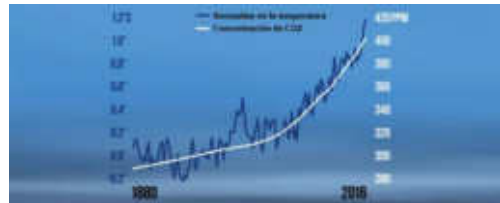


Ilustración 12. Evolución de la temperatura global y de la concentración de CO₂ en la atmósfera. NASA.

2.1.3.2. Evolución del clima en Asturias (1.973-2.019)

Para el análisis del clima en Asturias tomamos como principal referencia los datos de la estación de Oviedo. Si bien el objetivo era realizar un análisis completo utilizando las diferentes estaciones repartidas por el territorio, ello ha sido imposible por la discontinuidad y errores en la toma de datos.

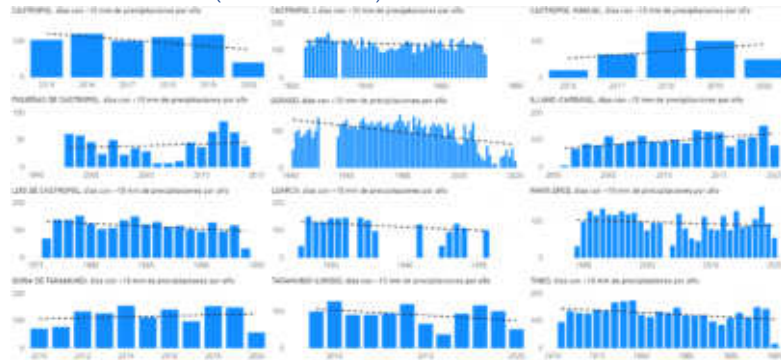


Ilustración 13. Datos de precipitaciones de otras estaciones que muestran los errores y carencias en la toma de datos.

Volviendo al análisis climático en sí, puede afirmarse que a nivel global en las últimas décadas ha continuado el incremento de temperatura; especialmente acelerado en los últimos veinte años.

2.1.3.2.1. Evolución de las temperaturas en Asturias

Las temperaturas, siguiendo el patrón que se puede observar a nivel global, se ve como claramente se produce un ascenso de la temperatura media en la región: un ascenso de aproximadamente un grado en los últimos 40 años.

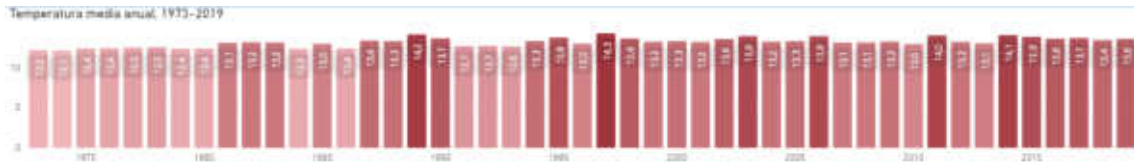


Ilustración 14. Temperatura media anual 1973-2019. Elaboración propia a partir de datos de la AEMET.

Este ascenso afecta principalmente a las temperaturas mínimas, que han subido en todos los meses exceptuando noviembre, diciembre y febrero; meses en los que las temperaturas mínimas se han mantenido más o menos constantes. Si hacemos el análisis por estaciones, podemos observar que han subido en general, aunque en otoño el ascenso ha sido menor, siendo la primavera donde más han subido.

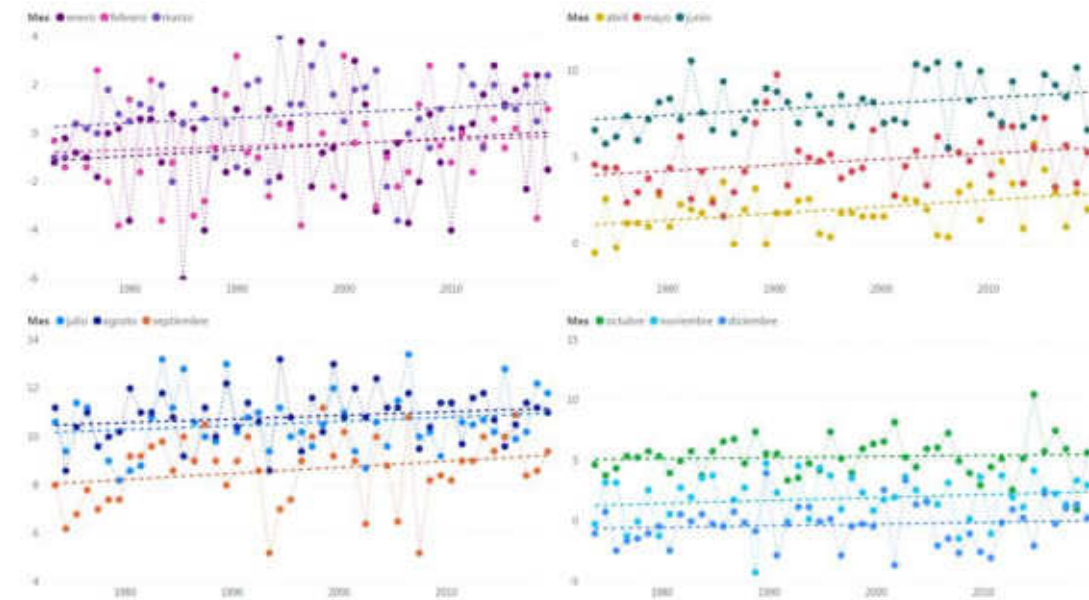


Ilustración 15. Temperaturas mínimas absolutas mensuales (1.973-2019). Elaboración propia a partir de datos de la estación de Oviedo.

Respecto a las heladas (días con temperatura por debajo de 0°C), se observa como en los últimos 40 años se producen varios máximos que dan a entender la existencia de ciclos de 5-7 años, pero no se puede decir que el cambio climático

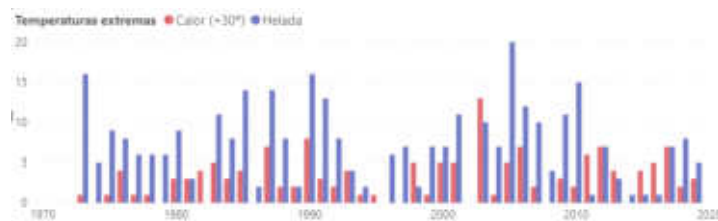


Ilustración 16. Días en los que se han registrado temperaturas extremas. Elaboración propia a partir de datos de la AEMET.

haya hecho que se observen variaciones importantes respecto a las heladas. Lo mismo podemos comprobar en la estacionalidad: habitualmente la mayor parte de las heladas se dan en diciembre y enero, pero observamos cómo hay ciclos en los que incluyen marzo. Habrá que observar si es una tendencia o una variación climática.

Las máximas también han sufrido variaciones, pero no por igual en todas las épocas del año, la mayor subida -con diferencia- la encontramos en marzo y agosto, mientras que en los meses de enero y febrero también se han producido ligeras variaciones al alza, pero menos importantes.

Respecto a las olas de calor (13, en total) puede afirmarse que la mayor concentración se ha producido en la última década, y también se han batido varios récords de temperatura. Son fenómenos muy a tener en cuenta en los siguientes años de estudio, a fin de dirimir si se trata de una tendencia o son consecuencia del cambio climático.

En cuanto a las 24 olas de frío sufridas desde 1.973, se ha producido un reparto bastante equitativo: 14 olas en los 23 años registrados del siglo XX, y 10 olas en los 19 años registrados en el siglo XXI.

2.1.3.2.2. Evolución de las precipitaciones

La tendencia de las precipitaciones -lejos de lo que pueda parecer, o de la evolución que parece tener en otros lugares- en Asturias es al alza. Si analizamos la serie histórica, vemos como desde la década de 1.970 ha habido fluctuaciones respecto a la precipitación total en Oviedo. En la década de 1.980, dos años pasaron de los 1.000 mm anuales; en la década de 1.990, tres años superaron los 1.000 mm anuales; en la década de 2.000 a 2010 se dieron cuatro superaciones; y en la última década se han superado los 1.000 mm en siete de los nueve años recogidos, a lo que habría que añadir los tres años en los que roza el récord de precipitación total de la serie.

Precipitaciones anuales, 1973-2019

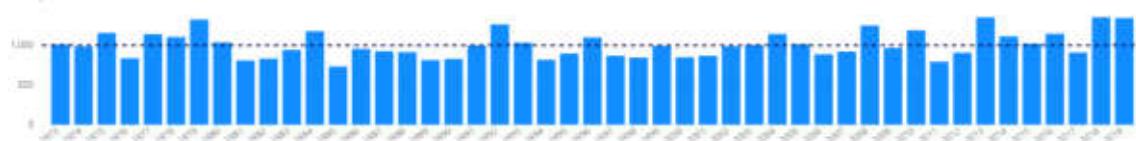


Ilustración 17. Precipitaciones anuales (barras) y constante de 1.000 mm. Elaboración propia a partir de datos de la AEMET.

Observando las precipitaciones por estaciones, en los últimos 20 años se produce un incremento sustancial de aproximadamente el 15%. En cuanto al reparto anual, el mes de julio



Ilustración 18. Evolución mensual de las precipitaciones en Asturias durante el periodo 1973- 2019.

tiende a ser ligeramente más seco, y el mes de noviembre ha experimentado una fuerte oscilación positiva del orden de un 30%.

Si analizamos el nivel de torrencialidad de las precipitaciones -días con precipitaciones por encima de los 40 mm-, observamos que sigue un patrón similar al de las precipitaciones anuales: en la última década 5 años donde se superan o igualan los 4 días al año con precipitaciones torrenciales, siendo uno de ellos el récord de la serie. Si lo comparamos con otras décadas no hay ninguna que iguale esos datos. En la mayoría de los años no se llegaron ni a 4 días, exceptuando el año 1.974 (4 días), año 1.977 (5 días) y el 1.966 (6 días).

Si hacemos un análisis con los días de lluvia por encima de 20 mm observamos también como la tendencia es positiva: de media, hay 2 días y medio más de días de lluvia al año por encima de 20 mm que hace 40 años.

Si hacemos el análisis con los días de lluvia por encima de 10 mm observamos como existe el mismo patrón: desde la década de 1.970 hasta el año 2.010 se puede ver cómo sigue un patrón bastante constante -años de más lluvias y años de menos-, pero a partir del año 2.010 se produce un fuerte incremento superando seis de los diez años los 30 días de precipitación superior a 10 mm, mientras que en el resto de décadas la tendencia es que se superaran estos días 2 ó 3 años.

Si comparamos con los datos de la estación del Musel-Gijón donde existe un clima más aproximado al que podemos tener en la costa occidental, vemos como la tendencia es muy parecida.

En cuanto a los datos anuales de precipitación observamos cómo durante la primera década del siglo XXI la media de precipitaciones fue de 866,27 mm, mientras que en la segunda década del S. XXI la media ha sido de 971,25 mm; lo que supone un claro ascenso en la cantidad de precipitación recogida. El promedio de días de más 1 mm también ha experimentado un crecimiento ya que si en la primera década del presente siglo se registraron una media de 112 días de lluvia anual, en la década actual el promedio ha sido de 123 días.

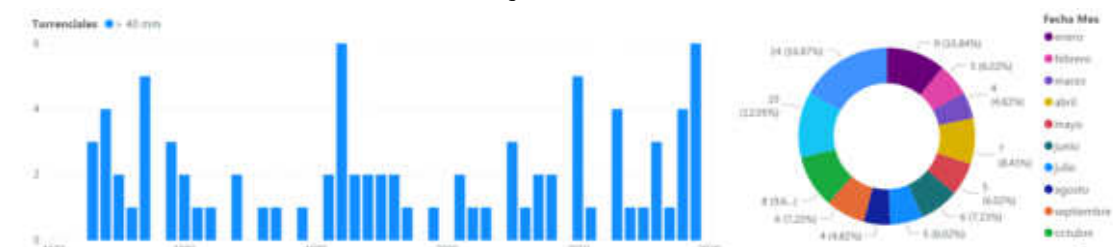


Ilustración 19. Días al año con más de 40 mm de precipitaciones.

Si analizamos los datos de Avilés que también se pueden aproximar a los datos que podemos recoger en la costa occidental asturiana, siguen el mismo patrón. En este caso el promedio de precipitación de la primera década del siglo XXI fue de 812,09 mm anuales, mientras que en la segunda década de S. XX fue de 1.122,73 mm anuales, por lo que el incremento es de prácticamente 200 mm anuales. El promedio de días de más de 1 mm ha experimentado el mismo crecimiento que en el caso de Gijón durante la primera década se han contabilizado una media de 117,4 días mientras que en la segunda década de siglo se han contabilizado 128,4.

2.1.3.2.3. Evolución del viento

En la actualidad los datos que históricos disponibles del viento son bastante escasos, ya que no se dispone de la componente en la mayoría de las estaciones. Aun así, si tenemos a nuestra disposición los datos diarios de velocidad del viento.

Es bastante que la velocidad del viento con el paso de los años ha ido bajando considerablemente, sobre todo en lo que a rachas máximas se refiere. Este descenso ha sido

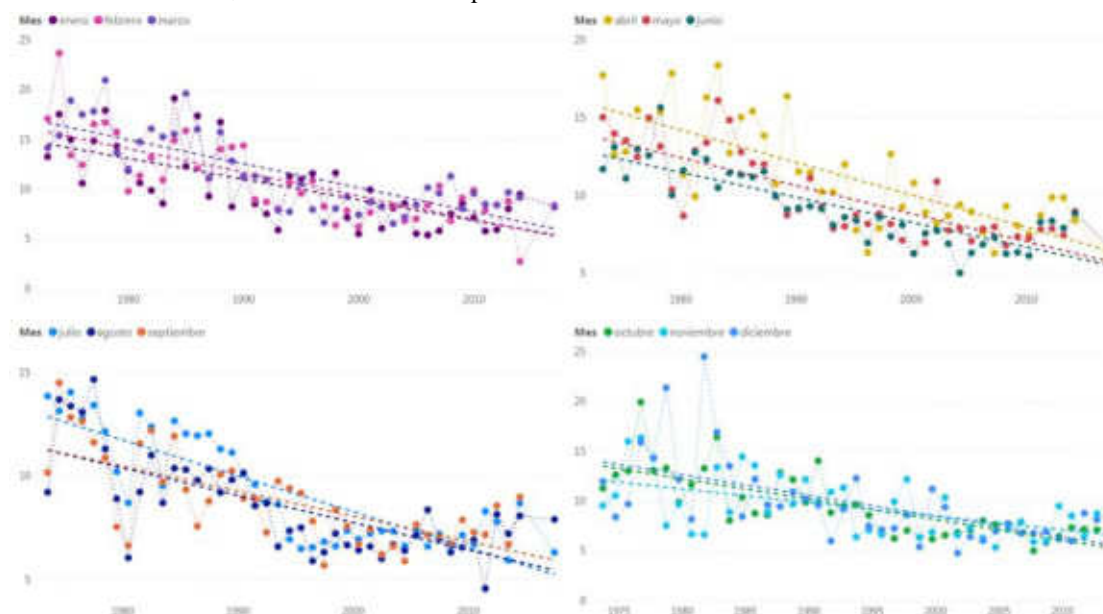


Ilustración 20. Días con rachas de viento superiores a los 30 km/h. Elaboración propia a partir de datos de la AEMET.

generalizado en todos los meses y estaciones del año siendo, más pronunciado en invierno, primavera y verano, algo menos en otoño, aunque destaca un descenso más pronunciado en el mes de octubre.

Para hacer una idea de la magnitud del cambio calculamos que de media hay un 40 % menos de días de más de 30 km/h respecto a hace 40 años -y es un dato que ha sido regular a lo largo de los años- por lo que se puede afirmar que es una tendencia clara.

2.1.4. Conclusiones

Una vez analizado el clima en Asturias y su evolución en los últimos 40 años, podemos llegar a las siguientes conclusiones:

Temperaturas

- Se ha registrado un aumento de la temperatura media de entorno un grado de temperatura en los últimos 40 años, subida importante en un laxo de tiempo muy pequeño.
- Se ha producido un ascenso de las temperaturas mínimas medias en todas las épocas del año, destacando en la primavera.
- Las máximas también han experimentado cambios, con subidas importantes en primavera.
- También se han observado un pequeño repunte de las noches cálidas en verano.

Precipitaciones

- Aumento de la cantidad de precipitación anual en los últimos 10 años, siendo la década que más ha llovido con diferencia. Habrá que atender a la evolución de los próximos años -esta tendencia va en contra de algunos estudios elaborados sobre el cambio climático- para averiguar si se trata de un proceso cíclico o consecuencia del cambio climático.
- Aumento del nivel de torrencialidad de las precipitaciones, habiendo cada vez más días de precipitaciones diarias por encima de 40 mm.
- Tendencia a llover más en las estaciones de otoño e invierno, y menos en verano.

Fenómenos extremos

Respecto a los fenómenos extremos, podemos decir que en Asturias, aunque ha habido pequeñas variaciones que hasta el momento no han sido de gran importancia, en algunos casos si es necesario seguir la evolución porque empieza a haber una tendencia que puede llevar a que dentro de unos años sí que sean fenómenos a tener en cuenta.

Se está experimentando en la última década un proceso en el que las olas de calor son cada vez más comunes, habiendo en la última década una ola de calor cada 2 años cuando el periodo de recurrencia era de 4 años.

Por otro lado, las olas de frío mantienen una línea más o menos constante, aunque si se observa un pequeño incremento que no es tan acusado como en las olas de calor pero que habrá que estar pendiente en las próximas décadas.

Por último, las lluvias torrenciales que se observa un incremento, y habrá que observar la evolución durante los próximos años.

2.2. Relieve y geomorfología

El área de estudio forma parte del macizo Asturiano, más concretamente de la zona Asturoccidental leonesa. Esta área de la Rodilla Astúrica se caracteriza por la predominancia rocas silíceas – pizarras, cuarcitas y puntualmente granito- surgidas a partir de potentes acúmulos sedimentarios metamorfozados y dispuestos en un complejo conjunto de pliegues agrupados en tres grandes ejes, de Este a Oeste: anticlinorio del Narcea, sinclinorio del Navia y anticlinorio del Eo.

Por tanto, es un relieve plegado y diferencial, con materiales de distinta resistencia; es decir, un relieve apalachense, o más estrictamente, apalachismo, ya que no hay un ciclo de combinación de pizarras y cuarcitas sistemático. Estas características, sumadas a la acción de los agentes erosivos, dan lugar a **valles fluviales encajados y cordales de culminaciones planas con orientación SO-NE**, orientación muy a tener en cuenta en el apartado dedicado al clima.

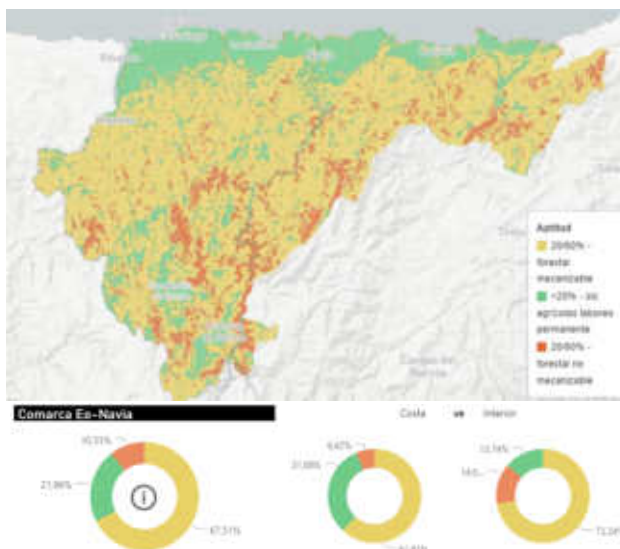
Este relieve se ve truncado en el ámbito litoral o rasa costera, espacio plano resultante de la acción del mar: el macizo asturiano no dejó de elevarse desde la orogenia alpina, dejando al



Ilustración 21. En verde y azul, unidades geológicas en las que predominan cuarcitas y pizarras; magenta para el plutón de Boal (granito) y gris para la rasa costera (depósitos cuaternarios). Fuente: MAGNA 1:50.000.

descubierto plataformas de abrasión marina¹. Al elevarse en diferentes fases, resulta un **relieve plano pero escalonado**, cubierto de cantos redondeados fruto de la erosión marina y clastos angulosos depositados tras la erosión y arrastre de materiales de ladera.

Este relieve va a condicionar el desarrollo de actividades agrarias y forestales: se ha elaborado a partir del Modelo Digital de Elevaciones proporcionado por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) un mapa de **pendientes**, clasificando el territorio en función de rangos definidos por el *Código de Buenas Prácticas Agrarias* del Principado de Asturias (BOPA nº177, del 31 de julio de 1997). Como podemos comprobar en la ilustración correspondiente, la mayor parte del territorio presenta características de pendiente adecuadas para la explotación forestal mecanizada (67, 51%), siendo los concejos costeros los que muestran mayor porcentaje de superficie adecuada para el desarrollo de actividad agrícola (31,68 %, corresponde mayoritariamente a la rasa costera)



Los suelos resultantes son en su mayoría **ácidos y poco evolucionados** -incluso en la costa, donde la topografía si acompaña a las prácticas agrícolas-, y pueden clasificarse en cuatro órdenes²:

- Entisoles, suelos de menor grado evolutivo; compuestos por un horizonte o capa superficial de poco espesor y escasa materia orgánica, a su vez situada sobre roca dura o materiales disgregados poco coherentes. La mayor parte de Entisoles de este área, desarrollados a partir de materiales ácidos (pizarras y cuarcitas), tienen muy baja fertilidad.
- Inceptisoles, suelos “adolescentes”, poco desarrollados o resultantes de procesos regresivos (p. ej. erosión). Los aprovechamientos más frecuentes son los forestales y terrenos de pasto.
- Mollisoles, son suelos originados a partir de procesos de bioturbación (mezcla y homogeneización de materiales por la acción de lombrices y demás mesofauna) y ricos en bases. Poseen importantes nutrientes para el desarrollo de la vegetación. En esta comarca están presentes en áreas muy concretas (interior del concejo de Valdés) y son aprovechados como terrenos de pasto.



Ilustración 22. Entisol (69, 104, 105, 112 y 113), Inceptisol (155, 158, 160, 175, 177, 178), Mollisol (216) y Spodosol (223). Mapa de suelos de España, IGN.

¹ G. Flor, *Las rasas asturianas, ensayo de correlación y emplazamiento*. Trabajos de Geología, Universidad de Oviedo. 1983.

² *Catálogo de Suelos del Principado de Asturias*. Centro de Cartografía de la D.G. de Ordenación del Territorio e Infraestructuras del Principado de Asturias.

- Spodsoles, asociados a materiales cuarcíticos y vegetación acidificante (p. ej. brezales de *Calluna vulgaris*), presentan importantes limitaciones para el desarrollo de actividad biológica y, por tanto, para aprovechamientos de tipo agrario o forestal.

2.3. Usos del suelo

La acción del hombre en combinación con los factores bióticos o naturales antes mencionados (pendiente, suelos, clima, etc...) da lugar a la existencia de diferentes usos o formas de aprovechamiento del territorio. Existen dos fuentes o proyectos fundamentales para el análisis de este fenómeno: Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE), dirigido por el Instituto Geográfico Nacional y elaborado a escala 1:25.000 para toda España; y

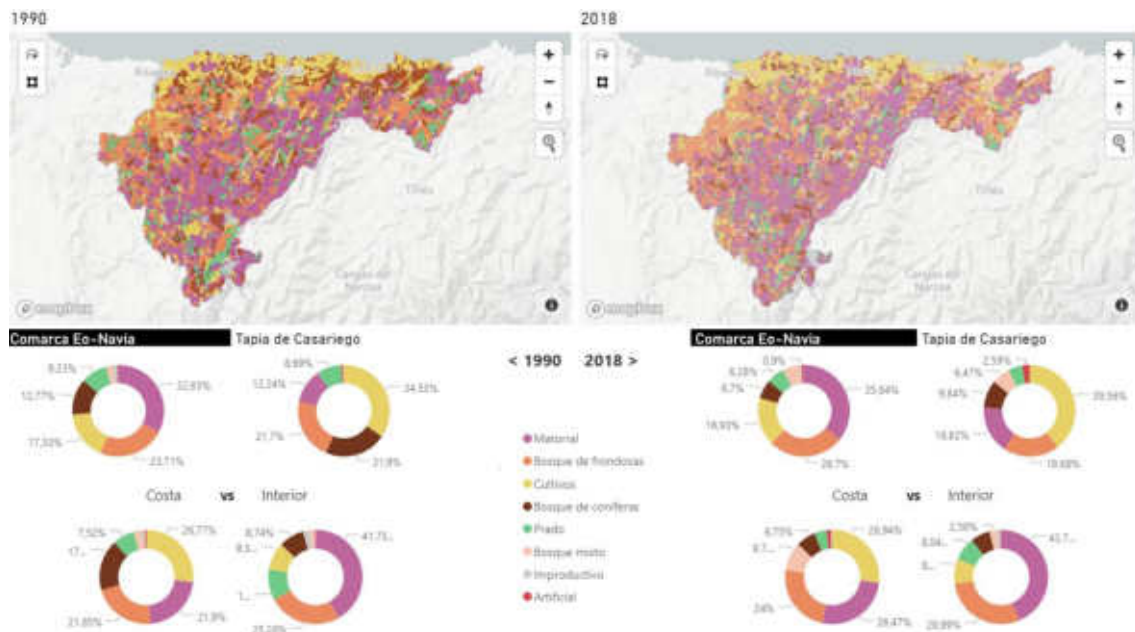


Ilustración 23. Usos del suelo en los concejos de la Comarca Eo Navia, visualización y análisis realizados a partir de datos del proyecto Corine Land Cover.

el proyecto CORINE Land Cover (CLC), dirigido por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA) y a escala 1:100.000. En este caso -y a pesar de la menor resolución espacial- es preferible optar por el CLC, pues cuenta con una resolución temporal que va desde 1990 hasta la actualidad (2018); mientras que el SIOSE cuenta con datos disponibles desde 2005.

Atendiendo a la distribución de los usos, puede observarse que el espacio dedicado a cultivos corresponde mayoritariamente a **terrenos situados en la franja costera** (26,77% de la superficie de los concejos costeros) y, en menor medida, a valles y pequeños enclaves próximos (p. ej. valle del río Esva). En el global de la comarca ha disminuido ligeramente en superficie respecto a 1.990. Las áreas o terrenos de **pasto han disminuido notablemente**, pasando de casi un 10% de la superficie comarcal a un 6,28%.

Estos usos más intensivos han disminuido en favor de otros que requieren de menos tiempo y dedicación: la superficie cubierta por frondosas ha pasado de un 23,71% a un 26,70%. Atendiendo a la ilustración correspondiente al mapa forestal comprobamos que buena parte de la superficie de frondosas corresponde a **eucaliptales**. Requieren abundante suministro hídrico y temperaturas suaves, por lo que la proximidad del mar y las abundantes precipitaciones facilitan su aclimatación en **áreas preitorales**

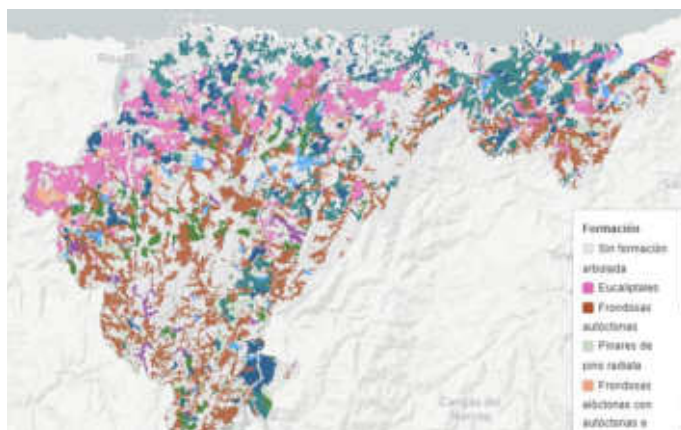


Ilustración 24. Predominancia de frondosas autóctonas y eucaliptales. Elaborado a partir del Mapa Forestal de España, M^o de Medio Ambiente.

con pendientes y suelos menos aptos para la agricultura. Los buenos rendimientos y precios - que veremos en el apartado dedicado a la actividad forestal- del eucalipto harán **retroceder a las plantaciones de coníferas** a la mitad de su extensión en apenas 30 años; del 12,77 al 6,28%.

No obstante, el “uso” cuya extensión y evolución llama más la atención, es el matorral. Es necesario aclarar que la vegetación potencial de prácticamente toda el área es el bosque mesófilo caducifolio, es decir, que en condiciones naturales el territorio estaría cubierto por una casi continua masa forestal de frondosas autóctonas. Sin embargo, el progresivo abandono de las actividades agrarias, los incendios y las ya de por sí pobres condiciones de algunos suelos, han favorecido el **aumento de la extensión de matorral**: en concejos interiores supera el 43%; mientras en los costeros, a pesar de la mayor intensidad de usos, ha aumentado notablemente hasta el 26,47% de la superficie. En total, una tercera parte de la superficie comarcal (35,84%) está degradada y ocupada por formaciones de matorral.

2.4. Espacios naturales protegidos

Aproximadamente un tercio de la superficie del Principado de Asturias está incluida en espacios naturales protegidos. Buena parte de esta extensión corresponde a los parques naturales y Parque Nacional de los Picos de Europa, que ocupan una franja (casi) continua de la Cordillera Cantábrica.



Ilustración 25. Espacios naturales protegidos de Asturias. Elaborado a partir de datos del MAGRAMA.

La comarca Eo-Navia, a pesar del progresivo abandono de las actividades humanas, no cuenta con figuras de protección que amparen grandes extensiones del territorio; y la mayor parte de ellas están asociadas a hábitats acuáticos: ZEC's y ZEPA's en los cauces y áreas ribereñas de los principales ríos (Eo, Navia, Negro, Porcía, Esva,...) y toda la costa, a excepción del tramo que va de Otur a Busto, en el concejo de Valdés. Existen otra serie de enclaves vinculados a singularidades vegetales

(Alcornocales del Navia y Tejo de Pastur) y geomorfológicas (Cascadas de Oneta y Cuevas de Andina), que han sido declarados monumento natural.

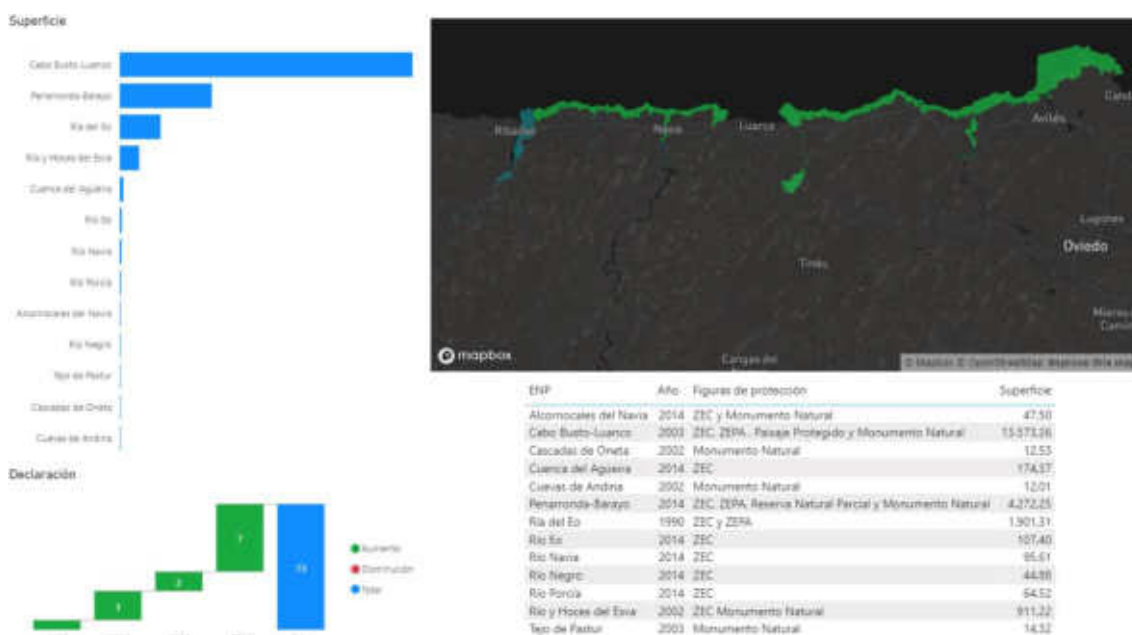


Ilustración 26. Espacios naturales protegidos en la comarca Eo-Navia. Elaborado a partir de datos del MAGRAMA.

No obstante, a grandes rasgos y sin menoscabo de la importancia de los espacios antes mencionados, puede inferirse que no existen grandes limitaciones ambientales a la hora de desarrollar actividades en la comarca. Esto es un factor determinante -unido a la condiciones climáticas y orográficas- a la hora de explicar la aptitud este territorio³ para la implantación de parques eólicos: es la comarca del Principado con mayor número de aerogeneradores, y la que cuenta con una previsión mayor de incrementar su número y potencia en los próximos años. Sin embargo, otras actividades que encuentran importantes restricciones en áreas que cuentan con abundantes y extensas figuras de protección ambiental, no encuentran acomodo en la comarca. Puede ser el caso de las actividades extractivas: en el último listado de explotaciones publicado (IGME, 2017), en la comarca Eo-Navia solo existían dos explotaciones activas, ambas en el concejo de Navia para la extracción de cuarcita. La existencia de recursos minerales históricamente aprovechados en la comarca -oro en la antigüedad y wolframio y pizarra más recientemente-, parecen no encontrar espacio en las actividades económicas de este territorio, bien por bajos márgenes de beneficio, bien por los requerimientos legales para la puesta en funcionamiento y seguimiento de la actividad extractiva.

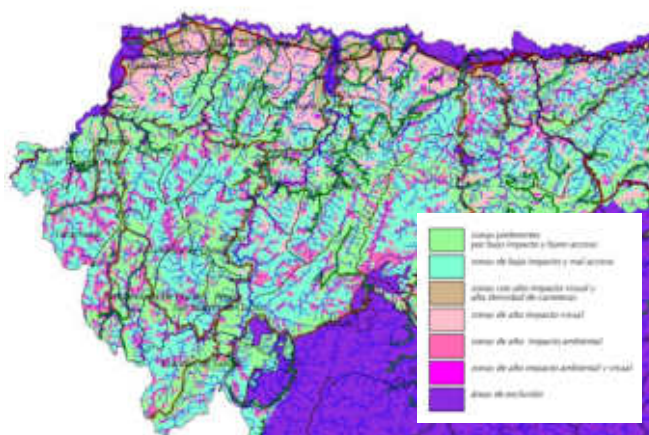


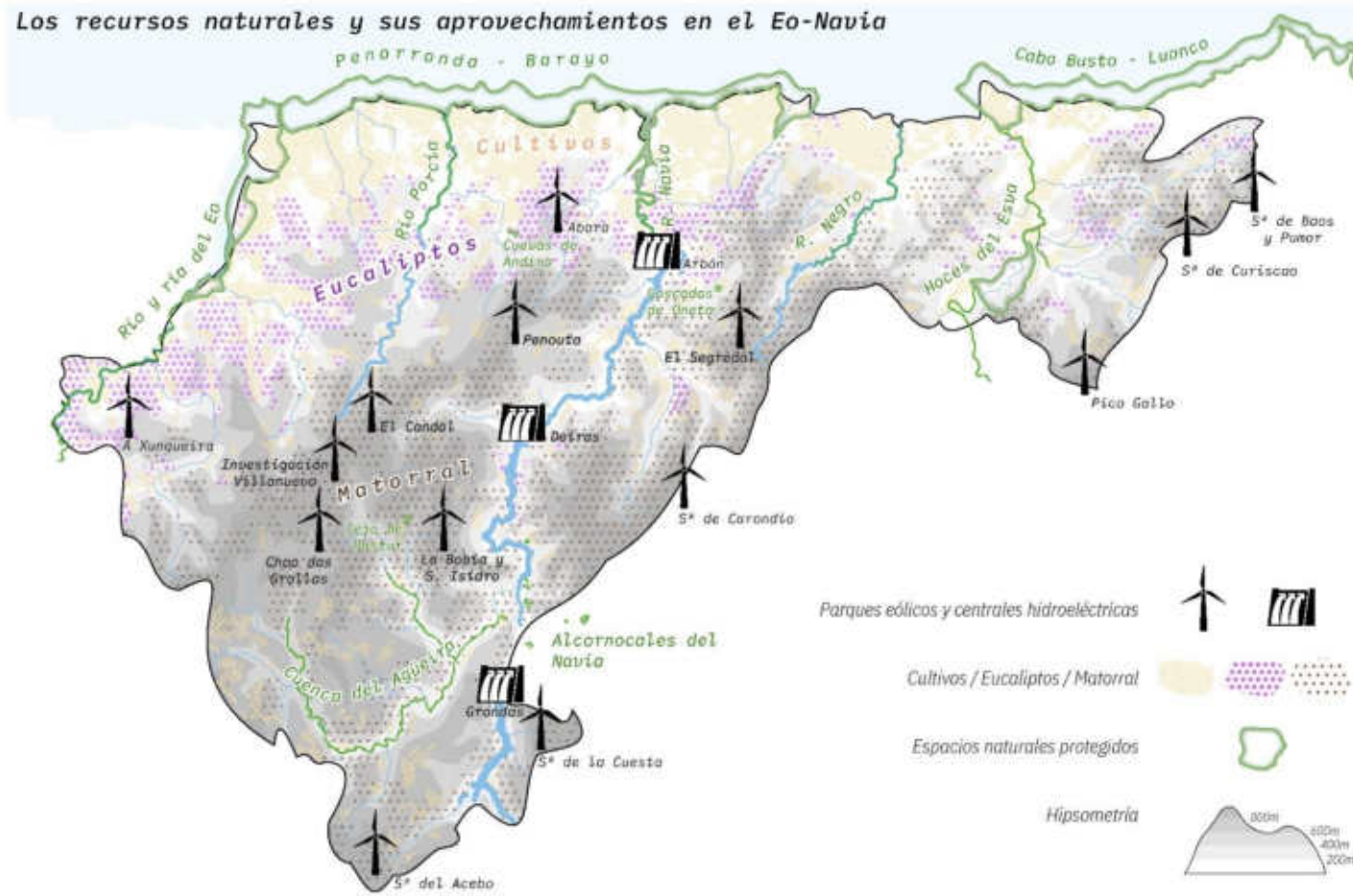
Ilustración 27 Fragmento del. Mapa de aptitud del territorio para el aprovechamiento eólico. Elaborado por el INDUROT para las Directrices Sectoriales de Ordenación del territorio para el aprovechamiento eólico.

³ Directrices Sectoriales de Ordenación del Territorio para el aprovechamiento de la energía eólica, Decreto 42/2008, de 15 de mayo.



Ilustración 28. Explotaciones mineras en Asturias. IGME, 2017.

2.5. Resumen del bastidor natural



3. Población

Este apartado analiza la evolución y estructura de la población; los principales indicadores demográficos y el poblamiento.

3.1. Evolución

Desde una perspectiva temporal y espacial amplia, la región presenta un crecimiento constante de población hasta 1980, y pérdidas a partir de entonces, sólo interrumpidas por un ligero repunte en la primera década del siglo XXI.

No obstante, estos datos tomados a nivel comarcal y local en diferentes etapas, muestran dinámicas diferentes. En los siguientes párrafos podrá comprobarse como la emigración, el desarrollo industrial, el auge de los núcleos urbanos o la progresiva terciarización de la economía, condicionan el crecimiento o declive de los territorios:

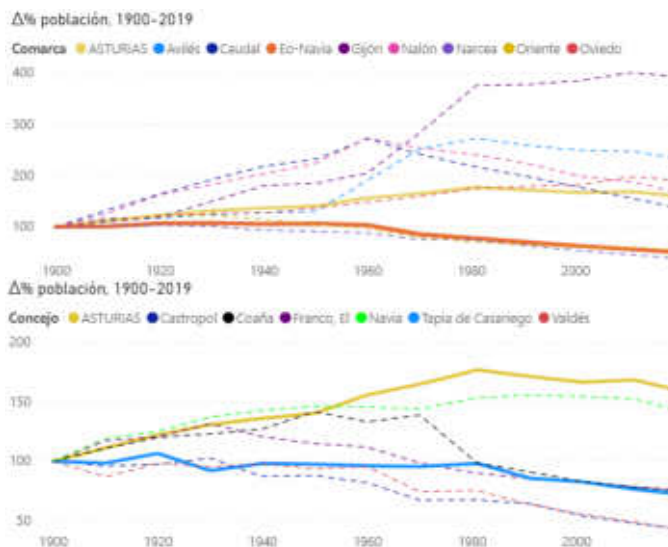
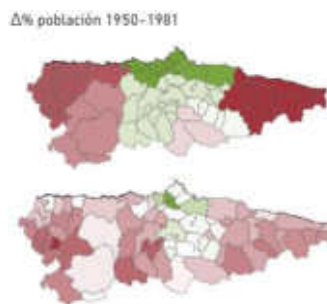


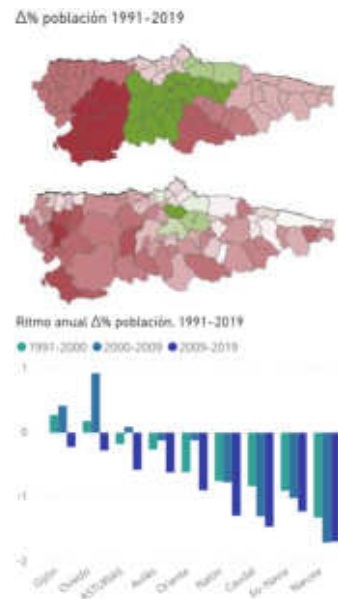
Ilustración 29. Variación poblacional a nivel regional, comarcal y local (concejos costeros de la comarca Eo-Navia). Fuentes: Censos y Padrón de habitantes, INE.

- Entre 1900 y 1930, etapa caracterizada en Asturias por una economía basada en la agricultura de subsistencia, una elevada natalidad y la emigración a ultramar para aliviar la presión demográfica. Se produce un espectacular crecimiento demográfico en las cuencas mineras (casi doblan población) auspiciado por la actividad extractiva; aumenta la población en el centro y ala oriental de la región; y las comarcas occidentales comienzan a mostrar los primeros síntomas de agotamiento: la población aumenta un 7,26% en la comarca Eo-Navia y en el Suroccidente (Narcea) permanece constante (+1,02%). En los concejos costeros de la primera, únicamente Valdés y Tapia de Casariego pierden población, aunque hay que tener en cuenta el amplio territorio interior -y agreste- que forma parte de Valdés.
- La etapa que va entre 1930 y 1950, protagonizada por el parón de los movimientos migratorios y las guerras Civil y Mundial, presenta un estancamiento en las dinámica demográficas. En la década de 1950 comienzan a gestarse cambios importantes, vinculados en su mayor parte al éxodo rural y al cambio de etapa del franquismo (desarrollismo): las comarcas de Gijón y Avilés se convierten en importantes polos industriales (ENSIDESA), restando protagonismo a las comarcas mineras, que además tendrán que enfrentarse a la pérdida de protección estatal para una producción de carbón menos competitiva y que será sustituida progresivamente por la importación de mineral por vía marítima -de ahí la ubicación de las factorías de Avilés y Veriña (Gijón)-. Estas transformaciones económicas provocan una progresiva pérdida



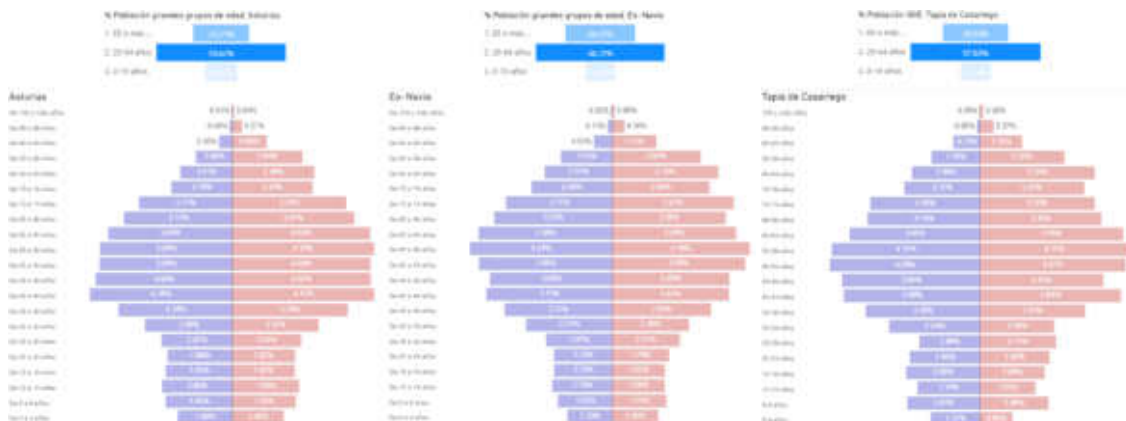
de población en las comarcas mineras (que aún no se ha detenido) y un espectacular aumento de población en las comarcas de Avilés y Gijón. La comarca de Oviedo, también es receptora de actividad industrial (p. ej. Polígono de Silvota, en Llanera) y la creciente terciarización de la economía favorece el incremento de la población. Huelga decir que estos crecimientos se alimentan en buena medida de emigrantes procedentes de las regiones periféricas/rurales (Eo-Navia, Narcea y Oriente) que ante la falta de oportunidades en el medio rural buscan alternativas en el centro de la región o - una vez reanudada y auspiciada por el régimen- la emigración a ultramar y otros países europeos. En la comarca Eo-Navia las pérdidas más acentuadas se producen en los concejos interiores, cuyo menor dinamismo y unos condicionantes naturales que dificultan la intensificación de la actividad agraria, restan oportunidades a la población activa. Únicamente Navia (+5,04%) y Tapia de Casariego (+0,61%) incrementan su población.

- La década de 1.980 inició un periodo de reestructuración social y económica que sentó las bases del desarrollo futuro: el proteccionismo pierde cada vez más fuelle; la apertura de mercados y la mejora de las comunicaciones brinda la oportunidad de producir e importar con menores costes de países en desarrollo y las mejoras tecnológicas reducen la mano de obra necesaria en la industria. El sector terciario ocupa a buena parte de la población y el sector agrario, el gran protagonista en las alas de la región, encuentra dificultades para competir en el contexto de la globalización. En este periodo únicamente gana población la comarca de Oviedo (fundamentalmente los concejos dormitorio y de nuevas actividades como Llanera y Siero) y en menor medida la de Gijón; y si ponemos la lupa en los último diez años, ni siquiera estas comarcas -más dinámicas- evitan la pérdida de población. Las Cuencas mineras y las alas sufren una sangría demográfica importante, especialmente el sector occidental y más acusadamente la comarca del Narcea. En la comarca Eo-Navia las mayores pérdidas siguen correspondiendo a los concejos del interior, aunque en la costa Navia y los concejos próximos también presentan pérdidas.



3.2. Estructura de la población

La progresiva pérdida de población viva desde la década de 1.980 tiene su reflejo en la estructura de la población. Las pirámides de población tanto a nivel comarcal como regional y local presentan un acusado estrechamiento en la base (población joven), un ensanchamiento

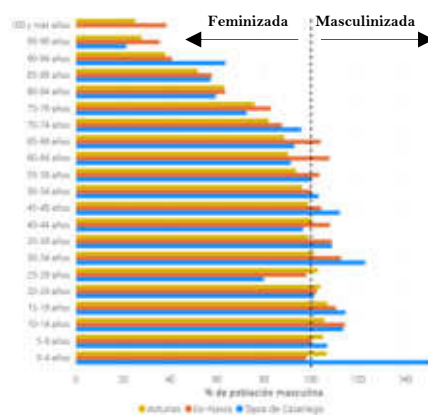


importante en la parte intermedia -los grupos de edad nacidos con anterioridad a la década de 1.980- y un estrechamiento no tan acusado en la parte superior si lo comparamos con la inferior: en la comarca Eo-Navia la población de 65 años (30,72%) es 2.5 veces superior a la menor de 19 años (12,56 %).

En cuanto a la población en edad de trabajar (20-64 años), apenas supera la mitad de la población, lo que se traduce en un **alto porcentaje de población dependiente**: 40,38% en Asturias y 43,28% en la comarca Eo-Navia.

En el concejo de Tapia, y en consonancia con los demás concejos costeros de la comarca, existen unos porcentajes de población joven y adulta (0-64) ligeramente superiores a los de la media comarcal. No obstante, son datos más cercanos al conjunto de la realidad comarcal que a la regional.

Otro aspecto a tener en cuenta es la **masculinización** de la sociedad en estos territorios, algo propio del medio rural⁴. A nivel nacional y regional, el número de hombres es superior al de mujeres en los grupos quinquenales hasta aproximadamente los 50 años, momento en el que la mayor incidencia de la mortalidad entre los varones incrementa el porcentaje de mujeres en los siguientes grupos quinquenales. En el Eo-Navia la masculinización se prolonga hasta los 69 años y en el concejo de Tapia de Casariego hasta los 59.



Según el informe al que hacemos referencia indica que además de poner en peligro el relevo generacional, la masculinización excesiva en la generación soporte (30-49 años) puede condicionar la trayectoria profesional de hombres y, especialmente mujeres, pues se trata de las que mayoritariamente se ocupan del cuidado de la población de mayor edad.

3.3. Indicadores demográficos

En los anteriores apartados se ha justificado la caracterización de la comarca como un territorio que pierde población de manera constante desde mediados del siglo XX -con especial protagonismo de los concejos interiores-, y que además presenta una población envejecida y masculinizada. En este capítulo pasarán a analizarse diferentes indicadores que permitan aproximarse aún más a la realidad demográfica de la subregión.

3.3.1. Índice de masculinidad

Este índice representa la relación o índice de masculinidad, expresado como el número de hombres por cada 100 mujeres. Puede observarse en la ilustración la masculinización de concejos interiores, eminentemente rurales; mientras que en la franja costera (más dinámica) y buena parte de la comarca de Oviedo los efectivos femeninos superan a los masculinos. No obstante, es necesario hacer un par de apreciaciones:



Ilustración 30. índice de masculinidad (izquierda) y comparación del índice respecto a la media regional (derecha). Elaborado a partir de datos de la SADEI.

⁴ *Diagnóstico de la Igualdad de Género en el Medio Rural*, Ministerio de Medio ambiente y Medio Rural y Marino, 2.011.

- Atendiendo al apartado anterior, hay que tener en cuenta el alto porcentaje de efectivos mayores de 70 años y la superioridad numérica de efectivos femeninos en las edades más avanzadas.
- En el gráfico que compara la relación de masculinidad de los concejos con la media regional, puede apreciarse un notable contraste entre los concejos “motor” de la región (Oviedo y Gijón) y el resto del territorio.

3.3.2. Índices de juventud y vejez

El índice de juventud es el porcentaje de población menor de 20 años con relación a la de 60 años y más. Este índice presenta valores altos en el Área Central⁵, especialmente en concejos conocidos como "dormitorio" (Siero y Llanera), lugar de residencia de un buen número de parejas jóvenes con hijos. También en la mayor parte de los concejos de la rasa costera y en el surco prelitoral hasta el concejo de Cangas de Onís.

Por contra, los concejos de la Cordillera y valles como el del Navia muestran un alto porcentaje de población "senior". Valga de ejemplo el concejo de Boal, con 7 mayores de 64 años por cada menor de 16; o el concejo de Illano, con una relación de 13 a 1.

Desde el punto de vista dinámico, la mayor parte de los concejos del Principado han visto mermadas sus cifras en la relación de jóvenes por mayores de 60 años. Incluso los concejos con un índice más elevado han experimentado un progresivo envejecimiento.

En la comarca Eo-Navia los datos muestra un progresivo envejecimiento, más acusado en los concejos interiores del valle del Navia y menos drástica en el litoral y concejos del área Oscos-Eo.

3.3.3. Índice de dependencia

El índice de dependencia global es la relación de la población mayor de 64 años y los menores de 16 años respecto al grupo comprendido entre ambas edades. Corresponde a la tradicional definición de Población activa vs Población inactiva.

Presenta una distribución territorial similar al índice de vejez: cómo pueden comprobarse en las pirámides de población, el porcentaje de población menor de 16 años es inferior a los estratos superiores, por lo que el índice de dependencia estará mucho más

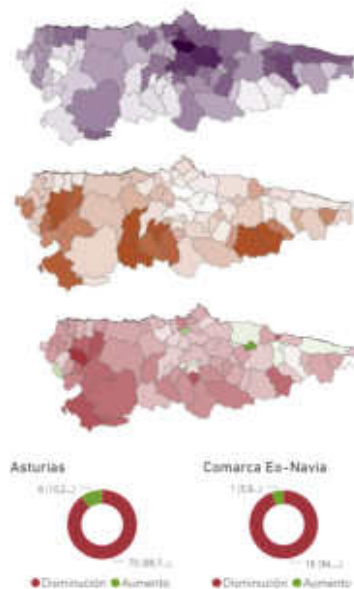


Ilustración 31. Índice de juventud (arriba), Índice de vejez (medio) y variación del Índice de juventud entre 2.001 y 2.018 (abajo).

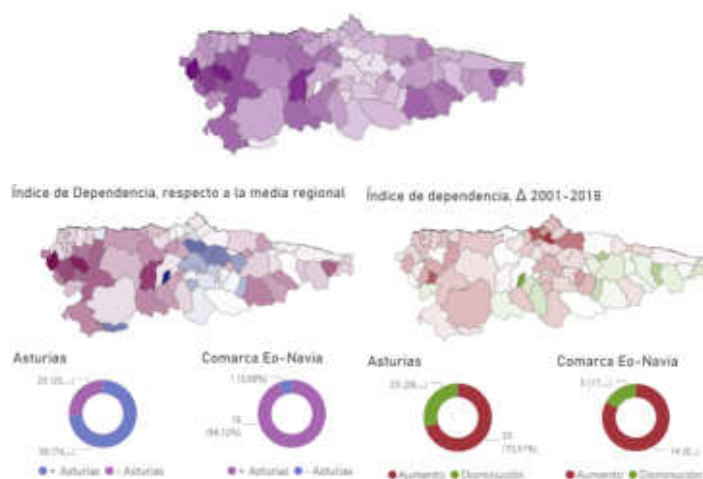


Ilustración 32. Índice de dependencia (arriba), comparativa con la media regional (izquierda) y evolución (derecha). Elaborado a partir de datos de la SADEI.

⁵ Según M^o de Fomento: Gijón, Oviedo, Avilés, Siero, Langreo, Mieres, Castrillón, S.M.R.A., Corvera de Asturias, Llanera, Carreño, Gozón, Noreña, Morcín, Riosa, Las Regueras, Ribera de Arriba e Illas.

condicionado por la población mayor de 64 años. En el caso de la comarca Eo-Navia la correspondencia es casi total.

Desde el punto de vista dinámico, la dependencia ha aumentado en los concejos del Área Central: niveles de natalidad bajos pero mayores que en las alas y población jubilada que va a vivir o busca la proximidad de parientes cercanos que viven en este territorio, son las posibles causas.

3.3.4. Tasa de Natalidad

El número de nacimientos por mil habitantes es bajo en toda la región: la tasa en España -siendo baja- alcanzó el 7,94 ‰, mientras que en Asturias el valor más alto lo arrojó la comarca de Oviedo con 6,94 ‰. Esta baja natalidad alcanza valores extremos en las áreas periféricas y Cuencas mineras.

Centrándonos en la comarca Eo-Navia, La natalidad es mayor en los concejos de costa y puntualmente en alguno de los micro concejos del interior.

Desde el punto de vista evolutivo, las mejores condiciones económicas del cambio de siglo unido a una población más joven que la actual, provocaron un incremento de la natalidad. La crisis económica de 2008 y el progresivo envejecimiento de la población iniciaron una nueva e ininterrumpida caída.

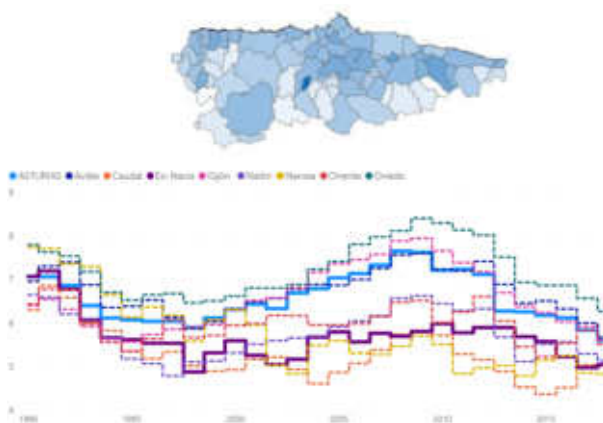


Ilustración 33. Tasa de natalidad por concejos (arriba) y evolución de la tasa por comarcas (abajo). Elaborado a partir de datos de la SADEI.



Ilustración 34. Tasa de natalidad por concejos en la Comarca Eo-Navia y comparativa con datos actuales.

3.3.5. Tasa de mortalidad

La tasa de mortalidad es elevada: la tasa en España alcanzó el 9,10 ‰, en Asturias el 12,93 ‰ y el valor más alto lo arrojó la comarca de Narcea con 16,51 ‰. Esta alta mortalidad alcanzó valores extremos en las áreas periféricas y Cuencas mineras.

Centrándonos en la comarca Eo-Navia (15,81 ‰), la mortalidad es mayor en los concejos del interior.

Desde el punto de vista evolutivo, el progresivo envejecimiento de la población asturiana ha llevado a un continuo y progresivo aumento de los valores en este indicador.

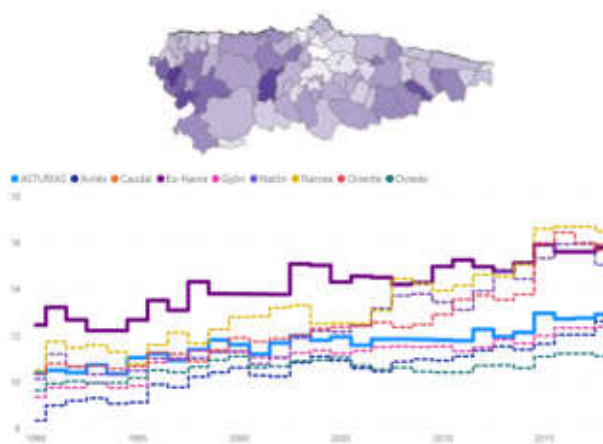


Ilustración 35. Tasa de mortalidad por concejos (arriba) y evolución de la tasa por comarcas (abajo). Elaborado a partir de datos de la SADEI.

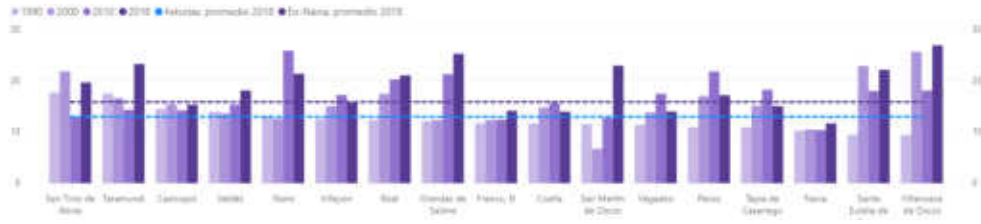


Ilustración 36. Tasa de mortalidad por concejos en la Comarca Eo-Navia y comparativa con datos actuales.

3.3.6. Crecimiento vegetativo o natural

Probablemente sea uno de los apartados más descriptivos en cuanto a la realidad demográfica regional y comarcal.

Tanto en Asturias como en las comarcas que la componen ha habido un crecimiento vegetativo o natural negativo (más defunciones que nacimientos) desde hace al menos tres décadas, con cierta ralentización en el aumento del ritmo de bajada en algunas comarcas a principios del presente siglo (aumento de la tasa de natalidad); la bajada de natalidad coincidente con la crisis económica ha vuelto a acelerar el crecimiento negativo.

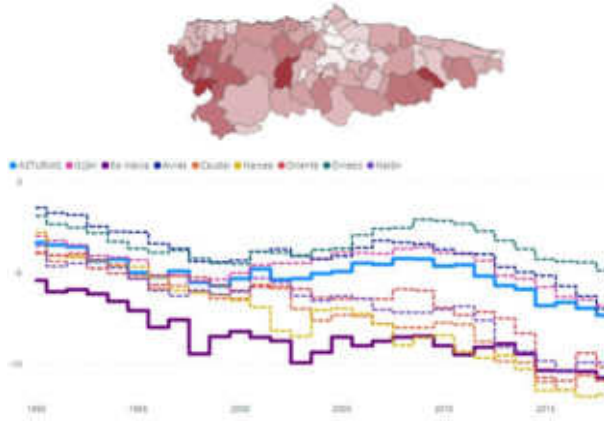


Ilustración 37. Tasa de crecimiento natural o vegetativo por concejos (arriba) y evolución de la tasa por comarcas (abajo). Elaborado a partir de datos de la SADEI.

Estas cifras alcanzan los valores más críticos en el interior de la comarca Eo-Navia -en muchos casos doblando el promedio negativo de Asturias-, mientras que los concejos costeros van en consonancia con la mayor parte de la provincia

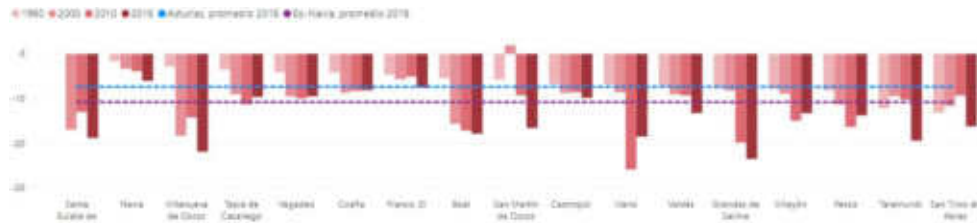


Ilustración 38. Tasa de crecimiento natural o vegetativo por concejos en la Comarca Eo-Navia y comparativa.

3.3.7. Saldo migratorio

El anterior apartado ha mostrado la pérdida de población si atendemos al número de defunciones y nacimientos; en este, comprobamos que los movimientos migratorios no equilibran la situación, si no que llegan a empeorarla.

Comienza el siglo XXI con las comarcas del Narcea, Eo-Navia, Caudal y Nalón con saldo migratorio negativo; Avilés estancada, Oriente con pequeñas ganancias y Oviedo y Gijón ganando población por vía migratoria.

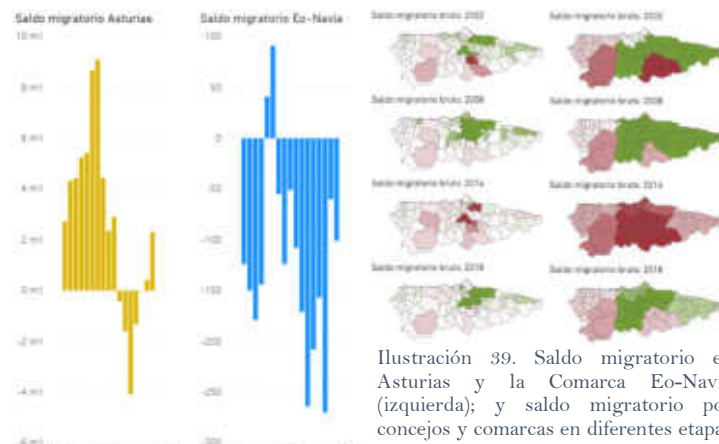


Ilustración 39. Saldo migratorio en Asturias y la Comarca Eo-Navia (izquierda); y saldo migratorio por concejos y comarcas en diferentes etapas (arriba).

Este rimo aumenta hasta 2.008 para las comarcas con datos positivos o equilibrados, y las pérdidas en el saldo son menores para Cuencas y comarcas del Occidente. Ello permite una estancamiento o interrupción de las pérdidas de población a nivel regional (apartado 3.2.).

En el momento álgido de la crisis económica las pérdidas son generalizadas, ahondándose en las comarcas occidentales y Cuencas.

Actualmente, el saldo migratorio presenta registros positivos para las comarcas de Oviedo y Gijón -no comparables a momentos pre crisis-, y en menor medida en Avilés y Oriente. Las Cuencas mineras y las comarcas occidentales continúan perdiendo población por las dos vías: crecimiento vegetativo y migraciones.

A pesar de que los datos positivos en algunas comarcas llevan a recuperar un saldo migratorio positivo a nivel regional, no consiguen compensar el crecimiento natural o vegetativo negativo que lastra la evolución de la población en Asturias. En la comarca Eo-Navia, las pérdidas suceden por ambas vías.

3.3.8. Variaciones residenciales

A nivel regional, las variaciones residenciales protagonistas son aquellas que se producen dentro de la propia provincia. Especialmente significativas las producidas desde municipios eminentemente rurales del Área Central, interior del valle del Navia y diferentes municipios de la Cordillera, hacia concejos "dormitorio" del eje Oviedo-Gijón.

En cuanto a los movimientos inter provinciales, el porcentaje de movimientos hacia otras provincias lo encabeza la Comarca de Gijón seguida del Eo-Navia, aupada por los concejos situados entre las cuencas del Porcia y el Eo.

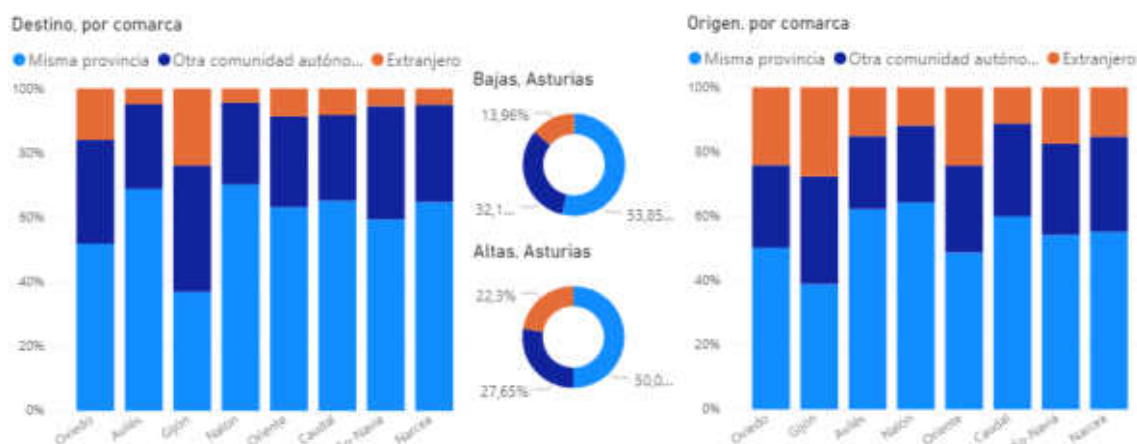


Ilustración 40. Variaciones residenciales: origen y destino a nivel regional y comarcal. Elaborado a partir de datos del INE.

Las variaciones residenciales con destino a otros países representan un porcentaje destacado en las comarcas de Oviedo y Gijón, también protagonistas -aunque compartiendo ese protagonismo con Oriente- en la recepción de extranjeros.

3.3.9. Lugar de nacimiento y residencia

Atendiendo a los datos del INE, hay un alto grado de autoctonía en la región: la mayor parte de la población reside en el concejo del que son originarios, y en segunda instancia, en otro municipio de la misma provincia. Aquellos procedentes de otra comunidad autónoma o del extranjero representan un pequeño porcentaje.

Estas diferencias son aún mayores en la comarca Eo-Navia: un 11,19% procede de fuera de Asturias (otra provincia o extranjero), siendo este porcentaje de un 20,44% para el conjunto de la región. Ello puede dar cuenta de la escasez de oportunidades que ofrece a día de hoy este territorio.

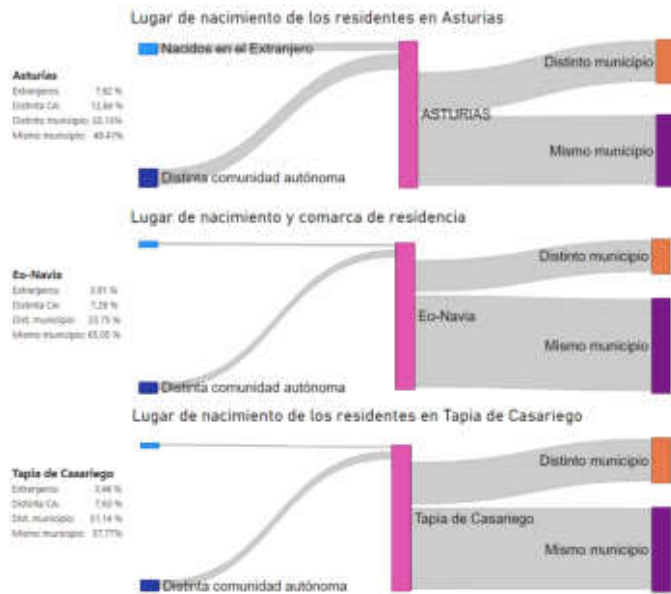


Ilustración 41. Lugar de nacimiento de los residentes en Asturias. Elaborado a partir de datos del INE.

3.3.10. Residentes en el extranjero

En este apartado podemos visualizar tres realidades distintas: la emigración a Europa y ultramar a mediados del s. XX; la crisis económica de 2.008; el retorno de inmigrantes de cambio de siglo a sus países de origen; y la búsqueda de oportunidades de jóvenes asturianos en el extranjero.

En 2.009 y 2.019 puede apreciarse un alto porcentaje población residente en el extranjero en los concejos del Eo-Navia, Narcea y Oriente de Asturias, hecho que atestigua pasados procesos de emigración al extranjero desde las áreas más rurales de la región.

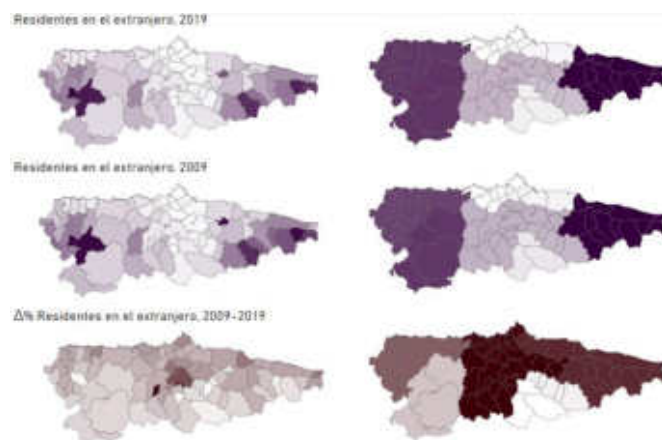


Ilustración 42. % Residentes en el extranjero por municipio y comarca en 2009 y 2019 (morado); y variación de ese porcentaje entre 2009 y 2018.

En el mapa de la parte inferior, que marca la variación entre 2009 y 2019, cobran protagonismo concejos costeros y del eje Oviedo-Gijón: puede tratarse de aquellos extranjeros que en época de bonanza económica se asentaron en áreas económicamente más dinámicas de la región, adquirieron la nacionalidad y con la crisis económica decidieron retornar a su país de origen; también, de habitantes que decidieron probar suerte en el extranjero a partir de la crisis

de 2.008⁶. Esto señalaría a los concejos del interior y Occidente como los menos atractivos para los inmigrantes en los primeros años del siglo XXI.

3.4. Poblamiento

3.4.1. Distribución de la población

En este apartado analizamos la distribución de la población en el territorio a nivel de entidad colectiva (EC), nivel intermedio entre el concejo/municipio y entidad singular.

A escala regional puede apreciarse una gran concentración de población en el Área Central y, en segundo y tercer término, en la franja litoral y surco prelitoral. Es decir, en espacios predominantemente llanos, bien comunicados y dinámicos. Atendiendo a la evolución de los últimos 20 años, han ganado población entidades del eje Oviedo-Gijón, especialmente las situadas en los espacios periurbanos o próximos a los núcleos principales; los mismo sucede en Avilés, aunque la entidad principal pierde habitantes; algunas de las villas principales del Oriente

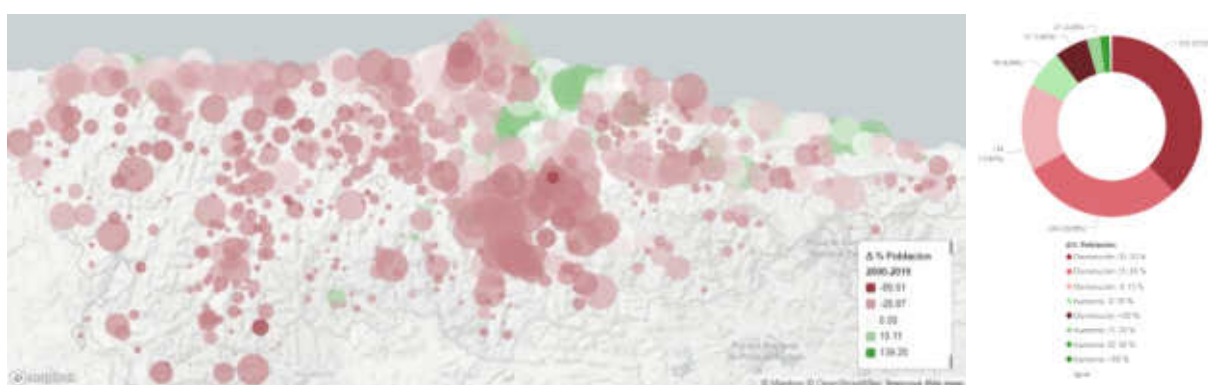


Ilustración 43. Izquierda (mapa): N° de habitantes (tamaño) y variación entre 2.000-2.019 (color). Derecha: recuento de parroquias en función de la variación de población entre 2.000 y 2.019. Elaborado a partir de datos del Nomenclátor de población del INE.

(Llanes, Cangas de Onís y Villaviciosa) y espacios adyacentes (Ribadesella); y otra serie de áreas con características particulares, como es el caso de Santuyano (Mieres), con un crecimiento vinculado a la promoción de nueva vivienda en una comarca de notables pérdidas de población. No obstante, y como ilustra el gráfico circular, la mayor parte del territorio astur ha sufrido una importante sangría demográfica: casi el 90% de las entidades colectivas ha perdido población; un 37,92% entre el 30 y el 50% de los habitantes; un 5,95% de las EC más del 50%; y solamente un 10,96% ha ganado efectivos.

⁶ El gráfico vinculado al apartado 2.3.8. muestra el mayor porcentaje de emigración al extranjero de habitantes de las comarcas de Oviedo y Gijón.

Centrando el análisis en la comarca Eo-Navia, se observa con claridad la concentración de la población en el área costera, más dinámica y mejor comunicada, pero no por ello ajena a la despoblación. Ganan población únicamente tres EC: Folgueras, A Caridá y Navia. Esta última - como veremos en detalle en el apartado económico- es la capital del concejo más dinámico; Folgueras es adyacente a Navia y acoge el hospital comarcal y el polígono industrial más importante de la comarca; y A Caridá, constituye un área con características óptimas (topografía, servicios, comunicaciones, calidad ambiental) para la función residencial a diez minutos de las EC antes mencionadas.

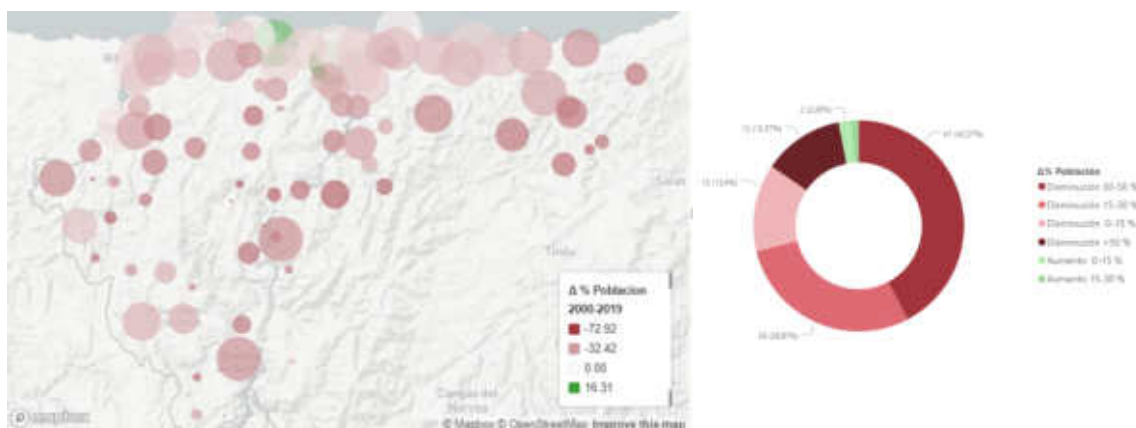


Ilustración 44. Izquierda (mapa): N° de habitantes (tamaño) y variación entre 2.000-2.019 (color). Derecha: recuento de parroquias en función de la variación de población entre 2.000 y 2.019.

Conforme avanzamos hacia el interior de la comarca las pérdidas son más notables, incluso en un mismo concejo existen importantes contrastes entre las EC costeras e interiores: en el concejo de Castropol, la cabecera ha perdido un 8,76% de habitantes, mientras que en la EC de Presno (interior, con menor actividad y peores comunicaciones y servicios) la población ha caído un 42,13%. En muchos casos ya no hablaríamos de despoblación, si no de despoblamiento: un 12,37% de las EC -todas interiores- han perdido más del 50% de sus habitantes en los últimos 19 años; y un 16,49% -también, todas interiores- tienen menos de 50 habitantes.

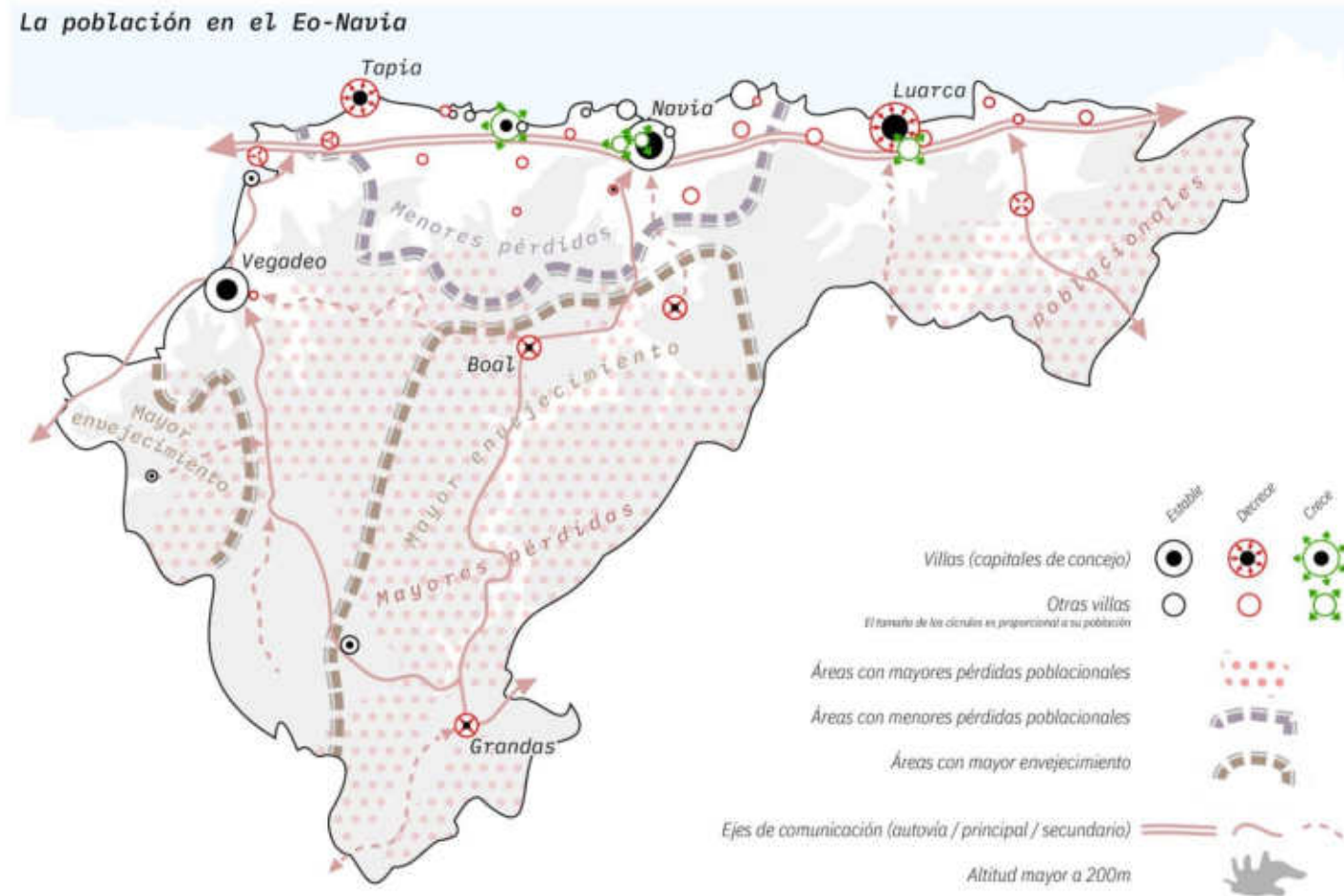
Entidad colectiva	Δ % Población 2000-2019	Concejo	Población 2019	Entidad colectiva	Δ % Población 2000-2019	Concejo	Población 2019
FOLGUERAS	+10,31	Coaña	334,00	NEQUEIRA	-50,00	Grandas de Salime	13,00
CARIDÁ (A)	+10,61	Franco, Eo	1825,00	VILLARFEDRE	-57,69	Grandas de Salime	4,00
NAVIA	1,08	Navia	3836,00	VITOS	-40,96	Grandas de Salime	10,00
VALDEPARES	-3,46	Franco, Eo	697,00	BONDA (LA)	-38,81	Eoal	47,00
FUERTO DE VEGA	-4,57	Navia	1733,00	GUIAR	-57,69	Vegadeo	25,00
MOÑAS	-8,49	Coaña	359,00	BONDA	-57,36	Illano	17,00
VEIGA (A)/VEGADEO	-8,61	Vegadeo	2928,00	LEBREDO	-56,52	Soal	10,00
CASTROPOL	-8,76	Castropol	521,00	GIÓ	-53,91	Illano	16,00
TAPIA DE CASARIEGO	-9,05	Tapia de Casariego	2290,00	DOIRAS	-53,33	Soal	101,00
PESCOZ	+10,00	San Martín de Ojeas	18,00	BRES	-50,94	Taramundi	86,00

Ilustración 45. Comarca Eo-Navia: Entidades colectivas con evolución poblacional más positiva (izquierda) y negativa (derecha). Elaborado a partir de datos del Nomenclátor de población del INE.

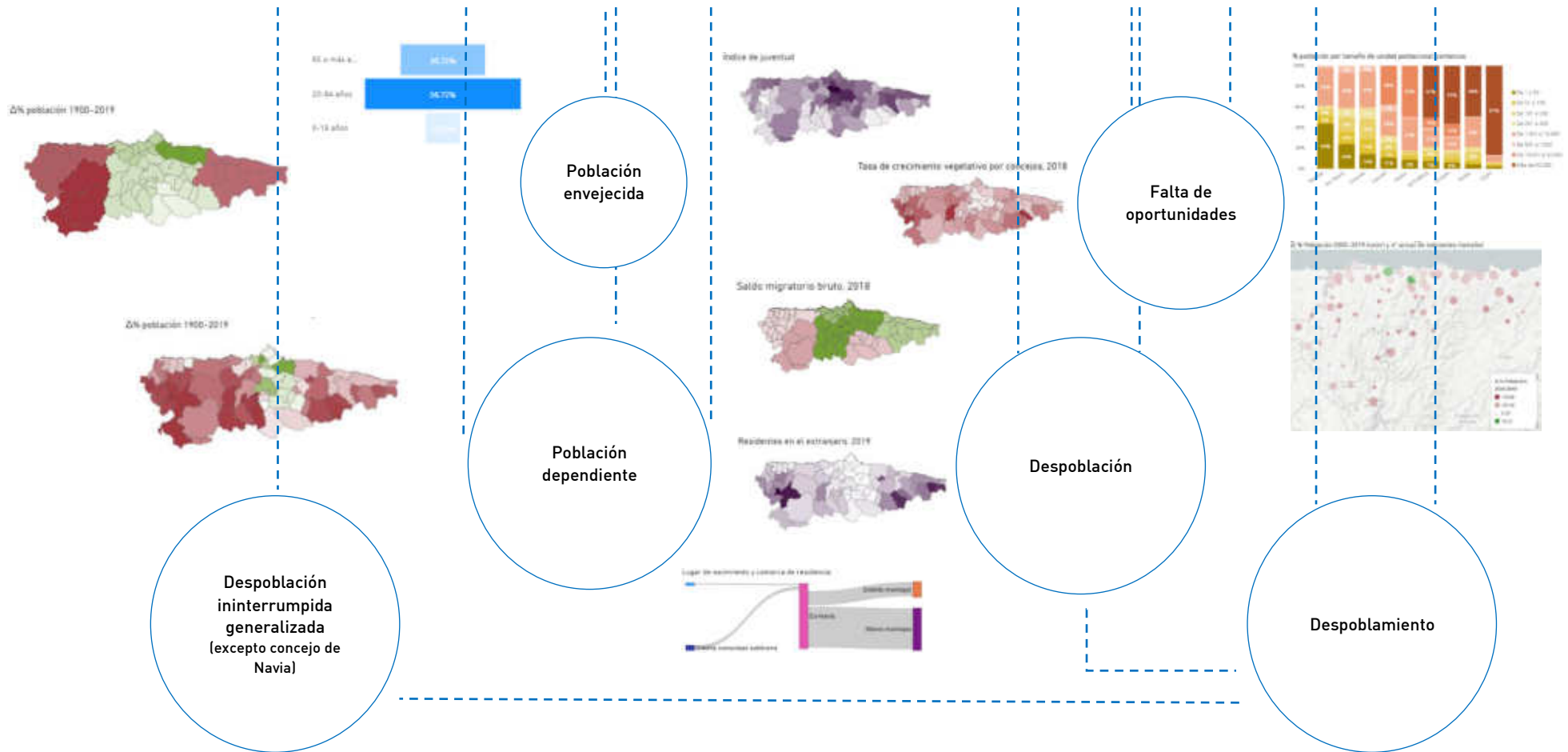
3.4.2. Unidades de población

Descendiendo en el análisis a un nivel estadístico inferior (entidad singular de población), puede comprobarse la concentración de la población en grandes núcleos en las principales comarcas de la región (Gijón, Avilés y Oviedo) y la dispersión en pequeñas entidades en las alas (Oriente, Eo-Navia y Narcea). A medio camino estarían las comarcas mineras, especialmente la

3.5. Resumen de la población y el poblamiento



	Evolución desde hace...			Estructura			Índices						Poblamiento	
	100 años	30 años	10 años	0-19 años	20-64 años	65 ó + años	Población dependiente	Tasa natalidad	Tasa mortalidad	Crecimiento vegetativo	Saldo migratorio	Altoctonia	Población entidades +1.000	Despoblamiento EC -50%(00/19)
Asturias	+60 %	-7%	-6%	14,67%	59,62%	25,71%	40,38%	5,60 ‰	12,93‰	-7,33‰	+ 2,25‰	20,46%	76,93%	5,95%
Eo-Navia	-50%	-27%	-12%	12,56%	56,72%	30,72%	43,28%	5,05‰	15,81‰	-10,76‰	-2,25‰	11,19%	34,23%	12,37%
Tapia	-27%	-15%	-5%	14,57%	59,80%	25,63%	40,20%	5,40‰	15,02‰	-9,62‰	+0,34‰	11,09%	56,68%	0%



4. Actividades económicas y mercado laboral

4.1. Mercado laboral

En este apartado se analizará la situación actual, evolución y distribución territorial del empleo en los diferentes sectores de actividad, así como la evolución de la masa de asalariados vs no asalariados en estos últimos treinta años.

4.1.1. Asalariados vs no asalariados.

Atendiendo a los gráficos elaborados *ad hoc*, puede observarse un progresivo aumento del empleo asalariado en las áreas más dinámicas de la región, aunque también en la comarca Eo-Navia ha habido un incremento notable tanto en el número como en la proporción de este tipo.

