



Universidad de Oviedo



UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Facultad de Geología

MASTER EN RECURSOS GEOLÓGICOS E INGENIERÍA GEOLÓGICA

INVESTIGACIÓN Y MODELIZACIÓN DEL YACIMIENTO DE WOLFRAMIO DE PENOUTA

BOAL, ASTURIAS

Clara Ribagorda Barral

Junio 2015

Doña Clara Ribagorda Barral, autor del Trabajo Fin de Máster titulado INVESTIGACIÓN Y MODELIZACIÓN DEL YACIMIENTO DE WOLFRAMIO DE PENOUTA EN BOAL (ASTURIAS), confirma que es un trabajo original y solicita su presentación en el Máster Universitario Recursos Geológicos e Ingeniería Geológica de la Universidad de Oviedo.

En Oviedo, a 3 de Junio de 2015



Fdo. Clara Ribagorda Barral

El Dr. Daniel Arias Prieto, profesor titular del Departamento de Geología de la Universidad de Oviedo, confirma que ha tutelado el trabajo INVESTIGACIÓN Y MODELIZACIÓN DEL YACIMIENTO DE WOLFRAMIO DE PENOUTA EN BOAL (ASTURIAS) realizado por Doña Clara Ribagorda Barral, y autoriza su presentación y defensa como Trabajo Fin de Máster en el Máster Universitario en Recursos Geológicos e Ingeniería Geológica de la Universidad de Oviedo.

En Oviedo, a 3 de Junio de 2015



Fdo. Daniel Arias Prieto

ÍNDICE

	<i>Pág.</i>
RESUMEN.....	5
ABSTRACT.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
1.1. ANTECEDENTES.....	7
1.2. EL MERCADO DEL WOLFRAMIO.....	7
1.3. OBJETIVOS.....	8
2. METODOLOGÍA.....	9
3. ZONA DE ESTUDIO. GEOLOGÍA Y MINERALIZACIÓN.....	13
3.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y ENCUADRE TERRITORIAL.....	13
3.2. SITUACIÓN GEOLÓGICA Y ESTUDIO BÁSICO DEL YACIMIENTO.....	14
3.2.1. GEOLOGÍA REGIONAL.....	14
3.2.1.1. ESTRATIGRAFÍA.....	16
3.2.1.2. TECTÓNICA Y ESTRUCTURA.....	18
3.2.1.3. ROCAS IGNEAS Y METAMORFISMO.....	20
3.2.2. GEOLOGÍA LOCAL.....	21
3.2.2.1. ROCAS METASEDIMENTARIAS.....	22
3.2.2.2. ROCAS ÍGNEAS.....	24
3.2.2.3. METAMORFISMO.....	29
3.2.2.4. ESTRUCTURA.....	30
3.2.3. MINERALIZACIÓN.....	32
3.2.3.1. ZONAS MINERALIZADAS.....	33
3.2.3.2. ZONAS DE ALTERACIÓN.....	36
3.2.3.3. HIPÓTESIS GENÉTICA.....	37

	<u>Pág.</u>
4. RESULTADOS.....	38
4.1. PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN.....	38
4.2. RECOPIACION Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	38
4.3. MODELO Y RECURSOS GEOLÓGICOS.....	39
4.3.1. BASE DE DATOS.....	39
4.3.2. MUESTREO Y CONTROL DE CALIDAD DE LOS ANÁLISIS.....	41
4.3.3. DENSIDAD DE LA ROCA.....	45
4.3.4. MODELO GEOLÓGICO.....	46
4.4. CUBICACIÓN POR EL METODO DE POLÍGONOS.....	49
4.5. CLASIFICACIÓN DE LOS RECURSOS.....	60
5. DISCUSIÓN.....	61
6. CONCLUSIONES.....	62
7. BIBLIOGRAFÍA.....	65
ANEXOS.....	67

RESUMEN

La realización de este proyecto ha permitido recopilar toda la información geológica y minera referente al yacimiento de wolframio de Boal (Asturias).

Geológicamente hablando, la zona de estudio se localiza en la Zona Asturoccidental-Leonesa (ZAOL) y destaca por la presencia del plutón de Boal compuesto principalmente por rocas graníticas y también caracterizado por la presencia de rocas filonianas. En este entorno se ha desarrollado una notable aureola de contacto que no solo afecta a las rocas sino que también ha originado transformaciones metasomáticas posteriores.

Se ha reconocido que el yacimiento de Boal es de origen pneumatolítico-hidrotermal. Los minerales económicos, principalmente scheelita y en mucha menor proporción wolframita, aparecen asociados a filones de cuarzo encajados en el granito y en sobre todo localizados en las salbandas. Se podría decir que la tectónica ha jugado un papel muy importante, ya que gracias a la generación de diferentes estructuras se permitió la inyección de cuarzo, de pegmatitas y de mineralización económica.

Por otro lado, en este proyecto también se ha realizado el estudio y la evaluación los recursos mineros del yacimiento de Boal. Para ello se utilizó una base de datos, la cual incluye toda la información preliminar, referente a los sondeos y recogida de muestras entre otros datos, que realizó la empresa Enadimsa, la cual ya había investigado parte de la zona en el pasado.

Mediante el software minero RECMIN, se ha modelizado de una manera más eficaz la estructura del yacimiento con los datos obtenidos y se han podido estimar tanto las toneladas como las leyes. Gracias a esto se pueden planificar futuras investigaciones para la exploración, dado que los resultados obtenidos inducen a ello.

ABSTRACT

This thesis has allowed gathering all the geological and mineral information referring to the wolfram deposit of Boal (Asturias).

In geological terms, the study area is located in the Asturoccidental-Leonese zone (ZAOL), and its most remarkable aspect is the pluton of Boal, which is mainly formed of granite rocks and also characterized by the presence of subvolcanic rocks. In this environment a relevant metamorphism has developed, not only affecting the rocks, but also originating posterior metasomatic transformations.

It has been proved that the deposit of Boal has a pneumatolytic-hydrothermal origin. The economical minerals, mainly scheelite, and in clearly less proportion wolframite, appear associated to quartz embedded veins in the granite and mostly located in the vein selvages. It might be said that tectonic has been of great importance, since thanks to the generation of different structures, quartz, pegmatite and economical mineralization was injected.

On the other hand, this thesis has also performed the study and evaluation of the mineral resources of the deposit of Boal. A database property of the company Enadimsa, that had already made some research on the area, was used for this purpose, which included all the preliminary information of the boreholes and sample gathering, among other information.

Using the mining software RECMIN, it has been able to model more efficiently the deposit structure with the gathered data, and therefore estimate both the tons of ore deposit and the ore grades. Thanks to this, we can plan future research for the mining area, because the obtained data leads to it.

1. INTRODUCCIÓN

En este trabajo de fin de máster se expone un estudio geológico-minero de la *Minas de Penouta* (Boal, Asturias), que fue explotada a gran escala desde 1951 hasta 1963 provocando un gran crecimiento económico en el concejo de Boal y que posteriormente se trató de reabrir entre los años 1976 y 1983, pero el descenso en el precio del wolframio en esta década condujo a su cierre definitivo. Es interesante desde el punto de vista geológico ya que se trata de la única mineralización de wolframio de dicha región.

1.1. ANTECEDENTES

La bibliografía existente sobre el plutón de Boal no es muy reciente, pero se ha podido comprobar que los proyectos realizados corresponden con lo que se encuentra en la zona. Se pueden destacar algunos trabajos realizados por Llopis Lladó (1961) en los cuales se realiza una meticulosa descripción del plutón y sus mineralizaciones asociadas, IGME (1976) trata sobre la caracterización de indicios en el contacto del plutón con el encajante, Marcos *et al.* (1980) hace una descripción general de la zona en cuanto a estratigrafía, petrografía, estructuras y geología económica, Adaro (1985) describe una serie de sondeos de prospección realizados en la década de los 70 para la empresa Wolfrastur; Fernandez-Suarez *et al.* (1989) realiza una descripción del granito de Boal, tanto de la fábrica interna como del método de emplazamiento.

Se sabe que este yacimiento de wolframio fue explotado en la década de los 50 por el grupo minero *Minas de Penouta* cuando había una gran demanda de wolframio por parte de Inglaterra y de Alemania, obteniéndose una producción entorno a 777t con una ley media del 78% de WO_3 . Posteriormente la mina se cerró y 1967 se vendió la concesión a Wolfrastur, S.A. obteniéndose durante los años que estuvo activa la mina 58t con una ley media del 69% (IGME, 1985). Actualmente, la empresa Sondeos y Perforaciones Industriales del Bierzo, S.A posee la concesión Penouta en Boal.

1.2. EL MERCADO DEL WOLFRAMIO

La evolución reciente de los precios medios de los concentrados de wolframita-scheelita, parawolframato amónico (APT) y ferrowolframio aparecen representados en la Tabla 1 (IGME, 2012). La cotización de los concentrados y del

APT se expresa en \$/tonelada de WO₃ (mtu) contenido, equivaliendo 1 mtu a 10 kg de WO₃, o sea, a un punto porcentual de la ley del concentrado en dicho compuesto (10 kg de WO₃ contienen 7,93 kg de W). Según el Metal Bulletin, en el mercado libre europeo (Efm) el precio de los concentrados se mantuvo estable desde 2009 en la banda 140-160 \$/mtu, pero no considerando fiable este referencia, el USGS empezó a utilizar desde julio de 2012 la de Platt's Metals Week en el mercado libre norteamericano (USfm).