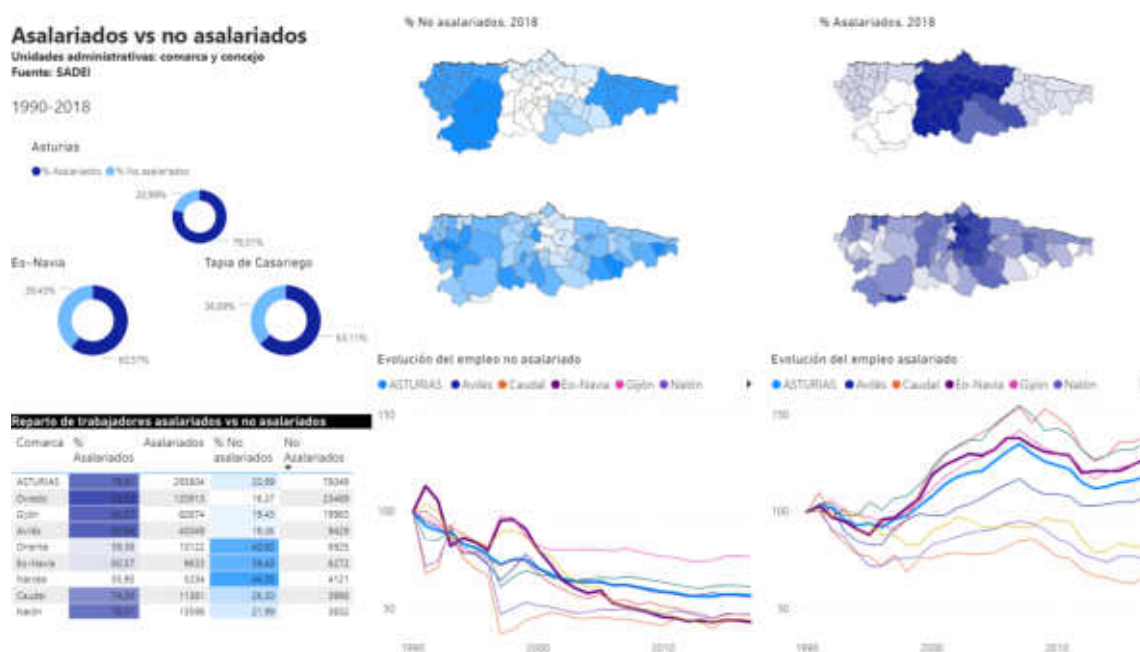


Ilustración 47. Asalariados vs no asalariados. Elaborado a partir de datos de la SADEI.

No obstante, y a pesar de la abundante pérdida de empleos no asalariados, esta comarca -y en consonancia con las áreas periféricas- muestra una proporción mucho mayor de trabajadores no asalariados. Ello es debido -y lo veremos más adelante- al aún importante porcentaje de trabajadores del sector primario en la comarca Eo-Navia, y más específicamente en los concejos interiores de la misma.

4.1.2. Empleo

Atendiendo a la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE), en la región las actividades encuadradas en el sector terciario generan buena parte de los empleos, si bien el porcentaje es mayor en Oriente para la hostelería y para el comercio en Oviedo. La construcción tiene un peso similar en todas las comarcas, mientras que el sector primario destaca claramente en las alas de la región.

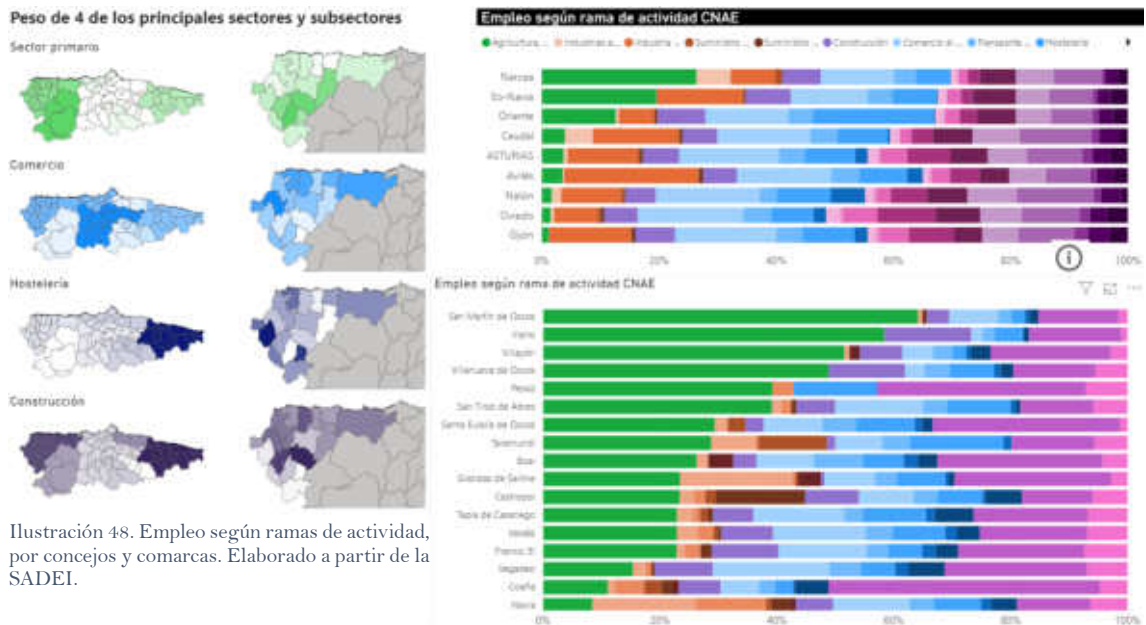


Ilustración 48. Empleo según ramas de actividad, por concejos y comarcas. Elaborado a partir de la SADEI.

En la mitad de los concejos del Eo-Navia -interiores todos ellos- agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, generan al menos la tercera parte de los puestos de trabajo. La industria tiene gran importancia en Castropol (astillero), Grandas de Salime (alimentaria), Coaña (polígono) y Navia, donde están ubicadas factorías de Ence, Reny Picot y Astilleros Armon, lo que aporta un gran número de empleos e incrementa el protagonismo de este sector para toda la comarca. Actividades comerciales y hostelería acaparan buena parte del empleo en concejos turísticos y cabeceras comarcales (Vegadeo, Tapia de Casariego y Taramundi); mientras que los puestos de trabajo vinculados a la administración pública representan un alto porcentaje del empleo en Coaña (hospital comarcal) y algunas cabeceras comarcales (Vegadeo) y pequeños concejos (Pesoz).

4.1.2.1. Empleo, agricultura y pesca.

En el apartado previo pudo apreciarse el protagonismo del sector primario en el porcentaje de empleos en las comarcas de Oriente, Narcea y Eo-Navia. En la actualidad, también en términos absolutos, existe ese protagonismo: en 1990 la comarca de Oviedo sumaba tantos empleos en el sector como la del Narcea y Eo-Navia juntas, la pérdida de empleos en el sector (de 17.359 a 2.559 empleos en Oviedo) y la terciarización de la economía (que veremos más adelante), suponen que las comarcas occidentales por separado superen a la comarca de Oviedo.

Este proceso también puede verse claramente reflejado en la gráfica de evolución del empleo no asalariado (apartado 4.1.1.): la correspondencia es casi calcada a la evolución de los puestos de trabajo en el sector primario.

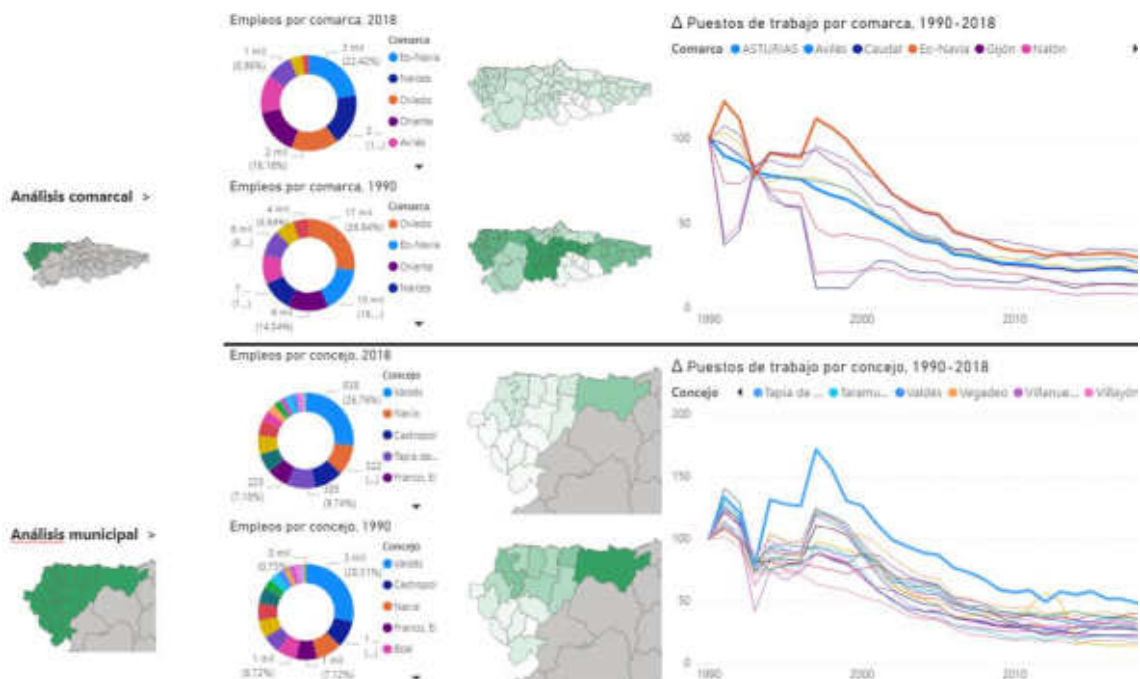
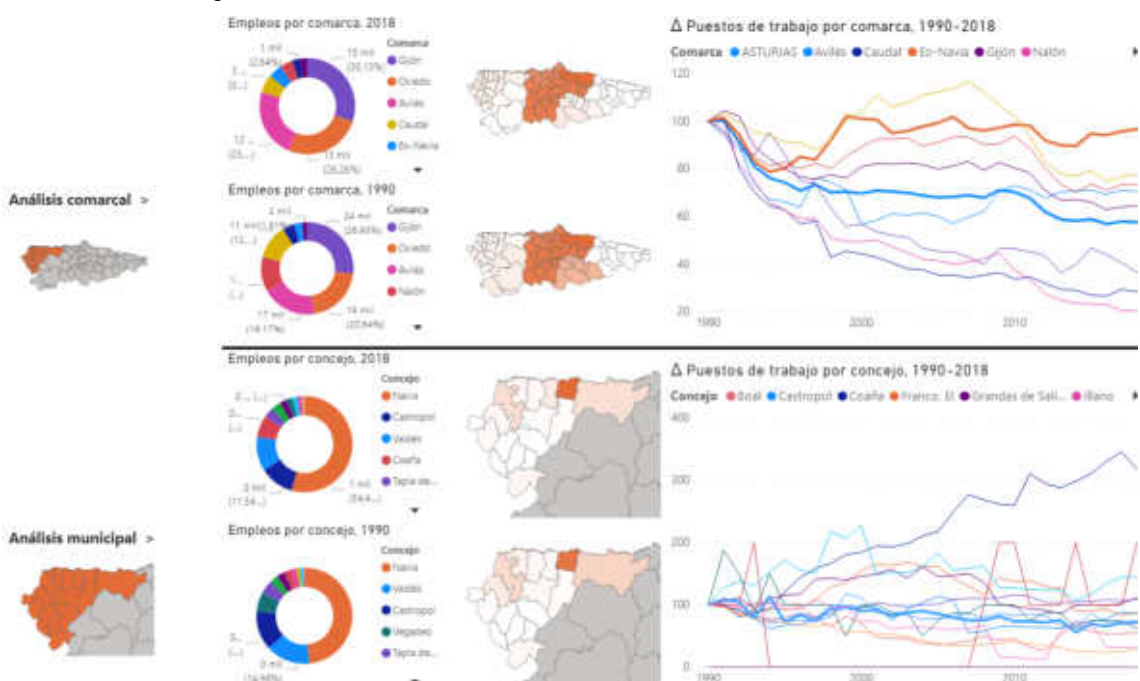


Ilustración 49. Análisis del empleo en los sectores agrícola y pesquero, 1990-2018. Elaborado a partir de datos de la SADEI.

En cuanto a la distribución y evolución por concejos, pudimos ver en el anterior apartado que en los concejos interiores hay un mayor porcentaje de población empleada en estas actividades; en estos gráficos, los datos absolutos muestran un mayor volumen de empleos en los concejos costeros, pues además de contar con más habitantes y el sector pesquero, disponen de terrenos más aptos para desarrollar la actividad.

4.1.2.2. Industria

Este sector ha acumulado pérdidas importantes en todas las comarcas durante las últimas tres décadas, exceptuando la comarca Eo-Navia.



Es el concejo de Navia el gran motor del sector en la comarca: más de 1.300 empleos (54,40% del total comarcal), muy por encima del siguiente, Castropol, con 281; cifras similares a Castropol tiene el concejo de Valdés (280), que aglutina buena parte de la actividad en el polígono de Almuña.

El sector ha experimentado un importante crecimiento en el concejo de Coaña debido a la construcción del polígono más importante de la comarca (Polígono Río Pinto) y que ha atraído a empresas del interior, pues dispone de mejores conexiones y equipamientos próximos para desarrollar la actividad.

También la industria alimentaria mantiene e incluso aumenta el número de empleos en el sector en algunos concejos del interior, como puede ser el caso de Grandas de Salime.

4.1.2.3. Construcción

A excepción de la comarca del Narcea, todas las comarcas han experimentado un descenso en el número de empleos en el sector.

En el periodo que va entre 1.997 y 2.008 (“boom de la construcción”) el número de empleos aumenta de manera generalizada, independientemente de la dinámica demográfica del territorio.

En el caso de la comarca Eo-Navia, podría decirse que es la más estable en el periodo: el incremento es el menos notable en la etapa de bonanza, y el descenso no es tan vertiginoso como en otras áreas tras 2.008.

Ilustración 50. Análisis del empleo en el sector industrial, 1990-2018. Elaborado a partir de datos de la SADEI.

A nivel de concejos, tiene más protagonismo en el área costera o marina occidental, aunque muchos de ellos han perdido más empleo en el sector que la media comarcal.

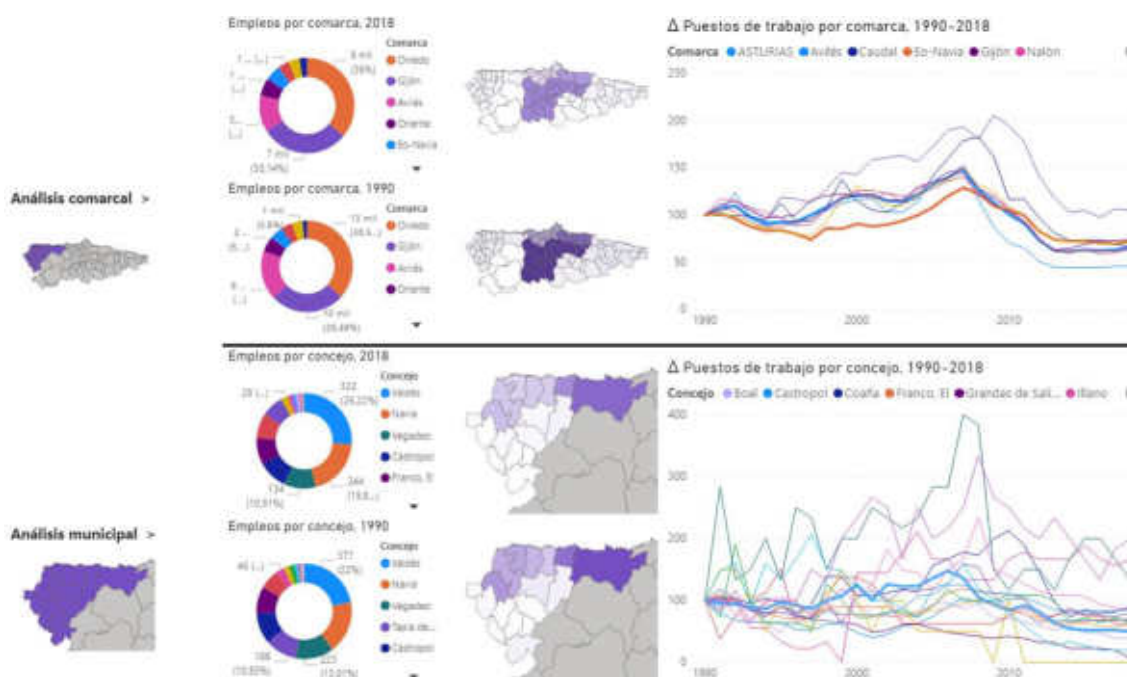


Ilustración 51. Análisis del empleo en la construcción, 1990-2018. Elaborado a partir de datos de la SADEI.

4.1.2.4. Servicios

Ha sido el único sector con un crecimiento generalizado en el número de empleos, siendo las comarcas occidentales y la cuenca del Caudal las que han experimentado un menor incremento en el número de efectivos atendiendo a la dinámica demográfica regresiva.

En los concejos de la comarca Eo-Navia ha ganado peso de manera generalizada, no obstante, concejos de referencia como Vegadeo han perdido el peso de antaño.

También, concejos que conjugan actividades turísticas y servicios y equipamientos de referencia han ganado peso: Coaña (hospital comarcal) o Navia (en consonancia con la pujanza industrial) son un buen ejemplo.

4.1.3. Paro

Puede apreciarse un progresivo incremento en el número de parados a partir del inicio de la crisis económica en 2.008, alcanzando el pico en 2.013.

A partir de esa fecha el número de parados ha ido descendiendo progresivamente, de forma cada vez más pausada, pero sin llegar a datos de 2.008, a pesar del descenso de población activa en la región -aún más acusado en la comarca Eo-Navia-.

El gran contingente de parados lo asume el sector terciario, con especial incidencia en lugares turísticos, que además deben enfrentar el desafío de la estacionalidad (p.ej. Tapia de Casariego).

En la comarca Eo-Navia, en consonancia con el protagonismo de los sectores en el empleo, el sector industrial y primario superan la proporción de parados respecto a los datos de la provincia. No obstante, hay que resaltar la importancia de ambos sectores en un contexto de inestabilidad laboral que afecta especialmente al sector servicios, más aún -y como indicamos en el anterior párrafo- en concejos como Tapia de Casariego, en los que el turismo no garantiza ni empleo, ni ingresos para todo el año.

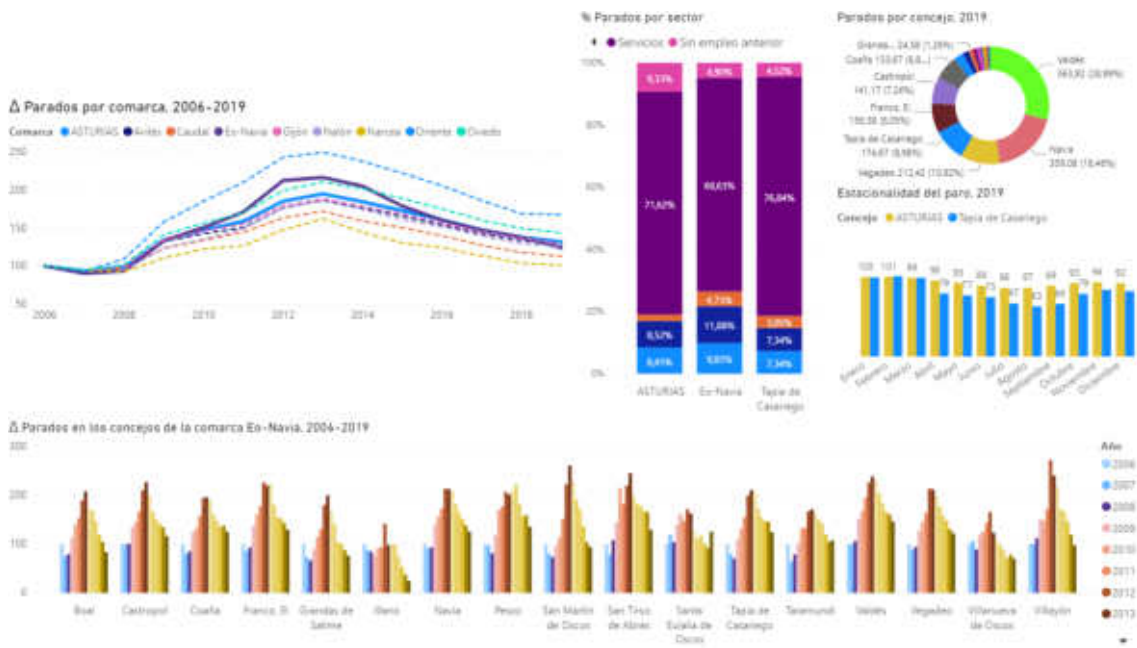


Ilustración 53. Datos del paro, 2006-2018. Elaborado a partir de datos de la SADEI.



Ilustración 52. Análisis del empleo en el sector servicios, 1990-2018. Elaborado a partir de datos de la SADEI.

4.1.4. Renta familiar disponible

Es la cantidad de renta de la que disponen las familias para el consumo y el ahorro, una vez deducidos entre otros, los impuestos y las cuotas a la Seguridad Social.

Son los concejos del eje Oviedo-Gijón-Avilés los que presentan una RFD más elevada y, en segundo término, los mineros (pensiones). En la comarca Eo-Navia destaca el concejo de Navia como enclave industrial o "isla" de relativa pujanza económica: 17.425 euros frente a los 16.342 de media comarcal.

No obstante, lo que más llama la atención es la dinámica: en 1.980 la RFD en la comarca de Oviedo era un 49,53 % superior a la de la comarca Eo-Navia; actualmente, a pesar de tratarse de las comarcas más distanciadas (excluyendo a Oriente), la diferencia no llega al 10%.

El alto porcentaje de pensionistas, la reducción pero intensificación de las explotaciones agrarias y el mantenimiento de puestos de trabajo en la industria, pueden haber acelerado este acercamiento en la comarca.

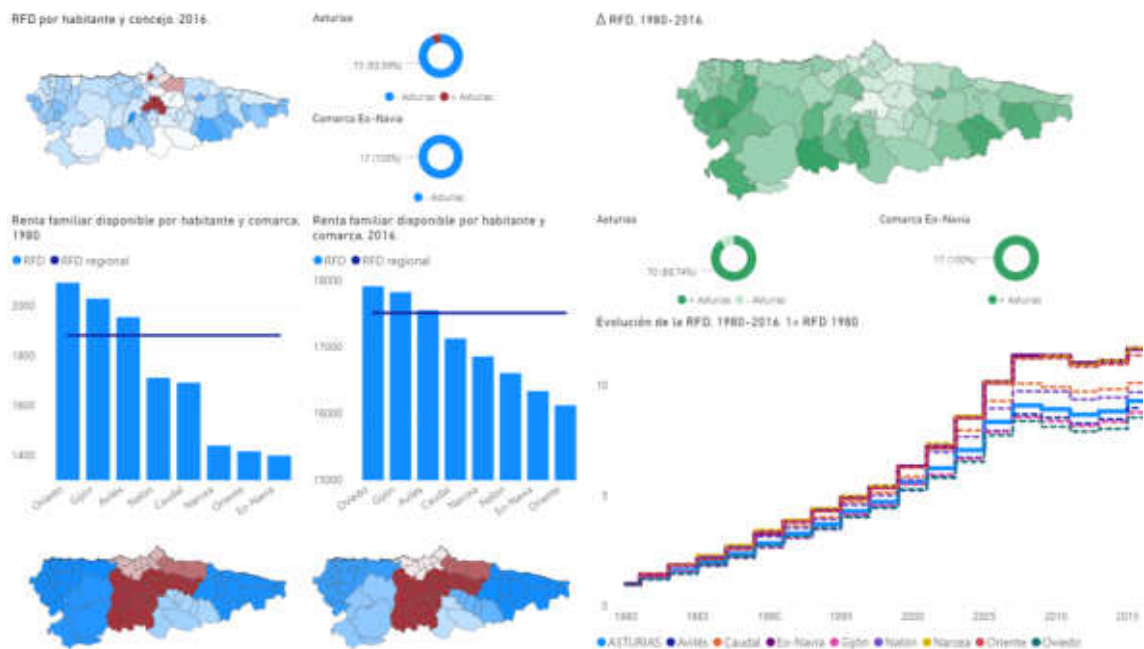


Ilustración 54. Renta familiar disponible, 1980-2016. En la parte izquierda situación actual y foto fija de la situación actual y en 1980 comparando los datos comarcales; en la derecha, ritmo de aumento de la RFD por concejos respecto a la media regional (arriba) y evolución por comarcas y Asturias en estas últimas tres décadas. Elaborado a partir de datos de la SADEI.

4.2. Actividades económicas

En este apartado se analizan la actividad empresarial y los rendimientos y capacidad de diferentes sectores clave en la economía comarcal. En primer término, se estudiará la riqueza generada (Valor Añadido Bruto, VAB) a diferente escala territorial y sectorial.

4.2.1. Valor Añadido Bruto, reparto territorial y sectorial

VAB a precios básicos, es la diferencia entre la producción valorada a precios básicos y los consumos intermedios valorados a precios de adquisición. No incluye impuestos, pero sí subvenciones.

A nivel regional, la "riqueza" es generada casi en un 80% por el conjunto de las comarcas de Oviedo, Gijón y Avilés; en porcentajes que superan el 4% pero no llegan al 5% estaría el resto, a excepción de Narcea (2,43 %).

Atendiendo a la dinámica de los últimos cuarenta años, puede observarse la pérdida de ritmo de las Cuencas mineras, Avilés y Narcea; y el incremento del ritmo en el resto de territorios hasta la crisis de 2.008, desde entonces persiste un estancamiento con ligeros altibajos en el mejor de los casos.

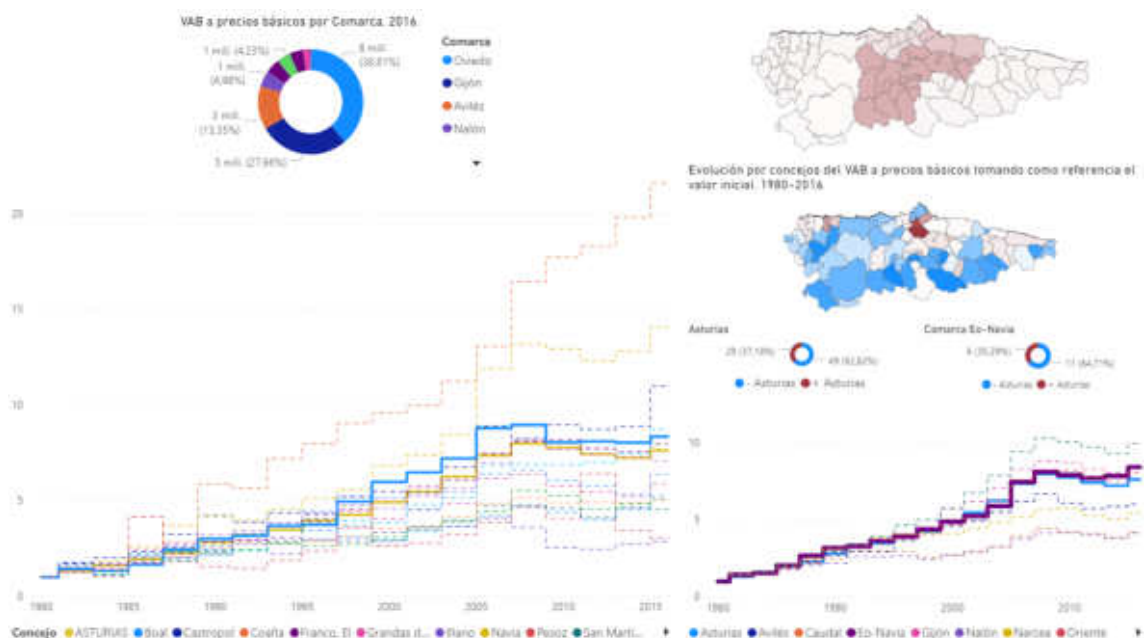


Ilustración 55. VAB aportado por comarca en 2016 (izquierda, arriba); incremento del VAB por comarcas desde 1980 (arriba, derecha); incremento del VAB por concejos respecto a la media regional (derecha, medio); evolución del VAB por comarcas entre 1.980 y 2.018 (abajo, derecha) y evolución del VAB por concejos en la comarca Eo-Navia (abajo, izquierda). Elaborado a partir de datos de la SADEI.

A escala comarcal, la evolución del VAB supera la media regional en seis concejos: Coaña, Navia, Castropol, Santa Eulalia de Oscos, Tapia de Casariego y El Franco. Los tres primeros y El Franco con una importancia clara del sector industrial en empleo y VAB (siguiente apartado); Santa Eulalia y Tapia de Casariego con un peso importante del sector terciario en el VAB y de la hostelería en los empleos (10% por el 7,64% de la media comarcal).

En cuanto al reparto sectorial, destaca el protagonismo creciente del sector terciario en el conjunto de la región (año 2.000, 59,6% del VAB; año 2.016, 70,79%); la pérdida moderada del protagonismo por parte de la industria (año 2.000, 29,06% del VAB; año 2.016, 22,23%); la caída de la construcción y la presencia testimonial del primario (1,6%).

El primer sector contribuye al 19,60% de los empleos en la comarca Eo-Navia, sin embargo, solo aporta un 9,44% del VAB; en cambio, **el sector industrial aporta un 34% del VAB comarcal a pesar de no llegar al 15% del empleo.**

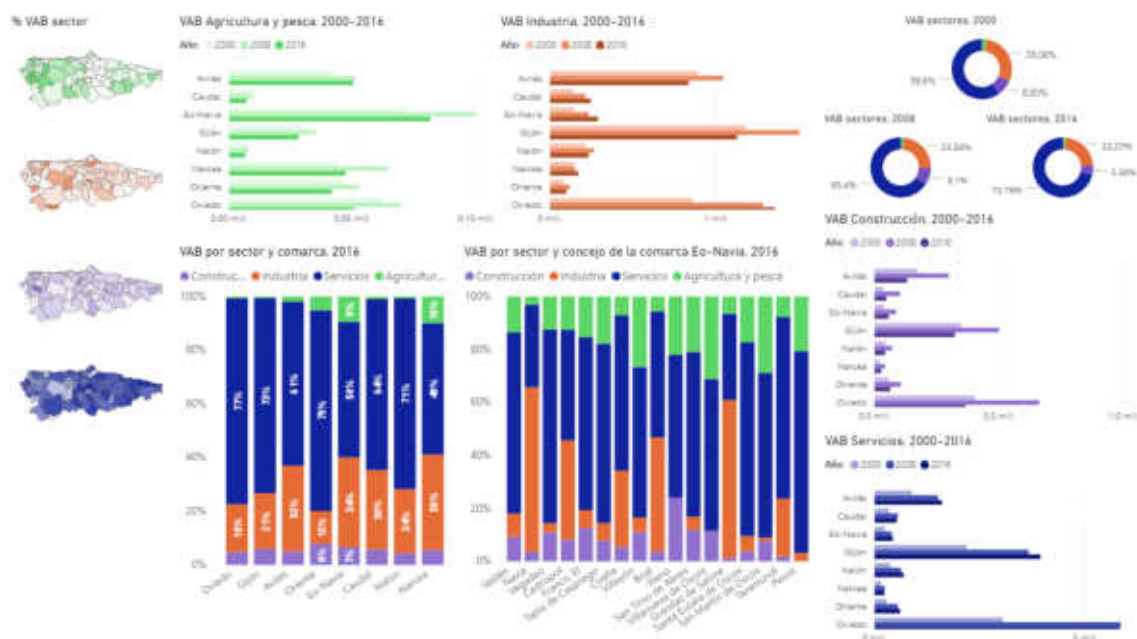


Ilustración 56. Importancia relativa de los sectores por concejo (izquierda); VAB por sector, comarca y concejo en 2016 (abajo); distribución del VAB regional por sectores en los años 2000, 2008 y 2016 (esq. superior derecha); peso de los diferentes sectores en el VAB entre los años 2000 y 2016.

4.2.2. Actividad empresarial

Desde el punto de vista empresarial, la región cuenta con un alto porcentaje de empresas ejerciendo la actividad en el sector servicios (más del 80%); un porcentaje importante en la construcción (12,28%); y un pequeño porcentaje en la industria (5,19%), lo que también apunta al gran tamaño de algunas de estas empresas, que emplean a más de un 12% de los trabajadores asturianos.

En la comarca Eo-Navia las empresas de construcción tienen mayor peso, ello puede deberse a la existencia de muchas de ellas de pequeño tamaño y carácter familiar; también la industria (7,38%) gana cierto espacio a la abrumadora mayoría de empresas vinculadas al sector terciario. No obstante, en la tabla de la ilustración correspondiente, puede observarse la carencia de empresas en los concejos del interior, en muchos casos al tratarse de actividades desarrolladas por profesionales autónomos.

Tanto a nivel regional, como comarcal y municipal, existe un claro descenso del peso de las empresas vinculadas a la construcción y un aumento del número de empresas relacionadas con el sector servicios; en consonancia con lo visto en la actividad económica y el empleo.

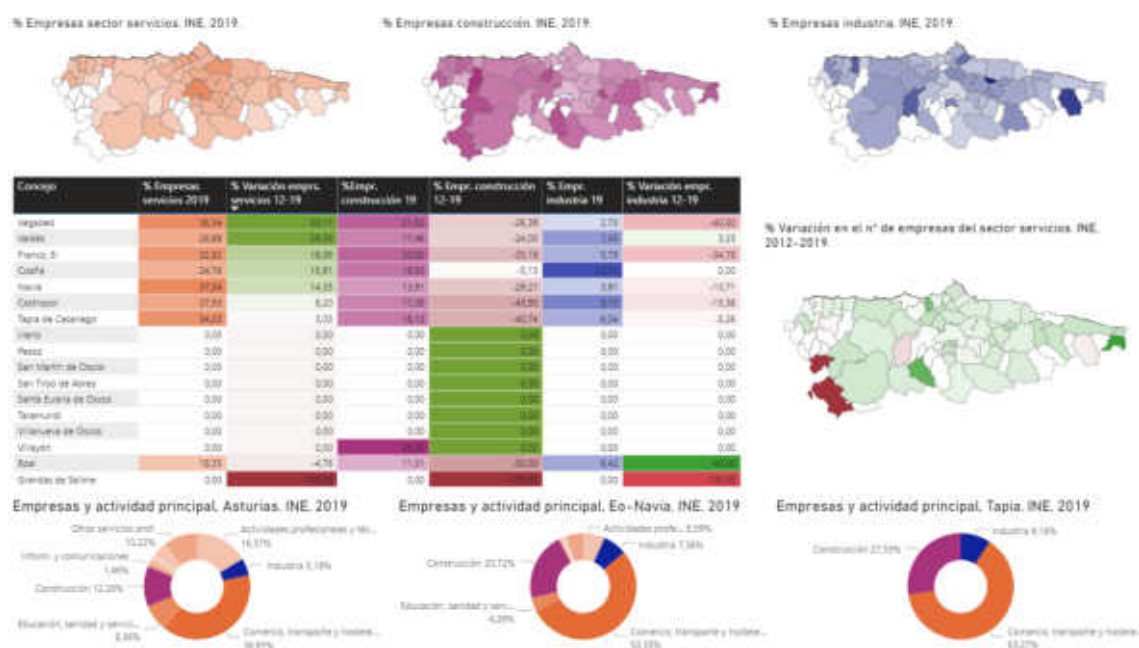


Ilustración 57. Número de empresas en la actualidad y variación respecto a 2.012, en los principales sectores. INE, 2019.

4.2.3. Sector primario

En este apartado se analiza la evolución y situación actual de los diferentes subsectores pertenecientes al primario. En primer lugar, el censo agrario permite analizar las dinámicas recientes en ganadería y agricultura, que serán estudiadas más a fondo mediante información relativa a explotaciones, cuotas y especialización en diferentes tipos de cultivo y ganado. La pesca (marítima) es abordada atendiendo a la flota, capturas y su valor atendiendo al IPC. Por último, las cortas de madera dan una aproximación a los aprovechamientos recientes y la especialización en el eucalipto.

4.2.3.1. Censo agrario

El número de titulares de explotaciones agrarias se vio reducido a menos de la mitad en diez años en el caso de la comarca Eo-Navia. La mayoría de titulares superaba los 55 años, mientras que el número de menores de 34 años era testimonial, ello indica un más que complicado relevo generacional en el mantenimiento de la actividad.

El número de explotaciones también se había reducido drásticamente, la superficie agraria útil (SAU), así como las unidades de trabajo (UTA); no obstante, habría aumentado el tamaño de las explotaciones y las UTA's en determinadas comarcas (Eo-Navia y Oriente), lo que apunta a unos sistemas de explotación más intensivos, especialmente en las áreas costeras (ganadería láctea).

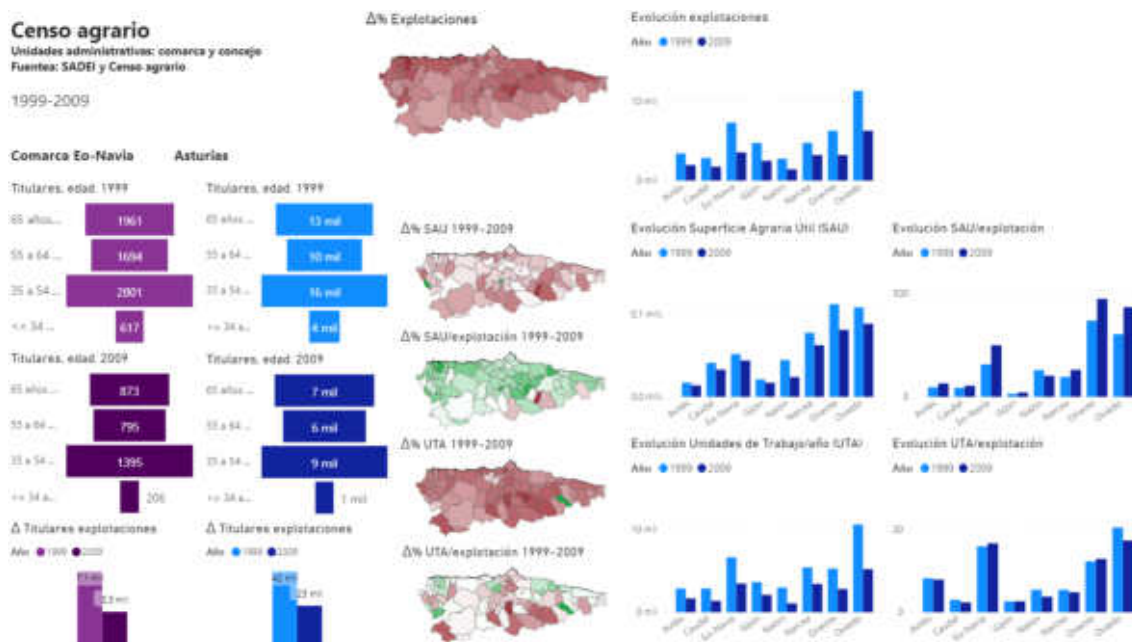


Ilustración 58. Censos agrarios de 2.009 y 2.019, análisis de titulares, SAU, UTA's y explotaciones. Datos recogidos de la SADEI.

4.2.3.2. Agricultura

En el informe dedicado a los usos del suelo pudo verse el mayor protagonismo de las tierras dedicadas a cultivos en concejos del litoral, especialmente marina occidental y Cabo Peñas; además de una clara tendencia regresiva en la superficie cultivada en la mayor parte de la región, como muestra el mapa central de la ilustración correspondiente.

La mayor parte de la superficie cultivada corresponde al forraje, alcanzando este cultivo preponderancia extrema en la comarca Eo-Navia, con 92,17% de la superficie cultivada y triplicando en extensión a la segunda comarca en producción forrajera (Oviedo).

No obstante, en datos absolutos y a pesar de la tendencia regresiva generalizada, la comarca Eo-Navia es protagonista destacada en la actividad agrícola regional: 1ª en forraje y leguminosas; 2ª en cereales; y 3ª en tubérculos y hortalizas.

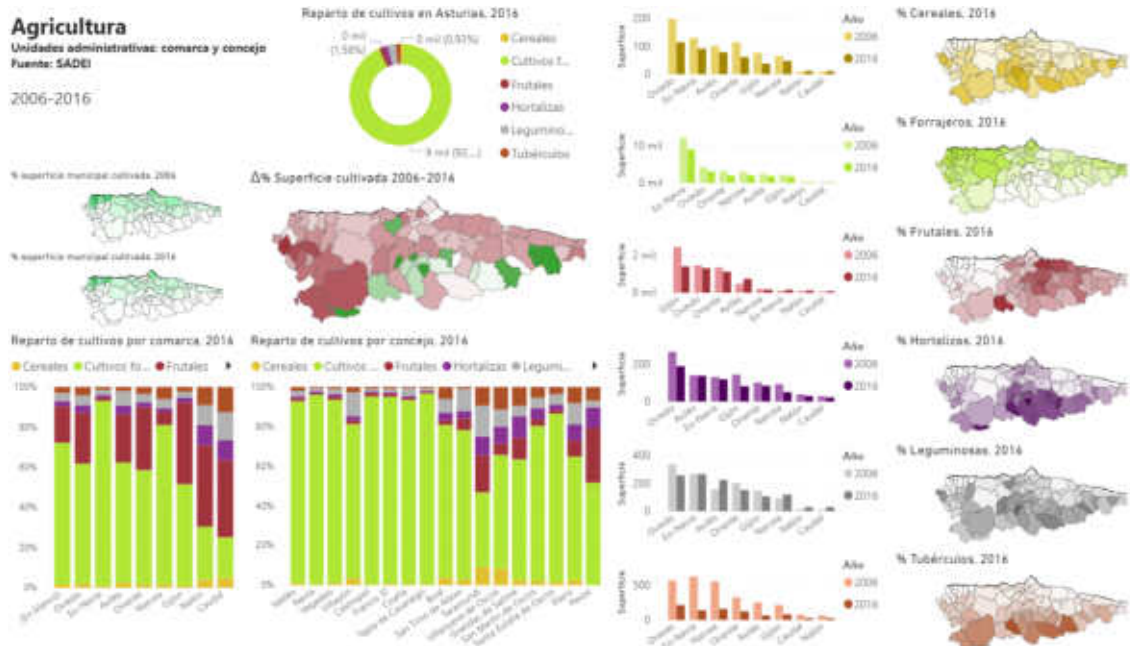


Ilustración 59. Superficie cultivada, distribución y evolución a escala regional, comarcal y municipal. Datos obtenidos de la SADEI.

4.2.3.3. Ganadería

La importancia de los cultivos forrajeros vista en el anterior apartado no es más que un reflejo de una actividad agraria con una clara orientación ganadera, fundamentalmente bovina.

En las últimas dos décadas el descenso de explotaciones de ganadería bovina va en consonancia con el desplome del número de titulares de explotaciones agrarias (censo). No obstante, la cabaña ganadera ha descendido en torno al 12% a nivel regional y un 18,43% en la comarca Eo-Navia, lo que se traduce en un aumento importante del tamaño medio de las explotaciones (intensificación): la comarca se sitúa en el 2º puesto en cuanto a tamaño medio de las explotaciones, siendo los concejos de la costa aquellos que presentan un mayor aumento en el tamaño (especialización láctea).

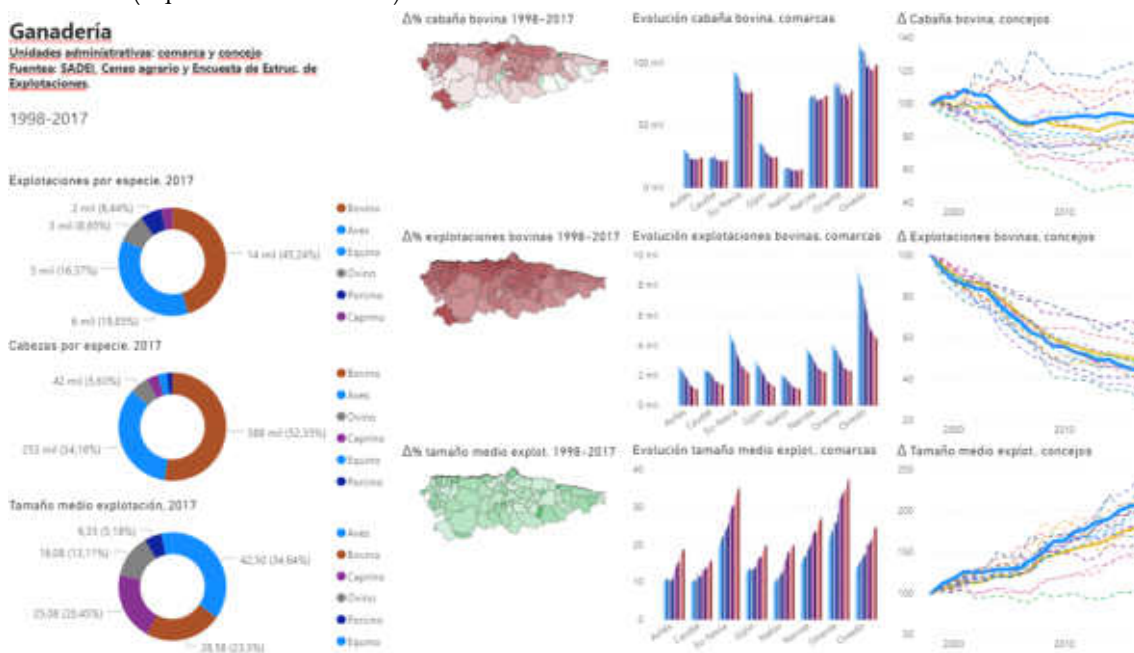


Ilustración 60. Evolución de explotaciones y especies a nivel regional, comarcal y municipal. Datos obtenidos de la SADEI.

En consonancia con el número de titulares agrarios y de explotaciones bovinas, hay un descenso abrupto del número de titulares de cuota láctea. Sin embargo, la producción ha permanecido prácticamente constante a nivel regional, siendo la comarca Eo-Navia el territorio que ha "acaparado" buena parte de la producción: en los concejos de la marina occidental, Tineo y Cabo Peñas ha aumentado ostensiblemente, mientras que en los concejos del interior ha ido desapareciendo (relieve vs mecanización), salvo excepciones como Cabrales, cuyo queso de DOP precisa de leche autóctona para mantener la marca de calidad.

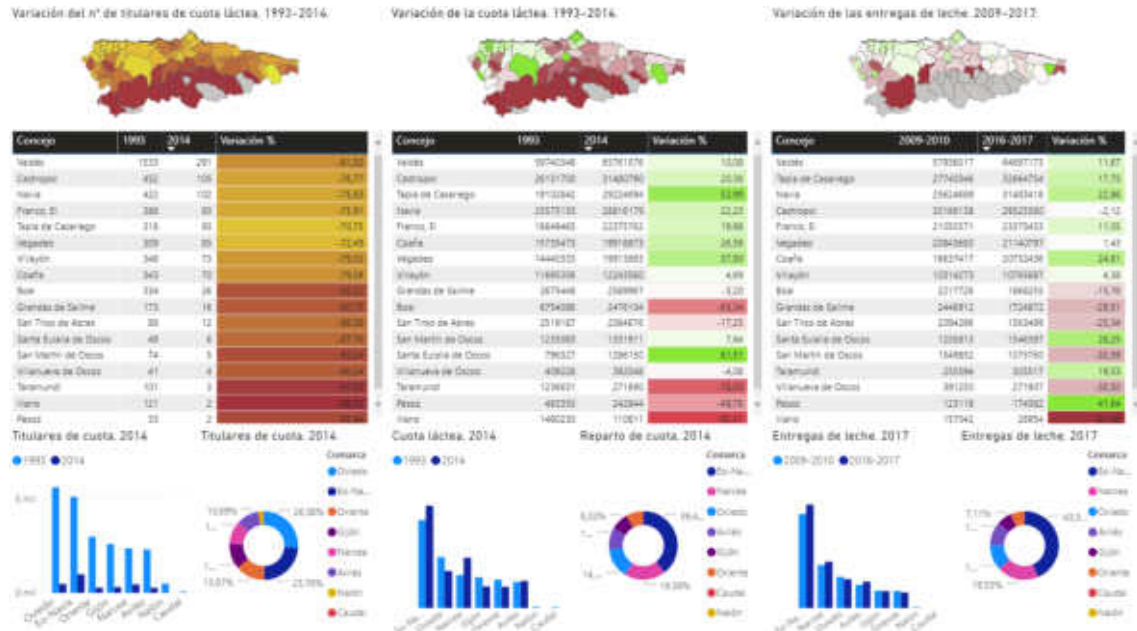
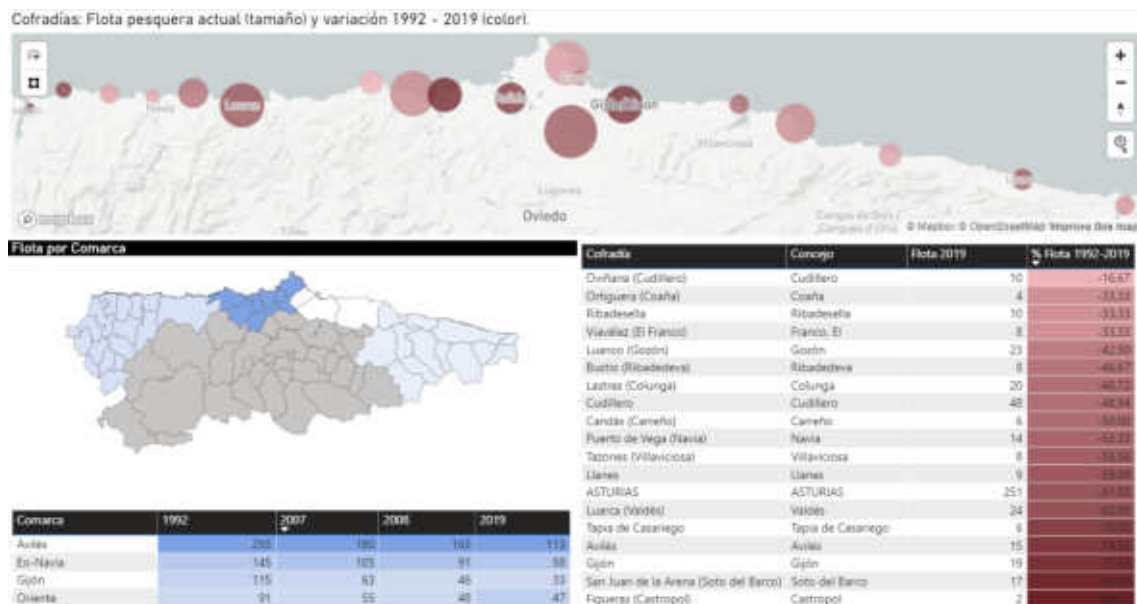


Ilustración 61. Titulares de cuota láctea, variación y entregas de leche. Datos obtenidos de la SADEI.

4.2.3.4. Pesca

En el sector pesquero puede apreciarse a nivel regional un descenso de más del 60% del número de embarcaciones desde 1.992 hasta la actualidad; siendo las comarcas de Eo-Navia (-60%), Avilés (-61,5%) y Gijón (-71%) las que acumulan más pérdidas.



No obstante, resulta más apropiado estudiar el arqueo de la flota: el arqueo mide la capacidad de una embarcación o flota, y sirve de indicador real de la evolución cuantitativa de la flota. Las estadísticas hasta el año 2.007 lo miden en tonelaje de registro bruto (TRB) y a partir de 2.008 por arqueo o tonelaje bruto (GT).

Al igual que en el sector agrario, vemos una clara intensificación: descenso muy importante en el número de embarcaciones, pero hasta el año 2.007 el descenso del arqueo no llega al 7%. Este descenso se acelera a partir de 2.008, hasta el 32,85%.

Las cofradías (y comarcas) más importantes en 1.992 han perdido arqueo: Avilés y Gijón muestran bajadas importantes en diferente etapa, aunque siguen en cabeza.

En la comarca Eo-Navia la mayoría han perdido buena parte de su capacidad (Figueras, Tapia y Viavélez), otras la han reforzado (Ortiguera y Puerto de Vega) y Lluara, cofradía de referencia en el territorio, ha visto disminuida su capacidad en las dos etapas analizadas.

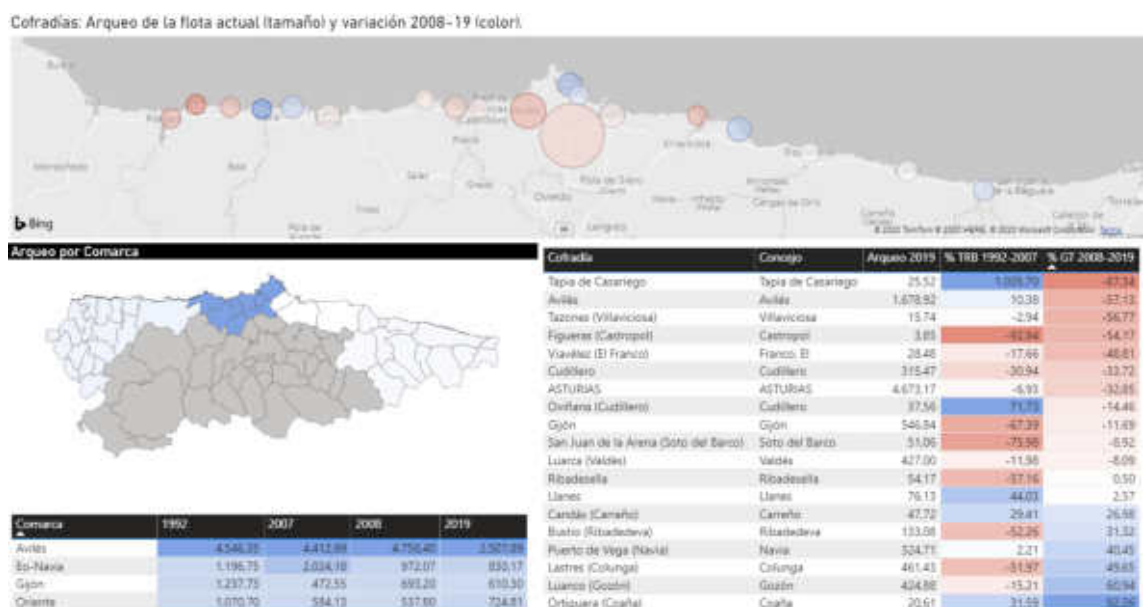


Ilustración 63. Evolución del arqueo entre 1.992 y 2.019. Datos facilitados por la SADEI.

Las capturas, en consonancia con el arqueo, han descendido en la mayoría de las cofradías sin alcanzar los porcentajes negativos tan elevados del número de embarcaciones.

Sin embargo, a nivel comarcal la evolución es positiva: puertos de referencia comarcal como Lastres y Llanes en Oriente, Candás en Gijón o Puerto de Vega en Eo-Navia, han incrementado notablemente el tonelaje de las capturas. La excepción la marca Avilés: cuenta con el gran puerto pesquero de Asturias (más de la mitad del peso desembarcado de la región), muy mermado en capturas (-34,30%) y que lastra las cifras globales de la región.

Desde el punto de vista económico, ha aumentado el valor bruto de las capturas en la mayoría de las cofradías de la región. No obstante, hay que tener en cuenta la cantidad pescada en uno y otro periodo (€/kg) y la inflación acumulada (tasa de variación del IPC, 118%).

El precio del kg desembarcado ha subido un 78,56% a nivel regional, insuficiente si tenemos en cuenta el IPC.

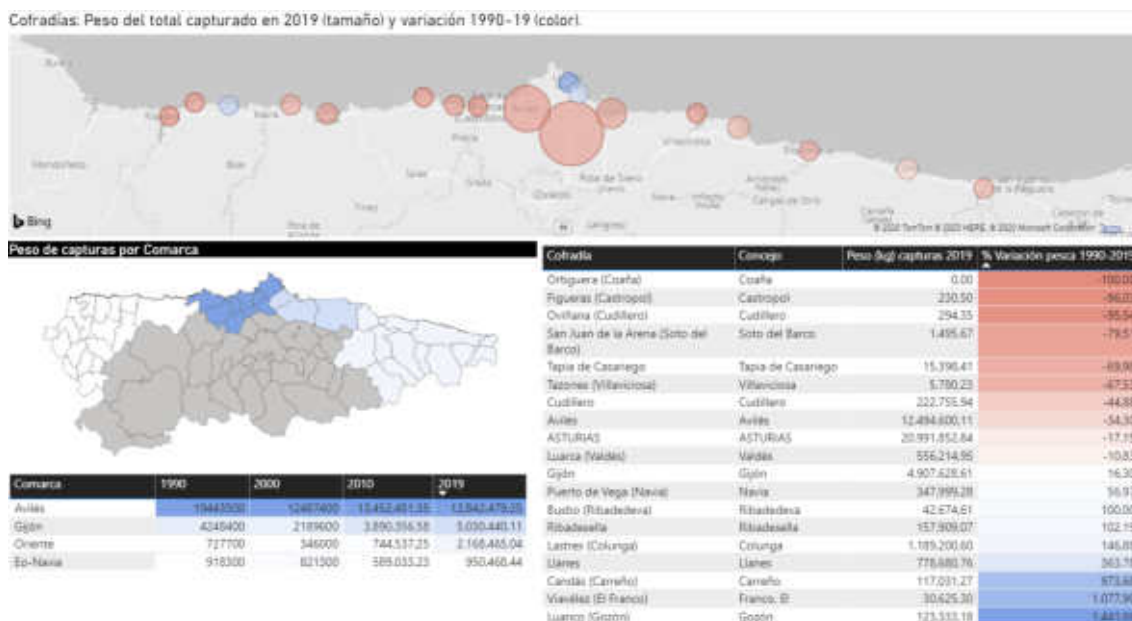


Ilustración 64. Evolución de las capturas entre 1.992 y 2.019. Datos facilitados por la SADEI.

La mayor parte de las cofradías no alcanzan este 118%: cofradías de pequeño tamaño como Candás, Figueras, Tapia de Casarego (moluscos), y San Juan de la Arena (356,61%, gracias a la angula) no logran compensar la depreciación generalizada del producto.

A nivel comarcal, Eo-Navia es la que presenta una menor facturación a pesar de ser la segunda en arqueo; y su puerto/cofradía de cabecera (Luarca), sólo ha incrementado en un 55,99% el valor del kg desembarcado.

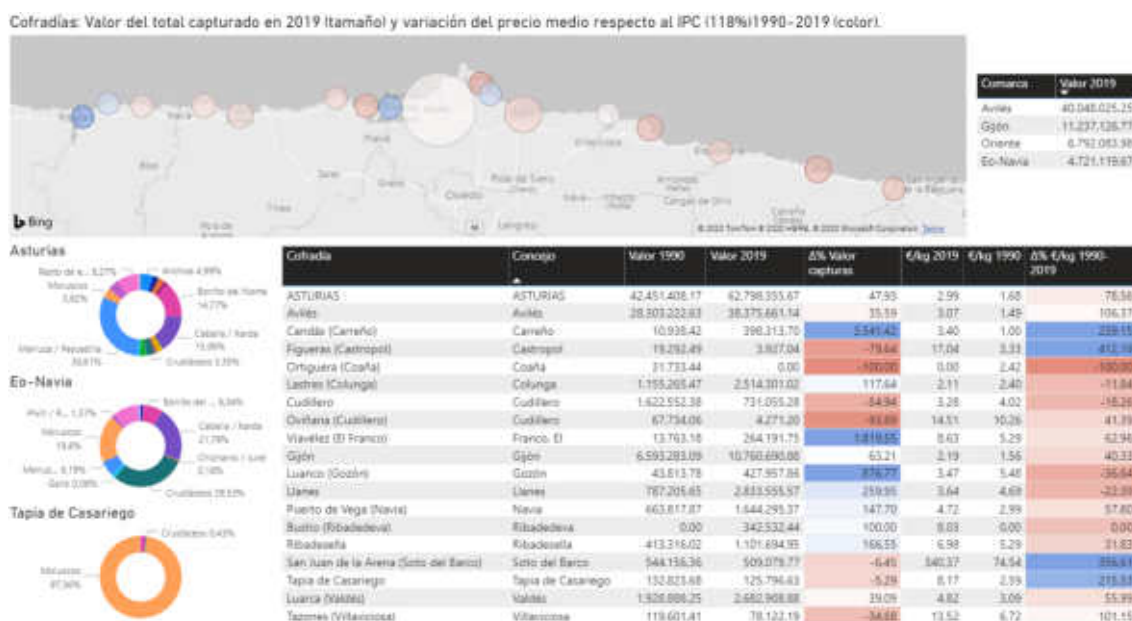


Ilustración 65. Evolución del valor de las capturas entre 1.992 y 2.019. Datos facilitados por la SADEI.

4.2.3.5. Sector forestal

En cuanto a la producción de madera hay que destacar la preponderancia del eucalipto, tanto en valor como en volumen. Las plantaciones ocupan superficies importantes (apartado 2.2.) en concejos costeros, debido a la necesidad de unas condiciones climáticas benignas, especialmente en lo tocante a la temperatura.

En la comarca Eo-Navia también existen territorios importantes en cuanto a la producción de pino pinaster y radiata. Al tratarse de especies que toleran condiciones climáticas y edáficas más extremas, la producción también se extiende por concejos interiores.

No obstante, el grueso de la producción y de los rendimientos se concentran en la costa y en el eucalipto como especie muy valorada e intensiva en su producción.

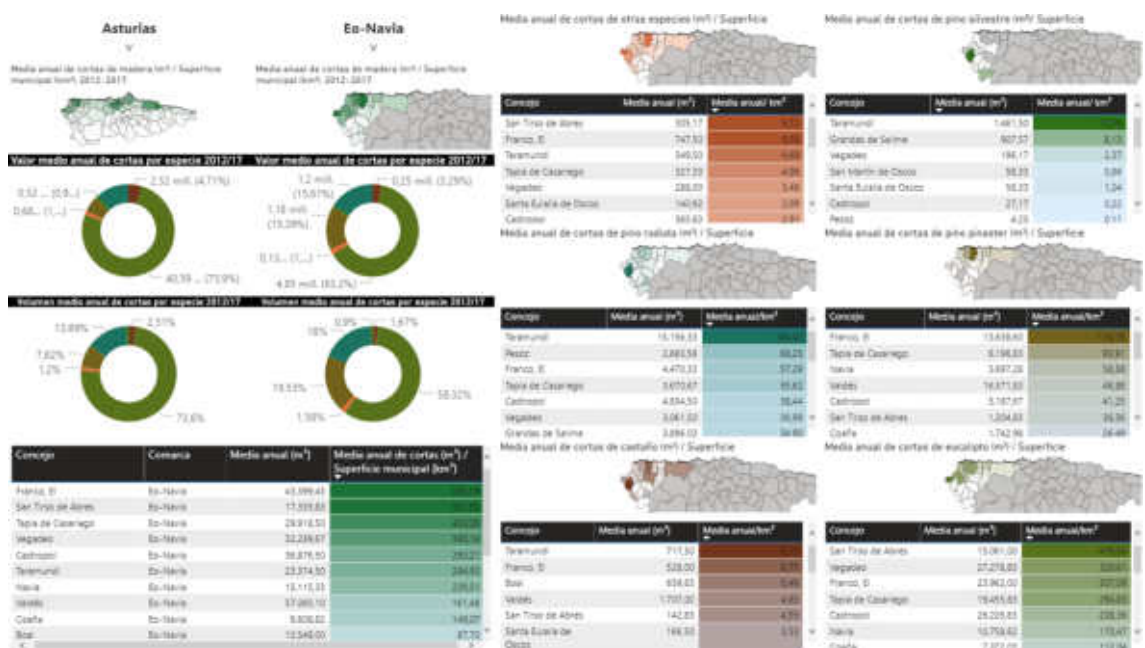


Ilustración 66. Cortas de madera y valoración a nivel regional, comarcal y municipal. Datos obtenidos de la SADEI y Asociación de Propietarios Forestales de Asturias (PROFOAS).

4.2.4. Áreas industriales y techo industrial

Las comarcas de Oviedo y Gijón suman casi el 70% de la superficie industrial, seguidos de Avilés (9,63%), Nalón (5,92%) y Eo-Navia (4,8%). La cuarta parte de la superficie en esta última comarca corresponde a Coaña (Polígono Río Pinto) y el resto de la superficie se reparte entre los concejos de costa.

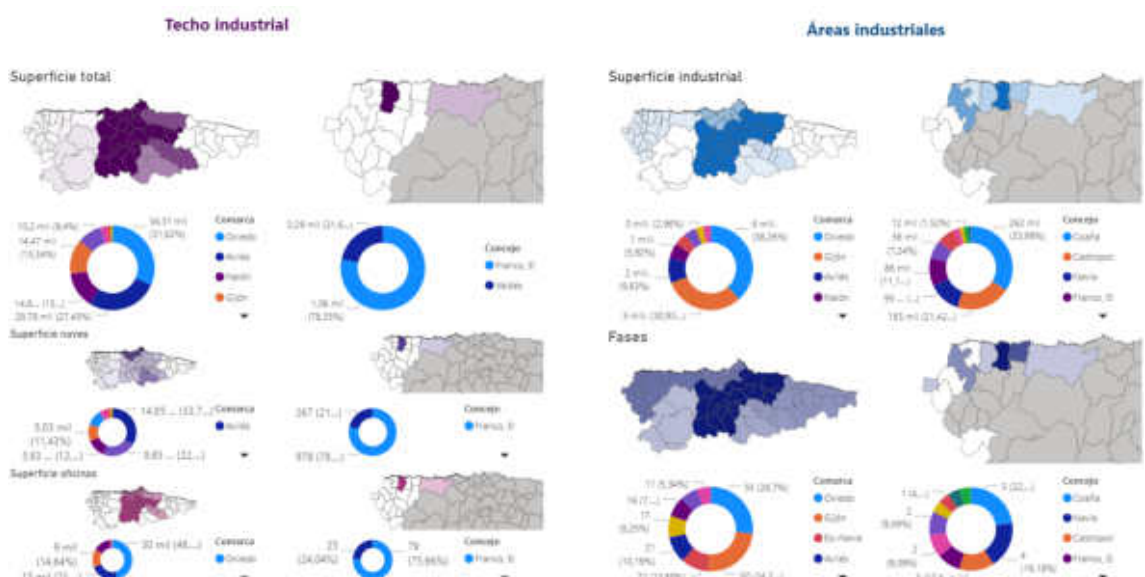


Ilustración 67. Áreas industriales y techo industrial en concejos y comarcas. Datos obtenidos de la SADEI.

En cuanto al techo industrial (infraestructura industrial proporcionada por la administración) la desigualdad se hace mucho más patente entre el centro y las alas de la región: apenas llega a 1.200 m² en la comarca Eo-Navia. Se trata del Centro de Empresas de Novales (El Franco) y, en menor medida el del Polígono de Almuña (Valdés). Actualmente el centro de empresas valdesano aún no acoge empresas debido a obras de acondicionamiento y el C.E. de Novales está ocupado al 50%: 3 empresas alojadas en 3 de las 6 naves disponibles y 2 oficinas ocupadas de las 5 habilitadas. A pesar de suponer una superficie ínfima para el desarrollo de nuevos proyectos empresariales, la realidad es que estos centros apenas están ocupados por emprendedores lo que corrobora parte de los datos vistos en el capítulo dedicado a la población: envejecimiento y saldos migratorios negativos, que a su vez reflejan la búsqueda de oportunidades en otros territorios.

4.2.5. Alojamientos turísticos y actividad

Existe un claro contraste entre las comarcas eminentemente urbanas como Gijón y Oviedo, y el resto. En las primeras, una parte importante de las plazas corresponde a hoteles; en las demás, los campings y las plazas relacionadas con apartamentos turísticos, viviendas vacacionales y alojamientos rurales.

En cuanto a la tendencia, puede apreciarse un descenso en el número de plazas en alojamientos que normalmente se ubican en emplazamientos urbanos (hoteles, hostales y pensiones), un ligero descenso en las plazas de turismo rural y un elevado aumento de las plazas vinculadas a las viviendas vacacionales.

Desde el punto de vista estrictamente territorial, existe una gran concentración de plazas de todo tipo de alojamientos en los concejos de la comarca oriental, especialmente en la costa (Llanes) y Cangas de Onís.

En la comarca Eo-Navia, vuelven a aparecer los concejos costeros como los grandes aglutinadores de actividad, destacando las plazas hoteleras (también en los Oscos), los apartamentos turísticos y, las viviendas vacacionales y los campings. En cuanto al turismo rural, buena parte de las plazas se concentran en concejos interiores como Boal o Villayón.

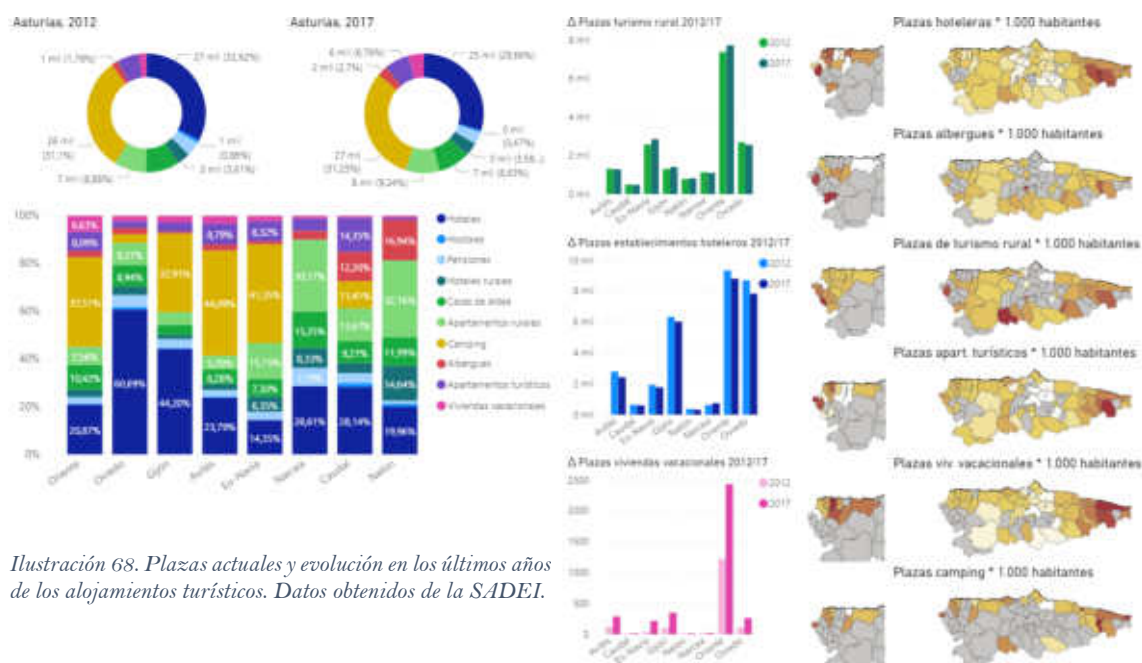


Ilustración 68. Plazas actuales y evolución en los últimos años de los alojamientos turísticos. Datos obtenidos de la SADEI.

Atendiendo estrictamente a la actividad turística, puede analizarse la estacionalidad y rentabilidad comparando los datos regionales con los de las comunidades próximas. En los gráficos se aprecia la pérdida de rendimiento (RevPAR=rendimiento por habitación) a partir de 2.008 hasta 2.013/14 en las comunidades del Cantábrico. Asturias es la comunidad que menos

consigue incrementar el rendimiento por habitación teniendo en cuenta los datos iniciales, reflejando la curva un estancamiento en los rendimientos, a diferencia de las comunidades vecinas, en alza.

Otro factor a tener en cuenta es la estacionalidad. Los datos reflejan para todas las comunidades del Cantábrico una estacionalidad superior a la media nacional, siendo Asturias especialmente destacada en este aspecto con unas enormes diferencias de ocupación entre la temporada alta (verano) y el resto del año.

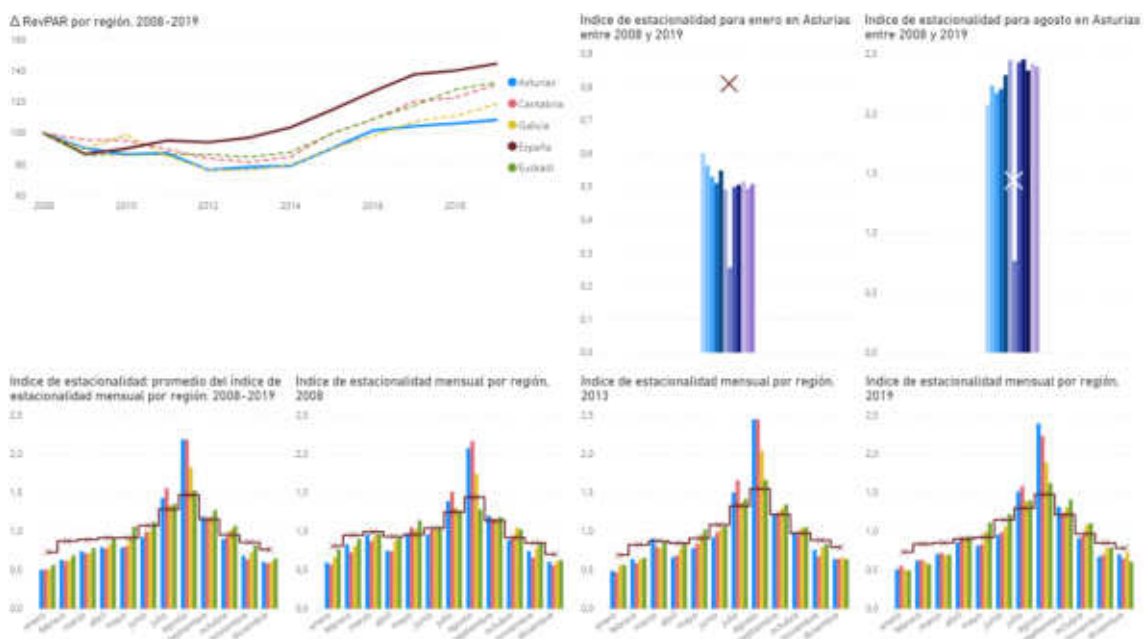


Ilustración 69. Rendimientos (RevPAR) y estacionalidad por comunidades autónomas. Fuente: Indicadores de rentabilidad del sector hotelero, INE.

4.2.7. Camino de Santiago

Uno de los elementos dinamizadores de la comarca es el Camino de Santiago, que discurre a través de dos alternativas: el Camino Primitivo, que recorre el interior de la región y únicamente pasa por el concejo de Grandas de Salime; y el Camino de la Costa/del Norte, que atraviesa todos los concejos del litoral. El análisis se centra en este último por su impacto territorial.

Aproximadamente 1/3 de los peregrinos inician esta alternativa del Camino en Irún, el resto suele incorporarse en los principales núcleos de población de las comunidades por las que pasa el Camino: Donostia en Euskadi, Santander en Cantabria y, a pesar de su pequeño tamaño, Ribadeo (Galicia).

En 2.018, 13.060 peregrinos pasaron por la comarca, de los cuáles unos 700 inician el recorrido en ella. La mayor parte de estos peregrinos comienzan en Luarca y 164 en Vegadeo. Llama poderosamente la atención el hecho de que comiencen el peregrinaje el doble de personas en Ribadeo que en toda la comarca.

En cuanto a la tendencia evolutiva del Camino del Norte, se observa un aumento progresivo de peregrinos desde el año 2.009, con un pico en el año 2.010 (año Santo Jacobo). Sin embargo, comparando la evolución del Camino del Norte con el global del Camino de Santiago, se observa una disminución en la proporción de peregrinos que optan por el itinerario costero: de un máximo del 6,71% en 2018, a un 5,82% en 2.018.

Camino de Santiago: Camino del Norte

Región: ● Asturias ● Cantabria ● Euzkadi ● Francia ● Galicia



Acumulado de peregrinos

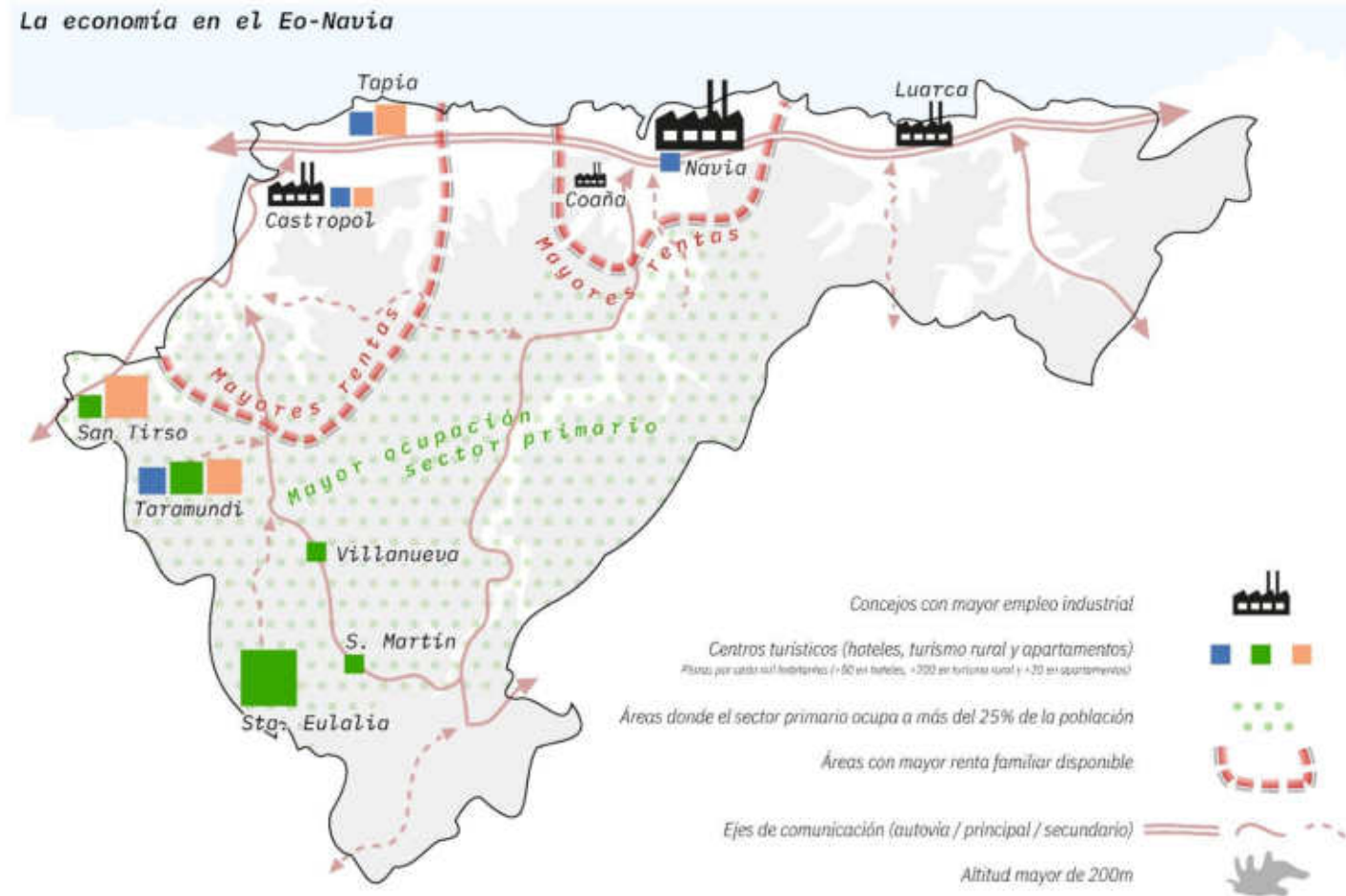


Lugar de comienzo



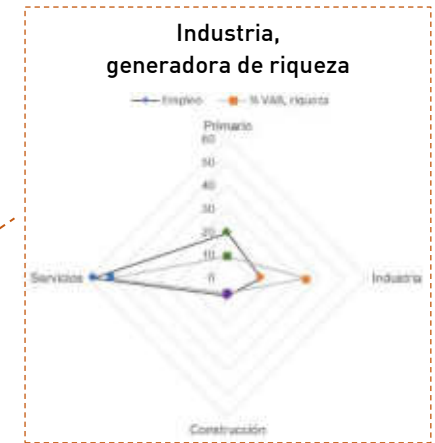
Ilustración 70. Análisis del Camino de Santiago del Norte. Datos obtenidos de la Oficina del Peregrino.

4.3. Resumen de actividades económicas y mercado de trabajo



	Evolución Renta Familiar Disponible (RFD)			Evolución del Valor Añadido Bruto (VAB, riqueza)		
	RFD actual	1980-2008	1980-2016	VAB actual	1980-2008	1980-2016
Asturias	17.516 €	x 9,11	x 9,31		x 8,00	x 7,64
Eo-Navia	16.342 €	x 11,36	x11,68		x 8,14	x 8,45

	Riqueza (VAB) por sectores			
	Primario	Industria	Construcción	Servicios
Asturias	1,60%	22,23%	5,38%	70,79%
Eo-Navia	9,44%	33,50%	6,56%	50,49%

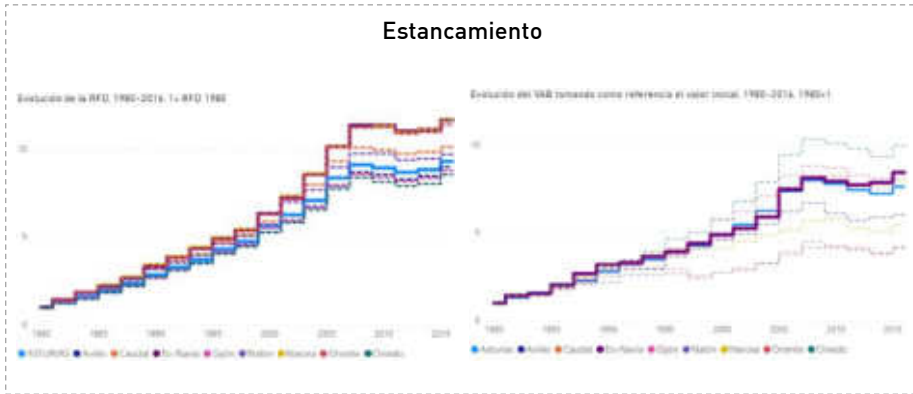


Peso importante del sector primario en empleo -a pesar de la caída en el nº de puestos de trabajo-. No tan relevante en la generación de riqueza

Terciarización de la economía (empleos, riqueza)

	Empleo por sectores			
	Primario	Industria	Construcción	Servicios
Asturias	3,70%	12,62%	6,22%	77,46%
Eo-Navia	19,60%	14,65%	7,68%	58,07%

	Tendencia empleo por sectores 1990-2018			
	Primario	Secundario	Construcción	Servicios
Asturias	-78,41%	-42,35%	-34,75%	+46,94%
Eo-Navia	-69,93%	-3,26%	-28,35%	+22,91%



5. Servicios y cohesión territorial

En los siguientes apartados se analizan aspectos diversos que influyen y reflejan la realidad territorial: servicios públicos -no incluimos los privados por ser testimoniales- como la sanidad y la educación; situación de las arcas municipales (deuda); tipología de la vivienda; variación de los valores del parque inmobiliario e infraestructuras de comunicaciones.

5.1. Educación

En los gráficos que analizan la evolución de alumnos y unidades escolares por comarca, puede observarse un progresivo aumento en el número de alumnos y unidades escolares de la educación infantil hasta el curso 2017/18, salvo en las comarcas occidentales (Narcea y Eo-Navia), que experimentan un progresivo descenso o estancamiento en el número de alumnos.

Es la educación primaria la que refleja la realidad demográfica de la región: descenso en el número de alumnos y unidades escolares respecto a la situación de partida (1.998/99) en todas las comarcas a excepción de las de Oviedo y Gijón -y de unidades escolares en Avilés-.

En la comarca Eo-Navia han disminuido el número de unidades escolares en educación primaria en prácticamente todos los concejos, mientras que las de educación infantil han aumentado en todos los concejos del litoral a excepción de Tapia de Casariego. Resulta reseñable el tamaño medio de las clases: en Asturias la media ronda los 20 alumnos/clase en EP, cifra similar a concejos del litoral occidental como Navia (18,96), Coaña (18,96) o Tapia de Casariego (16,00); por el contrario, los concejos del interior de la comarca como Boal (10,33), Grandas de Salime (8,00) o Illano (4,00) presentan medias mucho más bajas.

Habría que añadir la inexistencia de unidades escolares en concejos del interior (Pesoz, San Martín de Oscos, Villanueva de Oscos), lo que implica desplazamientos mayores y por tanto un problema añadido a la hora de fijar población.

5.2. Sanidad

Buena parte de la asistencia sanitaria en Asturias viene dada por los centros públicos (74,29% de camas), extremo alcanzado en la comarca Eo-Navia con un 83,48% de camas en centros públicos (Hospital Comarcal de Jarrio, Coaña).

En cuanto al reparto territorial, pasaremos por alto los datos absolutos ya que la presencia del Hospital Universitario Central de Asturias (HUCA) en Oviedo distorsionaría -aún más- la proporción del reparto. La comarca Eo-Navia cuenta con una proporción de personal sanitario por cada mil habitantes, próxima a la media regional (9,95‰ Eo-Navia, 10,13‰ Asturias) y que ha experimentado un aumento entre los años 2.013 y 2.017 (8,74 a 9,95‰). No obstante, los datos varían dependiendo del concejo, siendo habitual que los concejos más poblados (Valdés,

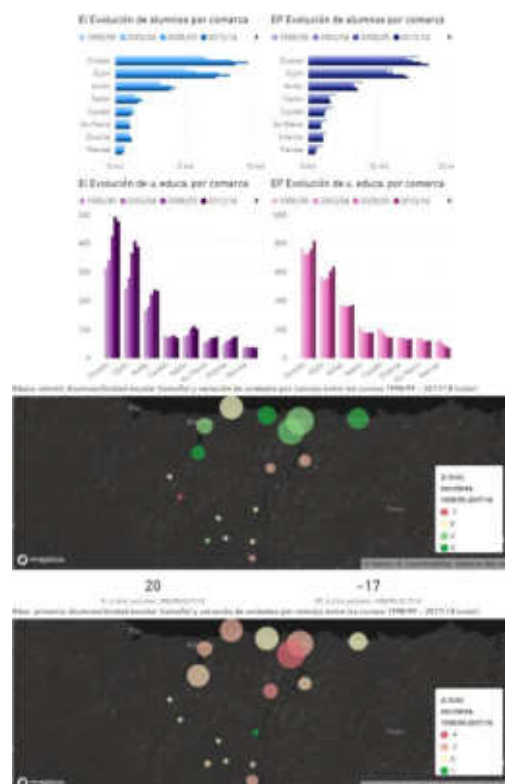


Ilustración 71. Arriba: Evolución de alumnos y unidades escolares por comarca. Abajo: Variación de unidades escolares (color) y tamaño medio de unidad escolar (tamaño) en educación infantil y primaria. Datos facilitados por la SADEI.

Navia, El Franco) y aquellos del interior que aglutinan servicios para población de otros municipios (Boal o Taramundi) cuentan con un mayor número de profesionales por cada mil habitantes. En el extremo opuesto estarían aquellos que sólo cuentan con consultorios periféricos (Villayón, concejos de los Oscos, etc.).

Respecto al número de camas, prácticamente todas corresponden al Hospital Comarcal de Jario, siendo testimonial la cantidad del hospital privado de Luarca. La evolución reciente del número de camas apenas muestra variaciones.

Otro aspecto destacable es la distancia a recorrer por los habitantes del interior de la comarca si quieren visitar a un especialista: 84 km. desde Grandes de Salime, con aproximadamente 1 hora y 20' de conducción; 50 km. desde Taramundi, 40' en vehículo privado; o Illano, con 45 km. y unos 50'.

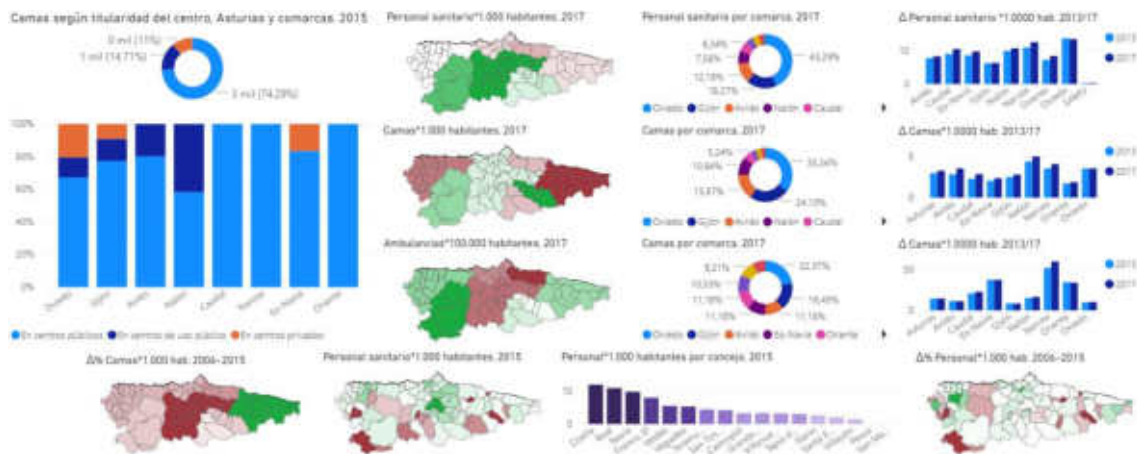


Ilustración 72. Datos de la actividad sanitaria a nivel de concejos, comarcas y región. Datos obtenidos de la SADEI.

5.3. Vivienda, transacciones y valoración de inmuebles

Existe un alto porcentaje de viviendas principales en las comarcas más dinámicas de la región (+75%: Gijón, Avilés y Oviedo), que contrasta con la escasa proporción de viviendas secundarias y vacías. En las comarcas mineras, el porcentaje de viviendas principales también es elevado, sin

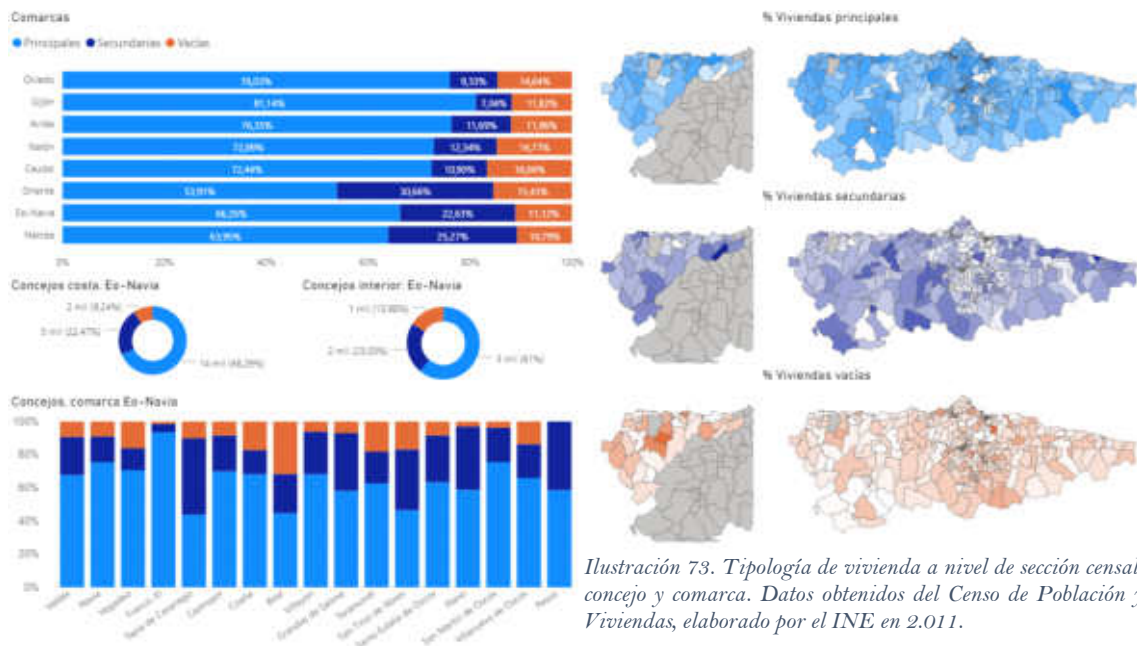


Ilustración 73. Tipología de vivienda a nivel de sección censal, concejo y comarca. Datos obtenidos del Censo de Población y Viviendas, elaborado por el INE en 2.011.

embargo, registran el porcentaje de viviendas vacías más alto de la región, dato en consonancia con el declive demográfico y de actividades de estas áreas. En las comarcas periféricas la proporción de viviendas principales baja significativamente, mientras que las secundarias suponen más de la quinta parte del total; extremo alcanzado en el Oriente con un 30,66%.

En la comarca Eo-Navia existe un claro contraste entre los concejos costeros y los interiores: los primeros cuentan con un 9,24% de viviendas vacías, mientras que los del interior rozan el 16%. Yendo a nivel de sección censal, existe una clara correspondencia entre las áreas con menores pérdidas poblacionales (Navia, Jario, El Franco, Luarca/Almuña) y las secciones con mayores porcentajes de viviendas principales. En cuanto a viviendas secundarias, cuentan con áreas repartidas por toda la comarca: destaca en la costa Tapia de Casariego, tradicional lugar de verano para personas sin raíces en la comarca; diferentes enclaves en el interior y cuyas viviendas secundarias suelen corresponder a viviendas familiares heredadas (Villayón, Grandas de Salime, etc.).

En cuanto a las transacciones de vivienda, los datos brutos expresan un aumento conforme nos aproximamos al litoral, aunque siempre por debajo de la media regional en tantos por mil habitantes⁷. También en la costa son más frecuentes las transacciones de obra nueva y protegida (estas son simbólicas). La preponderancia de transacciones de vivienda libre y de segunda mano tiene su reflejo en las licencias de obras: la mayor parte de ellas están destinadas a la rehabilitación de edificios.

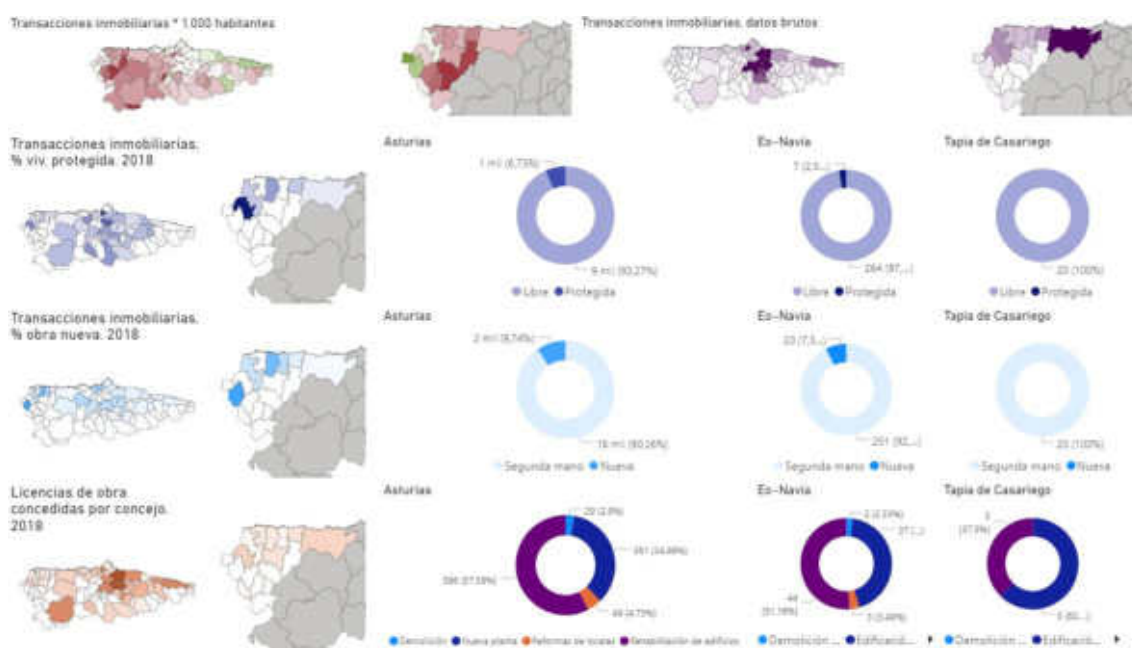


Ilustración 74. Análisis de las transacciones inmobiliarias y licencias de obra. Datos. Datos obtenidos de la SADEI.

Otros datos que muestran un déficit de dinamismo económico respecto a la media regional es la valoración catastral. Son los concejos del eje Oviedo-Gijón los que presentan los valores más elevados y, en segundo término, los concejos costeros. Sin embargo, el alto porcentaje de inmuebles urbanos situados en los concejos del eje Oviedo-Gijón elevan la valoración catastral media (VCM) de la región: ningún concejo (costero o interior) de la comarca Eo-Navia supera la VCM del Principado; sólo Castropol supera la media de la VCM regional en el uso residencial.

⁷ Se ha utilizado como referencia el número de transacciones por cada mil habitantes y año. Lo ideal hubiera sido disponer del número de viviendas para el año de las transacciones (2.018), sin embargo, los últimos datos fiables del total de vivienda se remontan a 2.011 (Censo de población y vivienda, INE) -una fecha muy alejada-, por lo que se ha optado por dividir el nº de transacciones entre la población del año 2.018.

La mayor parte de los concejos han visto disminuir el VCM de los inmuebles; y el abismo entre los concejos costeros e interiores es más que destacado, llegando a multiplicar el VCM de unos concejos a otros.

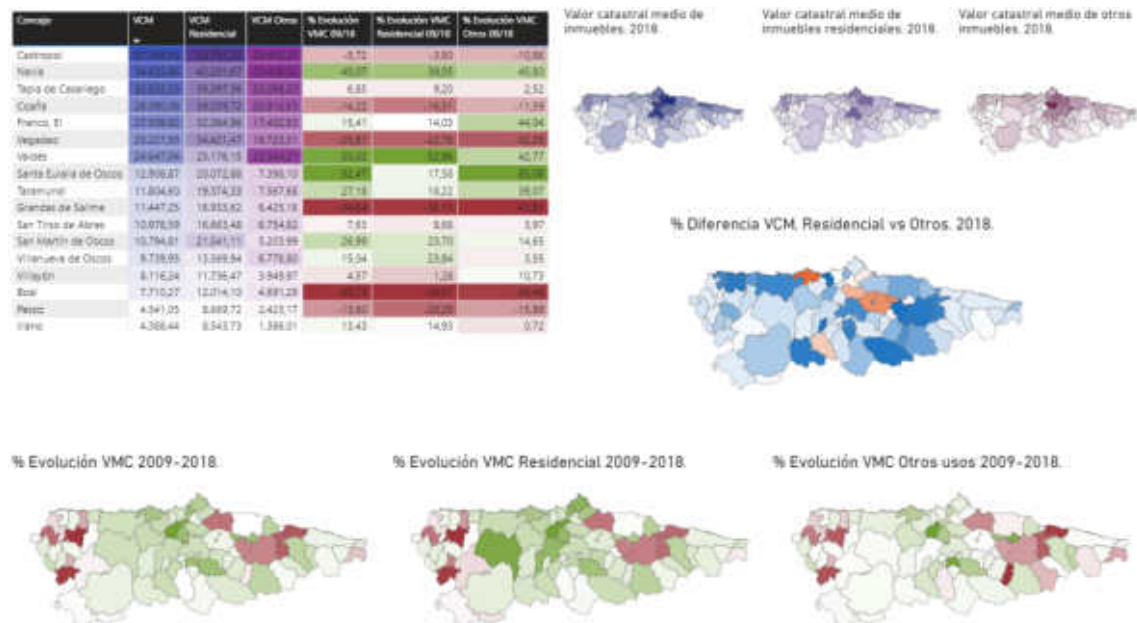


Ilustración 75. Análisis del catastro de urbana. Datos obtenidos de la SADEI.

5.4. Planeamiento

A nivel regional, la comarca Eo-Navia es una de las menos urbanizadas. Ello tiene su reflejo en el planeamiento urbanístico: es una de las comarcas con menos suelo urbano (SU) y urbanizable (SUR). Es conveniente aclarar que en este análisis se ha separado el suelo no urbanizable calificado como “Núcleo Rural” (SNU-NR) del resto del suelo no urbanizable (SNU), debido a la posibilidad de construir vivienda unifamiliar en el SNU-NR y al tratarse el tipo de calificación utilizada en buena parte los núcleos de población rurales.

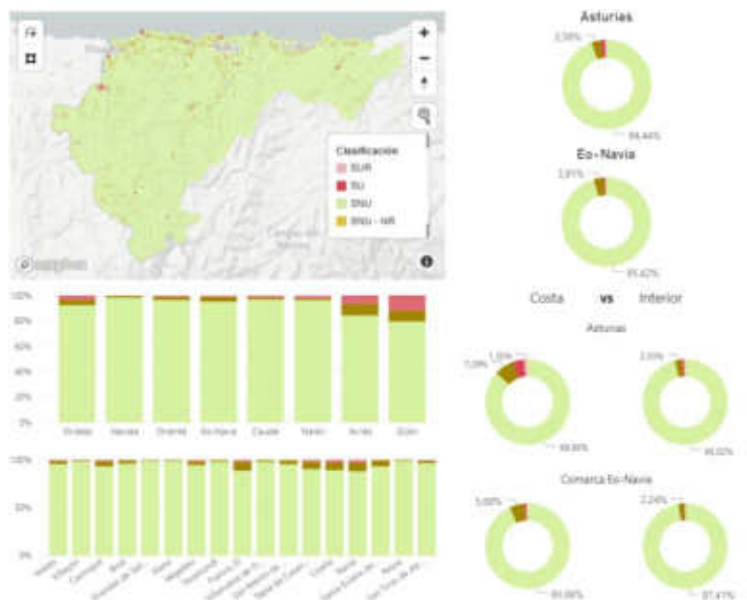


Ilustración 76. Clasificación del suelo en el planeamiento municipal. Datos obtenidos del Registro de Planeamiento y Gestión Urbanística del Principado de Asturias.

Siguiendo con el análisis, existe un claro contraste entre los concejos costeros y los del interior: en el litoral el porcentaje de territorio encuadrado en las categorías de SU, SUR o SNU-NR suma el 6,94%, mientras que en el interior no llega al 3% (2,86%).

5.5. Infraestructuras de transporte

Otro factor que ahonda en el desequilibrio territorial son las infraestructuras de transporte. Los núcleos situados en la costa o próximos gozan de cuatro vías de comunicación de titularidad estatal: las nacionales 632,634 y 640, que vertebran todo el litoral y el interior de los concejos de Valdés y Castropol; la A-8, vía de alta capacidad que conecta el litoral comarcal de principio a fin en apenas media hora. Estas vías facilitan el transporte de mercancías y la difusión de la población. Como pudo comprobarse en el apartado de población, los núcleos que más crecen no son las villas principales, sino otras áreas periféricas, como puede ser La Caridad, a diez-quince minutos -por autovía o carretera nacional- de los principales centros de actividad como Jarrio (hospital y polígono) o Navia (industria).

En el siguiente escalón, estarían las vías principales de comunicación interior (“primer orden” en la ilustración): la AS-12, que vertebra todo el valle del Navia desde El Espín (Coaña) hasta Grandas de Salime, pasando por los concejos de Boal, Illano y Pesoz; la AS-11 con origen en la

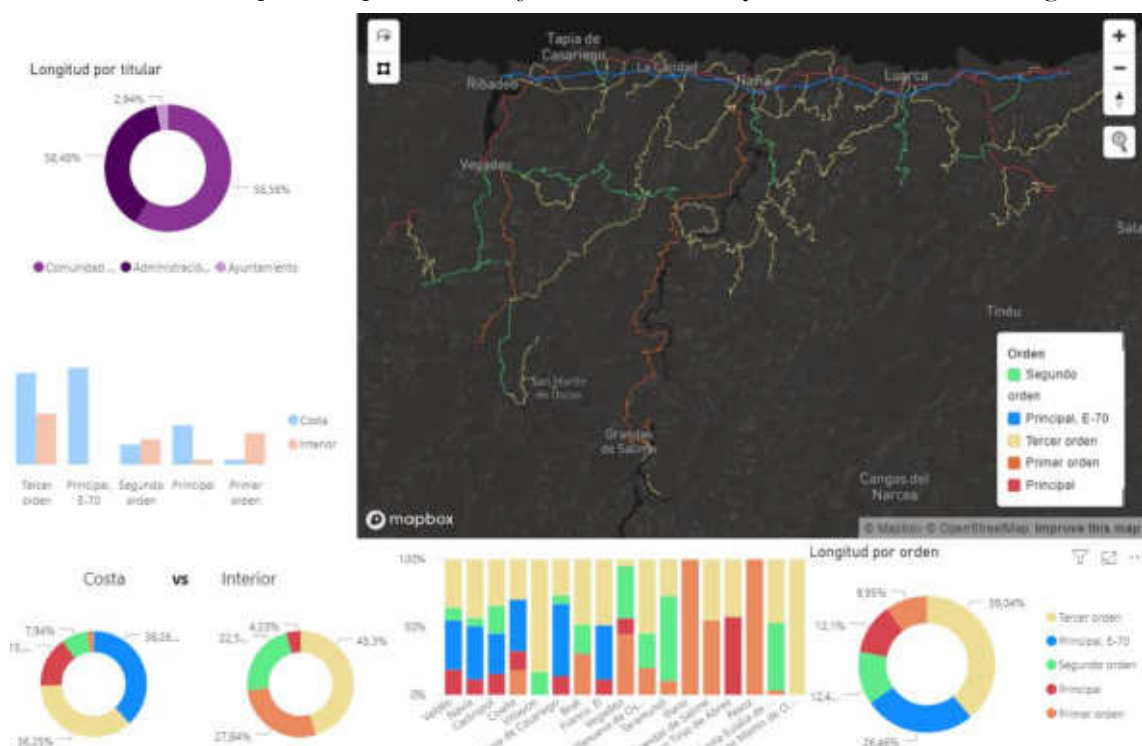


Ilustración 77. Red de carreteras de la comarca Eo-Navia. Datos obtenidos del IGN.

N-640 a su paso por Vegadeo, da accesibilidad a la comarca de los Oscos.

5.6. Telecomunicaciones

En este apartado se estudia la red de banda ancha. La cobertura para más de 100 Mbps, -que permite unas condiciones óptimas de velocidad para todo tipo de usos y con múltiples usuarios al mismo tiempo-, está limitada a unos pocos núcleos de población: Vegadeo, Castropol, Tapia, La Caridad, Navia, Puerto de Vega y Luarca. Desde el punto de vista poblacional, solamente un 32,98% de los habitantes de la comarca pueden acceder a estas velocidades de conexión.

En un escalón inferior, la velocidad de banda ancha suficiente para usuarios domésticos y pequeñas empresas (\Rightarrow 30 Mbps) alcanza a la mitad de las entidades de población de la comarca y a un 81,24% de la población.

En cuanto a la red 4G (telefonía móvil), llega a la práctica totalidad de las entidades de población y a un 99,03% de los habitantes de la comarca.

Comparando los datos comarcales con los regionales, pueden hacerse las siguientes aseveraciones: la comarca Eo-Navia es la que presenta peor cobertura de redes para velocidades de 100 Mbps o superiores y la segunda con peores datos en velocidades de entre 30 y 100 Mbps, delante del Narcea.

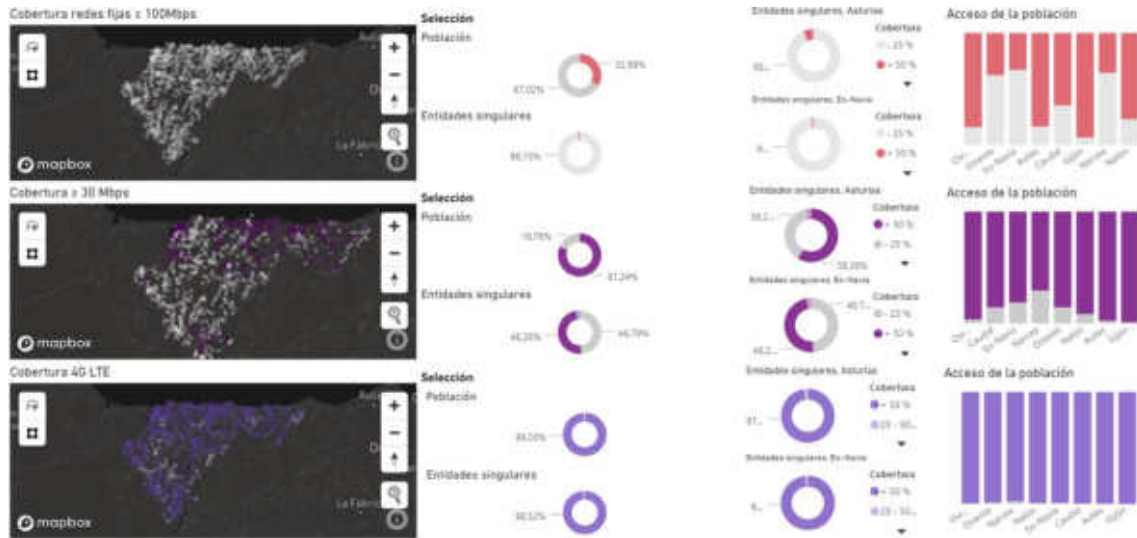
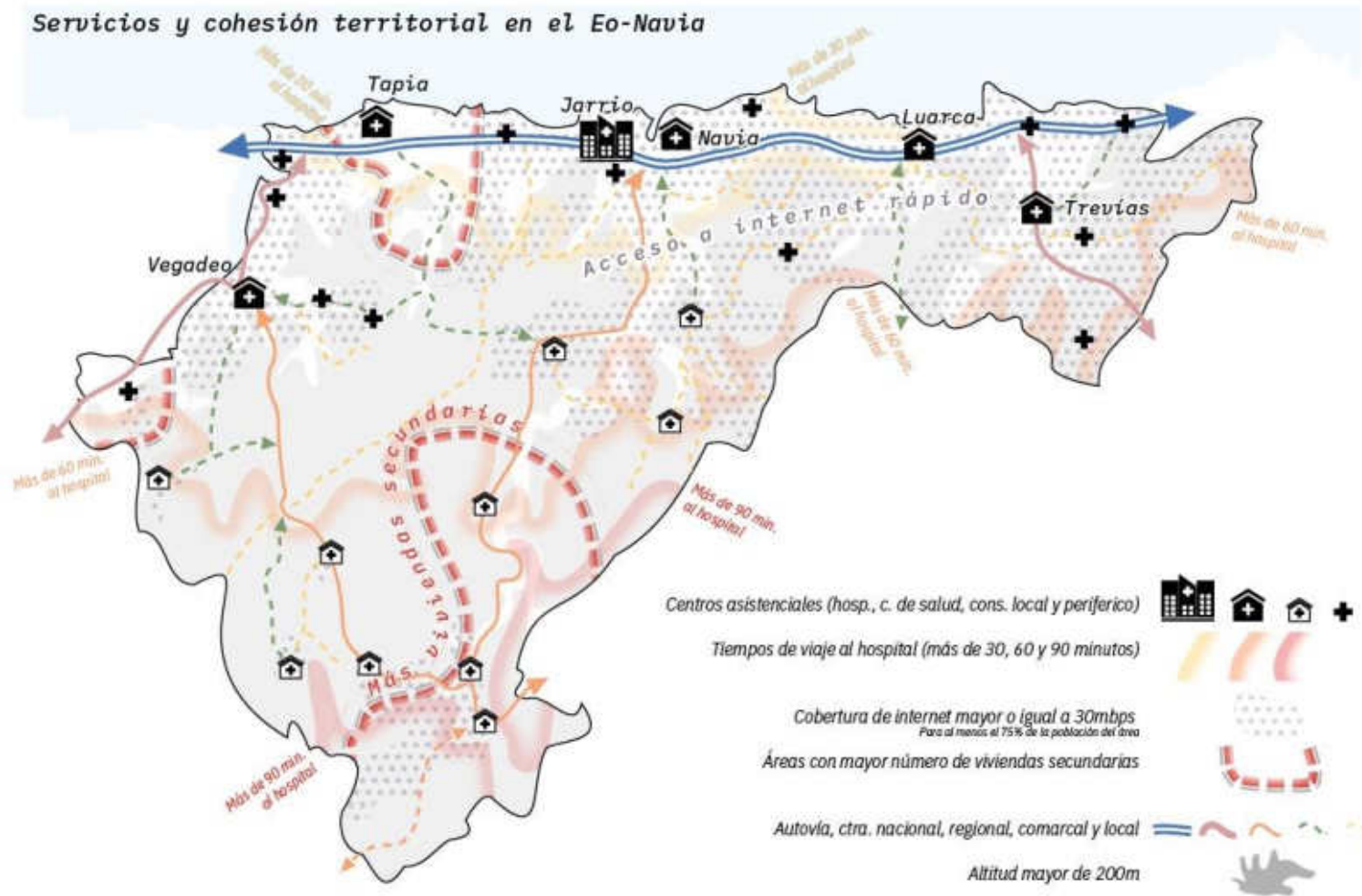


Ilustración 78. Red de banda ancha a nivel comarcal y de entidad de población. Datos del Mº de Asuntos Económicos y Transformación Digital; e INE.

5.8. Resumen de servicios y cohesión territorial en el Eo-Navia



6. Paisaje

Aunque se trata de una cuestión abordada -al menos parcialmente- en otros apartados, es importante analizar el paisaje (o paisajes), *como parte del territorio tal como lo percibe la población, y cuyo carácter es el resultado de la acción y la interacción de factores naturales y humanos*⁸.

El Atlas de los Paisajes de España, elaborado por el MAGRAMA, diferencia varios niveles de paisajes atendiendo a la escala de análisis. En el caso del Eo-Navia identifica 4 tipos de asociaciones de paisaje⁹ (34 en toda España), 7 tipos de paisaje¹⁰ y 10 unidades de paisaje¹¹.

De las 10 unidades de paisaje existen 3 especialmente antropizadas: la ría del Eo, la rasa costera y el valle del Navia. La primera -aunque también podríamos decir lo mismo de la del Navia- compatibiliza figuras de protección ambiental (ZEC) con actividades industriales (astillero de Figueras, Castropol) y relacionadas con la acuicultura (ostras). La rasa costera, como se ha podido comprobar a lo largo de todo el texto, es una pequeña franja en la que un paisaje predominantemente agrario (explotaciones ganaderas y plantaciones forrajeras) es atravesado por el principal eje de comunicación que, además de comunicar toda la costa Cantábrica, conecta los principales centros de población y actividad del noroccidente asturiano. El valle del Navia, a pesar del progresivo abandono de las actividades agrarias y la sangría demográfica, constituye un paisaje dominado por actividades humanas: los tres embalses que represan las aguas del río ocupan una gran superficie de esta unidad paisajística y condicionan las dinámicas territoriales y el escenario visual de todo aquel que recorre esta área por la vía principal (AS-12), paralela al eje fluvial embalsado.

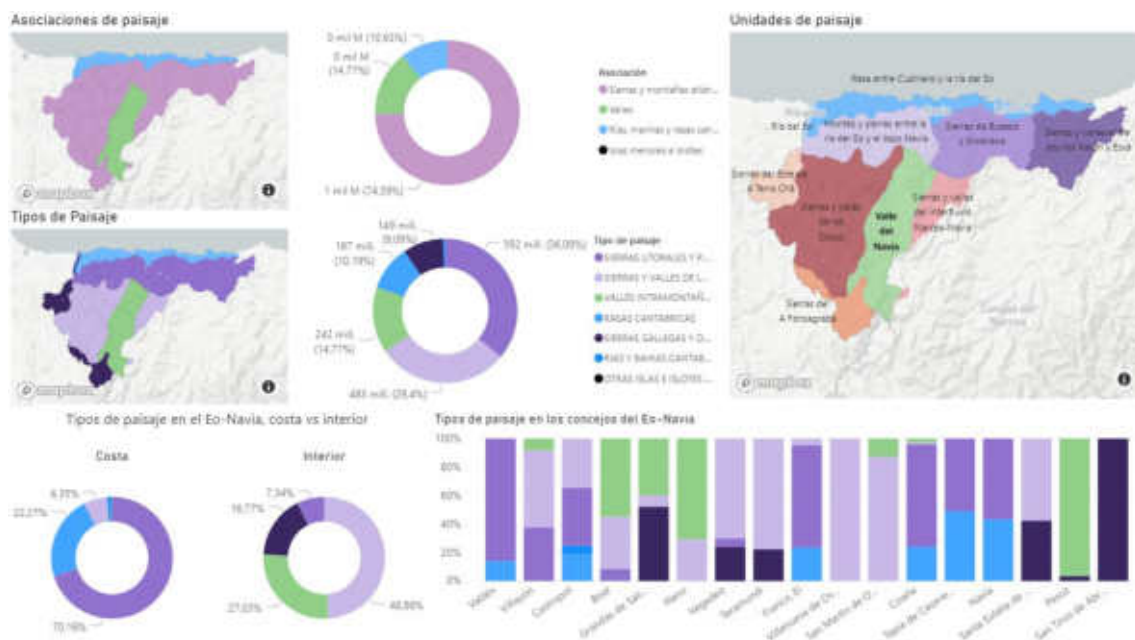


Ilustración 79. Asociaciones, tipos y unidades de paisaje en el Eo-Navia. Fuente: Atlas de los Paisajes de España.

⁸ Definición incluida en el *Convenio Europeo del Paisaje* (Florenia. 2.000).

⁹ Asociación de paisaje: Agrupaciones que integran tipos próximos por su configuración topográfica, por sus características bioclimáticas y por semejanzas en los grandes rasgos de organización de los usos del suelo.

¹⁰ Tipo de paisaje: resulta de la agrupación de unidades cuyas estructuras se repite en el territorio.

¹¹ Unidad de paisaje: configuración territorial diferenciada, única y singular que ha ido adquiriendo los caracteres que la definen a través, casi siempre, de una larga historia de intervención humana en la naturaleza.

En los montes, sierras y valles litorales y prelitorales, menos aptos que la rasa para la mecanización de las actividades agrarias, han ganado peso las grandes masas de eucalipto, materia prima para la producción de celulosa en el concejo de Navia. Este dominio del monocultivo forestal resta calidad ambiental y paisajística, y ensombrece el patrimonio cultural y etnográfico que se había venido gestando en los últimos dos milenios (castros, explotaciones auríferas, molinos hidráulicos, etc.).

En las unidades definidas como sierras y valles de la cordillera Cantábrica, situadas al Este y Oeste del valle del Navia, el componente natural parece tener mayor protagonismo: bosques de frondosas autóctonas pueblan laderas enteras, y retazos de explotaciones agrarias quedan cada vez más confinados, próximos a los mayores núcleos y determinadas caserías. Además, la acción e inacción humanas (incendios y abandono de las actividades tradicionales) dan lugar a paisajes en evolución, extensiones cada vez mayores de matorral que bien pueden dar lugar a la regeneración del bosque autóctono, bien pueden continuar con su degradación hasta convertirse en áreas infértiles y paisajes indeterminados.

Los paisajes recogidos en los epígrafes de sierras gallegas y de la divisoria astur-leonesa presentan dinámicas similares a las vistas en las sierras situadas en el corazón de la comarca: el decaimiento de las actividades agrarias y los incendios generan paisajes en los que las repoblaciones forestales de eucalipto y pino, y las extensiones de matorral dominan grandes extensiones del territorio.

7. Conclusiones y escenario futuro

Este apartado se divide en dos bloques: el primero -por la importancia dada en los distintos niveles de la administración y en un amplio sector de la sociedad- relativo al cambio climático; y el segundo, de conclusiones generales y escenario futuro de la comarca, atendiendo a todo lo desarrollado en el documento.

7.1. Cambio climático y posibles efectos

Temperaturas

Quizá sea el dato en el que las previsiones de los modelos más han atinado a la hora de predecir la subida de la temperatura. Ya que la predicción de los modelos era en torno a un grado por encima de la media.

Si nos centramos en el efecto en los humanos, para comenzar se observa una tendencia a que las olas de calor serán cada vez más frecuentes en nuestro país y también en Asturias. Uno de los efectos más importantes en los humanos serán las muertes debido a golpes de calor, sobre todo en personas mayores.

En cuanto a los cultivos, sus efectos en la actualidad ya se pueden comprobar, como por ejemplo en el manzano, donde ha habido años que han tenido dos periodos de floración debido a las temperaturas tan suaves.

También puede ser que desaparezcan algunos cultivos que no se adapten bien al calor.

El hecho de que haya una subida de temperatura no quiere decir que se traduzca en más días de sol o lo que comúnmente denominamos “buen tiempo”, ya que no se encuentra ninguna relación entre ambas. Por lo que la posibilidad de que en Asturias pueda haber un mejor tiempo (más días de sol) y que por tanto pueda mejorar su oferta turística de sol y playa a día de hoy no se puede afirmar.

Precipitaciones

En este punto hay bastante discrepancia entre lo que pronosticaban los modelos matemáticos y lo que ha pasado en realidad. Para los últimos 10 años, en ningún estudio publicado antes del año 2010 se contemplaba que fuera a llover más que la media. En la mayoría de los escenarios que se contemplaban en los diferentes estudios realizados para Asturias, pronosticaban entre un 10 y un 30% de reducción de la precipitación.

Pero la realidad es que en la última década se han registrados números en cuanto a precipitación que llaman la atención: en días de lluvia, días con lluvia débil, lluvia moderada, días muy lluviosos y días extremadamente lluviosos, en la mayoría de los años han sufrido anomalías positivas. También en precipitación total, llamando la atención sobre todo en las estaciones de costa como las de Avilés donde la anomalía ha sido muy pronunciada, también en el interior, pero de carácter más leve.

Con estos datos no se puede afirmar que uno de los efectos del cambio climático en Asturias sea un aumento de la cantidad de precipitación. Pero es importante seguir con atención esta tendencia, ya que igual que una disminución de las precipitaciones tiene consecuencias (positivas o negativas) en caso contrario también.

Uno de los efectos preocupantes es el aumento de la torrencialidad, que puede hacer que las grandes avenidas de los ríos sean cada vez más frecuentes, con el consiguiente aumento de la erosión que producen en las vegas de los ríos y su desembocadura, generando un perjuicio en el

territorio, así como en diferentes infraestructuras como puentes, o en el caso de Tapia de Casariego, campo de fútbol, arenales, etc.

Un aumento de la precipitación general también puede tener consecuencias sobre el campo: hay cultivos que en la actualidad en Asturias no tienen arraigo debido a que los rendimientos históricamente eran muy bajos, sin embargo, estas fluctuaciones pueden favorecerles. La combinación entre subida de temperatura y aumento de las precipitaciones puede dar lugar a una mejor adaptación de especies que históricamente tenían mejor encaje en zonas con climas con características más tropicales.

Viento

El viento es uno de los meteoros que ha experimentado variaciones más reseñables en los últimos 40 años, en este caso la tendencia es que cada vez hace menos viento, tanto en rachas máximas como en días con viento moderado.

Del mismo modo que el aumento de las precipitaciones no se contemplaba en ningún estudio realizado en Asturias sobre cambio climático, en el viento tampoco se preveía una disminución tan importante.

Esto puede tener consecuencias determinantes sobre todo en lo económico, ya que la estrategia respecto a la producción de energía se ha perfilado definitivamente hacia energías limpias y renovables; en este encaje tiene un nivel de importancia muy alto la energía eólica, dado que en los últimos años se han instalado multitud de parques eólicos en la comarca.

Por lo que si esta reducción del viento sigue la misma tendencia podría tener consecuencia directa en la producción de energía, y por tanto un déficit respecto a lo planificado. Finalmente, ello podría tener repercusión en el precio final de la electricidad.

Temperatura del nivel del mar

En lo relativo a la temperatura del nivel del mar, se ha estado apreciando un incremento de la temperatura de las aguas superficiales de en torno a 0,3 y 0,7 ° C. Este hecho podría afectar a la estructura biológica de los mares y océanos.

También se están reportando registros de procesos de acidificación de las aguas marinas, especialmente en zonas próximas al noroeste ibérico. Algunos modelos indican que esta acidificación se verá incrementada debido, principalmente, al aporte de CO₂ a la atmósfera, aunque se desconocen aún los efectos que puedan llegar a tener en la costa.

Por último y no menos importante, habrá que estar atentos a la relación entre la temperatura del nivel del mar y el posible aumento de las precipitaciones si la tendencia al alza, se confirma los próximos años, ya que existe constatación como podemos observar en la zona del golfo de Vizcaya en verano donde la subida de temperatura de las aguas en esa zona hace que la evaporación sea superior y se registren datos de precipitaciones mayores que en la parte occidental, donde el agua está a menor temperatura.

Turismo

Según diferentes estudios la vulnerabilidad natural del litoral al cambio climático se acentúa en función de su grado de artificialización. Hay que tener en cuenta que un porcentaje importante de la población asturiana se concentra en el litoral, estando además los principales núcleos de crecimiento en la costa oriental y central asturiana. Esta concentración tiene un carácter estacional, debido a que en verano es cuando más cantidad de gente frecuenta las zonas de costa.

Como se puede apreciar en el estudio, Tapia de Casariego es un concejo donde el turismo es parte muy importante en el ámbito socioeconómico. La característica principal del turismo que se practica -al igual que en el resto de la costa asturiana- es una estacionalidad muy restringida

a los periodos vacacionales de verano y Semana Santa, época de celebración del campeonato de surf que atrae a cientos de personas de todas partes del mundo.

Si analizamos cómo el cambio climático puede afectar al turismo de la zona, podemos afirmar que en términos climáticos puros la influencia no debería ser muy importante, pero sí que habría que recalcar que alguno de los fenómenos extremos que pueden ser más frecuentes tendrían un impacto directo en las costas asturianas, tanto en forma de temporales marítimos como en las desembocaduras de los ríos debido a las lluvias torrenciales que acentúan los procesos erosivos, harían retroceder la línea de costa y alterarían las características actuales que lo convierten en un lugar ideal para la práctica del surf. Sumado todo ello al trastorno que podrían sufrir ecosistemas con alto valor paisajístico y biológico, podemos concluir que es una amenaza real en un periodo de tiempo de medio a largo plazo.

Si tomamos como referencia el informe PESETA, concluye que para los meses de verano del periodo 2071–2100 la potencialidad turística experimentará un ligero empeoramiento en comparación con el periodo 1961–1990, aunque, comparativamente con el resto de España, Asturias será uno de los ámbitos regionales más beneficiados, al mantener unas condiciones favorables dentro del contexto europeo.

7.2. Conclusiones generales y escenario futuro

A continuación, se incluye un cuadro-resumen con los diferentes aspectos abordados a lo largo del documento, con aspectos que consideramos positivos (+), negativos (-), o lo suficientemente complejos como para considerar ambas calificaciones (-+). Por ejemplo: el alto porcentaje de viviendas secundarias en el área costera demuestra el potencial turístico del territorio (+); sin embargo, la estacionalidad, conduce a la caída de actividad durante la mayor parte del año.

Bastidor natural	Población y poblamiento	Actividades económicas y mercado laboral	Servicios y cohesión territorial
Clima + Clima benigno (precipitaciones abundantes y temperaturas suaves). - Riesgo creciente de lluvias torrenciales y veranos secos.	Evolución - Pérdida constante e ininterrumpida de población	Mercado laboral -+ Protagonismo del sector primario en el interior, a pesar de la caída de empleos. + Mantenimiento de empleos en la industria. +- Aumento de puestos de trabajo en el sector servicios.	Educación - Disminución del número de unidades escolares, acorde a la realidad demográfica. + Bajo número de alumnos por unidad escolar.
Relieve y geomorfología - Territorio dominado por espacios de pendiente pronunciada (valles) - Suelos pobres. + Rasa costera.	Estructura - Población envejecida y con perspectivas aún peores. - Masculinización.	Renta familiar disponible (RFD) + Mayor incremento de la RFD en 35 años y acercamiento a las áreas más avanzadas.	Sanidad - Camas * 1.000 habitantes. + Personal * 1.000 habitantes. - Centro de referencia alejado de los concejos interiores.
Usos del suelo - Disminución de los usos agrarios. -Aumento constante de las extensiones de matorral. -+ Tendencia al monocultivo de eucalipto.	Indicadores varios - Baja natalidad. - Alta mortalidad. - Crecimiento vegetativo negativo. -+ Saldo migratorio negativo en la comarca, pero positivo en algunos concejos costeros. - Bajo porcentaje de población activa.	Actividades económicas + VAB pujante en concejos con protagonismo del sector industrial. +- Intensificación de las actividades agrarias. - Desplome de la flota pesquera. +- Auge del sector turístico, pero con marcada estacionalidad	Patrimonio inmobiliario -+ Alto porcentaje de viviendas secundarias en los concejos costeros. - Bajada del valor catastral en un número importante de concejos. -+ Poco suelo urbanizado o susceptible de serlo, a pesar de la escasa superficie protegida.
Espacios protegidos -+ Poca superficie protegida	Poblamiento -+ Un tercio de la población reside en las principales villas. + Pujanza en los núcleos próximos a la villa de Navia		Infraestructuras de transporte + Área costera muy bien comunicada. - Concejos interiores alejados de las principales arterias de comunicación. - Aparente falta y eficiencia de medios alternativos de transporte (FEVE y autocares).
			Telecomunicaciones + Principales villas costeras cuentan con cobertura de 100 Mbps o más. - Banda ancha >= 30 Mbps disponible para el 81% de la población y menos de la mitad de las entidades singulares.

Atendiendo a los diferentes apartados y puntos del estudio –así como la relación entre ellos-, se convierte en imprescindible la necesidad de sintetizar toda la información para facilitar un diagnóstico claro y conciso de la situación actual del territorio. En primer lugar, se procede a concretar aspectos comunes a toda el área:

- Clima benigno, con abundantes y crecientes lluvias, tanto en volumen como en torrencialidad.
- Pérdida constante de población, envejecimiento y disminución del número y proporción de población activa. Ello también se traduce en la pérdida de unidades escolares.
- Ausencia de buena conexión a internet en la mayor parte del territorio, lo que dificulta la aparición de puestos de trabajo de calidad vinculados a la “nueva era digital”.
- El sector industrial supone un baluarte para la comarca en rentas, empleo y fijación de población.
- El sector turístico ha cobrado importancia en las últimas décadas, no obstante, presenta una marcada estacionalidad.
- La actividad pesquera ha perdido peso: disminución de la flota y rendimientos económicos muy por debajo del aumento del costo de vida.
- A pesar de la relativa importancia de los sectores agrícola y ganadero, la intensificación de la producción y las características del territorio limitan la capacidad de generar empleo: el descenso en el número de trabajadores y la elevada edad media de los mismos es buena muestra de ello.

No obstante, existen notables contrastes entre los concejos de costa e interiores, patentes en diversos ámbitos:

- Relieve. Contraste entre la rasa costera y los valles encajados del interior.
- Usos del suelo. Predominancia de terrenos destinados a cultivos forrajeros en la costa y dominio del matorral en los concejos del interior (43,7 % del territorio).
- Mayor superficie protegida en la costa; en el interior apenas destacan una serie de monumentos naturales.
- Aun siendo dramática la pérdida de población en el conjunto de la comarca, la costa aún mantiene enclaves que resisten la pérdida (Navia y entidades próximas).
- Elevado porcentaje de empleos en el sector primario en el interior a pesar de la terciarización de la economía, común a todos los concejos.
- Mayor peso de la industria en los concejos costeros.
- Mejores conexiones a la red y por carretera en la costa. También acceso más fácil a servicios esenciales (salud y educación).

Por lo expuesto, son los concejos costeros los mejor posicionados para acoger actividades industriales, hasta el momento las verdaderas “locomotoras” de la comarca. Las aceptables conexiones digitales facilitan las actividades administrativas y la monitorización de los procesos productivos; las buenas infraestructuras de comunicación permiten no sólo una rápida salida a los mercados, también una gestión ágil y precisa de suministros y servicios complementarios; la preexistencia de suelo industrial facilita el crecimiento y asentamiento de nuevas empresas auxiliares; los servicios y equipamientos actuales son fundamentales para la actividad y para los trabajadores que fijan su residencia en la comarca.

Por ello, el establecimiento de una actividad de tipo minero industrial en el área costera –siempre que respete de forma rigurosa la normativa ambiental- podría ayudar de manera clara en la fijación de población y en la mejora de condiciones de vida de sus habitantes.

8. Bibliografía y fuentes consultadas

Además de los abundantes datos de las principales fuentes estadísticas -INE y SADEI, citados en el título de imagen- utilizados para los análisis, se ha precisado la consulta de las siguientes fuentes y publicaciones:

- Felicísimo, AM (1994): El clima de Asturias. Geografía de Asturias,2, Ed. Prensa Ibérica, S.A.
- Gil Olcina, Antonio y Olcina Cantos, Jorge (1999): Climatología básica. Barcelona: Ariel S.A.
- Anadón Álvarez, Ricardo y Roqueñi Gutiérrez, Nieves (2009): Evidencias y efectos potenciales de cambio climático en Asturias, primer informe CLIMAS, Principado de Asturias.
- González Taboada, Fernando y Anadón Álvarez, Ricardo (2011), Análisis de escenarios cambio climático en Asturias, Consejería de Medio ambiente, Ordenación del territorio e Infraestructuras, Principado de Asturias.
- Dapena de la Fuente, Enrique (2007): Estudio del cambio climático y sus implicaciones en el cultivo del manzano en Asturias.
- Méndez García, B., & Morales Matos, G. (1990). Procesos de construcción y de transformación territoriales en la rasa occidental asturiana. Ería, (22), 157-176.
- Rodríguez Gutiérrez, F., Menéndez Fernández, R., & Fernández Prieto, J. Ángel. (2013). Las villas en el sistema territorial asturiano. Ería, (90), 31-54.
- López Fernández, B. (2016). Poblamiento y declive demográfico en Asturias, 2000-2014. Ería, 99(99-100), 95-108.
- Fernández García, F. (2003). Naturaleza y sociedad en la construcción de los paisajes agrarios. Ería, (61), 255-256.
- Fernández García, F., & Maceda Rubio, A. (1988). Evolución de la población en Asturias entre 1922 y 1981: análisis parroquial. Ería, (17), 271-276.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2010). Atlas de los Paisajes de España.
- Sociedad Asturiana de Estudios Económicos e Industriales (1985). Delimitación de comarcas e interacción espacial en Asturias. Consejería de Ordenación del Territorio, vivienda y Medio Ambiente del Principado de Asturias.
- Consejería de Infraestructuras, Ordenación del Territorio y Medio del Consejo de Gobierno del Principado (1991). Directrices de Ordenación del Territorio de Asturias (DROT).
- Consejería de Infraestructuras, Ordenación del Territorio y Medio del Consejo de Gobierno del Principado (2016). Avance de las Directrices de Ordenación del Territorio de Asturias (DROT).
- G. Flor (1983). Las rasas asturianas, ensayo de correlación y emplazamiento. Trabajos de Geología, Universidad de Oviedo.
- D.G. de Ordenación del Territorio e Infraestructuras del Principado de Asturias. Catálogo de Suelos del Principado de Asturias.
- Ministerio de Transportes, movilidad y agenda urbana. Sistema de Información de Ocupación del Suelo de España.

- INDUROT (2007). Directrices Sectoriales de Ordenación del Territorio para el aprovechamiento de la energía eólica. Dirección General de Industria y Minería de la Consejería de Industria, Comercio y Turismo del Principado de Asturias.
- IGME (2018). Explotaciones mineras activas.
- Ministerio de Medio ambiente y Medio Rural y Marino (2011). Diagnóstico de la Igualdad de Género en el Medio Rural.
- Asociación de Propietarios Forestales de Asturias (PROFOAS). Datos sobre el precio de la madera.
- Oficina del Peregrino (2018). Datos del Camino de Santiago.

ANEXO V
CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS MINEROS

ÍNDICE

	Pág nº
1 INTRODUCCIÓN	3
2 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS	5
2.1 ALCANCE NORMATIVO	5
2.2 DEFINICIÓN DEL TIPO DE RESIDUO MINERO GENERADO	6
2.3 ESTÉRILES DE MINA	7
2.3.1 <i>Contenido en sulfuros</i>	10
2.3.2 <i>Análisis de elementos traza</i>	11
2.3.3 <i>Caracterización de la peligrosidad</i>	13
2.3.4 <i>Conclusión</i>	17
2.4 COLAS DE FLOTACIÓN O TAILINGS.....	18
2.4.1 <i>Caracterización de los lodos de flotación inertizados</i>	23
2.4.2 <i>Composición mineralógica de los estériles de flotación</i>	25
2.5 MATERIAL DE EXCAVACIÓN	26
3 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS.....	31
3.1 BASE LEGAL	31
3.2 INFORMACIÓN GENERAL	31
3.3 INFORMACIÓN GEOLÓGICA DEL YACIMIENTO	34
3.4 RESIDUOS Y MANIPULACIÓN PREVISTA.....	34
3.4.1 <i>Identificación y clasificación de los residuos según la lista europea de residuos</i>	34
3.4.2 <i>Origen de los residuos en el lugar de extracción y los procesos que generan estos residuos</i>	34
3.4.3 <i>Descripción del sistema de transporte de residuos</i>	36
3.4.4 <i>Descripción de las sustancias químicas que deben utilizarse durante el proceso de flotación</i>	37
3.4.5 <i>Descripción de la forma final de exposición de los residuos y del método de vertido de los residuos</i>	41

APÉNDICES

APÉNDICE V-1: ANALÍTICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS

TABLAS

TABLA 2.1.- MUESTRAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTÉRILES DE MINA	10
TABLA 2.2.- CONTENIDO EN SULFUROS SEGÚN RD 777/2012	11
TABLA 2.3.- RESULTADOS DE ANÁLISIS ULTRATRAZA Y COMPARACIÓN CON NGR. FASE II (datos en ppm=mg/kg)	12
TABLA 2.4.- VALORACIÓN DEL CONTENIDO METÁLICO DE LOS ESTÉRILES DE FLOTACIÓN	19
TABLA 2.5.- VALORACIÓN DEL ENSAYO UNE-EN 12457-4	21
TABLA 2.6.- RESUMEN DE LA CONCLUSIONES DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTÉRILES DE FLOTACIÓN	22
TABLA 2.7.- CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTÉRILES DE FLOTACIÓN INTERTIZADOS	24
TABLA 2.7.- COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LOS ESTÉRILES DE FLOTACIÓN .	25
TABLA 2.8.- RESULTADO DE LOS ANÁLISIS Y COMPARACIÓN CON LOS NGR DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS (mg/kg)	28
TABLA 3.1.- IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS	34
TABLA 3.2.- RELACIÓN ENTRE LAS ACTIVIDADES E INSTALACIONES Y RESIDOS GENERADOS	35
TABLA 3.3.- CONSUMO DE RECTIVOS EN EL TRATAMIENTO DEL MINERAL	40
TABLA 3.4.- CONSUMO DE RECTIVOS EN EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS DE FLOTACIÓN	41

1 INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como objetivo la caracterización de los residuos mineros según lo establecido en el RD 975/2009 y su modificación posterior 777/2012.

La caracterización de los residuos se incluye completa en el Plan de Gestión de Residuos Mineros (PGRM) que constituye la Parte IV del Plan de Restauración que acompaña al Proyecto de Explotación. En este documento se extraen los resultados de la citada caracterización con el fin de facilitar su consulta.

A continuación se transcriben en su totalidad los apartados 1 y 2 de la Parte IV del Plan de Restauración.



2 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS

2.1 ALCANCE NORMATIVO

La normativa de aplicación se describe a continuación. La evaluación de los resultados se ha realizado en base a la misma.

- Real Decreto 777/2012, de 4 de mayo, por el que se modifica el 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 las actividades mineras.
- 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.
- Decisión de la Comisión de 30 de abril de 2009 por la que se completan los requisitos técnicos para la caracterización de los residuos establecidos en la Directiva 2006/21/CE del parlamento europeo y del consejo sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas (2009/360/CE).
- Decisión de la Comisión de 30 de abril de 2009 por la que se completa la definición de residuos inertes en aplicación del artículo 22, apartado 1, letra f), de la Directiva 2006/21/CE del parlamento europeo y del consejo sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas (2009/359/CE).
- Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

- Decisión 2014/955/UE de la Comisión, por la que se modifica la Decisión 2000/532/CE de la Comisión, transpuesta al ordenamiento jurídico español mediante la Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.
- Resolución de 20 de marzo de 2014, de la Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, por la que se establecen los Niveles Genéricos de Referencia para metales pesados en Suelos del Principado de Asturias
- Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero
- Orden de 13 de octubre de 1989 (ministerio de obras públicas y urbanismo), sobre métodos de caracterización de los residuos tóxicos y peligrosos (BOE número 270, de 10 de noviembre de 1989).

2.2 DEFINICIÓN DEL TIPO DE RESIDUO MINERO GENERADO

El objetivo principal del proyecto es la extracción de la mineralización subterránea del área de Salave, para acceder al oro contenido en los sulfuros, constituyentes fundamentales de la mineralización. El resto de la roca encajante es esencialmente granodiorita de carácter inerte.

Se trata de un proyecto minero subterráneo, con posterior concentración de la mena de sulfuros a través de un proceso de separación física o flotación que en su conjunto originará los siguientes residuos:

- Estériles de mina: este residuo consta de los materiales provenientes del desarrollo de la infraestructura minera subterránea: rampa y galerías de acceso a la explotación que tienen diferente sección y se sitúan en zonas no mineralizadas, compuestas principalmente por granodiorita y, en menor volumen, cuarcitas.

- Estéril de flotación: también denominado estéril de planta ya que es resultado del tratamiento del mineral en la planta. Este estéril es consecuencia de la separación física del mineral extraído en sus componentes fundamentales; sulfuros que van al producto final o concentrado y granodiorita.
- Materiales de excavación: de la configuración del depósito de estériles de flotación y balsas, se van a extraer una serie de materiales de excavación que serán depositados en dos escombreras de estériles (escombrera SE y SW).

La caracterización ha sido realizada mediante un análisis de los distintos tipos de residuos mineros generados durante la explotación para proceder a su clasificación, tal y como se recoge el RD 975/2009 y en el RD 777/2012, el cual modifica al anterior.

Cabe destacar que, una vez puesta en marcha la explotación, se realizarán, con cierta periodicidad y siempre que se detecte un tipo de material distinto a los previstos durante la extracción, análisis de los residuos, aguas y lixiviados, cuando así se produzcan con el fin, si fuera necesario, de adecuar las medidas de gestión en función de las posibles variaciones.

2.3 ESTÉRILES DE MINA

Los materiales que provienen de la construcción y desarrollo de las infraestructuras mineras subterráneas se han denominado, estériles de mina, y están constituidos fundamentalmente por la roca encajante de la mineralización que es la granodiorita, como se constata en la multitud de sondeos realizados para evaluar y cuantificar el yacimiento.

Esta roca, compuesta principalmente por cuarzo y feldespatos, mantiene un carácter fundamentalmente inerte. No obstante, durante el desarrollo de la actividad se pueden encontrar en menores proporciones cantidades variables de otras rocas como cuarcitas. Además, durante la construcción de la galería subterránea de acceso a la mineralización se pueden atravesar ciertos tramos de rocas subyacentes con las granodioritas como la cuarcita y en mucha menor proporción pizarras.

El proyecto contempla gestionar todos estos materiales, mediante una escombrera, localizada en las proximidades de la bocamina para facilitar su trasiego y gestión. Como todo el material extraído y acumulado en esta escombrera se va a reciclar de nuevo a los huecos creados para rellenarlos, la escombrera desaparecerá al final de la vida del proyecto y quedará la superficie donde se ubica en las condiciones originales, al construir la escombrera sobre geomembranas y materiales de aislamiento que la separan y desconectan del terreno donde se apoya y que facilitará la recuperación ulterior del propio suelo para usos similares a los actuales.

También la instalación incluye las correspondientes cunetas perimetrales de control para el agua que pueda fluir por o a través de la propia escombrera, dirigiéndola a las instalaciones específicamente preparadas para su gestión. Las dimensiones, cálculos y evolución morfológica de la escombrera y sus instalaciones conexas se detallan en el proyecto constructivo incluido como Anexo II.

No obstante, y a pesar de tratarse de una acumulación de materiales de carácter temporal y que se reubicarán de nuevo en el interior de la mina como relleno de pasta con cemento, se ha procedido a una caracterización de los posibles materiales que se gestionarán en ella, para conocer su composición, potencial comportamiento y la mejor gestión a realizar por las instalaciones específicas.

Así, se han analizado con los métodos adecuados, muestras de las diferentes litologías con el fin de realizar una correcta caracterización de estos residuos mineros según lo establecido en el RD 777/2012. Así, según el apartado 1.1.2.d del Anexo I del RD 777/2012 establece que para poder caracterizar los estériles como inertes se debe cumplir, entre otras cosas:

b) Los residuos tendrán un contenido máximo de azufre en forma de sulfuro del 0,1 por ciento, o tendrán un contenido máximo de azufre en forma de sulfuro del 1 por ciento y un cociente de potencial de neutralización, definido como el cociente entre el potencial de neutralización y el potencial de acidez y determinado mediante una prueba estática según el prEN 15875, superior a 3.

Para ello, se ha analizado el contenido en sulfuros en diversas muestras representativas cuyos resultados se incluyen en el apartado 2.3.1.

d) El contenido de sustancias potencialmente dañinas para el medio ambiente o la salud humana en los residuos y, en especial, de As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, V y Zn, incluidas las partículas finas aisladas en los residuos, es lo suficientemente bajo como para que sus riesgos humanos y ecológicos sean insignificantes, tanto a corto como a largo plazo. Para poder ser considerados lo suficientemente bajos como para presentar riesgos humanos y ecológicos insignificantes, el contenido de esas sustancias no superará los valores mínimos nacionales para los emplazamientos definidos como no contaminados o los niveles naturales nacionales pertinentes.

Para ello, se han utilizado análisis de elementos traza y comparado los resultados con los niveles genéricos de referencia (NGR) para suelo industrial del Principado de Asturias (Resolución de 20 de marzo de 2014, de la consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente por la que se establecen los Niveles Genéricos de Referencia para metales pesados en Suelos del Principado de Asturias). Tal y como se muestra en los apartados siguientes, alguno de los materiales que se acumulará en esta escombrera,

aunque de volumen muy limitado, supera los valores de referencia por lo que en aras de la máxima seguridad y optimización de la gestión, el conjunto de los materiales depositados en esta ubicación se considerarán no inertes, y hasta su retorno como relleno a los huecos mineros estarán gestionados en las condiciones que se han explicado anteriormente.

El siguiente paso es determinar la peligrosidad del residuo lo que se puede realizar mediante la evaluación de los lixivados del residuo y compara los resultados con los valores establecidos en el Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. En este RD se establecen valores para determinar si el residuo podría verse en un vertedero de inertes o de no peligrosos. Estos análisis se incluyen en el apartado 2.3.3.

Las muestras consideradas para la caracterización de los estériles de mina son 5:

TABLA 2.1.- MUESTRAS PARA LA CARECTERIZACIÓN DE LOS ESTÉRILES DE MINA	
Muestra cliente	Litología
GTD03	Arenisca cuarcítica
GT4	Cuarcita gris
RN01	Cuarcita blanca con intercalaciones de pizarra gris
AA5/2 (121,12-127,56)	Granodiorita con alteración propilítica
AA5/2 (142,75-150,05)	Granodiorita fresca
AA9/10	Granodiorita con alteración clorítico-sericítica

2.3.1 Contenido en sulfuros

Se han analizado el contenido en sulfuros en los laboratorios de AGQ en Burguillos (Sevilla). Se han seleccionado 6 muestras como las representativas de las litologías que componen el estéril de mina.

Los resultados de los análisis se incluyen en el Anexo I del presente documento y se resumen a continuación:

TABLA 2.2.- CONTENIDO EN SULFUROS SEGÚN RD 777/2012

Muestra cliente	Litología	Sulfuro (%)	NP	AP	Potencial neutralización (NP/AP) >3	
GTD03	Arenisca cuarcítica	0,1	9,147	3,125	2,92	No inerte
GT4	Cuarcita gris	<0,01	22,46	<0,313	71,76	Inerte
RN01	Cuarcita blanca con intercalaciones de pizarra gris	0,01	3,336	0,313	10,66	Inerte
AA5/2 (121,12-127,56)	Granodiorita con alteración propilítica	<0,01	184,58	<0,313	589,71	Inerte
AA5/2 (142,75-150,05)	Granodiorita fresca	<0,01	31,57	<0,313	100,86	Inerte
AA9/10	Granodiorita con alteración clorítico-sericítica	<0,01	57,69	<0,313	184,31	Inerte

De las muestras analizadas, la muestra de arenisca cuarcítica está prácticamente en el límite de contenido en sulfuros (0,1%) y su potencial de neutralización ligeramente por debajo del límite establecido ($2,92 < 3$) y según el RD 777/2012 debería ser calificada como no inerte. Cabe destacar que esta litología aparece muy puntualmente, durante el desarrollo de la rampa de acceso al yacimiento en tramos cortos y limitados (algunas decenas de metros sobre los 800 m aproximados del acceso) y las cantidades generadas serán cuantitativamente pequeñas respecto al total de estériles de mina gestionados en esta escombrera (<2%).

2.3.2 Análisis de elementos traza

El análisis de elementos traza se realiza con el fin de comprobar el cumplimiento de lo establecido en el apartado 1.1.2. d del Anexo I del RD 777/2012:

d) *el contenido de sustancias potencialmente dañinas para el medio ambiente o la salud humana en los residuos y, en especial, de As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, V y Zn, incluidas las partículas finas aisladas en los residuos, es lo suficiente bajo como para que sus riesgos humanos y ecológicos sean insignificantes, tanto a corto como a largo plazo. Para poder ser considerados lo suficientemente bajos como para presentar riesgos humanos y ecológicos insignificantes, el contenido de esas sustancias no superará los valores mínimos nacionales para las instalaciones definidas como no contaminadas o los niveles naturales nacionales pertinentes;*

Para determinar su comportamiento, los resultados del análisis se muestran a continuación y se comparan con los niveles de referencia (NGR) para suelo industrial del Principado de Asturias (Resolución de 20 de marzo de 2014, de la consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente por la que se establecen los Niveles Genéricos de Referencia para metales pesados en Suelos del Principado de Asturias).

El análisis de contenido de elementos traza ha sido realizado por AGQ en las muestras representativas de las litologías presentes en los estériles de mina. En la tabla siguiente se comparan los resultados obtenidos con los NGR del Principado de Asturias para suelo industrial.

TABLA 2.3.- RESULTADOS DE ANÁLISIS ULTRATRAZA Y COMPARACIÓN CON NGR. FASE II (datos en ppm=mg/kg)							
	GTD03	GT4	RN01	AA5/2 (121,12- 127,56)	AA5/2 (142,75- 150,05)	AA9/10	NGR Asturias
Ag	4,52	3,61	1,82	1,48	1,39	1,12	200
As	34,4	598	<1	<1	<1	3,81	200
Ba	<300	<300	<300	<300	<300	<300	10.000
Be	12,8	6,36	0,93	7,1	10,9	9,03	205
Cd	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	200
Co	1,11	3,27	<0.25	7,28	6,77	6,45	300
Cr	128	175	195	46,7	99	75,9	10.000
Cu	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	4.000
Hg	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0,44	100

TABLA 2.3.- RESULTADOS DE ANÁLISIS ULTRATRAZA Y COMPARACIÓN CON NGR. FASE II (datos en ppm=mg/kg)							
	GTD03	GT4	RN01	AA5/2 (121,12- 127,56)	AA5/2 (142,75- 150,05)	AA9/10	NGR Asturias
Mn	37,8	318	27,1	742	474	659	9.635
Mo	8,47	10,9	11	146	6,94	8,17	600
Ni	209	58,9	27,4	<0.25	2	<0.25	6.500
Pb	70,5	20,6	24,2	7,89	28,5	1.222	800
Sb	3,63	1,84	1,37	0,96	1,38	2,55	295
Se	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5	2.500
Sn	3,66	<1	1,48	<1	3,95	<1	10.000
Tl	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	<5.00	10
V	16,5	19	15	41	49,7	47	1.505
Zn	4,41	32,2	5,36	66,5	58,3	58,8	10.000

Únicamente por contenido en arsénico se superan en algunas muestras los niveles de referencia del Principado de Asturias, si bien los valores deben ser también comparados con los niveles naturales de la zona para suelos. Este contenido en arsénico es el natural del subsuelo de la zona del yacimiento, correspondiendo a un enriquecimiento metálico por procesos geológicos naturales (niveles geogénicos), como suele suceder en las zonas objeto de interés para aprovechamiento minero.

Por lo tanto, debido al contenido en elementos traza, no se puede concluir que el conjunto de los residuos sea inerte, pero eso no implica que sean peligrosos. En los siguientes apartados se procede a evaluar la peligrosidad de los mismos.

2.3.3 Caracterización de la peligrosidad

La peligrosidad de los residuos se puede comprobar mediante ensayos de toxicidad como los realizados para los estériles de flotación en el apartado 2.4. Estos estériles de flotación tienen un mayor contenido en sulfuros y

elementos traza debido a su mayor mineralización por lo que el resultado de los ensayos realizados puede extrapolarse a los estériles de mina. La conclusión es que los estériles cumplen para poder ser clasificados como no peligrosos.

Como comprobación adicional, se evalúa su admisibilidad en vertederos de no peligrosos según lo establecido en el Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. Para poder evaluar esta aceptación en vertedero, se han realizado ensayos de lixiviación dinámica por medio de celdas húmedas del material de desarrollo de la actividad minera en los laboratorios de AGQ en Burguillos (Sevilla). Una vez más, se han seleccionado las cinco muestras que representan las litologías que serán interceptadas durante la ejecución de la rampa, los accesos a la mineralización y los desarrollos.

Un concepto importante es que los eluatos o lixiviados producidos en los ensayos de celdas húmedas en laboratorio son mucho mayores que los que se producirán en la realidad, del orden de 1 a 5 órdenes de magnitud (Schnoor, 1990; Ritchie 1994; Sverdrup y Warfvinge, 1995; Bennett et al, 2000; Smith y Beckie, 2003; Li et al, 2005 y 2008; Morin y Hutt, 2005; Maest y Kuipers, 2005)

Estos ensayos se han realizado durante 35 semanas según ASTM D5744-96 – Standard test Method for accelerated Weathering of Solid Material Using a Modified Humidity Cell y Prediction Manual for Drainage Chemistry from Sulphidic Geologic Materials. MEND Report 1.20.1

Las pruebas de laboratorio en celda húmeda (TCH) evalúan la evolución temporal de la química de los lixiviados a través de la lixiviación secuencial de las rocas meteorizadas en un ciclo regular de exposición a aire seco y húmedo en un entorno de laboratorio controlado. Estos ciclos simulan y aceleran las tasas de meteorización química observadas en condiciones de campo, utilizando condiciones de ensayo que están diseñadas

específicamente para obtener la oxidación de minerales de sulfuro. El objetivo de las pruebas cinéticas es proporcionar datos de velocidad de reacción que apoyen la predicción de la química de los lixiviados que probablemente se generarán durante el lavado por lluvia de los residuos mineros.

Los ciclos son semanales y siguen la secuencia: 3 días aire seco, 3 días aire húmedo y lavado al séptimo día con 500 ml de agua desmineralizada, que es analizada. El caudal de aire que se insufla a la celda, sea seco o húmedo está predeterminado.

Una vez preparada la muestra, la celda de experimentación se llena de muestra hasta un 75% de su volumen total (aprox. 1 kilo). Los ensayos de celda húmeda (HCT) constan de un ciclo inicial (ciclo 0) y 20 (o más) ciclos posteriores estándares de 7 días cada uno (ciclos semanales).

El programa comienza en el Ciclo o Semana 0. Este ciclo constituye una etapa de inundación mediante la cual se riega la muestra con un volumen de agua des-ionizada de al menos 750 ml. Debe añadirse un volumen suficiente para garantizar una recolección de 300-500 ml de eluato. Para asegurar un buen contacto entre la muestra y el agua se realiza una agitación suave durante un minuto. Se mantiene la muestra en remojo durante dos horas (para el caso de rocas) y cuatro horas (para el caso de relaves), transcurrido el cual se recolecta el lixiviado y se pasa por un filtro de 0.45 micras previo a su análisis. Todos los sólidos que queden en el filtro se transfieren de nuevo a la celda.

Tras este ciclo inicial, comienzan los ciclos estándar (ciclo 1 en adelante), con una duración de 7 días. En cada ciclo se insuflará aire seco durante 3 días y aire húmedo (HR > 90%) a 25 °C durante 3 días a un caudal de 5 l/min. Al séptimo día se realiza el procedimiento de lixiviación descrito anteriormente con la diferencia de que el volumen de agua que se añade es de 500 ml.

Una vez recogido el lixiviado del último ciclo, se extrae la muestra de la celda y se somete a un ensayo de lixiviación con una relación líquido-sólido 3:1 y un periodo de agitación de 24 horas. Una vez decantado el sólido, el sobrenadante se filtra y se realiza el paquete analítico correspondiente.

Tanto de la muestra inicial de cabeza como del residuo final se toma y prepara una alícuota para su caracterización. Se llevan a cabo ensayos granulométricos y determinación de multielementos.

Los resultados obtenidos se incluyen en el Anexo I del presente documento y han sido contrastados con los valores establecidos en el Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. Los resultados obtenidos para la muestra inicial en la semana 0 ya indica que estos lixiviados pueden ser clasificados como no peligrosos. La tendencia general indica que las concentraciones de los metales en el lixiviado van disminuyendo progresivamente semana tras semana, lo que confirma el carácter inerte del residuo en relación a los lixiviados a largo plazo. Muy puntualmente, aparecen algunos picos en determinados valores que se salen de esta tendencia general y que sugiere algún tipo de error durante el desarrollo del ensayo. Se trata de valores muy puntuales que se dan en menos del 0,5 % de los resultados obtenidos. No obstante, todos los valores indican que los residuos serían aptos para un vertedero de no peligrosos.

Cabe destacar que los resultados incluidos en el Anexo I están en $\mu\text{g}/\text{kg}$ por que será necesario transformar estos resultados a mg/kg para poder ser comparados con el RD 646/2020.

2.3.4 Conclusión

Los ensayos permiten concluir que el estéril extraído del entorno de la mineralización para su desarrollo no tiene un contenido en sulfuros destacable. Tampoco los materiales que se propone atravesar en la rampa de acceso al yacimiento y su entorno.

Los análisis de contenido en elementos traza muestran unos valores de fondo o referencia que se encuentran por debajo de los indicados en los Niveles Genéricos de Referencia (NGR) para suelos industriales del Principado de Asturias, excepto para el arsénico ligado a la excepcional naturaleza de la zona en la que se ha producido un enriquecimiento de sulfuros debido a la génesis geológica de la mineralización. A los efectos de la gestión de los materiales excedentarios permite mantener una correcta visión del tipo de materiales que existen naturalmente en la zona y cómo manejar estos excedentes. Por otro lado, su clasificación corresponde a materiales no inertes, en un contexto de materiales no inertes presentes actualmente en el subsuelo de la zona.

No obstante, cualquier aparición puntual de litologías de diferente naturaleza contempla su gestión específica sea en su ubicación o en la adición de elementos neutralizantes como el cemento.

En cualquier caso, las pruebas de lixiviabilidad realizadas muestran que no hay impacto a la calidad de las aguas circundantes.

Atendiendo a todo lo anterior, de una manera muy conservadora, el estéril de mina se clasifica como **No inerte no peligroso**. La escombrera donde se almacenarán estos estériles tiene carácter temporal, desapareciendo al final de la vida del proyecto y en consecuencia cualquier efecto a largo plazo. Durante su vida operativa estará construida con todos los mecanismos de seguridad para evitar contacto con el entorno. En particular el agua que acceda a los materiales de la escombrera será recogida, controlada y

gestionada convenientemente, a través de: sistema de impermeabilización, drenajes de fondo, canales perimetrales específicos, sistemas de control y tratamiento, etc. Tal y como se describen en el proyecto constructivo incluido como anexo II. Finalmente, la escombrera desaparecerá retornando los estériles contenidos a los huecos de explotación mineros mezclados con cemento, para asegurar la estabilidad e inactivación a largo plazo.

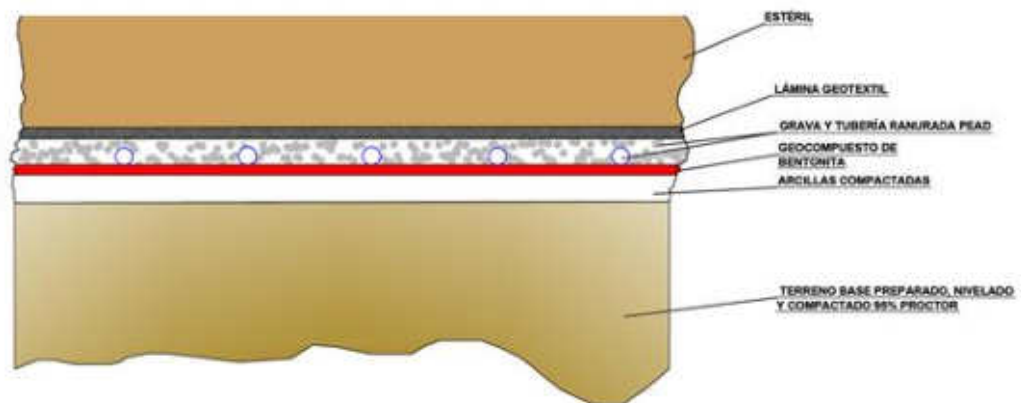


Figura 2.1.- Impermeabilización de la base de la escombrera de estériles de mina.

2.4 COLAS DE FLOTACIÓN O TAILINGS

Con objeto de cumplir con la normativa, la empresa AGQ1 ha realizado los ensayos sobre el residuo resultante del proceso de flotación, determinando el carácter de los mismos. Los informes y resultados obtenidos por la empresa AGQ, se incluyen en el Anexo I Clasificación y Caracterización de Residuos Mineros del presente documento en el "Informe de Caracterización, según el Real Decreto 975/2009, de una muestra de tailing". Diciembre 2019.

Para poder clasificar el residuo, se realizaron los siguientes conjuntos analíticos.

¹ AGQ es un laboratorio acreditado por ENAC bajo la norma UNE EN ISO/IEC17025-2005

- Conjunto de análisis nº 1: Propiedades físicas de desintegración e inflamabilidad. Este conjunto se realiza para la evaluación de los puntos 1.1.2.a) y 1.1.2. c) del RD 777/2012. La muestra queda clasificada como de baja degradabilidad y no inflamable.
- Conjunto de análisis nº 2: Contenido de azufre en forma de sulfuro y determinación de la ratio de potencial de neutralización. Según se establece en el apartado 1.1.2. b) del RD 777/2012, los residuos inertes de industrias extractivas tendrán un contenido máximo de azufre en forma de sulfuro del 0,1%, o tendrán un contenido máximo de azufre en forma de sulfuro del 1% y un cociente de potencial de neutralización y determinado mediante una prueba estática según el BS 15875, superior a 3. La muestra tiene un contenido en sulfuro inferior a 0,1 %, por lo que cumpliría el criterio de contenido en sulfuro para considerarse residuo inerte
- Conjunto de análisis nº 3: Estudio del contenido total de metales que se establece en el apartado 1.1.2.d) R.D 777/2012) y comparación con los valores límite para suelos contaminados recogidos en la Resolución de 20 de marzo de 2014, de la Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, por la que se establecen los Niveles Genéricos de Referencia para metales pesados en Suelos del Principado de Asturias. Para la muestra objeto de análisis, la concentración de arsénico obtenida es superior al nivel genérico establecido en el Principado de Asturias, tal y como se muestra en la siguiente tabla.

TABLA 2.4.- VALORACIÓN DEL CONTENIDO METÁLICO DE LOS ESTÉRILES DE FLOTACIÓN		
Parámetro	MN-19/011265	NGR Asturias Uso industrial
	TAILINGS (mg/Kg)	
Aluminio	70.700,14	-
Antimonio	83,63	295
Arsénico	1.097,94	200
Azufre	615,78	-
Bario	1.214,10	10.000
Cadmio	< 5,00	200

TABLA 2.4.- VALORACIÓN DEL CONTENIDO METÁLICO DE LOS ESTÉRILES DE FLOTACIÓN		
Parámetro	MN-19/011265	NGR Asturias Uso industrial
	TAILINGS (mg/Kg)	
Calcio	29.419,53	-
Cobalto	< 5,00	300
Cobre	32,19	4000
Cromo	11,89	10.000 (CrVI: 50)
Estroncio	320,92	-
Hierro	15.973,74	-
Litio	18,71	-
Magnesio	18.411,42	-
Manganeso	666,28	9.635
Mercurio	< 10,0	100
Molibdeno	6,40	600
Níquel	< 5,00	6.500
Plata	< 2,00	200
Plomo	28,55	800
Potasio	39.065,84	-
Selenio	< 10,0	2.500
Titanio	1.227,79	-
Vanadio	36,02	1.505
Zinc	< 50,0	10.000

- Conjunto de análisis nº4: Determinación de la ecotoxicidad y analítica Completa de una batería de parámetros sobre el lixiviado. Se realiza mediante la realización de un ensayo de lixiviación con una relación L/S=10 según norma UNE-EN 12457-4 y el posterior ensayo de crecimiento de *Photobacterium Phosphoreum* sobre el lixiviado obtenido, y batería completa de análisis sobre el lixiviado. Para la evaluación de los resultados se han considerado dos normativas:
 - Orden de 13 de octubre de 1989 (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo), sobre métodos de caracterización de los residuos tóxicos y peligrosos (BOE núm. 270, de 10 de noviembre de 1989), en la que se establece que un residuo será clasificado como peligroso si presenta una EC50 para el ensayo de Inhibición de la bioluminiscencia igual o inferior a 3000 mg/l. La dosis obtenida para la muestra es superior al umbral normativo de 3000 mg/l, por lo que no presentan una toxicidad superior a lo establecido para suelo contaminado y residuo peligroso.

- o Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. Para valorar el carácter de estos residuos, se toma la referencia de los valores límites de lixiviación aplicables a cada tipo de vertedero. En este caso, se incluyen los valores de admisión en vertederos de inertes y en vertederos de no peligrosos. De la valoración de los parámetros analizados en el eluato, se concluye que la muestra no cumpliría los criterios para admisión en vertedero de residuos inertes para Sb y As, tal y como se observa en la siguiente tabla. Si que los cumpliría para vertederos de no peligrosos.

TABLA 2.5.- VALORACIÓN DEL ENSAYO UNE-EN 12457-4 DE LOS -ESTÉRILES DE FLOTACIÓN				
Parámetro	Ud.	TAILINGS	RD 646/2020 L/S =10 l/Kg (mg/Kg) (inertes)	RD 646/2020 L/S =10 l/Kg (mg/Kg) (no peligrosos)
		A- 19/097195		
Antimonio disuelto	mg/Kg	0,69	0,06	0,7
Arsénico disuelto	mg/Kg	1,47	0,5	2
Bario disuelto	mg/Kg	< 5	20	100
Cadmio disuelto	mg/Kg	< 0,50	0,04	1
Cromo disuelto	mg/Kg	< 5,00	0,5	10
Cobre disuelto	mg/Kg	< 2,50	2	50
Mercurio disuelto	mg/Kg	< 1,00	0,01	0,2
Molibdeno disuelto	mg/Kg	0,12	0,5	10
Níquel disuelto	mg/Kg	< 5,00	0,4	10
Plomo disuelto	mg/Kg	< 2,50	0,5	10
Selenio disuelto	mg/Kg	< 5,00	0,1	0,5
Zinc disuelto	mg/Kg	< 50,0	4	50
Cloruros	mg/Kg	147,8	800	15.000
Fluoruros	mg/Kg	< 0,20	10	150
Sulfatos	mg/Kg	537,4	1000	20.000
Fenoles	mg/Kg	< 0,20	1	-
COD	mg/Kg	19,6	500	800

- Conjunto de análisis nº 5: Estudio de las fases minerales presentes en la muestra mediante ensayo de difracción de rayos X y mineralogía en lámina de delgada. La muestra está compuesta principalmente por albita y moscovita con proporciones menores de dolomita, cuarzo y ortoclasa. También se han identificado pequeñas cantidades de clinocloro y pirita.

A continuación, se resumen los resultados obtenidos de los diferentes conjuntos analíticos.

TABLA 2.6.- RESUMEN DE LA CONCLUSIONES DE LA CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTÉRILES DE FLOTACIÓN	
Inflamabilidad	Conforme
Degradabilidad	No evaluable. Se espera baja degradabilidad
S sulfuro (%)/NPR	Conforme (contenido en sulfuro < 0,1%)
Contenido metálico total	No conforme
Ecotoxicidad	Conforme
Admisión Vertedero de Inertes (lixiviabilidad)	No admisible (por arsénico)

Con los resultados anteriores, podemos determinar que se trata de un residuo no inerte. El siguiente paso es determinar su peligrosidad para lo que se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

- El residuo no es inflamable.
- No es generador de aguas ácidas.
- El ensayo de ecotoxicidad concluye que la muestra es no ecotóxica, por lo que, en principio, los lixiviados generados por hipotético contacto con el material, de agua de lluvia y escorrentía, no son susceptibles de producir una problemática para el medioambiente y los organismos vivos.
- La muestra no supera los valores incluidos en el Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero para la admisión en vertederos de

residuos no peligrosos para los parámetros analizados en el eluato. Por lo tanto, se concluye que la muestra si cumple los criterios para admisión en vertedero de residuos no inertes no peligrosos por lo que se descarta la caracterización del lixivado como peligroso.

Por todo lo expuesto se trata de un residuo no ecotóxico, no peligroso para el medio ambiente, no inflamable y cuyo lixivado tiene un carácter no peligroso.³

Por todo lo anterior, se concluye que se puede clasificar como un residuo **no inerte no peligroso**.

2.4.1 Caracterización de los lodos de flotación inertizados

Con el fin de favorecer el comportamiento de los estériles de flotación como inertes, reforzar las garantías de su seguridad a largo plazo y mejorar la percepción externa en cuanto a su consistencia e inocuidad más allá del aislamiento e impermeabilización constructiva del depósito, el estéril de flotación generado y alojado en el depósito permanente será mezclado con materiales conglomerantes, impermeabilizantes e inertizantes (mezcla de 5% de cemento tipo CEM I, 5% de cal).

En el Anexo I del presente documento se incluye el informe de los ensayos realizados con el fin de comprobar la eficacia de esta mezcla. En este informe se concluye lo siguiente:

- Inertizando este estéril con un material conglomerante (5% de cemento tipo CEM I, 5% de cal) y tras 28 días de fraguado, el conjunto muestra una reducción en su permeabilidad superior al 90% con respecto a la inicial y no se detecta la presencia de ninguna de las sustancias presentes en el lixiviado de los estériles sin mezclar.

- Los lixiviados de los ensayos realizados no exceden las normas de calidad ambiental definidas en el RD 817/2015 ni los objetivos de calidad para aguas superficiales marcados en el plan hidrológico en vigor para ninguno de los contaminantes tras 28 días de fraguado.

A continuación, se incluyen los resultados de lixiviación obtenidos y se comparan con los valores establecidos en el Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. Para valorar el carácter de estos residuos, se toma la referencia de los valores límites de lixiviación aplicables a cada tipo de vertedero. En este caso, se incluyen los valores de admisión en vertederos de inertes y en vertederos de no peligrosos. Cabe destacar que para poder comparar los resultados con el RD 646/2020, se debe utilizar como norma general los valores en mg/kg.

TABLA 2.7.- CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTÉRILES DE FLOTACIÓN INTERTIZADOS							
Parámetro	Ud.	UNE-EN-12457:4		UNE-EN-15863		RD 646/2020 (inertes)	RD 646/2020 (no peligrosos)
		7 días	28 días	24 h	7 días		
Cloruros	mg/kg	<50	<50,0	<50	<50	800	15.000
Fluoruros	mg/kg	3,20	5,20	<5	<1	10	150
Sulfato	mg/kg	<50	<50,0	<50	<50	1.000	20.000
COD	mg/kg	<150	<150	33,00	<210	500	800
Antimonio	mg/kg	0,21	<0,05	0,26	0,07	0,06	0,7
Arsénico	mg/kg	0,06	<0,05	0,17	<0,05	0,5	2
Bario	mg/kg	4,40	4,30	0,13	0,11	20	100
Cadmio	mg/kg	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	1
Cobre	mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	2	50
Cromo	mg/kg	0,13	0,30	<0,05	<0,05	0,5	10
Mercurio	mg/kg	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	0,2
Molibdeno	mg/kg	0,28	<0,10	<0,10	<0,10	0,5	10
Níquel	mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,4	10
Plomo	mg/kg	0,09	0,06	<0,05	<0,05	0,5	10
Selenio	mg/kg	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,1	0,5
Zinc	mg/kg	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	4	50

Tal y como se muestra en la tabla anterior, los lixivados generados por los estériles de flotación mezclados con cal y cemento pueden ser considerados como inertes por lo que se concluye que la mezcla mejora sustancialmente las características de los compuestos y evita cualquier posibilidad de contaminación a largo plazo. Al incrementar su compactación (mejora tanto la resistencia a la flexión como a la compresión) y su impermeabilización hasta 300 veces más alta que los materiales circundantes del depósito.

2.4.2 Composición mineralógica de los estériles de flotación

Como información adicional y relevante a la caracterización realizada se incluye la composición mineralógica de los estériles de flotación y del concentrado realizada por ALS, tras los ensayos de flotación sobre muestras industriales representativas de la mineralización e incluida en el Anexo I.

TABLA 2.8.- COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE LOS ESTÉRILES DE FLOTACIÓN		
	Concentrado (%)	Estéril de flotación (%)
Sulfuros de cobre	<0,1	<0,1
Estibina	1	<0,1
Pirita	33,2	<0,1
Arsenopirita	51,3	0,1
óxidos de hierro	0,1	0,2
Feldespatos	4,3	40,4
Cuarzo	1,9	19,1
Micas	4,5	24,7
Carbonatos	1,2	11,5
Clorito	0,4	2,5
Minerales de titanio	0,5	0,5
Apatita	0,1	0,4
Otros	1,5	0,6
Total	100	100

Cabe recordar que del proceso de tratamiento del mineral extraído salen dos materiales: el estéril de flotación y el concentrado. El concentrado es el producto final vendible y el estéril de flotación es gestionado de manera que en su mayoría vuelve a rellenar los huecos generados.

En la tabla anterior se puede observar que la mayor parte del contenido en sulfuros (sulfuros, estibina, pirita y arsenopirita) del mineral extraído se queda en el concentrado, que es el objetivo del proceso de flotación, por lo que el contenido en sulfuros del estéril de flotación es muy reducido. Es decir, el mineral extraído del subsuelo tiene un contenido notablemente mayor que el material que se utiliza para el posterior relleno de los huecos generados.

2.5 MATERIAL DE EXCAVACIÓN

Tal y como se ha descrito anteriormente, este material está referido a los primeros 7 - 8 metros de superficie de terreno, que será necesario excavar, principalmente, para la construcción del depósito de estériles.

Para su análisis se han tomado como referencia las muestras tomadas en la zona en la que se realizarán las excavaciones para el depósito (zona B) formados por materiales sedimentarios degradados. En las figuras siguiente se muestra la localización de todas ellas.



Figura 2.1.- Localización y codificación de las muestras tomadas en la zona de construcción del depósito de estériles

Para su caracterización se han seguido los preceptos indicados en el artículo 1.1.2. del Anexo I del RD 777/2012. Dado que las muestras son bastante superficiales y que el suelo presenta un alto nivel de degradación en la zona, y no se van a alterar, se valoran los siguientes considerandos:

- a) Que estas no sufrirán ninguna desintegración y mucho menos disolución importante, por lo que no supondrán un problema ni para el medio ni para la salud humana, ya que se trata de un material bastante disgregado de manera natural, y simplemente se extraerá de forma mecánica para conformar la parte externa/superficial de las celdas y el sobrante se transportará a la zona de escombrera específica.
- b) Para conocer su contenido en azufre en forma de sulfuro y su cociente potencial de neutralización, se ha mandado una muestra de cada uno de los puntos a los laboratorios de AGQ (Sevilla) para su análisis según el prEN 15875. De los resultados obtenidos (presentados en el Anexo I. Caracterización de los residuos) se concluye que todas las muestras (DP1, DP2 y DP3) presentan contenidos en azufre en forma de sulfuro inferiores al 0,1 % que requiere este RD para su caracterización como inertes.
- c) Debido a la naturaleza de los residuos y a su composición, estos no presentan riesgo de combustión espontánea y no son susceptibles de arder.
- d) En cuanto al contenido de sustancias potencialmente dañinas para el medio y/o la salud humana, se ha llevado a cabo un estudio del contenido de metales presente en esas muestras, también realizado en los laboratorios de AGQ. Los resultados, presentados en el Anexo I. Caracterización de residuos y en la siguiente tabla, han sido contrastados con los Niveles Genéricos de Referencia para metales

pesados en los suelos del Principado de Asturias, regulados por la Resolución de 20 de marzo de 2014, de la Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y medio Ambiente.

TABLA 2.9.- RESULTADO DE LOS ANÁLISIS Y COMPARACIÓN CON LOS NGR DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS (mg/kg)					
	DP-1	DP-2	DP-3	NGR suelo industrial	NGR otros usos
Antimonio total	<1	<1	<1	295	5
Arsénico total	29,9	16,5	14,5	200	40
Bario total	57,4	58,8	50,4	10.000	1.540
Berilio total	<5,00	<0,5	<12,5	205	20
Cadmio total	0,6	0,2	<0,1	200	2
Cobalto total	6,1	<5,0	<5,0	300	25
Cobre total	<10,0	15,8	<10,0	4.000	55
Cromo hexavalente	<0,20	<0,20	<0,20	50	2
Cromo total	24	<50	30,3	10.000	10.000
Estaño total	<5,0	<5,0	<5,0	10.000	4.360
Manganeso total	<100	<100	<100	9.635	2.135
Mercurio total	0,1	<0,50	<0,50	100	1
Molibdeno total	3,55	1,46	<1,0	600	6
Níquel total	15	<50,0	<25,0	6.500	65
Plata total	<0,5	<0,5	<0,5	200	2
Plomo total	23	25	18	800	70
Selenio total	<5,0	<5,0	<5,0	2.500	25
Talio total	<1,0	<1,0	<1,0	10	1
Vanadio total	29,8	29,5	30,1	1.505	50
Zinc total	49,9	61,4	<20,0	10.000	455

La comparación se ha hecho con los dos valores de NGR más extremos. Por un lado, con los valores para suelo industrial, los más permisivos, ya que durante unos años será el uso del suelo que tendrá

durante la zona de explotación; por otro lado, y con mayor interés, con los valores más restrictivos, para “otros usos”, los cuales engloban aquellos suelos que, no incluyéndose en ninguna otra de las clases recogidas en la citada Resolución (industrial, recreativo o residencial), pueden soportar actividades de uso agrícola, ganadero o forestal. Dado que, en todos los casos posibles, a través de la restauración, se busca recuperar los usos iniciales, el cumplimiento de estos NGR hace posible que su uso sea apto para la restauración.

- e) Por último, dado que la extracción se realizará por medios mecánicos, los residuos no serán tratados de ningún modo con ningún producto, ni siquiera durante la extracción, por lo que se encontrarán totalmente libres de sustancias externas.

Por todos estos motivos se puede concluir que el residuo de tierras de excavación se puede categorizar como un **residuo inerte**.