	2008	2009	2010	2011	2012
-Concentrados, \$/mtu WO ₃ conten., Efm *	164,58	150	150	150	150
-Id, id, USfm **	184	151	183	248	353-364
-APT, id *	249	196-215	200-224	361-388	432-456
-Ferrowolframio, \$/kg W contenido ***	36,60	28,08	34,30	51,18	sd

Fuentes: * Metal Bulletin ** Platt's Metal Week, en Min. Industry Surveys, monthly, USGS
 *** Min. Yearbook 2011, Tungsten, USGS
 1 mtu = 10 kg WO₃ = 7,93 kg W contenido APT = parawolframato amónico

Tabla 1. Evolución reciente de los precios medios de los concentrados de wolframita-scheelita, parawolframato amónico (APT) y ferrowolframio desde 2008 a 2012 (IGME, 2012)

En cuanto al APT, inició el año 2012 a 463-474 \$/mtu WO₃, bajando a 430-441 en febrero y a 408-435 en abril, pero en junio remontó a 430-452 y a 435-463 en el mes siguiente, manteniéndose en este nivel hasta fin de año. El valor medio anual quedó en 432-456 \$/mtu WO₃, un 18,4% superior al del año anterior.

1.3. OBJETIVOS

El principal objetivo de este trabajo de fin de máster es describir el proceso de investigación que se ha llevado a cabo en las antiguas *Minas de Penouta*, para poder definir correctamente el modelo genético del yacimiento, su alcance y su potencial económico.

En el contenido de este proyecto se contemplan los siguientes puntos:

- Elaboración de una síntesis de la geología regional y local, basándose en las observaciones de campo realizadas y en toda la información recopilada.
- Descripción del plutón de Boal así como de su encajante mediante un estudio detallado de la estructura y la mineralogía.
- Identificación de la sustancia a beneficiar, realizando un estudio detallado tanto de la mineralogía del depósito como de sus alteraciones.

- Propuesta de un modelo genético del yacimiento a partir de la secuencia paragenética, del contexto tectónico-geológico y de los datos que se obtengan en los puntos anteriores.
- Cubicación de los recursos del yacimiento y estimar las toneladas y la ley de la mineralización principal.

2. METODOLOGÍA

La metodología que se ha seguido para la elaboración de este trabajo, se puede resumir de la siguiente manera.

En primer lugar se necesitó recopilar y estudiar toda información previa disponible en relación a la geología y al yacimiento en el que está englobada la mineralización de interés. Al igual que con todos los trabajos previos referidos a la exploración y a las labores de explotación durante la actividad minera. Como apoyo a todo lo obtenido, se realizaron entrevistas con los trabajadores, que completaron parte de la información sobre las condiciones y métodos de trabajo tanto en la mina como en el lavadero (Fig. 1)



Figura 1. Restos de la construcción del lavadero de la mina de W de Boal

Se realizó un trabajo de campo que consistió en la cartografía geológica, donde se adquirieron medidas de dirección y buzamiento, y además se tomaron muestras tanto de los granitos y filones como en las zonas de alteración. Dichas muestras (ANEXO I) fueron cortadas para la obtención de láminas delgadas, las

cuales mediante microscopía de reflexión y refracción fueron analizadas petrológica y mineralógicamente en el laboratorio.

Esta información también fue útil para realizar la cartografía geológica de la zona (ANEXO II), aun así, para que fuese más precisa también se usó la información topográfica, fotográfica, geológica y minera de la zona (Fig. 2, 3, 4 y 5).



Figura 2. Emplazamiento del sondeo S-8-1 (UTM: 676639, 4812381)



Figura 3. A) y B) Bocamina (UTM: 676396, 4812274)

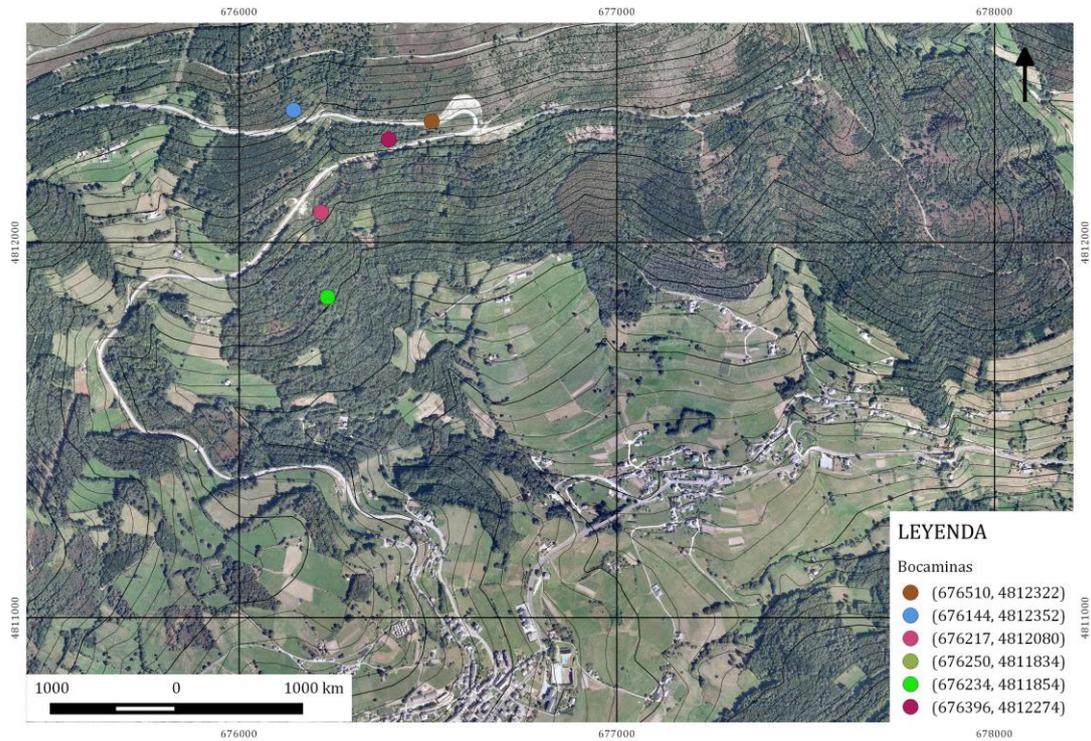


Figura 4. Mapa de la localización de las bocaminas.



Figura 5. A) Caseta de almacenaje de los sondeos realizados por Enadimsa. B) Cajas de sondeos

Posteriormente, todos los datos obtenidos fueron tratados mediante sistemas de información geográfica como el QGIS y ARCGIS. De esta manera se digitalizó la información, usando los archivos del IGN, como BTN y PNOA, se obtuvo una cartografía precisa (ANEXO II). Usando los datos LIDAR en el programa GLOBBAL MAPPER se obtuvo una imagen 3D que ha servido como apoyo para comparar los datos obtenidos en campo (Fig. 6)

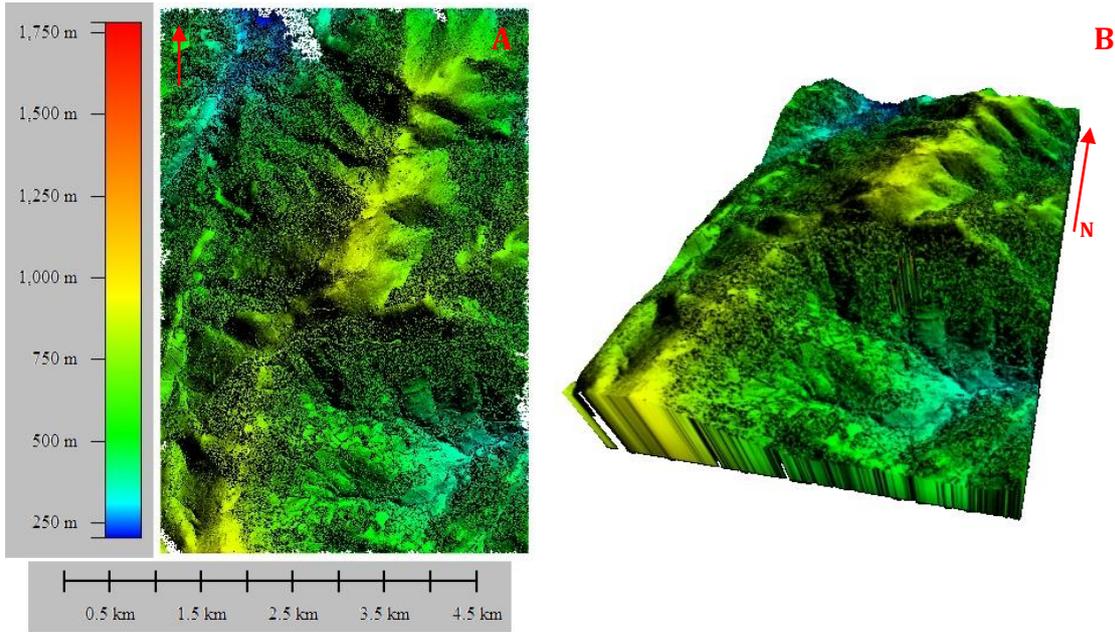


Figura 6. A) Modelo digital de superficie (LIDAR) de la zona de estudio. B) Modelo 3D digital de elevación de la zona de estudio.