3 CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS

3.1 BASE LEGAL

La caracterización de los residuos mineros se realiza atendiendo a las indicaciones del Real Decreto 777/2012, de 4 de mayo, por el que se modifica el 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 las actividades mineras.

En su Anexo I, dentro del punto 2.4, se desarrolla el contenido que debe tener la caracterización de residuos para el caso de residuos no inertes no peligrosos. En el Proyecto de Salave se generan residuos inertes y residuos no inertes no peligrosos, por lo que se ha optado por completar el contenido establecido para los segundos, de mayor alcance.

En base a lo anterior, la caracterización de los residuos mineros se ha realizado atendiendo a las indicaciones del punto 2.4. del Anexo I del RD 777/2012.

3.2 INFORMACIÓN GENERAL

El objetivo principal del proyecto es la extracción de la mineralización subterránea del área de Salave, para acceder al oro contenido en los sulfuros, constituyentes fundamentales de la mineralización. El resto de la roca encajante es fundamentalmente granodiorita.

La extracción del mineral y el proceso de tratamiento generarán una serie de residuos mineros cuya correcta gestión es fundamental para asegurar el desarrollo de la actividad y minimizar los impactos ambientales del proyecto.

Se trata de un proyecto minero subterráneo, con posterior concentración de la mena de sulfuros a través de un proceso de separación física o flotación. La explotación se realiza mediante cámaras por subniveles, realizando el arranque con voladuras y con acceso al yacimiento mediante una rampa descendente. Lo que se pretende con el proyecto es la producción de un concentrado de sulfuros, que serán objeto de tratamiento ulterior por especialistas externos a la zona de actuación.

Es decir, el producto final de la explotación es el denominado concentrado de flotación, fundamentalmente los sulfuros contenidos en la mineralización. Por lo tanto, estos sulfuros permanecerán por tiempo muy limitado en la instalación antes de ser preparados para su transporte hasta al tratamiento externo, ajeno al promotor.

Los residuos que se generan durante el proceso son:

- Estériles de mina: provenientes de los desarrollos mineros por zonas no mineralizadas: rampas y galerías de acceso a las cámaras. También puede haber algo de estéril que provenga de las cámaras de explotación en zonas estériles.
- Estériles de flotación o de planta: consecuencia de la separación física del mineral extraído en sus componentes, durante la flotación.
- Materiales de excavación: provienen de la excavación de la superficie de instalación del depósito de explotación y de las balsas de aguas limpias.

La gestión de estos residuos se realiza utilizando tecnologías disponibles, consolidadas y viables económicamente.

La construcción de depósitos para alojar estériles es también bien conocida en cuanto a su dimensionado y detalles constructivos, particularmente por el método de excavación y realce de los bordes que limita la altura de estos en el perímetro del depósito y permite una mejor rehabilitación final. Como ejemplo a nivel europeo existe el Depósito de Tailings Polska Miedz de la empresa KGHM Polska Miedz SA, mencionado en el informe Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC, publicado por la Comisión Europea en 2018.

Además, el backfilling o relleno ha sido incorporado como una técnica de gestión de los residuos de proceso frente a su simple alojamiento en depósitos y escombreras ya que desde el punto de vista minero y ambiental presenta las siguientes ventajas:

- Reducción de los residuos alojados en depósitos y escombreras en superficie, lo que conlleva una disminución muy significativa del área ocupada por estos con la consecuente reducción de impactos asociados a esta actividad.
- Mejoras de las características geotécnicas de la mina (minimización de los riesgos de subsidencia).
- Posibilidad del aumento del rendimiento de extracción del mineral (al poder explotar los pilares una vez realizado el backfilling).
- Además, supone una buena práctica de reutilización de los propios residuos generados durante la explotación. En el documento Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC, publicado por la Comisión Europea en 2018, se incluye como mejor práctica disponible (BAT 6).

3.3 INFORMACIÓN GEOLÓGICA DEL YACIMIENTO

La información geológica del yacimiento se incluye en detalle en el Estudio Geológico, que se incluye como Anexo I.

3.4 RESIDUOS Y MANIPULACIÓN PREVISTA

3.4.1 Identificación y clasificación de los residuos según la lista europea de residuos

Según la clasificación de la Decisión 2014/955/UE, que modifica la ORDEN MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos (LER), los residuos que se generarán en la explotación serán:

TABLA 3.1.- IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS		
Residuo	Código LER	Clasificación
Estéril de mina	01 01 01 Residuos de la extracción de minerales metálicos	No inerte no peligroso
Estéril de flotación	01 03 06 Estériles distintos de los mencionados en códigos 01 03 04 y 01 03 05	No inerte no peligros
Materiales de excavación	01 01 01 Residuos de la extracción de minerales metálicos	Inertes

3.4.2 Origen de los residuos en el lugar de extracción y los procesos que generan estos residuos

Como se ha explicado anteriormente, la extracción que se realiza en el proyecto de Salave se efectúa mediante cámaras por subniveles (minería subterránea), realizando el arranque con voladuras. En el conjunto del proyecto, generará los siguientes residuos:

- Estéril de mina: para acceder al mineral es necesaria la construcción de una infraestructura de rampas y galerías de acceso hasta las cámaras mineralizadas. Tienen diferentes secciones y se sitúan en zonas no mineralizadas compuestas principalmente por granodiorita y, eventualmente en zonas muy puntuales y localizadas de reducido volumen, pizarras y cuarcitas. Estas galerías se excavan mediante perforación y voladura.
- Estéril de flotación: también denominado estéril de planta ya que es consecuencia del tratamiento del mineral en la planta. Este estéril es consecuencia de la separación física del mineral extraído en sus componentes fundamentales; sulfuros que van al producto final o concentrado y granodiorita.
- Materiales de excavación: provienen de la excavación de la superficie de instalación del depósito de explotación y de las balsas.

A continuación, se resume la relación entre las diferentes actividades o instalaciones realizadas durante la explotación del yacimiento y los residuos generados en las mismas.

TABLA 3.2.- RELACIÓN ENTRE LAS ACTIVIDADES E INSTALACIONES Y RESIDUOS GENERADOS			
ACTIVIDAD	RESIDUOS GENERADOS	INSTALACIÓN DE DESTINO	USO
Desarrollos mineros	Materiales de la excavación de rampas y galerías	Escombrera temporal (NW)	Backfilling/restauración
Materiales de excavación	Materiales de la excavación de infraestructura de superficie	Escombreras temporales (SE y SW)	Restauración
Tratamiento del mineral	Estériles de flotación	Depósito de estériles	Backfilling/Depósito permanente

3.4.3 Descripción del sistema de transporte de residuos

El estéril de mina se transporta mediante camiones hasta la bocamina y desde ahí, continúan en camión hasta las escombreras temporales.

Una vez en la zona de escombreras, el equipo necesario estará formado, al menos, por palas y empujadores que garanticen la seguridad de la instalación y que se respete la configuración de diseño de la misma.

Este estéril volverá a la mina en los momentos diseñados, en forma de relleno, mediante transporte por tubería y previa preparación del material de relleno.

Los estériles de flotación son transportados mediante bombeo desde la planta al depósito de estériles. Los estériles de flotación que vayan a ser depositados de manera definitiva en los módulos serán inertizados con cal y cemento durante su deposición. Los que vayan a ser utilizados para el relleno de cámaras serán, de manera general, mezclados con cemento constituyendo un relleno en forma de pasta que será bombeado mediante tuberías a los huecos de la explotación. Eventualmente se mantendrá secciones de las balsas con estériles sin cemento para servir de buffer corrector del desacople cronológico entre la producción de colas de flotación y las necesidades de relleno.

Por último, los materiales de excavación que se extraen de la apertura de las distintas celdas o módulos del depósito de estériles de flotación serán utilizados para conformar la parte superficial del depósito (cubreras y divisoria de celdas). El excedente será transportado hasta las escombreras, que quedarán conformadas con dicho material (escombreras SE y SW). Según se vayan sellando y rehabilitando las celdas que lleguen a situación final, este material de excavación será utilizado para el cubrimiento y reperfilado de la zona del depósito, para lo cual serán nuevamente transportados hasta la zona de trabajos.

3.4.4 Descripción de las sustancias químicas que deben utilizarse durante el proceso de flotación

El proceso de flotación requerirá del uso mediante adición de una serie de reactivos orgánicos que, debido a su función dentro del proceso, son denominados de tres formas distintas: colectores, promotores y espumantes.

Todos estos productos presentan relativa estabilidad, son hidrolizables (algunos de ellos en función del pH) y además, todos ellos son biodegradables.

Además, como reactivos inorgánicos a usar durante el proceso de flotación estará la cal, utilizada, fundamentalmente, para el ajuste del pH.

Todos los reactivos que se utilicen en la planta de tratamiento de Salave vendrán en pallets y se descargarán mediante carretillas de servicio de planta al almacén de reactivos que deberá cumplir con la normativa de almacenamiento de productos químicos (APQ).

Hasta su uso, quedarán almacenarán en una zona específicamente preparada para su almacenamiento (almacenamiento de productos químicos y otros productos a granel). Esta zona dispondrá un adecuado sistema de ventilación y el acceso a la misma estará restringido al personal autorizado al manejo de estas sustancias. Su manejo se realizará siguiendo todas las medidas de seguridad para cada una de las sustancias almacenadas.

Estas sustancias serán usadas en cantidades muy pequeñas (del orden de g de floculante / t de mineral). La zona de preparación de reactivos será contigua a la planta de tratamiento o procesamiento de minerales. Los reactivos se prepararán en la parte superior de la zona de preparación de reactivos, sobre los tanques de preparación, que estarán provistos de la adecuada ventilación y de los equipos de protección colectiva necesarios.

De esta manera, en la zona de tratamiento se utilizan los siguientes reactivos:

Activadores de flotación

Sulfato de Cobre: $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ (s). El sulfato de cobre pentahidratado es un cristal sólido utilizado en la activación de sulfuros previos a la flotación. Su función es la de limpiar las superficies de los óxidos y sulfuros generando superficies capaces de ser hidrófobas con colectores y promotores adecuados. El sulfato de cobre se suministrará en sacos de 25 kg en escamas sólido. Su uso será únicamente en etapas muy concretas y limitadas, para mejorar la selectividad de sulfuros con dosificaciones del orden de 0,2 g/t.

Colectores Flotación

Amil-xantato-potásico (AXP)-isobutil xantato sódico (SIBX). Dentro de los numerosos reactivos colectores empleados en flotación tenemos el grupo de los xantatos, y dentro de ellos el AXP y el SIBX. El Amil-Xantato-Potásico (AXP)-SIBX es un reactivo del tipo colector que se emplea en el proceso de flotación por espumas. Su función es recubrir las partículas finas de minerales o metales valiosos (sulfuros metálicos, oro y cobre metálicos, etc.) de una película que las hace hidrófobas, es decir repelentes al agua y por consiguiente flotan a pesar de su mayor densidad. El transporte de las partículas de mineral a la superficie se realiza por la formación de espumas mediante la adición de otro tipo de reactivos llamados espumantes. Será el reactivo principal con dosificaciones de 70 gramos por tonelada tratada.

El AXP se suministra en forma de escamas o polvo, envasado en bidones de 200 litros. El material suministrado tiene un 90% de materia activa. Se almacenan al exterior, en la zona de reactivos, cerca de la Planta y debe mantenerse aislado de otros reactivos (oxidantes fuertes y ácidos). En presencia de ácidos se hidroliza produciéndose CS_2 (disulfuro de carbono) Cuando se calienta o se expone a la humedad se descompone emitiendo también CS_2 (disulfuro de carbono).

Promotores de Flotación

Aero 412- Aero 3477 .El Aero 412- y Aero 3477 es un promotor o colector específico que se emplea en la flotación por espumas con igual función que los colectores pero que específicamente captan las partículas finas de oro y plata contra los sulfuros de hierro. Es un reactivo líquido mezcla de sales de mercaptobenzotiazol y ditiofosfato. Se suministrará líquido en contenedores tipo IBC de 1000 l. Su uso será únicamente en etapas muy concretas y limitadas, para mejorar la selectividad de sulfuros con dosificaciones del orden de 5 gramos por tonelada tratada.

Espumantes Flotación

El Metil-Isobutil-Carbinol (MIBC), es un reactivo espumante que se emplea por ser más selectivo, menos denso y más soluble, mezclado al 50% en su adición a flotación. Su función es la misma que la del Aceite de Pino, es decir, formación de espumas en las celdas de flotación, pero como las burbujas que forma son de mayor tamaño el hueco entre burbujas es mayor lo que permite un mejor drenaje del concentrado aumentando su ley. Se suministrará líquido en contenedores tipo IBC de 1000 l. Su uso será únicamente en etapas muy concretas y limitadas, para mejorar la selectividad de sulfuros con dosificaciones del orden de 50 gramos por tonelada tratada.

El Aceite de Pino (AP), es un reactivo espumante que se emplea en el proceso de flotación por espumas. Su función es transportar las partículas finas de mineral, recubiertas de colector a la superficie de la pulpa en agitación, mediante la formación de burbujas de aire (espumas). Es un producto líquido de color amarillo pálido y de olor característico a pino, ya que procede de su destilación (rango de destilación = 200 – 235°C). Menos denso que el agua (0.894 t/m³) y poco soluble en ella (2,5 g/L). Su rango de inflamación es 21 °C – 55°C. Espumante alternativo al MIBC, utilizado en caso concretos con problemas de espumas.

Floculantes:

Se dispondrá de una unidad de preparación y distribución de floculante. Normalmente se tratará de una planta compacta, para preparar, diluir y dosificar las cantidades necesarias a proceso. Los floculantes son reactivos que se emplean en todas las plantas de tratamiento de aguas, para unir partículas muy finas con el resultado de conjuntos de mayor volumen y densidad, aumentando la velocidad de sedimentación y la densidad del producto "hundido" de los espesadores. Los floculantes son productos orgánicos sintéticos derivados de las acrilamidas formando largas cadenas (polímeros de alto peso molecular) que pueden ser no-iónicas, catiónicas y aniónicas, según el radical activo del floculante para la agregación de las partículas finas en suspensión de la pulpa a sedimentar. Se suministrarán en forma sólida polvo, en sacos de 25 kg. El consumo será del orden de 33 gramos por tonelada tratada.

Adicionalmente, en casos puntuales de necesidad específicas, se podrán utilizar los siguientes reactivos: cal apagada (Hidróxido de calcio) y Sulfato de cobre.

Para el Proyecto de Salave se estiman las siguientes cantidades de reactivos:

TABLA 3.3.- CONSUMO DE RECTIVOS EN EL TRATAMIENTO DEL MINERAL			
Reactivo	Consumo (t/año)	Máximo almacenado (t)	Proceso
Colector, AXP-SIBX	35-53	20	Flotación
Promotores. Aero 412 y 3477	No se prevé necesario. Si lo fuera serían 18-21	20	Flotación
Espumantes	7-18	20	Flotación
Floculantes	60-70	10	Espesado-decantación

En la planta de pasta se produce el proceso de estabilización/inertización de los estériles provenientes del proceso de flotación. Para ello, se utiliza una mezcla de cal y cemento portland con las siguientes características.

- 5 % en peso cemento portland (CEM I)
- 5% de cal (4% de cal viva, 1% de filler calizo)

Las cantidades estimadas de consumo anual son las siguientes.

TABLA 3.4.- CONSUMO DE RECTIVOS EN EL TRATAMIENTO DE LOS LODOS DE FLOTACIÓN	
Reactivo	Consumo (m³/año)
Cemento Portland (CEM I)	18.000
Cal viva	6.000

3.4.5 Descripción de la forma final de exposición de los residuos y del método de vertido de los residuos

Los residuos generados durante la explotación se van a depositar en las diferentes IRM. Estas, a excepción del depósito de estériles de flotación, serán de carácter temporal es decir desaparecerán a la finalización del proyecto.

Los estériles de mina serán yendo retirados de la escombrera NW progresivamente, según avance la explotación, y se utilizarán para el contribuir al relleno de los huecos generados por la explotación, por lo tanto, estos residuos no tienen exposición final, ya que al finalizar el año 13 la escombrera quedará vacía.

El depósito de estériles de flotación albergará parte de los estériles de flotación que no puedan ser reciclados en los huecos subterráneos de la explotación. En su estado final estos residuos quedarán inactivados, compactados e impermeabilizados, mediante la adición de cal y cemento, lo que les conferirá una mayor estabilidad y dureza y hará que su permeabilidad disminuya, al igual que su reactividad. Cada uno de los módulos, una vez lleno, será sellado superficialmente mediante un geocompuesto de bentonita, que, unido a la barrera ya instalada en toda la superficie del módulo, dejará los residuos encapsulados para imposibilitar el contacto de los estériles con agua de escorrentía que pudiera llegar hasta ellos. La superficie por encima de cada celda sellada será debidamente rehabilitada y su superficie final restaurada y reperfilada, para lo que se utilizarán los materiales de las escombreras SE y SW, y, por último, revegetada.

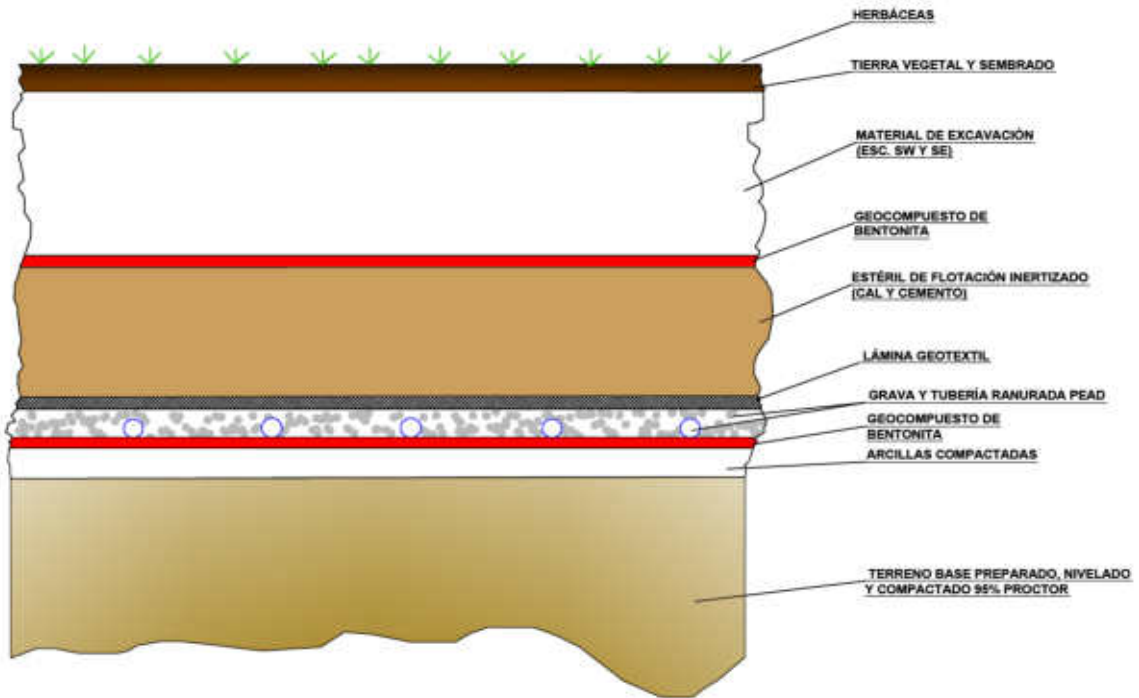


Figura 3.1.- Sistema de encapsulamiento de las distintas celdas del depósito de estériles de flotación.

Los materiales de excavación, como ya se ha comentado en el anterior párrafo serán utilizados como material de relleno superficial del depósito de estériles de flotación, una vez este haya sido totalmente encapsulado y sellado, y para el relleno de las balsas de agua limpia.

CRS Ingeniería

Julio de 2021

APÉNDICE V-1
ANALÍTICAS PARA LA CARACTERIZACIÓN
DE LOS RESIDUOS

ÍNDICE

- 1. Analítica para los estériles de mina**
- 2. Analítica para los estériles de planta**
- 3. Ensayos de inertización**
- 4. Analítica para los materiales de excavación**

1. Analítica para los estériles de mina

GTD 03

GTD03

Celda

Tipo de ciclo	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3
Nº Ciclo	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 11
Fecha comienzo ciclo	02/08/2013	09/08/2013	16/08/2013	23/08/2013	30/08/2013	06/09/2013	13/09/2013	20/09/2013	27/09/2013	04/10/2013	11/10/2013	18/10/2013	18/10/2013
Fecha fin ciclo	02/08/2013	15/08/2013	22/08/2013	29/08/2013	05/09/2013	12/09/2013	19/09/2013	26/09/2013	03/10/2013	10/10/2013	17/10/2013	24/10/2013	24/10/2013
Preparación de la muestra	0.750	0.507	0.502	0.518	0.511	0.506	0.501	0.501	0.502	0.508	0.511	0.500	0.500
Agua empleada (L)	0.558	0.472	0.384	0.517	0.484	0.486	0.498	0.412	0.508	0.378	0.387	0.493	0.493
Agua recogida (L)	A-13/23127	A-13/23137	A-13/23329	A-13/24580	A-13/25236	A-13/26211	A-13/26746	A-13/27685	A-13/28335	A-13/29083	A-13/29911	A-13/31049	A-13/31049
Código de eluato													
Massa mineral (g)	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9

Resultado de los análisis

Preparación de la muestra

Agua empleada (L)
 Agua recogida (L)
 Código de eluato

Parámetros físicos del agua recogida

Conductividad (µS/cm³)
 pH

Aniones (µg)

Alcalinidad (µg CaCO₃)
 Bicarbonatos (µg CO₃H)
 Acidez (µg CaCO₃)

Elementos disueltos (µg)

Aluminio (Al)
 Antimonio (Sb)
 Arsenico (As)
 Bario (Ba)
 Berilio (Be)
 Cadmio (Cd)
 Calcio (Ca)
 Cobalto (Co)
 Cobre (Cu)
 Cromo (Cr)
 Estafio (Sn)
 Estroncio (Sr)
 Fósforo (P)
 Hierro (Fe)
 Magnesio (Mg)
 Manganeso (Mn)
 Mercurio (Hg)
 Molibdeno (Mo)
 Niquel (Ni)
 Plata (Ag)
 Plomo (Pb)
 Polasio (K)
 Selenio (Se)
 Silicio (Si)
 Sodio (Na)
 Sulfatos (SO₄)
 Talio (Tl)
 Titanio (Ti)
 Uranio (U)
 Vanadio (V)
 Zinc (Zn)

L.C

instrumental

0
 10000
 100
 20
 1
 0,5
 1
 0,5
 0,5
 0,5
 2500
 0,5
 1
 1
 5
 5
 100
 20
 3750
 1
 0,4
 0,5
 1
 1
 1
 0,5
 2000
 1
 500
 2500
 10000
 0,5
 1
 1
 0,5
 20

1128,0	2343,6	1956,9	961,9	1636,8	996,1	2977,3	2091,2	2977,3	5424,9	7694,0	8377,9	3780,5	3780,5
< 5584	< 4715,5	< 3844,5	< 5171,5	< 4842,5	< 4859	< 4118	< 4979	< 4118	5424,9	79047,8	8377,9	< 4929	< 4929
13010,7	3145,2	2560,4	8615,7	6456,5	3241,0	5490,7	8288,0	5490,7	5079,5	< 37,8	6452,2	2464,5	2464,5
799,9	< 9,4	34,5	611,0	166,8	154,6	68,9	872,8	68,9	310,6	13,8	31,6	150,6	150,6
< 0,6	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,4	< 0,4	< 0,5	< 0,5
3,0	1,6	1,5	6,7	3,3	4,6	2,1	5,8	2,1	7,9	1,2	1,5	3,1	3,1
32,1	6,2	6,8	17,6	10,0	10,2	6,6	20,9	6,6	22,0	5,0	4,6	9,1	9,1
0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
4,1	1,2	0,9	1,7	1,7	1,6	0,6	3,2	0,6	1,4	0,3	0,3	0,3	0,3
1894,2	653,0	1985,7	5698,5	2812,8	2546,6	5624,4	23115,5	5624,4	8458,6	2170,0	< 967,9	3086,2	3086,2
155,4	29,5	29,2	158,6	58,9	41,8	17,5	77,7	17,5	37,9	7,1	8,7	18,4	18,4
572,3	13,1	61,6	392,1	189,8	162,8	105,4	350,8	105,4	250,4	53,1	61,2	146,4	146,4
< 0,6	< 0,5	< 0,4	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,4	< 0,4	< 0,5	< 0,5
< 2,8	6,5	2,0	< 2,6	< 2,4	< 2,4	< 2,1	< 2,5	< 2,1	< 2,5	< 1,9	< 1,9	< 2,5	< 2,5
17,4	11,4	13,7	16,8	8,5	5,4	4,3	22,6	4,3	6,7	2,4	< 1,9	3,0	3,0
< 55,8	< 47,2	< 38,4	< 51,7	< 48,4	< 48,6	< 41,2	1439,4	< 41,2	102,6	< 37,8	< 38,7	< 49,3	< 49,3
2529,7	< 9,4	22,4	333,3	96,7	89,8	98,2	497,5	98,2	< 10,2	19,1	62,7	142,2	142,2
2263,1	< 1788,3	< 1441,7	2548,4	< 1815,9	< 1822,1	< 1867,1	< 1867,1	< 1867,1	< 1904,8	< 1419	< 1451,8	< 1848,4	< 1848,4
< 0,2	< 0,2	< 0,2	6049,7	2333,8	1030,9	410,4	2,3	410,4	1450,0	186,5	185,1	359,7	359,7
< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
388,9	65,5	69,5	1243,5	777,1	390,9	183,7	996,4	183,7	341,3	76,0	77,1	169,6	169,6
< 0,6	< 0,5	< 0,4	0,6	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,4	< 0,4	< 0,5	< 0,5
252,1	3,6	< 0,2	185,3	72,5	63,0	38,6	156,6	38,6	109,2	16,2	1,2	34,8	34,8
0,7	< 0,5	0,6	2161,4	< 968,5	< 971,8	< 968,5	< 968,5	< 968,5	< 1015,9	< 756,8	< 774,3	< 985,8	< 985,8
< 279,2	243,1	< 192,2	3489,9	3475,0	3513,7	1688,9	3661,0	1688,9	5401,8	735,5	576,3	3248,0	3248,0
< 1396	< 1178,9	< 961,1	< 1292,9	< 1210,6	< 1214,8	< 1269,9	< 1269,9	< 1269,9	< 1029,5	< 946	< 967,9	< 1232,3	< 1232,3
52914,9	16869,6	14966,7	45640,5	20020,6	15249,4	5945,7	13998,6	5945,7	16932,4	4186,5	6110,4	11668,7	11668,7
0,8	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	37,9	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
< 0,6	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,6	1,2	0,6	0,9	0,5	0,4	< 0,5	< 0,5
8,1	< 0,5	0,7	1,2	3,3	3,3	5,4	5,4	5,8	5,8	0,9	1,5	2,2	2,2
< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
144,9	32,0	62,2	399,0	287,9	296,8	264,1	1153,5	264,1	537,5	131,4	149,7	258,6	258,6



Celda

GTD03

Tipo de ciclo	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3
N° Ciclo	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Semana 23	Semana 24
Fecha comienzo ciclo	25/10/2013	01/11/2013	08/11/2013	15/11/2013	22/11/2013	29/11/2013	06/12/2013	13/12/2013	20/12/2013	27/12/2013	03/01/2014	10/01/2014	17/01/2014
Fecha fin ciclo	31/10/2013	07/11/2013	14/11/2013	21/11/2013	28/11/2013	05/12/2013	12/12/2013	19/12/2013	26/12/2013	02/01/2014	09/01/2014	16/01/2014	23/01/2014
Agua empleada (L)	0.503	0.500	0.501	0.501	0.500	0.500	0.501	0.502	0.504	0.512	0.502	0.504	0.518
Agua recogida (L)	0.494	0.502	0.499	0.380	0.494	0.493	0.493	0.501	0.498	0.564	0.496	0.495	0.516
Código de eluato	A-13/31811	A-13/32682	A-13/33619	A-13/34694	A-13/35444	A-13/36515	A-13/37547	A-13/38401	A-13/39066	A-14/00165	A-14/00687	A-14/01277	A-14/01988
Massa mineral (g)	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9

Resultado de los análisis

Preparación de la muestra

Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$)	87,0	86,3	92,1	57,1	67,8	69,6	94,6	81,7	61,8	52,7	61,0	96,2	63,0
pH	4,4	4,5	4,6	4,4	4,7	4,8	4,6	4,4	4,3	4,4	4,3	4,3	4,4

Parámetros físicos del agua recogida

Alcalinidad ($\mu\text{g CaCO}_3$)	5210,4	587,9	463,7	1192,8	6031,1	7707,4	4935,3	1472,1	2287,2	5395,3	898,4	445,6	13004,6
Bicarbonatos ($\mu\text{g CO}_3\text{H}^-$)	5210,4	< 5024,5	< 4986	1192,8	6031,1	7707,4	4935,3	1472,1	2287,2	5395,3	< 4963,5	< 4951,5	13004,6
Acidez ($\mu\text{g CaCO}_3$)	4943,5	16748,2	8309,7	1252,4	4943,5	4928,0	6565,6	8008,8	8303,0	2819,8	< 49,6	6600,3	3440,7

Aniones (μg)

Alcalinidad ($\mu\text{g CaCO}_3$)	5210,4	587,9	463,7	1192,8	6031,1	7707,4	4935,3	1472,1	2287,2	5395,3	898,4	445,6	13004,6
Bicarbonatos ($\mu\text{g CO}_3\text{H}^-$)	5210,4	< 5024,5	< 4986	1192,8	6031,1	7707,4	4935,3	1472,1	2287,2	5395,3	< 4963,5	< 4951,5	13004,6
Acidez ($\mu\text{g CaCO}_3$)	4943,5	16748,2	8309,7	1252,4	4943,5	4928,0	6565,6	8008,8	8303,0	2819,8	< 49,6	6600,3	3440,7

Elementos disueltos (μg)

Aluminio (Al)	127,5	231,9	238,6	48,5	261,6	183,4	214,8	181,8	189,8	< 11,3	< 9,9	354,5	441,1
Antimonio (Sb)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	6,1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,6	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Arsenico (As)	2,5	2,8	1,6	1,1	1,3	8,3	< 0,2	0,9	2,0	244,2	15,4	6,3	< 0,3
Bario (Ba)	8,5	12,3	12,0	5,1	10,3	< 0,5	< 0,5	6,8	< 0,5	< 0,6	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Berilio (Be)	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,3
Cadmio (Cd)	0,5	0,5	0,4	< 0,2	0,6	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3
Calcio (Ca)	4022,0	2812,4	3822,1	1316,4	2362,7	< 12,32	1625,4	< 1251,4	< 1245,5	< 1409,9	< 1240,9	< 1237,9	< 1289,6
Cobalto (Co)	15,3	17,1	21,1	7,2	10,7	8,6	6,7	9,3	10,0	8,8	7,2	15,4	6,8
Cobre (Cu)	136,3	162,9	182,9	74,4	141,1	149,3	53,2	132,3	139,0	159,0	126,6	196,2	149,6
Cromo (Cr)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,0	< 0,6	0,5	< 0,5	1,6
Estafio (Sn)	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 1,9	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2,8	< 2,5	< 2,5	< 2,6
Estroncio (Sr)	3,4	3,3	3,4	2,0	2,7	< 2,5	40,4	< 2,5	25,1	3,4	< 2,5	20,6	6,6
Fosforo (P)	< 49,4	< 50,2	< 49,9	41,5	< 49,4	< 49,3	171,3	58,0	< 49,8	< 56,4	< 49,6	< 49,5	< 51,6
Hierro (Fe)	139,2	257,1	261,6	39,1	150,9	276,1	< 9,9	157,8	307,9	219,9	185,6	268,4	281,7
Magnesio (Mg)	< 1853,8	< 1884,2	< 1869,8	< 1423,1	< 1853,8	< 1848	< 1847	< 1877,1	< 1868,3	< 2114,8	< 1861,3	< 1856,8	< 1934,4
Manganeso (Mn)	287,8	243,4	255,8	113,4	231,2	128,8	100,0	120,5	114,6	84,6	70,5	101,5	68,6
Mercurio (Hg)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	91,7	< 0,2	< 0,2	0,3	< 0,2
Molibdeno (Mo)	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,9	< 0,2	< 0,3	0,5	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,3
Niquel (Ni)	138,3	138,9	250,2	80,7	124,8	129,6	96,4	153,6	168,4	209,1	171,6	240,9	34,6
Plata (Ag)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,6	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Plomo (Pb)	< 0,2	45,5	64,7	19,3	62,4	2,8	< 0,2	34,4	2,5	1,8	1,7	52,1	34,6
Polasio (K)	< 988,7	< 1004,9	< 997,2	< 759	< 988,7	< 985,6	< 985,1	< 1001,1	< 996,4	< 1127,9	< 992,7	< 990,3	< 1031,7
Selenio (Se)	0,5	< 0,5	0,6	< 0,4	0,9	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,6	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Silicio (Si)	587,9	2604,7	3370,2	456,9	7026,0	1660,1	1631,7	2062,7	1942,1	2037,5	1767,3	2337,9	1907,0
Sodio (Na)	< 1235,9	< 1256,1	< 1246,5	< 948,8	< 1235,9	< 1232	< 1231,4	< 1251,4	< 1245,5	< 1409,9	< 1240,9	< 1237,9	< 1289,6
Sulfatos (SO4)	9845,2	12103,9	12359,7	6040,0	9474,5	6337,6	1426398,8	7150,3	6264,0	5915,7	< 5639,5	< 4951,5	7867,1
Talio (Tl)	< 0,2	0,6	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,3
Titanio (Ti)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	8,5	< 0,5	< 0,5	< 0,6	< 0,5	1,3	1,4
Uranio (U)	2,5	4,8	2,6	2,4	2,3	2,6	3,9	2,6	2,5	2,6	2,5	2,3	5,8
Vanadio (V)	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,3
Zinc (Zn)	366,6	346,1	271,4	190,2	529,8	292,3	182,7	352,0	349,2	627,0	438,0	830,1	403,9

GTD03

Celda

Tipo de ciclo	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3	S(3)/H3
Nº Ciclo	Semana 25	Semana 26	Semana 27	Semana 28	Semana 29	Semana 30	Semana 31	Semana 32	Semana 33	Semana 34	Semana 35
Fecha comienzo ciclo	24/01/2014	31/01/2014	07/02/2014	14/02/2014	21/02/2014	28/02/2014	07/03/2014	14/03/2014	21/03/2014	28/03/2014	04/04/2014
Fecha fin ciclo	30/01/2014	06/02/2014	13/02/2014	20/02/2014	27/02/2014	06/03/2014	13/03/2014	20/03/2014	27/03/2014	03/04/2014	10/04/2014

Resultado de los análisis

Preparación de la muestra

Agua empleada (L)	0.503	0.514	0.517	0.500	0.513	0.503	0.507	0.501	0.511	0.500	0.504
Agua recogida (L)	0.505	0.425	0.525	0.480	0.498	0.479	0.557	0.492	0.573	0.486	0.492
Código de eluato	A-14/02715	A-14/03447	A-14/04083	A-14/04908	A-14/05899	A-14/06402	A-14/07213	A-14/08033	A-14/08796	A-14/09627	A-14/10391
Massa mineral (g)	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9	1000,9

Parámetros físicos del agua recogida

Conductividad (µS/cm ²)	66,2	83,3	50,1	61,9	52,3	51,9	55,0	59,8	59,4	53,5	35,6
pH	3,9	3,8	4,3	4,3	4,1	4,3	4,2	4,1	4,0	4,0	3,8

Aniones (µg)

Alcalinidad (µg CaCO ₃)	11808,8	10080,8	514,7	1829,0	60784,3	0,0	7040,6	1500,0	43901,3	0,0	1920,4
Bicarbonatos (µg CO ₃ H)	11808,8	10080,8	< 5252	< 4800,5	60784,3	< 4792,5	7040,6	< 4918	43901,3	< 4860,5	< 4924
Acidez (µg CaCO ₃)	3364,0	1416,4	94536,0	17598,6	4981,5	1597,5	13936,3	9836,0	11458,0	12151,3	12310,0

Elementos disueltos (µg)

Aluminio (Al)	380,5	414,7	142,4	281,0	476,7	253,9	413,9	395,2	583,4	750,1	883,0
Antimonio (Sb)	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,6	< 0,5	< 0,6	< 0,5	< 0,5
Arsenico (As)	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	0,9	0,9	0,9	0,6	1,2	0,7	1,0
Bario (Ba)	7,6	8,0	5,1	4,0	10,0	5,5	7,9	6,7	8,4	10,4	9,7
Berilio (Be)	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	2,3
Cadmio (Cd)	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	1,7	0,5	0,3	0,9	0,4	0,3	< 0,2
Calcio (Ca)	< 1261,6	< 1063,4	< 1313	< 1200,1	< 1245,4	< 1198,1	< 1393,6	< 1229,5	< 1432,3	< 1215,1	< 1231
Cobalto (Co)	9,1	8,7	0,8	< 0,2	5,1	310,6	6,5	4,4	5,6	6,6	5,3
Cobre (Cu)	156,9	182,6	48,3	39,0	119,0	76,4	134,1	100,9	120,4	154,4	119,2
Cromo (Cr)	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,6	< 0,5	< 0,6	< 0,5	< 0,5
Estafio (Sn)	< 2,5	< 2,1	< 2,6	< 2,4	< 2,5	< 2,4	< 2,8	< 2,5	< 2,9	< 2,4	< 2,5
Estroncio (Sr)	< 2,1	< 2,1	< 2,6	< 2,4	< 2,5	< 2,4	< 2,8	< 2,5	< 2,8	< 2,4	< 2,5
Fosforo (P)	58,5	145,1	< 52,5	66,3	83,1	< 47,9	< 55,7	< 49,2	< 57,3	< 48,6	79,3
Hierro (Fe)	287,7	316,6	146,6	207,9	305,7	252,3	406,0	217,5	108,1	108,4	96,2
Magnesio (Mg)	< 1892,4	< 1595,1	< 1969,5	< 1800,2	< 1868,1	< 1797,2	< 2090,4	< 1844,3	< 2148,4	< 1822,7	< 1846,5
Manganeso (Mn)	73,7	70,9	42,6	32,7	38,5	18,4	36,5	27,4	27,8	34,4	19,3
Mercurio (Hg)	< 0,2	< 0,2	0,4	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,4	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Molibdeno (Mo)	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2
Niquel (Ni)	185,3	210,4	172,3	127,6	126,6	87,0	189,4	154,1	205,0	183,7	181,7
Plata (Ag)	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,6	< 0,5	< 0,6	< 0,5	< 0,5
Plomo (Pb)	< 0,3	39,8	< 0,3	< 0,2	54,7	26,0	36,9	38,0	41,7	57,2	54,6
Polasio (K)	< 1009,3	2897,5	< 1050,4	< 980,1	2117,1	< 958,5	< 1114,9	< 983,6	< 2148,4	< 972,1	< 994,8
Selenio (Se)	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	1,2	1,1	1,1	< 0,5	< 0,6	0,8	2,3
Silicio (Si)	2623,5	7801,0	2460,7	1787,4	1865,0	1209,8	2098,9	2298,0	2160,3	2243,4	2128,9
Sodio (Na)	< 1261,6	< 1063,4	< 1313	< 1200,1	< 1245,4	< 1198,1	< 1393,6	< 1229,5	< 1432,3	< 1215,1	< 1231
Sulfatos (SO ₄)	< 5046,5	11790,7	6148,1	< 4800,5	5903,1	52679,2	8716,3	18146,6	9149,2	9143,4	9169,5
Talio (Tl)	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2
Titanio (Ti)	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,6	< 0,5	5,8	0,5	< 0,5
Uranio (U)	1,7	< 0,4	2,8	4,6	5,6	2,2	2,6	1,5	2,9	4,5	5,6
Vanadio (V)	< 0,3	5,4	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2
Zinc (Zn)	477,9	508,3	366,5	281,3	487,1	310,7	458,1	480,9	501,8	341,5	296,5

Nota 1: Los valores proporcionados, o carga semanal (Le), para los distintos constituyentes se dan en unidades de masa (µg), tal como indica la norma ASTM D5744-07. Estos se obtienen de la relación entre la masa de efuente recogido y su concentración.

Nota 2: Los rangos mínimos de medida se aplican sobre la concentración del efuente y no sobre la carga semanal.



GT4

GT4

Celda

Tipo de ciclo	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)
Nº Ciclo	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11
Fecha comienzo ciclo	02/08/2013	09/08/2013	16/08/2013	23/08/2013	30/08/2013	06/09/2013	13/09/2013	20/09/2013	27/09/2013	04/10/2013	11/10/2013	18/10/2013
Fecha fin ciclo	02/08/2013	15/08/2013	22/08/2013	29/08/2013	05/09/2013	12/09/2013	19/09/2013	26/09/2013	03/10/2013	10/10/2013	17/10/2013	24/10/2013

Resultado de los análisis

Preparación de la muestra

Agua empleada (L)	0.751	0.503	0.500	0.502	0.509	0.527	0.504	0.502	0.503	0.503	0.503	0.503
Agua recogida (L)	0.562	0.423	0.379	0.473	0.444	0.489	0.505	0.474	0.503	0.390	0.387	0.492
Código de eluato	A-13/23128	A-13/23138	A-13/23830	A-13/24581	A-13/25237	A-13/26212	A-13/26747	A-13/27686	A-13/28336	A-13/29084	A-13/29910	A-13/31050
Massa mineral (g)	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0

Parámetros físicos del agua recogida

Conductividad (µS/cm ³)	145.9	87.5	72.7	48.4	57.7	48.4	97.2	166.4	88.0	64.8	37.1	55.4
pH	6.9	7.3	7.1	8.7	7.7	8.7	6.7	7.2	7.4	8.1	7.8	6.9
Alcalinidad (µg CaCO ₃)	29271.2	12932.2	11467.0	21590.5	12316.0	13875.1	8938.2	10323.0	19632.7	9514.8	20118.7	17823.1
Bicarbonatos (µg CO ₃ H)	29271.2	12932.2	11467.0	21590.5	12316.0	13875.1	8938.2	10323.0	19632.7	9514.8	20118.7	17823.1
Acidez (µg CaCO ₃)	3766.4	4234.5	3794.5	7876.0	2956.6	1629.2	8411.6	7580.0	< 50.3	< 39	6445.6	1230.9

Elementos disueltos (µg)

Aluminio (Al)	20	90.3	33.8	34.2	34.7	43.7	13.0	24.1	28.1	26.1	27.8	37.2
Antimonio (Sb)	1	1.9	0.7	1.1	0.9	1.2	0.7	< 0.5	0.7	< 0.4	< 0.4	0.9
Arsenico (As)	0.5	6.3	3.2	4.8	5.6	7.1	6.0	3.6	1.8	2.1	1.7	3.0
Bario (Ba)	1	3.4	0.9	1.5	1.2	1.2	10.7	1.9	1.2	0.8	1.5	1.5
Berilio (Be)	0.5	< 0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Cadmio (Cd)	0.5	< 0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Cadmio (Cd)	2500	< 1405.4	< 948.6	3226.0	2260.5	2265.9	89448.7	12347.4	6867.5	2439.1	1273.9	3616.1
Cobalto (Co)	0.5	1.4	0.5	0.4	0.4	< 0.2	1.6	0.4	0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Cobre (Cu)	1	4.0	1.7	6.6	1.9	4.2	5.3	2.9	0.8	1.3	0.7	1.2
Cromo (Cr)	1	< 0.6	< 0.4	< 0.5	< 0.4	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.4	< 0.4	< 0.5
Estafio (Sn)	5	< 2.8	2.0	5.3	3.1	4.3	3.9	< 2.4	3.1	< 1.9	< 1.9	< 2.5
Estroncio (Sr)	5	33.1	12.6	14.5	8.6	8.7	101.5	18.7	15.4	6.4	5.6	10.2
Fósforo (P)	100	< 56.2	< 37.9	< 47.3	< 44.4	< 48.9	2642.4	< 47.4	< 50.3	< 39	< 38.7	< 49.2
Hierro (Fe)	20	< 11.2	< 7.6	< 9.5	< 8.9	< 9.8	38.2	20.1	315.5	< 7.8	< 7.7	< 9.8
Magnesio (Mg)	3750	< 2108.1	< 1422.9	< 1772.8	< 1663.1	< 1834.7	3183.1	< 1776.6	< 1884.4	< 1462.3	< 1450.3	< 1463.3
Manganeso (Mn)	1	120.9	63.0	111.5	54.8	37.7	501.9	121.8	137.4	36.0	32.6	59.8
Mercurio (Hg)	0.4	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Molibdeno (Mo)	0.5	1.0	0.6	0.5	0.3	0.3	< 0.3	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.3
Níquel (Ni)	1	4.1	1.5	2.1	4.1	5.7	9.2	4.6	1.5	4.0	0.6	3.7
Plata (Ag)	1	< 0.6	< 0.4	< 0.5	< 0.4	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.4	< 0.4	< 0.5
Plomo (Pb)	0.5	< 0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	0.4	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Polasio (K)	2000	3308.8	1897.0	2271.2	1416.0	< 978.5	3138.0	1105.8	< 1005	1955.8	< 773.5	< 984.7
Selenio (Se)	1	< 0.6	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	1.9	< 0.4	< 0.5
Silicio (Si)	500	3006.8	279.1	1357.3	1358.6	1308.8	1517.4	1021.3	1523.1	757.2	515.0	1503.2
Sodio (Na)	2500	< 1405.4	< 948.6	< 1181.9	< 1108.8	< 1223.1	< 1261.8	< 1184.4	< 1256.3	< 974.9	< 966.9	< 1230.9
Sulfatos (SO ₄)	10000	< 5621.5	< 3794.5	< 4727.5	< 4435	< 4892.5	< 5047	< 4737.5	< 5025	< 3899.5	< 3867.5	< 4923.5
Talio (Tl)	0.5	< 0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.3	< 0.2	0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Titanio (Ti)	1	< 0.6	< 0.4	< 0.4	< 0.4	< 0.5	0.9	< 0.5	< 0.5	< 0.4	< 0.4	< 0.5
Uranio (U)	1	0.7	< 0.4	< 0.5	< 0.4	0.8	0.6	< 0.4	0.6	< 0.4	< 0.4	< 0.5
Vanadio (V)	0.5	0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	0.6	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Zinc (Zn)	20	< 11.2	< 7.6	10.5	< 8.9	< 9.8	33.9	11.8	< 10.1	< 7.8	< 7.7	< 9.8



Celda

GT4

Tipo de ciclo	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)
Nº Ciclo	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Semana 23	Semana 24
Fecha comienzo ciclo	25/10/2013	01/11/2013	08/11/2013	15/11/2013	22/11/2013	29/11/2013	06/12/2013	13/12/2013	20/12/2013	27/12/2013	03/01/2014	10/01/2014	17/01/2014
Fecha fin ciclo	31/10/2013	07/11/2013	14/11/2013	21/11/2013	28/11/2013	05/12/2013	12/12/2013	19/12/2013	26/12/2013	02/01/2014	09/01/2014	16/01/2014	23/01/2014
Agua empleada (L)	0.501	0.500	0.518	0.501	0.510	0.501	0.501	0.502	0.504	0.502	0.520	0.500	0.504
Agua recogida (L)	0.459	0.495	0.512	0.385	0.515	0.485	0.497	0.513	0.510	0.588	0.514	0.507	0.520
Código de eluato	A-13/31812	A-13/32683	A-13/33620	A-13/34695	A-13/35545	A-13/36516	A-13/37548	A-13/38402	A-13/39067	A-14/00166	A-14/00588	A-14/01278	A-14/01989
Massa mineral (g)	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0

Resultado de los análisis

Preparación de la muestra

Conductividad (µS/cm ²)	68,2	59,3	72,6	40,2	67,2	73,8	101,4	81,9	64,0	70,2	69,7	90,1	70,5
pH	6,7	8,2	6,8	8,3	6,9	7,9	8,2	8,0	7,8	7,0	7,7	7,3	7,3

Parámetros físicos del agua recogida

Alcalinidad (µg CaCO ₃)	11968,1	13130,4	11659,9	7642,6	34580,0	15169,2	18346,7	11779,2	13848,9	20866,4	13568,1	15025,4	17553,4
Bicarbonatos (µg CO ₃ H)	11968,1	13130,4	11659,9	7642,6	34580,0	15169,2	18346,7	11779,2	13848,9	20866,4	13568,1	15025,4	17553,4
Acidez (µg CaCO ₃)	2294,5	8089,7	8381,2	1271,7	5153,5	4849,5	7955,2	61572,0	8339,5	< 58,8	< 51,4	8451,3	3463,9

Aniones (µg)

Alcalinidad (µg CaCO ₃)	11968,1	13130,4	11659,9	7642,6	34580,0	15169,2	18346,7	11779,2	13848,9	20866,4	13568,1	15025,4	17553,4
Bicarbonatos (µg CO ₃ H)	11968,1	13130,4	11659,9	7642,6	34580,0	15169,2	18346,7	11779,2	13848,9	20866,4	13568,1	15025,4	17553,4
Acidez (µg CaCO ₃)	2294,5	8089,7	8381,2	1271,7	5153,5	4849,5	7955,2	61572,0	8339,5	< 58,8	< 51,4	8451,3	3463,9

Elementos disueltos (µg)

Aluminio (Al)	41,3	42,1	29,4	35,9	58,5	78,3	80,9	23,0	51,6	51,6	< 10,3	99,3	377,9
Antimonio (Sb)	0,5	0,7	0,6	< 0,4	1,2	1,9	< 0,5	0,6	0,5	< 0,6	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Arsenico (As)	2,5	2,0	1,2	2,1	5,4	6,8	< 0,2	1,5	3,6	163,5	10,8	8,5	< 0,3
Bario (Ba)	0,9	2,1	0,9	0,5	30,4	< 0,5	< 0,5	0,8	< 0,5	< 0,6	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Berilio (Be)	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Cadmio (Cd)	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	0,7	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Calcio (Ca)	4698,4	4093,0	5323,6	1815,4	5652,3	2993,3	4358,5	2541,9	< 1274,4	1973,4	3009,8	2833,1	3810,4
Cobalto (Co)	< 0,2	0,5	0,4	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,5	0,4	0,4	3,9	0,3
Cobre (Cu)	< 0,5	2,7	1,1	0,7	1,2	11,7	< 0,5	0,6	8,2	< 0,6	14,9	< 0,5	< 0,5
Cromo (Cr)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,0	< 0,6	0,5	< 0,5	2,0
Estafio (Sn)	2,3	< 2,5	3,8	< 1,9	< 2,6	< 2,4	< 2,5	< 2,6	< 2,5	< 2,9	< 2,6	< 2,5	< 2,6
Estroncio (Sr)	9,8	11,4	15,3	6,4	14,7	< 2,4	42,3	15,1	34,3	5,9	112,6	127,0	6,3
Fosforo (P)	< 45,9	< 49,5	89,6	< 38,5	< 51,5	< 48,5	< 49,7	< 51,3	< 51	< 58,8	112,6	127,0	59,8
Hierro (Fe)	< 9,2	< 9,9	< 10,2	< 7,7	< 10,3	61,8	< 9,9	< 10,3	11,2	56,8	36,4	< 10,1	78,0
Magnesio (Mg)	< 1720,9	< 1857,4	< 1921,1	< 1445,1	< 1932,6	< 1818,6	< 1884,5	< 1924,1	< 1911,6	< 2205,2	< 1926,6	< 1916,6	< 1950,4
Manganeso (Mn)	51,2	52,5	71,0	20,0	56,8	38,4	38,6	51,4	47,9	47,0	41,6	72,9	63,5
Mercurio (Hg)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	81,7	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Molibdeno (Mo)	0,2	< 0,2	0,3	4,2	< 0,3	1,1	< 0,2	< 0,2	1,0	1,2	0,9	< 0,3	< 0,3
Niquel (Ni)	0,5	2,4	7,3	1,4	1,8	1,1	1,6	1,1	1,0	1,1	1,2	< 0,5	< 0,5
Plata (Ag)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,6	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Plomo (Pb)	< 0,2	0,5	< 0,3	< 0,2	0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,9	< 0,3	< 0,3
Polasio (K)	< 917,8	1426,2	< 1024,6	< 770,7	< 1030,7	< 969,9	< 994,4	< 1026,2	< 1019,5	< 1176,1	< 1027,5	< 1014,2	< 1040,2
Selenio (Se)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	0,7	< 0,5	0,7	< 0,5	< 0,5	< 0,6	0,6	< 0,5	< 0,5
Silicio (Si)	338,2	1394,2	1601,7	813,8	8194,2	1437,5	2078,1	1379,8	1414,7	3478,1	1257,1	3301,3	1956,1
Sodio (Na)	< 1147,3	< 1238,3	< 1280,8	< 963,4	< 1288,4	< 1212,4	< 1243	< 1282,8	< 1274,4	< 1470,1	< 1284,4	< 1267,8	< 1300,3
Sulfatos (SO ₄)	< 4589	< 4953	< 5123	< 3853,5	< 5153,5	< 4849,5	< 4972	< 5131	< 5097,5	< 5880,5	< 5137,5	< 5071	< 5201
Talio (Tl)	< 0,2	0,4	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Titanio (Ti)	0,7	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	2,9	< 0,6	< 0,5	< 0,6	< 0,5	1,5	2,0
Uranio (U)	< 0,2	< 0,2	0,6	< 0,4	0,7	0,6	0,7	0,6	1,2	0,9	0,8	< 0,5	1,4
Vanadio (V)	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3
Zinc (Zn)	< 9,2	< 9,9	< 10,2	< 7,7	< 10,3	< 9,7	< 9,9	< 10,3	< 10,2	< 11,8	< 10,3	< 10,1	< 10,4



GT4

Celda

Tipo de ciclo	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)
Nº Ciclo	Semana 25	Semana 26	Semana 27	Semana 28	Semana 29	Semana 30	Semana 31	Semana 32	Semana 33	Semana 34	Semana 35
Fecha comienzo ciclo	24/01/2014	31/01/2014	07/02/2014	14/02/2014	21/02/2014	28/02/2014	07/03/2014	14/03/2014	21/03/2014	28/03/2014	04/04/2014
Fecha fin ciclo	30/01/2014	06/02/2014	13/02/2014	20/02/2014	27/02/2014	06/03/2014	13/03/2014	20/03/2014	27/03/2014	03/04/2014	10/04/2014

Resultado de los análisis

Preparación de la muestra

Agua empleada (L)	0.504	0.568	0.501	0.500	0.499	0.503	0.509	0.513	0.510	0.500	0.503
Agua recogida (L)	0.511	0.556	0.410	0.491	0.459	0.414	0.508	0.512	0.516	0.493	0.474
Código de eluato	A-14/02716	A-14/03448	A-14/04084	A-14/04909	A-14/05900	A-14/06403	A-14/07214	A-14/08034	A-14/08797	A-14/09628	A-14/10392
Masa mineral (g)	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0	1000,0

Parámetros físicos del agua recogida

Conductividad (µS/cm²)	51,3	44,6	30,6	57,6	37,8	30,3	51,3	49,3	53,6	28,2	27,5
pH	7,9	7,8	8,0	7,8	8,4	8,2	7,5	8,1	7,9	7,6	7,4

Aniones (µg)

Alcalinidad (µg CaCO ₃)	14807,4	15960,1	7641,8	14054,3	100505,1	16965,9	20969,4	18741,0	76267,0	54735,9	18293,6
Bicarbonatos (µg CO ₃ H)	14807,4	15960,1	7641,8	14054,3	100505,1	16965,9	20969,4	18741,0	76267,0	54735,9	18293,6
Acidez (µg CaCO ₃)	6807,8	7412,8	9559,5	1633,5	1530,7	1378,7	5083,5	2580,3	2580,3	2464,3	7869,2

Elementos disueltos (µg)

Aluminio (Al)	< 10,2	< 11,1	< 8,2	87,1	21,6	9,4	62,3	28,0	115,3	27,1	37,2
Antimonio (Sb)	< 0,5	< 0,6	< 0,4	< 0,5	< 0,5	0,5	0,6	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,6
Arsenico (As)	< 0,3	< 0,3	< 0,2	3,7	1,2	1,8	3,1	1,9	2,3	1,9	3,0
Bario (Ba)	< 0,5	< 0,6	< 0,4	0,5	0,8	1,9	1,0	0,6	2,1	1,1	1,0
Berilio (Be)	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,2	2,8
Cadmio (Cd)	6,6	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,9	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,2
Cálcio (Ca)	5361,3	1390,3	1675,9	3051,2	1924,0	1625,2	3233,1	2689,2	3744,2	2992,3	3906,7
Cobalto (Co)	459,5	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	118,3	0,7	< 0,3	< 0,3	0,3	< 0,2
Cobre (Cu)	3158,1	< 0,6	< 0,4	< 0,5	0,5	11,5	9,9	< 0,5	0,9	1,0	< 0,5
Cromo (Cr)	< 0,5	< 0,6	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Estafio (Sn)	< 2,6	< 2,8	< 2	< 2,5	< 2,3	< 2,1	< 2,5	< 2,6	< 2,6	< 2,5	< 2,4
Estroncio (Sr)	4,2	< 2,8	4,7	4,7	10,5	8,8	12,8	12,7	14,0	14,5	17,7
Fósforo (P)	88,8	< 55,6	< 41	84,8	< 45,9	< 41,4	< 50,8	< 51,2	< 51,6	< 49,3	70,6
Hierro (Fe)	903,6	< 11,1	< 8,2	< 9,8	< 9,2	< 8,3	18,9	< 10,2	20,7	< 9,9	< 9,5
Magnesio (Mg)	< 1914,8	< 2085,4	< 1536,6	< 1839,6	< 1722	< 1551	< 1906,3	< 1920,2	< 1935,2	< 1848,2	4446,1
Manganeso (Mn)	89,9	27,4	22,4	22,1	35,4	27,1	25,9	30,8	23,4	20,0	5,4
Mercurio (Hg)	0,5	< 0,2	0,8	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,4	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Molibdeno (Mo)	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,3	0,3	1,8
Níquel (Ni)	20,1	< 0,6	< 0,4	< 0,5	0,6	1,4	13,9	0,6	0,8	1,3	0,7
Plata (Ag)	< 0,5	< 0,6	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Plomo (Pb)	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	2,3	< 0,3	0,7	< 0,2	< 0,2
Polasio (K)	< 1021,2	< 1112,2	< 819,5	< 981,1	< 918,4	< 827,2	< 1016,7	< 1024,1	4283,7	< 985,7	< 948,1
Selenio (Se)	< 0,5	< 0,6	< 0,4	< 0,5	0,8	1,1	1,1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	2,8
Silicio (Si)	1594,8	4336,8	1735,7	921,0	707,3	592,8	793,9	889,9	466,7	1123,7	720,0
Sodio (Na)	< 1276,5	< 1390,3	< 1024,4	< 1228,4	< 1148	< 1034	< 1270,9	< 1280,1	< 1290,1	< 1232,1	< 1185,1
Sulfatos (SO ₄)	8404,6	< 5561	< 4097,5	< 4905,5	< 4592	< 4136	< 5083,5	< 5120,5	< 5160,5	< 4928,5	< 4740,5
Talio (Tl)	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,2
Titanio (Ti)	< 0,5	< 0,6	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,4	3,7	< 0,5	< 0,5
Uranio (U)	< 0,5	< 0,6	0,4	0,7	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Vanadio (V)	< 0,3	0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,2
Zinc (Zn)	1772,8	< 11,1	< 8,2	< 9,8	< 9,2	2472,9	30,3	< 10,2	20,5	< 9,9	< 9,5

Nota 1: Los valores proporcionados, o carga semanal (Le), para los distintos constituyentes se dan en unidades de masa (µg), tal como indica la norma ASTM D5744-07. Estos se obtienen de la relación entre la masa de efluente recogido y su concentración.

Nota 2: Los rangos mínimos de medida se aplican sobre la concentración del efluente y no sobre la carga semanal.



RN01

RN01

Celda

Tipo de ciclo	Semana 0	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)
N° Ciclo	02/08/2013	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	04/10/2013	07/10/2013	10/10/2013	11/10/2013
Fecha comienzo ciclo	02/08/2013	09/08/2013	16/08/2013	23/08/2013	30/08/2013	06/09/2013	13/09/2013	20/09/2013	27/09/2013	04/10/2013	11/10/2013	18/10/2013	25/10/2013	01/11/2013	08/11/2013
Fecha fin ciclo	02/08/2013	15/08/2013	22/08/2013	29/08/2013	05/09/2013	12/09/2013	19/09/2013	26/09/2013	03/10/2013	10/10/2013	17/10/2013	24/10/2013	31/10/2013	07/11/2013	14/11/2013

Resultado de los análisis

Preparación de la muestra

Agua empleada (L)	0.751	0.508	0.513	0.510	0.504	0.508	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504	0.504
Agua recogida (L)	0.480	0.454	0.382	0.510	0.494	0.451	0.498	0.344	0.502	0.364	0.360	0.364	0.364	0.364	0.360
Código de eluato	A-13/23130	A-13/23140	A-13/23832	A-13/24583	A-13/25239	A-13/26214	A-13/26749	A-13/27688	A-13/28338	A-13/29086	A-13/29908	A-13/29086	A-13/29086	A-13/29086	A-13/29908
Massa mineral (g)	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0

**L.C
Instrumental**

Parámetros físicos del agua recogida

Conductividad (µS/cm ²)	64,9	43,5	60,1	13,7	21,7	13,7	25,5	21,2	136,7	64,5	21,0	64,5	136,7	64,5	21,0
pH	6,2	6,9	6,8	7,5	6,7	7,5	7,0	6,4	6,9	6,5	6,1	6,5	6,9	6,5	6,1

Aniones (µg)

Alcalinidad (µg CaCO ₃)	23851,2	6054,4	4936,8	8274,1	4818,0	4292,6	8615,4	5936,5	10088,2	3700,6	11533,2	82402,3	10088,2	82402,3	11533,2
Bicarbonatos (µg CO ₃ H)	23851,2	6054,4	4936,8	8274,1	<4936,5	<4509	8615,4	5936,5	10088,2	82402,3	11533,2	82402,3	10088,2	82402,3	11533,2
Acidez (µg CaCO ₃)	4596,5	1497,7	2546,8	6795,6	1643,9	1501,5	8300,0	5496,8	<50,2	<36,4	4793,1	<36,4	<50,2	<36,4	4793,1

Elementos disueltos (µg)

Aluminio (Al)	20	35,8	41,9	42,9	53,7	23,0	200,2	11,0	23,4	13,5	33,7	13,5	23,4	13,5	33,7
Antimonio (Sb)	1	0,5	<0,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,3	<0,5	<0,4	<0,4	<0,4	<0,5	<0,4	<0,4
Arsenico (As)	0,5	1,4	1,4	1,8	1,5	1,5	2,5	0,8	1,5	0,8	3,4	0,8	1,5	0,8	3,4
Bario (Ba)	1	19,2	0,7	1,2	0,9	0,7	0,8	0,5	43,1	1,1	0,5	1,1	43,1	1,1	0,5
Berilio (Be)	0,5	<0,2	<0,2	<0,3	<0,2	0,2	<0,2	<0,2	<0,3	<0,2	<0,2	<0,2	<0,3	<0,2	<0,2
Cadmio (Cd)	0,5	<0,2	<0,2	<0,3	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,3	<0,2	<0,2	<0,2	<0,3	<0,2	<0,2
Calcio (Ca)	2500	3883,0	<956	<1274,5	<1234,1	<1127,3	1535,0	883,5	9887,2	2805,2	<900,8	2805,2	9887,2	2805,2	<900,8
Cobalto (Co)	0,5	1,7	3,0	1,8	2,2	<0,2	0,3	2,1	0,4	1,6	0,2	1,6	0,4	1,6	0,2
Cobre (Cu)	1	31,6	2,9	4,2	3,8	3,8	4,5	3,4	1,3	2,8	1,5	2,8	1,3	2,8	1,5
Cromo (Cr)	1	<0,5	<0,4	<0,5	<0,5	<0,5	1,0	<0,3	<0,5	<0,4	<0,4	<0,4	<0,5	<0,4	<0,4
Estafio (Sn)	5	2,4	<1,9	<2,5	<2,5	<2,3	<2,5	<1,7	<2,5	<1,8	<1,8	<1,8	<2,5	<1,8	<1,8
Estroncio (Sr)	5	15,3	4,7	4,3	2,9	<2,3	3,5	2,4	13,0	4,1	<1,8	4,1	13,0	4,1	<1,8
Fosforo (P)	100	49,5	<38,2	<51	<49,4	<45,1	173,7	<34,4	121,2	<36,4	<36	<36,4	121,2	<36,4	<36
Hierro (Fe)	20	<9,2	9,3	21,4	21,5	<9	40,8	<6,9	12,3	<7,3	14,6	<7,3	12,3	<7,3	14,6
Magnesio (Mg)	3750	<1723,7	<1434	<1911,8	<1851,2	<1690,9	<1887,5	<1288,3	<1881,2	<1365	<1351,1	<1365	<1881,2	<1365	<1351,1
Manganeso (Mn)	1	107,6	104,6	367,6	195,0	100,0	6,5	54,9	1532,8	176,2	77,0	176,2	1532,8	176,2	77,0
Mercurio (Hg)	0,4	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1	<0,1	<0,2	<0,1	<0,1
Molibdeno (Mo)	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	<0,2	<0,3	<0,2	<0,2	<0,2	<0,3	<0,2	<0,2
Niquel (Ni)	1	2,5	4,7	1,0	4,3	5,6	2,4	4,6	1,6	5,9	3,3	4,6	1,6	5,9	3,3
Plata (Ag)	1	<0,5	<0,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,3	<0,5	<0,4	<0,4	<0,4	<0,5	<0,4	<0,4
Plomo (Pb)	0,5	<0,2	<0,2	0,6	1,1	0,9	1,7	0,8	0,5	<0,4	0,6	<0,4	0,5	<0,4	0,6
Polasio (K)	2000	2206,2	1442,3	1335,3	<987,3	<901,8	<996	<687,1	<1003,3	<728	<728	<728	<1003,3	<728	<728
Selenio (Se)	1	0,7	<0,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,3	<0,5	<0,4	<0,4	<0,4	<0,5	<0,4	<0,4
Silicio (Si)	500	1091,0	323,9	2078,6	2527,4	2304,2	3385,5	1569,4	3653,0	1148,7	672,8	1148,7	3653,0	1148,7	672,8
Sodio (Na)	2500	15442,4	<956	<1274,5	<1234,1	<1127,3	<1245	<856,9	<1254,1	<910	<900,8	<910	<1254,1	<910	<900,8
Sulfatos (SO ₄)	10000	9120,8	4130,5	<5098	<4936,5	<4509	<4980	<3435,5	<5016,5	<3640	<3603	<3640	<5016,5	<3640	<3603
Talio (Tl)	0,5	<0,2	<0,2	<0,3	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,4	<0,2	<0,2	<0,2	0,4	<0,2	<0,2
Titanio (Ti)	1	<0,5	<0,4	1,0	<0,5	<0,5	3,1	<0,3	<0,5	0,6	0,5	<0,3	<0,5	0,6	0,5
Uranio (U)	1	<0,5	<0,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,3	1,2	<0,4	<0,4	<0,4	1,2	<0,4	<0,4
Vanadio (V)	0,5	<0,2	<0,2	<0,3	<0,2	<0,2	0,3	<0,2	<0,3	<0,2	<0,2	<0,2	<0,3	<0,2	<0,2
Zinc (Zn)	20	<9,2	<7,6	<10,2	<9,9	<9	<10	<6,9	21,4	16,1	<7,2	16,1	21,4	16,1	<7,2



Celda

RN01

Tipo de ciclo	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)
Nº Ciclo	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Semana 23			
Fecha comienzo ciclo	18/10/2013	25/10/2013	01/11/2013	08/11/2013	15/11/2013	22/11/2013	29/11/2013	06/12/2013	13/12/2013	20/12/2013	27/12/2013	03/01/2014	10/01/2014			
Fecha fin ciclo	24/10/2013	31/10/2013	07/11/2013	14/11/2013	21/11/2013	28/11/2013	05/12/2013	12/12/2013	19/12/2013	26/12/2013	02/01/2014	09/01/2014	16/01/2014			
Preparación de la muestra																
Agua empleada (L)	0.506	0.501	0.515	0.507	0.504	0.507	0.503	0.500	0.503	0.505	0.503	0.501	0.505			
Agua recogida (L)	0.475	0.495	0.488	0.500	0.353	0.495	0.459	0.349	0.478	0.501	0.497	0.438	0.476			
Código de eluato	A-13/31052	A-13/31814	A-13/32685	A-13/33622	A-13/34697	A-13/35547	A-13/36518	A-13/37590	A-13/38404	A-13/39069	A-14/00168	A-14/00590	A-14/01280			
Massa mineral (g)	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0			

Resultado de los análisis

Preparación de la muestra

Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}^2$)	18,5	25,2	24,7	37,8	20,4	17,2	6,5	7,6	7,5	5,3	6,4	5,7	6,2
pH	6,7	6,5	7,1	6,3	7,9	6,8	6,5	7,2	7,3	7,1	6,1	7,3	6,6

Parámetros físicos del agua recogida

Alcalinidad ($\mu\text{g CaCO}_3$)	7528,7	0,0	3791,4	3635,7	6454,3	15099,0	5053,6	3109,1	7270,8	10501,8	13652,1	2463,8	2436,9
Bicarbonatos ($\mu\text{g CO}_3\text{H}^-$)	7528,7	5866,9	<4879,5	<5001	6454,3	15099,0	5053,6	<3485,5	7270,8	10501,8	13652,1	<4384	<4759,5
Acidez ($\mu\text{g CaCO}_3$)	1186,8	1237,1	1626,3	8334,7	1166,1	4950,5	4590,0	41826,0	38260,0	6894,4	<49,7	<43,8	1584,9

Aniones (μg)

Alcalinidad ($\mu\text{g CaCO}_3$)	< 9,5	132,8	19,3	26,5	22,9	55,6	515,4	1049,9	339,7	96,4	38,8	142,9	605,0
Antimonio (Sb)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5
Arsenico (As)	1,0	3,7	0,8	0,6	0,6	1,0	4,2	< 0,2	1,9	1,5	4,2	4,3	6,1
Bario (Ba)	0,8	1,0	2,1	2,0	0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,3	1,6	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5
Berilio (Be)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Cadmio (Cd)	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	5,8	< 0,3	2,0	< 0,2	< 0,2
Calcio (Ca)	< 1186,8	1781,7	< 1219,9	2115,7	< 883,4	< 1237,6	< 1147,5	< 871,4	< 1195,6	< 1252,1	< 1243,5	< 1096	< 1189,9
Cobalto (Co)	< 0,2	1,2	0,6	0,4	0,2	< 0,2	< 0,2	0,3	1,5	0,5	0,7	0,4	4,3
Cobre (Cu)	2,1	30,3	30,1	2,2	1,7	1,4	3,2	< 0,3	< 0,5	8,5	22,5	8,3	7,7
Cromo (Cr)	< 0,5	0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	0,7	4,8	22,8	1,0	7,9	< 0,4	< 0,5
Estafio (Sn)	< 2,4	< 2,5	< 2,4	< 2,5	< 1,8	< 2,5	< 2,3	< 1,7	28,9	< 2,5	< 2,5	< 2,2	< 2,4
Estroncio (Sr)	< 2,4	< 2,5	< 2,4	3,4	< 1,8	< 2,5	< 2,3	21,6	< 2,4	26,4	3,0	< 2,2	23,3
Fosforo (P)	< 47,5	< 49,5	< 48,8	< 50	56,4	< 49,5	< 45,9	116,2	95,9	< 50,1	88,3	< 43,8	63,4
Hierro (Fe)	< 9,5	120,3	< 9,8	12,4	9,0	21,0	120,4	86,6	12,0	19,5	12,4	15,7	133,4
Magnesio (Mg)	< 1780,1	< 1855,7	< 1829,8	< 1875,4	< 1325,1	< 1856,4	< 1721,3	< 1307,1	< 1793,4	< 1878,2	< 1865,3	< 1644	< 1784,8
Manganeso (Mn)	148,3	140,2	223,1	208,6	53,0	166,1	49,4	52,1	83,2	72,1	139,3	60,1	126,6
Mercurio (Hg)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,1	< 0,2	< 0,2	< 0,1	0,4	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Molibdeno (Mo)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	0,3	< 0,2	0,6	< 0,2	7,2	< 0,3	< 0,2	0,2	< 0,2
Niquel (Ni)	2,5	2,8	2,4	3,7	1,7	1,7	2,4	1,8	2,5	1,5	2,9	1,7	< 0,5
Plata (Ag)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,3	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5
Plomo (Pb)	0,7	< 0,2	4,8	0,8	0,5	0,8	< 0,2	< 0,2	1,6	< 0,3	0,7	< 0,2	< 0,2
Polasio (K)	< 949,4	< 989,7	< 975,9	< 1000,2	< 706,7	< 990,1	< 918	< 697,1	< 956,5	< 1001,7	< 994,8	< 876,8	< 951,9
Selenio (Se)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	0,6	< 0,5	< 0,3	1,1	< 0,5	< 0,5	1,1	< 0,5
Silicio (Si)	2026,7	690,8	1870,4	1087,0	925,1	1739,2	1644,2	1469,9	1551,4	1607,6	1173,9	1441,1	2591,4
Sodio (Na)	< 1186,8	< 1237,1	< 1219,9	< 1250,3	< 883,4	< 1237,6	< 1147,5	< 871,4	< 1195,6	< 1252,1	< 1243,5	< 1096	< 1189,9
Sulfatos (SO4)	< 4747	< 4948,5	< 4879,5	< 5001	< 3533,5	< 4950,5	< 4590	< 3485,5	< 4782,5	< 5008,5	< 4974	< 4354	< 4759,5
Talio (Tl)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Titanio (Ti)	< 0,5	1,6	< 0,5	< 0,5	< 0,4	0,7	< 0,5	10,1	14,5	6,0	5,0	17,5	14,1
Uranio (U)	< 0,5	< 0,5	1,6	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	1,1	1,0	0,6	1,0	0,9	< 0,5
Vanadio (V)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	6,6	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,3
Zinc (Zn)	19,1	35,2	16,8	18,2	15,6	35,1	15,5	< 7	20,2	< 10	33,7	17,2	30,0

RN01

Celda

Tipo de ciclo	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)
Nº Ciclo	Semana 24	Semana 25	Semana 26	Semana 27	Semana 28	Semana 29	Semana 30	Semana 31	Semana 32	Semana 33	Semana 34	Semana 35
Fecha comienzo ciclo	17/01/2014	24/01/2014	31/01/2014	07/02/2014	14/02/2014	21/02/2014	28/02/2014	07/03/2014	14/03/2014	21/03/2014	28/03/2014	04/04/2014
Fecha fin ciclo	23/01/2014	30/01/2014	06/02/2014	13/02/2014	20/02/2014	27/02/2014	06/03/2014	13/03/2014	20/03/2014	27/03/2014	03/04/2014	10/04/2014

Resultado de los análisis

Preparación de la muestra

Agua empleada (L)	0.512	0.501	0.512	0.519	0.500	0.508	0.507	0.508	0.502	0.508	0.503	0.517
Agua recogida (L)	0.496	0.495	0.385	0.421	0.427	0.382	0.370	0.496	0.505	0.506	0.488	0.509
Código de eluato	A-14/01971	A-14/02718	A-14/03450	A-14/04086	A-14/04911	A-14/05902	A-14/06405	A-14/07216	A-14/08036	A-14/08799	A-14/09630	A-14/10384
Masa mineral (g)	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0	1002,0

Parámetros físicos del agua recogida

Conductividad (µS/cm ²)	3,3	5,4	5,6	2,5	4,0	106,6	50,2	67,0	45,5	39,4	19,9	15,4
pH	6,5	6,7	6,4	6,4	7,0	7,3	7,1	6,9	7,7	7,3	6,7	7,1

Aniones (µg)

Alcalinidad (µg CaCO ₃)	6224,2	12926,7	9197,9	2753,7	9403,8	65537,9	6289,7	181785,1	10788,2	48850,8	45588,5	9608,4
Bicarbonatos (µg CO ₃ H)	6224,2	12926,7	9197,9	<4210,5	9403,8	65537,9	6289,7	181785,1	10788,2	48850,8	45588,5	9608,4
Acidez (µg CaCO ₃)	3303,0	8247,5	5130,1	1403,4	5695,2	1272,3	2468,0	4958,0	5053,0	2528,3	2440,5	12716,3

Elementos disueltos (µg)

Aluminio (Al)	3180,3	2093,6	919,8	874,5	12,6	<7,6	66,9	<9,9	<10,1	235,6	10,0	<10,2
Antimonio (Sb)	<0,5	<0,5	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Arsenico (As)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	1,6	2,1	1,8	1,9	3,1	2,0	2,0
Bario (Ba)	<0,5	6,6	2,1	1,5	3,7	2,4	1,6	1,6	1,1	2,5	1,3	1,5
Berilio (Be)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,3	<0,2	<0,2	2,9
Cadmio (Cd)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,3	<0,3	<0,2	<0,3
Calcio (Ca)	<1239,9	<1237,6	<962,1	<1052,6	17658,2	4527,0	2902,4	3634,2	3125,0	2885,3	2444,5	2835,1
Cobalto (Co)	1,3	<0,2	0,6	<0,2	<0,2	1,2	81,8	0,5	0,3	0,3	0,4	0,4
Cobre (Cu)	0,7	<0,5	1,3	<0,4	<0,4	9,5	9,9	7,4	3,9	<0,5	2,8	<0,5
Cromo (Cr)	6,9	3,4	1,8	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,5	<0,5	0,7	<0,5	<0,5
Estafio (Sn)	<2,5	<2,5	<1,9	<2,1	3,0	3,0	<1,9	3,7	2,6	<2,5	<2,4	<2,5
Estroncio (Sr)	<2,5	<2,5	<2,1	<2,1	10,9	8,2	4,8	6,0	5,0	4,1	4,2	5,0
Fosforo (P)	208,3	294,5	154,8	<42,1	128,7	98,2	<37	<49,6	<50,5	<50,6	<48,8	72,7
Hierro (Fe)	389,8	426,7	265,2	150,9	<8,5	<7,6	34,7	<9,9	<10,1	47,2	<9,8	<10,2
Magnesio (Mg)	<1859,8	<1856,4	<1443,2	<1578,9	<1602,2	<1431,4	<1388,3	<1859,3	<1894,9	<1896,2	<1830,4	<1907,4
Manganeso (Mn)	107,1	108,1	62,7	49,7	558,6	210,6	61,8	79,4	87,6	48,3	83,9	69,8
Mercurio (Hg)	<0,2	<0,2	0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,1	0,4	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2
Molibdeno (Mo)	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	<0,2	0,3	0,2	0,4	<0,3	<0,3	<0,2	<0,3
Niquel (Ni)	0,5	1,9	2,6	2,1	2,3	12,8	12,7	10,5	15,6	16,4	39,0	21,6
Plata (Ag)	<0,5	<0,5	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Plomo (Pb)	<0,2	<0,2	4,4	<0,2	<0,2	<0,2	1,0	0,3	<0,3	1,4	<0,2	<0,3
Polasio (K)	<991,9	<990,1	4006,3	<842,1	1888,4	<763,4	<740,4	<991,6	<1010,6	1105,2	<976,2	<1017,3
Selenio (Se)	<0,5	<0,5	<0,4	<0,4	<0,4	0,9	0,8	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	2,9
Silicio (Si)	1729,5	7106,5	2470,4	3603,1	1081,3	881,9	744,5	1028,9	1330,6	1162,6	1561,1	1028,3
Sodio (Na)	<1239,9	<1237,6	<962,1	<1052,6	2135,8	<954,3	<925,5	<1239,5	<1263,3	<1264,1	<1220,3	<1271,6
Sulfatos (SO ₄)	<4959,5	<4950,5	<3848,5	<4210,5	5473,1	4305,6	12361,0	<4958	<5056,5	<5056,5	<4881	<5086,5
Talio (Tl)	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,3	<0,2	<0,2	<0,3
Titanio (Ti)	4,9	<0,5	5,0	<0,4	<0,4	<0,4	0,7	<0,5	<0,5	5,0	<0,5	<0,5
Uranio (U)	0,7	1,0	<0,4	0,7	<0,4	<0,4	<0,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Vanadio (V)	<0,2	<0,2	5,3	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,3	<0,3	0,3	<0,3
Zinc (Zn)	<9,9	<9,9	13,4	<8,4	<8,5	52,9	81,8	12,9	31,4	45,6	48,6	30,2

Nota 1: Los valores proporcionados, o carga semanal (Le), para los distintos constituyentes se dan en unidades de masa (µg), tal como indica la norma ASTM D5744-07. Estos se obtienen de la relación entre la masa de efuente recogido y su concentración.

Nota 2: Los rangos mínimos de medida se aplican sobre la concentración del efuente y no sobre la carga semanal.



AA5/2 (121,12 - 127,56)

AA5/2 (121,12-127,56)

Celda

Tipo de ciclo	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)
N° Ciclo	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Semana 23	Semana 24	Semana 25
Fecha comienzo ciclo	18/10/2013	25/10/2013	01/11/2013	08/11/2013	15/11/2013	22/11/2013	29/11/2013	06/12/2013	13/12/2013	20/12/2013	27/12/2013	03/01/2014	10/01/2014	17/01/2014	24/01/2014
Fecha fin ciclo	24/10/2013	31/10/2013	07/11/2013	14/11/2013	21/11/2013	28/11/2013	05/12/2013	12/12/2013	19/12/2013	26/12/2013	02/01/2014	09/01/2014	16/01/2014	23/01/2014	30/01/2014
Agua empleada (L)	0.500	0.505	0.510	0.513	0.500	0.500	0.507	0.500	0.501	0.500	0.504	0.501	0.506		
Agua recogida (L)	0.423	0.521	0.450	0.508	0.388	0.503	0.464	0.444	0.476	0.482	0.466	0.489	0.492		
Código de eluato	A-13/31053	A-13/31815	A-13/32686	A-13/33623	A-13/34698	A-13/35548	A-13/36519	A-13/37551	A-13/38405	A-13/39070	A-14/00169	A-14/00591	A-14/01281		
Masa mineral (g)	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2

Resultado de los análisis

Preparación de la muestra

Conductividad (µS/cm ²)	72,2	81,2	63,2	64,5	39,4	45,5	78,2	83,9	61,7	55,5	56,1	53,4	105,2		
pH	7,9	7,4	8,3	8,0	8,2	8,2	8,3	8,4	8,1	7,7	8,7	8,5	8,6		

Parámetros físicos del agua recogida

Alcalinidad (µg CaCO ₃)	21575,6	27047,8	14085,0	18154,7	8073,9	27612,0	11488,0	10112,9	11370,7	12959,2	14867,7	10072,6	13832,2		
Bicarbonatos (µg CO ₃ H)	21575,6	27047,8	14085,0	18154,7	8073,9	27612,0	11488,0	10112,9	11370,7	12959,2	14867,7	10072,6	13832,2		
Acidez (µg CaCO ₃)	1057,6	1301,4	1500,0	1778,9	1279,4	5029,5	4636,0	11825,0	28560,0	1638,3	< 46,6	< 48,9	1721,7		

Antiones (µg)

Aluminio (Al)	55,1	54,8	36,1	81,6	44,0	43,4	66,6	56,2	26,6	54,0	42,2	34,2	70,9		
Antimonio (Sb)	0,8	0,8	0,5	< 0,5	< 0,4	0,6	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5		
Arsenico (As)	1,0	1,1	1,0	0,8	0,6	0,6	3,1	< 0,2	1,5	1,0	2,5	2,8	10,2		
Bario (Ba)	2,4	3,0	3,4	2,9	1,4	1,7	< 0,5	< 0,4	1,2	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5		
Berilio (Be)	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2		
Cadmio (Cd)	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2		
Calcio (Ca)	2837,3	6375,3	2773,4	5006,9	1746,2	3343,5	1377,5	1763,1	< 1190	< 1228,9	< 1165	< 1223	2310,9		
Cobalto (Co)	< 0,2	< 0,3	0,6	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,5	< 0,2	0,3	3,4		
Cobre (Cu)	0,7	< 0,5	1,4	0,6	0,4	< 0,5	3,0	< 0,4	< 0,5	9,3	7,3	8,8	< 0,5		
Cromo (Cr)	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	0,7	< 0,5	1,0	< 0,5	< 0,5	< 0,5		
Estafio (Sn)	< 2,1	< 2,6	< 2,3	< 2,5	< 1,9	< 2,5	< 2,3	< 2,2	< 2,4	< 2,5	< 2,3	< 2,4	< 2,5		
Estroncio (Sr)	22,3	34,7	20,8	32,5	15,5	20,3	< 2,3	30,3	15,5	35,1	14,0	< 2,4	45,2		
Fosforo (P)	< 42,3	244,0	< 45	266,3	141,0	< 50,3	60,6	< 44,4	84,5	< 44,2	< 46,6	< 48,9	142,2		
Hierro (Fe)	< 8,5	< 10,4	< 9	< 10,2	16,0	< 10,1	18,6	< 8,9	< 9,5	< 9,8	24,3	10,1	24,7		
Magnesio (Mg)	< 1586,4	< 1952,1	< 1687,5	< 1905,9	< 1453,9	< 1886,1	< 1738,5	< 1663,3	< 1785	< 1843,3	< 1747,5	< 1834,5	< 1844,6		
Manganeso (Mn)	8,5	11,6	4,2	8,0	7,4	8,3	3,7	6,7	4,2	5,9	2,4	1,8	2,0		
Mercurio (Hg)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,7	< 0,2	< 0,2	< 0,2		
Molibdeno (Mo)	3,6	3,0	2,5	3,2	0,9	0,9	3,3	2,1	2,0	3,4	3,3	2,8	< 0,2		
Niquel (Ni)	1,0	< 0,5	1,0	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5		
Plata (Ag)	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5		
Plomo (Pb)	< 0,2	< 0,3	5,4	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2		
Polasio (K)	< 846,1	< 1041,1	< 900	< 1016,5	< 175,4	< 1005,9	< 927,2	< 887,1	< 952	< 983,1	< 932	< 978,4	1474,8		
Selenio (Se)	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	0,7	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,5	< 0,5		
Silicio (Si)	1373,9	490,2	1208,3	1630,6	666,8	7216,4	823,1	1020,5	882,0	1045,6	1207,6	936,1	1825,4		
Sodio (Na)	< 1057,6	< 1301,4	< 1125	1310,2	< 969,3	< 1257,4	< 1159	< 1108,9	< 1190	< 1228,9	< 1165	< 1223	< 1229,8		
Sulfatos (SO ₄)	< 4230,5	< 5205,5	< 4500	< 5082,5	< 3877	< 5029,5	< 4636	< 4435,5	< 4760	< 4915,5	< 4660	< 4892	< 4919		
Talio (Tl)	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	1,4	< 0,2	< 0,2	< 0,2		
Titanio (Ti)	< 0,4	< 0,5	0,7	0,7	< 0,4	< 0,5	< 0,5	1,1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,0		
Uranio (U)	8,2	9,8	9,2	8,3	3,6	5,0	4,8	4,1	5,8	7,3	6,3	4,4	5,5		
Vanadio (V)	0,4	0,4	0,4	0,4	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,3		
Zinc (Zn)	9,7	< 10,4	< 9	< 10,2	< 7,8	< 10,1	< 9,3	< 8,9	< 9,5	< 9,8	< 9,3	< 9,8	< 9,8		



AA5/2 (121,12-127,56)

Celda

Tipo de ciclo	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)
Nº Ciclo	Semana 24	Semana 25	Semana 26	Semana 27	Semana 28	Semana 29	Semana 30	Semana 31	Semana 32	Semana 33	Semana 34	Semana 35
Fecha comienzo ciclo	17/01/2014	24/01/2014	31/01/2014	07/02/2014	14/02/2014	21/02/2014	28/02/2014	07/03/2014	14/03/2014	21/03/2014	28/03/2014	04/04/2014
Fecha fin ciclo	23/01/2014	30/01/2014	06/02/2014	13/02/2014	20/02/2014	27/02/2014	06/03/2014	13/03/2014	20/03/2014	27/03/2014	03/04/2014	10/04/2014
Preparación de la muestra	0.504	0.502	0.513	0.517	0.505	0.507	0.507	0.505	0.504	0.513	0.500	0.523
Agua empleada (L)	0.492	0.521	0.442	0.515	0.487	0.451	0.481	0.543	0.512	0.551	0.500	0.528
Agua recogida (L)	A-14/01972	A-14/02719	A-14/03451	A-14/04087	A-14/04912	A-14/05903	A-14/06406	A-14/07217	A-14/08037	A-14/08800	A-14/09631	A-14/10395
Código de eluato	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2	1000,2
Masa mineral (g)	66,4	47,3	48,0	39,4	47,0	33,4	35,4	48,3	52,1	43,6	24,3	16,8
	7,9	7,6	8,1	8,0	8,2	7,7	8,3	8,1	8,0	8,7	7,8	7,2

Resultado de los análisis

Preparación de la muestra

Agua empleada (L)	0.504
Agua recogida (L)	0.492
Código de eluato	A-14/01972
Masa mineral (g)	1000,2

Parámetros físicos del agua recogida

Conductividad (µS/cm ²)	66,4
pH	7,9

Aniones (µg)

Alcalinidad (µg CaCO ₃)	16642,4
Bicarbonatos (µg CO ₃ H)	16642,4
Acidez (µg CaCO ₃)	1637,2

Elementos disueltos (µg)

Aluminio (Al)	169,6
Antimonio (Sb)	<0,5
Arsenico (As)	<0,2
Bario (Ba)	<0,5
Berilio (Be)	<0,3
Cadmio (Cd)	<0,2
Calcio (Ca)	3155,4
Cobalto (Co)	0,4
Cobre (Cu)	<0,5
Cromo (Cr)	1,9
Estafio (Sn)	<2,5
Estroncio (Sr)	35,9
Fosforo (P)	<49,2
Hierro (Fe)	<9,8
Magnesio (Mg)	<1843,7
Manganeso (Mn)	<0,5
Mercurio (Hg)	<0,2
Molibdeno (Mo)	0,9
Niquel (Ni)	<0,5
Plata (Ag)	<0,5
Plomo (Pb)	<0,2
Polasio (K)	<983,3
Selenio (Se)	<0,5
Silicio (Si)	1343,2
Sodio (Na)	<1229,1
Sulfatos (SO ₄)	<4916,5
Talio (Tl)	<0,2
Titanio (Ti)	0,6
Uranio (U)	6,5
Vanadio (V)	0,4
Zinc (Zn)	<9,8

Nota 1: Los valores proporcionados, o carga semanal (Le), para los distintos constituyentes se dan en unidades de masa (µg), tal como indica la norma ASTM D5744-07. Estos se obtienen de la relación entre la masa de efluente recogido y su concentración.

Nota 2: Los rangos mínimos de medida se aplican sobre la concentración del efluente y no sobre la carga semanal.



AA5/2 (142,75 - 150,05)

AA5/2 (142.75-150.05)

Celda

Tipo de ciclo	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)
Nº Ciclo	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22
Fecha comienzo ciclo	18/10/2013	25/10/2013	01/11/2013	08/11/2013	15/11/2013	22/11/2013	29/11/2013	06/12/2013	13/12/2013	20/12/2013	27/12/2013	03/01/2014
Fecha fin ciclo	24/10/2013	31/10/2013	07/11/2013	14/11/2013	21/11/2013	28/11/2013	05/12/2013	12/12/2013	19/12/2013	26/12/2013	02/01/2014	09/01/2014

Resultado de los análisis

Preparación de la muestra

Agua empleada (L)	0.505	0.500	0.504	0.532	0.500	0.509	0.500	0.501	0.502	0.504	0.504	0.501
Agua recogida (L)	0.487	0.483	0.493	0.513	0.421	0.507	0.433	0.456	0.502	0.469	0.579	0.498
Código de eluato	A-13/31054	A-13/31816	A-13/32687	A-13/33624	A-13/34699	A-13/35549	A-13/36520	A-13/37562	A-13/38406	A-13/39071	A-14/00170	A-14/00592
Masa mineral (g)	999.0	999.0	999.0	999.0	999.0	999.0	999.0	999.0	999.0	999.0	999.0	999.0

Parámetros físicos del agua recogida

Conductividad (µS/cm ²)	59.9	60.2	77.7	47.7	31.8	50.3	10.7	7.5	68.60	69.5	54.8	62.0
pH	7.8	7.2	6.8	8.3	7.9	7.72	8.09	8.07	7.82	8.37	8.36	7.79

Aniones (µg)

Alcalinidad (µg CaCO ₃)	16387.7	12738.0	10923.9	8753.5	8016.2	24763.6	8488.2	16263.9	12401.6	12461.6	17816.7	10508.1
Bicarbonatos (µg CO ₃ H)	16387.7	12738.0	10923.9	8753.5	8016.2	24763.6	8488.2	14504.9	12401.6	12461.6	17816.7	10508.1
Acidez (µg CaCO ₃)	1217.9	2412.5	1644.7	3418.3	1390.5	5074.5	4328.5	< 45.6	8203.4	2345.5	< 57.9	< 49.8

Elementos disueltos (µg)

Aluminio (Al)	41.3	38.8	89.8	36.0	23.1	32.2	77.6	123.2	14.6	40.3	37.5	< 10
Antimonio (Sb)	1.9	1.2	1.3	1.1	0.8	2.6	< 0.4	< 0.5	1.9	0.9	< 0.6	< 0.5
Arsenico (As)	1.4	1.4	1.0	1.1	1.3	1.7	2.3	< 0.2	4.7	2.3	2.4	4.6
Bario (Ba)	1.6	1.1	1.1	8.1	0.5	0.9	< 0.4	< 0.5	0.9	< 0.5	< 0.6	< 0.5
Berilio (Be)	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.3	< 0.2
Cadmio (Cd)	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.3	< 0.2
Calcio (Ca)	3713.3	4979.6	3490.8	3692.9	1494.7	4279.2	< 1082.1	2767.0	< 1255.6	< 1172.8	< 1447.5	2089.2
Cobalto (Co)	< 0.2	< 0.2	< 0.2	0.3	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.2	0.8	0.5	< 0.3	0.2
Cobre (Cu)	1.5	6.1	0.8	1.7	0.6	1.0	< 0.4	< 0.5	3.9	8.9	10.6	7.0
Cromo (Cr)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.4	< 0.5	< 0.4	0.6	< 0.5	0.9	< 0.6	< 0.5
Estafio (Sn)	< 2.4	< 2.4	< 2.5	< 2.6	< 2.1	< 2.5	< 2.2	< 2.3	< 2.5	< 2.3	< 2.9	< 2.5
Estroncio (Sr)	5.8	5.7	6.9	5.8	2.9	5.9	< 43.3	81.2	5.3	36.6	8.7	< 2.5
Fosforo (P)	< 48.7	< 48.3	< 49.3	53.8	< 42.1	< 50.7	< 43.3	81.2	138.8	< 46.9	< 57.9	57.4
Hierro (Fe)	< 9.7	< 9.7	< 9.9	19.4	< 8.4	< 10.1	35.3	< 9.1	< 10	10.3	39.1	< 10
Magnesio (Mg)	< 1826.8	< 1809.4	< 1850.3	< 1923	< 1580.1	< 1902.9	< 1623.2	< 1708.9	< 1883.4	< 1759.1	< 2171.2	< 1944.8
Manganeso (Mn)	9.6	11.5	7.8	6.6	6.0	13.1	2.9	7.7	12.5	7.5	< 0.6	1.9
Mercurio (Hg)	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Molibdeno (Mo)	0.9	0.4	0.4	0.5	0.8	< 0.3	0.7	< 0.2	0.3	0.9	1.1	0.7
Niquel (Ni)	2.1	< 0.5	0.6	< 0.5	0.8	0.9	0.5	< 0.5	1.6	1.4	4.3	1.9
Plata (Ag)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.4	< 0.5	< 0.4	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.6	< 0.5
Plomo (Pb)	0.4	< 0.2	0.5	2.7	< 0.2	0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.3	< 0.2
Polasio (K)	< 974.3	< 965	< 986.8	< 1025.6	< 842.7	< 1014.9	< 865.7	< 911.4	< 1004.5	< 938.2	< 1158	< 996.5
Selenio (Se)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.4	0.7	< 0.4	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Silicio (Si)	1687.4	336.5	1282.9	1428.8	832.0	7595.2	804.6	1170.2	1276.8	1152.9	1763.5	1590.1
Sodio (Na)	< 1217.9	< 1206.3	< 1233.5	< 1282	< 1053.4	< 1288.6	< 1082.1	< 1139.3	< 1265.6	< 1172.8	< 1447.5	< 1296.5
Sulfatos (SO ₄)	< 4871.5	< 4825	< 4934	< 5128	< 4213.5	< 5074.5	< 4328.5	< 4557	< 5022.5	< 4691	< 5789.9	< 4982.5
Talio (Tl)	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.3	< 0.2
Titanio (Ti)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.4	< 0.5	< 0.4	7.4	< 0.5	< 0.5	< 0.6	< 0.5
Uranio (U)	1.0	2.3	0.9	2.3	0.9	2.6	0.8	1.3	3.3	3.0	3.7	2.1
Vanadio (V)	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.2	< 0.3	< 0.2	< 0.3	< 0.2
Zinc (Zn)	< 9.7	< 9.7	< 9.9	< 10.3	< 8.4	< 10.1	< 8.7	< 9.1	< 10	< 9.4	< 11.6	< 10



AA5/2 (142.75-150.05)

Celda

Tipo ciclo	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)
Nº Ciclo	Semana 24	Semana 25	Semana 26	Semana 27	Semana 28	Semana 29	Semana 30	Semana 31	Semana 32	Semana 33	Semana 34	Semana 35
Fecha comienzo ciclo	17/01/2014	24/01/2014	31/01/2014	07/02/2014	14/02/2014	21/02/2014	28/02/2014	07/03/2014	14/03/2014	21/03/2014	28/03/2014	04/04/2014
Fecha fin ciclo	23/01/2014	30/01/2014	06/02/2014	13/02/2014	20/02/2014	27/02/2014	06/03/2014	13/03/2014	20/03/2014	27/03/2014	03/04/2014	10/04/2014
Preparación de la muestra	0.502	0.507	0.499	0.503	0.501	0.505	0.505	0.508	0.504	0.516	0.502	0.505
Agua empleada (L)	0.478	0.493	0.437	0.471	0.496	0.458	0.460	0.516	0.501	0.528	0.533	0.496
Agua recogida (L)	A-14/01973	A-14/02720	A-14/03452	A-14/04088	A-14/04913	A-14/05904	A-14/06407	A-14/07218	A-14/08038	A-14/08801	A-14/09632	A-14/10396
Código de eluato												
Masa mineral (g)	999.0	999.0	999.0	999.0	999.0	999.0	999.0	999.0	999.0	999.0	999.0	999.0

Resultado de los análisis

Preparación de la muestra

Conductividad (µS/cm ²)	54.3	35.4	33.3	35.1	41	28.4	30.2	43.7	44.2	45.7	25.2	22.1
pH	8.56	7.88	7.25	8.171	8.161	7.92	8.25	8.225	8.463	8.203	7.9	7.88

Parámetros físicos del agua recogida

Alcalinidad (µg CaCO ₃)	11665.5	14185.3	11356.8	10689.1	9618.4	97533.8	16726.3	223140.4	13741.5	61998.4	72654.4	15536.0
Bicarbonatos (µg CO ₃ H)	11665.5	14185.3	11356.8	10689.1	9618.4	97533.8	16726.3	223197.1	13741.5	61998.4	72654.4	15536.0
Acidez (µg CaCO ₃)	< 47.8	6567.7	2909.1	7851.9	3303.7	1528.0	3069.3	5155.5	5006.0	2840.3	2667.0	8289.7

Aniones (µg)

Aluminio (Al)	171.3	48.8	< 8.7	10.6	< 9.9	9.9	24.1	36.1	28.6	174.5	45.2	36.7
Antimonio (Sb)	< 0.5	< 0.5	0.5	< 0.5	3.0	0.9	1.1	1.6	1.7	1.5	1.7	1.6
Arsenico (As)	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	2.3	3.0	3.4	3.8	3.1	4.4	4.4
Bario (Ba)	< 0.5	1.6	< 0.4	< 0.5	< 0.5	2.4	1.8	1.4	1.2	3.9	1.9	1.7
Berilio (Be)	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	6.0
Cadmio (Cd)	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.2
Calcio (Ca)	< 1194.8	2472.9	< 1092	1698.9	2197.5	1508.1	1726.5	2722.1	2600.5	3549.7	3399.9	3794.8
Cobalto (Co)	0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	3.9	< 0.2	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.2
Cobre (Cu)	< 0.5	< 0.5	< 0.4	< 0.5	< 0.5	0.6	0.8	0.5	< 0.5	0.6	< 0.5	< 0.5
Cromo (Cr)	1.8	< 0.5	0.4	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Estafio (Sn)	< 2.4	< 2.5	< 2.2	< 2.4	< 2.5	< 2.3	< 2.3	< 2.6	< 2.5	< 2.6	< 2.7	< 2.5
Estroncio (Sr)	13.4	< 2.5	< 2.2	< 2.4	< 2.5	3.5	3.7	5.2	5.1	6.0	6.3	7.6
Fosforo (P)	< 47.8	65.1	< 43.7	< 47.1	136.5	< 47.1	< 46	< 51.6	< 50.1	< 52.8	< 53.3	82.4
Hierro (Fe)	18.6	< 9.9	< 8.7	< 9.4	< 9.9	< 9.2	< 9.2	< 10.3	< 10	24.6	< 10.7	< 9.9
Magnesio (Mg)	< 1792.1	< 1847.6	< 1638	< 1767.4	< 1860.2	< 1719	< 1726.5	< 1933.3	< 1877.3	< 1990.2	< 2000.3	< 1860.8
Manganeso (Mn)	< 0.5	9.9	8.3	0.5	< 0.5	6.2	4.1	5.1	6.0	13.0	14.1	7.3
Mercurio (Hg)	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	0.5	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
Molibdeno (Mo)	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	0.4	< 0.3	< 0.3	< 0.3	0.3
Niquel (Ni)	< 0.5	3.3	2.5	< 0.5	< 0.5	2.3	1.1	1.2	0.8	2.7	2.4	1.3
Plata (Ag)	< 0.5	< 0.5	< 0.4	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5
Plomo (Pb)	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.3	< 0.3	1.7	< 0.3	< 0.2
Polasio (K)	< 955.8	< 885.4	< 873.6	< 942.6	< 992.1	< 916.8	1570.0	< 1031.1	< 1001.2	1111.2	< 1086.8	< 992.4
Selenio (Se)	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	0.8	0.9	2.3	< 0.5	< 0.5	< 0.5	6.0
Silicio (Si)	800.2	1127.8	2088.5	1260.3	768.3	666.9	689.5	849.3	952.9	679.5	1622.1	1191.3
Sodio (Na)	< 1194.8	< 1231.8	< 1092	< 1178.3	< 1240.1	< 1146	< 1151	< 1288.9	< 1251.5	< 1320.1	< 1333.5	< 1240.5
Sulfatos (SO ₄)	< 4779	< 4927	< 4368	< 4713	< 4960.5	< 4584	< 4604	< 5155.5	< 5006	< 5280.5	< 5334	< 4962
Talio (Tl)	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.3	< 0.2
Titanio (Ti)	0.8	< 0.4	< 0.4	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	< 0.5	4.3	< 0.5	< 0.5
Uranio (U)	1.4	1.0	< 0.4	4.2	4.2	0.8	0.6	1.2	0.9	1.5	1.5	1.1
Vanadio (V)	< 0.2	< 0.2	0.6	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	0.3	< 0.3	< 0.3	0.4	< 0.2
Zinc (Zn)	< 9.6	< 9.9	< 8.7	< 9.4	< 9.9	9.8	< 9.2	< 10.3	< 10	< 10.6	< 10.7	< 9.9

Nota 1: Los valores proporcionados, o carga semanal (Le), para los distintos constituyentes se dan en unidades de masa (µg), tal como indica la norma ASTM D5744-07. Estos se obtienen de la relación entre la masa de efuente recogido y su concentración.

Nota 2: Los rangos mínimos de medida se aplican sobre la concentración del efuente y no sobre la carga semanal.

AA9/10

Celda

AA9/10

Tipo de ciclo	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)
Nº Ciclo	Semana 0	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12
Fecha comienzo ciclo	02/08/2013	09/08/2013	16/08/2013	23/08/2013	30/08/2013	06/09/2013	13/09/2013	20/09/2013	27/09/2013	04/10/2013	11/10/2013	18/10/2013	25/10/2013
Fecha fin ciclo	02/08/2013	15/08/2013	22/08/2013	29/08/2013	05/09/2013	12/09/2013	19/09/2013	26/09/2013	03/10/2013	10/10/2013	17/10/2013	24/10/2013	31/10/2013
Preparación de la muestra	0,750	0,501	0,504	0,509	0,523	0,512	0,500	0,501	0,515	0,516	0,505	0,505	0,505
Agua empleada (L)	0,549	0,440	0,428	0,495	0,464	0,454	0,494	0,400	0,513	0,401	0,403	0,403	0,403
Agua recogida (L)													
Código de eluato	A-13/23133	A-13/23143	A-13/23835	A-13/24586	A-13/25242	A-13/26217	A-13/26752	A-13/27691	A-13/28341	A-13/29089	A-13/29905	A-13/29905	A-13/29905
Massa mineral (g)	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1

Resultado de los análisis

Preparación de la muestra

Agua empleada (L)	0,750
Agua recogida (L)	0,549
Código de eluato	A-13/23133

Parámetros físicos del agua recogida

Conductividad (µS/cm ²)	220,0
pH	7,7

L.C instrumental

Aniones (µg)

Alcalinidad (µg CaCO ₃)	0
Bicarbonatos (µg CO ₃ H)	10000
Acidez (µg CaCO ₃)	100

Elementos disueltos (µg)

Aluminio (Al)	20	150,1
Antimonio (Sb)	1	1,7
Arsenico (As)	0,5	17,0
Bario (Ba)	1	1,6
Berilio (Be)	0,5	<0,3
Cadmio (Cd)	0,5	<0,3
Calcio (Ca)	2500	<1371,9
Cobalto (Co)	0,5	0,4
Cobre (Cu)	1	4,4
Cromo (Cr)	1	<0,5
Estatio (Sn)	5	<2,7
Estroncio (Sr)	5	13,3
Fósforo (P)	100	<54,9
Hierro (Fe)	20	<11
Magnesio (Mg)	3750	<2057,8
Manganeso (Mn)	1	12,2
Mercurio (Hg)	0,4	<0,2
Molibdeno (Mo)	0,5	39,0
Niquel (Ni)	1	1,3
Plata (Ag)	1	<0,5
Plomo (Pb)	0,5	<0,3
Polasio (K)	2000	2050,7
Selenio (Se)	1	<0,5
Silicio (Si)	500	1842,2
Sodio (Na)	2500	19051,4
Sulfatos (SO ₄)	10000	<5487,5
Talio (Tl)	0,5	<0,3
Titanio (Ti)	1	<0,5
Uranio (U)	1	<0,5
Vanadio (V)	0,5	2,0
Zinc (Zn)	20	<11



Celda

AA9/10

Tipo de ciclo	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)
Nº Ciclo	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Fecha comienzo ciclo	18/10/2013	25/10/2013	01/11/2013	08/11/2013	15/11/2013	22/11/2013	29/11/2013	06/12/2013	13/12/2013	20/12/2013	27/12/2013	03/01/2014	10/01/2014	17/01/2014	24/01/2014
Fecha fin ciclo	24/10/2013	31/10/2013	07/11/2013	14/11/2013	21/11/2013	28/11/2013	05/12/2013	12/12/2013	19/12/2013	26/12/2013	02/01/2014	09/01/2014	16/01/2014	23/01/2014	30/01/2014

Resultado de los análisis

Preparación de la muestra

Agua empleada (L)	0.499	0.500	0.501	0.499	0.503	0.518	0.515	0.501	0.502	0.504	0.502	0.509	0.512
Agua recogida (L)	0.439	0.499	0.505	0.509	0.405	0.517	0.418	0.402	0.457	0.469	0.553	0.412	0.497
Código de eluato	A-13/31055	A-13/31817	A-13/32688	A-13/33625	A-13/34700	A-13/35550	A-13/36521	A-13/37563	A-13/38407	A-13/39072	A-14/00171	A-14/00593	A-14/01283
Masa mineral (g)	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1

Parámetros físicos del agua recogida

Conductividad (µS/cm ³)	71,8	77,2	129,6	74,2	54,8	68,4	90,7	98,4	78,4	69,5	65,2	60,1	133,7
pH	8,7	6,1	7,1	8,6	8,5	8,1	9,0	8,8	8,8	8,4	8,5	8,7	8,4

Aniones (µg)

Alcalinidad (µg CaCO ₃)	26901,1	23404,6	17040,4	17987,8	8235,3	37877,3	12986,2	13871,3	12199,8	13493,7	17079,2	9885,6	21677,2
Bicarbonatos (µg CO ₃ H)	26901,1	23404,6	17040,4	17987,8	8235,3	37877,3	12986,2	13871,3	12199,8	13493,7	17079,2	9885,6	21692,1
Acidez (µg CaCO ₃)	1096,8	1246,3	1692,8	1694,5	1336,2	5174,5	4181,0	1340,9	3044,4	1563,5	< 55,3	< 41,2	2482,5

Elementos disueltos (µg)

Aluminio (Al)	121,4	105,5	442,2	83,7	72,4	80,0	228,3	228,8	57,7	68,2	55,8	283,6	310,7
Antimonio (Sb)	1,7	2,1	1,0	1,1	0,7	1,6	< 0,4	< 0,4	0,7	2,8	< 0,6	< 0,4	< 0,5
Arsenico (As)	8,1	22,7	6,1	6,3	5,1	5,8	6,3	< 0,2	3,8	8,9	20,5	4,9	10,8
Bario (Ba)	1,1	1,2	1,0	1,0	0,6	0,8	< 0,4	< 0,4	1,0	< 0,5	< 0,6	< 0,4	< 0,5
Berilio (Be)	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2
Cadmio (Cd)	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2
Calcio (Ca)	1827,8	3223,8	2590,5	3535,5	1749,2	4555,8	1460,7	2035,6	< 114,1,8	< 1172,8	< 1382,1	1161,0	4736,4
Cobalto (Co)	< 0,2	3,8	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,5	< 0,3	< 0,2	3,7
Cobre (Cu)	1,5	284,6	1,1	0,9	0,6	0,6	< 0,4	< 0,4	10,8	8,9	10,8	7,0	< 0,5
Cromo (Cr)	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,4	0,6	< 0,5	0,9	< 0,6	< 0,4	0,5
Estatio (Sn)	< 2,2	< 2,5	< 2,5	< 2,5	< 2	< 2,6	< 2,1	< 2	< 2,3	< 2,3	< 2,8	< 2,1	< 2,5
Estroncio (Sr)	10,9	14,0	12,7	16,1	9,4	15,5	< 2,1	30,9	10,6	36,6	9,4	< 2,1	45,6
Fosforo (P)	< 43,9	< 49,9	< 50,5	108,6	< 40,5	< 51,7	69,7	80,3	< 45,7	< 46,9	< 55,3	< 41,2	178,3
Hierro (Fe)	< 8,8	369,5	< 10,1	< 10,2	< 8,1	< 10,3	64,0	< 8	< 9,1	31,9	24,5	< 8,2	< 9,9
Magnesio (Mg)	< 1645,1	< 1869,4	< 1893,4	< 1908,2	< 1518,4	< 1940,4	< 1567,9	< 1508,6	< 1712,6	< 1759,1	< 2073,2	< 1544,6	< 1861,9
Manganeso (Mn)	14,4	20,2	10,8	10,7	6,2	17,7	10,6	6,7	10,1	11,3	9,2	3,6	29,1
Mercurio (Hg)	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Molibdeno (Mo)	4,5	3,2	2,0	4,2	0,7	1,1	1,7	1,2	1,7	2,8	3,1	1,6	< 0,2
Niquel (Ni)	13,9	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,4	< 0,5	< 0,4	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,6	< 0,4	< 0,5
Plata (Ag)	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	< 0,5	< 0,4	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,6	< 0,4	< 0,5
Plomo (Pb)	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,9	< 0,3	< 0,2	< 0,2
Polasio (K)	1183,3	1859,3	1027,6	1680,2	< 809,8	< 1034,9	< 836,2	1134,5	< 913,4	< 838,2	< 1105,7	964,3	1668,1
Selenio (Se)	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,4	0,6	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,5	< 0,6	1,0	< 0,5
Silicio (Si)	2278,3	2225,7	1907,9	2284,5	2139,6	7971,4	1773,7	2546,9	2047,5	2754,1	2628,9	4672,8	2858,4
Sodio (Na)	1644,8	1846,8	1692,3	2590,3	1121,2	1348,6	< 1045,3	< 1005,8	< 1141,8	< 1172,8	< 1382,1	< 1029,8	< 1241,3
Sulfatos (SO ₄)	< 4387	< 4985	< 5049	< 5088,5	< 4049	< 5174,5	< 4181	< 4567	< 4567	< 4691	< 5528,5	< 4119	< 4965
Talio (Tl)	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2
Titanio (Ti)	< 0,4	0,9	< 0,5	< 0,5	< 0,4	1,0	< 0,4	4,5	0,8	< 0,5	< 0,6	< 0,4	17,7
Uranio (U)	4,4	4,9	3,4	3,9	1,6	2,4	1,2	2,1	1,9	3,0	2,2	1,5	1,5
Vanadio (V)	0,5	0,6	0,3	0,6	0,3	0,3	< 0,2	< 0,2	0,3	< 0,2	< 0,3	< 0,2	< 0,2
Zinc (Zn)	< 8,8	34,2	3017,3	< 10,2	< 8,1	< 10,3	< 8,4	< 8	< 9,1	< 9,4	< 11,1	< 8,2	< 9,9



AA9/10

Celda

Tipo de ciclo	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)	S(3)/H(3)
Nº Ciclo	Semana 24	Semana 25	Semana 26	Semana 27	Semana 28	Semana 29	Semana 30	Semana 31	Semana 32	Semana 33	Semana 34
Fecha comienzo ciclo	17/01/2014	24/01/2014	31/01/2014	07/02/2014	14/02/2014	21/02/2014	28/02/2014	07/03/2014	14/03/2014	21/03/2014	28/03/2014
Fecha fin ciclo	23/01/2014	30/01/2014	06/02/2014	13/02/2014	20/02/2014	27/02/2014	06/03/2014	13/03/2014	20/03/2014	27/03/2014	03/04/2014

Resultado de los análisis

Preparación de la muestra

Agua empleada (L)	0.502	0.500	0.499	0.507	0.500	0.508	0.508	0.502	0.501	0.518	0.503
Agua recogida (L)	0.521	0.432	0.414	0.399	0.434	0.401	0.396	0.505	0.507	0.517	0.478
Código de eluato	A-14/01974	A-14/02721	A-14/03453	A-14/04089	A-14/04914	A-14/05905	A-14/06408	A-14/07219	A-14/08039	A-14/08802	A-14/09633
Masa mineral (g)	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1	1000,1

Parámetros físicos del agua recogida

Conductividad (µS/cm ²)	70,6	68,8	61,7	47,5	58,0	62,1	58,4	61,5	64,9	60,6	37,0
pH	8,7	8,8	8,3	8,9	8,8	9,0	9,0	8,8	8,8	8,9	8,9

Aniones (µg)

Alcalinidad (µg CaCO ₃)	15283,9	13488,1	11298,1	11707,1	15662,7	69655,7	19450,7	218401,0	30914,8	64829,6	58938,6
Bicarbonatos (µg CO ₃ H)	15283,9	13488,1	11298,1	11707,1	15662,7	69655,7	19450,7	218401,0	30914,8	64829,6	58938,6
Acidez (µg CaCO ₃)	3470,5	1438,4	2756,2	5320,7	1446,4	1336,2	1318,3	10092,0	5066,0	2584,5	2388,5

Elementos disueltos (µg)

Aluminio (Al)	450,5	31,5	485,4	< 8	336,3	55,5	75,2	26,6	73,6	67,2	111,3
Antimonio (Sb)	< 0,5	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,7	0,8	1,4	1,4	1,2	1,6
Arsenico (As)	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	6,0	7,6	2,9	8,1	5,3	6,6
Bario (Ba)	< 0,5	< 0,4	2,0	< 0,4	1,7	1,6	2,8	< 0,5	0,9	0,8	1,2
Berilio (Be)	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,2
Cadmio (Cd)	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,2
Calcio (Ca)	2501,1	4159,7	2547,7	2176,0	2319,4	2345,0	3409,2	3607,9	3765,1	4037,7	3409,9
Cobalto (Co)	0,4	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	1,2	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,2
Cobre (Cu)	< 0,5	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,9	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Cromo (Cr)	2,1	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Estafio (Sn)	< 2,6	< 2,2	< 2,1	< 2	< 2,2	< 2	< 2	< 2,5	< 2,5	< 2,6	< 2,4
Estroncio (Sr)	28,7	6,9	56	< 2	342,1	10,9	108,6	15,5	16,2	13,8	15,7
Fosforo (P)	< 52,1	846,4	342,1	< 39,9	359,8	178,9	108,6	157,8	407,7	142,4	142,4
Hierro (Fe)	72,4	< 8,6	82,9	< 8	< 8,7	< 8	11,0	< 10,1	< 10,1	< 10,3	< 9,6
Magnesio (Mg)	< 1954,1	< 1619,8	< 1551,9	< 1496,8	< 1628,8	< 1503,2	< 1483,1	< 1892,3	< 1900,5	< 1938,4	< 1791,4
Manganeso (Mn)	3,1	21,7	27,8	14,3	11,3	25,4	20,1	7,2	11,4	5,6	5,9
Mercurio (Hg)	< 0,2	< 0,2	0,6	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,4	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Molibdeno (Mo)	0,7	< 0,2	< 0,2	0,8	< 0,2	0,8	1,1	3,7	2,6	3,2	3,5
Niquel (Ni)	< 0,5	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,7	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Plata (Ag)	< 0,5	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Plomo (Pb)	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,2
Polasio (K)	1324,8	949,9	2569,4	1315,6	< 868,7	1743,7	1237,9	< 1009,2	1597,7	1042,3	< 955,4
Selenio (Se)	< 0,5	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,8	0,8	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Silicio (Si)	1778,8	1849,1	1774,3	4431,9	1602,0	1698,0	2030,7	1997,1	1907,3	1171,2	3258,1
Sodio (Na)	< 1302,8	< 1079,9	< 1034,6	< 997,9	< 1085,9	< 1002,1	< 988,8	< 1261,5	< 1267,2	< 1194,3	< 1265
Sulfatos (SO ₄)	< 521,1	< 4319,5	< 4138,5	< 3991,5	< 4343,5	< 4008,5	< 3955	< 5046	< 5068	< 5169	< 4777
Talio (Tl)	< 0,3	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,3	< 0,3	< 0,3	< 0,2
Titanio (Ti)	1,7	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	< 0,4	0,7	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,5
Uranio (U)	7,1	2,6	< 0,4	1,0	2,4	1,2	1,8	0,8	1,5	0,8	1,6
Vanadio (V)	0,3	0,6	6,6	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,3	< 0,3	0,6	< 0,3	0,6
Zinc (Zn)	< 10,4	< 8,6	< 8,3	< 8	< 8,7	< 8	< 7,9	< 10,1	< 10,1	< 10,3	< 9,6

Nota 1: Los valores proporcionados, o carga semanal (Le), para los distintos constituyentes se dan en unidades de masa (µg), tal como indica la norma ASTM D5744-07. Estos se obtienen de la relación entre la masa de efuente recogido y su concentración.

Nota 2: Los rangos mínimos de medida se aplican sobre la concentración del efuente y no sobre la carga semanal.



INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia: MI-13/06819	Registrada en: AGQ Mining	Cliente: EXPLORACIONES MINERAS DEL CANTABRIC
Análisis: AI-0175	Centro Análisis: AGQ España	Domicilio: C/ AMOR DE DIOS 7 BAJO TAPIA DE CASARIEGO 33740
Tipo Muestra: MINERAL	Fecha Toma Muestra: 31/07/2013	Cod Cliente: 104274
Lugar de Muestreo:	Fecha Recepción: 01/08/2013	Contrato: MI13-0045-GEO
Punto de Muestreo:	Fecha Inicio: 02/08/2013	Cliente tercero:
Muestreado por: Cliente	Fecha Fin: 23/09/2013	
Descripción: GTD03		

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
* Fizz Rating	0,000		PE-4409	Inspec Visual	-
* pH Abrasión	5,5		PE-990	Electrometría	-
* pH Oxidación	4,6		PE-991	Electrometría	-
* Potencial de Acidez Maximo (MPA)	< 0,32	Kg CaCO3/Ton	PE-993	Calculado	-
* Potencial de Neutralización (NP)	9,15	Kg CaCO3/Ton	PE-992	Calculado	-
* Potencial de Neutralización Neto (NNP)	9,15	Kg CaCO3/Ton	PE-994	Calculado	-
* Ratio Potencial de Neutralización en Minerales	< 0,00	Kg CaCO3/Ton	PE-993	Calculado	-
Uranio	1,75	mg/Kg	PE-4023	Espect ICP-MS	-
Multielementos Digestión Ácida ICP-OES					
Aluminio	6007	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Antimonio	3,63	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Arsénico	34,4	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Bario	< 300	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Berilio	12,8	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Bismuto	< 5,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cadmio	< 0,10	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Calcio	< 0,01	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobalto	1,11	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobre	< 0,50	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cromo	128	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Escandio	< 0,05	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Estaño	3,66	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Estroncio	< 0,10	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Galio	< 0,50	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Hierro	0,57	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Litio	21,2	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Magnesio	312	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Manganeso	37,8	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Mercurio	< 0,10	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Molibdeno	8,47	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Níquel	209	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Plata	4,52	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Plomo	70,5	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Potasio	2402	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Selenio	< 0,50	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Sodio	< 0,01	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	MI-13/06819	Tipo Muestra:	MINERAL
Descripción:	GTD03	Fecha Fin:	23/09/2013

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
Multielementos Digestión Ácida ICP-OES					
* Talio	< 5,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Titanio	62,5	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Vanadio	16,5	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Zinc	4,41	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Especies de azufre en minerales					
Azúfre Total	0,12	%	PE-4015	Anal. Elemental	-
Generación Neta de Acido (NAG)					
* pH NAG	3,88		PE-4413	Electrometría	-
* NAG (pH 4.5)	< 0,20	kg H2SO4/t	PE-4413	Electrometría	-
* NAG (pH 7.0)	4,51	kg H2SO4/t	PE-4413	Electrometría	-



Mercedes Naranjo Vasco
Responsable Lab.

Fecha Emisión 23/9/13

Observaciones:

Nota: PNT: Procedimiento Normalizado de Trabajo . Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres estan expresadas como +/-2s. Los parámetros marcados con asterisco (*) y los resultados entre paréntesis están fuera del alcance de acreditación.

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	MI-13/06820	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente:	EXPLORACIONES MINERAS DEL CANTABRIC
Análisis:	AI-0175	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio:	C/ AMOR DE DIOS 7 BAJO TAPIA DE CASARIEGO 33740
Tipo Muestra:	MINERAL	Fecha Toma Muestra:	31/07/2013	Cod Cliente:	104274
Lugar de Muestreo:		Fecha Recepción:	01/08/2013	Contrato:	MI13-0045-GEO
Punto de Muestreo:		Fecha Inicio:	02/08/2013	Cliente tercero:	
Muestreado por:	Cliente	Fecha Fin:	23/09/2013		
Descripción:	GT4				

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
* Fizz Rating	1,000		PE-4409	Inspec Visual	-
* pH Abrasión	7,0		PE-990	Electrometría	-
* pH Oxidación	5,8		PE-991	Electrometría	-
* Potencial de Acidez Maximo (MPA)	< 0,32	Kg CaCO3/Ton	PE-993	Calculado	-
* Potencial de Neutralización (NP)	22,5	Kg CaCO3/Ton	PE-992	Calculado	-
* Potencial de Neutralización Neto (NNP)	22,5	Kg CaCO3/Ton	PE-994	Calculado	-
* Ratio Potencial de Neutralización en Minerales	< 0,00	Kg CaCO3/Ton	PE-993	Calculado	-
Uranio	1,83	mg/Kg	PE-4023	Espect ICP-MS	-
Multielementos Digestión Ácida ICP-OES					
Aluminio	5342	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Antimonio	1,84	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Arsénico	598	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Bario	< 300	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Berilio	6,36	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Bismuto	< 5,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cadmio	< 0,10	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Calcio	3475	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobalto	3,27	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobre	< 0,50	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cromo	175	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Escandio	< 0,05	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Estaño	< 1,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Estroncio	29,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Galio	< 0,50	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Hierro	1,31	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Litio	14,1	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Magnesio	1664	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Manganeso	318	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Mercurio	< 0,10	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Molibdeno	10,9	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Níquel	58,9	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Plata	3,61	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Plomo	20,6	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Potasio	2935	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Selenio	< 0,50	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Sodio	< 0,01	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	MI-13/06820	Tipo Muestra:	MINERAL
Descripción:	GT4	Fecha Fin:	23/09/2013

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
Multielementos Digestión Ácida ICP-OES					
* Talio	< 5,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Titanio	456	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Vanadio	19,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Zinc	32,2	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Especies de azufre en minerales					
Azúfre Total	< 0,10	%	PE-4015	Anal. Elemental	-
Generación Neta de Acido (NAG)					
* pH NAG	5,42		PE-4413	Electrometría	-
* NAG (pH 4.5)	< 0,20	kg H2SO4/t	PE-4413	Electrometría	-
* NAG (pH 7.0)	4,69	kg H2SO4/t	PE-4413	Electrometría	-



Mercedes Naranjo Vasco
Responsable Lab.

Fecha Emisión 23/9/13

Observaciones:

Nota: PNT: Procedimiento Normalizado de Trabajo . Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres estan expresadas como +/-2s. Los parámetros marcados con asterisco (*) y los resultados entre paréntesis están fuera del alcance de acreditación.

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	MI-13/06822	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente:	EXPLORACIONES MINERAS DEL CANTABRIC
Análisis:	AI-0175	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio:	C/ AMOR DE DIOS 7 BAJO TAPIA DE CASARIEGO 33740
Tipo Muestra:	MINERAL	Fecha Toma Muestra:	31/07/2013	Cod Cliente:	104274
Lugar de Muestreo:		Fecha Recepción:	01/08/2013	Contrato:	MI13-0045-GEO
Punto de Muestreo:		Fecha Inicio:	02/08/2013	Cliente tercero:	
Muestreado por:	Cliente	Fecha Fin:	23/09/2013		
Descripción:	RN01				

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
* Fizz Rating	0,000		PE-4409	Inspec Visual	-
* pH Abrasión	6,6		PE-990	Electrometría	-
* pH Oxidación	5,6		PE-991	Electrometría	-
* Potencial de Acidez Maximo (MPA)	< 0,32	Kg CaCO3/Ton	PE-993	Calculado	-
* Potencial de Neutralización (NP)	3,37	Kg CaCO3/Ton	PE-992	Calculado	-
* Potencial de Neutralización Neto (NNP)	3,37	Kg CaCO3/Ton	PE-994	Calculado	-
* Ratio Potencial de Neutralización en Minerales	< 0,00	Kg CaCO3/Ton	PE-993	Calculado	-
Uranio	1,39	mg/Kg	PE-4023	Espect ICP-MS	-
Multielementos Digestión Ácida ICP-OES					
Aluminio	2997	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Antimonio	1,37	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Arsénico	< 1,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Bario	< 300	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Berilio	0,93	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Bismuto	< 5,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cadmio	< 0,10	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Calcio	< 0,01	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobalto	< 0,25	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobre	< 0,50	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cromo	195	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Escandio	< 0,05	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Estaño	1,48	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Estroncio	2,43	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Galio	< 0,50	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Hierro	0,28	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Litio	10,5	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Magnesio	< 0,01	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Manganeso	27,1	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Mercurio	< 0,10	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Molibdeno	11,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Níquel	27,4	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Plata	1,82	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Plomo	24,2	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Potasio	1455	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Selenio	< 0,50	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Sodio	< 0,01	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	MI-13/06822	Tipo Muestra:	MINERAL
Descripción:	RN01	Fecha Fin:	23/09/2013

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
Multielementos Digestión Ácida ICP-OES					
* Talio	< 5,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Titanio	17,8	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Vanadio	15,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Zinc	5,36	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Especies de azufre en minerales					
Azúfre Total	< 0,10	%	PE-4015	Anal. Elemental	-
Generación Neta de Acido (NAG)					
* pH NAG	4,52		PE-4413	Electrometría	-
* NAG (pH 4.5)	< 0,20	kg H2SO4/t	PE-4413	Electrometría	-
* NAG (pH 7.0)	7,58	kg H2SO4/t	PE-4413	Electrometría	-



Mercedes Naranjo Vasco
Responsable Lab.

Fecha Emisión 23/9/13

Observaciones:

Nota: PNT: Procedimiento Normalizado de Trabajo . Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres estan expresadas como +/-2s. Los parámetros marcados con asterisco (*) y los resultados entre paréntesis están fuera del alcance de acreditación.

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	MI-13/06823	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente:	EXPLORACIONES MINERAS DEL CANTABRIC
Análisis:	AI-0175	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio:	C/ AMOR DE DIOS 7 BAJO TAPIA DE CASARIEGO 33740
Tipo Muestra:	MINERAL	Fecha Toma Muestra:	31/07/2013	Cod Cliente:	104274
Lugar de Muestreo:		Fecha Recepción:	01/08/2013	Contrato:	MI13-0045-GEO
Punto de Muestreo:		Fecha Inicio:	02/08/2013	Cliente tercero:	
Muestreado por:	Cliente	Fecha Fin:	23/09/2013		
Descripción:	AA5/2 (121.12-127.56)				

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
* Fizz Rating	1,000		PE-4409	Inspec Visual	-
* pH Abrasión	7,2		PE-990	Electrometría	-
* pH Oxidación	6,0		PE-991	Electrometría	-
* Potencial de Acidez Maximo (MPA)	< 0,32	Kg CaCO3/Ton	PE-993	Calculado	-
* Potencial de Neutralización (NP)	185	Kg CaCO3/Ton	PE-992	Calculado	-
* Potencial de Neutralización Neto (NNP)	185	Kg CaCO3/Ton	PE-994	Calculado	-
* Ratio Potencial de Neutralización en Minerales	< 0,00	Kg CaCO3/Ton	PE-993	Calculado	-
Uranio	3,40	mg/Kg	PE-4023	Espect ICP-MS	-
Multielementos Digestión Ácida ICP-OES					
Aluminio	15879	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Antimonio	0,96	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Arsénico	< 1,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Bario	< 300	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Berilio	7,10	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Bismuto	< 5,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cadmio	< 0,10	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Calcio	34159	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobalto	7,28	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobre	< 0,50	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cromo	46,7	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Escandio	< 0,05	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Estaño	< 1,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Estroncio	47,3	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Galio	< 0,50	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Hierro	3,33	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Litio	30,2	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Magnesio	25123	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Manganeso	742	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Mercurio	< 0,10	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Molibdeno	146	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Níquel	< 0,25	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Plata	1,48	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Plomo	7,89	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Potasio	1373	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Selenio	< 0,50	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Sodio	223	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	MI-13/06823	Tipo Muestra:	MINERAL
Descripción:	AA5/2 (121.12-127.56)	Fecha Fin:	23/09/2013

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
Multielementos Digestión Ácida ICP-OES					
* Talio	< 5,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Titanio	39,3	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Vanadio	41,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Zinc	66,5	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Especies de azufre en minerales					
Azúfre Total	0,30	%	PE-4015	Anal. Elemental	-
Generación Neta de Acido (NAG)					
* pH NAG	5,44		PE-4413	Electrometría	-
* NAG (pH 4.5)	< 0,20	kg H2SO4/t	PE-4413	Electrometría	-
* NAG (pH 7.0)	4,51	kg H2SO4/t	PE-4413	Electrometría	-



Mercedes Naranjo Vasco
Responsable Lab.

Fecha Emisión 23/9/13

Observaciones:

Nota: PNT: Procedimiento Normalizado de Trabajo . Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres estan expresadas como +/-2s. Los parámetros marcados con asterisco (*) y los resultados entre paréntesis están fuera del alcance de acreditación.

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	MI-13/06824	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente:	EXPLORACIONES MINERAS DEL CANTABRIC
Análisis:	AI-0175	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio:	C/ AMOR DE DIOS 7 BAJO TAPIA DE CASARIEGO 33740
Tipo Muestra:	MINERAL	Fecha Toma Muestra:	31/07/2013	Cod Cliente:	104274
Lugar de Muestreo:		Fecha Recepción:	01/08/2013	Contrato:	MI13-0045-GEO
Punto de Muestreo:		Fecha Inicio:	02/08/2013	Cliente tercero:	
Muestreado por:	Cliente	Fecha Fin:	23/09/2013		
Descripción:	AA5/2 (142.75-150.05)				

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
* Fizz Rating	1,000		PE-4409	Inspec Visual	-
* pH Abrasión	7,2		PE-990	Electrometría	-
* pH Oxidación	6,2		PE-991	Electrometría	-
* Potencial de Acidez Maximo (MPA)	< 0,32	Kg CaCO3/Ton	PE-993	Calculado	-
* Potencial de Neutralización (NP)	31,6	Kg CaCO3/Ton	PE-992	Calculado	-
* Potencial de Neutralización Neto (NNP)	31,6	Kg CaCO3/Ton	PE-994	Calculado	-
* Ratio Potencial de Neutralización en Minerales	< 0,00	Kg CaCO3/Ton	PE-993	Calculado	-
Uranio	4,04	mg/Kg	PE-4023	Espect ICP-MS	-
Multielementos Digestión Ácida ICP-OES					
Aluminio	24110	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Antimonio	1,38	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Arsénico	< 1,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Bario	< 300	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Berilio	10,9	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Bismuto	< 5,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cadmio	< 0,10	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Calcio	9049	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobalto	6,77	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobre	< 0,50	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cromo	99,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Escandio	< 0,05	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Estaño	3,95	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Estroncio	56,7	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Galio	< 0,50	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Hierro	2,84	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Litio	46,6	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Magnesio	8877	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Manganeso	474	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Mercurio	< 0,10	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Molibdeno	6,94	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Níquel	2,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Plata	1,39	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Plomo	28,5	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Potasio	7562	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Selenio	< 0,50	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Sodio	1238	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	MI-13/06824	Tipo Muestra:	MINERAL
Descripción:	AA5/2 (142.75-150.05)	Fecha Fin:	23/09/2013

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
Multielementos Digestión Ácida ICP-OES					
* Talio	< 5,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Titanio	2278	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Vanadio	49,7	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Zinc	58,3	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Especies de azufre en minerales					
Azúfre Total	< 0,10	%	PE-4015	Anal. Elemental	-
Generación Neta de Acido (NAG)					
* pH NAG	6,04		PE-4413	Electrometría	-
* NAG (pH 4.5)	< 0,20	kg H2SO4/t	PE-4413	Electrometría	-
* NAG (pH 7.0)	4,66	kg H2SO4/t	PE-4413	Electrometría	-



Mercedes Naranjo Vasco
Responsable Lab.

Fecha Emisión 23/9/13

Observaciones:

Nota: PNT: Procedimiento Normalizado de Trabajo . Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres estan expresadas como +/-2s. Los parámetros marcados con asterisco (*) y los resultados entre paréntesis están fuera del alcance de acreditación.

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia: MI-13/06825	Registrada en: AGQ Mining	Cliente: EXPLORACIONES MINERAS DEL CANTABRIC
Análisis: AI-0175	Centro Análisis: AGQ España	Domicilio: C/ AMOR DE DIOS 7 BAJO TAPIA DE CASARIEGO 33740
Tipo Muestra: MINERAL	Fecha Toma Muestra: 31/07/2013	Cod Cliente: 104274
Lugar de Muestreo:	Fecha Recepción: 01/08/2013	Contrato: MI13-0045-GEO
Punto de Muestreo:	Fecha Inicio: 02/08/2013	Cliente tercero:
Muestreado por: Cliente	Fecha Fin: 23/09/2013	
Descripción: AA9/10		

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
* Fizz Rating	1,000		PE-4409	Inspec Visual	-
* pH Abrasión	7,9		PE-990	Electrometría	-
* pH Oxidación	6,4		PE-991	Electrometría	-
* Potencial de Acidez Maximo (MPA)	< 0,32	Kg CaCO3/Ton	PE-993	Calculado	-
* Potencial de Neutralización (NP)	57,7	Kg CaCO3/Ton	PE-992	Calculado	-
* Potencial de Neutralización Neto (NNP)	57,7	Kg CaCO3/Ton	PE-994	Calculado	-
* Ratio Potencial de Neutralización en Minerales	< 0,00	Kg CaCO3/Ton	PE-993	Calculado	-
Uranio	3,02	mg/Kg	PE-4023	Espect ICP-MS	-
Multielementos Digestión Ácida ICP-OES					
Aluminio	19428	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Antimonio	2,55	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Arsénico	3,81	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Bario	< 300	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Berilio	9,03	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Bismuto	< 5,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cadmio	< 0,10	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Calcio	15270	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobalto	6,45	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cobre	< 0,50	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Cromo	75,9	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Escandio	< 0,05	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Estaño	< 1,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Estroncio	29,3	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Galio	< 0,50	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Hierro	2,91	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Litio	50,9	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Magnesio	11542	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Manganeso	659	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Mercurio	0,44	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Molibdeno	8,17	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Níquel	< 0,25	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Plata	1,12	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Plomo	1222	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Potasio	5110	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-
* Selenio	< 0,50	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Sodio	200	%	PE-4006	Espect ICP-OES	-

INFORME DE ENSAYO

Nº de Referencia:	MI-13/06825	Tipo Muestra:	MINERAL
Descripción:	AA9/10	Fecha Fin:	23/09/2013

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	PNT	Técnica	Incert
Multielementos Digestión Ácida ICP-OES					
* Talio	< 5,00	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Titanio	1700	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Vanadio	47,0	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Zinc	58,8	mg/Kg	PE-4006	Espect ICP-OES	-
Especies de azufre en minerales					
Azúfre Total	< 0,10	%	PE-4015	Anal. Elemental	-
Generación Neta de Acido (NAG)					
* pH NAG	6,15		PE-4413	Electrometría	-
* NAG (pH 4.5)	< 0,20	kg H2SO4/t	PE-4413	Electrometría	-
* NAG (pH 7.0)	4,13	kg H2SO4/t	PE-4413	Electrometría	-



Mercedes Naranjo Vasco
Responsable Lab.

Fecha Emisión 23/9/13

Observaciones:

Nota: PNT: Procedimiento Normalizado de Trabajo . Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres estan expresadas como +/-2s. Los parámetros marcados con asterisco (*) y los resultados entre paréntesis están fuera del alcance de acreditación.

2. Analítica para los estériles de planta

TABLE 2
MINERAL CONTENT – BULK CONCENTRATE AND ROUGHER TAILS

Mineral	Mineral Content - percent	
	Test 1 Bulk Concentrate	Test 1 Bulk Rougher Tails
Copper Sulphides	<0.1	<0.1
Stibnite	1.0	<0.1
Pyrite	33.2	<0.1
Arsenopyrite	51.3	0.1
Iron Oxides	0.1	0.2
Feldspars	4.3	40.4
Quartz	1.9	19.1
Micas	4.5	24.7
Carbonates	1.2	11.5
Chlorite	0.4	2.5
Titanium Minerals	0.5	0.5
Apatite	0.1	0.4
Others	1.5	0.6
Total	100	100.0

- Notes: a) Copper Sulphides includes Chalcopyrite, Bornite, Chalcocite/Covellite, and trace amounts of Tetrahedrite.
b) Iron Oxides includes Goethite/Limonite, Magnetite, and Hematite.
c) Feldspars includes Feldspar Albite (Na Feldspar), K-Feldspar, Alkali Feldspar and Calcium Plagioclase.
d) Micas includes Muscovite and Biotite/Phlogopite.
e) Carbonates includes Dolomite, Ankerite, and Calcite.
f) Titanium Minerals includes Rutile/Anatase and Sphene (Titanite).
g) Others includes Molybdenite, Sphalerite, Zircon, and unresolved mineral species.
h) Full mineralogical analysis results can be located in Appendix V – Mineralogical Data.

APPENDIX V - KM5835

MINERALOGICAL DATA

TABLE 1A
MINERAL COMPOSITION OF SALAVE SAMPLES
KM5835

Minerals	Test 1 Bulk Con Refloat	Test 1 Bulk Rougher Tailing
Copper Sulphides	<0.1	<0.1
Stibnite	1.0	<0.1
Pyrite	33.2	<0.1
Arsenopyrite	51.3	0.1
Iron Oxides	0.1	0.2
Feldspars	4.3	40.4
Quartz	1.9	19.1
Micas	4.5	24.7
Carbonates	1.2	11.5
Chlorite	0.4	2.5
Titanium Minerals	0.5	0.5
Apatite	0.1	0.4
Others	1.5	0.6
Total	100	100

Notes: 1) Copper Sulphides includes Chalcopyrite, Bornite, Chalcocite/Covellite and trace amounts of Tetrahedrite.

2) Iron Oxides includes Goethite/Limonite, Magnetite, and Hematite.

3) Feldspars includes Feldspar Albite (Na Feldspar), K-Feldspar, Alkali Feldspar and Calcium Plagioclase.

4) Micas includes Muscovite and Biotite/Phlogopite.

5) Carbonates includes Dolomite, Ankerite and Calcite.

6) Titanium Minerals includes Rutile/Anatase and Sphene(Titanite).

7) Others includes Molybdenite, Sphalerite, Zircon, and unresolved mineral species.

8) Particle Mineral Analysis was used for this data.

9) All values are expressed as a percent.

TABLE 1B
% SULPHUR BEARING MINERAL OF TOTAL SULPHUR
KM5835

Mineral	Test 1 Bulk Con Refloat	Test 1 Bulk Rougher Tailing
Copper Sulphides	<0.1	12.6
Stibnite	1.0	1.9
Pyrite	62.7	27.0
Arsenopyrite	35.7	56.3
Other Sulphur Bearing Minerals	0.5	2.2
Total	100	100

Note: 1) Copper Sulphides includes Chalcopyrite, Bornite, Chalcocite/Covellite and trace amounts of Tetrahedrite.

2) Other Sulphur Bearing Minerals includes Molybdenite and Sphalerite.

TABLE 1C
CHEMICAL COMPOSITION OF SALAVE SAMPLES
KM5835

Element	Assay Methods	Test 1 Bulk Con Refloat	Test 1 Bulk Rougher Tailing
As	QEMSCAN	23.6	0.06
	Chemical	20.9	-
Fe	QEMSCAN	33.3	1.40
	Chemical	28.8	1.43
S	QEMSCAN	28.3	0.05
	Chemical	26.4	0.07
Sb	QEMSCAN	0.74	0.002
	Chemical	0.68	-

**INFORME DE CARACTERIZACIÓN, SEGÚN EL
REAL DECRETO 975/2009, DE UNA MUESTRA
DE TAILING**



Fecha: 12/12/2019
INFORME N° MI19-0160

For a
**better and
safer world**

agqmining.com

ÍNDICE

1. INTRODUCCION.....	3
1.1. OBJETO.....	3
1.2. TOMA DE MUESTRA	3
1.3. LABORATORIO DE ENSAYOS	3
2. ALCANCE	4
2.1. ALCANCE TÉCNICO.....	4
2.2. ALCANCE NORMATIVO	5
3. RESULTADOS DE LABORATORIO.....	6
3.1. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 1: PROPIEDADES FÍSICAS DE DESINTEGRACIÓN E INFLAMABILIDAD.	6
3.2. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 2: CONTENIDO DE AZUFRE EN FORMA DE SULFURO Y DETERMINACIÓN DEL RATIO DE POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN.	7
3.2.1. Determinación de azufre total y azufre en forma de sulfuro.	7
3.2.2. Determinación del potencial de neutralización.	7
3.3. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 3: CONTENIDO METÁLICO TOTAL.....	9
3.4. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 4: DETERMINACIÓN DE LA ECOTOXICIDAD Y ANALÍTICA COMPLETA DE UNA BATERÍA DE PARÁMETROS SOBRE EL LIXIVIADO-.....	11
3.5. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 5: DIFRACCIÓN DE RAYOS X Y MINERALOGÍA EN LÁMINA DELGADA.....	14
4. CONCLUSIONES	15
5. CERTIFICACIÓN.....	16

ANEXO I: INFORMES ANALÍTICOS

ANEXO II: INFORMES DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X Y MINERALOGÍA DE LÁMINA DELGADA

1. INTRODUCCION

1.1. OBJETO

El presente informe tiene como objeto el análisis de una muestra de tailing para su caracterización como inerte 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.

1.2. TOMA DE MUESTRA

La muestra para este estudio fue proporcionada por Exploraciones Mineras del Cantábrico S.L., asumiendo esta la representatividad de la misma, y enviada a las instalaciones de AGQ Mining & Bioenergy S.L. en Burguillos (Sevilla), donde fue recepcionada.

La muestra lleva asociados varios códigos en función de los ensayos que se han realizado, y que se recogen en la siguiente tabla:

Descripción	Cód. Interno	Ensayos
TAILING	MN-19/011265	Conjunto de análisis nº1
		Conjunto de análisis nº2
		Conjunto de análisis nº3
		Conjunto de análisis nº5
	A-19/097195	Conjunto de análisis nº4

1.3. LABORATORIO DE ENSAYOS

Las determinaciones analíticas y ensayos de la muestra han sido realizados en el laboratorio acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), bajo la norma UNE EN ISO/IEC 17025:2005, con Nº de Acreditación: 305//LE1322, y por el Servicio Internacional de Acreditación con número de expediente TL-475.

Los ensayos mineralógicos han sido realizados por la empresa ESCORSA Geology & Labs, especializada en servicios de consultoría en geología aplicada y laboratorio geológico

2. ALCANCE

2.1. ALCANCE TÉCNICO

Se planificaron las distintas tipologías de ensayo que se detallan a continuación de cara a poder determinar todas las características del material a catalogar, en base a cada uno de los requisitos que se establecen en el R.D. 975/2009 y el nuevo R.D. 777/2012, para la caracterización de residuos de industrias extractivas.

Conjunto de análisis nº 1: Ensayos para evaluar el % de disolución de la muestra, ensayos para evaluar la degradabilidad de la muestra y ensayos para determinar el carácter inflamable si lo hubiera, mediante procedimientos descritos en el reglamento REACH en los apartados A.10.

Conjunto de análisis nº 2: Estudio del contenido de S total, S en forma pirítica y del potencial de generación de aguas ácidas, mediante determinación directa del contenido de S total por analizador elemental, y mediante el ensayo descrito en la prEN 15875. El objetivo de esta caracterización es la determinación de estos parámetros para su comparación con los puntos descritos en el RD 975/2009 que transpone la Decisión 2000/359/CE.

Conjunto de análisis nº 3: Estudio del contenido total de metales que se establece en el R.D 777/2012 (modificación al R.D. 975/2009) y comparación con los valores límite para suelos contaminados recogidos en la *Resolución de 20 de marzo de 2014, de la Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, por la que se establecen los Niveles Genéricos de Referencia para metales pesados en Suelos del Principado de Asturias.*

Conjunto de análisis nº 4: Estudio de las características ecotóxicas que producen las aguas en contacto con el material, mediante la realización de un ensayo de lixiviación con una relación L/S=10 según norma UNE-EN 12457-4 y el posterior ensayo de crecimiento de *Photobacterium Phosphoreum* sobre el lixiviado obtenido, y batería completa de análisis sobre el lixiviado.

Conjunto de análisis nº 5: Estudio de las fases minerales presentes en la muestra mediante ensayo de difracción de rayos X y mineralogía en lámina de delgada.

2.2. ALCANCE NORMATIVO

La evaluación de los resultados se realizará en base a la siguiente legislación / documento normativo:

Real Decreto 777/2012, de 4 de mayo, por el que se modifica el 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 las actividades mineras.

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.

Decisión de la Comisión de 30 de abril de 2009 por la que se completan los requisitos técnicos para la caracterización de los residuos establecidos en la Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas (2009/360/CE).

Decisión de la Comisión de 30 de abril de 2009 por la que se completa la definición de residuos inertes en aplicación del artículo 22, apartado 1, letra f), de la Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas (2009/359/CE).

Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados.

Resolución de 20 de marzo de 2014, de la Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, por la que se establecen los Niveles Genéricos de Referencia para metales pesados en Suelos del Principado de Asturias

Orden de 13 de octubre de 1989 (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo), sobre métodos de caracterización de los residuos tóxicos y peligrosos (BOE núm. 270, de 10 de noviembre de 1989).

Orden AAA/661/2013, de 18 de abril, por la que se modifican los anexos I, II y III del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

3. RESULTADOS DE LABORATORIO

Para cada una de las tipologías de ensayo definidas se muestran en los apartados siguientes los resultados de los informes analíticos de laboratorio, y se realiza una comparación con los valores límites establecidos en la legislación de aplicación.

Todos los informes analíticos referentes a esta muestra pueden consultarse en el anexo I de este informe.

3.1. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 1: PROPIEDADES FÍSICAS DE DESINTEGRACIÓN E INFLAMABILIDAD.

Ensayo de inflamabilidad

Para la evaluación del punto 1.1.2.c) del RD 777/2012 se somete a la muestra a un ensayo de inflamabilidad, mediante el procedimiento A.10 recogido en el *Reglamento (CE) nº 440/2008 de la Comisión, de 30 de mayo de 2008, por el que se establecen métodos de ensayo de acuerdo con el Reglamento (CE) nº 1907/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo relativo al registro, la evaluación, la autorización y la restricción de las sustancias y preparados químicos (REACH)*.

El principio del método se basa en que la sustancia se dispone formando una mecha o cinta continua de unos 250 mm de longitud y se hace un ensayo exploratorio previo para determinar si, al aplicar una llama de gas, se produce la propagación de la combustión con llama o sin ella. Si se produce la propagación a lo largo de 200 mm de la mecha dentro de un tiempo dado, hay que realizar un ensayo completo para determinar la velocidad de combustión.

Los resultados de dicho ensayo se muestran en la tabla adjunta:

Tabla 2. Resultados del ensayo de inflamabilidad		
Cód. Interno	Descripción	Resultado
MN-19/011265	TAILING	No inflamable

La muestra queda clasificada como "No Inflamable" tras la realización del ensayo de inflamabilidad según el método A.10 del Reglamento REACH, cumpliendo con el criterio del apartado 1.1.2. c) del RD 777/2012.

Ensayo de degradabilidad

Según se establece en el apartado 1.1.2. a) del RD 777/2012, los residuos no sufrirán ninguna disolución o desintegración importante ni ningún cambio significativo que pueda hacerlo susceptible de provocar efectos ambientales negativos o de dañar a la salud humana.

No se ha llevado a cabo el ensayo debido a que la muestra presenta una granulometría muy fina, y dicho ensayo requiere de tamaños de partículas mayores, si bien debido a su tamaño se espera una baja degradabilidad.

3.2. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 2: CONTENIDO DE AZUFRE EN FORMA DE SULFURO Y DETERMINACIÓN DEL RATIO DE POTENCIAL DE NEUTRALIZACIÓN.

3.2.1. Determinación de azufre total y azufre en forma de sulfuro.

Una vez realizada la preparación de la muestra, se tomó una submuestra pulverizada, y se procedió a realizar la determinación de azufre total mediante analizador elemental LECO. Los valores obtenidos se encuentran en los informes analíticos anexos.

Para la determinación del contenido en azufre en forma de sulfuro, se procedió a la determinación del contenido de azufre en forma de sulfato, por combustión del azufre en forma de sulfuro a 500°C durante 1 hora en horno mufla y posterior combustión en analizador elemental LECO a 1300 °C. Por diferencia se determina el valor de azufre en forma de sulfuro.

En la Tabla 3 se recogen los resultados obtenidos de contenido de azufre total, en forma de sulfato y por diferencia en forma de sulfuro.

Tabla 3. Determinación de S pirítico. Resultados.				
Cód. muestra	Descripción	% S total	% SO ₄	% S sulfuro
MN-19/011265	TAILING	< 0,1	0,18	< 0,1

Según se establece en el apartado 1.1.2. b) del RD 777/2012, los residuos inertes de industrias extractivas tendrán un contenido máximo de azufre en forma de sulfuro del 0,1%, o tendrán un contenido máximo de azufre en forma de sulfuro del 1% y un cociente de potencial de neutralización y determinado mediante una prueba estática según el BS 15875, superior a 3.

La muestra TAILING tienen un contenido en sulfuro inferior a 0,1 %, por lo que cumpliría el criterio de contenido en sulfuro para considerarse residuo inerte.

Se recogen en el siguiente apartado a título informativo, los resultados obtenidos para el potencial de neutralización.

3.2.2. Determinación del potencial de neutralización.

Como paso previo a la determinación del potencial se determinó la cantidad de carbonatos en la muestra mediante un calcímetro de Bernard, para en función de este valor poder añadir de forma orientativa la cantidad de ácido clorhídrico adecuada. Posteriormente a la adición de ácido clorhídrico, se retrovalora la cantidad de ácido mediante hidróxido sódico 0,1N, y se determinan los potenciales de neutralización.

En el caso del potencial de acidez, éste se obtiene mediante cálculo a través del contenido de azufre en la muestra, valores de los que disponemos previos a la realización del ensayo prEN 15875.

Los resultados obtenidos se recogen en la Tabla 4:

Tabla 4. Determinación del potencial de neutralización					
Cód. muestra	Descripción	PA (Kg CaCO ₃ /Tn)	PN (Kg CaCO ₃ /Tn)	NNP (Kg CaCO ₃ /Tn)	NPR
MN-19/011265	TAILING	< 3,13	126,79	> 123,66	40,5
Potencial de Acidez (AP) / Potencial de Neutralización (NP)					
Potencial de Neutralización Neto (NNP) = NP-AP / Ratio de Potencial de Neutralización (NPR) = NP/AP					

Como complemento a este ensayo se realizó una especiación de carbono, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5. Especiación de C				
Cód. muestra	Descripción	C inorgánico (%)	C orgánico (%)	C total (%)
MN-19/011265	TAILING	1,40	< 0,1	1,46

La concentración de carbono inorgánico es consistente con el potencial de neutralización que presenta la muestra.

3.3. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 3: CONTENIDO METÁLICO TOTAL.

Otro de los requisitos en la definición de un residuo como inerte, pasa por la determinación del contenido metálico total de la muestra. Concretamente, el RD 777/2012 establece en el epígrafe 1.1.2. d) que el contenido de sustancias potencialmente dañinas para el medio ambiente o la salud humana en los residuos y, en especial, de metales pesados como As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, V y Zn, deberá ser lo suficientemente bajo como para que no entrañen un riesgo inaceptable para la salud humana o los ecosistemas. Para ello se indica que la concentración en estas sustancias no deberá superar los valores mínimos establecidos a nivel nacional para emplazamientos no contaminados o los niveles naturales (fondos geoquímicos) nacionales pertinentes.

Para la evaluación del contenido en metales, se han tomado como referencia los valores límite para metales pesados y otros elementos trazas aplicables en el Principado de Asturias:

- *Resolución de 20 de marzo de 2014, de la Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, por la que se establecen los Niveles Genéricos de Referencia para metales pesados en Suelos del Principado de Asturias*

Según el RD 9/2005, se define NGR como la concentración de una sustancia contaminante en el suelo que no conlleva un riesgo superior al máximo aceptable para la salud humana o los ecosistemas. Por tanto, la comparación de los resultados de concentración de metales pesados con los diferentes NGR publicados cumple los requisitos establecidos por el RD 777/2012 en relación a la valoración de los riesgos por la presencia de sustancias potencialmente dañinas.

Existen Niveles Genéricos de Referencia para elementos traza en función del uso del suelo del que se trate. Se establecen tres categorías:

- *Uso industrial del suelo*: aquel que tiene como propósito principal el de servir para el desarrollo de actividades industriales, excluidas las agrarias y las ganaderas.
- *Uso no industrial del suelo (o residencial urbano)*: aquel que tiene como propósito principal el de servir para el establecimiento de viviendas, oficinas, equipamientos y dotaciones de servicios, y para la realización de actividades de ocio, recreativas y deportivas.
- *Otros usos del suelo*: aquellos no incluidos en las categorías de industrial y no industrial, en concreto, aquellos que son aptos para el desarrollo de actividades agrícolas, forestales y ganaderas.

La actividad minera se encuadra en el marco de las actividades industriales, por lo que para la valoración de los resultados de metales pesados se utilizarán los niveles de referencia para uso industrial del suelo.

Para la realización del ensayo, el procedimiento desarrollado se ha basado en una digestión multiácida, y la posterior determinación elemental mediante espectrofotometría ICP-OES. Los ensayos analíticos se han llevado a cabo en las instalaciones de Labs & Technological Services AGQ, laboratorio acreditado para la determinación de metales en minerales por la Entidad de Acreditación Internacional (IAS), con número de expediente TL-475.

A continuación se valoran los resultados de las muestras comparando las concentraciones obtenidas con los Niveles Genéricos de Referencia (NGR) para suelos publicados en el Principado de Asturias. Quedan marcados en **negrita** aquellos umbrales que son superados.

Tabla 6. Valoración del contenido metálico		
Parámetro	MN-19/011265	NGR Asturias
	TAILINGS (mg/Kg)	Uso industrial
Aluminio	70700,14	-
Antimonio	83,63	295
Arsénico	1097,94	200
Azufre	615,78	-
Bario	1214,10	10000
Cadmio	< 5,00	200
Calcio	29419,53	-
Cobalto	< 5,00	300
Cobre	32,19	4000
Cromo	11,89	10000 (CrVI: 50)
Estroncio	320,92	-
Hierro	15973,74	-
Litio	18,71	-
Magnesio	18411,42	-
Manganeso	666,28	9635
Mercurio	< 10,0	100
Molibdeno	6,40	600
Níquel	< 5,00	6500
Plata	< 2,00	200
Plomo	28,55	800
Potasio	39065,84	-
Selenio	< 10,0	2500
Titanio	1227,79	-
Vanadio	36,02	1505
Zinc	< 50,0	10000

Para la muestra objeto de análisis, la concentración de arsénico obtenida es superior al nivel genérico establecido en el Principado de Asturias.

3.4. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 4: DETERMINACIÓN DE LA ECOTOXICIDAD Y ANALÍTICA COMPLETA DE UNA BATERÍA DE PARÁMETROS SOBRE EL LIXIVIADO-

Continuando con la evaluación del efecto sobre los ecosistemas del contenido en sustancias contaminantes, y con objeto de valorar también el potencial ecotóxico asociado a la presencia de otros productos utilizados en la extracción o el tratamiento, se procedió al estudio de la lixiviabilidad que éstas poseen, realizando la lixiviación del material, según el procedimiento establecido en la norma UNE-EN 12457-4 para obtener un lixiviado representativo, y la determinación de la ecotoxicidad mediante un ensayo de inhibición de la bioluminiscencia en *Photobacterium phosphoreum*.

Del ensayo de ecotoxicidad se han obtenido los siguientes resultados, recogidos en la Tabla 6:

Tabla 8. Determinación de ecotoxicidad			
Cód. muestra	Descripción	Ecotoxicidad (UT)	Ecotoxicidad (mg/L)
A-19/097195	TAILINGS	< 2,00	> 500.000

Para el caso que nos ocupa, como criterios de evaluación podemos utilizar por un lado el RD 9/2005, que establece que un suelo está contaminado y por tanto compromete la protección del medio ambiente cuando el lixiviado obtenido según norma DIN38414 (análoga a la norma UNE 12457-4 con una relación L/S = 10), presente una LC50-24h inferior a 10 mL de lixiviado/L de agua (equivalente a una dilución respecto del lixiviado del 1%). Según lo anterior entendemos que un suelo está contaminado si presenta una LC50-24h inferior a 10 mL de lixiviado/L de agua o una toxicidad ≥ 100 U.T. (antiguo índice Equitox/m3).

Otro criterio de comparación lo constituye la legislación de residuos, en concreto la *Orden de 13 de octubre de 1989 (Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo), sobre métodos de caracterización de los residuos tóxicos y peligrosos (BOE núm. 270, de 10 de noviembre de 1989)*, en la que se establece que un residuo será clasificado como peligroso si presenta una EC₅₀ para el ensayo de Inhibición de la bioluminiscencia igual o inferior a 3000 mg/l.

La dosis obtenida para la muestra es superior al umbral normativo de 3000 mg/l, por lo que no presentan una toxicidad superior a lo establecido para suelo contaminado y residuo peligroso.

Además, sobre este lixiviado se ha analizado una batería completa de parámetros de cara a valorar la movilidad de los diferentes elementos. Se presentan en la Tabla 9 los resultados analíticos obtenidos

Tabla 9. Resultados del ensayo UNE-EN 12457-4		
Parámetro	Ud.	TAILINGS
		A-19/097195
Antimonio disuelto	µg/l	68,89
Arsénico Disuelto	µg/l	146,69
Bario disuelto	µg/l	< 5,00

Tabla 9. Resultados del ensayo UNE-EN 12457-4

Parámetro	Ud.	TAILINGS
		A-19/097195
Cadmio Disuelto	µg/l	< 0,50
COD	mg/l	1,96
Cloruros	mg/l	14,78
Cobre Disuelto	µg/l	< 2,50
Conductividad Eléctrica	µS/cm a 25°C	159,8
Cromo disuelto	µg/l	< 5,00
Fenoles	mg/l	< 0,20
Fluoruros	mg/l	< 0,20
Mercurio Disuelto	µg/l	< 1,00
Molibdeno Disuelto	µg/l	11,53
Níquel Disuelto	µg/l	< 5,00
pH	-	9,125
Plomo Disuelto	µg/l	< 2,50
Selenio disuelto	µg/l	< 5,00
Sulfatos	mg/l	53,74
Zinc Disuelto	µg/l	< 50,0

A continuación se valoran los resultados de la muestra, con los valores límites para los residuos admisibles en vertedero para residuos inertes, publicados en la Orden AAA/661/2013, de 18 de abril, por la que se modifican los anexos I, II y III del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero. Quedan marcados en negrita aquellos umbrales que son superados.

Para ello, se tienen en cuenta el volumen de eluato recogido y la masa inicial del ensayo, comparando las concentraciones obtenidas con los valores límites de lixiviación calculados en términos de liberación total para las proporciones entre líquido y sólido (L/S) de 10 l/Kg (ensayo UNE-EN 12457/Parte 4) para los residuos admisibles en vertedero para residuos inertes, publicados en la Orden AAA/661/2013, de 18 de abril, por la que se modifican los anexos I, II y III del Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

Tabla 10. Valoración del ensayo UNE-EN 12457-4

Parámetro	Ud.	TAILINGS	Orden AAA/661/2013 L/S =10 l/Kg (mg/Kg)
		A-19/097195	
Antimonio disuelto	mg/Kg	0,69	0,06
Arsénico disuelto	mg/Kg	1,47	0,5
Bario disuelto	mg/Kg	< LC	20
Cadmio disuelto	mg/Kg	< LC	0,04
Cromo disuelto	mg/Kg	< LC	0,5
Cobre disuelto	mg/Kg	< LC	2
Mercurio disuelto	mg/Kg	< LC	0,01
Molibdeno disuelto	mg/Kg	0,12	0,5
Níquel disuelto	mg/Kg	< LC	0,4
Plomo disuelto	mg/Kg	< LC	0,5
Selenio disuelto	mg/Kg	< LC	0,1
Zinc disuelto	mg/Kg	< LC	4
Cloruros	mg/Kg	147,8	800
Fluoruros	mg/Kg	< LC	10
Sulfatos	mg/Kg	537,4	1000
Fenoles	mg/Kg	< LC	1
COD	mg/Kg	19,6	500

De la valoración de los parámetros analizados en el eluato, se concluye que la muestra TAILING no cumplirían los criterios para admisión en vertedero de residuos inertes para Sb y As.

3.5. CONJUNTO ANALÍTICO Nº 5: DIFRACCIÓN DE RAYOS X Y MINERALOGÍA EN LÁMINA DELGADA.

Para completar la caracterización de la muestra, se realizó una evaluación de las fases minerales en que pudieran encontrarse los metales tóxicos mediante la realización de un ensayo mineralógico por difracción de rayos X y microscopía en lámina delgada, realizado por la empresa ESCORSA, especializada en servicios de consultoría en geología aplicada y laboratorio geológico.

A continuación se presenta un cuadro resumen de las distintas fases minerales detectadas en el ensayo de difracción de rayos X.

Referencia muestra	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Fase 6	Fase 7
L-19-1569	Albita	Moscovita	Dolomita	Cuarzo	Ortoclasa	Clinocloro	Pirita
	37.2%	21.6%	15.5%	11.8%	10.1%	3.3%	0.5%

La muestra está compuesta principalmente por albita y moscovita con proporciones menores de dolomita, cuarzo y ortoclasa. También se han identificado pequeñas cantidades de clinocloro y pirita.

El informe completo de los ensayos de mineralogía mediante difracción de Rayos X y microscopía en lámina delgada pueden consultarse en el anexo II.

4. CONCLUSIONES.

El presente informe 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 tailing.

Los resultados de los diferentes conjuntos analíticos que comprenden la caracterización se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 11. Resumen de las conclusiones de la caracterización de residuos	
Características	TAILINGS
Inflamabilidad	Conforme
Degradabilidad	No evaluable. Se espera baja degradabilidad.
S sulfuro (%)/NPR	Conforme
Contenido metálico total	No Conforme
Ecotoxicidad	Conforme
Admisión Vertedero de Inertes (Lixiviabilidad)	No Admisible
Carácter	No Inerte

5. CERTIFICACIÓN.

AGQ MINING & BIOENERGY S.L.,

CERTIFICA

Que los resultados reflejados en el presente informe se corresponden con el día y horas indicados, empleando los procedimientos y equipos descritos y siendo desarrollados sobre la instalación referenciada por personal de AGQ MINING & BIOENERGY S.L.

Elaborado por:



Daniel Marino Pascual
Ldo. Ciencias Ambientales

El informe tiene validez siempre y cuando no varíen las condiciones de funcionamiento de la instalación y los requisitos de referencia sigan siendo aplicables.

El informe no deberá reproducirse parcialmente sin la aprobación por escrito de LABS AND TS AGQ, SL Y del CLIENTE.

Los resultados obtenidos únicamente atañen al ítem inspeccionado.

ANEXO I: INFORMES ANALÍTICOS

Nº de Referencia: MN-19/011265	Registrada en: AGQ Mining	Cliente: EXPLORACIONES MINERAS DEL CANTABRICO
Análisis: 129469MN-6	Centro Análisis: AGQ Mining	Domicilio: C/ AMOR DE DIOS Nº 7 BAJO
Tipo Muestra: MINERAL	Fecha Recepción: 31/10/2019	Contrato: MI19-0160
Fecha Inicio: 31/10/2019	Fecha Fin: 03/12/2019	Cliente 3º: ----
Descripción: MUESTRA DE TAILING		

Fecha/Hora Muestreo: 31/10/2019	Muestreado por: Cliente
---------------------------------	-------------------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



P.A.

Miguel Angel Mejias Martin

FECHA EMISIÓN: 03/12/2019

OBSERVACIONES:

Nº de Referencia: MN-19/011265
 Descripción: MUESTRA DE TAILING

Tipo Muestra: MINERAL
 Fecha Fin: 03/12/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Análisis mineralógicos				
Difracción Rayos X	Ver anexo adjunto		-	
Mineralogía en Lámina Delgada	Ver Anexo		-	
Ensayos de Lixiviación				
Lixiviación UNE-EN 12457-4:2003	0,00		-	
Especiación de carbono				
Carbono Inorgánico	1,40	%	-	
Carbono Orgánico	< 0,10	%	-	
Carbono Total	1,47	%	-	
Metales digestión 4 ácidos				
Aluminio	70.700	mg/kg	-	
Antimonio	83,6	mg/kg	-	
Arsénico	1.098	mg/kg	-	
Azufre	616	mg/kg	-	
Bario	1.214	mg/kg	-	
Cadmio	< 5,00	mg/kg	-	
Calcio	29.420	mg/kg	-	
Cobalto	< 5,00	mg/kg	-	
Cobre	32,2	mg/kg	-	
Cromo	11,9	mg/kg	-	
Estroncio	321	mg/kg	-	
Hierro	15.974	mg/kg	-	
Litio	18,7	mg/kg	-	
Magnesio	18.411	mg/kg	-	
Manganeso	666	mg/kg	-	
Molibdeno	6,40	mg/kg	-	
Níquel	< 5,00	mg/kg	-	
Plata	< 2,00	mg/kg	-	
Plomo	28,5	mg/kg	-	
Potasio	39.066	mg/kg	-	
Titanio	1.228	mg/kg	-	
Vanadio	36,0	mg/kg	-	
Zinc	< 50,0	mg/kg	-	
Metales Digestión Agua-Regia				
Mercurio	< 10,0	mg/kg	-	
Selenio	< 10,0	mg/kg	-	
Especiación de azufre				
Azufre Total	< 0,10	%	-	
Sulfatos	0,18	%	-	
Sulfuros	< 0,10	%	-	
Norma Europea de Ratio de Potencial de Neutralización				
Potencial de Acidez	< 3,13	Kg CaCO3/Ton	-	

Nº de Referencia: MN-19/011265
Descripción: MUESTRA DE TAILING

Tipo Muestra: MINERAL
Fecha Fin: 03/12/2019

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Norma Europea de Ratio de Potencial de Neutralización				
Potencial de Neutralización (EN15875)	127	Kg CaCO ₃ /Ton	-	
Parámetros Físicos				
Inflamabilidad de Sólidos	No Inflamable		-	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

Nº de Referencia: MN-19/011265
 Descripción: MUESTRA DE TAILING

Tipo Muestra: MINERAL
 Fecha Fin: 03/12/2019

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango
Análisis mineralógicos				
Difracción Rayos X	PS-4049	Subcontrat		0,00 - 0,00
Mineralogía en Lámina Delgada	PS-4049	Subcontrat		0,00 - 0,00
Ensayos de Lixiviación				
Lixiviación UNE-EN 12457-4:2003	UNE 12457:2003	Lixiv.(c/agua)/Filt.		0,00 - 0,00
Especiación de carbono				
Carbono Inorgánico	PE-327	Volumetría		0,01 - 10,0 %
Carbono Orgánico	PE-327	Volumetría		0,10 - 100 %
Carbono Total	PE-327	Volumetría		0,10 - 100 %
Metales digestión 4 ácidos				
Aluminio	PE-4043	Espect ICP-OES		500 - 150.000 mg/kg
Antimonio	PE-4043	Espect ICP-OES		10,0 - 10.000 mg/kg
Arsénico	PE-4043	Espect ICP-OES		10,0 - 10.000 mg/kg
Azufre	PE-4043	Espect ICP-OES		500 - 200.000 mg/kg
Bario	PE-4043	Espect ICP-OES		50,0 - 10.000 mg/kg
Cadmio	PE-4043	Espect ICP-OES		5,00 - 2.500 mg/kg
Calcio	PE-4043	Espect ICP-OES		500 - 200.000 mg/kg
Cobalto	PE-4043	Espect ICP-OES		5,00 - 10.000 mg/kg
Cobre	PE-4043	Espect ICP-OES		5,00 - 10.000 mg/kg
Cromo	PE-4043	Espect ICP-OES		5,00 - 10.000 mg/kg
Estroncio	PE-4043	Espect ICP-OES		5,00 - 10.000 mg/kg
Hierro	PE-4043	Espect ICP-OES		500 - 200.000 mg/kg
Litio	PE-4043	Espect ICP-OES		10,0 - 10.000 mg/kg
Magnesio	PE-4043	Espect ICP-OES		500 - 200.000 mg/kg
Manganeso	PE-4043	Espect ICP-OES		25,0 - 10.000 mg/kg
Molibdeno	PE-4043	Espect ICP-OES		5,00 - 10.000 mg/kg
Níquel	PE-4043	Espect ICP-OES		5,00 - 10.000 mg/kg
Plata	PE-4043	Espect ICP-OES		2,00 - 100 mg/kg
Plomo	PE-4043	Espect ICP-OES		10,0 - 10.000 mg/kg
Potasio	PE-4043	Espect ICP-OES		500 - 200.000 mg/kg
Titanio	PE-4043	Espect ICP-OES		100 - 10.000 mg/kg
Vanadio	PE-4043	Espect ICP-OES		5,00 - 10.000 mg/kg
Zinc	PE-4043	Espect ICP-OES		50,0 - 10.000 mg/kg
Metales Digestión Agua-Regia				
Mercurio	PE-4042	Espect ICP-OES		10,0 - 1.000 mg/kg
Selenio	PE-4042	Espect ICP-OES		10,0 - 500 mg/kg
Especiación de azufre				
Azufre Total	PE-4408	Combust IR TOC		0,10 - 49,4 %
Sulfatos	PE-4417	Combust IR TOC		0,10 - 49,4 %
Sulfuros	PE-4417	Combust IR TOC		0,10 - 49,4 %
Norma Europea de Ratio de Potencial de A				
Potencial de Acidez	PE-4407	Volumetría		3,13 - 1.562 Kg CaCO3/Ton
Potencial de Neutralización (EN15875)	PE-4407	Volumetría		0,25 - 750 Kg CaCO3/Ton

(1) El rango mínimo se corresponde con el límite de Determinación, a partir del cual cuantificamos. Para los parámetros de radiactividad el valor del rango corresponde al AMD.

Nº de Referencia: MN-19/011265
Descripción: MUESTRA DE TAILING

Tipo Muestra: MINERAL
Fecha Fin: 03/12/2019

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango
Parámetros Físicos				
Inflamabilidad de Sólidos	PE-1026	Análisis Físico		0,00 - 0,00

(1) El rango mínimo se corresponde con el límite de Determinación, a partir del cual cuantificamos. Para los parámetros de radiactividad el valor del rango corresponde al AMD.

Nº de Referencia: A-19/097195	Registrada en: AGQ Mining	Cliente: EXPLORACIONES MINERAS DEL CANTABRICO
Análisis: 129469A-8	Centro Análisis: AGQ España	Domicilio: C/ AMOR DE DIOS Nº 7 BAJO
Tipo Muestra: ELUATO	Fecha Recepción: 05/11/2019	Contrato: MI19-0160
Fecha Inicio: 05/11/2019	Fecha Fin: 27/11/2019	Cliente 3º: ----
Descripción: LIX UNE MN-19/011265		

Fecha/Hora Muestreo: 04/11/2019	Muestreado por: Personal AGQ
---------------------------------	------------------------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Lorena García García

FECHA EMISIÓN: 27/11/2019

OBSERVACIONES:

Nº de Referencia: A-19/097195
 Descripción: LIX UNE MN-19/011265

Tipo Muestra: ELUATO
 Fecha Fin: 27/11/2019

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Mediciones In Situ				
* Conductividad eléctrica in situ	160	µS/cm a 25°C	-	
* pH in situ	9,13		-	
Parámetros Físico-Químicos				
Carbono Orgánico Disuelto	1,96	mg/L	±24%	
Toxicidad	< 2,00	UT	±30%	
Aniones -				
Cloruros	14,8	mg/L	±18%	
Fluoruros	< 0,20	mg/L	±14%	
*2 Sulfatos	53,7	mg/L	±18%	
Metales Disueltos				
Antimonio Disuelto	69	µg/L	±30%	
Arsénico Disuelto	147	µg/L	±30%	
Bario Disuelto	< 5	µg/L	±30%	
Cadmio Disuelto	< 0,50	µg/L	±30%	
Cobre Disuelto	< 2,50	µg/L	±30%	
Cromo Disuelto	< 5,00	µg/L	±30%	
Mercurio Disuelto	< 1,00	µg/L	±30%	
Molibdeno Disuelto	11,5	µg/L	±30%	
Níquel Disuelto	< 5,00	µg/L	±30%	
Plomo Disuelto	< 2,50	µg/L	±30%	
Selenio Disuelto	< 5,00	µg/L	±30%	
Zinc Disuelto	< 50,0	µg/L	±30%	
Compuestos Fenólicos				
Fenoles	< 0,20	mg/L	±12%	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres están indicadas a lo largo del informe. El cliente proporciona todos los datos asociados a la Toma de Muestras, cuando esta ha sido realizada por él. A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. Para los parámetros de radiactividad el valor inferior del rango corresponde al AMD.

(2) Ensayo cubierto por la Acreditación nº TL-475 emitida por IAS.

Nº de Referencia: A-19/097195
 Descripción: LIX UNE MN-19/011265

Tipo Muestra: ELUATO
 Fecha Fin: 27/11/2019

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref Norma	Rango
Mediciones In Situ				
* Conductividad eléctrica in situ	PE-000			70,0 - 30.000 µS/cm a 25°C
* pH in situ	PE-000			2,00 - 12,0
Parámetros Físico-Químicos				
Carbono Orgánico Disuelto	PE-376	Combust IR TOC		1,00 - 3.000 mg/L
Toxicidad	PE-364	Luminiscencia		2,00 - 30.000 UT
Aniones -				
Cloruros	PE-336	Analiz Flujo Segmentado		10,0 - 100.000 mg/L
Fluoruros	PE-390	Electrometría		0,20 - 1.000 mg/L
*2 Sulfatos	PE-2104	Espect UV-VIS		20,0 - 100.000 mg/L
Metales Disueltos				
Antimonio Disuelto	PE-303	Espect ICP-MS		0,5 - 20.000 µg/L
Arsénico Disuelto	PE-303	Espect ICP-MS		2,50 - 20.000 µg/L
Bario Disuelto	PE-303	Espect ICP-MS		5 - 20.000 µg/L
Cadmio Disuelto	PE-303	Espect ICP-MS		0,50 - 20.000 µg/L
Cobre Disuelto	PE-303	Espect ICP-MS		2,50 - 20.000 µg/L
Cromo Disuelto	PE-303	Espect ICP-MS		5,00 - 20.000 µg/L
Mercurio Disuelto	PE-303	Espect ICP-MS		1,00 - 20.000 µg/L
Molibdeno Disuelto	PE-303	Espect ICP-MS		0,50 - 20.000 µg/L
Níquel Disuelto	PE-303	Espect ICP-MS		5,00 - 20.000 µg/L
Plomo Disuelto	PE-303	Espect ICP-MS		2,50 - 20.000 µg/L
Selenio Disuelto	PE-303	Espect ICP-MS		5,00 - 20.000 µg/L
Zinc Disuelto	PE-303	Espect ICP-MS		50,0 - 20.000 µg/L
Compuestos Fenólicos				
Fenoles	PE-377	Espect UV-VIS		0,20 - 50,0 mg/L

Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.