A continuación se procedió a una descripción más detallada de la mineralización en la zona de estudio, tanto de la sustancia a beneficiar como de las zonas de alteraciones del yacimiento, para mejorar la hipótesis genética.

También se ha realizado la modelización de los pisos de la mina encontrados (Fig. 7) y el yacimiento de Boal mediante RECMIN (ANEXO III). Se han podido definir sus límites para planificar futuras labores mineras de explotación, así como determinar los recursos y reservas del yacimiento.



Figura 7. Modelización en RECMIN de los pisos hallados en los planos de la mina.

3. ZONA DE ESTUDIO. GEOLOGÍA Y MINERALIZACIÓN

3.1. SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y ENCUADRE TERRITORIAL

La zona de trabajo se localiza en las proximidades de la población de Boal (Principado de Asturias, España) (Fig. 8). El concejo de Boal limita al norte con El Franco y Coaña, al sur con Illano, al este con Villayón y al oeste con Castropol, siendo la principal vía de acceso por la carretera regional AS-12, que une Navia con Grandas de Salime.

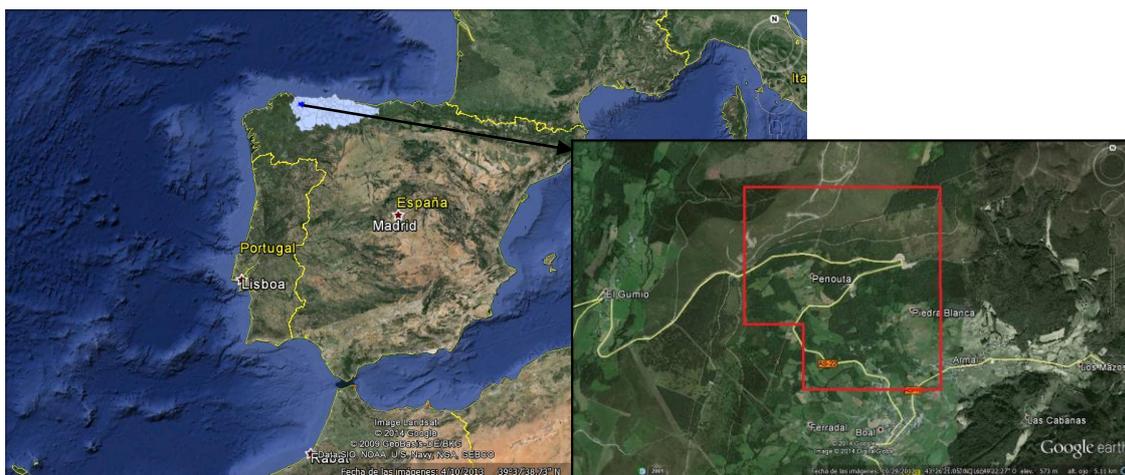


Figura 8. Mapa de España. Localización del concejo de Boal y la zona de estudio (GoogleEarth, 2012)

Boal está situado en la cuenca media del río Navia, el municipio de Boal es atravesado por dicho río desde su zona sur y sureste hacia la zona nororiental, en la que su cauce ejerce de frontera natural con el vecino municipio de Villayón. El río Navia, a su paso por este concejo, está embalsado en primer lugar con la presa de Doiras, y posteriormente, aguas abajo, con la de Arbón, situada ya en el límite del municipio de Villayón. Dos afluentes reseñables que vierten sus aguas al Navia en este concejo son el río Urubio (en el embalse de Doiras) y el río de Pendia (en el embalse de Arbón).

La principal elevación del terreno se encuentra lindando ya con los municipios de Illano y Castropol: es el pico de La Bobia, de 1.201 m sobre el nivel del mar. Merecen mención también La Cristaleira (1.036 m) en la zona sur del concejo, Pena Queimada (921 m) en la zona noroccidental, Penouta (899 m) en la zona norte y Penácaros (732 m) en la zona central.

La climatología predominante en el concejo de Boal y alrededores corresponde con precipitaciones abundantes repartidas a lo largo del año y temperaturas

suaves tanto en invierno como en verano, debido a que se trata de un clima oceánico (CEDER, 2007-2013).

3.2. SITUACIÓN GEOLÓGICA Y ESTUDIO BÁSICO DEL YACIMIENTO

3.2.1. GEOLOGÍA REGIONAL

La zona de estudio se localiza en la Zona Asturoccidental-Leonesa (ZAOL), la cual forma parte del Macizo Ibérico o Hespérico en el que existen los afloramientos más occidentales del Orógeno Varisco Europeo (Fig. 9).

La Zona Asturoccidental-Leonesa destaca por el gran espesor de las rocas del Cámbrico y del Ordovícico, cuya estructura se caracteriza por la presencia de una primera generación de pliegues vergentes al este, cortados por cabalgamientos con la misma vergencia y de una segunda generación de pliegues de superficie axial vertical. Las rocas posteriores al Devónico en esta zona, se limitan a los rellenos estefanienses de pequeñas cuencas post-variscas (Vera et al., 2004).

En esta zona se desarrolla un metamorfismo regional de grado bajo a medio y se generaliza la presencia de foliaciones tectónicas. Su límite occidental se define muy bien, situándose en la Falla de Viveiro. Por el sur, este límite es menos claro habiéndose adoptado como tal el Sinclinal de Sil-Truchas (Vera et al., 2004).

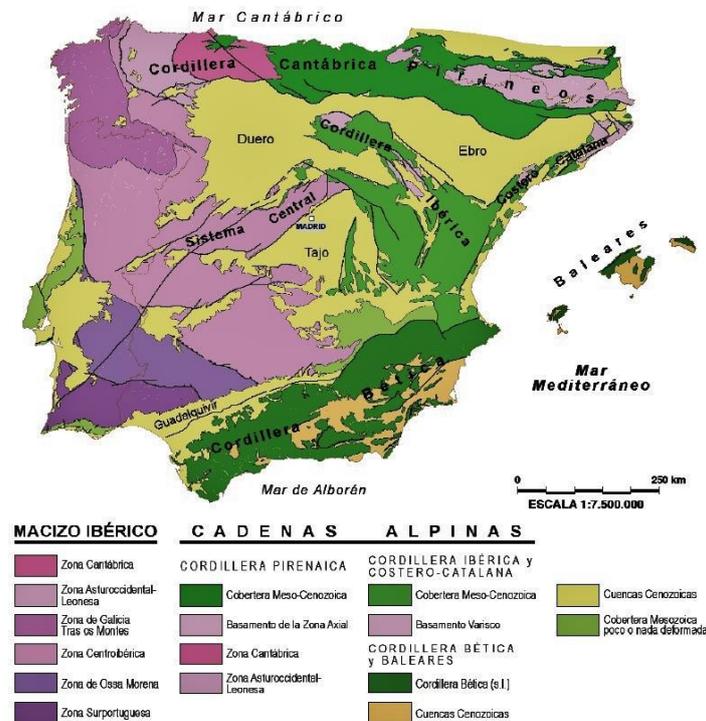


Figura 9. Principales unidades geológicas de España peninsular, Portugal y Baleares (Vera et al., 2004)

Dentro de la ZAOL se distinguen, a su vez, tres dominios que quedan definidos como unidades tectono-estratigráficas diferentes y que son (Fig. 10): Dominio del Manto de Mondoñedo (DMM, al oeste), Dominio del Navia-Alto Sil (DNAS, al este, limitando con la Zona Cantábrica) y Dominio del Caurel-Truchas (DCT, al sur). Actualmente existe un debate abierto sobre la inclusión del Dominio del Caurel-Truchas en la Zona Centroibérica.