(1) El rango mínimo se corresponde con el límite de Determinación, a partir del cual cuantificamos. Para los parámetros de radiactividad el valor del rango corresponde al AMD.

ANEXO II: DIFRACCIÓN DE RAYOS X y MINERALOGÍA LÁMINA DELGADA

REPORTE 191108: ANÁLISIS DE DIFRACCIÓN DE RAYOS X

**DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN MINERALÓGICA DE UNA MUESTRA
MEDIANTE DIFRACCIÓN DE RAYOS X**

25 DE NOVIEMBRE DE 2019

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	METODOLOGIA	4
2.1	DIFRACCIÓN DE RAYOS X	4
2.2	DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE POLVO CRISTALINO	5
2.2.1	Condiciones de medida	6
3	RESULTADOS	7
3.1	L-19-1525 M1	7
4	CONCLUSIONES	10
5	ANEJO	11

1 INTRODUCCIÓN

AGQ ha solicitado a ESCORSA Geology S.L. el análisis de dos muestras con referencia 191108 (L-19-1569) que corresponden a las muestras MN-19/011265 (Tabla 1; Figura 1). La muestra ha sido facilitada por el cliente, en forma de polvo, dentro de sendas bolsas de tipo kraft. La orden de pedido del cliente es la referencia OT19747762.

El objetivo principal será caracterizar su composición mineralógica. Por este motivo se han realizado dos analíticas de Difracción de Rayos X sobre una preparación de polvo de cada muestra.

Tabla 1. Relación de la muestra facilitada para su estudio.

Referencia Laboratorio	Referencia AQGM&B	Ensayo realizado
L-19-1569	MN-19/011265	Difracción de Rayos X

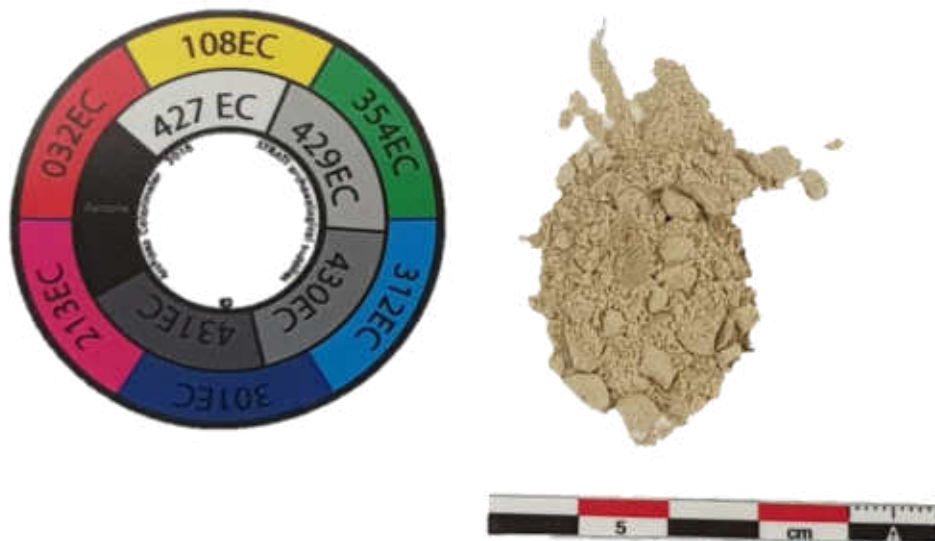


Figura 1. Aspecto de la muestra facilitada para su estudio.

2 METODOLOGIA

2.1 DIFRACCIÓN DE RAYOS X

La distribución regular en el espacio de los componentes del mineral se describe mediante la red cristalina que pone de manifiesto la repetición periódica de la celda del mineral. La celda es una unidad en forma de paralelepípedo que repetida e idénticamente rellena todos los espacios del cristal.

La red periódica cristalina está formada por planos reticulares regularmente espaciados. La red cristalina contiene planos reticulares en orientaciones diversas que se denotan mediante tres números enteros h , k , l . El espaciado que corresponde a cada sucesión de planos paralelo hkl se indica mediante el símbolo d_{hkl} . La ley de Bragg de la difracción permite obtener para cada mineral los valores de sus espaciados (por ejemplo d_{100} , d_{200} , d_{573} , etc) y de este modo permite su identificación. La ley de Bragg establece que los rayos X se reflejan sobre los planos reticulares de los cristales según un ángulo (ángulo θ) que depende del espaciado d_{hkl} ;

Ley de Bragg: $n\lambda = 2d_{hkl}\sin\theta$, con λ como la longitud de onda de los rayos X (figura 2):

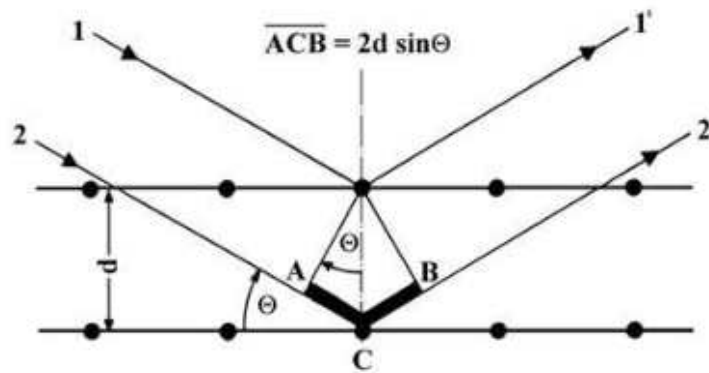


Figura 2. Esquema básico del funcionamiento de la ley de Bragg.

Cada mineral está caracterizado por una serie de valores de d_{hkl} . Estos valores son conocidos y tabulados en una base de datos específica. De esta manera, mediante los valores obtenidos en la experiencia de difracción y contrastando con la base de datos, se puede identificar el mineral o conjunto de fases cristalinas presentes en la muestra.

2.2 DIFRACCIÓN DE RAYOS X DE POLVO CRISTALINO

El método de polvo cristalino permite obtener una lista de espaciados e intensidades de forma rápida y sencilla. La muestra de mineral o de roca a identificar se pulveriza y el polvo obtenido se dispone en un portamuestras (figura 3). Una ventaja importante es que con pocos mm^3 de muestra se puede realizar el análisis perfectamente.



Figura 3. Muestras facilitadas preparadas en los portamuestras antes de ser analizadas por difracción de rayos X.

El resultado de la pulverización realizada es la obtención de un número elevado de cristales pequeños. Cada cristal puede reflejar los rayos X si está en orientación adecuada respecto al haz de rayos X. El elevado número de cristales en la muestra permite que todos los planos reticulares puedan producir reflexiones de Bragg porque para cada plano reticular d_{hkl} siempre habrá un cierto número de cristales en la orientación adecuada respecto al haz de rayos X. La muestra se prepara sobre un portamuestras de carga superior, aplicando un cierto grado de presión de tal forma que se obtenga una superficie plana de $1-2 \text{ cm}^2$, enrasada a la misma altura del plano del portamuestras, y evitando la orientación preferente de los cristales.

El instrumento para la medida del difractograma es el difractómetro de polvo. Consiste en una fuente productora de rayos X, un portamuestras montado sobre un goniómetro giratorio y un detector. El difractograma es un gráfico que en abscisas indica el ángulo de difracción y en ordenadas la intensidad correspondiente. Los máximos o picos de intensidad corresponden a reflexiones de Bragg. Una vez obtenido el difractograma y extraídos los datos de difracción de la muestra problema, la identificación consiste en encontrar en la base de datos el mineral problema.

2.2.1 Condiciones de medida

La difracción de rayos X se ha llevado a cabo con un difractómetro BRUKER D2 PHASER (figura 4) con radiación $\text{Cu K}\alpha_1$ $\lambda^\circ = 1,54060 \text{ \AA}$ y condiciones de 30 kV y 10 mA. Está equipado con un detector LYNXEYE con amplitud de 5.7° (posición inicial y final de 2θ de $3^\circ - 70^\circ$). El equipo utilizado se encuentra en el laboratorio de GEOMAR Ingeniería del Terreny.

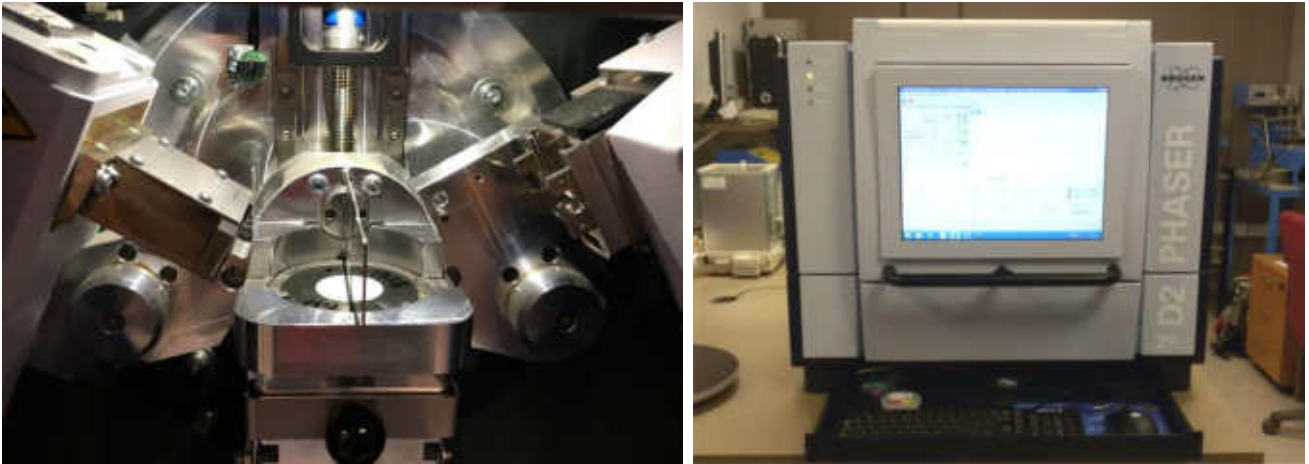


Figura 4. Difractómetro BRUKER D2 PHASER en el laboratorio de GEOMAR Ingeniería del Terreny.

La muestra ha sido molturada de manera que la fracción más gruesa, en este caso el árido, se ha separado con un tamiz de 63 micras para obtener el máximo polvo correspondiente a la pasta de cemento del hormigón. El polvo correspondiente a esta pasta se ha molturado con el fin de obtener un tamaño de grano impalpable para ser ensayadas en DRX.

3 RESULTADOS

Se trata de una muestra pulverulenta de color gris claro y de tamaño de grano muy fino. No presenta afinidad magnética. Con buena selección de grano.

3.1 L-19-1525 M1

En el análisis de difracción de rayos X de la muestra L-19-1569 se observa poco ruido de fondo y la presencia de abundantes picos. Se han identificado las siguientes fases minerales ordenadas de mayor a menor relevancia:

- **Albita** [$\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$]: representada por su pico característicos en el espaciado reticular de 3.176 Å de intensidad relativa del 100%.
- **Moscovita** [$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$]: con dos picos característicos a 3.32 y 9.95 Å de intensidades relativas del 100 y 95% respectivamente.
- **Dolomita** [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]: muestra dos bandas características en 2.883 y 1.785 Å de intensidades relativas 100 y 60% respectivamente.
- **Cuarzo** [SiO_2]: muestra dos bandas características en 3.341 y 4.257 Å, de intensidades relativas 100 y 22% respectivamente.
- **Clinocloro** [$\text{Mg}_5\text{Al}(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_8$]: con dos bandas de localizadas a 7.16 y 4.77 Å de intensidades 100 y 70% respectivamente.
- **Ortoclasa** [$\text{K}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$]: con tres picos principales en los espaciados de 3.32, 3.24 y 3.78 Å de intensidades relativas de 100, 73 y 69% respectivamente.

Se ha detectado en cantidades minoritarias de:

- **Pirita:** con un pico característico en el espaciado de 2.70 Å de intensidad relativa del 100%.
- **Halloysita:** mineral secundario producto de la alteración de feldespatos, con 3 picos de intensidad de 100% a 3,03, 3,35 y 4,49 Å.
- **Calcita:** en muy baja proporción, con pico principal de intensidad 100% a 3,067 Å.

En el difractograma siguiente se han indicado los picos de mayor intensidad, que corresponden a los espaciados d indicados (figura 5).

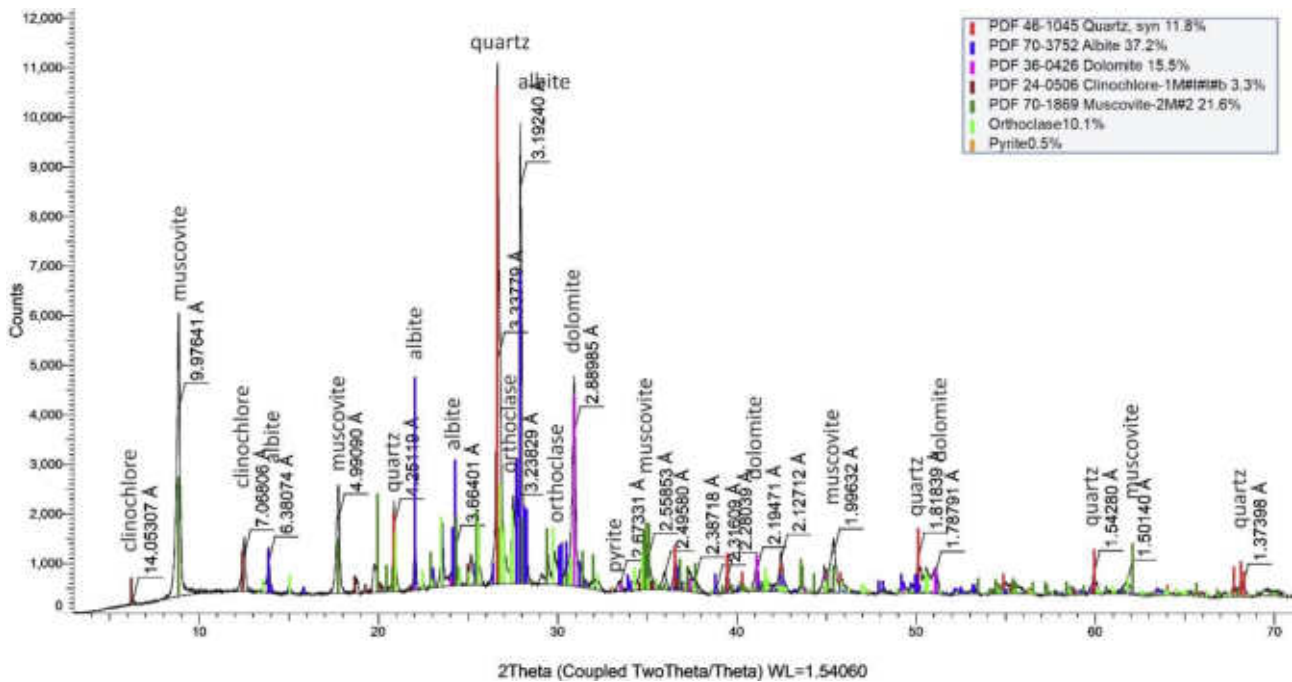


Figura 5. Difractograma interpretado indicando las fases principales de la muestra L-19-1569.

Mediante el software DIFRAC.EVA de BRUKER se ha realizado el análisis semicuantitativo de la muestra. El programa utiliza el parámetro RIR conocido también como la relación $I/I_{\text{corindón}}$. Este parámetro se obtiene de la relación de intensidades del pico de mayor intensidad de la fase y el pico más intenso del corindón tabulado y aceptado para muchas de las fases en la base de datos PDF-2 utilizada. Este método se ve limitado cuando la muestra contiene fases amorfas o no identificadas.

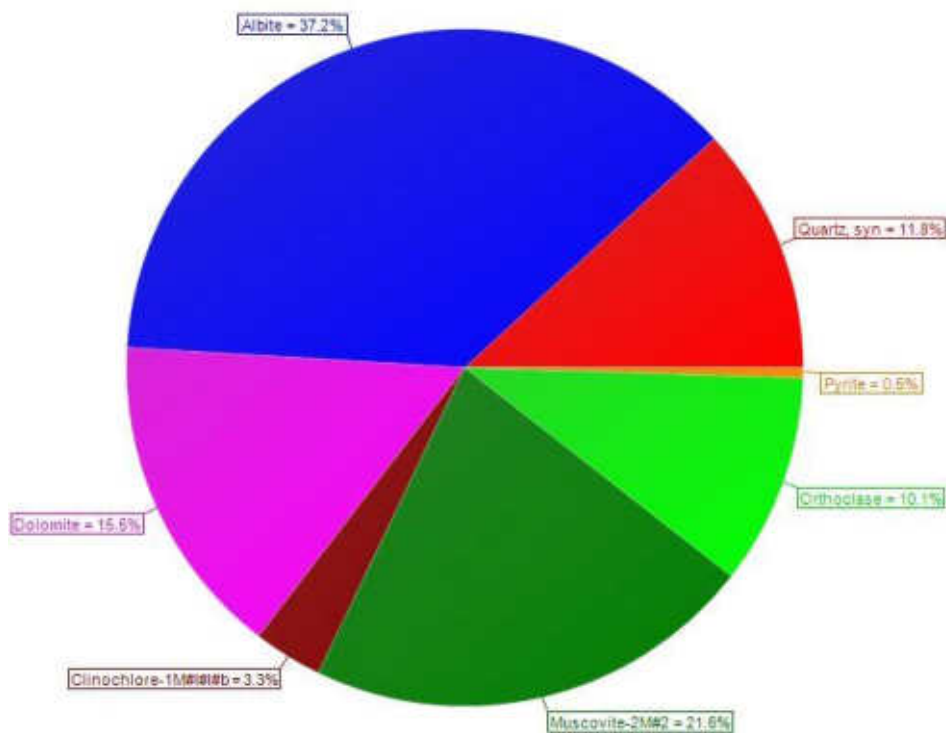


Figura 6. Proporción de las fases presentes en la muestra L-19-1569.

Tabla 2. Proporción de fases minerales presentes en la muestra.

Fase mineral	Proporción relativa (%)
Albita	37.2%
Moscovita	21.6%
Dolomita	15.5%
Cuarzo	11.8%
Ortoclasa	10.1%
Clinocloro	3.3%
Pirita	0.5%

4 CONCLUSIONES

Se han analizado las muestras con referencia L-19-1569 con el objetivo de identificar su composición mineralógica. La muestra se ha preparado para su análisis mediante Difracción de Rayos X con el método de polvo cristalino procurando separar la mayor cantidad de árido posible.

- Los resultados obtenidos se detallan en la tabla 3:

Tabla 3. Resultados de los análisis de Difracción de Rayos X realizados.

Referencia muestra	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	Fase 6	Fase 7
	Albita	Moscovita	Dolomita	Cuarzo	Ortoclasa	Clinocloro	Pirita
L-19-1569	37.2%	21.6%	15.5%	11.8%	10.1%	3.3%	0.5%

- La muestra está compuesta principalmente por albita y moscovita con proporciones menores de dolomita, cuarzo y ortoclasa. También se han identificado pequeñas cantidades de clinocloro y pirita.

Quedamos a su disposición para cualquier consulta.



Dr. Joan Martinez Bofill
Geólogo, col.4215
Doctor en Ingeniería el Terreno



MSc. Joana Lluch Cabré
Geóloga
Máster en Recursos Minerales

Barcelona, 25 de noviembre de 2019

5 ANEJO

Tabla 4. Lista de picos de difracción de la muestra

Angle ^o	d Value	Net Intensity	Rel. Intensity	Angle ^o	d Value	Net Intensity	Rel. Intensity
6.28433	14.05307	55.32819	0.00691193	38.8516	2.316094	83.09369	0.01038056
8.856671	9.976414	3800.032	0.4747225	39.48499	2.280388	309.6931	0.0386887
12.51342	7.068059	740.1331	0.09246181	40.29291	2.236507	178.0296	0.02224051
13.86763	6.380738	637.7944	0.07967706	41.09452	2.194712	385.2607	0.04812904
14.99937	5.901745	61.31555	0.0076599	41.7474	2.161887	129.2765	0.01614998
15.86075	5.583113	63.78595	0.00796852	42.46256	2.127116	655.9188	0.08194126
17.75714	4.990901	1505.942	0.1881313	43.25484	2.089972	59.92712	0.00748645
18.80884	4.714139	174.9689	0.02185815	43.55253	2.076374	63.22375	0.00789829
19.78572	4.483537	360.241	0.04500344	44.94239	2.015337	335.558	0.04191989
20.87892	4.251186	1374.318	0.171688	45.3943	1.996319	789.697	0.09865364
21.65911	4.099784	66.74347	0.00833799	45.78597	1.980149	337.498	0.04216225
22.0419	4.029441	754.1272	0.09421004	47.08641	1.928447	76.79294	0.00959343
22.4971	3.948931	79.04556	0.00987484	48.16686	1.887683	137.7172	0.01720445
23.06062	3.853692	231.0236	0.02886084	49.19728	1.85053	121.5924	0.01519004
23.56529	3.77229	899.2841	0.1123439	50.12614	1.818394	718.037	0.08970144
24.27216	3.664008	714.864	0.08930504	50.57985	1.803141	401.3752	0.05014217
25.17831	3.534158	423.3118	0.05288262	51.04152	1.787911	349.5016	0.04366182
25.62066	3.474134	284.8577	0.03558612	52.22813	1.750047	55.40738	0.00692182
26.68617	3.33779	4585.476	0.5728448	53.28077	1.717927	73.54532	0.00918772
27.52201	3.238291	1296.905	0.1620171	54.92999	1.670184	94.94107	0.0118606
27.92561	3.192398	8004.743	1	57.71017	1.596159	71.05441	0.00887654
29.10587	3.065573	173.8034	0.02171255	58.7371	1.570677	120.4124	0.01504263
29.45862	3.029663	368.7694	0.04606886	59.90559	1.542802	373.7219	0.04668755
29.85143	2.990684	503.2633	0.06287064	59.93664	1.542077	408.8285	0.05107328
30.09287	2.967237	315.9527	0.03947068	60.69094	1.524704	60.49979	0.00755799
30.49153	2.929343	580.77	0.07255323	61.73512	1.501397	187.4579	0.02341836
30.91854	2.889854	3125.882	0.3905038	63.45463	1.464791	89.52072	0.01118346
31.20928	2.863592	373.837	0.04670193	64.0018	1.453581	94.53287	0.01180961
32.01716	2.793155	179.082	0.02237199	65.29829	1.427821	46.74896	0.00584016
32.30367	2.769033	131.001	0.01636542	66.00526	1.414231	86.54861	0.01081217
33.4938	2.673312	120.4816	0.01505128	67.26031	1.39086	49.83835	0.0062261
33.96349	2.637408	87.83102	0.01097237	67.75864	1.381839	183.7194	0.02295132
34.62769	2.588325	298.6612	0.03731052	68.1995	1.373977	152.0516	0.01899519
35.04398	2.558526	633.9615	0.07919823	69.4653	1.352001	114.811	0.01434287
35.95443	2.495798	277.038	0.03460923	69.57602	1.35012	76.71268	0.0095834
36.53678	2.457343	616.0367	0.07695896	69.58979	1.349887	68.46735	0.00855335
37.34213	2.406175	365.2581	0.04563021				
37.65036	2.387182	210.1407	0.02625203				

**REPORTE 191107: CARACTERIZACIÓN
MINERALÓGICA DE 1 MUESTRA EN LÁMINA
DELGADA**

OT19747769

30 DE NOVIEMBRE DE 2019

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	3
2	METODOLOGÍA.....	4
2.1	CARACTERIZACIÓN MEDIANTE LÁMINA DELGADA.....	4

1 INTRODUCCIÓN

AGQ MINING & BIOENERGY, S.L. ha solicitado a ESCORSA Geology, SLP el análisis petrográfico de 1 muestras con referencia 191107 (L-19-1569) m1 (Tabla 1) con el objetivo de caracterizar su mineralogía y estimar la composición modal de los minerales que constituyen la muestra. Por este motivo se ha realizado una lámina delgada de las muestras facilitadas.

Las muestras han sido facilitadas por el cliente y tienen el número de referencia de pedido OT19747769.

Tabla 1. Relación de muestras facilitadas para su estudio.

Referencia AGQ	Referencia ESCORSA	Ensayo realizado
MN-19/011265	191107 (L-19-1569) m1	• Lámina delgada

2 METODOLOGÍA

2.1 CARACTERIZACIÓN MEDIANTE LÁMINA DELGADA

Se ha procedido a realizar una caracterización mineralógica, petrográfica y textural de las muestras, lo cual ha comportado:

- La descripción a visu
- La caracterización mineralógica, petrográfica y textural en lámina delgada mediante microscopía óptica de luz transmitida polarizada.
- La caracterización mineralógica sobre fases opacas en lámina delgada con pulimiento metalográfico mediante microscopía óptica de luz reflejada polarizada.
- La realización de un conteo modal en lámina delgada mediante un microscopio petrográfico de luz polarizada.

Previamente al análisis, se ha procedido a realizar una preparación petrográfica de cada una de las muestras. Estos trabajos se han realizado en el laboratorio mineralógico y petrográfico de Escorsa Geology, SL. Las muestras han sido incluidas y consolidadas en resina de epoxi al vacío, para poder realizar una preparación de 30 μm de espesor montada sobre un vidrio portaobjetos, mediante un equipo de la marca Buehler, modelo Petrothin (Figura 4).



Figura 4: Equipo de preparación de lámina delgada marca Buehler modelo Petrothin

Una vez realizadas las 2 láminas delgadas, se ha procedido a aplicar una fase de pulido metalográfico, mediante una pulidora marca Struers, para poder estudiar las muestras mediante microscopía óptica de luz polarizada reflejada.

Con el objetivo de clasificar las muestras petrográficamente y conocer detalladamente su composición, éstas han sido descritas en muestra de mano, y posteriormente se ha descrito su mineralogía y microtextura mediante un microscopio de luz polarizada transmitida. Para obtener datos semicuantitativos de la mineralogía y textura se han realizado conteos modales.

Para la descripción mineralógica y textural se ha utilizado un microscopio petrográfico de luz polarizada marca Motic, modelo LaboPol-BA300, equipado con una cámara fotográfica digital, y el programa de tratamiento digital de imágenes Motic Images Advanced 3.2. En cada preparación se ha llevado a cabo un conteo modelo con el objetivo de clasificar de forma precisa el relave, poder compararla, y poder establecer relaciones con sus parámetros composicionales. Para los conteos modales se ha acoplado al microscopio un equipo contador de puntos automático, marca Pelcon (Figura 5).



Figura 5: Platina de conteos modales marca Pelcon.

El método de trabajo ha consistido en la identificación de la fase mineral que queda ubicada en el cruce de la retícula del microscopio después de cada desplazamiento de la platina de conteo, con el soporte del contador, que nos permite asignar una tecla para cada componente de la roca. La platina de conteos modales está dotada de un mecanismo que permite que la lámina delgada se desplace de forma constante mediante un intervalo regular, previamente definido en función del tamaño de grano de la muestra, en direcciones x y y ortogonales. Estos desplazamientos Δx y Δy permiten recorrer toda la lámina delgada y crear una malla de puntos regulares.

Como se ha indicado el paso de malla no será constante, sino que depende del tipo de muestra, especialmente de su tamaño de grano. En este caso el paso de malla utilizado ha sido de 0,2 mm. De esta forma se garantiza la representatividad de todos los componentes de la muestra.

Se han realizado una media de 400 puntos de conteo en cada lámina delgada. El criterio ha sido el tamaño de grano, así como también la homogeneidad de la muestra.

Quedamos a su disposición para cualquier consulta.



Dr. Joan Martínez Bofill
Geólogo, col.4215
Director Técnico

Barcelona, 4 de noviembre de 2019

Referencia: L-19-1569
Cliente: AGQ Sevilla
Pedido: OT19747769

Muestra: m-1
Código cliente: MN-19/011265
Código interno: 191107
Tipo: Relave

Mineralogista: Joana Lluch Cabré

Descripción de muestra de mano

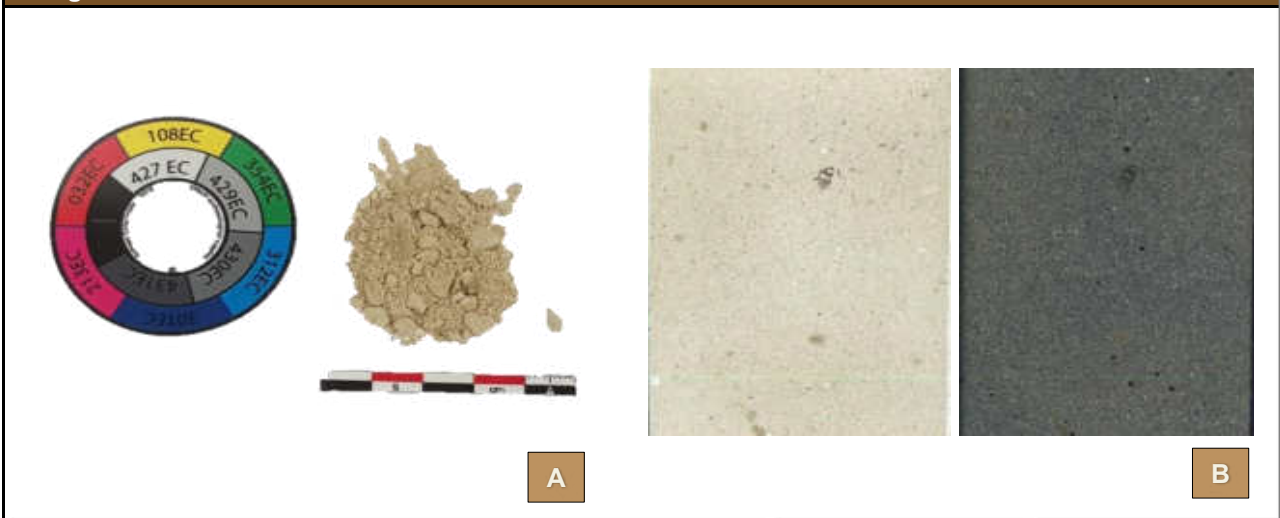
CLASIFICACIÓN (muestra de mano): Relave minero

Se trata de una muestra pulverulenta de coloración ocre claro y de tamaño de grano muy fino. Muestra de aspecto homogéneo con una buena selección respecto al tamaño de grano formado por partículas de tamaño arcilla. Se observan algunas partículas de tonalidad más oscura. No presenta carácter magnético y reacciona al ataque con ácido clorhídrico concentrado volviéndose de color verde pistacho.

Foto A: Aspecto general de la muestra de mano.

Foto B: Escaneado de alta resolución (HR) de la lámina delgada analizada. A la izquierda con luz polarizada transmitida y a la derecha con luz polarizada con analizador. La altura de la imagen es de 32 mm.

Fotografías



Características de la probeta

Tipo de probeta	Lámina delgada con pulido metalográfico para luz transmitida y reflejada.
Superficie	22 x 34 mm
Grosor	0,030 mm
Réplicas	Si
Tratamiento	No

Referencia: L-19-1569
Cliente: AGQ Sevilla
Situación: OT19747769

Muestra: m-1
Código cliente: MN-19/011265
Código interno: 191107
Tipo: Relave

Mineralogista: Dr. Joan Martinez Bofill

Descripción de la lámina delgada

CLASIFICACIÓN: Relave minero

A simple vista la lámina delgada, está formada por una fracción de tamaño limo fino, de color marrón claro. En el análisis en microscopio se observa que la muestra está formada por pequeños fragmentos de morfología angulosa, constituidos mayoritariamente por cuarzo y albita.

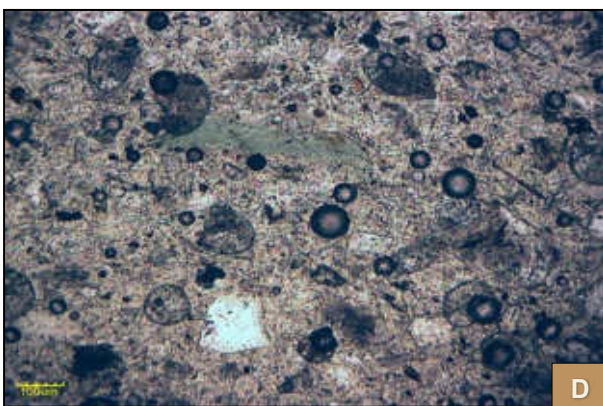
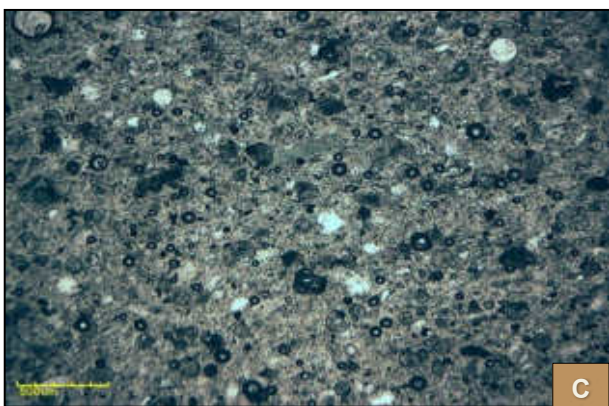
Minerales transparentes: destacan los cristales idiomórficos de **albita** de hábito prismático largo con macla de Carlsbad, fuertemente alterados a **sericita**, puntualmente se observan cristales de **ortoclasa**. También abundan los cristales de **cuarzo** hipidiomórficos y los de **clinocloro**, de tonalidades verdes y colores de interferencia de primer orden bajos. Presencia abundante de **dolomita** subidiomórfica de relieve bajo y con colores de interferencia altos, también de cristales subidiomórficos tabulares de **moscovita** con colores de interferencia de cuarto orden. En una cantidad mucho más baja encontramos pequeños fragmentos de minerales máficos, de difícil identificación debido a la escasez de secciones representativas y a su pequeño tamaño (<80 µm).

Minerales metálicos: La fracción opaca corresponde a minerales metálicos. La fase principal es **pirita**, de color blanco, alta reflectividad y comportamiento isótropo. Se distinguen pequeños cristales de **hematites**, de color gris claro, baja reflectividad y apreciable anisotropía. Ambos minerales se encuentran diseminados en la muestra en granos monominerálicos. Probablemente se encuentra esfalerita, pero no se observan reflexiones internas en general, por lo que se asigna el contenido a hematites. Se estima un grado de liberación superior al 90%. Se ha identificado la presencia de **calcopirita** en cantidades muy bajas, de color amarillo, también en granos monominerálicos.

Foto C: (PP, x4). Aspecto general de la muestra, formada mayoritariamente por albit, cuarzo y moscovita.

Foto D: (XP, x10). Detalle de un cristal de clinocloro de tonalidad verde y relieve mediano-bajo.

Fotografías



Referencia: L-19-1569
Cliente: AGQ Sevilla
Situación: OT19747769

Muestra: m-1
Código cliente: MN-19/011265
Código interno: 191107
Tipo: Relave

Mineralogista: Dr. Joan Martinez Bofill

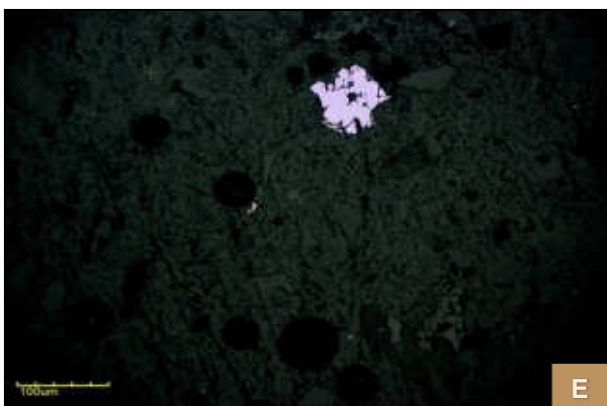
Contajes modales

Fase mineral	Porcentaje (%)	Observaciones
Minerales translúcidos:	95,6	Suma total de translúcidos
Feldespatos	40,1	Albita y ortoclasa
Moscovita	13,5	
Cuarzo	20,4	
Dolomita	5,7	
Clinocloro	11,5	
Sericita	4,4	Alteración de los feldespatos
Minerales Opacos:	4,4	Suma total de opacos
Pirita	2,2	
Calcopirita	0,2	Cantidades traza
Hematites	2,0	

Foto E: (PP, x20, luz reflejada). Cubo de pirita subidiomórfico, junto con partícula de calcopirita (Sph) a la izquierda de la pirita de color amarillo.

Foto F: (PP, x20, luz reflejada). Cristal aislado de hematites de baja reflectividad y color gris claro.

Fotografías



Preparación de las láminas delgadas

La muestra ha sido consolidada en resina epoxy, utilizando una bomba de vacío, para evitar daños en la muestra durante el proceso de preparación. Posteriormente, se ha incorporado un cinturón anular de arena de cuarzo. Éstos se distribuyen en el borde de la muestra de modo que permiten tener el control exacto del grosor de la lámina delgada.

La pieza resultante ha sido pulida con carburo de silicio hasta obtener una superficie plana, se ha montado en un vidrio, y finalmente ha sido rebajada hasta un grosor de 200 micras. La lámina resultante se desbasta y pule mediante una mezcla de carburo de silicio y agua. Este proceso se realiza en diferentes etapas, cada una de ellas con un polvo de tamaño de grano más fino y dedicando más tiempo en los últimos estadios. Entre etapas la muestra se lava en un baño ultrasónico para evitar la contaminación de los granos más gruesos, que podría resultar en la aparición de rayas en la muestra. Antes de pasar a un pulido con un polvo de grano más fino, la muestra ha sido estudiada en el microscopio óptico para determinar una posible contaminación.

Seguidamente se ha realizado el pulido con una máquina pulidora (figura A). Se han realizado tres etapas con polvo de diamante de diferentes tamaños: 6 μm , 3 μm y 1 μm . Entre cada etapa la muestra ha sido lavada con baños ultrasónicos y estudiada con el microscopio óptico para así determinar si el pulido tiene suficiente calidad.

Las láminas delgadas se han realizado en el laboratorio mineralógico y petrográfico de **GEOMAR Enginyeria del Terreny SLP**.



Foto A: Equipo de preparación de lámina delgada en las instalaciones de GEOMAR.

Descripción petrográfica

Para la descripción mineralógica y textural se ha utilizado un microscopio petrográfico de luz polarizada transmitida y reflejada, equipado con una cámara fotográfica digital, y un programa de tratamiento digital de imágenes.

Contajes modales

En cada preparación se ha llevado a cabo un conteo modelo con el objetivo de clasificar de forma precisa cada roca, poder compararlas, y poder establecer relaciones con sus parámetros composicionales. Para los conteos modales se ha acoplado al microscopio un equipo contador de puntos automático (figura B). El método de trabajo ha consistido en la identificación de la fase mineral que queda ubicada en el cruce de la retícula del microscopio después de cada desplazamiento de la platina de conteo, con el soporte del contador, que nos permite asignar una tecla para cada componente de la roca.

La platina de conteos modales está dotada de un mecanismo que permite que la lámina delgada se desplace de forma constante mediante un intervalo regular, previamente definido en función del tamaño de grano de la muestra, en direcciones x y y ortogonales. Estos desplazamientos Δx y Δy permiten recorrer toda la lámina delgada y crear una malla de puntos regulares. Como se ha indicado el paso de malla no será constante, sino que depende del tipo de muestra, especialmente de su tamaño de grano. En este caso el paso de malla utilizado ha sido de 0,2 mm. De esta forma se garantiza la representatividad de todos los componentes de la muestra.



Foto B: Platina de conteos modales

REFERENCIA: L-19-1569

GEOMAR Enginyeria del Terreny, SLP

GEOMAR es un laboratorio de ensayos para el control de la calidad en la edificación, con Declaración Responsable número L0600055 presentada el 21 de juliol de 2010 en la Secretaria d'Habitatge del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya, de acuerdo con el Decreto 257/2003 del 21 de octubre y el Real decreto 410/2010 del 31 de marzo.

La información sobre los ensayos y/o pruebas de servicio incluidos en el alcance de la actuación correspondiente a la Declaración Responsable están disponibles en la web: www.gencat.cat

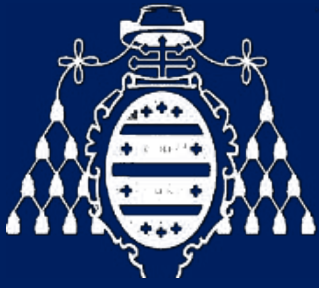


Ricard Godàs Arrabal
Responsable del àmbit
Geòleg, col. 5746



Dr. Joan Martínez i Bofill
Director de Laboratori
Geòleg, col. 4215

3. Ensayos de inertización



UNIVERSIDAD
DE OVIEDO

Departamento de
Explotación y
Prospección de
Minas



COMPORTAMIENTO ANTE ENSAYOS DE LIXIVIACIÓN DE LOS ESTÉRILES DE FLOTACIÓN PREVISTOS EN EL PROYECTO SALAVE



Julio 2021



El presente trabajo constituye una de las partes del informe final del proyecto de investigación titulado “Estudio hidrogeológico de la mineralización de Salave y áreas adyacentes”, suscrito entre Exploraciones mineras del Cantábrico y la Fundación Universidad de Oviedo y llevado a cabo entre febrero de 2020 y julio de 2021. Los autores del trabajo se relacionan a continuación:

- Rodrigo Álvarez García (Profesor titular de Universidad, Departamento de Explotación y Prospección de Minas, área de Prospección e Investigación Minera, Universidad de Oviedo).
- Almudena Ordóñez Alonso (Catedrática de Universidad, Departamento de Explotación y Prospección de Minas, área de Prospección e Investigación Minera, Universidad de Oviedo).
- Carmen Covadonga García Fernández (Maestro de laboratorio, Dra en Geología).

Oviedo, 16 de julio de 2021

Fdo. Rodrigo Álvarez García
Profesor Titular de Universidad
Departamento de Explotación y Prospección de Minas
Universidad de Oviedo



INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN Y CONSIDERACIONES PREVIAS.....	3
2. ESTUDIOS PREVIOS	4
2.1 Caracterización de los estériles.....	4
2.2 Pruebas iniciales de inertización	8
2.3 Permeabilidad de las mezclas.....	10
3. COMPORTAMIENTO DEL ESTÉRIL SIN TRATAR EN EL ENSAYO UNE-EN 12457:4.....	12
4. COMPORTAMIENTO ANTE LA LIXIVIACIÓN DINÁMICA DEL ESTÉRIL ESTABILIZADO CON UNA MEZCLA DE CEMENTO Y CAL	14
5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LIXIVIACIÓN DINÁMICA (UNE-EN 12457:4).....	17
6. ENSAYOS COMPLEMENTARIOS.....	18
7. COMPARACIÓN CON LAS NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUAS SUPERFICIALES	20
8. CONCLUSIONES.....	22
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24



1. INTRODUCCIÓN Y CONSIDERACIONES PREVIAS

En el documento de alcance del estudio de impacto ambiental del “Proyecto de explotación subterránea del yacimiento de Salave”, emitido por la Dirección General de Energía, Minería y Reactivación (Consejería de Industria, Empleo y Promoción Económica, Principado de Asturias) se indica, en relación al contenido del estudio de impacto ambiental (punto f), que los estériles del proceso de flotación previsto en el proyecto deberán ser objeto de análisis de lixiviación, para evaluar su potencial contaminante. En este sentido, se indica también que la norma de referencia para determinar su comportamiento debe ser la UNE-EN-12457:4. Finalmente, se especifica que, si estos materiales van a ser objeto de algún tratamiento de estabilización, se deben también someter, en dicha forma, al mismo ensayo de lixiviación de contaminantes. El listado de sustancias que deben ser incluidas en los resultados analíticos es la que se cita en la Orden MAM/304/2002. La justificación de estos estudios reside en que en todo proceso de concentración mineral que implique la flotación de sulfuros, existen pequeñas cantidades de estos compuestos que pasan a formar parte de los estériles, y que cuentan con cierto potencial de liberar el azufre (S, frecuentemente en forma de sulfato) y el metal en su interacción con el agua.

Los estudios experimentales de inertización de este tipo de estériles con datos publicados (Choi et al., 2009; Coussy et al., 2011 y 2012, Kiventera et al., 2018, 2019; Hamberg et al., 2015; Tariq & Yanful, 2013, entre otros) sugieren el empleo de diferentes materiales conglomerantes para conseguir una inmovilización efectiva de las sustancias contaminantes presentes en el estéril, siendo el más utilizado el cemento portland, combinado con diferentes aditivos. Las recomendaciones sobre gestión de lodos mineros señaladas por la Comisión Europea en las BATs (*Best Available Techniques*, ver “*Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries*”, disponible en <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC109657>) van en el mismo sentido que los trabajos citados anteriormente. Teniendo en cuenta estos antecedentes, y como primer paso para encontrar una propuesta óptima de tratamiento se realizaron varios ensayos previos, utilizando diferentes concentraciones de cemento portland (CEM I), cal viva y escorias de horno alto como estabilizantes. Sobre estas primeras mezclas se llevaron a cabo estudios de propiedades mecánicas, de permeabilidad y de lixiviación, éstos últimos según los protocolos de ensayo de la norma UNE-EN-12457:4 en un laboratorio acreditado por ENAC. Los detalles de estos ensayos previos se presentan en el siguiente apartado.



2. ESTUDIOS PREVIOS

2.1 Caracterización de los estériles

Se dispone de un informe de caracterización del estéril (AGQ Mining & Bionenergy, 2019) que ya incluye una batería completa de resultados sobre inflamabilidad, contenido en S, contenido en metales, ecotoxicidad y mineralogía. Con objeto de profundizar en el conocimiento de la muestra de estéril se han realizado, con carácter complementario: una granulometría, la determinación del contenido en elementos mayores y un estudio mediante microscopía electrónica. Los resultados de estos tres ensayos se comentan a continuación:

Granulometría

El estudio de la granulometría se llevó a cabo mediante difracción de láser estática (0,01-2000 μm). En este caso se utilizó un equipo modelo Analysette 22 Nano Tec plus de FRITTSCH: el dispositivo cuenta con una unidad de dispersión en seco, otra en húmedo y finalmente una unidad de medición. En el caso de este trabajo, las medidas se realizaron en húmedo. La curva granulométrica obtenida es la siguiente:

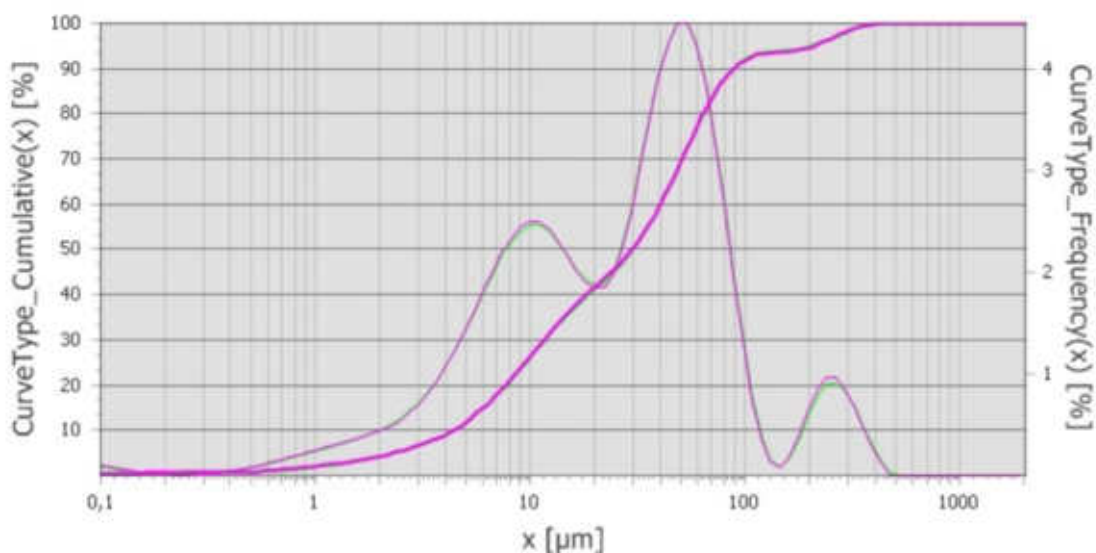


Figura 1. Curva granulométrica y distribución de frecuencias en el estéril.

Como se puede apreciar en la imagen anterior, la distribución de frecuencias indica que se trata de un conjunto de medidas trimodal: existe una primera moda a 10 μm , una segunda a unas 50 μm –que es la más importante- y una final, más modesta, en torno a 250 μm . El D10 resulta de 4,3 μm , el D50 resulta de 29,8 μm y el D90 son 88,2



µm. La descripción completa del ensayo se adjunta como anexo a este informe (apéndice I).

Composición en óxidos de los elementos mayores

Se determinó la composición de la muestra en elementos mayores mediante fluorescencia de rayos X por medio de un equipo PHILIPS PW2404 de los servicios científico-técnicos de la Universidad de Oviedo (para más detalles, ver <http://www.sct.uniovi.es/unidades/analisis-estructural/fluorescencia/equipos>). Los resultados, expresados en % en peso, son los siguientes:

Óxidos	Contenido (%)
SiO ₂	54.16
Al ₂ O ₃	18.38
Fe ₂ O ₃	2.60
MnO	0.10
MgO	3.49
CaO	4.70
Na ₂ O	2.53
K ₂ O	4.41
TiO ₂	0.54
P ₂ O ₅	0.20
L.O.I	8.70
TOTAL	99.79

Tabla 1. Composición en óxidos de la muestra de estéril (LOI: loss on ignition).

En una primera aproximación ya es posible determinar que la muestra se compone, esencialmente, de silicatos, en su mayor parte de Al, con álcalis en el grupo catiónico (por orden de importancia, Ca-K-Mg y Na). Existe un 2,6% de óxido férrico (i.e., 1,82% de Fe), posiblemente también en parte en la estructura de los silicatos. Se encuentran también presentes, como elementos menores, Mn, Ti y P. Por su comportamiento, el P es muy probable que forme minerales propios (apatito), mientras que Ti o Mn también podrían aparecer como impurezas en los silicatos. Existe, por otra parte, un valor significativo de pérdidas al fuego, lo que indica que cabe esperar una proporción significativa de carbonatos.

Estudio mediante microscopía electrónica

El examen mediante microscopía electrónica se realizó con ayuda de un microscopio electrónico de barrido JEOL JSM-5600 perteneciente a los servicios científico-técnicos

de la Universidad de Oviedo (Campus de Gijón, ver detalles en <http://www.sct.uniovi.es/unidades/analisis-estructural/microscopia/equipos>). A continuación, se comentan algunas observaciones sobre las imágenes obtenidas.

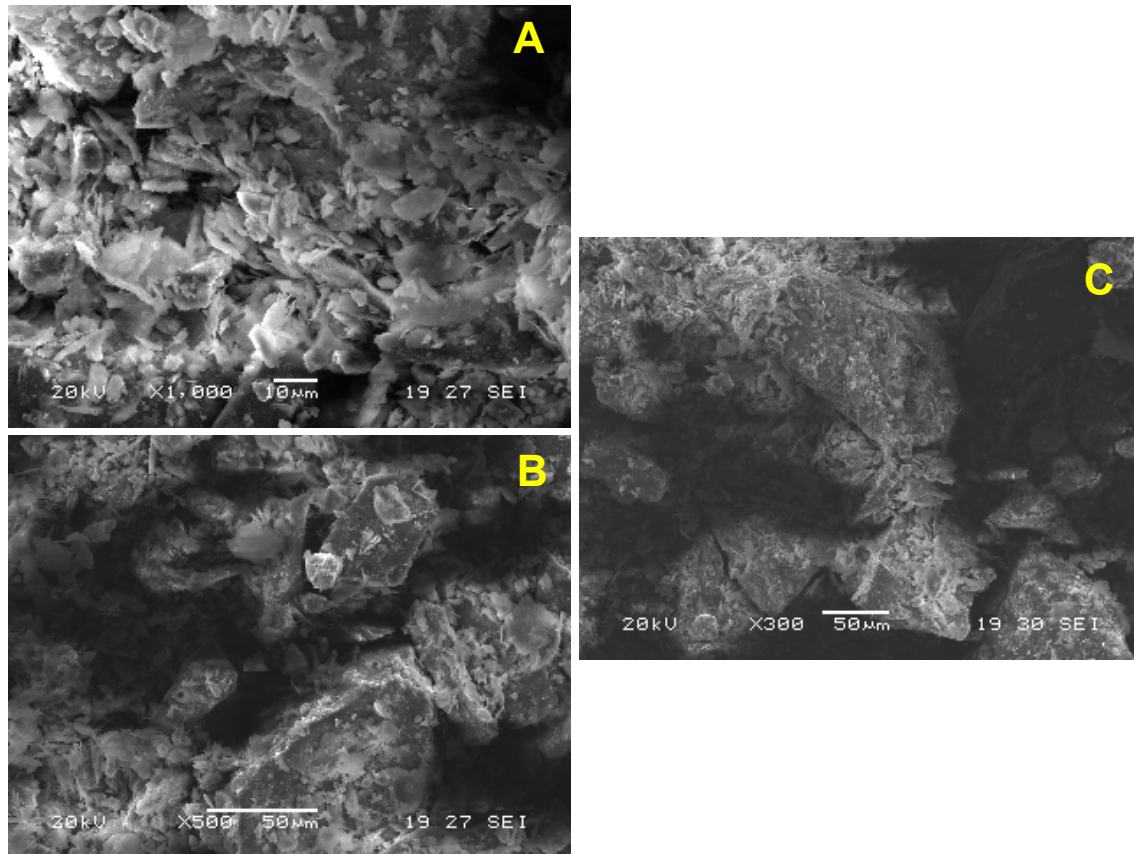


Figura 2. Diferentes detalles de la morfología de las partículas minerales del estéril.

En la primera figura (2A) de las anteriores se puede observar cómo, localmente, abundan las partículas laminares, sin duda de filosilicatos, que cuentan con un tamaño aproximado de 10 μm y que cuentan con bordes angulosos y superficies bastante lisas. Si se baja la magnificación y se amplía, por tanto, el campo de observación, es posible identificar cómo esas “hojas” micáceas (moscovita/sericita, biotita...) se adhieren a las superficies de las partículas de mayor tamaño. Se trata de adherencias superficiales y no de minerales de alteración neoformados (como podrían ser la sericita o la clorita) y pueden ejercer una mala influencia sobre las reacciones químicas que durante el fraguado deben desarrollarse entre la pasta y estas partículas. Mediante esta técnica, la muestra también ha sido observada con detección de electrones retrodispersados con el objeto de conocer la forma en la que se presenta el As. Se han identificado en las siguientes formas:

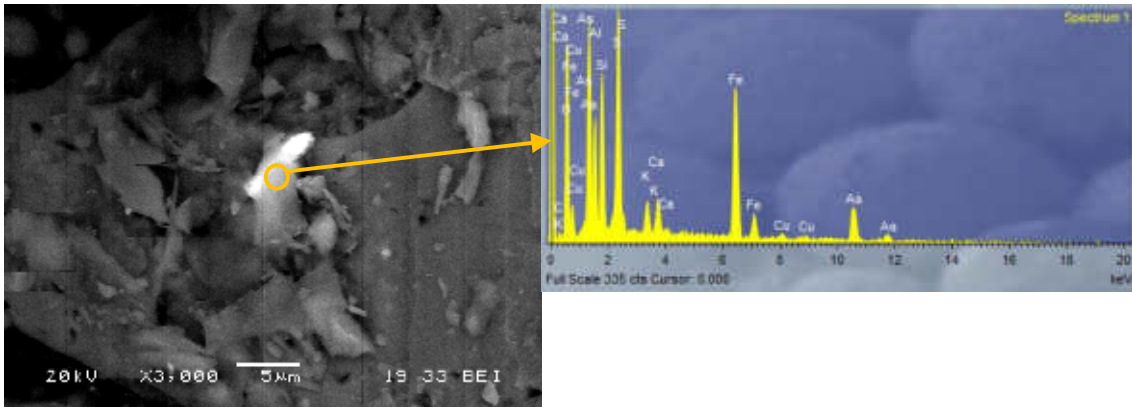


Figura 3. Partícula de arsenopirita (ver explicaciones en el texto).

En la imagen anterior se puede observar una partícula brillante, de morfología acicular, aparentemente libre, sobre la que se ha realizado un microanálisis cuyo espectro de energías se muestra en la parte derecha. Se pueden observar las líneas espectrales del S-Fe y As entremezcladas con otras que deben corresponder a la partícula semi-transparente (un silicato) que se superpone a la brillante. En virtud de la cuantificación, lo más probable es que se trate de arsenopirita. Su diámetro máximo es de unas 6 µm.

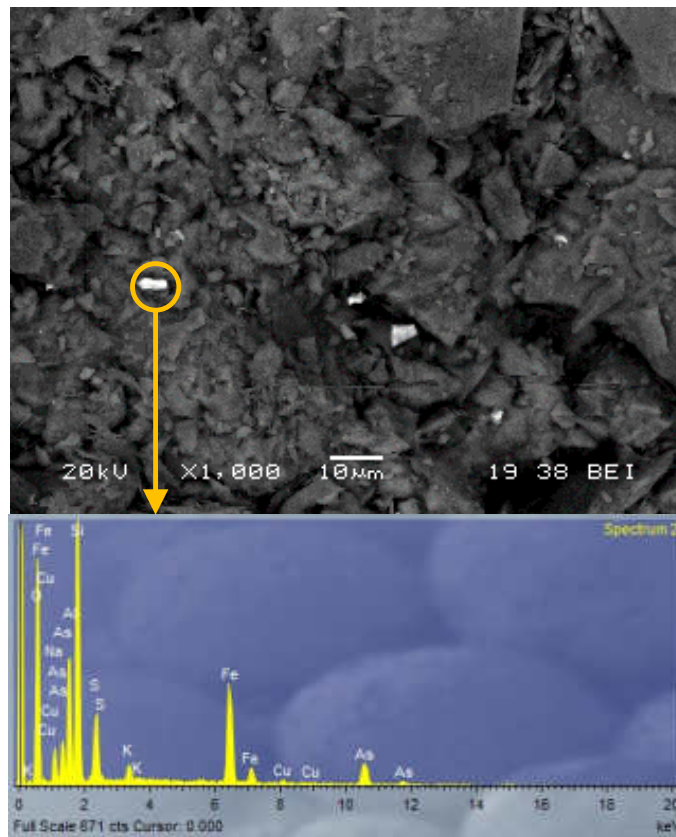


Figura 4. Partículas metálicas dispersas en el estéril (ver explicaciones en el texto).



En la imagen anterior se aprecian algunas partículas brillantes (de elevada densidad electrónica) con tamaños entre 1 y 5 μm . Algunas de ellas han sido microanalizadas y son, en su mayor parte, óxidos de Fe en los que no se detecta la presencia de As, pudiendo establecerse el límite de detección de la técnica en un 0,5%. Únicamente en la partícula señalada en la parte izquierda de la figura se recoge señal de la presencia de As: por su analítica cuantitativa, parece que se trata de una pirita, parcialmente oxidada y de carácter arsenical (4,18% As).

2.2 Pruebas iniciales de inertización

En una primera serie de pruebas, se realizaron un total de 12 probetas (14*4*4 cm, 6 duplicados) de distintas mezclas, utilizando como agentes cementantes el cemento portland (CEM I), la cal viva y la mezcla 50/50 de cal viva con escorias de horno alto (en adelante, EHA). En los tres casos se probaron dosificaciones del 5y del 10% de material conglomerante. En todos los casos se procedió al desmolde a los 7 días de fraguado, habiendo secado al aire las probetas elaboradas con cal y en una cámara húmeda a 25°C las elaboradas con cemento. En el grupo de imágenes siguiente se pueden observar algunos detalles de la preparación.

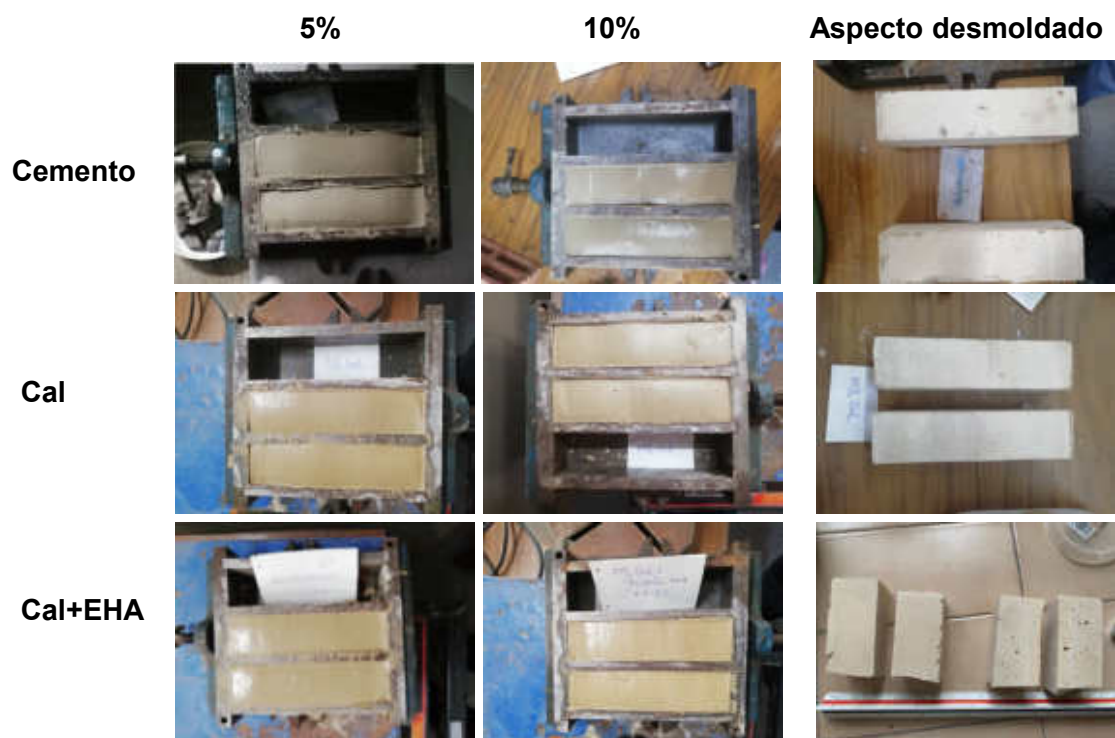


Figura 5. Preparación de las distintas mezclas.



Sobre una unidad de cada mezcla se llevó a cabo la determinación de la resistencia a la flexión y a la compresión y también el ensayo de lixiviabilidad, seleccionando As, Sb y sulfato como compuestos de control, y siguiendo lo establecido en la norma europea UNE-EN 12457:4. Con otra unidad de cada mezcla, se repitieron estos ensayos a los 28 días de fraguado. La determinación de los parámetros físicos (resistencias a compresión y flexión) se realizó en el laboratorio de ensayos de materiales de la Escuela de Ingeniería de minas, energía y materiales de la Universidad de Oviedo, mientras que los ensayos de lixiviabilidad se llevaron a cabo en Envira Ingenieros (laboratorio acreditado por ENAC según el estándar ISO 9001 y como Laboratorio de Ensayos en el sector Medioambiental según el protocolo UNE-EN ISO/IEC 17025).

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Días de fraguado	Propiedad	5 % Cemento	10 % Cemento
7	Resistencia a la flexión (N/mm ²)	0,216	0,375
	Resistencia a la compresión (N/mm ²)	0,709	1,244
28	Resistencia a la flexión (N/mm ²)	0,305	0,673
	Resistencia a la compresión (N/mm ²)	0,800	1,566
Días de fraguado	Propiedad	5 % Cal	10 % Cal
7	Resistencia a la flexión (N/mm ²)	0,014	0,112
	Resistencia a la compresión (N/mm ²)	0,328	0,604
28	Resistencia a la flexión (N/mm ²)	0,103	0,443
	Resistencia a la compresión (N/mm ²)	0,658	0,927
Días de fraguado	Propiedad	5 % Cal+EHA	10 % Cal+EHA
7	Resistencia a la flexión (N/mm ²)	0,117	0,281
	Resistencia a la compresión (N/mm ²)	0,728	1,518
28	Resistencia a la flexión (N/mm ²)	0,373	0,527
	Resistencia a la compresión (N/mm ²)	1,106	2,369

Tabla 2. Resultados de los ensayos resistencia a la compresión y flexión a los 7 y 28 días.

Los resultados de los parámetros físicos indican incrementos, tanto de la resistencia a la compresión como de resistencia a la flexión con el aumento de la dosis de cada uno de los conglomerantes y con el tiempo, resultando el cemento el material que consigue una mayor resistencia a la flexión (casi igualada por la mezcla cal+EHA a los 28 días), mientras que la resistencia a la compresión es óptima utilizando cal+EHA. Los valores obtenidos para estas propiedades mecánicas son mejores que los correspondientes a las formaciones superficiales (depósitos de rasa y aluviones) que aparecen en la zona donde están previstas las instalaciones mineras y el depósito final.

En relación al ensayo de lixiviabilidad UNE-EN 12457:4, y comparando los valores obtenidos para As, Sb y sulfato tras 7 y 28 días de fraguado con los correspondientes



al material de partida (estéril sin tratamiento) se ha encontrado que la eficacia en la retención es sensiblemente mejor en las mezclas que llevan cal que en las que llevan únicamente cemento, sobre todo en el largo plazo. La eficacia de las mezclas que llevan cal ronda el 90% para el sulfato, superándolo para el As y quedando en un 50% para el Sb (siempre comparando con las cantidades de cada compuesto lixiviadas por el estéril sin tratar). Las analíticas de estos ensayos se pueden consultar en el apéndice II de este informe.

2.3 Permeabilidad de las mezclas

Finalmente, a los 28 días de fraguado se enviaron sub-muestras de cada una de las mezclas a la consultora PanTerra Goeconsultans (<https://www.panterra.nl/>, Leiderdrop, Holanda) para determinar el valor de la permeabilidad de las mismas, utilizando el mismo procedimiento que se describe en el informe hidrogeológico. Teniendo en cuenta la curva granulométrica de la muestra de estéril de partida, y superponiéndola en los ábacos de Breddin (ver informe hidrogeológico), tendríamos una predominancia de tamaños en el intervalo 10-100 μm , lo que nos llevaría a estimar una permeabilidad (conductividad hidráulica) de 0,06 m/día, correspondiente al campo del limo medio-grueso.

En la siguiente tabla se señalan los valores calculados para cada mezcla de la permeabilidad intrínseca, su equivalente en permeabilidad (conductividad hidráulica) y el % de reducción de este parámetro logrado a los 28 de fraguado, en comparación con el del ésteril sin tratamiento:

Muestra (dosificación)	Permeabilidad al aire medida (mD)	Permeabilidad al agua a 15°C (m/día)	% de reducción
5% cal	14.5	0.01064	82.26
10% cal	6.95	0.00509	91.52
5% cemento	4.84	0.00354	94.09
10% cemento	4.00	0.00293	95.11
5% cal+EHA	9.42	0.00689	88.51
10% cal+EHA	10.6	0.00778	87.03
Estéril		0.06	

Tabla 3. Resultados de los ensayos de permeabilidad realizados sobre las diferentes mezclas.

Como se puede deducir de la observación de la tabla anterior (certificado disponible para consulta en el apéndice III), en todos los casos se logran reducciones muy



importantes de la permeabilidad con respecto a la muestra original, sin tratar. En este caso, los mejores resultados se obtienen mediante la inertización con cemento, si bien, comparativamente, los datos correspondientes a la cal y a la mezcla de cal con EHA se sitúan en valores próximos (80-90% frente a un 94-95% para el cemento). Este factor tiene gran trascendencia para evitar, de manera determinante, la producción de lixiviados.

El carácter muy poco permeable de las mezclas propuesta se pone de manifiesto si se comparan los valores obtenidos de la permeabilidad en las probetas ($k \sim 0,003$ m/día para las probetas elaboradas con cemento, ver tabla anterior) con las correspondientes a las rocas presentes en el subsuelo de la zona de las instalaciones mineras ($k=1,8$ m/día –medida experimental- para los depósitos de rasa y $k=0,08$ m/día para las pizarras de la Serie Los Cabos, ver informe hidrogeológico).



3. COMPORTAMIENTO DEL ESTÉRIL SIN TRATAR EN EL ENSAYO UNE-EN 12457:4

El estéril sin ningún tratamiento se ha descrito de forma detallada en el apartado 2.1 de esta memoria: en síntesis, se trata de una mezcla mineral, finamente molida (hasta 250 µm de diámetro, con valor medio en torno a 30 µm) y constituida, por orden de importancia, por los siguientes grupos: i) silicatos de la roca de caja de la mineralización (feldespatos, cuarzo y micas); ii) carbonatos (calcita y dolomita) y iii) una pequeña proporción (en torno a un 0,1% en peso) de sulfuros metálicos cuyo origen se encuentra en el rendimiento, lógicamente limitado, del proceso de separación mineral por flotación.

Las condiciones experimentales y los resultados obtenidos en el ensayo de lixiviación (según UNE-EN-12457:4) se muestran en las siguientes tablas:

Identificación Muestra		UNIOVI ESTERIL
Fecha Recepción		01/03/2021
Fecha Toma Muestra		
Lixiviación de residuo		Si
Naturaleza del residuo		Granular
Masa de la muestra de laboratorio	Kg	0.323
Reducción de tamaño		No
Secado de la muestra		No
Fración mayor que el tamaño de part. referido en norma	%	0
Fración no triturable	%	0
Tasa contenido de humedad	%	<1.0
Fecha de ensayo lixiviación		02/03/2021
Masa bruta de la porción de ensayo	Kg	0.090
Procedimiento de separación líquido-sólido		Centr.-Filtr.
Volumen del lixivante	L	0.892

Tabla 4. Condiciones del ensayo de lixiviación para la muestra del estéril sin tratar.



Referencia del laboratorio	Unidad	000258124
Identificación Muestra		UNIOVI ESTERIL
Conductividad a 25°C	µS/cm	173
Temperatura	°C	19.2
pH a 25°C	Ud. pH	8.92
Cloruros	mg/Kg	<50
Fluoruros	mg/Kg	<1.0
Sulfato	mg/Kg	527
Carbono Orgánico disuelto (COD)	mg/Kg	<150
Sólidos Totales Disueltos (STD)	mg/Kg	<1000
Antimonio	mg/Kg	0.94
Arsénico	mg/Kg	2.7
Bario	mg/Kg	<0.05
Cadmio	mg/Kg	<0.01
Cobre	mg/Kg	<0.05
Cromo	mg/Kg	<0.05
Estaño	mg/Kg	<0.05
Mercurio	mg/Kg	<0.0010
Molibdeno	mg/Kg	0.16
Níquel	mg/Kg	<0.05
Plomo	mg/Kg	<0.05
Selenio	mg/Kg	<0.05
Zinc	mg/Kg	<0.50

Tabla 5. Resultados del ensayo de lixiviación para el estéril sin tratar.

Como se puede observar en la tabla superior, la mayoría de los elementos y/o compuestos analizados presentan concentraciones lixiviables en el sólido, durante el ensayo de lixiviación, por debajo de la resolución de las técnicas instrumentales empleadas. Únicamente es posible detectar la presencia de sulfato (527 mg/kg), Sb (0,94 mg/kg), As (2,7 mg/kg) y Mo (0,16 mg/kg). El certificado de este análisis se anexa (apéndice IV) a este informe.

La presencia de todos ellos se explica por la existencia, ya citada, de pequeñas partículas (2-20 µm de diámetro) de sulfuros metálicos en el estéril (ver figuras 3 y 4). Los sulfuros principales de la mineralización de Salave son la piritita (FeS_2) y la arsenopiritita (FeAsS), las cuales van, en su práctica totalidad al concentrado (son, de hecho, las fases que contienen el Au, que en este yacimiento se encuentra en sus redes cristalinas). La fuente del Sb y del Mo también debe buscarse en el mismo sentido, habida cuenta que la estibina (Sb_2S_3) y la molibdenita (MoS_2) son otros minerales presentes en la paragénesis del depósito, aunque en proporciones significativamente menores. Los sulfuros, como grupo, son inestables en el medio-largo plazo en condiciones oxidantes y, lógicamente, en un ensayo de lixiviación con agitación, pueden disociarse y liberar el metal correspondiente y el S, cuyo compuesto estable o predominante en las condiciones del ensayo, como se ha indicado con anterioridad, es el sulfato.



4. COMPORTAMIENTO ANTE LA LIXIVIACIÓN DINÁMICA DEL ESTÉRIL ESTABILIZADO CON UNA MEZCLA DE CEMENTO Y CAL.

Utilizando el estéril como árido, se ha seleccionado como mezcla final una combinación a partes iguales de cemento y cal (5% de CEM I, 5% de cal -4% en forma de cal viva, 1% de filler calizo), que permite mantener las buenas propiedades inmovilizantes de la cal (especialmente para As y sulfato) con la barrera protectora que, en forma de disminución de la permeabilidad del conjunto, proporciona el empleo de cemento. Las EHA, pese a proporcionar también buenos resultados, finalmente se desecharon debido a lo delicado de poder garantizar su disponibilidad en el largo plazo. Análogamente a lo descrito en el epígrafe anterior, se prepararon una serie de probetas de 16*4*4 cm en el laboratorio de cementos de la Escuela de Ingeniería de Minas, Energía y Materiales de la Universidad de Oviedo.

El aspecto de las probetas recién preparadas se muestra en la siguiente figura:



Figura 6. Elaboración de las probetas de la mezcla propuesta.

Estas muestras se dejaron fraguar al aire, repitiéndose el ensayo de lixiviación, en las condiciones reflejadas en la tabla 1 (a excepción de la masa de muestra, que sufre muy ligeras desviaciones de una muestra a otra; por consiguiente, y dado que la norma indica que la relación agua/sólido debe ser de 10 l/kg, los volúmenes de agua también son algo diferentes entre ensayos) a los 7 y a los 28 días de endurecimiento. En la práctica es aceptado que, tras 28 días de fraguado, los materiales conglomerantes utilizados han desarrollado la mayor parte de sus propiedades y, por



lo tanto, los resultados en este punto se pueden considerar como definitivos (o, al menos, que los definitivos serán iguales o mejores, ver lo establecido en la instrucción de hormigón estructural –EHE-08- en cuanto a determinación de propiedades mecánicas). Los valores obtenidos en estos ensayos se muestran en la tabla 6:

Identificación Muestra	Unidades	UNIOVI ESTERIL	UNIOVI SCE/SCA-7d	UNIOVI SCE/SCA-28dR	Reducción (7 días)	Reducción (28 días)
Fecha Recepción		01/03/2021	01/03/2021	22/03/2021		
Masa de la muestra de laboratorio	Kg	0.323	0.268	0.280		
Tasa contenido de humedad	%	<1.0	1.9	<1.0		
Fecha de ensayo lixiviación		02/03/2021	02/03/2021	23/03/2021		
Conductividad a 25°C	µS/cm	173	9102	8614		
Temperatura	°C	19.2	19.3	17.0		
pH a 25°C	Ud. pH	8.92	12.53	12.62		
Cloruros	mg/Kg	<50	<50	<50.0		
Fluoruros	mg/Kg	<1.0	3.2	5.2		
Sulfato	mg/Kg	527	<50	<50.0	>90,51%	>90,51%
Carbono Orgánico disuelto (COD)	mg/Kg	<150	<150	<150		
Sólidos Totales Disueltos (STD)	mg/Kg	<1000	15890	15020		
Antimonio	mg/Kg	0.94	0.21	<0.05	77,66%	>94,68%
Arsénico	mg/Kg	2.7	0.06	<0.05	97,77%	>98,14%
Bario	mg/Kg	<0.05	4.4	4.3		
Cadmio	mg/Kg	<0.01	<0.01	<0.01		
Cobre	mg/Kg	<0.05	<0.05	<0.05		
Cromo	mg/Kg	<0.05	0.13	0.30		
Estaño	mg/Kg	<0.05	<0.05	<0.05		
Mercurio	mg/Kg	<0.0010	<0.0010	<0.0010		
Molibdeno	mg/Kg	0.16	0.28	<0.10		>37,5%
Níquel	mg/Kg	<0.05	<0.05	<0.05		
Plomo	mg/Kg	<0.05	0.09	0.06		
Selenio	mg/Kg	<0.05	<0.05	<0.05		
Zinc	mg/Kg	<0.50	<0.50	<0.50		

Tabla 6. Resultados del ensayo de lixiviación para las mezclas estéril-conglomerante, a 7 y 28 días de fraguado.

En la tercera columna de la tabla anterior se vuelven a incluir, a efectos comparativos, los valores correspondientes al estéril sin tratamiento. Para la determinación de la reducción en la lixiviación (últimas dos columnas de la tabla 6) se ha procedido de la siguiente manera:

Reducción de la lixiviación (=eficacia en la inertización, %)

$$E(\%) = [(C_0 - C_i) / C_0] \times 100$$

Donde:

- C_0 : Concentración de referencia para cada parámetro (obtenida para el estéril sin tratar, columna 3, tabla 6).
- C_i : Concentración obtenida para cada parámetro, en cada tiempo de fraguado (tabla 6, columnas 4 y 5).

Tal y como se puede apreciar, a los 7 días de fraguado ya se alcanzan tasas de inmovilización muy elevadas para sulfatos, As y Sb. No parece ocurrir lo mismo para el Mo, que sigue proporcionando una concentración en el filtrado en el mismo orden que



la correspondiente al estéril sin tratar. A los 28 días de endurecimiento, las tasas de inmovilización aumentan aún más (como era de esperar, por otra parte) a excepción de la correspondiente al sulfato, que se mantiene: este resultado se explica debido a que ya a los 7 días de fraguado la concentración de sulfato es más baja que la resolución de la técnica empleada para medir este parámetro (cromatografía iónica), hecho que se repite a los 28 días. En cualquier caso, lo más probable es que la concentración absoluta de sulfato sea inferior a los 28 días que a los 7, pese a ser, en ambos casos, indetectable. Por su parte, los elementos de mayor interés ambiental, As y Sb alcanzan tasas de reducción en su potencial lixivabilidad superiores al 98,14 y 94,68%, respectivamente. No es posible conocer el dato exacto, una vez más por las limitaciones en la sensibilidad de la técnica analítica (en ambos casos, ICP-MS, Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente), que no llega a detectar presencia de ninguno de los dos metaloides en el lixiviado. Por su parte, a los 28 días, el Mo, al igual que el As y el Sb, ya presenta también una concentración por debajo de los límites de detección. Al encontrarse la concentración inicial poco por encima de este límite (0,16 mg/kg en el estéril sin tratar, <0,1 mg/kg a los 28 días), la tasa de reducción obtenida se sitúa en un valor modesto (37,5%), pero debe tenerse en cuenta que se trata de un valor mínimo. Los certificados de los análisis mostrados en la tabla 6 se incluyen en el apéndice V. En este mismo apéndice se pueden consultar los detalles del ensayo de determinación del módulo de elasticidad de la mezcla, que resulta de 144,8 MPa.

Para contextualizar estos valores (fracción de As lixiviable desde el estéril, con y sin tratamiento de estabilización), una comparación oportuna sería indicar, tal y como se describe en el Anexo II del Estudio de Impacto Ambiental (ver muestras PL-1, PL-2, PL-3, DP-1 a DP-5), que los suelos autóctonos (naturales) en el área donde se plantean las instalaciones mineras tienen un contenido medio en As de 21,1 mg/kg, con un máximo de 29,9 mg/kg.



5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LIXIVIACIÓN DINÁMICA (UNE-EN 12457:4)

Resulta de especial relevancia en el marco de este documento tener en cuenta la forma de presentar los resultados (ver tablas anteriores), que es la indicada en la norma UNE-EN-12457:4: las unidades utilizadas (mg/kg) se refieren a la cantidad de cada uno de los compuestos/elementos que se lixivian desde el sólido en las condiciones del ensayo. Por otra parte, la potencial afección que los estériles, una vez inertizados, puedan crear al medio ambiente está relacionada -toda vez que su integridad física está asegurada- con la incorporación de los contaminantes al agua superficial o subterránea. En este sentido, se debe tener en cuenta el procedimiento seguido, que se describe detalladamente en el texto de la norma: tras la agitación de la muestra triturada se extrae una muestra de agua, que se filtra y se analiza. Como la norma indica expresamente que los resultados se deben proporcionar en mg/kg (mg de analito por kg de muestra) y la relación sólido/agua es de 1:10, la concentración originalmente medida en el agua se multiplica por 10 para referirla a la masa de sólido, obteniéndose así los valores reflejados en las tablas 5 y 6. Es decir, que las concentraciones en el agua, que son las medidas directas del ensayo, son un orden de magnitud menores que las reflejadas en las tablas. Así, por ejemplo, una concentración de 0,06 mg/kg de As (a los 7 días de fraguado) nos indica que en el agua del ensayo se detectaron 0,006 mg/kg o mg/l (es decir, 6 µg/l) de As. De la misma forma, los resultados analíticos obtenidos para las concentraciones del sulfatos, As y Sb en el agua tras el ensayo, resultan menores de 5 mg/l (para sulfatos) y 5 µg/l (para As y Sb), respectivamente, que son los límites de detección reales de las técnicas empleadas. Es decir, la comparación directa de los valores de la tabla 6 con estándares normativos para aguas superficiales equivaldría a establecer un factor de seguridad de 10.



6. ENSAYOS COMPLEMENTARIOS

En su desarrollo metodológico, la norma UNE-EN-12457:4 (“Ensayo de conformidad para la lixiviación de residuos granulares y lodos”) establece un tamaño máximo de partícula de 10 mm y una agitación de la mezcla muestra-agua durante $24 \pm 0,5$ h: es un estándar, de hecho, desarrollado para materiales granulares y no para lodos, aunque en este caso se solicita su aplicación de forma específica en el documento de alcance. Adicionalmente a lo requerido reglamentariamente y con objeto de conocer de forma más realista el comportamiento futuro de los estériles, una vez inertizados, se ha llevado a cabo un ensayo adicional que reproduce más fielmente las condiciones previstas, eliminando el efecto de la reducción del tamaño (la disposición final será un único bloque, con dimensiones métricas en el lado de menor longitud) y el efecto de la agitación (el bloque de estériles inertizados estará en reposo, en las condiciones que se detallan en la memoria del proyecto). Para ello, se ha creído oportuno realizar, sobre una de las probetas de la mezcla estéril-conglomerante, el ensayo estático descrito en la norma UNE-EN-15863 (“Ensayo de lixiviación dinámico de monolitos con renovación periódica del lixivante en condiciones fijas”). En la siguiente figura se muestra el dispositivo de ensayo:



Figura 7. Alzado y planta del dispositivo de ensayo para el test UNE-EN-15863.

Mediante este protocolo se ensayó una probeta de estéril inertizado, tras un fraguado de 28 días y con una masa seca de 340,63 g. Para el cumplimiento de las condiciones normativas en el recipiente utilizado para el ensayo, fue necesario el empleo de 2,88 l de agua, que se fueron renovando según establece la tabla 1 (pág. 15) del texto de la norma. Para poder comparar los resultados con los del ensayo anterior, se decidió tomar una muestra de agua a las 24 h de desarrollo del ensayo y a los 7 días. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:



Identificación Muestra		UNIOVI 5CE/5CA 24h	UNIOVI 5CE/5CA 7d
Fecha Recepción		08/04/2021	14/04/2021
Fecha Toma Muestra			
Carbono Orgánico Disuelto (COD)	mg/l	3.3	<2.0
Cloruros	mg/l	<5.0	<5.0
Conductividad a 25°C	µS/cm	542	185
Fluoruros	mg/l	<0.50	<0.10
pH a 25°C	Ud. pH	11.34	10.83
Sólidos Disueltos	mg/l	140	<100
Sulfato	mg/l	<5.0	<5.0
Antimonio	µg/l	25.8	6.6
Arsénico	µg/l	16.8	<5.0
Bario	µg/l	12.6	11.0
Cadmio	µg/l	<1.0	<1.0
Cobre	µg/l	<5.0	<5.0
Cromo	µg/l	<5.0	<5.0
Mercurio	µg/l	<0.10	<0.10
Molibdeno	µg/l	<10.0	<10.0
Níquel	µg/l	<5.0	<5.0
Plomo	µg/l	<5.0	<5.0
Selenio	µg/l	<5.0	<5.0

Tabla 7. Resultados del ensayo de lixiviación de monolitos en condiciones fijas (UNE-EN-15863)

El agua en contacto, y en equilibrio con el monolito presenta una conductividad eléctrica y un contenido en sólidos disueltos mucho menores que su homóloga en el ensayo con agitación, no detectándose presencia de cloruros ni de fluoruros ni siquiera tras una semana de ensayo. A las 24 h de iniciado el ensayo, únicamente son detectables cantidades de As, Ba y Sb algo por encima de los límites de resolución de la técnica (5 µg/l). Estos valores, transformados a masa de sólido equivalen a 0,218 mg/kg de Sb, 0,142 mg/kg de As y 0,106 mg/kg de Ba. Realizando la misma transformación con los resultados obtenidos a los 7 días, se obtienen, referidos de nuevo a masa de sólido, 0,056 mg/kg de Sb, <0,042 mg/kg de As y 0,093 mg/kg de Ba, valores todos ellos inferiores a los obtenidos en el ensayo con agitación, en concreto un orden de magnitud en el caso del Sb y dos órdenes de magnitud en el caso del Ba (para el As, el valor es inferior, si bien en el mismo orden de magnitud). Los certificados de estos análisis se adjuntan al final del documento como apéndice VI.



7. COMPARACIÓN CON LAS NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUAS SUPERFICIALES

En el documento de alcance del estudio de impacto ambiental del proyecto se señala que el análisis de los resultados de los ensayos de lixiviación se debe realizar (lit.) *“tomando como referencia las normas de calidad ambiental y los objetivos de calidad para aguas subterráneas y superficiales...”*.

Las normas de calidad ambiental para las aguas superficiales y subterráneas vienen establecidas en los Anexos IV y V del Real Decreto 817/2015 que, en su artículo 3, define “norma de calidad ambiental” (NCA) como *“concentración de un determinado contaminante o grupo de contaminantes en el agua, los sedimentos o la biota, que no debe superarse en aras de la protección de la salud humana y el medio ambiente...”*. Esta norma establece, de forma separada, los límites de las sustancias contaminantes (según sean consideradas “sustancias prioritarias” (anexo IV) o “sustancias preferentes” (anexo V)), para un buen estado químico de la masa de agua objeto de análisis. En la tabla siguiente se presentan, de forma conjunta, los datos de los compuestos y elementos analizados en los ensayos de lixiviación y las normas de calidad ambiental para aguas superficiales relativas a esos mismos compuestos y elementos, indicando si se trata de sustancias prioritarias o preferentes (RD 817/2015). La comparación directa de la calidad de los lixiviados de un residuo minero inertizado con los valores de referencia para un buen estado químico de un agua superficial puede considerarse un tanto excesiva, habida cuenta de la muy diferente naturaleza de ambas muestras. En este sentido, en lugar de las NCAs establecidas en el RD 817/2015, es más común, en los proyectos mineros, tomar como referencia los valores de calidad de los lixiviados vigentes para los residuos a almacenar vertederos e incluidos en el RD 646/2020.

Por otra parte, los objetivos de calidad para aguas superficiales se han extraído del Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Cantábrico Occidental (revisión 2015-2021, ver <https://www.chcantabrico.es/dhc-occidental>), tomando los valores establecidos para la masa de agua denominada “Porcía”, a la que pertenece la cuenca del río Anguileiro. Es importante señalar que, para una mejor comparación, los resultados del ensayo UNE-EN-12457:4 se han expresado en concentración en el agua (mg/l o µg/l).



Parámetro	Unidades	ESTERIL	ENSAYOS DE LIXIVIACIÓN				Tipo de contaminante (RD 817/2015)	NCA	Objetivos de calidad
			UNE-EN-12457:4	UNE-EN-15863	7 días	28 días			
Cloruros	mg/l	<5	<5	<5	<5	<5			
Fluoruros	µg/l	<0,1	320	520	<500	<100	Preferente	1700	
Sulfato	mg/l	52,7	<5	<5	<5	<5			
Carbono Orgánico disuelto	mg/l	<15	<15	<15	3,3	<2			
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	<100	1589	1502	140	<100			
Antimonio	µg/l	94	21	<5	25,8	6,6			
Arsénico		270	6	<5	16,8	<5	Preferente	50	
Bario		<5	440	430	12,6	11			
Cadmio		<1	<1	<1	<1	<1			
Cobre		<5	<5	<5	<5	<5	Preferente	5*	
Cromo		<5	13	30	<5	<5	Preferente	50	
Mercurio		<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	Peligroso prioritario	0,07	
Molibdeno		16	28	<10	<10	<10			
Níquel		<5	<5	<5	<5	<5	Prioritario	20	
Plomo		<5	9	6	<5	<5	Prioritario	7,2	
Selenio	<5	<5	<5	<5	<5	Preferente	1		
Zinc	<50	<50	<50	<50	<50		30*		

Tabla 8. Resultados de los distintos ensayos de lixiviación frente a los valores de las normas de calidad ambiental (RD 817/2015) y objetivos de calidad para masas de agua superficial (plan hidrológico en vigor de la demarcación correspondiente y Anexo II del RD 60/2011. (*) La NCA depende de la dureza del agua, el valor que se toma es el caso más restrictivo.