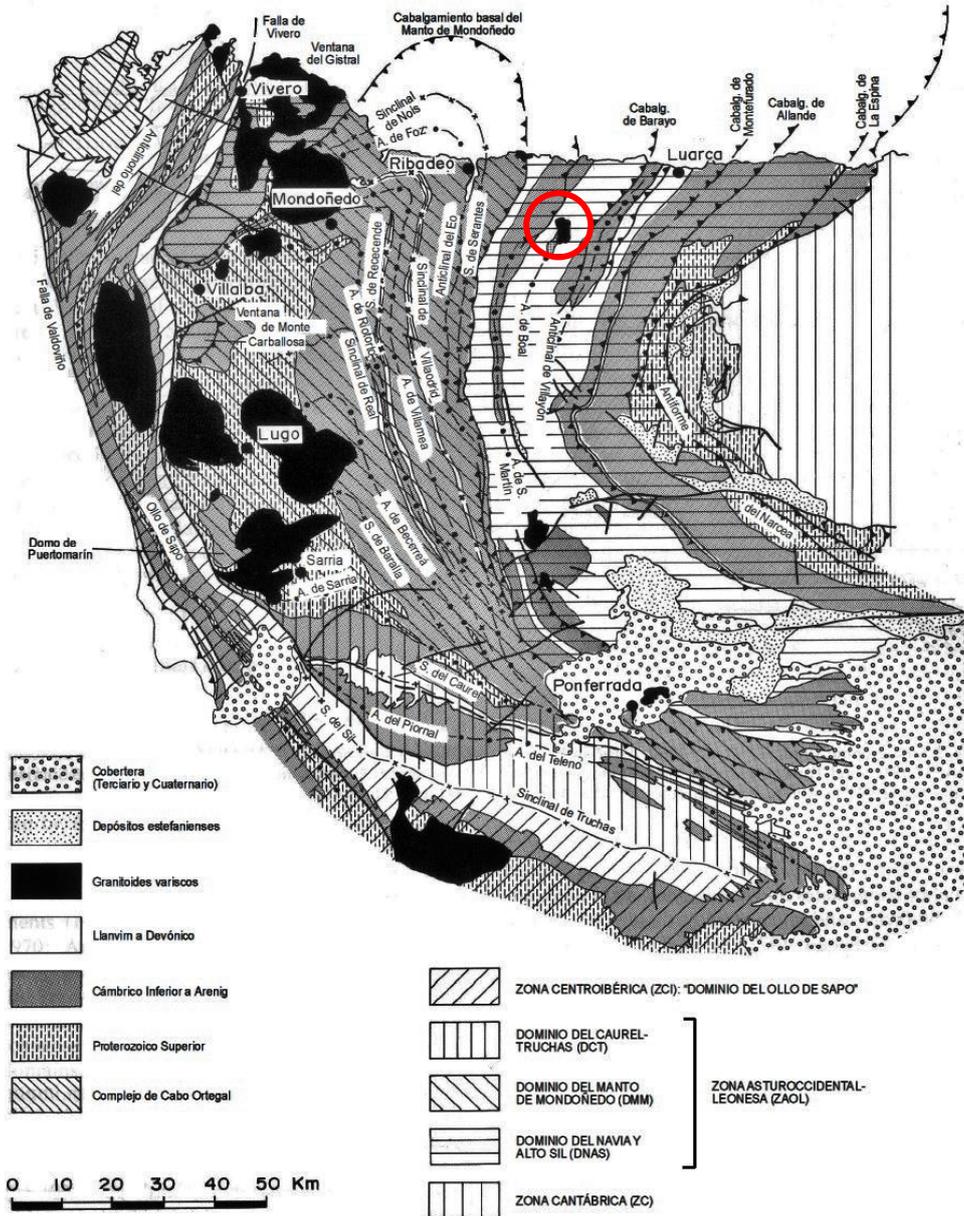


Figura 10. Esquema geológico de la ZAOL, mostrando las denominaciones de las estructuras principales y la subdivisión en dominios (Pérez-Estaún et al., 1990). Localización del plutón de Boal en un círculo rojo.

3.2.1.1. ESTRATIGRAFÍA

La ZOAL presenta una estratigrafía que se caracteriza por el gran espesor que presentan las rocas del Paleozoico Inferior, cuya naturaleza es esencialmente silicástica y que están discordantes con las rocas precámbricas (*Bastida y Aller, 1995*). A partir de las edades identificadas se van a distinguir diferentes materiales (Fig. 11).

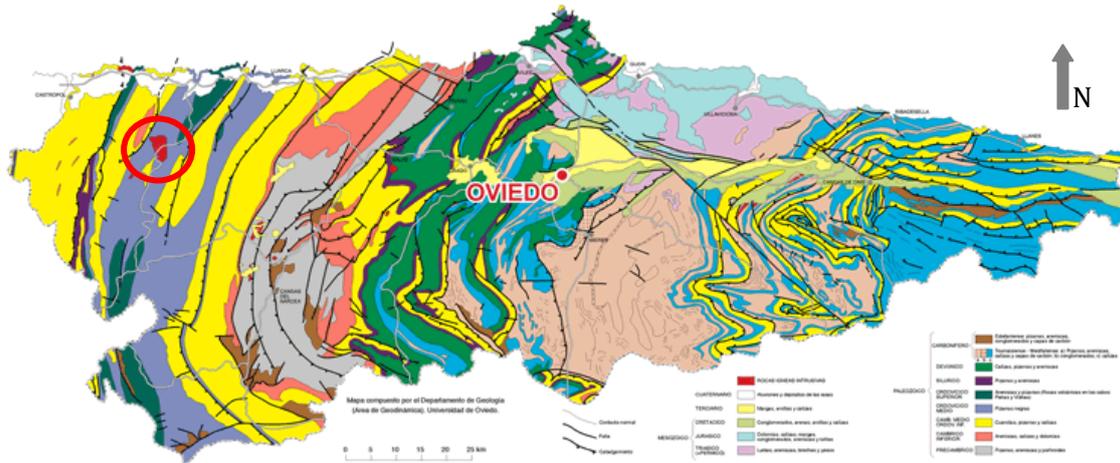


Figura 11. Mapa geológico de Asturias. Plutón de Boal en el círculo rojo (*Aramburu y Bastida, 1995*)

3.2.1.1.1. PRECÁMBRICO: Serie del Narcea

El conjunto inferior, situado bajo la discordancia de tipo angular señalada previamente, comprende rocas formadas hace 600 m.a., en los últimos estadios del Precámbrico. Las rocas afloran tan solo en una banda relativamente estrecha y arqueada según la traza del Arco Asturiano (*Bastida y Aller, 1995*). Ocupan el núcleo del Anticlinal del Narcea, que se encuentra limitado al este por una importante fractura y al norte por las Cuarcitas de Cándana, que lo recubren discordantemente.

Desde el punto de vista litológico, está constituido por una monótona alternancia de areniscas y pizarras débilmente metamorfizadas (*Aramburu, 1995*), siendo las rocas detríticas cuarzo-feldespáticas. También se puede destacar un nivel de porfiroides que pasan gradualmente a las rocas antes citadas, que están formadas por granos de cuarzo y feldespatos en una matriz de micácea y cuarzofeldespática, cuya textura corresponde con la de una roca porfídica y esquistosa (*Marcos et al., 1980*).

3.2.1.1.2. PALEOZOICO: Cámbrico y Ordovícico

Cuarcitas de Cándana o Areniscas de La Herrería (Cámbrico Inferior): constituyen el núcleo del anticlinal de San Martín, en cuyos afloramientos (2.500 m) esta formación se presenta de manera incompleta (*Marcos et al., 1980*). Está constituido por una monótona sucesión de areniscas feldespáticas groseras, cuarcitas y a veces por un nivel de microconglomerados. Las características sedimentarias de estas rocas muestran ambientes sedimentarios desde aguas marinas poco profundas hasta ambientes continentales (*Lotze, 1957; Comte, 1938*)

Calizas de Vegadeo (Cámbrico Inferior - Medio): serie carbonatada (100-150 m) que se localiza encima de las Cuarcitas de Cándana. Aflora en zonas morfológicamente deprimidas y cubiertas por depósitos actuales. Desde el punto de vista petrográfico se tratan de calizas y dolomías, conteniendo cuarzo terrígeno en proporciones variables, feldespatos y cuarzo de silicificación. La fuerte recrystalización provocada por el metamorfismo regional ha dado lugar a su transformación en mármoles (*Aramburu, 1995*). Están caracterizadas por facies de plataforma marina intermareal y de aguas poco profundas (*Barrois, 1882*).

Serie de los Cabos (Cámbrico Medio - Ordovícico Inferior): se superponen a las Calizas de Vegadeo. Desde el punto de vista estratigráfico están constituidas por una espesa sucesión de alternancia de areniscas, limolitas y pizarras (2.500 m). Las estructuras orgánicas sedimentarias de esta formación muestran un ambiente sedimentario marino poco profundo, aunque es posible encontrar una gran variedad de facies (*Barrois, 1882*).

Pizarras de Luarca (Ordovícico Medio): por encima de la serie anterior se sitúan dichas rocas, ricas en pirita. Constituye una alternancia de pizarras negras y areniscas, que forman una serie de transición de espesor variable (aprox. 1.200 m). En algunas zonas se encuentran intercaladas rocas volcánicas básicas (diabasas) y niveles de hierro oolítico (*Aramburu, 1995*).

Formación Agüeira (Ordovícico Medio - Superior): está constituida por areniscas de grano fino, siltitas y pizarras negras alternantes (3.000 m). Las capas de areniscas muestran en su interior las estructuras sedimentarias típicas de una turbidita (*Marcos et al., 1980*).

3.2.1.1.3. TERCIARIO

Corresponde con materiales detríticos groseros, discordantes sobre el sustrato. Descansan sobre una superficie de erosión ligeramente inclinada hacia el NE y ocupan cotas elevadas del relieve, apoyándose casi exclusivamente sobre las

rocas precámbricas. Desde el punto de vista litológico están constituidos por conglomerados cuarcíticos con alguna brecha pizarrosa y lentejones de arcillas rojas. Según Marcos *et al.* (1980), se consideran, debido a su posición, como depósitos de origen torrencial o fluvial procedentes del desmantelamiento de la Serie de los Cabos.

3.2.1.1.4. CUATERNARIO

Los depósitos cuaternarios se corresponden con coluviones y derrubios de ladera que se desarrollan en relación con los grandes relieves que proporciona la Serie de los Cabos. Estos coluviones están formados por fragmentos angulosos de cuarcitas y areniscas de tamaños variable, con una escasa matriz arenosa. Además de estos depósitos también se diferencian rellenos aluviales en los valles y otros depósitos cuaternarios no identificados.