Tal y como se puede comprobar en los datos de la tabla anterior, no se excede ninguna de las normas de calidad ambiental ni objetivos de calidad tras 28 días de fraguado en el ensayo con agitación, y en ningún caso en el ensayo con monolito estático.



8. CONCLUSIONES

- El estéril de flotación previsto en el proyecto Salave ha sido ensayado mediante la norma UNE-EN-12457:4 para evaluar su potencial de lixiviación de compuestos contaminantes. De la lista de sustancias y demás parámetros de referencia (Orden MAM/304/2002), únicamente se detecta en el lixiviado obtenido tras el ensayo, presencia de sulfato (527 mg/kg), As (2,7 mg/kg), Sb (0,94 mg/kg) y Mo (0,16 mg/kg). Inertizando este estéril con un material conglomerante (5% de cemento tipo CEM I, 5% de cal) y tras 28 días de fraguado, el conjunto muestra una reducción en su permeabilidad superior al 90% con respecto a la inicial y no se detecta la presencia en el lixiviado de ninguna de las sustancias citadas anteriormente en los lixiviados (<5 mg/l para el sulfato y <5 µg/l para As y Sb).
- La comparación de los datos anteriores con los valores obtenidos en el muestreo de aguas superficiales que se presenta en el estudio hidrogeológico y llevado a cabo en junio de 2021 proporciona una idea de la eficacia de la propuesta de inertización: las normas de calidad ambiental establecidas en el RD 817/2015 para As se sobrepasan en el agua de drenaje de las lagunas de Silva en la playa del Figo (77 µg/l, muestras SL-9 y SL-13 del estudio hidrogeológico) y para Se en el agua de la fuente nueva de Salave (1,1 µg/l, muestra SL-18 del estudio hidrogeológico).
- La combinación de cemento y cal ha sido seleccionada, entre otras opciones también ensayadas como óptima, evaluando la movilidad de los compuestos de interés y la reducción alcanzada en la permeabilidad de la mezcla.
- Como refrendo, el ensayo sin agitación y sin trituración (UNE-EN-15863), más ajustado a la realidad que se pretende reproducir, proporciona valores aún más reducidos de lixiviación de contaminantes, concluyendo, por lo tanto, que la aplicación del ensayo UNE-EN-12457:4 es una garantía adicional que proporciona valores máximos de contenido.
- Los lixiviados de los ensayos realizados no exceden las normas de calidad ambiental definidas en el RD 817/2015 ni los objetivos de calidad para aguas superficiales marcados en el plan hidrológico en vigor para ninguno de los contaminantes tras 28 días de fraguado.
- En suma, los estériles de flotación serán alojados en su depósito al efecto excavado en el terreno, encapsulado con materiales específicos para impermeabilizarlo externamente del entorno y evitar especialmente su contacto



con el agua. Además, serán depositados con estabilizantes adecuados para conferirles un nivel de compactación y resistencia mecánica notables, junto a una permeabilidad muy inferior (entre 150 y 300 veces) a la de los materiales que lo circundan, generando una estabilidad física muy notable. Y lo que resulta más importante, desde el punto de vista químico se produce una fijación de posibles contaminantes como el As y Sb eliminando su capacidad de producir lixiviados nocivos y de alguna manera convirtiendo esos estériles calificados como no inertes, en inertes.

- De este modo, cualquier evento de carácter local o catastrófico que pudiera afectar al depósito, se encontraría con una serie de barreras protectoras y aislantes de bastante consistencia, pero si fueran sobrepasadas se encontraría con materiales inertes sin capacidad de producir impacto alguno sobre el medio y específicamente sobre el agua.



9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGQ Mining & Bioenergy, 2019. Informe de caracterización, según el Real Decreto 975/2009, de una muestra de tailing. Documento inédito, 50 p.
- Choi, WH, Lee, SR y JY Park, 2009. Cement based solidification/stabilization of arsenid-contaminated mine tailings. *Waste Management*, 29: 1766-1771.
- Coussy, S, Benzaazoua, M, Blanc, D, Moszkowicz, P y B Bussiere, 2011. Arsenic stability in arsenopyrite-rich cemented paste backfills: a leaching test-based assessment. *Journal of Hazardous Materials*, 185: 1467-1476.
- Coussy, S, Benzaazoua, M, Blanc, D, Moszkowicz, P y B Bussiere, 2012. Assessment of arsenic immobilization in synthetically prepared cemented paste backfill specimens. *Journal of Environmental management*, 93: 10-21.
- Hamberg, R, Maurice, C y L Alakangas, 2015. The use of low binder proportions in cemented paste backfill. Effects on As-leaching. *Minerals Engineering*, 78: 74-82.
- Kiventera, J, Sreenivasan, H, Cheeseman, C, Kinnunen, P y M Illikainen, 2018. Immobilization of sulfates and heavy metals in gold mine tailings by sodium silicate and hydrated lime. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6(5): 6530-6536.
- Kiventera, J, Piekkari, K, Ister, V, Ohenoja, K, Tanskanen, P y M Illikainen, 2019. Solidification/stabilization of gold mine tailings using calcium sulfoaluminate-belite cement. *Journal of Cleaner Production*, 239: 118008 (<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118008>)
- Tariq, A y EK Yanful, 2013. A review of binders used in cemented paste tailings for underground and surface disposal practices. *Journal of Environmental Management*, 131: 138-149.

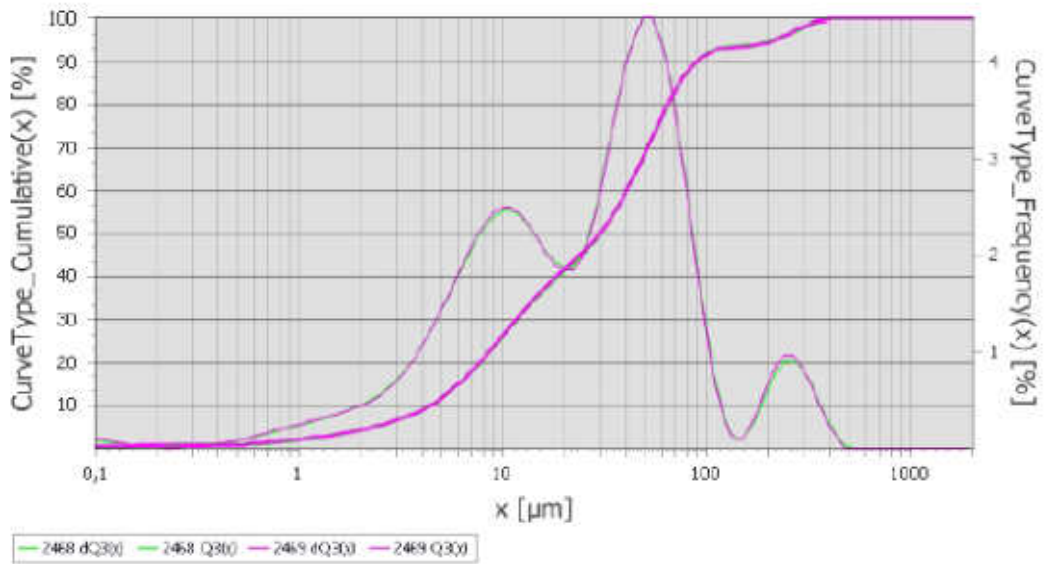


APÉNDICE I

Salida del software del equipo utilizado en el ensayo granulométrico



Overview



Q3(x) [%]	x [µm]	CV [%]	M2468	M2469
10	4,3	0	4,3	4,3
50	29,8	0,3	29,8	29,7
90	88,2	0,1	88,1	88,3

Legend	
No.	Name
M 2468	ESTERIL SALAVE (1)
M 2469	ESTERIL SALAVE (2)



WWW.FRITSCH.DE

ANALYSETTE 22 NanoTec plus

FRITSCH

Meas. No. 2469

Date jueves, 10 septiembre 2020
12:30

Name ESTERIL SALAVE (2)

Attr. 1

Attr. 4

Calculation Fraunhofer

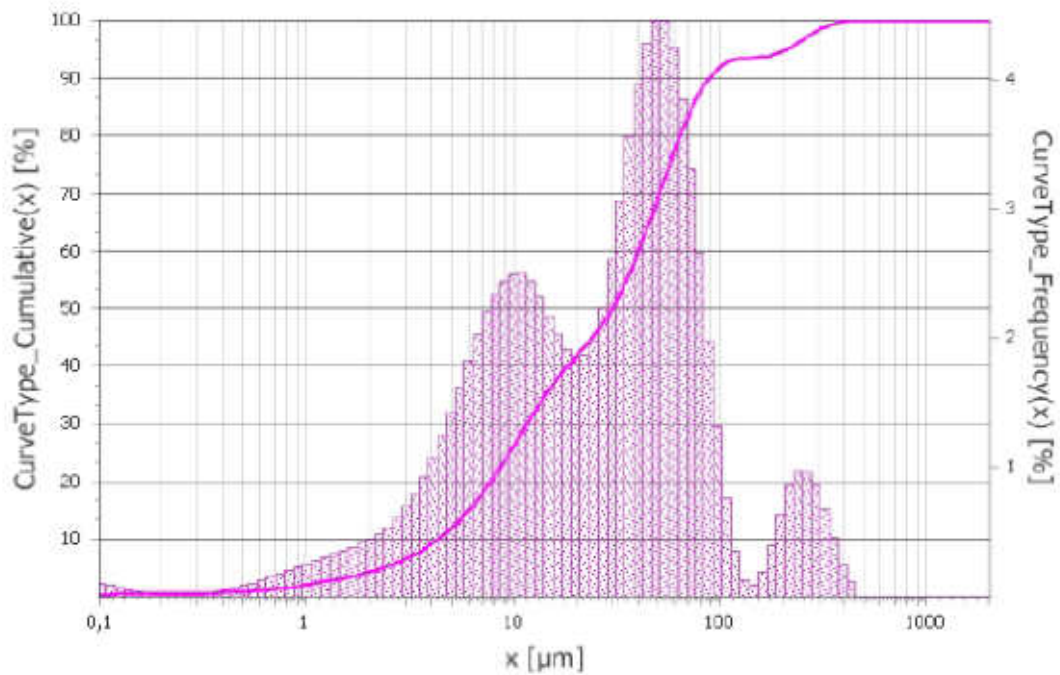
TradeOff broad (1000,0)

No. of Scans 100 (Fein-Bereich) / 100 (Grob-Bereich)

Beam Obscuration 9,0 %

Range 0,08 - 2000 µm Channels 102

Pressure 0 bar



Mode 50,62 µm Span (d90-d10)/d50 2,81 D[4,3] 47,1 µm

Q3(x) [%]	x [µm]
5	2,3
10	4,3
25	9,5
50	29,7
75	56,5
90	88,3
95	209
99	329,4



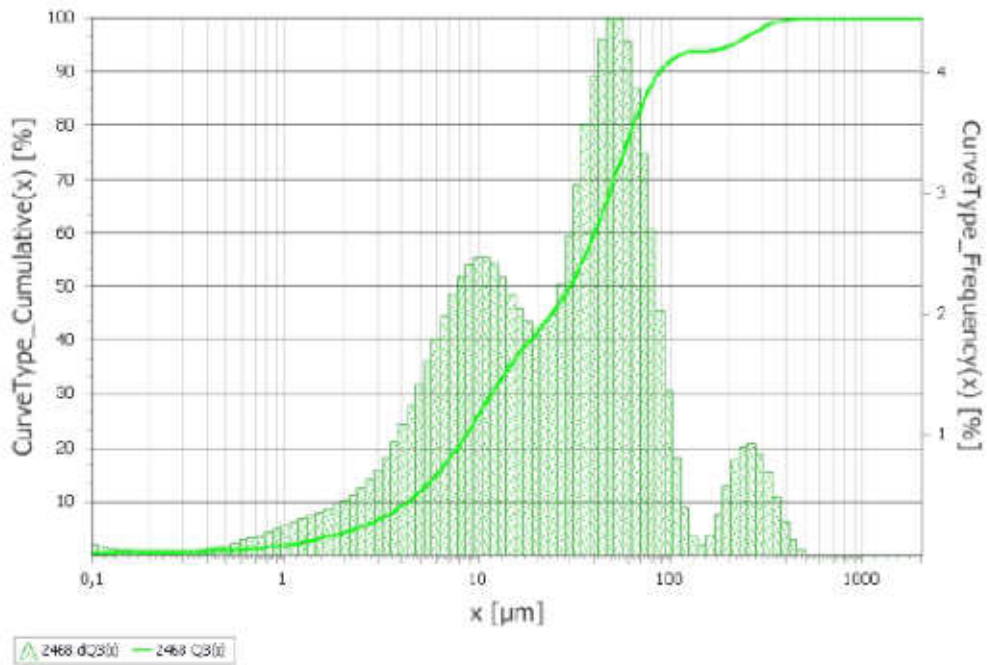
www.fritsch.de

ANALYSETTE 22 NanoTec plus



Meas. No. 2468 Date jueves, 10 septiembre 2020 12:29
 Name ESTERIL SALAVE (1)
 Attr. 1 Attr. 4

Calculation Fraunhofer TradeOff broad (1000,0)
 No. of Scans 100 (Fein-Bereich) / 100 (Grob-Bereich) Beam Obscuration 10,0 %
 Range 0,08 - 2000 µm Channels 102 Pressure 0 bar



Mode 50,62 µm Span (d90-d10)/d50 2,79 D[4,3] 47,1 µm

Q3(x) [%]	x [µm]
5	2,3
10	4,3
25	9,6
50	29,8
75	56,6
90	88,1
95	206,5
99	334,2



APÉNDICE II

Certificados de los ensayos previos de lixiviación (apartado 2.2)

Certificado de Ensayo Nº: 000231214

Referencia de la muestra: 000248280

Cliente/dirección: ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS, ENERGÍA Y MATERIAL. CALLE INDEPENDENCIA, 13. 33004 OVIEDO (P. ASTURIAS)

Proyecto: ESCUELA DE MINAS. Lixiviado y análisis

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 5% CAL

Envases y conservación: 1 Bolsa plástico 100 g

Toma de muestra realizada por: El Cliente

Observaciones: Desviaciones de la Norma: La masa de muestra en el laboratorio es menor a la indicada por la Norma de Referencia (2kg).

Recepción: 30/09/2020

Inicio de análisis: 30/09/2020

Fin de análisis: 04/10/2020

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Preparación de la muestra					
Naturaleza del residuo		Granular	IA-ITCAL-11.0-110	Insp. visual	
Masa de la muestra de laboratorio	Kg	0.154	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Reducción de tamaño		No	IA-ITCAL-11.0-110	Trituración	
Secado de la muestra		No	IA-ITCAL-11.0-110	Secado	
Fración mayor que el tamaño de part. referido en norma	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Fración no triturable	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Lixiviación de residuo		Sí	UNE-EN 12457-4:02	L/S=10 l/kg	
Propiedades físicas					
Tasa contenido de humedad	%	< 1.0	IA-ITCAL-11.0-55	Gravimetría	20%
Producción de eluato					
Fecha de ensayo lixiviación		30/09/2020	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Masa bruta de la porción de ensayo	Kg	0.090	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Procedimiento de separación líquido-sólido		Centr.-Filtr.	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Volumen del lixivante	L	0.897	IA-ITCAL-11.0-110	Volumetría	
Medidas inmediatas tras lixiviación					
pH a 25°C	Ud. pH	> 10.00	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	0.15
*pH a 25°C	Ud. pH	12.19	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	
Conductividad a 25°C	µS/cm	8869	UNE-EN 27888:1994	Electrometría	6%
Temperatura	°C	21.5	IA-ITCAL-11.0-110	Termometría	0.5°C
Generales - Cantidad lixiviada (mg/kg)					
Sulfato	mg/Kg	59.5	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	39%
Metales - Cantidad Lixiviada (mg/kg)					
Antimonio	mg/Kg	0.40	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	34%
Arsénico	mg/Kg	0.73	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	23%

Certificado de Ensayo Nº: 000231214

Referencia de la muestra: 000248280

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 5% CAL

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Información adicional					
Desviaciones a la norma		Sí	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Referencia último blanco	Ref. muestra	244538	IA-ITCAL-11.0-110	---	



Fecha de emisión: 15 de octubre de 2020

Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de la acreditación.

Director Técnico del Laboratorio de Ensayo: Manuel Gutiérrez Cambor

EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE.
LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SÓLO AFECTAN A LAS MUESTRAS SOMETIDAS A ANÁLISIS.
EL INFORME NO DEBE REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN APROBACION ESCRITA DEL LABORATORIO DE ENSAYO ENVIRA INGENIEROS ASESORES, S. L.

ENVIRA INGENIEROS ASESORES S.L.:

Empresa Colaboradora de la Administración Hidráulica.

Certificado de Ensayo Nº: 000231215

Referencia de la muestra: 000248281

Cliente/dirección: ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS, ENERGÍA Y MATERIAL. CALLE INDEPENDENCIA, 13. 33004 OVIEDO (P. ASTURIAS)

Proyecto: ESCUELA DE MINAS. Lixiviado y análisis

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 5% CEM

Envases y conservación: 1 Bolsa plástico 100 g

Toma de muestra realizada por: El Cliente

Observaciones: Desviaciones de la Norma: La masa de muestra en el laboratorio es menor a la indicada por la Norma de Referencia (2kg).

Recepción: 30/09/2020

Inicio de análisis: 30/09/2020

Fin de análisis: 04/10/2020

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
<u>Preparación de la muestra</u>					
Naturaleza del residuo		Granular	IA-ITCAL-11.0-110	Insp. visual	
Masa de la muestra de laboratorio	Kg	0.254	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Reducción de tamaño		No	IA-ITCAL-11.0-110	Trituración	
Secado de la muestra		No	IA-ITCAL-11.0-110	Secado	
Fración mayor que el tamaño de part. referido en norma	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Fración no triturable	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Lixiviación de residuo		Sí	UNE-EN 12457-4:02	L/S=10 l/kg	
<u>Propiedades físicas</u>					
Tasa contenido de humedad	%	9.1	IA-ITCAL-11.0-55	Gravimetría	20%
<u>Producción de eluato</u>					
Fecha de ensayo lixiviación		30/09/2020	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Masa bruta de la porción de ensayo	Kg	0.100	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Procedimiento de separación líquido-sólido		Centr.-Filtr.	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Volumen del lixivante	L	0.901	IA-ITCAL-11.0-110	Volumetría	
<u>Medidas inmediatas tras lixiviación</u>					
pH a 25°C	Ud. pH	> 10.00	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	0.15
*pH a 25°C	Ud. pH	11.76	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	
Conductividad a 25°C	µS/cm	2111	UNE-EN 27888:1994	Electrometría	6%
Temperatura	°C	21.9	IA-ITCAL-11.0-110	Termometría	0.5°C
<u>Generales - Cantidad lixiviada (mg/kg)</u>					
Sulfato	mg/Kg	292	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	39%
<u>Metales - Cantidad Lixiviada (mg/kg)</u>					
Antimonio	mg/Kg	0.54	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	24%
Arsénico	mg/Kg	0.88	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	23%

Certificado de Ensayo Nº: 000231215

Referencia de la muestra: 000248281

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 5% CEM

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Información adicional					
Desviaciones a la norma		Si	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Referencia último blanco	Ref. muestra	244538	IA-ITCAL-11.0-110	---	

Certificado de Ensayo Nº: 000231217

Referencia de la muestra: 000248337

Cliente/dirección: ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS, ENERGÍA Y MATERIAL. CALLE INDEPENDENCIA, 13. 33004 OVIEDO (P. ASTURIAS)

Proyecto: ESCUELA DE MINAS. Lixiviado y análisis

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 5% EHA

Envases y conservación: 1 Bolsa plástico 100 g

Toma de muestra realizada por: El Cliente

Observaciones: Desviaciones de la Norma: La masa de muestra en el laboratorio es menor a la indicada por la Norma de Referencia (2kg).

Recepción: 01/10/2020

Inicio de análisis: 01/10/2020

Fin de análisis: 13/10/2020

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
<u>Preparación de la muestra</u>					
Naturaleza del residuo		Granular	IA-ITCAL-11.0-110	Insp. visual	
Masa de la muestra de laboratorio	Kg	0.177	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Reducción de tamaño		No	IA-ITCAL-11.0-110	Trituración	
Secado de la muestra		No	IA-ITCAL-11.0-110	Secado	
Fración mayor que el tamaño de part. referido en norma	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Fración no triturable	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Lixiviación de residuo		Sí	UNE-EN 12457-4:02	L/S=10 l/kg	
<u>Propiedades físicas</u>					
Tasa contenido de humedad	%	1.6	IA-ITCAL-11.0-55	Gravimetría	20%
<u>Producción de eluato</u>					
Fecha de ensayo lixiviación		01/10/2020	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Masa bruta de la porción de ensayo	Kg	0.090	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Procedimiento de separación líquido-sólido		Centr.-Filtr.	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Volumen del lixivante	L	0.884	IA-ITCAL-11.0-110	Volumetría	
<u>Medidas inmediatas tras lixiviación</u>					
pH a 25°C	Ud. pH	> 10.00	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	0.15
*pH a 25°C	Ud. pH	12.34	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	
Conductividad a 25°C	µS/cm	5321	UNE-EN 27888:1994	Electrometría	6%
Temperatura	°C	18.3	IA-ITCAL-11.0-110	Termometría	0.5°C
<u>Generales - Cantidad lixiviada (mg/kg)</u>					
Sulfato	mg/Kg	< 50	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	39%
<u>Metales - Cantidad Lixiviada (mg/kg)</u>					
Antimonio	mg/Kg	0.41	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	34%
Arsénico	mg/Kg	0.31	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	25%

Certificado de Ensayo Nº: 000231217

Referencia de la muestra: 000248337

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 5% EHA

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Información adicional					
Desviaciones a la norma		Si	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Referencia último blanco	Ref. muestra	244538	IA-ITCAL-11.0-110	---	

Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de la acreditación.

Director Técnico del Laboratorio de Ensayo: Manuel Gutiérrez Cambor

EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE.
LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SÓLO AFECTAN A LAS MUESTRAS SOMETIDAS A ANÁLISIS.
EL INFORME NO DEBE REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN APROBACION ESCRITA DEL LABORATORIO DE ENSAYO ENVIRA INGENIEROS ASESORES, S. L.

ENVIRA INGENIEROS ASESORES S.L.:

Empresa Colaboradora de la Administración Hidráulica.

Certificado de Ensayo Nº: 000231219

Referencia de la muestra: 000248339

Cliente/dirección: ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS, ENERGÍA Y MATERIAL. CALLE INDEPENDENCIA, 13. 33004 OVIEDO (P. ASTURIAS)

Proyecto: ESCUELA DE MINAS. Lixiviado y análisis

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 10% CAL

Envases y conservación: 1 Bolsa plástico 100 g

Toma de muestra realizada por: El Cliente

Observaciones: Desviaciones de la Norma: La masa de muestra en el laboratorio es menor a la indicada por la Norma de Referencia (2kg).

Recepción: 01/10/2020

Inicio de análisis: 01/10/2020

Fin de análisis: 13/10/2020

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
<u>Preparación de la muestra</u>					
Naturaleza del residuo		Granular	IA-ITCAL-11.0-110	Insp. visual	
Masa de la muestra de laboratorio	Kg	0.158	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Reducción de tamaño		No	IA-ITCAL-11.0-110	Trituración	
Secado de la muestra		No	IA-ITCAL-11.0-110	Secado	
Fración mayor que el tamaño de part. referido en norma	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Fración no triturable	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Lixiviación de residuo		Sí	UNE-EN 12457-4:02	L/S=10 l/kg	
<u>Propiedades físicas</u>					
Tasa contenido de humedad	%	1.4	IA-ITCAL-11.0-55	Gravimetría	20%
<u>Producción de eluato</u>					
Fecha de ensayo lixiviación		01/10/2020	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Masa bruta de la porción de ensayo	Kg	0.090	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Procedimiento de separación líquido-sólido		Centr.-Filtr.	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Volumen del lixivante	L	0.886	IA-ITCAL-11.0-110	Volumetría	
<u>Medidas inmediatas tras lixiviación</u>					
pH a 25°C	Ud. pH	> 10.00	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	0.15
*pH a 25°C	Ud. pH	12.44	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	
Conductividad a 25°C	µS/cm	8381	UNE-EN 27888:1994	Electrometría	6%
Temperatura	°C	18.4	IA-ITCAL-11.0-110	Termometría	0.5°C
<u>Generales - Cantidad lixiviada (mg/kg)</u>					
Sulfato	mg/Kg	51.5	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	39%
<u>Metales - Cantidad Lixiviada (mg/kg)</u>					
Antimonio	mg/Kg	0.35	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	34%
Arsénico	mg/Kg	0.39	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	25%

Certificado de Ensayo Nº: 000231219

Referencia de la muestra: 000248339

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 10% CAL

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Información adicional					
Desviaciones a la norma		Si	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Referencia último blanco	Ref. muestra	244538	IA-ITCAL-11.0-110	---	

Certificado de Ensayo Nº: 000231216

Referencia de la muestra: 00024822

Cliente/dirección: ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS, ENERGÍA Y MATERIAL. CALLE INDEPENDENCIA, 13. 33004 OVIEDO (P. ASTURIAS)

Proyecto: ESCUELA DE MINAS. Lixiviado y análisis

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 10% CEM

Envases y conservación: 1 Bolsa plástico 100 g

Toma de muestra realizada por: El Cliente

Observaciones: Desviaciones de la Norma: La masa de muestra en el laboratorio es menor a la indicada por la Norma de Referencia (2kg).

Recepción: 30/09/2020

Inicio de análisis: 30/09/2020

Fin de análisis: 04/10/2020

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
<u>Preparación de la muestra</u>					
Naturaleza del residuo		Granular	IA-ITCAL-11.0-110	Insp. visual	
Masa de la muestra de laboratorio	Kg	0.246	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Reducción de tamaño		No	IA-ITCAL-11.0-110	Trituración	
Secado de la muestra		No	IA-ITCAL-11.0-110	Secado	
Fración mayor que el tamaño de part. referido en norma	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Fración no triturable	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Lixiviación de residuo		Sí	UNE-EN 12457-4:02	L/S=10 l/kg	
<u>Propiedades físicas</u>					
Tasa contenido de humedad	%	9.8	IA-ITCAL-11.0-55	Gravimetría	20%
<u>Producción de eluato</u>					
Fecha de ensayo lixiviación		30/09/2020	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Masa bruta de la porción de ensayo	Kg	0.100	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Procedimiento de separación líquido-sólido		Centr.-Filtr.	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Volumen del lixivante	L	0.893	IA-ITCAL-11.0-110	Volumetría	
<u>Medidas inmediatas tras lixiviación</u>					
pH a 25°C	Ud. pH	> 10.00	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	0.15
*pH a 25°C	Ud. pH	11.99	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	
Conductividad a 25°C	µS/cm	4058	UNE-EN 27888:1994	Electrometría	6%
Temperatura	°C	22.0	IA-ITCAL-11.0-110	Termometría	0.5°C
<u>Generales - Cantidad lixiviada (mg/kg)</u>					
Sulfato	mg/Kg	68.2	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	39%
<u>Metales - Cantidad Lixiviada (mg/kg)</u>					
Antimonio	mg/Kg	0.24	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	34%
Arsénico	mg/Kg	0.23	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	25%

Certificado de Ensayo Nº: 000231216

Referencia de la muestra: 000248282

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 10% CEM

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Información adicional					
Desviaciones a la norma		Si	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Referencia último blanco	Ref. muestra	244538	IA-ITCAL-11.0-110	---	

Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de la acreditación.

Director Técnico del Laboratorio de Ensayo: Manuel Gutiérrez Cambor

EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE.
LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SÓLO AFECTAN A LAS MUESTRAS SOMETIDAS A ANÁLISIS.
EL INFORME NO DEBE REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN APROBACION ESCRITA DEL LABORATORIO DE ENSAYO ENVIRA INGENIEROS ASESORES, S. L.

ENVIRA INGENIEROS ASESORES S.L.:

Empresa Colaboradora de la Administración Hidráulica.

Certificado de Ensayo Nº: 000231218

Referencia de la muestra: 000248338

Cliente/dirección: ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS, ENERGÍA Y MATERIAL. CALLE INDEPENDENCIA, 13. 33004 OVIEDO (P. ASTURIAS)

Proyecto: ESCUELA DE MINAS. Lixiviado y análisis

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 10% EHA

Envases y conservación: 1 Bolsa plástico 100 g

Toma de muestra realizada por: El Cliente

Observaciones: Desviaciones de la Norma: La masa de muestra en el laboratorio es menor a la indicada por la Norma de Referencia (2kg).

Recepción: 01/10/2020

Inicio de análisis: 01/10/2020

Fin de análisis: 13/10/2020

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
<u>Preparación de la muestra</u>					
Naturaleza del residuo		Granular	IA-ITCAL-11.0-110	Insp. visual	
Masa de la muestra de laboratorio	Kg	0.205	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Reducción de tamaño		No	IA-ITCAL-11.0-110	Trituración	
Secado de la muestra		No	IA-ITCAL-11.0-110	Secado	
Fración mayor que el tamaño de part. referido en norma	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Fración no triturable	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Lixiviación de residuo		Sí	UNE-EN 12457-4:02	L/S=10 l/kg	
<u>Propiedades físicas</u>					
Tasa contenido de humedad	%	5.1	IA-ITCAL-11.0-55	Gravimetría	20%
<u>Producción de eluato</u>					
Fecha de ensayo lixiviación		01/10/2020	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Masa bruta de la porción de ensayo	Kg	0.090	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Procedimiento de separación líquido-sólido		Centr.-Filtr.	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Volumen del lixivante	L	0.850	IA-ITCAL-11.0-110	Volumetría	
<u>Medidas inmediatas tras lixiviación</u>					
pH a 25°C	Ud. pH	> 10.00	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	0.15
*pH a 25°C	Ud. pH	12.48	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	
Conductividad a 25°C	µS/cm	7916	UNE-EN 27888:1994	Electrometría	6%
Temperatura	°C	18.3	IA-ITCAL-11.0-110	Termometría	0.5°C
<u>Generales - Cantidad lixiviada (mg/kg)</u>					
Sulfato	mg/Kg	< 50	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	39%
<u>Metales - Cantidad Lixiviada (mg/kg)</u>					
Antimonio	mg/Kg	0.24	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	34%
Arsénico	mg/Kg	0.34	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	25%

Certificado de Ensayo Nº: 000231218

Referencia de la muestra: 000248338

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 10% EHA

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Información adicional					
Desviaciones a la norma		Si	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Referencia último blanco	Ref. muestra	244538	IA-ITCAL-11.0-110	---	

Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de la acreditación.

Director Técnico del Laboratorio de Ensayo: Manuel Gutiérrez Cambor

EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE.
LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SÓLO AFECTAN A LAS MUESTRAS SOMETIDAS A ANÁLISIS.
EL INFORME NO DEBE REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN APROBACION ESCRITA DEL LABORATORIO DE ENSAYO ENVIRA INGENIEROS ASESORES, S. L.

ENVIRA INGENIEROS ASESORES S.L.:

Empresa Colaboradora de la Administración Hidráulica.

Certificado de Ensayo Nº: 000233408

Referencia de la muestra: 000249764

Cliente/dirección: ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS, ENERGÍA Y MATERIAL. CALLE INDEPENDENCIA, 13. 33004 OVIEDO (P. ASTURIAS)

Proyecto: ESCUELA DE MINAS. Lixiviado y análisis

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 5% CAL

Envases y conservación: 1 Bolsa plástico 100 g

Toma de muestra realizada por: El Cliente

Observaciones: Desviaciones de la Norma: La masa de muestra en el laboratorio es menor a la indicada por la Norma de Referencia (2kg).

Recepción: 22/10/2020

Inicio de análisis: 22/10/2020

Fin de análisis: 29/10/2020

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Preparación de la muestra					
Naturaleza del residuo		Granular	IA-ITCAL-11.0-110	Insp. visual	
Masa de la muestra de laboratorio	Kg	0.152	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Reducción de tamaño		No	IA-ITCAL-11.0-110	Trituración	
Secado de la muestra		No	IA-ITCAL-11.0-110	Secado	
Fración mayor que el tamaño de part. referido en norma	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Fración no triturable	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Lixiviación de residuo		Sí	UNE-EN 12457-4:02	L/S=10 l/kg	
Propiedades físicas					
Tasa contenido de humedad	%	< 1.0	IA-ITCAL-11.0-55	Gravimetría	20%
Producción de eluato					
Fecha de ensayo lixiviación		22/10/2020	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Masa bruta de la porción de ensayo	Kg	0.090	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Procedimiento de separación líquido-sólido		Centr.-Filtr.	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Volumen del lixivante	L	0.894	IA-ITCAL-11.0-110	Volumetría	
Medidas inmediatas tras lixiviación					
pH a 25°C	Ud. pH	> 10.00	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	0.15
*pH a 25°C	Ud. pH	12.45	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	
Conductividad a 25°C	µS/cm	7871	UNE-EN 27888:1994	Electrometría	6%
Temperatura	°C	21.0	IA-ITCAL-11.0-110	Termometría	0.5°C
Generales - Cantidad lixiviada (mg/kg)					
Sulfato	mg/Kg	57.0	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	39%
Metales - Cantidad Lixiviada (mg/kg)					
Antimonio	mg/Kg	0.54	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	24%
Arsénico	mg/Kg	0.06	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	25%

Certificado de Ensayo Nº: 000233408

Referencia de la muestra: 000249764

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 5% CAL

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Información adicional					
Desviaciones a la norma		Sí	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Referencia último blanco	Ref. muestra	244538	IA-ITCAL-11.0-110	---	

Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de la acreditación.

Director Técnico del Laboratorio de Ensayo: Manuel Gutiérrez Cambor

EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE.
LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SÓLO AFECTAN A LAS MUESTRAS SOMETIDAS A ANÁLISIS.
EL INFORME NO DEBE REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN APROBACION ESCRITA DEL LABORATORIO DE ENSAYO ENVIRA INGENIEROS ASESORES, S. L.

ENVIRA INGENIEROS ASESORES S.L.:

Empresa Colaboradora de la Administración Hidráulica.

Certificado de Ensayo Nº: 000233406

Referencia de la muestra: 000249762

Cliente/dirección: ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS, ENERGÍA Y MATERIAL. CALLE INDEPENDENCIA, 13. 33004 OVIEDO (P. ASTURIAS)

Proyecto: ESCUELA DE MINAS. Lixiviado y análisis

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 5% CEM

Envases y conservación: 1 Bolsa plástico 100 g

Toma de muestra realizada por: El Cliente

Observaciones: Desviaciones de la Norma: La masa de muestra en el laboratorio es menor a la indicada por la Norma de Referencia (2kg).

Recepción: 22/10/2020

Inicio de análisis: 22/10/2020

Fin de análisis: 29/10/2020

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Preparación de la muestra					
Naturaleza del residuo		Granular	IA-ITCAL-11.0-110	Insp. visual	
Masa de la muestra de laboratorio	Kg	0.148	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Reducción de tamaño		No	IA-ITCAL-11.0-110	Trituración	
Secado de la muestra		No	IA-ITCAL-11.0-110	Secado	
Fración mayor que el tamaño de part. referido en norma	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Fración no triturable	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Lixiviación de residuo		Sí	UNE-EN 12457-4:02	L/S=10 l/kg	
Propiedades físicas					
Tasa contenido de humedad	%	< 1.0	IA-ITCAL-11.0-55	Gravimetría	20%
Producción de eluato					
Fecha de ensayo lixiviación		22/10/2020	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Masa bruta de la porción de ensayo	Kg	0.090	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Procedimiento de separación líquido-sólido		Centr.-Filtr.	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Volumen del lixivante	L	0.892	IA-ITCAL-11.0-110	Volumetría	
Medidas inmediatas tras lixiviación					
pH a 25°C	Ud. pH	> 10.00	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	0.15
*pH a 25°C	Ud. pH	10.76	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	
Conductividad a 25°C	µS/cm	626	UNE-EN 27888:1994	Electrometría	6%
Temperatura	°C	21.3	IA-ITCAL-11.0-110	Termometría	0.5°C
Generales - Cantidad lixiviada (mg/kg)					
Sulfato	mg/Kg	1901	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	28%
Metales - Cantidad Lixiviada (mg/kg)					
Antimonio	mg/Kg	7.8	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	24%
Arsénico	mg/Kg	4.3	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	23%

Certificado de Ensayo Nº: 000233406

Referencia de la muestra: 000249762

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 5% CEM

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Información adicional					
Desviaciones a la norma		Si	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Referencia último blanco	Ref. muestra	244538	IA-ITCAL-11.0-110	---	

Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de la acreditación.

Director Técnico del Laboratorio de Ensayo: Manuel Gutiérrez Cambor

EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE.
LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SÓLO AFECTAN A LAS MUESTRAS SOMETIDAS A ANÁLISIS.
EL INFORME NO DEBE REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN APROBACION ESCRITA DEL LABORATORIO DE ENSAYO ENVIRA INGENIEROS ASESORES, S. L.

ENVIRA INGENIEROS ASESORES S.L.:

Empresa Colaboradora de la Administración Hidráulica.

Certificado de Ensayo Nº: 000233407

Referencia de la muestra: 000249763

Cliente/dirección: ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS, ENERGÍA Y MATERIAL. CALLE INDEPENDENCIA, 13. 33004 OVIEDO (P. ASTURIAS)

Proyecto: ESCUELA DE MINAS. Lixiviado y análisis

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 5% EHA

Envases y conservación: 1 Bolsa plástico 100 g

Toma de muestra realizada por: El Cliente

Observaciones: Desviaciones de la Norma: La masa de muestra en el laboratorio es menor a la indicada por la Norma de Referencia (2kg).

Recepción: 22/10/2020

Inicio de análisis: 22/10/2020

Fin de análisis: 29/10/2020

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
<u>Preparación de la muestra</u>					
Naturaleza del residuo		Granular	IA-ITCAL-11.0-110	Insp. visual	
Masa de la muestra de laboratorio	Kg	0.164	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Reducción de tamaño		No	IA-ITCAL-11.0-110	Trituración	
Secado de la muestra		No	IA-ITCAL-11.0-110	Secado	
Fración mayor que el tamaño de part. referido en norma	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Fración no triturable	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Lixiviación de residuo		Sí	UNE-EN 12457-4:02	L/S=10 l/kg	
<u>Propiedades físicas</u>					
Tasa contenido de humedad	%	< 1.0	IA-ITCAL-11.0-55	Gravimetría	20%
<u>Producción de eluato</u>					
Fecha de ensayo lixiviación		22/10/2020	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Masa bruta de la porción de ensayo	Kg	0.090	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Procedimiento de separación líquido-sólido		Centr.-Filtr.	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Volumen del lixivante	L	0.893	IA-ITCAL-11.0-110	Volumetría	
<u>Medidas inmediatas tras lixiviación</u>					
pH a 25°C	Ud. pH	> 10.00	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	0.15
*pH a 25°C	Ud. pH	11.68	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	
Conductividad a 25°C	µS/cm	1343	UNE-EN 27888:1994	Electrometría	6%
Temperatura	°C	20.9	IA-ITCAL-11.0-110	Termometría	0.5°C
<u>Generales - Cantidad lixiviada (mg/kg)</u>					
Sulfato	mg/Kg	327	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	39%
<u>Metales - Cantidad Lixiviada (mg/kg)</u>					
Antimonio	mg/Kg	3.0	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	24%
Arsénico	mg/Kg	1.2	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	23%

Certificado de Ensayo Nº: 000233407

Referencia de la muestra: 000249763

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 5% EHA

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Información adicional					
Desviaciones a la norma		Si	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Referencia último blanco	Ref. muestra	244538	IA-ITCAL-11.0-110	---	

Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de la acreditación.

Director Técnico del Laboratorio de Ensayo: Manuel Gutiérrez Cambor

EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE.
LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SÓLO AFECTAN A LAS MUESTRAS SOMETIDAS A ANÁLISIS.
EL INFORME NO DEBE REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN APROBACION ESCRITA DEL LABORATORIO DE ENSAYO ENVIRA INGENIEROS ASESORES, S. L.

ENVIRA INGENIEROS ASESORES S.L.:

Empresa Colaboradora de la Administración Hidráulica.

Certificado de Ensayo Nº: 000233411

Referencia de la muestra: 000249767

Cliente/dirección: ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS, ENERGÍA Y MATERIAL. CALLE INDEPENDENCIA, 13. 33004 OVIEDO (P. ASTURIAS)

Proyecto: ESCUELA DE MINAS. Lixiviado y análisis

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 10% CAL

Envases y conservación: 1 Bolsa plástico 100 g

Toma de muestra realizada por: El Cliente

Observaciones: Desviaciones de la Norma: La masa de muestra en el laboratorio es menor a la indicada por la Norma de Referencia (2kg).

Recepción: 22/10/2020

Inicio de análisis: 22/10/2020

Fin de análisis: 29/10/2020

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Preparación de la muestra					
Naturaleza del residuo		Granular	IA-ITCAL-11.0-110	Insp. visual	
Masa de la muestra de laboratorio	Kg	0.165	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Reducción de tamaño		No	IA-ITCAL-11.0-110	Trituración	
Secado de la muestra		No	IA-ITCAL-11.0-110	Secado	
Fración mayor que el tamaño de part. referido en norma	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Fración no triturable	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Lixiviación de residuo		Sí	UNE-EN 12457-4:02	L/S=10 l/kg	
Propiedades físicas					
Tasa contenido de humedad	%	< 1.0	IA-ITCAL-11.0-55	Gravimetría	20%
Producción de eluato					
Fecha de ensayo lixiviación		22/10/2020	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Masa bruta de la porción de ensayo	Kg	0.090	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Procedimiento de separación líquido-sólido		Centr.-Filtr.	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Volumen del lixivante	L	0.895	IA-ITCAL-11.0-110	Volumetría	
Medidas inmediatas tras lixiviación					
pH a 25°C	Ud. pH	> 10.00	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	0.15
*pH a 25°C	Ud. pH	12.51	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	
Conductividad a 25°C	µS/cm	8404	UNE-EN 27888:1994	Electrometría	6%
Temperatura	°C	19.6	IA-ITCAL-11.0-110	Termometría	0.5°C
Generales - Cantidad lixiviada (mg/kg)					
Sulfato	mg/Kg	55.0	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	39%
Metales - Cantidad Lixiviada (mg/kg)					
Antimonio	mg/Kg	0.45	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	34%
Arsénico	mg/Kg	< 0.05	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	25%

Certificado de Ensayo Nº: 000233411

Referencia de la muestra: 000249767

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 10% CAL

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Información adicional					
Desviaciones a la norma		Si	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Referencia último blanco	Ref. muestra	244538	IA-ITCAL-11.0-110	---	

Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de la acreditación.

Director Técnico del Laboratorio de Ensayo: Manuel Gutiérrez Cambor

EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE.
LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SÓLO AFECTAN A LAS MUESTRAS SOMETIDAS A ANÁLISIS.
EL INFORME NO DEBE REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN APROBACION ESCRITA DEL LABORATORIO DE ENSAYO ENVIRA INGENIEROS ASESORES, S. L.

ENVIRA INGENIEROS ASESORES S.L.:

Empresa Colaboradora de la Administración Hidráulica.

Certificado de Ensayo Nº: 000233409

Referencia de la muestra: 000249765

Cliente/dirección: ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS, ENERGÍA Y MATERIAL. CALLE INDEPENDENCIA, 13. 33004 OVIEDO (P. ASTURIAS)

Proyecto: ESCUELA DE MINAS. Lixiviado y análisis

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 10% CEM

Envases y conservación: 1 Bolsa plástico 100 g

Toma de muestra realizada por: El Cliente

Observaciones: Desviaciones de la Norma: La masa de muestra en el laboratorio es menor a la indicada por la Norma de Referencia (2kg).

Recepción: 22/10/2020

Inicio de análisis: 22/10/2020

Fin de análisis: 29/10/2020

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Preparación de la muestra					
Naturaleza del residuo		Granular	IA-ITCAL-11.0-110	Insp. visual	
Masa de la muestra de laboratorio	Kg	0.185	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Reducción de tamaño		No	IA-ITCAL-11.0-110	Trituración	
Secado de la muestra		No	IA-ITCAL-11.0-110	Secado	
Fración mayor que el tamaño de part. referido en norma	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Fración no triturable	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Lixiviación de residuo		Sí	UNE-EN 12457-4:02	L/S=10 l/kg	
Propiedades físicas					
Tasa contenido de humedad	%	< 1.0	IA-ITCAL-11.0-55	Gravimetría	20%
Producción de eluato					
Fecha de ensayo lixiviación		22/10/2020	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Masa bruta de la porción de ensayo	Kg	0.090	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Procedimiento de separación líquido-sólido		Centr.-Filtr.	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Volumen del lixivante	L	0.891	IA-ITCAL-11.0-110	Volumetría	
Medidas inmediatas tras lixiviación					
pH a 25°C	Ud. pH	> 10.00	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	0.15
*pH a 25°C	Ud. pH	11.73	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	
Conductividad a 25°C	µS/cm	1275	UNE-EN 27888:1994	Electrometría	6%
Temperatura	°C	20.2	IA-ITCAL-11.0-110	Termometría	0.5°C
Generales - Cantidad lixiviada (mg/kg)					
Sulfato	mg/Kg	959	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	28%
Metales - Cantidad Lixiviada (mg/kg)					
Antimonio	mg/Kg	1.0	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	24%
Arsénico	mg/Kg	0.93	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	23%

Certificado de Ensayo Nº: 000233409

Referencia de la muestra: 000249765

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 10% CEM

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Información adicional					
Desviaciones a la norma		Sí	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Referencia último blanco	Ref. muestra	244538	IA-ITCAL-11.0-110	---	

Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de la acreditación.

Director Técnico del Laboratorio de Ensayo: Manuel Gutiérrez Cambor

EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE.
LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SÓLO AFECTAN A LAS MUESTRAS SOMETIDAS A ANÁLISIS.
EL INFORME NO DEBE REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN APROBACION ESCRITA DEL LABORATORIO DE ENSAYO ENVIRA INGENIEROS ASESORES, S. L.

ENVIRA INGENIEROS ASESORES S.L.:

Empresa Colaboradora de la Administración Hidráulica.

Certificado de Ensayo Nº: 000233410

Referencia de la muestra: 000249766

Cliente/dirección: ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS, ENERGÍA Y MATERIAL. CALLE INDEPENDENCIA, 13. 33004 OVIEDO (P. ASTURIAS)

Proyecto: ESCUELA DE MINAS. Lixiviado y análisis

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 10% EHA

Envases y conservación: 1 Bolsa plástico 100 g

Toma de muestra realizada por: El Cliente

Observaciones: Desviaciones de la Norma: La masa de muestra en el laboratorio es menor a la indicada por la Norma de Referencia (2kg).

Recepción: 22/10/2020

Inicio de análisis: 22/10/2020

Fin de análisis: 29/10/2020

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
<u>Preparación de la muestra</u>					
Naturaleza del residuo		Granular	IA-ITCAL-11.0-110	Insp. visual	
Masa de la muestra de laboratorio	Kg	0.173	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Reducción de tamaño		No	IA-ITCAL-11.0-110	Trituración	
Secado de la muestra		No	IA-ITCAL-11.0-110	Secado	
Fración mayor que el tamaño de part. referido en norma	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Fración no triturable	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Lixiviación de residuo		Sí	UNE-EN 12457-4:02	L/S=10 l/kg	
<u>Propiedades físicas</u>					
Tasa contenido de humedad	%	< 1.0	IA-ITCAL-11.0-55	Gravimetría	20%
<u>Producción de eluato</u>					
Fecha de ensayo lixiviación		22/10/2020	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Masa bruta de la porción de ensayo	Kg	0.090	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Procedimiento de separación líquido-sólido		Centr.-Filtr.	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Volumen del lixivante	L	0.894	IA-ITCAL-11.0-110	Volumetría	
<u>Medidas inmediatas tras lixiviación</u>					
pH a 25°C	Ud. pH	> 10.00	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	0.15
*pH a 25°C	Ud. pH	12.34	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	
Conductividad a 25°C	µS/cm	5322	UNE-EN 27888:1994	Electrometría	6%
Temperatura	°C	19.9	IA-ITCAL-11.0-110	Termometría	0.5°C
<u>Generales - Cantidad lixiviada (mg/kg)</u>					
Sulfato	mg/Kg	< 50	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	39%
<u>Metales - Cantidad Lixiviada (mg/kg)</u>					
Antimonio	mg/Kg	0.44	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	34%
Arsénico	mg/Kg	< 0.05	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	25%

Certificado de Ensayo N°: 000233410

Referencia de la muestra: 000249766

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 10% EHA

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Información adicional					
Desviaciones a la norma		Si	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Referencia último blanco	Ref. muestra	244538	IA-ITCAL-11.0-110	---	



APÉNDICE III

Certificado de las determinaciones de permeabilidad sobre las probetas de las diferentes mezclas (apartado 2.3)

Company : Black Dragon
 : Gold
Well : Hand Specimen
Project
no. : 2000210

Date : 14-Aug-20
Analyst : RG

Permeability Results

Sample Number	Core Depth (m)	Air Permeability (mD)		Comment
5CA	n/a	14.5		
10CA	n/a	6.95		
5CE	n/a	4.84		
10CE	n/a	4.00		
5CAL	n/a	9.42		
10CAL	n/a	10.6		

PanTerra Geoconsultants B.V.
 Weversbaan 1-3
 2352 BZ Leiderdorp
 The Netherlands





APÉNDICE IV

Certificado del ensayo de lixiviación dinámica al estéril sin tratar (apartado 3)

Certificado de Ensayo Nº: 000242711
Referencia de la muestra: 000258124
Cliente/dirección: ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS, ENERGÍA Y MATERIAL. CALLE INDEPENDENCIA, 13. 33004 OVIEDO (P. ASTURIAS)

Proyecto: ESCUELA DE MINAS. Análisis muestras Medioambientales.

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI ESTERIL

Envases y conservación: 1 Bolsa plástico

Toma de muestra realizada por: El Cliente

Observaciones: Desviaciones a la Norma: La masa de muestra de Laboratorio es menor que la indicada por la Norma de referencia (2 kg).

Recepción: 01/03/2021

Inicio de análisis: 01/03/2021

Fin de análisis: 08/03/2021

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
<u>Preparación de la muestra</u>					
Naturaleza del residuo		Granular	IA-ITCAL-11.0-110	Insp. visual	
Masa de la muestra de laboratorio	Kg	0.323	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Reducción de tamaño		No	IA-ITCAL-11.0-110	Trituración	
Secado de la muestra		No	IA-ITCAL-11.0-110	Secado	
Fración mayor que el tamaño de part. referido en norma	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Fración no triturable	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Lixiviación de residuo		Sí	UNE-EN 12457-4:02	L/S=10 l/kg	
<u>Propiedades físicas</u>					
Tasa contenido de humedad	%	< 1.0	UNE-EN 14346:2007	Gravimetría	20%
<u>Producción de eluato</u>					
Fecha de ensayo lixiviación		02/03/2021	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Masa bruta de la porción de ensayo	Kg	0.090	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Procedimiento de separación líquido-sólido		Centr.-Filtr.	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Volumen del lixivante	L	0.892	IA-ITCAL-11.0-110	Volumetría	
<u>Medidas inmediatas tras lixiviación</u>					
pH a 25°C	Ud. pH	8.92	UNE-EN ISO 10523:2012	Electrometría	0.08Ud. pH
Conductividad a 25°C	µS/cm	173	UNE-EN 27888:1994	Electrometría	6%
Temperatura	°C	19.2	IA-ITCAL-11.0-110	Termometría	0.5°C
<u>Generales - Cantidad lixiviada (mg/kg)</u>					
Cloruros	mg/Kg	< 50	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	39%
Fluoruros	mg/Kg	< 1.0	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	25%
Sulfato	mg/Kg	527	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	28%
Carbono Orgánico disuelto (COD)	mg/Kg	< 150	IA-ITCAL-11.0-120	VIS-UV	25%
Sólidos Totales Disueltos (STD)	mg/Kg	< 1000	UNE-EN 15216:2007	Gravimetría	28%
<u>Metales - Cantidad Lixiviada (mg/kg)</u>					



Fecha de emisión: 16 de marzo de 2021

Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de la acreditación.

Director Técnico del Laboratorio de Ensayo: Manuel Gutiérrez Cambor

EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE.
 LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SÓLO AFECTAN A LAS MUESTRAS SOMETIDAS A ANÁLISIS.
 EL INFORME NO DEBE REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN APROBACION ESCRITA DEL LABORATORIO DE ENSAYO EUROFINES ENVIRA INGENIEROS ASESORES, S. L.
 EUROFINES ENVIRA INGENIEROS ASESORES S.L.: EMPRESA COLABORADORA DE LA ADMINISTRACIÓN HIDRÁULICA

Certificado de Ensayo Nº: 000242711
Referencia de la muestra: 000258124
Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152
Tipo de muestra: Residuo sólido
Identificación de la muestra: UNIOVI ESTERIL

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Metales - Cantidad Lixiviada (mg/kg)					
Antimonio	mg/Kg	0.94	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	24%
Arsénico	mg/Kg	2.7	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	23%
Bario	mg/Kg	< 0.05	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	30%
Cadmio	mg/Kg	< 0.01	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	25%
Cobre	mg/Kg	< 0.05	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	24%
Cromo	mg/Kg	< 0.05	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	24%
*Estaño	mg/Kg	< 0.05	IT-60	ICP-MS	
Mercurio	mg/Kg	< 0.0010	IA-ITCAL-11.0-85	CV-AAS	43%
Molibdeno	mg/Kg	0.16	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	21%
Níquel	mg/Kg	< 0.05	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	24%
Plomo	mg/Kg	< 0.05	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	21%
Selenio	mg/Kg	< 0.05	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	38%
Zinc	mg/Kg	< 0.50	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	25%
Información adicional					
Desviaciones a la norma		Sí	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Referencia último blanco	Ref. muestra	255139	IA-ITCAL-11.0-110	---	



APÉNDICE V

**Certificados de los ensayos de lixiviación dinámica sobre la mezcla final
(apartado 4)**

Certificado de Ensayo Nº: 000242712
Referencia de la muestra: 000258125
Cliente/dirección: ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS, ENERGÍA Y MATERIAL. CALLE INDEPENDENCIA, 13. 33004 OVIEDO (P. ASTURIAS)

Proyecto: ESCUELA DE MINAS. Análisis muestras Medioambientales.

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 5CE/5CA-7d

Envases y conservación: 1 Bolsa plástico

Toma de muestra realizada por: El Cliente

Observaciones: Desviaciones a la Norma: La masa de muestra de Laboratorio es menor que la indicada por la Norma de referencia (2 kg).

Recepción: 01/03/2021

Inicio de análisis: 01/03/2021

Fin de análisis: 08/03/2021

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
<u>Preparación de la muestra</u>					
Naturaleza del residuo		Granular	IA-ITCAL-11.0-110	Insp. visual	
Masa de la muestra de laboratorio	Kg	0.268	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Reducción de tamaño		No	IA-ITCAL-11.0-110	Trituración	
Secado de la muestra		No	IA-ITCAL-11.0-110	Secado	
Fracción mayor que el tamaño de part. referido en norma	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Fracción no triturable	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Lixiviación de residuo		Sí	UNE-EN 12457-4:02	L/S=10 l/kg	
<u>Propiedades físicas</u>					
Tasa contenido de humedad	%	1.9	UNE-EN 14346:2007	Gravimetría	20%
<u>Producción de eluato</u>					
Fecha de ensayo lixiviación		02/03/2021	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Masa bruta de la porción de ensayo	Kg	0.090	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Procedimiento de separación líquido-sólido		Centr.-Filtr.	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Volumen del lixivante	L	0.881	IA-ITCAL-11.0-110	Volumetría	
<u>Medidas inmediatas tras lixiviación</u>					
pH a 25°C	Ud. pH	> 10.00	UNE-EN ISO 10523:2012	Electrometría	0.08
*pH a 25°C	Ud. pH	12.53	UNE-EN ISO 10523:2012	Electrometría	
Conductividad a 25°C	µS/cm	9102	UNE-EN 27888:1994	Electrometría	6%
Temperatura	°C	19.3	IA-ITCAL-11.0-110	Termometría	0.5°C
<u>Generales - Cantidad lixiviada (mg/kg)</u>					
Cloruros	mg/Kg	< 50	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	39%
Fluoruros	mg/Kg	3.2	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	25%
Sulfato	mg/Kg	< 50	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	39%
Carbono Orgánico disuelto (COD)	mg/Kg	< 150	IA-ITCAL-11.0-120	VIS-UV	25%
Sólidos Totales Disueltos (STD)	mg/Kg	15890	UNE-EN 15216:2007	Gravimetría	28%



Fecha de emisión: 16 de marzo de 2021

Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de la acreditación.

Director Técnico del Laboratorio de Ensayo: Manuel Gutiérrez Cambor

EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE.
 LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SÓLO AFECTAN A LAS MUESTRAS SOMETIDAS A ANÁLISIS.
 EL INFORME NO DEBE REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN APROBACION ESCRITA DEL LABORATORIO DE ENSAYO EUROFINES ENVIRA INGENIEROS ASESORES, S. L.
 EUROFINES ENVIRA INGENIEROS ASESORES S.L.: EMPRESA COLABORADORA DE LA ADMINISTRACIÓN HIDRÁULICA

Certificado de Ensayo Nº: 000242712
Referencia de la muestra: 000258125
Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152
Tipo de muestra: Residuo sólido
Identificación de la muestra: UNIOVI 5CE/5CA-7d

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Metales - Cantidad Lixiviada (mg/kg)					
Antimonio	mg/Kg	0.21	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	34%
Arsénico	mg/Kg	0.06	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	25%
Bario	mg/Kg	4.4	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	22%
Cadmio	mg/Kg	< 0.01	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	25%
Cobre	mg/Kg	< 0.05	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	24%
Cromo	mg/Kg	0.13	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	24%
*Estaño	mg/Kg	< 0.05	IT-60	ICP-MS	
Mercurio	mg/Kg	< 0.0010	IA-ITCAL-11.0-85	CV-AAS	43%
Molibdeno	mg/Kg	0.28	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	21%
Níquel	mg/Kg	< 0.05	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	24%
Plomo	mg/Kg	0.09	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	21%
Selenio	mg/Kg	< 0.05	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	38%
Zinc	mg/Kg	< 0.50	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	25%
Información adicional					
Desviaciones a la norma		Sí	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Referencia último blanco	Ref. muestra	255139	IA-ITCAL-11.0-110	---	

Certificado de Ensayo Nº: 000244251
Referencia de la muestra: 000259771
Cliente/dirección: ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS, ENERGÍA Y MATERIAL. CALLE INDEPENDENCIA, 13. 33004 OVIEDO (P. ASTURIAS)

Proyecto: ESCUELA DE MINAS. Análisis muestras Medioambientales.

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Residuo sólido

Identificación de la muestra: UNIOVI 5CE/5CA-28dR

Envases y conservación: 1 Bolsa plástico

Toma de muestra realizada por: El Cliente

Recepción: 22/03/2021

Inicio de análisis: 23/03/2021

Fin de análisis: 29/03/2021

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
<u>Preparación de la muestra</u>					
Naturaleza del residuo		Granular	IA-ITCAL-11.0-110	Insp. visual	
Masa de la muestra de laboratorio	Kg	0.280	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Reducción de tamaño		No	IA-ITCAL-11.0-110	Trituración	
Secado de la muestra		No	IA-ITCAL-11.0-110	Secado	
Fración mayor que el tamaño de part. referido en norma	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Fración no triturable	%	0	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Lixiviación de residuo		Si	UNE-EN 12457-4:02	L/S=10 l/kg	
<u>Propiedades físicas</u>					
Tasa contenido de humedad	%	< 1.0	UNE-EN 14346:2007	Gravimetría	20%
<u>Producción de eluato</u>					
Fecha de ensayo lixiviación		23/03/2021	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Masa bruta de la porción de ensayo	Kg	0.090	IA-ITCAL-11.0-110	Gravimetría	
Procedimiento de separación líquido-sólido		Centr.-Filtr.	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Volumen del lixivante	L	0.895	IA-ITCAL-11.0-110	Volumetría	
<u>Medidas inmediatas tras lixiviación</u>					
pH a 25°C	Ud. pH	> 10.00	UNE-EN ISO 10523:2012	Electrometría	0.08
*pH a 25°C	Ud. pH	12.62	UNE-EN ISO 10523:2012	Electrometría	
Conductividad a 25°C	µS/cm	8614	UNE-EN 27888:1994	Electrometría	6%
Temperatura	°C	17.0	IA-ITCAL-11.0-110	Termometría	0.5°C
<u>Generales - Cantidad lixiviada (mg/kg)</u>					
Cloruros	mg/Kg	< 50.0	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	39%
Fluoruros	mg/Kg	5.2	IA-ITCAL-11.0-29	Electrometría	30%
Sulfato	mg/Kg	< 50.0	UNE-EN ISO 10304-1:2009	C. Iónica	39%
Carbono Orgánico disuelto (COD)	mg/Kg	< 150	IA-ITCAL-11.0-120	VIS-UV	25%
Sólidos Totales Disueltos (STD)	mg/Kg	15020	UNE-EN 15216:2007	Gravimetría	28%
<u>Metales - Cantidad Lixiviada (mg/kg)</u>					

Certificado de Ensayo Nº: 000244251
Referencia de la muestra: 000259771
Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152
Tipo de muestra: Residuo sólido
Identificación de la muestra: UNIOVI 5CE/5CA-28dR

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Metales - Cantidad Lixiviada (mg/kg)					
Antimonio	mg/Kg	< 0.05	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	34%
Arsénico	mg/Kg	< 0.05	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	25%
Bario	mg/Kg	4.3	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	22%
Cadmio	mg/Kg	< 0.01	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	25%
Cobre	mg/Kg	< 0.05	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	24%
Cromo	mg/Kg	0.30	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	24%
*Estaño	mg/Kg	< 0.05	IT-60	ICP-MS	
Mercurio	mg/Kg	< 0.0010	IA-ITCAL-11.0-85	CV-AAS	43%
Molibdeno	mg/Kg	< 0.10	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	21%
Níquel	mg/Kg	< 0.05	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	24%
Plomo	mg/Kg	0.06	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	21%
Selenio	mg/Kg	< 0.05	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	38%
Zinc	mg/Kg	< 0.50	UNE-EN ISO 17294-1:2007, 17294-2:2005	ICP-MS	25%
Información adicional					
Desviaciones a la norma		Sí	IA-ITCAL-11.0-110	---	
Referencia último blanco	Ref. muestra	255139	IA-ITCAL-11.0-110	---	



APÉNDICE VI

Certificados de los ensayos de lixiviación estática sobre la mezcla final (apartado 5)

Determinación del módulo de elasticidad

Certificado de Ensayo Nº: 000244707
Referencia de la muestra: 000260742
Cliente/dirección: ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS, ENERGÍA Y MATERIAL. CALLE INDEPENDENCIA, 13. 33004 OVIEDO (P. ASTURIAS)

Proyecto: ESCUELA DE MINAS. Análisis muestras Medioambientales.

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Agua residual (Agua de lixiviado de un residuo)

Identificación de la muestra: UNIOVI 5CE/5CA 24h

Envases y conservación: 1 Frasco plástico 125 ml

Toma de muestra realizada por: El Cliente

Recepción: 08/04/2021

Inicio de análisis: 09/04/2021

Fin de análisis: 15/04/2021

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Generales					
Carbono Orgánico Disuelto (COD)	mg/l	3.3	IA-ITCAL-11.0-120	VIS-UV	25%
Cloruros	mg/l	< 5.0	IA-ITCAL-11.0-79	C. Iónica	29%
Conductividad a 25°C	µS/cm	542	IA-ITCAL-11.0-15	Electrometría	6%
Fluoruros	mg/l	< 0.50	IA-ITCAL-11.0-79	C. Iónica	18%
pH a 25°C	Ud. pH	> 10.00	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	0.15
*pH a 25°C	Ud. pH	11.34	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	
*Sólidos Disueltos	mg/l	< 400	IA-ITCAL-11.0-96	Gravimetría	10%
Sólidos Disueltos	mg/l	140	IA-ITCAL-11.0-96	Gravimetría	10%
Sulfato	mg/l	< 5.0	IA-ITCAL-11.0-79	C. Iónica	29%
Metales disueltos					
Antimonio	µg/l	25.8	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	31%
Arsénico	µg/l	16.8	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	19%
Bario	µg/l	12.6	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	26%
Cadmio	µg/l	< 1.0	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	21%
Cobre	µg/l	< 5.0	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	16%
Cromo	µg/l	< 5.0	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	18%
Mercurio	µg/l	< 0.10	IA-ITCAL-11.0-85	CV-AAS	39%
Molibdeno	µg/l	< 10.0	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	22%
Níquel	µg/l	< 5.0	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	17%
Plomo	µg/l	< 5.0	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	13%
Selenio	µg/l	< 5.0	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	36%
Zinc	µg/l	< 50.0	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	21%



Fecha de emisión: 15 de abril de 2021

Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de la acreditación.

Director Técnico del Laboratorio de Ensayo: Manuel Gutiérrez Cambor

 EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE.
 LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SÓLO AFECTAN A LAS MUESTRAS SOMETIDAS A ANÁLISIS.
 EL INFORME NO DEBE REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN APROBACION ESCRITA DEL LABORATORIO DE ENSAYO EUROFINES ENVIRA INGENIEROS ASESORES, S. L.

EUROFINES ENVIRA INGENIEROS ASESORES S.L.: EMPRESA COLABORADORA DE LA ADMINISTRACIÓN HIDRÁULICA

Certificado de Ensayo Nº: 000245349
Referencia de la muestra: 000260973
Cliente/dirección: ESCUELA DE INGENIERÍA DE MINAS, ENERGÍA Y MATERIAL. CALLE INDEPENDENCIA, 13. 33004 OVIEDO (P. ASTURIAS)

Proyecto: ESCUELA DE MINAS. Análisis muestras Medioambientales.

Códigos: PYE2/20/0117 - OFE2/20/152

Tipo de muestra: Agua residual (Agua de lixiviado de un residuo)

Identificación de la muestra: UNIOVI 5CE/5CA 7d

Envases y conservación: 1 Frasco plástico 125 ml

Toma de muestra realizada por: El Cliente

Recepción: 14/04/2021

Inicio de análisis: 15/04/2021

Fin de análisis: 20/04/2021

Parámetro	Unidad	Resultado	Procedimiento	Técnica	Incert. (k=2)
Generales					
Carbono Orgánico Disuelto (COD)	mg/l	< 2.0	IA-ITCAL-11.0-120	VIS-UV	25%
Cloruros	mg/l	< 5.0	IA-ITCAL-11.0-79	C. Iónica	29%
Conductividad a 25°C	µS/cm	185	IA-ITCAL-11.0-15	Electrometría	6%
Fluoruros	mg/l	< 0.10	IA-ITCAL-11.0-79	C. Iónica	18%
pH a 25°C	Ud. pH	> 10.00	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	0.15
*pH a 25°C	Ud. pH	10.83	IA-ITCAL-11.0-12	Electrometría	
Sólidos Disueltos	mg/l	< 400	IA-ITCAL-11.0-96	Gravimetría	10%
Sólidos Disueltos	mg/l	< 100	IA-ITCAL-11.0-96	Gravimetría	10%
Sulfato	mg/l	< 5.0	IA-ITCAL-11.0-79	C. Iónica	29%
Metales disueltos					
Antimonio	µg/l	6.6	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	31%
Arsénico	µg/l	< 5.0	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	19%
Bario	µg/l	11.0	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	26%
Cadmio	µg/l	< 1.0	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	21%
Cobre	µg/l	< 5.0	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	16%
Cromo	µg/l	< 5.0	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	18%
Mercurio	µg/l	< 0.10	IA-ITCAL-11.0-85	CV-AAS	39%
Molibdeno	µg/l	< 10.0	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	22%
Níquel	µg/l	< 5.0	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	17%
Plomo	µg/l	< 5.0	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	13%
Selenio	µg/l	< 5.0	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	36%
Zinc	µg/l	< 50.0	IA-ITCAL-11.0-64	ICP-MS	21%



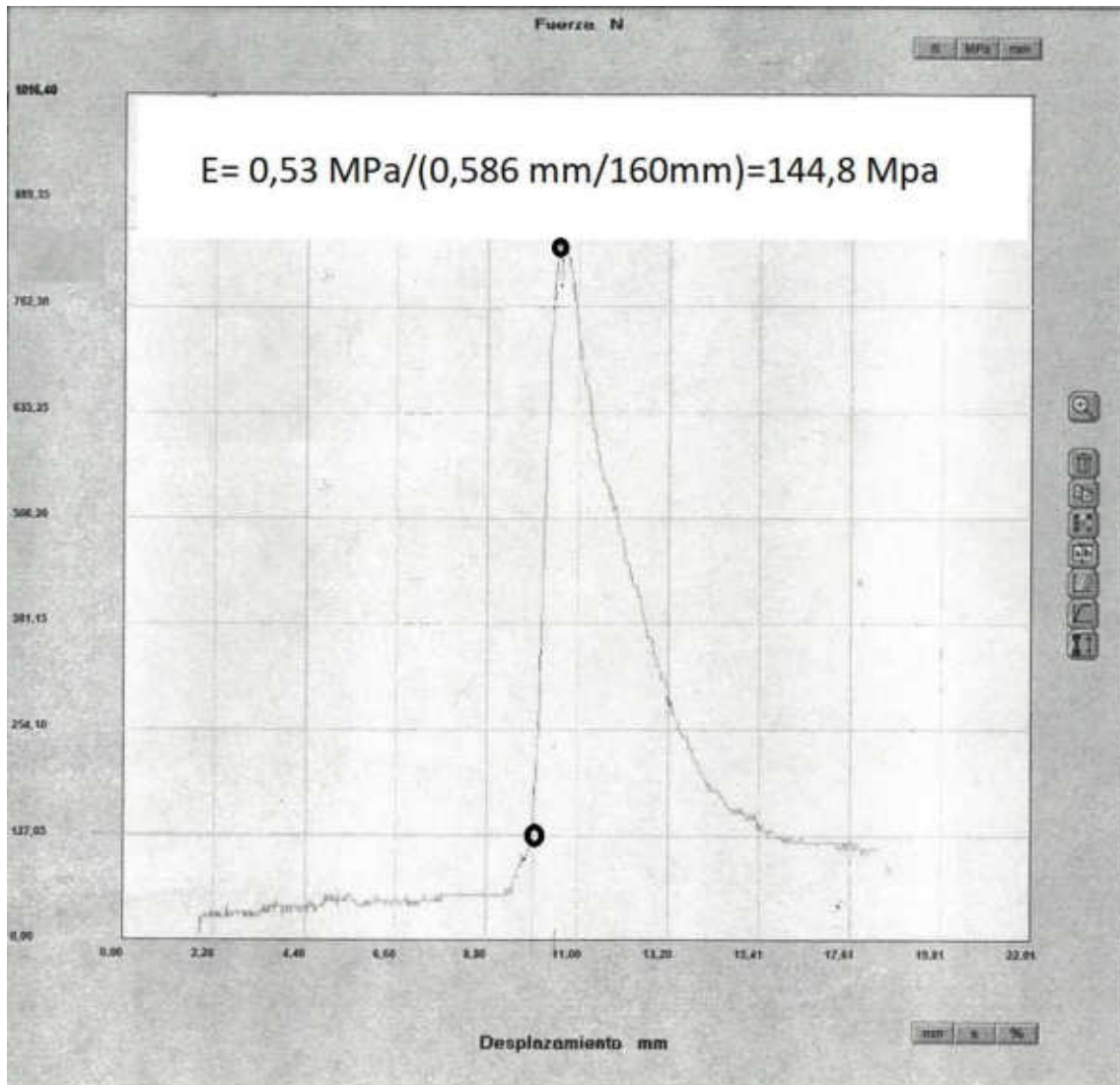
Fecha de emisión: 22 de abril de 2021

Los parámetros marcados con (*) se encuentran fuera del alcance de la acreditación.

Director Técnico del Laboratorio de Ensayo: Manuel Gutiérrez Cambor

EL LABORATORIO NO SE HACE RESPONSABLE DE LA INFORMACIÓN SUMINISTRADA POR EL CLIENTE.
 LOS RESULTADOS DE ESTE INFORME SÓLO AFECTAN A LAS MUESTRAS SOMETIDAS A ANÁLISIS.
 EL INFORME NO DEBE REPRODUCIRSE PARCIALMENTE SIN APROBACION ESCRITA DEL LABORATORIO DE ENSAYO EUROFINES ENVIRA INGENIEROS ASESORES, S. L.

EUROFINES ENVIRA INGENIEROS ASESORES S.L.: EMPRESA COLABORADORA DE LA ADMINISTRACIÓN HIDRÁULICA



Determinación del módulo de elasticidad en la mezcla final propuesta

4. Analítica para los materiales de excavación

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004301

Nº de Referencia:	S-21/004301-M1	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente (*):	INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L.
Análisis:	00000402-7	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio (*):	C/ Raimundo Fernández Villaverde 53 1º izq.
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	03/02/2021	Contrato:	QMT-MI210200004
Fecha Inicio:	08/02/2021	Fecha Fin:	26/02/2021	Cliente 3º(*):	----
Descripción(*):	Dp 1				

Fecha/Hora Muestreo:	03/02/2021	Muestreado por:	Cliente (*)
----------------------	------------	-----------------	-------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Mónica Berrios Caballero

FECHA EMISIÓN: 26/02/2021

OBSERVACIONES (*):

Se modifica el informe para actualizar el LC de Selenio Total y Cobalto Total

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004301

Nº de Referencia:	S-21/004301-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Dp 1	Fecha Fin:	26/02/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Totales				
* Talio Total	< 1,00	mg/kg	-	
Metales Totales				
Antimonio Total	< 1,00	mg/kg	±25%	
Arsénico Total	29,9	mg/kg PS	±25%	
Bario Total	57,4	mg/kg PS	±20%	
Berilio Total	< 5,00	mg/kg	±25%	
Cadmio Total	0,6	mg/kg sms	±25%	
Cobalto Total	6,1	mg/kg PS	±25%	
Cobre Total	< 10,0	mg/kg sms	±20%	
* Cromo Hexavalente	< 0,20	mg/kg	-	
Cromo Total	24,0	mg/kg sms	±25%	
Estaño Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Manganeso Total	< 100	mg/kg	±20%	
Mercurio Total	0,10	mg/kg sms	±25%	
Molibdeno Total	3,55	mg/kg	±25%	
Níquel Total	15,0	mg/kg sms	±25%	
Plata Total	< 0,5	mg/kg PS	±25%	
Plomo Total	23	mg/kg sms	±25%	
Selenio Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Vanadio Total	29,8	mg/kg PS	±25%	
Zinc Total	49,9	mg/kg sms	±20%	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

(1) Parametro acreditado por ENAC Nº 305

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004301

Nº de Referencia:	S-21/004301-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Dp 1	Fecha Fin:	26/02/2021

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (1)
Metales Totales				
* Talio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Metales Totales				
Antimonio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Arsénico Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Bario Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg PS
Berilio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,00 mg/kg
Cadmio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,1 mg/kg sms
Cobalto Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Cobre Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg sms
* Cromo Hexavalente	PE-383	Espect UV-VIS		0,20 mg/kg
Cromo Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg sms
Estaño Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Manganeso Total	PE-951	Espect ICP-OES		100 mg/kg
Mercurio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,10 mg/kg sms
Molibdeno Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Níquel Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,0 mg/kg sms
Plata Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg PS
Plomo Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg sms
Selenio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Vanadio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Zinc Total	PE-951	Espect ICP-OES		20,0 mg/kg sms

Los parámetros marcados con asterisco (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación.

(1) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de radioactividad es el AMD

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004302

Nº de Referencia:	S-21/004302-M1	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente (*):	INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L.
Análisis:	00000402-7	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio (*):	C/ Raimundo Fernández Villaverde 53 1º izq.
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	03/02/2021	Contrato:	QMT-MI210200004
Fecha Inicio:	08/02/2021	Fecha Fin:	26/02/2021	Cliente 3º(*):	----
Descripción(*):	Dp 2				

Fecha/Hora Muestreo:	03/02/2021	Muestreado por:	Cliente (*)
----------------------	------------	-----------------	-------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Mónica Berrios Caballero

FECHA EMISIÓN: 26/02/2021

OBSERVACIONES (*):

Se modifica el informe para actualizar el LC de Arsenico Total, Berilio Total, Cobalto Total, Selenio Total, Vanadio Total y Talio Total.

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004302

Nº de Referencia:	S-21/004302-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Dp 2	Fecha Fin:	26/02/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Totales				
* Talio Total	< 1,00	mg/kg	-	
Metales Totales				
Antimonio Total	< 1,00	mg/kg	±25%	
Arsénico Total	16,5	mg/kg PS	±25%	
Bario Total	58,8	mg/kg PS	±20%	
Berilio Total	< 0,50	mg/kg	±25%	
Cadmio Total	0,2	mg/kg sms	±25%	
Cobalto Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Cobre Total	15,8	mg/kg sms	±20%	
* Cromo Hexavalente	< 0,20	mg/kg	-	
Cromo Total	< 50,0	mg/kg sms	±25%	
Estaño Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Manganeso Total	< 100	mg/kg	±20%	
Mercurio Total	< 0,50	mg/kg sms	±25%	
Molibdeno Total	1,46	mg/kg	±25%	
Níquel Total	< 50,0	mg/kg sms	±25%	
Plata Total	< 0,5	mg/kg PS	±25%	
Plomo Total	25	mg/kg sms	±25%	
Selenio Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Vanadio Total	29,5	mg/kg PS	±25%	
Zinc Total	61,4	mg/kg sms	±20%	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

(1) Parametro acreditado por ENAC Nº 305

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004302

Nº de Referencia:	S-21/004302-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Dp 2	Fecha Fin:	26/02/2021

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (1)
Metales Totales				
* Talio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Metales Totales				
Antimonio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Arsénico Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Bario Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg PS
Berilio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,50 mg/kg
Cadmio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,1 mg/kg sms
Cobalto Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Cobre Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg sms
* Cromo Hexavalente	PE-383	Espect UV-VIS		0,20 mg/kg
Cromo Total	PE-325	Espect ICP-MS		50,0 mg/kg sms
Estaño Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Manganeso Total	PE-951	Espect ICP-OES		100 mg/kg
Mercurio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,50 mg/kg sms
Molibdeno Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Níquel Total	PE-325	Espect ICP-MS		50,0 mg/kg sms
Plata Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg PS
Plomo Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg sms
Selenio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Vanadio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Zinc Total	PE-951	Espect ICP-OES		20,0 mg/kg sms

Los parámetros marcados con asterisco (*) no estan incluidos en el Alcance de Acreditación.

(1) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de radioactividad es el AMD

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004303

Nº de Referencia:	S-21/004303-M1	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente (*):	INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L.
Análisis:	00000402-7	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio (*):	C/ Raimundo Fernández Villaverde 53 1º izq.
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	03/02/2021	Contrato:	QMT-MI210200004
Fecha Inicio:	08/02/2021	Fecha Fin:	26/02/2021	Cliente 3º(*):	----
Descripción(*):	Dp 3				

Fecha/Hora Muestreo:	03/02/2021	Muestreado por:	Cliente (*)
----------------------	------------	-----------------	-------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Mónica Berrios Caballero

FECHA EMISIÓN: 26/02/2021

OBSERVACIONES (*):

Se modifica el informe para actualizar el LC de Arsenico Total, Cobalto Total, Selenio Total, Vanadio Total y Talio Total.

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004303

Nº de Referencia:	S-21/004303-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Dp 3	Fecha Fin:	26/02/2021

RESULTADOS ANALITICOS

Parámetro	Resultado	Unidades	Incert	CMA
Metales Totales				
* Talio Total	< 1,00	mg/kg	-	
Metales Totales				
Antimonio Total	< 1,00	mg/kg	±25%	
Arsénico Total	14,5	mg/kg PS	±25%	
Bario Total	50,4	mg/kg PS	±20%	
Berilio Total	< 12,5	mg/kg	±25%	
Cadmio Total	< 0,1	mg/kg sms	±25%	
Cobalto Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Cobre Total	< 10,0	mg/kg sms	±20%	
* Cromo Hexavalente	< 0,20	mg/kg	-	
Cromo Total	30,3	mg/kg sms	±25%	
Estaño Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Manganeso Total	< 100	mg/kg	±20%	
Mercurio Total	< 0,50	mg/kg sms	±25%	
Molibdeno Total	< 1,00	mg/kg	±25%	
Níquel Total	< 25,0	mg/kg sms	±25%	
Plata Total	< 0,5	mg/kg PS	±25%	
Plomo Total	18	mg/kg sms	±25%	
Selenio Total	< 5,0	mg/kg PS	±25%	
Vanadio Total	30,1	mg/kg PS	±25%	
Zinc Total	< 20,0	mg/kg sms	±20%	

Nota: Los Resultados de este informe solo afectan a la muestra tal como es recibida en el laboratorio. Queda prohibida la reproducción parcial de este informe sin la aprobación por escrito del laboratorio. Las incertidumbres de los parámetros acreditados están calculadas y a disposición del cliente. AGQ no se hace responsable de la información proporcionada por el cliente, asociada a la toma de muestras y a otros datos descriptivos, marcados con (*). A: Ensayo subcontratado y acreditado. N: Ensayo subcontratado y no acreditado. RE: Recuento en placa estimado. La Incertidumbre aplicada al resultado no aplica para valores menores al Límite de Cuantificación (LC).

(1) Parametro acreditado por ENAC Nº 305

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004303

Nº de Referencia:	S-21/004303-M1	Tipo Muestra:	SUELOS
Descripción(*):	Dp 3	Fecha Fin:	26/02/2021

ANEXO TECNICO

Parámetro	PNT	Técnica	Ref. Norma.	Lim Cuantif/ Detec (1)
Metales Totales				
* Talio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Metales Totales				
Antimonio Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Arsénico Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Bario Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg PS
Berilio Total	PE-325	Espect ICP-MS		12,5 mg/kg
Cadmio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,1 mg/kg sms
Cobalto Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Cobre Total	PE-951	Espect ICP-OES		10,0 mg/kg sms
* Cromo Hexavalente	PE-383	Espect UV-VIS		0,20 mg/kg
Cromo Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg sms
Estaño Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Manganeso Total	PE-951	Espect ICP-OES		100 mg/kg
Mercurio Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,50 mg/kg sms
Molibdeno Total	PE-325	Espect ICP-MS		1,00 mg/kg
Níquel Total	PE-325	Espect ICP-MS		25,0 mg/kg sms
Plata Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg PS
Plomo Total	PE-325	Espect ICP-MS		0,5 mg/kg sms
Selenio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Vanadio Total	PE-325	Espect ICP-MS		5,0 mg/kg PS
Zinc Total	PE-951	Espect ICP-OES		20,0 mg/kg sms

Los parámetros marcados con asterisco (*) no estan incluidos en el Alcance de Acreditación.

(1) El Lim Cuantif es el valor a partir del cual detectamos (aplica a ensayos cualitativos). Para los parámetros de radioactividad es el AMD

Anula y sustituye a la versión anterior : S-21/004304

Nº de Referencia:	S-21/004304-M1	Registrada en:	AGQ Mining	Cliente (*):	INGENIERÍA Y CONSULTORÍA EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L.
Análisis:	00000402-7	Centro Análisis:	AGQ España	Domicilio (*):	C/ Raimundo Fernández Villaverde 53 1º izq.
Tipo Muestra:	SUELOS	Fecha Recepción:	03/02/2021	Contrato:	QMT-MI210200004
Fecha Inicio:	08/02/2021	Fecha Fin:	26/02/2021	Cliente 3º(*):	----
Descripción(*):	Dp 4				

Fecha/Hora Muestreo:	03/02/2021	Muestreado por:	Cliente (*)
----------------------	------------	-----------------	-------------

A continuación se exponen el Informe de Ensayo y Anexo Técnico asociados a la muestra, en los cuales se pueden consultar toda la información relacionada con los ensayos realizados.

Los Resultados emitidos en este informe, no han sido corregidos con factores de recuperación. Siguiendo el protocolo recogido en nuestro manual de calidad, AGQ guardará bajo condiciones controladas la muestra durante un periodo determinado después de la finalización del análisis. Una vez transcurrido este periodo, la muestra será eliminada. Si desea información adicional o cualquier aclaración, no dude en ponerse en contacto con nosotros.



Mónica Berrios Caballero

FECHA EMISIÓN: 26/02/2021

OBSERVACIONES (*):

Se modifica el informe para actualizar los LC de Arsenico Total, Cobalto Total, Selenio Total, Vanadio Total y Talio Total.

ANEXO VI
METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA VALORACIÓN DE
LAS ALTERNATIVAS

ÍNDICE

Pág nº

1. INTRODUCCIÓN	5
2. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	7
2.1. DEFINICIÓN Y PRIORIZACIÓN DE CRITERIOS	7
2.2. VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PARA CADA UNO LOS CRITERIOS	12
2.3. VALORACIÓN TOTAL DE LAS ALTERNATIVAS	12
3. ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA	15

FIGURAS

Figura 3.1.- Modelo jerárquico para la toma de decisiones con el AHP. Fuente:
Anuario Jurídico y económico Esculariense, XL (2007)..... 15

TABLAS

TABLA 2.1.- ESCALA FUNDAMENTAL DE COMPARACIÓN POR PARES (Saaty, 1980)	7
TABLA 2.2.- EJEMPLO DE MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS PARA EL PROCESO ANÁLITICO JERARQUICO	8
TABLA 2.3.- PESO RELATIVO EN LA MATRIZ DE COMPARACIONES	9
TABLA 2.4.- MATRIZ DE COMPARACIONES Y CÁLCULO DEL VECTOR DE PRIORIDADES.....	9
TABLA 2.5.- PORCENTAJES MÁXIMOS DEL RATIO DE CONSISTENCIA CR (Saaty, 1980)	11
TABLA 2.6.- MATRIZ DE COMPARACIONES PARA EL CRITERIO a	12
TABLA 2.7.- MATRIZ DE COMPARACIONES Y CÁLCULO DEL VECTOR DE PRIORIDADES.....	13
TABLA 2.8.- MATRIZ DE RESULTADOS	13



1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se describe la metodología utilizada para el análisis de alternativas del Proyecto de Salave.

En términos generales, existen dos formas principales de hacer esta evaluación, de manera cualitativa y de manera cuantitativa, utilizando para ellos un análisis multicriterio.

En los casos más sencillos, se puede llegar a una conclusión mediante una discusión cualitativa sin embargo algunas alternativas tienen una complejidad que tendría un alto nivel de subjetividad. Con el fin de minimizar al máximo esta subjetividad, estos casos más complejos, serán evaluadas mediante un método cualitativo, en el que se valorarán distintos aspectos que definirán la selección de una alternativa frente a otras. La evaluación estará basada en un juicio de valor profesional, apoyado en la experiencia en el sector y en la valoración de escenarios y aspectos ambientales.

Uno de los métodos más utilizados para la toma de decisiones complejas es el Proceso Analítico Jerárquico, AHP (Analytical Hierarchy Process) (Saaty, 1980), ya que se trata de una técnica estructurada para la toma de decisiones.

En este informe se explica el método anterior que es el utilizado para el análisis de las alternativas del Proyecto de Salave.



2. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

El método que se va a utilizar para realizar la evaluación de las alternativas del Proyecto de Salave, es el Proceso Analítico Jerárquico, AHP (Analytical Hierarchy Process) (Saaty, 1980). A continuación, se describe las fases del mismo.

2.1. DEFINICIÓN Y PRIORIZACIÓN DE CRITERIOS

En primer lugar, se deben definir los criterios de decisión para aplicar a los escenarios escogidos. Todos los criterios seleccionados deben de influir en la toma de decisiones y cada uno de ellos debe ser independiente de los otros.

Para la priorización de estos criterios, se utiliza el procedimiento de comparación de valores elaborado por Saaty (Saaty, 1980), llamado Método de las Jerarquías Analíticas.

Este Método de las Jerarquías Analíticas consiste en obtener el valor propio principal de una matriz de comparación por pares de criterios. La escala ordinal de comparación se mueve entre valores de 1 a 9. La escala adoptada por los expertos contiene las siguientes valoraciones:

TABLA 2.1.- ESCALA FUNDAMENTAL DE COMPARACIÓN POR PARES (Saaty, 1980)		
Escala numérica	Escala verbal	Explicación
1	Igual importancia	Los dos criterios contribuyen igualmente a la propiedad o criterio
3	Moderadamente más importante un criterio que el otro	El juicio y la experiencia previa favorecen a un criterio frente al otro
5	Bastante más importante un criterio que el otro	El juicio y la experiencia previa favorecen fuertemente a un criterio frente al otro

TABLA 2.1.- ESCALA FUNDAMENTAL DE COMPARACIÓN POR PARES (Saaty, 1980)		
Escala numérica	Escala verbal	Explicación
7	Mucho más importante un criterio que el otro	Un criterio domina fuertemente. Su dominación está probada en práctica
9	Absolutamente más importante un criterio que el otro	Un criterio domina al otro con el mayor orden de magnitud posible
2, 4, 6 y 8	Valores intermedios entre los anteriores cuando es necesario matizar.	

El resultado de estas comparaciones es una matriz cuadrada, recíproca y positiva, denominada Matriz de Comparaciones Pareadas, de forma que cada uno de sus componentes reflejen la intensidad de preferencia de un elemento frente a otro respecto del objetivo considerado.

Por ejemplo, en la matriz siguiente se comparan tres elementos a, b y c.

TABLA 2.2.- EJEMPLO DE MATRIZ DE COMPARACIONES PAREADAS PARA EL PROCESO ANALÍTICO JERARQUICO			
	a	b	c
a	1	5	2
b	1/5	1	1/3
c	1/2	3	1

De acuerdo con la matriz, el elemento "a" tiene una importancia asignada dos veces mayor que "c", en tanto que el elemento "b" es cinco veces más importante que "c".

Realizada la comparación de los criterios en la matriz y asignados los juicios de valor entre pares de criterios, es necesario realizar el cálculo de peso o importancia (W) para cada criterio el cual describe en forma precisa y cuantitativa las características de los juicios de valor considerados.

El procedimiento utilizado para obtener este conjunto de valores o vector principal consiste en completar la matriz de comparación con los valores de juicio de valor y se suma cada columna. También se debe obtener el recíproco del total.

TABLA 2.3.- PESO RELATIVO EN LA MATRIZ DE COMPARACIONES			
	a	b	c
a	1	5	2
b	1/5	1	1/3
c	1/2	3	1
TOTAL	1,70	9,00	3,33
1/TOTAL	0,59	0,11	0,30

Después se debe generar una matriz auxiliar en la que se completa cada celda con el resultado de dividir cada valor de juicio por la sumatoria de la columna correspondiente, denominada Matriz de Comparaciones Normalizada. Finalmente, se promedian los valores normalizados de las filas. Este promedio corresponde al vector principal o de prioridades.

TABLA 2.4.- MATRIZ DE COMPARACIONES Y CÁLCULO DEL VECTOR DE PRIORIDADES					
	a	b	c	Total normalizado	Vector de prioridades
a	0,59	0,56	0,60	1,74	0,58
b	0,12	0,11	0,10	0,33	0,11
c	0,29	0,33	0,30	0,93	0,31
TOTAL				3,00	1,00

Este vector de prioridades es la matriz columna donde se establecen las prioridades de cada criterio en base a los objetivos globales de la toma de decisiones concreta. Es decir, le da un peso a cada uno de los criterios.

A continuación, se calcula el ratio de consistencia para verificar los resultados de la asignación de juicios de valor que, más allá de las reglas claras y neutrales que puedan establecerse, pueden estar afectados por una cuota de subjetividad.

La consistencia implica básicamente lo siguiente:

- Transitividad de las preferencias: si C1 es mejor que C2 y C2 es mejor que C3 entonces se espera que C1 sea mejor que C3
- Proporcionalidad de las preferencias: si C1 es 3 veces mejor que C2 y C2 es 2 veces mejor que C3 entonces se espera que C1 sea 6 veces mejor que C3.

Para hallar esta ratio de consistencia se utilizan las siguientes formulas:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}$$
$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Donde,

CI Índice de consistencia

CR Ratio de consistencia

λ_{max} Máximo valor propio

RI = 1,98 (n-2)/n Consistencia aleatoria

n Rango de la matriz

Para hallar el máximo valor propio (λ_{max}) se debe multiplicar el vector de prioridades de la matriz normalizada por la matriz original, obteniéndose una matriz columna (1). El cociente entre esta matriz columna con el vector de prioridades de la matriz normalizada da una segunda matriz columna (2). El promedio de esta matriz columna 2 es el valor de λ_{max} .

Se considera una matriz consistente si el ratio de consistencia es menor de los siguientes valores:

TABLA 2.5.- PORCENTAJES MÁXIMOS DEL RATIO DE CONSISTENCIA CR (Saaty, 1980)	
Tamaño de la matriz (n)	Ratio de consistencia
3	< 5 %
4	< 9 %
5 o mayor	< 10 %

En el caso de que alguna matriz supere el ratio de consistencia habrá que revisar las valoraciones hechas y modificarlas para reducir el ratio de consistencia a valores admisibles.

Así, en la matriz de ejemplo anterior, el cálculo anterior sería:

$$I_{\max} = 3,00$$

$$CI = 0,0018$$

$$RI = 0,6600$$

$$CR = 0,0028$$

Por lo tanto, se trata de una matriz consistente y se puede continuar con el método, considerando el vector de prioridades calculado como válido.

Una vez construida la escala jerárquica de objetivos, realizadas las comparaciones pareadas, concluido el análisis de consistencia y obtenido el vector de prioridades se cuenta con una valoración de la importancia relativa de cada uno de los criterios considerados.

En la diferente bibliografía consultada, se recomienda que el número de estos criterios no sea excesivamente elevado para evitar excesivas comparaciones por pares. Así, la mayoría de documentos consultados refieren a que este número máximo sea 9. Por este motivo, en cada una de las alternativas se ha intentado ajustar el número de criterios, agrupando los que son similares e incluso descartando algunos que no tienen una relevancia real en la selección de la alternativa.

2.2. VALORACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS PARA CADA UNO LOS CRITERIOS

El siguiente paso consiste en calcular las matrices de alternativas en función de los diferentes criterios, es decir, una matriz para cada uno de los criterios. Se realiza, de la misma forma que antes, la matriz de comparación pareada de todas las alternativas en función de cada uno de los criterios para hallar el vector de priorización.

TABLA 2.6.- MATRIZ DE COMPARACIONES PARA EL CRITERIO a							
	X	Y	Z	Normalizada			Promedio
Alternativa X	1	3	5	0,65	0,69	0,56	0,63
Alternativa Y	1/3	1	3	0,22	0,23	0,33	0,26
Alternativa Z	1/5	1/3	1	0,13	0,08	0,11	0,11
TOTAL	1,53	4,33	9,00				1,00

En la matriz anterior se considera que la alternativa X es 3 veces mejor que la Y en relación al criterio a. Por otro lado, es 5 veces mejor que la alternativa Z. La alternativa Y es 3 veces mejor que la Z.

2.3. VALORACIÓN TOTAL DE LAS ALTERNATIVAS

A la hora de realizar la valoración final de cada alternativa se combinan ambos valores para obtener una puntuación de cada uno de los aspectos considerados.

Es decir, se combinan los vectores de cada factor, calculados en el paso 2, con la priorización de los criterios, calculados en el paso 1. Así, se obtiene el resultado final, siendo la alternativa con mayor puntuación la mejor de todas las planteadas. A continuación, se recuerda el cálculo del vector de prioridades:

TABLA 2.7.- MATRIZ DE COMPARACIONES Y CÁLCULO DEL VECTOR DE PRIORIDADES					
	a	b	c	Total normalizado	Vector de prioridades
a	0,59	0,56	0,60	1,74	0,58
b	0,12	0,11	0,10	0,33	0,11
c	0,29	0,33	0,30	0,93	0,31
TOTAL				3,00	1,00

TABLA 2.8.- MATRIZ DE RESULTADOS				
	a	b	c	Valoración
Alternativa X	0,63	0,26	0,11	0,43
Alternativa Y	0,18	0,24	0,63	0,33
Alternativa Z	0,27	0,05	0,13	0,20
Priorización	0,58	0,11	0,31	

Así, en la matriz de ejemplo anterior, la columna valoración se obtiene sumando el producto de cada fila por su priorización, obteniéndose la valoración total de cada una de las alternativas. El cálculo para la alternativa X sería: $0,63 \times 0,58 + 0,26 \times 0,11 + 0,11 \times 0,31 = 0,43$.

En este ejemplo, la mejor alternativa será la X ya que es la que ha obtenido una puntuación mayor.



3. ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA

El modelo jerárquico que se utiliza en la selección de alternativas se puede resumir en la siguiente figura:

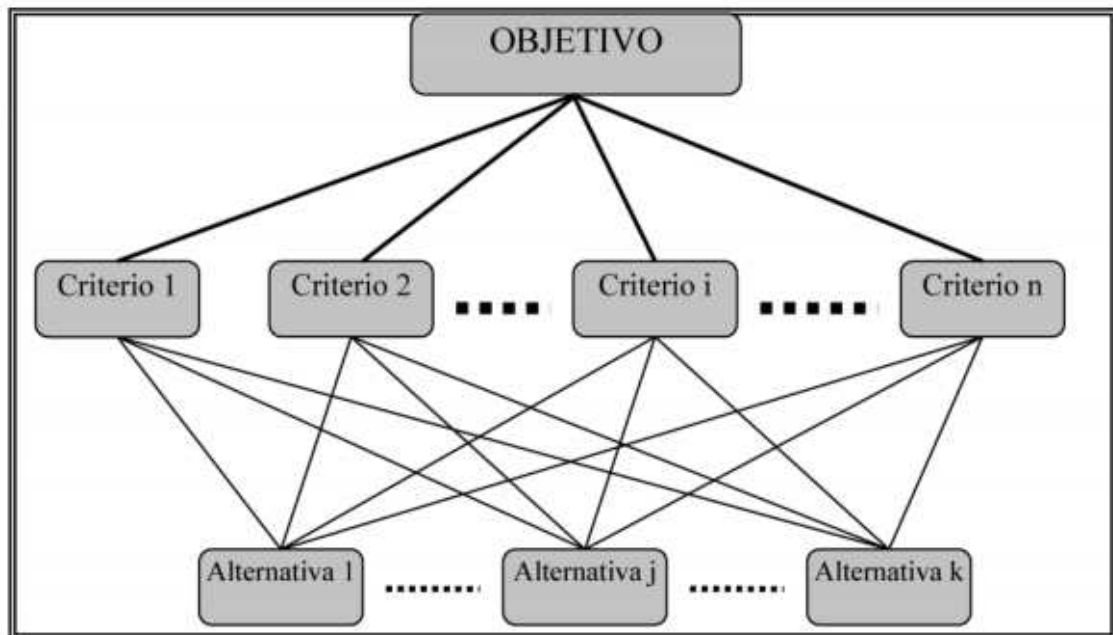


Figura 3.1.- Modelo jerárquico para la toma de decisiones con el AHP. Fuente: Anuario Jurídico y económico Esculariense, XL (2007)

Es decir:

1. Definir el objetivo, en este caso, seleccionar la mejor alternativa del Proyecto de Salave teniendo en cuenta criterios ambientales, técnicos y económicos.
2. Definir los criterios: deben de ser no redundantes y mínima (no se deben incluir aspectos no relevantes).

3. Priorizar estos criterios, es decir, dar un orden de importancia a los mismos.
4. Valorar cada alternativa en función de cada uno de los criterios.
5. Combinar la valoración de las alternativas con la priorización de los criterios para obtener el resultado del análisis.

CRS Ingeniería

Julio de 2021



INGENIERÍA Y CONSULTORÍA
EN RECURSOS DEL SUBSUELO, S.L.
C/ Raimundo Fdez. Villaverde, 53
28003 Madrid
Tels: 91 535 61 72 / 91 534 91 83
Fax: 91 534 91 83

ANEXO VII
MEMORIA DE LOS MAPAS DE DISPERSIÓN DE POLVO

MINA SALAVE

MEMORIA DE LOS MAPAS DE DISPERSIÓN DE POLVO

 MPC Sierra

Contenido

Introducción	3
METODOLOGÍA GENERAL.....	3
CÁLCULO DE EMISIONES	3
Construcción de depósitos	4
Transporte interno	5
Manejo del material en escombreras	7
Erosión del viento en acopios	9
EMISIONES TOTALES	10
DISPERSIÓN DEL POLVO	11
Metodología	11
Datos de entrada.....	12
Modelización	14
Períodos y métodos de evaluación	14
Propagación.....	15
Salida	15
RESULTADOS	15

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se estima la emisión y dispersión de polvo por parte de la mina de oro Salave, que se encuentra situada en el Principado de Asturias, en el municipio de Tapia de Casariego y entre las localidades de Salave y Mántaras. La concesionaria de la explotación es la empresa *Explotaciones Mineras del Cantábrico*.

A los efectos de este estudio se considerará polvo toda aquella partícula con un tamaño de entre 10 y 50 µm y emitida durante las operaciones de la mina.

METODOLOGÍA GENERAL

Para calcular la dispersión de polvo, en primer lugar se calcularán las emisiones de partículas totales de la explotación. Posteriormente esos datos se utilizarán para alimentar un modelo informático específico que calculará únicamente la dispersión de tamaño suficiente como para ser consideradas "polvo", tal como lo hemos definido en el párrafo anterior.

CÁLCULO DE EMISIONES

Para la estimación de las emisiones se empleará la metodología de la EMEP (European Environment Agency) con las siguientes referencias:

Categoría	Título
NFR: 2.A.5.a	Quarrying and mining of minerals other than coal
SNAP: 040616	Extraction of mineral ores
NFR: 2.A.5.b	Construction and demolition
SNAP: 040624	Public works and building sites
Versión: Guidebook 2019	

Este método divide las tareas de construcción o las operaciones de una cantera o mina en varias fases, a las que asigna una submetodología y unos factores de emisión de partículas específicos. Asimismo se tienen en cuenta las distintas tecnologías disponibles y las diferentes

medidas de reducción de la emisión que puedan adoptarse. En nuestro caso las operaciones a considerar serán:

1. Construcción de depósitos (celdas).
2. Transporte interno del material.
3. Manejo del material en escombreras.
4. Erosión del viento en escombreras.

A su vez, en estas operaciones distinguiremos dos fases que serán objeto de cálculos diferenciados:

- a. *Labores preparatorias*, o fase inicial en la que se produce la excavación de los depósitos más grandes y la acumulación en las escombreras principales (celdas 1 y 2; escombreras A, B y C).
- b. *Situación año 11*, o intermedia, en la que los depósitos iniciales habrán sido rellenados y se funcionará con una nueva configuración (celda de depósito 3; escombreras A –modificada- y B).

Otras operaciones generadoras de polvo, tales como la propia extracción o el proceso del mineral, no son de aplicación en nuestro caso. Esto se debe a que la extracción es subterránea y el procesamiento se da en instalaciones cerradas, sin emisión de partículas al exterior. Por otro lado, ciertos movimientos de áridos (relleno de depósitos o cortas subterráneas) se efectúan mediante tuberías, por lo que tampoco tienen influencia en la generación de partículas.

El fundamento de la metodología EMEP son los **factores de emisión**, ecuaciones que estiman la producción de un material o sustancia a partir de otras cantidades más fácilmente medibles. Los factores de emisión se ven afectados por una serie de parámetros que dependen de la actividad en concreto, de la meteorología de la zona y de otras variables.

En los siguientes párrafos examinamos la producción de polvo según las distintas actividades y fases de la explotación.

Construcción de depósitos

Esta operación consiste en la excavación de celdas de depósito. Según la metodología EMEP (que sigue en este caso la norma EPA-USA) el cálculo de partículas se lleva a cabo mediante la fórmula siguiente:

$$EM_{PM10} = EF_{PM10} \times A_{affected} \times d \times (1 - CE) \times \left(\frac{24}{PE}\right) \times \left(\frac{S}{9\%}\right) \text{ (ec. 1)}$$

donde:

$EM_{PM_{10}}$: emisión de partículas PM_{10} (kg).

$EF_{PM_{10}}$: factor de emisión: $3,3 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$

A_{affected} : área afectada por la actividad de construcción (m^2)

- Celda 1: $77.691,68 \text{ m}^2$.
- Celda 2: $35.774,44 \text{ m}^2$.
- Celda 3: 27.375 m^2 .

d : duración de la construcción (año): 250 días (0,68 años)

CE : factor de eficacia de las medidas de control de emisiones (-): 0,5 (riego)

PE : índice de evapotranspiración de Thornthwaite (-): 79,85 (estación meteorológica de Castropol)

S : contenido de limo (%): 20 % (valor estándar para sustratos clásicos con poca matriz)

La construcción de las celdas de depósito 1 y 2 estará operativa durante la fase de labores preparatorias o inicial, mientras que la celda 3 lo estará durante la fase del año 11 de explotación. Teniendo esto en cuenta, la aplicación de la ecuación 1 arroja los siguientes valores:

Labores preparatorias:

- Celda 1: $58.644 \text{ kg } PM_{10}/\text{año}$.
- Celda 2: $27.004 \text{ kg } PM_{10}/\text{año}$.

Situación año 11:

- Celda 3: $20.663 \text{ kg } PM_{10}/\text{año}$.

Transporte interno

Esta operación incluye el movimiento en camiones tipo volquete del material entre los distintos puntos de acopio. La ecuación a aplicar es:

$$E_{TSP} = k_{TSP} \times \left(\frac{S}{k_S}\right)^{0.7} \times \left(\frac{W_{\text{dumper}}}{k_W}\right)^{0.45} \times d_{\text{unpaved}} \times \left(1 - \frac{p}{k_{\text{day}}}\right) \times (1 - ER) \text{ (ec. 2)}$$

donde:

E_{TSP} : emisión de partículas totales (kg/año)

S: contenido de limo (%): 9,15 % (valor estándar para minas de roca)

W_{dumper} : peso promedio del volquete (t)

$d_{unpaved}$: distancia total recorrida por los volquetes sobre pista sin pavimentar (km/año)

ER: factor de reducción (50 %)

p: número de días del año con al menos 0,254 mm de precipitación natural

k_{TSP} : 1,381 (kg/km)

k_W : 2,72 (t)

k_S : 12

k_{day} : 365/250.

En este caso distinguiremos igualmente dos situaciones, en las que los parámetros de las distintas escombreras variarán:

- En la situación inicial de labores preparatorias de la explotación se utilizarán tres escombreras, denominadas A, B y C. En el momento de funcionamiento intermedio de la mina, que aquí consideramos el año 11 de la explotación, sólo se usarán la A y la B.
- En la situación inicial asumiremos que el número de viajes de transporte totales correspondientes a las escombreras B y C (37.200) se reparte proporcionalmente a la superficie de cada una.
- Para el transporte de materiales a la escombrera A se utilizarán camiones de 30 t, mientras que para las demás se usarán volquetes de 55 t.
- También variarán los días de operación anuales según escombreras, los viajes realizados y, consiguientemente, las distancias recorridas.

Los valores de la ecuación que debemos introducir, por lo tanto, variarán de la siguiente forma:

	Escombrera A		Escombrera B		Escombrera C	
	<i>Sit. Prep.</i>	<i>Sit. Año 11</i>	<i>Sit. Prep.</i>	<i>Sit. Año 11</i>	<i>Sit. Prep.</i>	<i>Sit. Año 11</i>
<i>Tonelaje</i>	30 t	30 t	55 t	55 t	55 t	-
<i>Viajes/año</i>	30.500	30.500	21.165	4.800	16.035	-
<i>Días</i>	365	365	250	250	250	-
<i>Dist. Anual</i>	14.396 km	14.396 km	30.266 km	6.864	22.930	-

Una vez aplicada la ecuación 2 a estos valores obtenemos las siguientes emisiones de partículas:

Labores preparatorias:

- Escombrera A: 13.800,42 kg/año.
- Escombrera B: 24.879,47 kg/año.
- Escombrera C: 18.848,63 kg/año.

Situación año 11:

- Escombrera A: 13.800,42 kg/año.
- Escombrera B: 5.642,34 kg/año.

Manejo del material en escombreras

En esta fase se tiene en cuenta la acumulación temporal del material en acopios y sus operaciones asociadas.

La ecuación prescrita por la metodología EMEP es la siguiente:

$$E_{TSP} = k_{pms-TSP} \times k_{mat.hand} \times \left(\frac{U}{k_U}\right)^{1.3} \times \left(\frac{M}{k_M}\right)^{1.4} \times Q_{mat.handled} \text{ (ec. 3)}$$

donde:

E_{TSP} : emisión de partículas totales (kg/año)

U : velocidad anual media del viento (m/s)

M : contenido de humedad del material del acopio (%)

$Q_{mat.handled}$: cantidad de material acopiado (t/año)

k_U : 2.2 (s/m)

k_M : 2

$k_{mat.hand}$: 0.0016 (kg/t)

$k_{pms-TSP}$: 0.74 (multiplicador del tamaño de partícula, sin unidad)

Los valores que utilizaremos en nuestro caso son:

U : 2,43 m/s

M : 15 %

La cantidad de material acumulado también variará entre tipos de escombreras y la situación:

Labores preparatorias:

- Escombrera A: 873.000 t/año.
- Escombrera B: 1.164.088,86 t/año.
- Escombrera C: 881.911,14 t/año.

Situación año 11:

- Escombrera A: 873.000 t/año.
- Escombrera B: 264.000 t/año.

Teniendo en cuenta todos los factores descritos, la producción de polvo en este proceso la estimamos en:

	Escombrera A		Escombrera B		Escombrera C	
	<i>Sit. Prep.</i>	<i>Sit. Año 11</i>	<i>Sit. Prep.</i>	<i>Sit. Año 11</i>	<i>Sit. Prep.</i>	<i>Sit. Año 11</i>
<i>Total polvo generado (kg/año)</i>	70,05	70,05	93,41	21,18	70,77	-

Erosión del viento en acopios

En esta última fase se tiene en cuenta el arrastre del polvo de los acopios por el viento. La fórmula a aplicar según EMEP sería:

$$E_{TSP} = k_{wind.erosion} \times AD_{TSP} \times \left(\frac{S}{k_S}\right) \times \left(\frac{(1-p)}{k_{working.days}}\right) \times \left(\frac{I}{k_I}\right) \times A \times (1 - ER) \text{ (ec. 4)}$$

donde:

E_{TSP} : emisión de partículas totales (kg/año)

ER: factor de reducción (%) (no se usa en el modelo si se utiliza el regado)

p: porcentaje de días del año con al menos 0,254 mm de precipitación natural

S: contenido de limo (%)

I: porcentaje del tiempo con velocidad del viento superior a 19,3 km/h (5,36 m/s)

A: superficie expuesta de las escombreras (m²)

AD: factor aerodinámico (1 para TSP)

$k_{wind.erosion}$: $1,12 \times 10^{-4} \times 1,7 \times 365$ (kg/m²)

k_S : 1.5

$k_{working.days}$: 250×365^{-1} (%)

k_I : 15

Los valores que utilizaremos en nuestro caso son:

p: 43 %

S: 9,15 %

I: 17 %

En cuanto al área expuesta de las escombreras:

	Escombrera A		Escombrera B		Escombrera C	
	<i>Sit. Prep.</i>	<i>Sit. Año 11</i>	<i>Sit. Prep.</i>	<i>Sit. Año 11</i>	<i>Sit. Prep.</i>	<i>Sit. Año 11</i>
Área expuesta (m²)	34.305,67	10.187,16	62.726,07	62.726,07	47.521,13	-

Estos datos arrojan los siguientes valores de partículas producidas:

Labores preparatorias:

- Escombrera A: 27,83 kg/año.
- Escombrera B: 50,90 kg/año.
- Escombrera C: 38,56 kg/año.

Situación año 11:

- Escombrera A: 8,27 kg/año.
- Escombrera B: 50,90 kg/año.

EMISIONES TOTALES

La suma de las emisiones estimadas de partículas de la explotación, sumando todas las fuentes descritas y siguiendo la metodología comentada, es de:

- Labores preparatorias: 143.528,82 kg/año.
- Situación año 11: 40.256,90 kg/año.

DISPERSIÓN DEL POLVO

La dispersión del polvo se ha estimado mediante la utilización de un modelo informático que toma en cuenta distintas variables: situación de los focos de emisión, vientos dominantes de la zona y el relieve del terreno.

Para la estimación se han considerado dos escenarios diferentes (preparatorio e intermedio o año 11) en los cuales variará la cantidad y localización de los lugares de producción de partículas:

- La construcción de celdas de depósito cambiará en ambas situaciones. En la inicial se excavarán las celdas 1 y 2, y en la del año 11 la 3.
- La escombrera C no estará operativa en la fase intermedia de producción. Esto implica que ciertos viales que acceden a ella tampoco serán utilizados. La A cambiará su extensión.
- También varía el relieve dentro de la explotación entre distintos escenarios, lo que se refleja en los modelos.

Metodología

Para el cálculo de dispersión se ha empleado el método alemán *TA Luft 2002*. Se trata de un modelo de tipo gaussiano, que es la técnica más ampliamente usada para contaminantes no reactivos. Está basada en la distribución estadística gaussiana o normal y proporciona una excelente aproximación matemática a la dispersión de contaminantes.

Los modelos gaussianos asumen que el material proveniente de una fuente es transportado de manera continua en la dirección del vector de velocidad de viento, estando las concentraciones más altas en el centro de la pluma y las más bajas en los extremos. En resumen, asume que la concentración de la pluma, en cada distancia vientos abajo, posee una distribución gaussiana o normal, independiente horizontal y verticalmente.

Para el cálculo se ha utilizado el programa IMMI 2014.

Datos de entrada

Un dato de entrada importante para el modelo es la distribución de las direcciones y velocidades de los vientos. Para obtener este dato (al igual que el resto de valores climatológicos, como las precipitaciones o el índice de Thornthwaite) se han utilizado los datos de la estación meteorológica que la AEMET posee en la cercana localidad de Castropol. Se han promediado los datos de los 5 años entre 2016 y 2020. En la siguiente tabla se pueden ver las frecuencias de los distintos vientos en porcentaje:

El modelo requiere que los datos de emisión de polvo de los distintos focos estén expresados en g/hora, para lo que se han hecho las conversiones pertinentes a partir de los resultados obtenidos en las secciones anteriores.

Para acelerar los cálculos del modelo los distintos focos se han agrupado en dos áreas de emisión: una, que llamaremos *Área Norte*, en la zona norte de la explotación en la que se incluyen las emisiones de la escombrera A, la celda 3 (en la situación año 11) y los viales próximos; y otra (*Área Sur*) en la zona sur, en la que se engloban las emisiones de las escombreras B y C, las celdas 1 y 2 y los viales aledaños.

	<i>Área Norte</i>		<i>Área Sur</i>	
	<i>Sit. Prep.</i>	<i>Sit. Año 11</i>	<i>Sit. Prep.</i>	<i>Sit. Año 11</i>
<i>Emisiones polvo (g/h)</i>	1.589,56	3.943,21	14.798,00	652,33

Modelización

El entorno de la zona de estudio se ha simulado matemáticamente en el programa informático utilizado y en función de la información planimétrica y topográfica recopilada. A partir de las curvas de nivel se ha definido un modelo digital del terreno con una precisión en altitud de 1 m.

Las dos fuentes por situación se han modelizado como fuentes superficiales, estando el foco de emisión a una altura de 1,5 m sobre el nivel del terreno.

Períodos y métodos de evaluación

Como ya se ha apuntado, las características de la explotación van cambiando a lo largo de los años. Con el fin de obtener una imagen representativa en el tiempo se han modelizado las situaciones previstas correspondientes a la situación preparatoria inicial y a los 11 años desde el comienzo de la explotación.

Los cálculos de inmisión de polvo se refieren siempre a un plano de 2 m de altura relativa sobre el nivel del suelo. El dato de salida se proporciona en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Propagación

Las condiciones atmosféricas adoptadas para el estudio de la propagación son las siguientes:

- Temperatura: 288 K.
- Humedad relativa del aire: 70 %.

Salida

Los resultados de los cálculos fueron exportados en formatos digitales de intercambio y dispuestos en forma de mapa, a escala 1:15.000.

RESULTADOS

Los resultados mostrados en los mapas muestran la concentración promedio de partículas en el aire tras una jornada de trabajo de dieciséis horas.

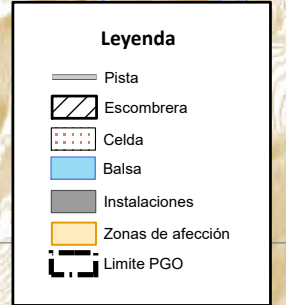
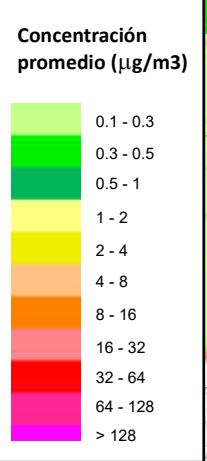
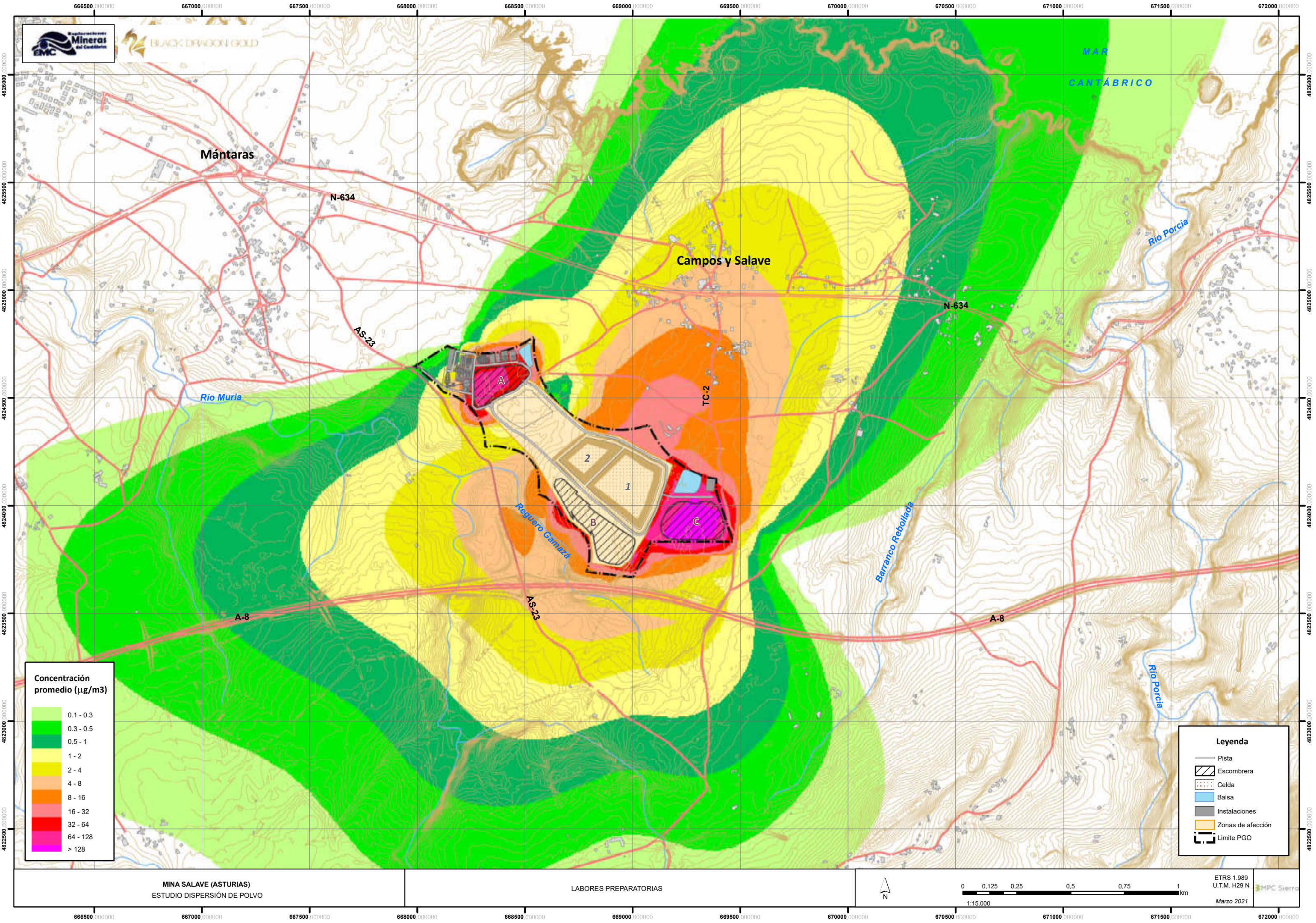
Como puede verse, las concentraciones obtenidas son bastante bajas. No hay legislación sobre los valores de inmisión de polvo tolerables para el medio ambiente. En cuanto a lo referente a la salud humana, los valores de referencia de exposición que se suelen considerar en jornadas laborales de ocho horas (según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo¹) andan en el entorno de los 0,1 - 10 mg/m³, según la composición química del polvo, por lo que podemos decir que las emisiones de la mina pueden considerarse seguras tanto para la salud humana como para el entorno natural, con la salvedad de que, por un principio de precaución, es siempre aconsejable tomar medidas para evitar la producción e inhalación de polvo en cualquier cantidad en la que éste se halle.

¹ "Límites de exposición profesional para Agentes Químicos en España", *INSHT* (se actualiza cada año)

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ramón Menchén Ongil', with a stylized flourish at the end.

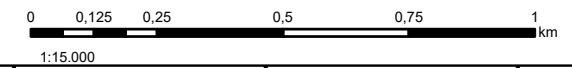
Realizado por: Ramón Menchén Ongil

Madrid, 31 de marzo de 2021



MINA SALAVE (ASTURIAS)
ESTUDIO DISPERSIÓN DE POLVO

LABORES PREPARATORIAS

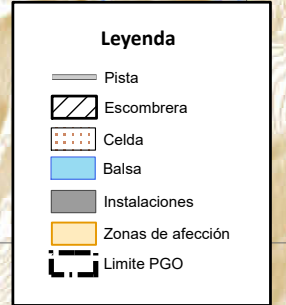
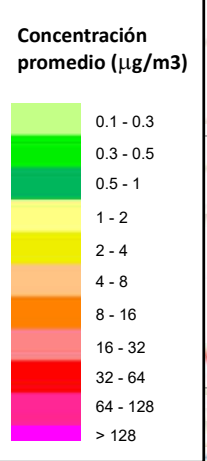
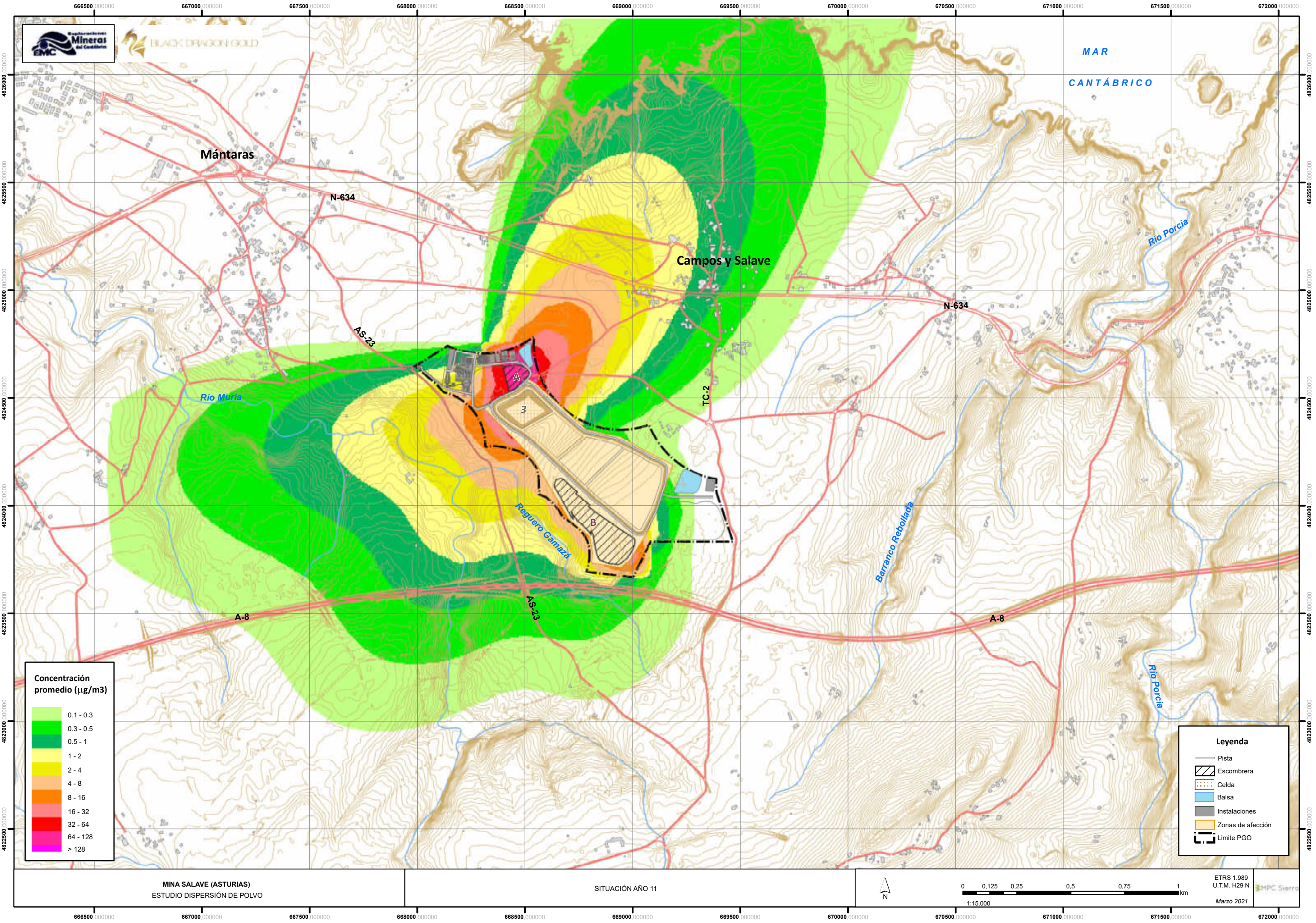


ETRS 1.989
U.T.M. H29 N
EMC Sierra
Marzo 2021

66650.000000 667000.000000 667500.000000 668000.000000 668500.000000 669000.000000 669500.000000 670000.000000 670500.000000 671000.000000 671500.000000 672000.000000

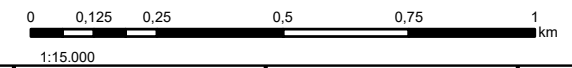
4826000.000000
4825500.000000
4825000.000000
4824500.000000
4824000.000000
4823500.000000
4823000.000000
4822500.000000

4826000.000000
4825500.000000
4825000.000000
4824500.000000
4824000.000000
4823500.000000
4823000.000000
4822500.000000



MINA SALAVE (ASTURIAS)
ESTUDIO DISPERSIÓN DE POLVO

SITUACIÓN AÑO 11



ETRS 1.989
U.T.M. H29 N
MPC Sierra
Marzo 2021

ANEXO VIII
MEMORIA DE LOS MAPAS ACÚSTICOS

MINA SALAVE

MEMORIA DE LOS MAPAS ACÚSTICOS

 MPC Sierra

Contenido

INTRODUCCIÓN	4
METODOLOGÍA GENERAL.....	4
FUENTES DE EMISIÓN	4
CÁLCULO DE EMISIONES	5
Modelización de las fuentes sonoras	5
Fuentes puntuales	5
Fuentes lineales.....	7
Fuentes dentro de instalaciones	8
Condiciones de propagación del sonido	8
Plano de cálculo	9
Salida	9
RESULTADOS	9

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se estiman las emisiones acústicas de la mina de oro Salave. Se encuentra situada en el Principado de Asturias, en el municipio de Tapia de Casariego, entre las localidades de Salave y Mántaras. La concesionaria de la explotación es la empresa *Explotaciones Mineras del Cantábrico*.

METODOLOGÍA GENERAL

El procedimiento a seguir será modelizar informáticamente el ruido de la zona. Para ello se recopilará información sobre las fuentes de ruido y sobre el entorno para, una vez digitalizados, introducirlos en un programa específico, en este caso el IMMI 2014. Dicho programa simula la emisión acústica de las fuentes consideradas y su ulterior propagación.

FUENTES DE EMISIÓN


Las emisiones acústicas de la mina pueden clasificarse en varios tipos:

- Ruido producido por el proceso del material extraído.
- Ruido producido por el transporte de materiales dentro de la explotación.
- Ruido producido por la acumulación y remoción de material en escombreras.

En estas operaciones distinguiremos además dos fases que serán objeto de cálculos diferenciados:

- a. *Labores preparatorias*, o fase inicial en la que se produce la excavación de los depósitos más grandes y la acumulación en las escombreras principales (celdas 1 y 2; escombreras A, B y C).
- b. *Situación año 11*, o intermedia, en la que los depósitos iniciales habrán sido rellenados y se funcionará con una nueva configuración (celda de depósito 3; escombreras A –modificada- y B).

Al tratarse de una explotación subterránea el ruido de la propia extracción del material se considera despreciable en cuanto a su impacto medioambiental. En cuanto al procesamiento, se realiza a cubierto en instalaciones cerradas. No obstante se ha optado por tenerlo en cuenta como ruido de tipo industrial.

	ESTUDIO ACÚSTICO	pág. 5 de 11
---	------------------	--------------

CÁLCULO DE EMISIONES

Modelización de las fuentes sonoras

Las emisiones acústicas de la explotación se modelizarán, según el tipo de fuente, de tres formas distintas según sean puntuales, lineales, o bien se encuentren dentro de instalaciones.

Fuentes puntuales

Consideraremos así las correspondientes al trabajo en celdas y escombreras. La situación de las mismas será el cambio más notable según avancen los trabajos en la explotación. Concretamente, las escombreras A y B se considerarán en funcionamiento en los dos momentos considerados, mientras que la C únicamente en la situación inicial de labores preparatorias. En cuanto a las celdas de depósito, en el primer momento se abrirán las celdas 1 y 2, y en la situación del año 11 la celda 3.

El ruido se producirá como consecuencia de la maquinaria utilizada al añadir y retirar material de la escombrera o celda. Para modelizarlo utilizaremos fuentes de ruido puntual cuya localización variará entre la situación inicial y la situación en el año 11. Dichas fuentes serán del tipo ISO 9613-2, y su potencia sonora será el promedio de la de las máquinas utilizadas.

Usaremos el promedio ya que la situación de cada máquina variará según el momento, por lo que no es posible localizar de forma estable cualquiera de ellas en una posición dada.

La potencia sonora máxima de la maquinaria industrial viene establecida en el R.D. 212/2002, anexo XI:

Tipo de máquina	Potencia neta instalada (P) en kW	Nivel de potencia acústica admisible en dB	
		Fase I a partir de la entrada en vigor de este Real Decreto	Fase II a partir del 03.01.2006
<i>Topadoras, cargadoras y palas cargadoras sobre orugas</i>	$P \leq 55$	106	103
	$P > 55$	$87 + 11 \lg P$	$84 + 11 \lg P$
<i>Topadoras, cargadoras y palas cargadoras sobre ruedas, motovolquetes, niveladoras, compactadoras de basura tipo cargadoras, carretillas elevadoras en voladizo accionadas por motor de combustión, grúas móviles, máquinas compactadoras (rodillos no vibrantes), pavimentadoras, generadores de energía hidráulica</i>	$P \leq 55$	104	101
	$P > 55$	$85 + 11 \lg P$	$82 + 11 \lg P$
<i>Motocompresores</i>	$P \leq 15$	99	97
	$P > 15$	$97 + 2 \lg P$	$95 + 2 \lg P$

En las siguientes tablas mostraremos la maquinaria que estimamos se va a utilizar en cada una de las celdas y escombreras, con las potencias sonoras de cada elemento y su suma y promedio logarítmicos totales:

ESCOBRERA A / CELDA 3:

Tipo	Potencia aproximada (kW)	Unidades	Potencia sonora unitaria (dB)
<i>Camión</i>	276	1	108,85
<i>Retroexcavadora</i>	343	1	109,89
<i>Retrocargadora</i>	67	1	102,09
<i>Pala cargadora</i>	89	1	103,47
SUMA			113,27
PROMEDIO			108,24

ESCOBRERAS B y C / CELDAS 1 Y 2:

Tipo	Potencia aproximada (kW)	Unidades	Potencia sonora unitaria (dB)
<i>Volquete</i>	501	1	111,70
<i>Retroexcavadora</i>	343	1	109,89
<i>Retrocargadora</i>	67	1	102,09
<i>Pala cargadora</i>	89	1	103,47
SUMA			114,53
PROMEDIO			109,53

A las fuentes ISO utilizadas se les asignó, pues, las potencias sonoras que aparecen como promedio en las tablas. Estas fuentes se situaron repartidas por su área de trabajo, a una altura de 1,5 m sobre el nivel del suelo.

Fuentes lineales

Representamos mediante fuentes lineales los vehículos que se mueven por las pistas, fundamentalmente llevando material extraído a las escombreras o depósitos. Se han recopilado datos sobre el número de viajes que se realizan por cada punto de destino en la explotación:

		Viajes/año		Días/año		Viajes/hora		Velocidad
Destino	Vehículo	Sit. Prep.	Sit. Año 11	Sit. Prep.	Sit. Año 11	Sit. Prep.	Sit. Año 11	
Escombrera A / - Celda 3	Camión	30.500	30.500	365	365	6,96	6,96	50 km/h
Escombreras B/C – Celdas 1/2	Volquete	37.200	4.800	250	250	12,4	1,6	50 km/h

Estos viajes se han repartido equitativamente entre los distintos viales de acceso a cada zona.

El ruido generado se ha simulado mediante fuentes de ruido lineales siguiendo el método establecido por el Real Decreto 1513/2005 (método NMPB-Routes-96, norma francesa XPS 31-133). A estas fuentes se les asigna el dato de vehículos por hora, teniendo en cuenta:

- El trazado de la vía.
- El tipo de firme de la vía (en nuestro caso pista de tierra).
- Su anchura (8 m).
- La clase de vehículo (ligero o pesado).
- La velocidad de cada clase.

La altura a la que se han simulado las fuentes lineales es de 0,5 m sobre el nivel del suelo.

Fuentes dentro de instalaciones

El grueso del proceso del mineral se realiza en instalaciones cerradas. Para simularlas se han usado fuentes ISO 9613-2 superficiales. Por quedar del lado de la seguridad, se ha considerado que en el interior de dichas instalaciones se genera una presión sonora de 95 dB(A), que, siguiendo los parámetros del modelo utilizado, se transmitirían al exterior con una pérdida de 5 dB.

Condiciones de propagación del sonido

Para la propagación del ruido a partir de los focos descritos se ha tenido en cuenta el relieve del terreno (con precisión de hasta 1 m).

Las condiciones atmosféricas son de una temperatura de 288 K y una humedad relativa del aire del 70 %.

También se ha tenido en cuenta la absorción del terreno mediante el coeficiente G, que se ha fijado en 1 para las zonas verdes o terrenos agrícolas. En el resto del área de estudio se ha utilizado un factor de 0,5 para dar cuenta tanto de las superficies reflectantes duras (asfalto, p. ej.) como de zonas ajardinadas y otras de mayor porosidad.

Igualmente, se ha tenido en cuenta la situación y dimensiones de los edificios presentes en la zona.

Plano de cálculo

Todos los cálculos se refieren a un plano situado a una altura de 4 m sobre el nivel del suelo.

Salida

Los resultados de los cálculos fueron exportados en formatos digitales de intercambio y dispuestos en forma de mapa, a escala 1:15.000.

RESULTADOS

Los resultados mostrados en los mapas muestran los niveles sonoros equivalentes (Leq) con ponderación A de las fuentes consideradas, integrados a lo largo de una jornada de trabajo de dieciséis horas.

Para evaluar los resultados presentamos la tabla de valores límite que establece, para zonas urbanizadas existentes, el Real Decreto 1367/2007, valores adoptados por la legislación medioambiental del Principado de Asturias:

Tipo de área acústica		Índices de ruido		
		L_d	L_e	L_n
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica	60	60	50
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial	65	65	55
d	Sectores de territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c)	70	70	65
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos	73	73	63
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	75	75	65
f	Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen	(1)	(1)	(1)

(1) Serán en su límite de área los correspondientes a la tipología de zonificación del área con la que colinden

L_d : valores límite para el período día (7-19 h).

L_e : valores límite para el período tarde (19-23 h).

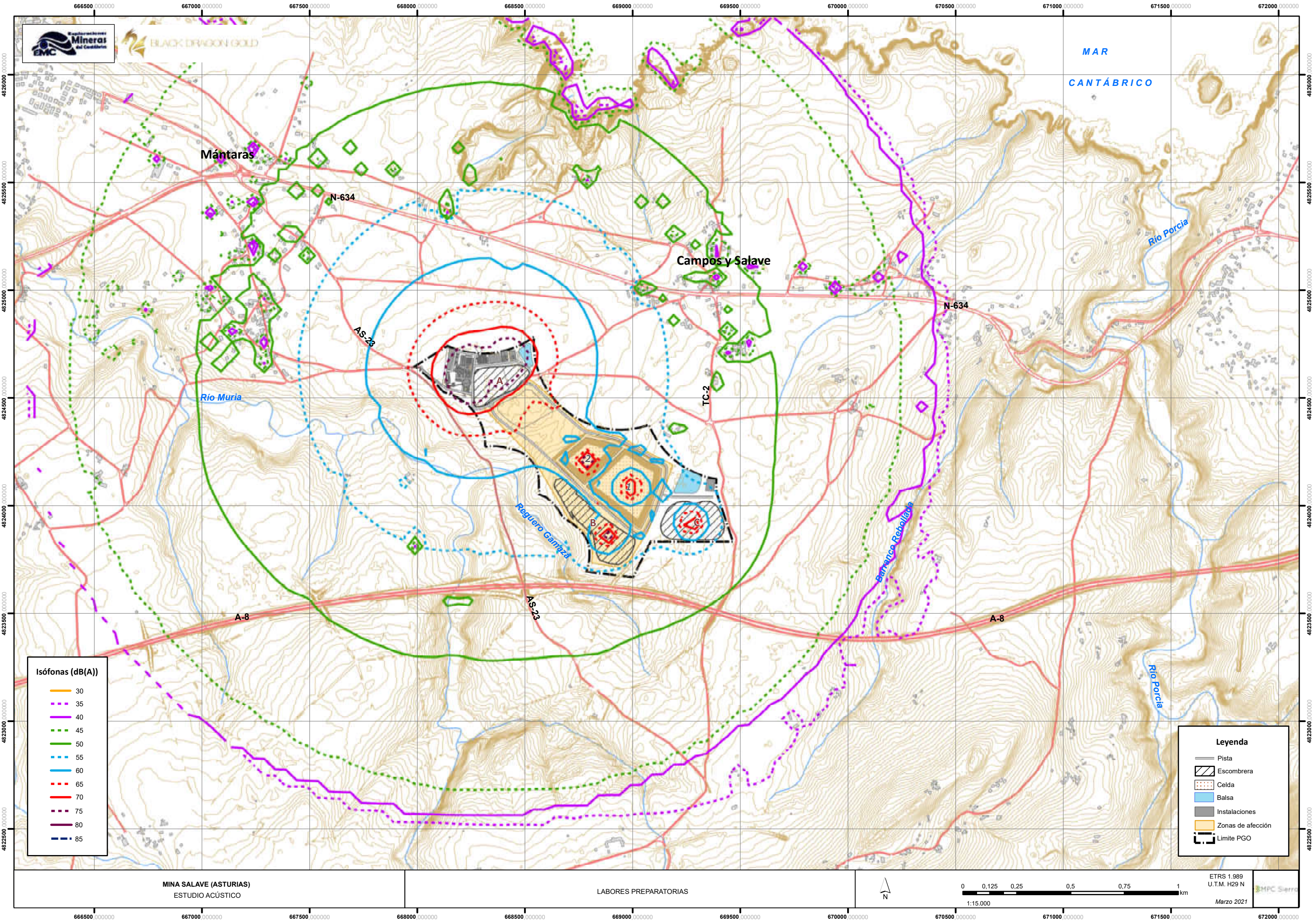
L_n : valores límite para el período noche (23-7 h).

Como podemos observar en los mapas, si bien las operaciones en la mina son bastante ruidosas, el modo de operación de los materiales y el relativo aislamiento de la misma hacen que el ruido no se propague en forma significativa hacia zonas habitadas en ninguna de las situaciones consideradas.



Realizado por: Ramón Menchén Ongil

Madrid, 31 de marzo de 2021



Isófonas (dB(A))

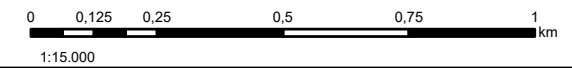
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85

Leyenda

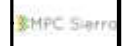
	Pista
	Escombrera
	Celda
	Balsa
	Instalaciones
	Zonas de afección
	Limite PGO

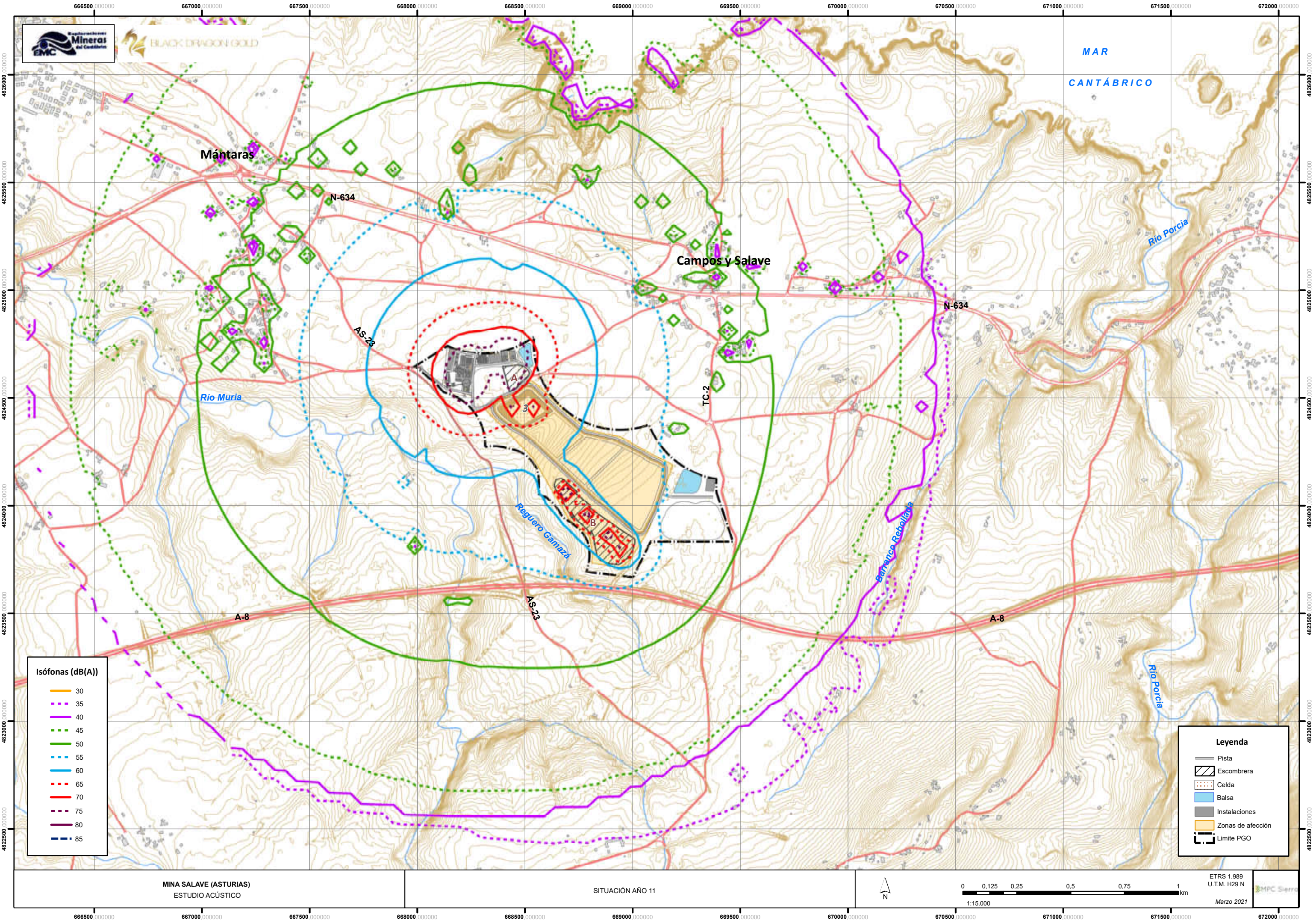
MINA SALAVE (ASTURIAS)
ESTUDIO ACÚSTICO

LABORES PREPARATORIAS



ETRS 1.989
U.T.M. H29 N
Marzo 2021





Isófonas (dB(A))

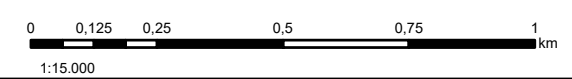
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85

Leyenda

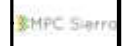
	Pista
	Escombrera
	Celda
	Balsa
	Instalaciones
	Zonas de afectación
	Limite PGO

MINA SALAVE (ASTURIAS)
ESTUDIO ACÚSTICO

SITUACIÓN AÑO 11



ETRS 1.989
U.T.M. H29 N
Marzo 2021



666500.000000 667000.000000 667500.000000 668000.000000 668500.000000 669000.000000 669500.000000 670000.000000 670500.000000 671000.000000 671500.000000 672000.000000

4826000.000000
4825500.000000
4825000.000000
4824500.000000
4824000.000000
4823500.000000
4823000.000000
4822500.000000

4826000.000000
4825500.000000
4825000.000000
4824500.000000
4824000.000000
4823500.000000
4823000.000000
4822500.000000

MINA SALAVE

ESTUDIO ACÚSTICO

 MPC Sierra

Contenido

INTRODUCCIÓN	4
ANTECEDENTES	4
OBJETIVOS	4
DESCRIPCIÓN DE LA ZONA	4
DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	5
NORMATIVA AMBIENTAL	5
METODOLOGÍA GENERAL	6
ÍNDICES DE RUIDO	7
VALORES OBJETIVO	7
CÁLCULO DE INMISIONES.....	10
Definición y parámetros del modelo.....	10
Propagación.....	11
Absorción	11
Situación y altura de los edificios	11
FUENTES DE EMISIÓN	11
Tráfico de automóviles.....	11
Índice Medio Diario	12
Elaboración de los datos	13
Velocidades	14
Viario 2021	15
SITUACIÓN PREOPERACIONAL (2021).....	15
Comentarios	16
Período día	16
Período tarde	16
Período noche	16
CONCLUSIONES	16

INTRODUCCIÓN

En los países desarrollados cada vez es más grande la necesidad del control de las emisiones contaminantes atmosféricas. Aunque tradicionalmente se han englobado en esta denominación los productos químicos que se arrojan al aire como consecuencia de actividades industriales, agropecuarias o de transporte, en la actualidad se incluyen también como contaminantes atmosféricos los ruidos y las vibraciones. Este tipo de contaminación es potencialmente ubicuo y, en consecuencia, susceptible de tener una incidencia importante en la calidad de vida de los ciudadanos. Por otro lado, sus fuentes son en muchos casos difusas y ampliamente distribuidas, por lo que la ordenación territorial es clave para su gestión.

La legislación actual ha tomado conciencia de esta componente territorial de la contaminación acústica, que se ha incorporado a directivas, leyes y decretos de aplicación en todo el territorio de la Unión Europea.

ANTECEDENTES


Este trabajo es un estudio acústico del entorno de la proyectada mina de oro Salave. La zona de futura ubicación de esta mina se encuentra en el Principado de Asturias, en el municipio de Tapia de Casariego, entre las localidades de Salave y Mántaras. La concesionaria de la explotación es la empresa *Explotaciones Mineras del Cantábrico*.

OBJETIVOS

El objetivo de este estudio es conocer la situación acústica del entorno de la mina Salave a fecha actual, abril de 2021.

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

El área objeto de estudio está ubicada en el término municipal de Tapia de Casariego (Asturias). Se trata de un entorno eminentemente rural, estando el casco urbano de Tapia de

	ESTUDIO ACÚSTICO	pág. 5 de 18
---	------------------	--------------

Casariego a unos 1,8 km de distancia de la explotación en dirección NO. No obstante, también pueden encontrarse diversas viviendas e instalaciones agropecuarias dispersas por la zona.

En las proximidades del área de la futura explotación se sitúan algunas áreas protegidas, que abarcan principalmente la línea de costa y una cierta extensión de aguas marinas libres, al norte, así como el río Porcia y su desembocadura, el este. Son la ZEPA (Zona de Especial Protección para las Aves) y ZEC (Zona de Especial Conservación) de Penarronda-Barayo.

Otra área de protección es el complejo de lagunas de Silva, situadas al norte de la explotación.

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD

Se trata de un proyecto de mina de oro en la que la extracción se hará de forma subterránea, mientras que el procesamiento del mineral se llevará a cabo en instalaciones cubiertas y cerradas. Las operaciones al aire libre consistirán principalmente en depósitos de estériles y de lodos procedentes del tratamiento del mineral.

NORMATIVA AMBIENTAL

La normativa base de aplicación en este estudio es la siguiente:

Legislación europea

- *Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de febrero de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.* Sus objetivos son:

-Determinar la exposición al ruido ambiental, mediante la elaboración de mapas de ruidos según métodos de evaluación comunes a los Estados miembros.

-Poner a disposición de la población la información sobre el ruido ambiental y sus efectos.

-Adoptar planes de acción por los Estados miembros tomando como base los resultados de los mapas de ruidos, con vistas a prevenir y reducir el ruido ambiental siempre que sea necesario y, en particular, cuando los niveles de exposición puedan tener efectos nocivos en la salud humana, y a mantener la calidad del entorno acústico cuando ésta sea satisfactoria.

Legislación nacional

- *Ley 37/2003, de 17 de enero, del Ruido.* Traspone a la legislación española de nivel estatal la Directiva 2002/49, ampliando algunos aspectos.
- *Real Decreto 1513/2005, de 16 de marzo, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de enero, del Ruido, en lo referente a la evaluación y gestión del ruido ambiental.* Desarrolla los apartados mencionados de la ley 37/2003.
- *Real Decreto 1367/2007, de 19 de enero, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de enero, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.* Desarrolla los apartados mencionados de la ley 37/2003.
- *Real Decreto 1038/2012, de 6 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1367/2007, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas.* Modifica los límites de inmisión aplicables a áreas urbanizadas existentes.

Legislación autonómica

El Principado de Asturias asume como legislación en materia de ruido la vigente a nivel nacional, anteriormente citada.

METODOLOGÍA GENERAL

El procedimiento a seguir en este estudio será modelizar informáticamente el ruido de la zona. Para ello se recopilará información sobre las fuentes de ruido y sobre el entorno para, una vez digitalizados, introducirlos en un programa específico, en este caso el **IMMI 2014** de *Wölfel Meßsysteme*. Dicho programa simula la emisión acústica de las fuentes consideradas y su ulterior propagación. Los resultados se presentarán en forma de mapas, en los que los niveles de presión sonora se representarán como isolíneas o isófonas, es decir, líneas que unen puntos del mismo nivel de presión sonora, dentro de unos intervalos definidos. Los resultados serán comentados en un epígrafe de esta memoria.

ÍNDICES DE RUIDO

Con el fin de lograr una imagen de la situación acústica lo más ajustada posible a la realidad se utilizan tres índices para caracterizarla, cada uno de ellos correspondiente a un período temporal del día distinto:

-Período día (d): se corresponde con el período que va de 7 a 19 h.

-Período tarde (e): se corresponde con el que va de 19 a 23 h.

-Período noche (n): se corresponde con el que va de 23 a 7 h.

Para cada período se calculan los *índices* $L_{Aeq,T}$ que son los *niveles de presión sonora continuo equivalente*, con ponderación A, en decibelios y determinados sobre un intervalo temporal de T segundos, correspondiente al día, la tarde o la noche (d, e, n). Simbolizaremos cada índice mediante las abreviaturas L_d (período día), L_e (período tarde) y L_n (período noche).

VALORES OBJETIVO

El Real Decreto 1367/2007 fija, en su anexo II, los valores objetivo de calidad acústica según el tipo de área y el período temporal, diferenciando entre zonas ya existentes y zonas de nuevo desarrollo. Resumimos dichos valores en las siguientes tablas:

Tipo de área acústica	Uso	Índices de ruido		
		L_d	L_e	L_n
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica	60	60	50
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial	65	65	55
d	Sectores de territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c)	70	70	65
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos	73	73	63
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	75	75	65
f	Sectores del territorio afectados a sistemas generales de infraestructuras de transporte, u otros equipamientos públicos que los reclamen (1)	(2)	(2)	(2)
g	Espacios naturales que requieran protección especial	-	-	-

Tabla 1: tipos de áreas acústicas y sus límites sonoros para zonas consolidadas. (1) En estos sectores del territorio se adoptarán las medidas adecuadas de prevención de la contaminación acústica, en particular mediante la aplicación de las tecnologías de menor incidencia acústica de entre las mejores técnicas disponibles, de acuerdo con el apartado a) del artículo 18.2 de la ley 37/2003, de 17 de noviembre. (2) En el límite perimetral de estos sectores del territorio no se superarán los objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al resto de áreas acústicas colindantes con ellos.

Los valores para los nuevos desarrollos urbanísticos se presentan en la siguiente tabla. En general, el Decreto 1367/07 establece la regla de disminuir en 5 dB los valores de la tabla anterior, aunque esto no se aplica específicamente a las zonas tipo f) o g).

Tipo de área acústica	Uso	Índices de ruido		
		L_d	L_e	L_n
e	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso sanitario, docente y cultural que requiera una especial protección contra la contaminación acústica	55	55	45
a	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso residencial	60	60	50
d	Sectores de territorio con predominio de suelo de uso terciario distinto del contemplado en c)	65	65	60
c	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso recreativo y de espectáculos	68	68	58
b	Sectores del territorio con predominio de suelo de uso industrial	70	70	60

Tabla 2: zonas acústicas y sus límites sonoros para nuevos desarrollos

La delimitación de zonas acústicas y límites aplicables es difícil en el caso que nos ocupa, al tratarse básicamente de zonas destinadas al uso agropecuario, que no tienen un

reflejo explícito en la normativa. No obstante podemos distinguir dos tipos de áreas de especial interés desde el punto de vista del ruido:

-Cascos urbanos consolidados, como los de Tapia de Casariego, Mántaras y Campos y Salave. Corresponderían a la categoría b de la tabla 1.

-Zonas de protección medioambiental, como las ZEPA/ZEC y el área de la laguna de Silva, considerada en el Plan General vigente como Suelo No Urbanizable de Especial Protección. Éstas serían zonas tipo g de la tabla 1.

Al comentar la situación acústica del área haremos especial hincapié en estos dos tipos mencionados.

CÁLCULO DE INMISIONES

Definición y parámetros del modelo

El entorno de la zona de estudio se ha simulado matemáticamente en los programas informáticos utilizados y en función de la información planimétrica y topográfica aportada. Se han tenido en cuenta los relieves del terreno con una equidistancia de curvas de nivel de 2 m. Asimismo se han considerado los efectos de absorción y reflexión del sonido de las construcciones existentes.

Las carreteras y viario en general se han modelizado como fuentes lineales de radiación cilíndrica.

Las fuentes lineales se encuentran situadas a una altura relativa estándar sobre el terreno de 0,5 m. En el caso de calzadas separadas por sentido de circulación (A-8) cada fuente se ha desdoblado en dos.

Los cálculos se refieren a un plano de 4 m de altura relativa sobre el nivel del suelo.

El cálculo del modelo se efectúa de tal forma que los resultados se obtienen en forma de una malla ráster con celdas cuadradas de 50 m de lado, cada una de las cuales puede considerarse un receptor. Esta malla cubre toda el área de estudio, y a partir de ella se interpolan las líneas isófonas que aparecen en los mapas.

Propagación

Las condiciones atmosféricas adoptadas para el estudio de la propagación y atenuación acústica son aquellas determinadas por la norma NMPB, es decir:

- Temperatura: 288 K.
- Humedad relativa del aire: 70 %.

Absorción

El coeficiente de atenuación por absorción del terreno (G) se ha fijado en 1.0 para las zonas verdes o terrenos agrícolas. En el resto del área se ha utilizado un factor de 0.5 para dar cuenta de las superficies reflectantes duras (asfalto y similares).

Situación y altura de los edificios

Es importante tener en cuenta estos factores, al menos por dos motivos: en primer lugar, los edificios son los receptores de ruido que más nos interesan. En segundo lugar, influyen de forma muy notable en la propagación del ruido, al constituir tanto obstáculos como superficies reflectantes. La ubicación de los edificios se ha obtenido de la planimetría digital de la zona.

FUENTES DE EMISIÓN

La fuente principal de ruido en este área son las carreteras y su tráfico asociado. Otras posibles fuentes (por ejemplo, el ferrocarril) no se han considerado por su lejanía y/o su escasa utilización.

Tráfico de automóviles

La intensidad de este tráfico se ha calculado mediante el método establecido por el Real Decreto 1513/2005: *Guía del ruido de los transportes terrestres, apartado previsión de niveles sonoros, CETUR 1980*.

El modelo de cálculo a utilizar viene definido por el Real Decreto 1513/2005 en su anexo II. En concreto, para el ruido del tráfico rodado se establece el método nacional de

cálculo francés *NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTULCPC-CSTB)*, mencionada en la norma francesa *XPS 31-133*.

Índice Medio Diario

El parámetro estadístico que mide la intensidad de tráfico automovilístico es el IMD, es decir, el Índice Medio Diario (vehículos totales / día). Este valor puede ser obtenido de diversas fuentes, como veremos.

El IMD sirve de base para, a través de una serie de cálculos, obtener el IMH (Índice Medio Horario), que es el valor que requieren los modelos. Por último, es necesario desglosar ese IMH en valores para los vehículos ligeros y pesados y para los tres períodos día, tarde y noche, que son los datos finales de entrada para el programa de cálculo. Para conseguir estas transformaciones a partir del IMD original son necesarios dos valores adicionales: el porcentaje de vehículos pesados y el coeficiente de nocturnidad N.

Un último dato necesario para la modelización es el de las velocidades de los vehículos, tanto ligeros como pesados, en cada tramo de viario considerado.


Existen diversas fuentes para la obtención de cada uno de los datos anteriores. En este trabajo se han utilizado dos:

-Datos oficiales procedentes del Mapa de Tráfico del Ministerio de Fomento-Dirección General de Carreteras.

-Datos oficiales procedentes del Mapa de Aforos de Tráfico de la Red de Carreteras del Principado de Asturias – Consejería de Infraestructuras.

Carretera	Fuente	Año	Estación	p.k.	Tipo estación	Localización	I.M.D.	% pesados
N-634	Fomento	2019	O-475-3	538,5	Cobertura	Salave	2086	4,9
AS-23	Asturias	2010	AS-23-002			Mántaras/A-8	4095	12,1
A-8	Fomento	2019	O-326-0	498,99	Permanente	Barres	12017	15,7

Tabla 3: datos originales de IMD

	ESTUDIO ACÚSTICO	pág. 13 de 18
---	------------------	---------------

Elaboración de los datos

Vehículos ligeros y pesados

La proporción de cada tipo de vehículo viene dado directamente por los datos oficiales (Ministerio de Fomento) o bien se puede deducir a partir de los mismos (Consejería de Infraestructuras).

IMD diurna y nocturna

En las fuentes sobre movilidad se ha definido el llamado *coeficiente N* para distinguir entre el tráfico diurno y el nocturno. Dicho coeficiente se define como:

$$N = \frac{\text{Vehículos totales}}{\text{Vehículos en periodo diurno}}$$

En este caso no contamos con un coeficiente N entre los datos de partida, por lo que se ha optado por utilizar un valor estándar y habitual en estos estudios de N=1,07.

IMH

Con el fin de obtener los valores horarios de día y noche, se ha seguido el simple procedimiento de dividir el valor de IMD diurno obtenido mediante el coeficiente N entre 12 horas, que es la duración del período. Análogamente, el IMH nocturno resulta de dividir el IMD nocturno entre las 8 horas de ese período. Para el IMH de la tarde, que dura cuatro horas, se han tomado los valores de dos horas del período diurno y dos del nocturno.

Actualización de los IMD originales a 2021

Es necesario actualizar los valores de IMD originales a la fecha de referencia, 2021.

Se ha seguido el procedimiento de extrapolar la variación registrada del tráfico de los últimos años a la situación actual, para lo que se han utilizado las estadísticas que proporciona el Ministerio de Fomento para el Principado de Asturias. Según este organismo, el tráfico en sus carreteras ha variado de la siguiente forma en los últimos años:

2017-2018	2016-2017	2015-2016	2014-2015	2013-2014	Promedio
0,83	1,1	1	3,9	0,6	1,71

Tabla 4: incrementos porcentuales anuales de IMD en las carreteras de Asturias

Se ha aplicado, pues, el promedio de esos valores (1,71%) para calcular el incremento anual hasta 2021 a partir de la fecha de los datos originales.

Velocidades

Para este parámetro se ha partido también de los datos oficiales del ministerio de fomento. En concreto, los valores que se facilitan para las carreteras del Principado de Asturias, con fecha 2018, son los siguientes:

	Carreteras convencionales		Autopistas y autovías	
	Ligeros	Pesados	Ligeros	Pesados
ENERO	72,29	73,03	101,28	88,63
FEBRERO	72,07	73,34	102,44	88,3
MARZO	72,28	73,23	102,41	85,56
ABRIL	72,81	74	97,51	76,71
MAYO	72,34	74,48	101,77	86,58
JUNIO	72,08	74,08	102,02	84,69
JULIO	72,52	72,87	103,41	87,6
AGOSTO	72,41	71,65	106,17	88,44
SEPTIEMBRE	71,85	71,12	102,3	87,46
OCTUBRE	71,23	71,68	100,29	86,15
NOVIEMBRE	71,35	72,19	100,1	87,73
DICIEMBRE	71,04	71,58	101,69	88,27
Promedios	72,02	72,77	101,78	86,34

Tabla 5: velocidades medidas en las carreteras de Asturias (2018)

La N-634 y la AS-23 son carreteras convencionales, mientras que la A-8 tiene categoría de autovía. Las velocidades introducidas en el modelo son los promedios calculados a partir de los datos originales mostrados.

Viario 2021

Presentamos a continuación una tabla-resumen con los datos de tráfico introducidos en el modelo para 2021.

2021	IMD	IMH ligeros/ día	IMH pesados/ día	IMH ligeros/ noche	IMH pesados/ noche	IMH ligeros/ tarde	IMH pesados/ tarde
N-634	2.157,84	136,94	7,11	13,42	0,70	75,18	3,90
AS-23	4.933,29	289,48	39,85	28,37	3,91	158,92	21,88
A-8	12.430,88	699,18	130,65	68,52	12,80	383,85	71,73

Tabla 6: datos de tráfico introducidos en el modelo

SITUACIÓN PREOPERACIONAL (2021)

En los *mapas 1, 2 y 3* presentamos los siguientes resultados:

- Plano de curvas isófonas a 4 m sobre el suelo. Período día (2021).
- Plano de curvas isófonas a 4 m sobre el suelo. Período tarde (2021).
- Plano de curvas isófonas a 4 m sobre el suelo. Período noche (2021).

Comentarios

La distribución del ruido en la zona de estudio sigue las directrices, por un lado, de la situación de las fuentes sonoras y, por otro, de las barreras que la topografía o los edificios ponen al avance de las ondas de sonido. Cuando no encuentran obstáculos, las ondas tienden a desplazarse en la horizontal, a menos que haya influencias meteorológicas que varíen esta trayectoria. En este caso, se observa cómo las zonas más silenciosas son las más alejadas de las fuentes.

Período día

En este período no se aprecian problemas de ruido en el área cubierta por el estudio. Si nos fijamos en las principales áreas urbanas, en ellas no se alcanzan los 65 dB(A) prescritos para zonas residenciales consolidadas. En cuanto a las zonas de uso agropecuario o protegidas, recordemos que no tienen límites concretos definidos. No obstante, podemos observar que la mayor parte del territorio está por debajo de los 50 dB(A), lo cual es un nivel de inmisión acústica bajo.

Período tarde


Debido a la reducción de la intensidad de tráfico en este período las inmisiones bajan moderadamente.

Período noche

La reducción del tráfico hace que los niveles acústicos estén mayoritariamente por debajo de los 40-45 dB(A).

CONCLUSIONES

El área de la futura mina Salave tiene un bajo nivel de ruido, ya que las fuentes del mismo (carreteras) no tienen una intensidad de tráfico elevada. Las zonas pobladas no sufren niveles de ruido que excedan a los indicados en la normativa. En cuanto a las zonas naturales protegidas, hay que indicar que éstas no tienen prescritos niveles concretos, sino que, según la

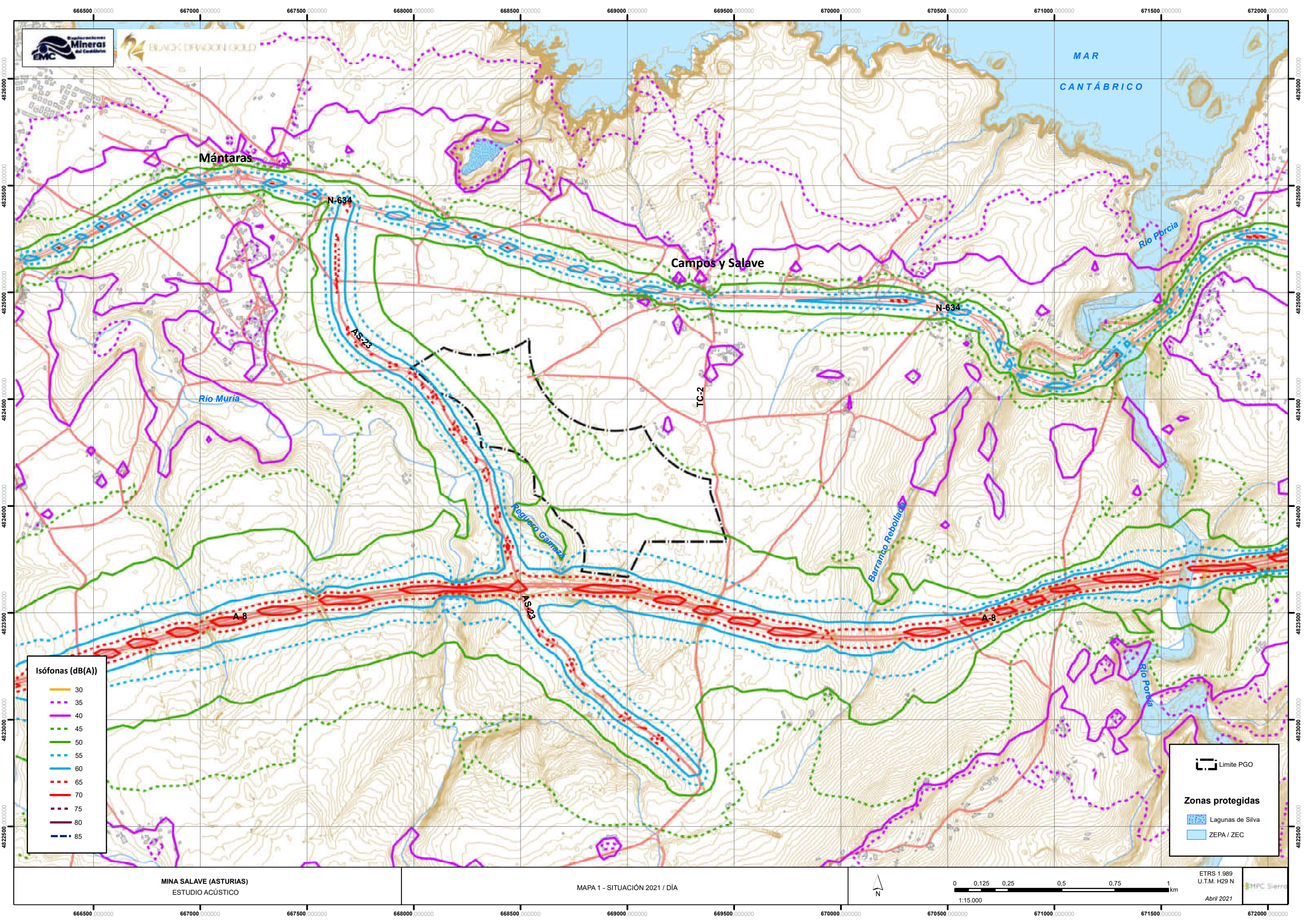
	ESTUDIO ACÚSTICO	pág. 17 de 18
---	------------------	---------------

legislación, éstos dependen de las circunstancias particulares de cada uno. No obstante, podemos presumir que la situación acústica en ellas es buena por dos motivos: en primer lugar, porque ésta es la situación general de la zona, al no haber fuentes de ruido importantes; por otra parte, esas áreas protegidas se han creado fundamentalmente con el ánimo de proteger hábitats marinos costeros, en los que ya hay ciertos niveles de ruido procedente de fuentes naturales (vientos, oleaje) a las que las especies de la zona están bien adaptadas.



Realizado por: Ramón Menchén Ongil

Madrid, 5 de abril de 2021



Isófonas (dB(A))

30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85

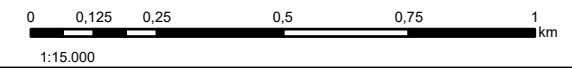
Limite PGO

Zonas protegidas

- Lagunas de Silva
- ZEPA / ZEC

MINA SALAVE (ASTURIAS)
ESTUDIO ACÚSTICO

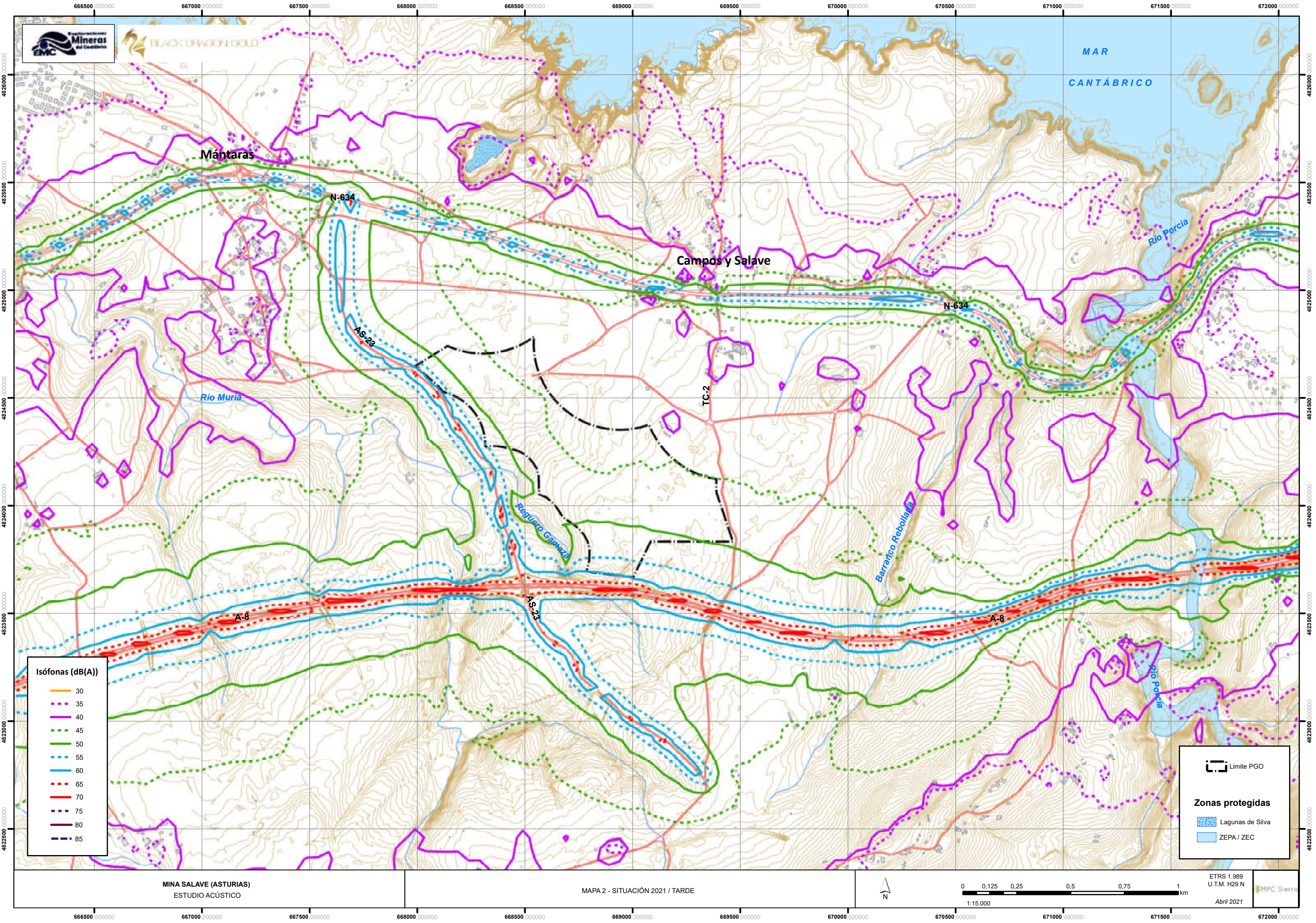
MAPA 1 - SITUACIÓN 2021 / DÍA



ETRS 1.989
U.T.M. H29 N
Abril 2021



666500.000000 667000.000000 667500.000000 668000.000000 668500.000000 669000.000000 669500.000000 670000.000000 670500.000000 671000.000000 671500.000000 672000.000000



Isófonas (dB(A))

30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85

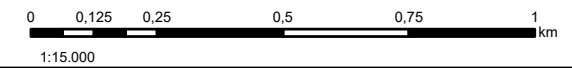
Limite PGO

Zonas protegidas

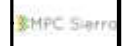
- Lagunas de Silva
- ZEPA / ZEC

MINA SALAVE (ASTURIAS)
ESTUDIO ACÚSTICO

MAPA 2 - SITUACIÓN 2021 / TARDE

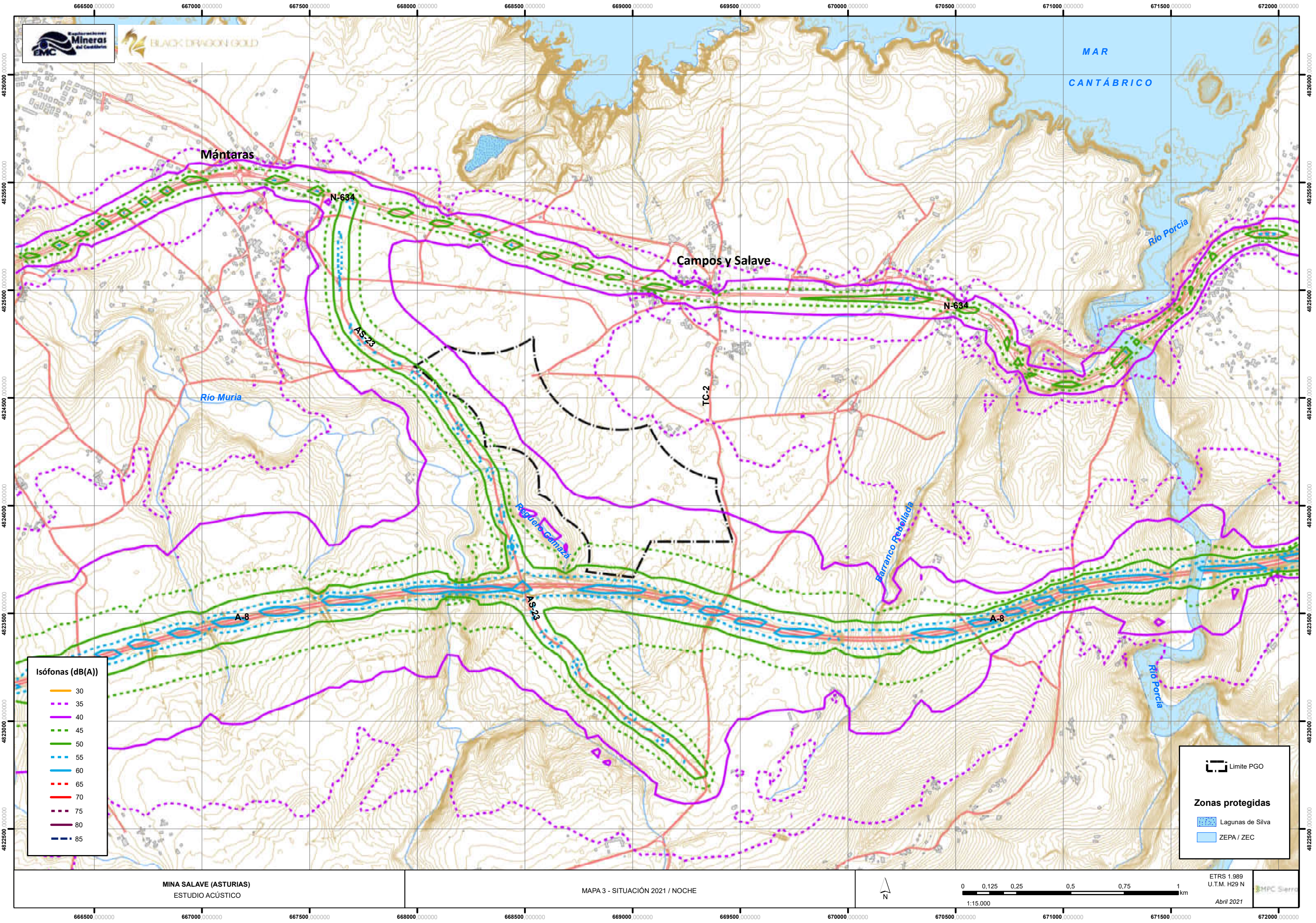


ETRS 1.989
U.T.M. H29 N
Abril 2021





BLACK DRAGON GOLD



Isófonas (dB(A))

30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
85

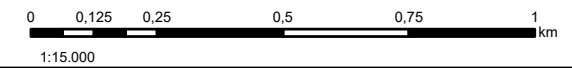
Limite PGO

Zonas protegidas

- Lagunas de Silva
- ZEPA / ZEC

MINA SALAVE (ASTURIAS)
ESTUDIO ACÚSTICO

MAPA 3 - SITUACIÓN 2021 / NOCHE



ETRS 1.989
U.T.M. H29 N
Abril 2021