3.2.1.2. TECTÓNICA Y ESTRUCTURA

La ZOAL representa el inicio de las zonas internas del orógeno, caracterizadas por la existencia de una deformación interna importante de las rocas, que se refleja por la presencia generalizada de foliaciones tectónicas (*Bastida y Pulgar, 1995*), así como de la influencia de un metamorfismo regional cuya intensidad aumenta en líneas generales hacia el oeste. En el desarrollo de dichas estructuras se pueden distinguir varios episodios; es decir, que se trata de una deformación polifásica (*Bastida y Aller, 1995*), por una parte la serie Precámbrica, que sufrió deformación con anterioridad al Cámbrico, y por otra parte la serie Paleozoica que, conjuntamente con los materiales precámbricos ya deformados, sufrieron otra acompañada de metamorfismo y plutonismo durante la orogénesis hercínica (*Marcos et al., 1980*).

Con posterioridad a la orogénesis 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 (Fig. 12), en la cual se pueden distinguir dos conjuntos bien definidos, separados por una discordancia, que han sufrido deformación a lo largo de dos episodios orogénicos distintos y separados considerablemente en el tiempo: la deformación precámbrica y la deformación hercínica.

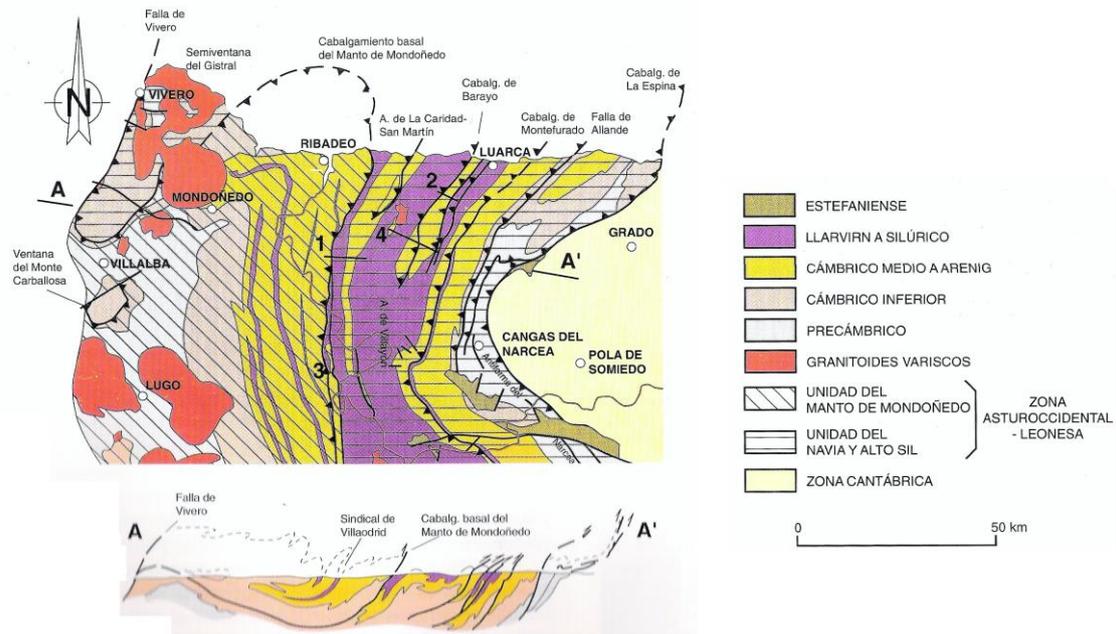


Figura 12. Esquema geológico y corte transversal de la parte norte de la ZOAL, la cual constituye el subsuelo de la parte occidental de Asturias (Martinez-Catalán et al., 1992)

3.2.1.2.1. DEFORMACIÓN PRECÁMBRICA

Dado que los materiales precámbricos han sido deformados durante la orogenia hercíniana, es difícil de reconstruir, pero se pueden observar una serie de hechos que permiten una evaluación del tipo e intensidad de la deformación sufrida por los materiales, de modo que la discordancia paleozoica-precámbrica es casi siempre visible o detectable por criterios estructurales en toda la región del anticlinal del Narcea (Marcos, 1973). La estratificación precámbrica muestra lineaciones de intersección con la primera esquistosidad herínica con orientación variable pero con ángulos de inclinación normalmente fuertes. Todo parece indicar la existencia de una anomalía generalizada que produce la verticalización e incluso la inversión de los materiales del precámbrico con anterioridad al depósito del Paleozoico, lo que representa una deformación de una cierta entidad, aunque no se han podido reconocer la relación existente ni con el metamorfismo ni con la esquistosidad.

3.2.1.2.2. DEFORMACIÓN HERCÍNICA

En la ZAOL se deduce que la estructura global de la zona está constituida por pliegues apretados cortados por cabalgamientos y replegados por ondulaciones suaves, indicando una evolución de la estructura en la que se pueden distinguir tres episodios o fases principales de deformación (Marcos, 1973): la primera da

lugar a pliegues acompañados por esquistosidades de flujo, la segunda origina cabalgamientos que a veces presentan estructuras menores asociadas como pliegues y esquistosidades de crenulación, y la tercera da lugar a un replegamiento general.

La estructura de esta zona es esencialmente el resultado de la primera fase de deformación (F_1) que dio lugar a los grandes pliegues acostados de Mondoñedo y El Caurel y a toda una serie más de pliegues vergentes hacia el este. Después de la generación de estas estructuras, o como etapa final de la deformación que las originó, se produjeron cabalgamientos, vergentes al igual que los pliegues hacia el interior del arco y localmente asociados a pliegues menores y crenulaciones (F_2), posteriormente tuvo lugar una tercera fase (F_3), generándose pliegues más o menos homoaxiales con los primeros pero mucho más suaves. Finalmente se formaron algunas estructuras tardías como kink-bands y diaclasas entre otras.

3.2.1.3. ROCAS IGNEAS Y METAMORFISMO

Asturias es, por su situación en la Cadena Varisca, una región relativamente pobre en rocas ígneas y en la que no existe un desarrollo generalizado de metamorfismo regional.

El límite oriental del metamorfismo coincide prácticamente con el límite de zonas; es decir, con el antiforme del Narcea (*Suarez, 1995*). La ZAOL posee en general un metamorfismo en la facies de los esquistos verdes, que está caracterizado por la presencia de clorita en asociaciones de minerales de las rocas pelíticas (zona de la clorita), salvo en algunas zonas en las que aparece también la biotita; pero hacia el oeste se alcanzan las facies anfibolíticas (Fig. 13). Se produce un incremento del metamorfismo de este a oeste pero no es completamente gradual. En la zona limítrofe con Galicia, este metamorfismo se hace más intenso y el magmatismo adquiere mayor importancia, de forma que los afloramientos de granitoides van ocupando zonas más extensas (*Bastida y Pulgar, 1995*).

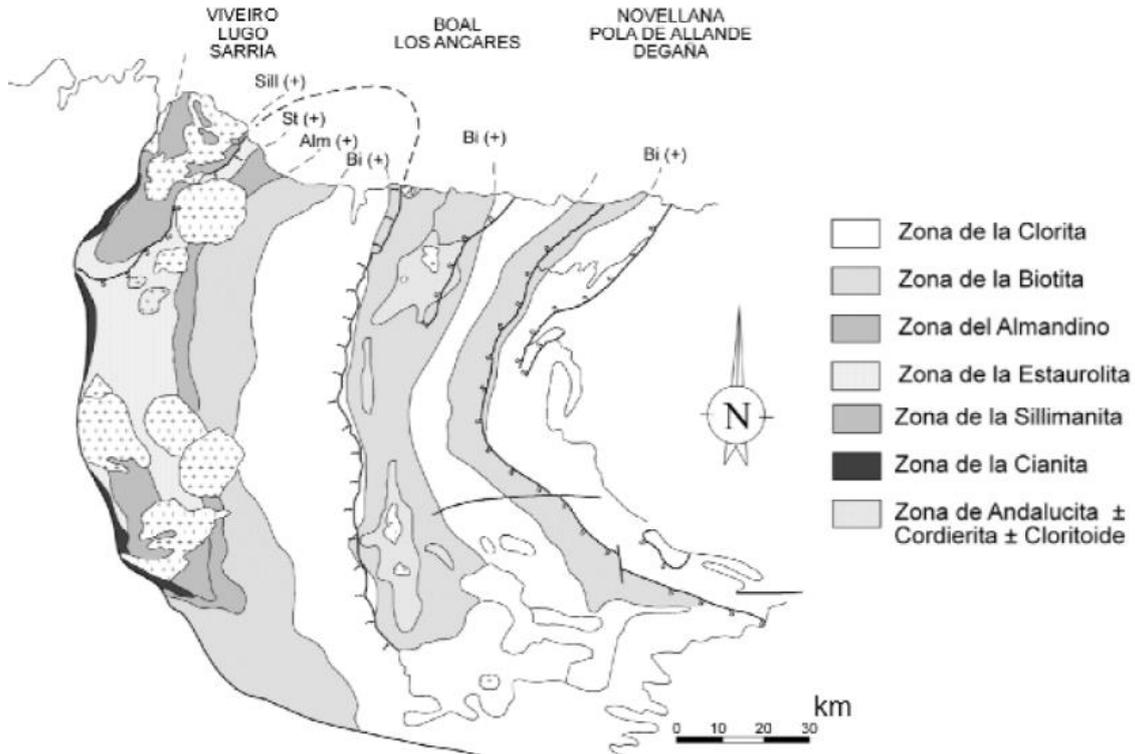


Figura 13. Distribución de las zonas y de los cinturones metamórficos en la Zona Asturoccidental-Leonesa (Suárez et al, 1990 y Fernández-Suárez, 1994)

Las manifestaciones de magmatismo son muy limitadas dentro de la región asturiana, aunque los afloramientos de granitoides alcanzan extensiones importantes en la parte de la ZAOL situada fuera de ella (Bastida y Aller, 1995). La actividad ígnea se desarrolla desde el Precámbrico hasta el Pérmico, bien en forma de rocas volcánicas y subvolcánicas o como intrusiones plutónicas, cuyo emplazamiento provoca un metamorfismo de contacto en el encajante. En estas zonas de contacto aparecen verdaderas rocas metamórficas; mientras que en las áreas afectadas por metamorfismo regional, las rocas conservan en gran parte sus características pre-metamórficas, dado el carácter incipiente y el bajo grado de dicho metamorfismo (Suarez, 1995).

3.2.2. GEOLOGÍA LOCAL

La zona de estudio se localiza en el permiso de investigación *Penouta*, que se sitúa en el Concejo de Boal (Asturias), en la mitad este de la hoja nº 026 (Boal) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

Geológicamente hablando, se sitúa en el sector occidental de la Unidad estructural de Navia, comprendiendo terrenos que van desde el Cámbrico Inferior

(Areniscas de la Herrería) al Ordovícico Medio (Pizarras de Luarca), intruidos por el plutón de Boal.

Según Llopis Lladó (1961), el plutón de Boal está ubicado en el amplio conjunto de pliegues del occidente de Asturias desarrollados sobre los materiales paleozoicos del Dominio del Navia y Alto Sil, como resultado de la removilización magmática de tipo sálico producida por la orogénesis Hercínica. En este sentido, es un plutón post-tectónico, puesto que corta indiferentemente estructuras de dicha orogénesis. El afloramiento actual está ubicado en el flanco oeste de un amplio sinclinatorio de pizarras y de areniscas. Toda la masa plutónica está contenida dentro del Ordovícico, aunque la aureola metamórfica, que alcanza más de 1.000 m, llega hasta los materiales cámbricos.

Se ha realizado una cartografía geológica de la zona, donde aparecen representadas los diferentes materiales de los que se va a hablar a continuación (ANEXO II).

3.2.2.1. ROCAS SEDIMENTARIAS

Las rocas sedimentarias representativas de la zona de estudio y de la concesión minera son las siguientes (Fig. 14):

El Cámbrico aflora en el borde Oeste de la zona, cabalgando a las Pizarras de Luarca y en el núcleo del anticlinal de Doirás. Las estructuras se encuentran afectadas por fracturas de desgarre con dirección NW-SE.

Las Calizas de Vegadeo (Cámbrico Inferior) ocupan los flancos de un anticlinal. El núcleo del anticlinal se corresponde con la serie de la Herrería (areniscas y cuarcitas más o menos feldespáticas, alternantes con pizarras). A techo de las calizas de Vegadeo se sitúa la Serie de los Cabos, formada por una monótona sucesión de pizarras, areniscas y cuarcitas.

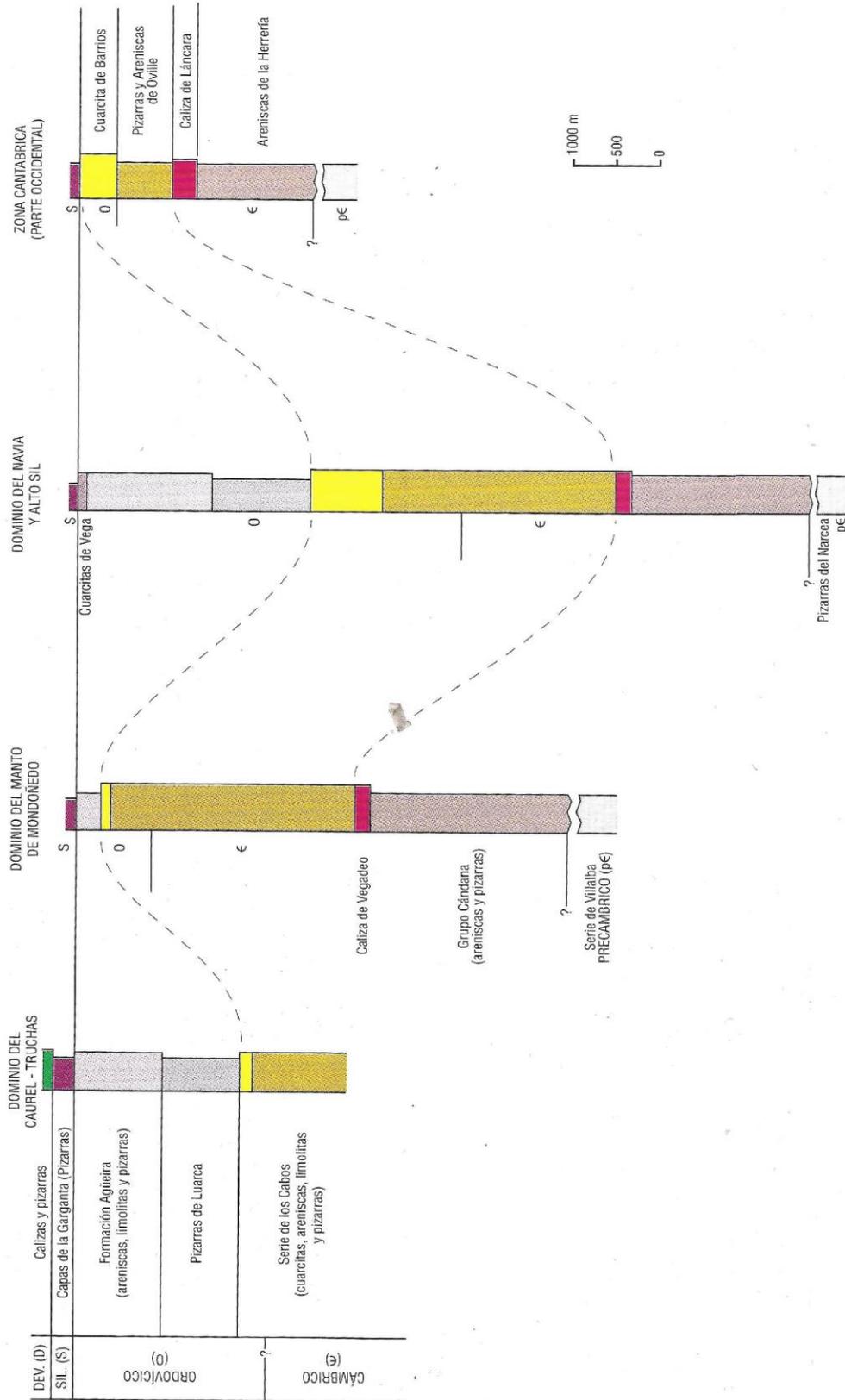


Figura 14 Columna estratigráfica representativas de los principales dominios de la Zona Asturoccidental-Leonesa y su comparación con una columna del Paleozoico Inferior de la parte occidental de la Zona Cantábrica (Pérez-Estaún et al., 1992)

Las cuarcitas se manifiestan en la zona S y SE formando los anticlinales de Doirás y Castrillón, cuyos ejes siguen una dirección NE-SW vergentes hacia el Este, quedando el anticlinal de Doirás cortado hacia el Norte por la intrusión granítica.

El Ordovícico medio (Pizarras de Luarca) ocupa el resto de la zona que rodea al plutón granítico. Está constituido por pizarras azuladas lustrosas y por facies samíticas. Están afectadas por un plegamiento anticlinal-sinclinal con ejes subhorizontales de dirección NE-SW y ligeramente vergente hacia el Este.

3.2.2.2. ROCAS ÍGNEAS

El plutón de Boal corresponde a rocas graníticas que varían desde granitos calcoalcalinos a granodioritas, teniendo más frecuentemente composición adamellítica. En función de su carácter textural varían desde granitos de grano medio, hipidiomorfos, a términos marcadamente porfídicos. Entre ambos existen texturas intermedias, por lo que el límite entre los dos extremos es difícil de precisar, sobre todo en algunas áreas concretas, como es el sector septentrional y occidental de Boal. Además, también aparecen rocas filonianas, que constituyen el cortejo del plutón y están reducidas a escasísimos diques de pórfido granítico.

3.2.2.2.1. ROCAS GRANÍTICAS

Las rocas graníticas que integran el plutón de Boal son referibles a dos facies perfectamente delimitadas sobre el terreno y cuya existencia ha sido corroborada por el estudio microscópico.

La facies fundamental está integrada por un granito calcoalcalino, de textura holocristalina, granuda hipidiomorfa, formada por cuarzo, ortosa, plagioclasa y biotita como elementos esenciales (Fig 15A.). La moscovita, apatito, zircón y rutilo (en biotita) como elementos accesorios. Esta roca aparece casi siempre fuertemente alterada, y según Llopis Lladó (1961), dando productos secundarios como caolín, clorita, leucoxeno, limonita, sericita y zoisita (ANEXO II).

En las proximidades de la bóveda del plutón se encuentra localizada siempre la segunda facies, formada por un granito porfídico, integrado por grandes fenocristales de feldespato (ortosa y plagioclasa) cuyo tamaño varía considerablemente, pasando de algunos milímetros hasta 4 cm (Fig. 15B). El tamaño de estos cristales va aumentando en las proximidades de la bóveda. Además aparecen en esta roca cuarzo, biotita y moscovita como elementos esenciales, la moscovita no es lo suficientemente abundante para constituir un

granito de dos micas (Anexo I). Los productos de alteración son los mismos que Llopis Lladó (1961) describió para el granito calcoalcalino.



Figura 15. A) Facies fundamental integrada por el granito calcoalcalino. Se puede observar que está parcialmente caolinizado (UTM: 675440, 4812314). B) Segunda facies integrada por el granito porfídico seriado, Se pueden observar fenocristales de Plagioclasa y Feldespato (UTM: 676597, 4812350).

En ambos casos los componentes principales son cuarzo, microclina, plagioclasa y biotita. La moscovita se presenta en general como mineral accesorio, aunque en algunos casos se origina en procesos de moscovitización (Fig. 16A y 16B), que producen proporciones similares de biotita y moscovita. En estos procesos la moscovita se forma por sustitución de la biotita y en menor medida de feldespatos. En menor grado se origina también un proceso postmagmático de albitización, ya que existen pequeños granos tabulares de plagioclasas no zonados, que se introducen en los fenocristales de feldespato potásico.

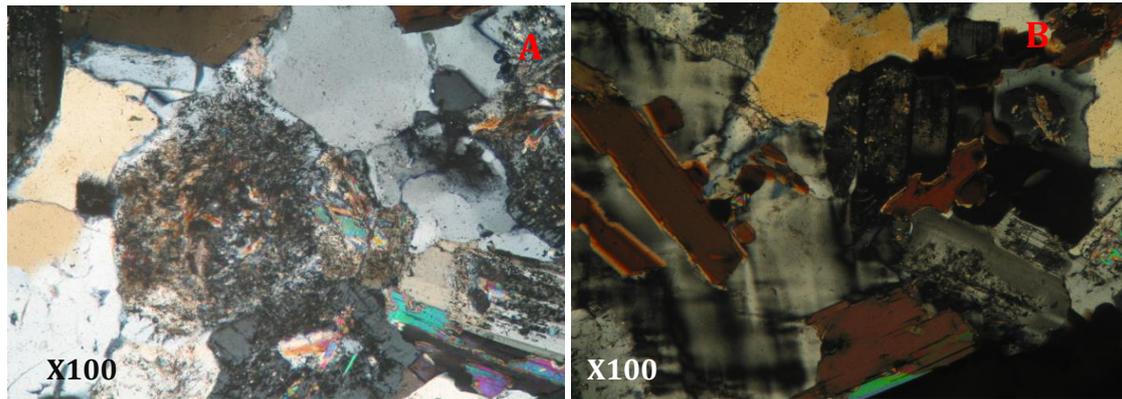


Figura 16. Muestra P35-T2. A) Sericita procedente de una moscovitización muy intensa. B) Albitización muy incipiente, se observan bordes mirmequíticos en los cristales de plagioclasa y feldespato potásico.

Según los estudios del IGME (1976) y lo que se ha observado en las muestras recogidas, la microclina, que es el feldespato potásico fundamental de estas rocas, se presenta en las zonas porfídicas en grandes fenocristales de hasta 4 cm (Fig. 17A). Las plagioclasas tienen una estructura zonada y una alteración meteórica a minerales sericíticos, mucho más avanzada en el feldespato potásico (Fig. 17B).

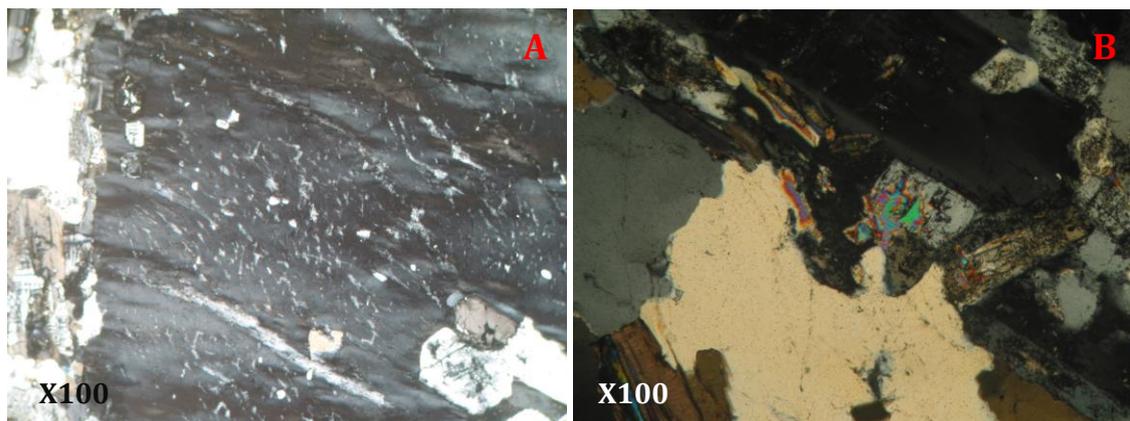


Figura 17. A) Muestra: M44-B Microclina perítica, la plagioclasa aparece en formas de exolución dentro del feldespato potásico. También se observa que el feldespato potásico está muy alterado, por lo que se podría deducir un inicio de caolinización al presentar un color tan oscuro. B) Muestra P35-T2: Plagioclasa zonada con alteración sericítica en los bordes por reemplazo de la moscovita.

Del estudio óptico de las rocas ígneas y del estudio de campo se ha determinado que el emplazamiento del plutón presenta carácter diapírico, afectando claramente a las direcciones de plegamiento y a las esquistosidades. Asociados al batolito, aunque localizados tanto en él como en las pizarras de Luarca, se manifiestan potentes diques de pórfido granítico y de cuarzo. Los pórfidos se manifiestan principalmente en las pizarras de Luarca, paralelamente a la esquistosidad, mientras que el cuarzo se suele emplazar en la formación granítica, rellenando zonas de fracturación. Con relación a estos filones de cuarzo, se asocia espacialmente la mineralización de W, presentando en los hastiales

procesos de greisenización. Con presencia más escasa y menor potencia, existen también diques de aplitas, microgranodioritas y pegmatitas (IGME, 1976).

3.2.2.2.2. ROCAS FILONIANAS

Los pórfidos graníticos constituyen las rocas filonianas, estando formadas por fenocristales de cuarzo de hasta 4 mm, ortosa y plagioclasas, y matriz de los mismos elementos con escasa proporción de biotita. Presentan una coloración rojiza a consecuencia de las ortoclasas en su constitución (Llopis Lladó, 1961).

Estas rocas forman diques de potencia variable entre 0.2 m y 4 a 5 m, localizados principalmente en las inmediaciones de la cobertera de pizarras e introduciéndose profundamente en esta. Las zonas más profundas del plutón no los poseen o son muy delgados y aislados. La zona occidental es muy escasa en estas rocas, mientras que en el contacto oriental, aparecen largos diques orientados NNE, potentes de unos 5 m y que se digitan en otros secundarios. Como en algunas zonas se desarrollan dentro de las pizarras de Luarca, se presupone que la emisión porfídica se inició en las inmediaciones de la cobertera del plutón, durante la consolidación de la bóveda.

Además de los pórfidos, tal y como explico Llopis Lladó (1961), aparecen raramente diques de hasta 0.05 m de rocas de grano fino, de tipo aplítico y pegmatítico.

3.2.2.2.3. FILONES DE CUARZO

En el plutón de Boal destacan los filones de cuarzo, predominantemente de cuarzo lechoso, que orientados de manera muy diversa y con potencias muy variables forman una compleja red que cruza en todas direcciones la masa plutónica. No obstante, como estos filones se han instalado sobre diaclasas preexistentes en el plutón, formadas después de la consolidación, aparecen conjuntos de elementos orientados en la misma dirección y características semejantes (Fig. 18A y 18B).



Figura 18. A) Filón de cuarzo lechoso 5 cm de espesor con orientación N60°E 59°N (UTM: 675450, 481131).
B.) Filón de cuarzo lechoso de 11,5 cm de espesor con orientación N68°E 68°NW (UTM: 675440, 4812257)

El sistema dominante en estos filones es el NE-SW, con ligeras variaciones, predominantemente hacia el N. Este conjunto NE-SW se encuentra especialmente desarrollado en la zona septentrional de la concesión, es decir en las vertiente meridionales de la sierra de Penouta. Las potencias varían entre 0.01 m hasta cuatro metros como ocurre en los grandes filones de Penouta y La Faya, pero dominan los valores de 0.2 a un metro. Las inclinaciones se aproximan casi siempre a la vertical oscilando entre los 90 y 70°. En la cobertera de las pizarras y en las proximidades del contacto con el granito aparecen algunos filoncillos paralelos a la bóveda, inclinados de 10 a 20°.

En los grandes filones (Penouta, Miguil y de la Faya) se observan una estructura bastante más compleja. Casi nunca las salbandas del filón se apoyan sobre el granito, sino que entre la masa plutónica y el filón aparecen rellenos de rocas aplíticas y pegmatíticas, profundamente alteradas, dando abundantes depósitos de caolín y arcillas rojas con moscovita verde en bellos agregados fibroradiados y grandes cristales de ortoclasa blanca y cuarzo (Llopis Lladó, 1961). En esos rellenos aplíticos y pegmatíticos, es donde aparece la scheelita, como elemento accesorio (Fig. 19).



Figura 19. Filón de cuarzo de unos 10 cm de espesor sobre pegmatita. Tiene una orientación N115°E 58°SSW (UTM: 677451, 4812646)

El espesor de estas salbandas pegmatíticas y porfiroides es variable, llegando en ocasiones a tener más de 0.2 m, las variaciones son muy notables aún a lo largo de un mismo filón pero en ello ha influido, seguramente la tectónica posterior de estos filones.

3.2.2.3. METAMORFISMO

3.2.2.3.1. METAMORFISMO REGIONAL

Las formaciones paleozóicas están afectadas por un metamorfismo epizonal que origina cuarcitas y pizarras. Domina la facies de esquistos verdes (paragénesis moscovita-clorita).

En los estudios desarrollados por el IGME (1977), se describe una clara esquistosidad de flujo, definida por la disposición paralela de laminillas de sericita y moscovita. En ocasiones se observa una esquistosidad de crenulación que es posterior y poco penetrativa. En cualquier caso, estas dos fases son anteriores a la intrusión del batolito. Esporádicamente existen granates formados anteriormente a la esquistosidad de flujo.

3.2.2.3.2. METAMORFISMO DE CONTACTO

En el entorno del plutón de Boal se ha desarrollado una notable aureola de contacto, que disminuye a medida que se distancia del plutón. Sin embargo esta variación no es totalmente regular, ya que se encuentra condicionada por la geometría del granito no aflorante, por las estructuras de la región y por la diversidad de litologías a las que afecta.

En las zonas más cercanas al batolito, las rocas adoptan textura granoblástica (cuarcitas y corneanas), aunque guardando a veces algo de la orientación primitiva. Las rocas de las partes externas de la aureola conservan textura lepidoblástica, interrumpida ocasionalmente por el crecimiento de porfiroblastos de andalucita y biotita. Cuando aumenta la distancia al granito, la roca se hace progresivamente más esquistosa, disminuyendo los porfiroblastos de andalucita hasta desaparecer, en primer lugar, y más tarde los de biotita (IGME, 1977).

Según Marcos *et al.* (1980), el grado de metamorfismo alcanza la facies de las corneanas de hornblenda, caracterizado por la asociación andalucita-moscovita-biotita. La andalucita se presenta en cristales subidiomorfos con inclusiones carbonosas y la biotita en forma de poiquiloblastos incluyendo cuarzo.

Además de las transformaciones debidas a la variación de temperatura (metamorfismo de contacto) que origina la intrusión, hay que destacar transformaciones metasomáticas posteriores, debidas a los aportes de constituyentes volátiles de origen magmático. Estas transformaciones son dos, moscovitización y turmalinización (Llopis Lladó, 1961). Se observa en las rocas situadas en inmediato contacto con el plutón, una cristalización de moscovita en cristales tabulares, no orientados que cortan al resto de los minerales de la roca (incluidos biotita y andalucita), y de turmalina, en finos cristales aciculares y a veces redondeados, sustituyendo a minerales sericíticos y de biotita. Se puede considerar que estos procesos se han producido por disoluciones pneumatolíticas-hidrotermales, que aportan H₂O y B.

3.2.2.4. ESTRUCTURA

3.2.2.4.1. ESTRUCTURA PRIMARIA, PRETECTÓNICA Y SINGENÉTICA

En cuanto a la estructura impuesta por la intrusión magmática del plutón de Boal, destacamos elementos tales como diaclasas en la bóveda, sistema L de Cloos según Llopis Lladó (1961), y las foliaciones y orientaciones de los melanocratos (“schlieren”).

En la región septentrional y oriental de la concesión están muy bien representados ambos tipos de estructura. Se observa una tendencia de las diaclasas orientadas al NE, inclinadas 10-15° al SE o bien, con predisposición horizontal. Toda la zona es rica en “schlieren”, que se encuentra normalmente bien desarrollado y tiende a tomar la horizontal, hacia el N y NW, y a inclinarse hasta los 20 ° hacia el S de la concesión. Esto parece indicar que la bóveda principal y su

región más elevada están situadas por debajo de la cobertera del pico de Penouta y que la erosión del valle de Boal haya cortado el flanco SW de dicha bóveda. La escasez de diaclasas de la bóveda y de "schlieren" en toda la región occidental del contacto parecen corroborar dicha suposición (*Llopis Lladó, 1961*).

3.2.2.4.2. ESTRUCTURA TECTÓNICA POSTMAGMÁTICA Y POSTMETALOGÉNICA

Dichas estructura corresponde con la consolidación de la bóveda del plutón de Boal, en el que los esfuerzos tectónicos posteriores a la orogénesis herciniana determinaron la formación de una serie de redes de diaclasas normales.

Por lo medido en campo y por las investigaciones realizadas, el sistema dominante de dichas diaclasas es NE-SW, con variaciones hacia el N y E de 10 a 20°, además de estar inclinados entre 70-80° hacia el NW. Muchas de ellas aparecen rellenas de cuarzo, de modo que la red de filones más importantes en todo el batolito tiene dicha orientación.

Los restantes sistemas son poco relevantes cuando se compara con los mayoritarios, lo que indica que las principales presiones postorogénicas que engendraron la diaclasación del plutón procedían del E. Esta circunstancia sirve para corroborar la disminución de volátiles y, por consiguiente, de depósitos minerales en la zona oriental, puesto que las presiones persistían en la masa magmática procedente de aquel punto, impulsando los productos gaseosos hacia el Q y concentrándolos en la región central del batolito (*Llopis Lladó, 1961*).

Estas presiones hacia el E continuaron con posterioridad al relleno mineral de los filones, durante la orogénesis alpina, la cual solo consiguió rejuvenecer los procesos hercínicos. Debido a esto, no aparecen fallas transversales de gran salto, de modo que todos los filones situados al SW toman rumbos aproximados al W-E.

3.2.2.4.3. ESTRUCTURA ESPECÍFICA DE LOS FILONES

Las salbandas de la mayoría de los filones de cuarzo, donde se encuentra la scheelita, presentan señales de fuerte tectonización. En todos ellos aparecen espejos y estrías de falla que indican movimientos de cierta importancia con posterioridad al relleno (*Llopis Lladó, 1961*).

La presencia de pegmatitas y de scheelita implica la existencia de dos fases tectónicas hercínicas afectando a la estructura de los filones y una fase anterior al relleno de cuarzo, puesto que los cuarzos se inyectaron en las diaclasas por nuevos esfuerzos. Finalmente después de la inyección de las pegmatitas

tungsteníferas, nuevos esfuerzos afectaron al movimiento de las diaclasas y de las salbandas, determinando de ese modo la estructura actual.

- Primera fase varisca: generación de diaclasas en la bóveda del plutón de Boal recién consolidada e inyección de cuarzo en dichas diaclasas
- Segunda fase varisca: diaclasación de los filones de cuarzo y fractura de las salbandas. Inyección de las pegmatitas y de la scheelita por las salbandas y por las diaclasas del interior del filón.
- Tercera fase (alpina): removilización de las antiguas estructuras y rejuego vertical y horizontal de fallas. Las fallas de juego vertical son responsables de las estrías y espejos de las salbandas y de la brechificación de los depósitos pegmatoides en ellas alojadas. Las fallas de juego horizontal son las que generan la estrangulación longitudinal de los filones y sus salbandas pegmatoideas con la formación de pequeñas dovelas longitudinales del granito, a manera de cuñas.

En cuanto a estos últimos tipos de fallas alpinas descritas por Llopis Lladó (1961), tienen importancia en la distribución actual de la mineralización, puesto que mientras las primeras apenas tienen influencia por no haber modificado la primitiva disposición de los depósitos, las segundas tienen verdadera importancia en este sentido, puesto que no solo determinan la estrangulación de las salbandas sino que además también participan en la desaparición momentánea del filón entero.

3.2.3. MINERALIZACIÓN

Los minerales económicos (principalmente scheelita y en mucha menor proporción wolframita) aparecen asociados a filones de cuarzo encajados en el granito y en sobre todo en las salbandas, tanto en el contacto tectonizado de los filones con la roca de caja o en fisuras dentro del cuarzo (Fig. 20). La mineralización económica-subeconómica parece no extenderse a la roca de caja.

La mayoría de los filones de cuarzo que atraviesan el granito de Boal presentan señales de mineralización por la scheelita. Como se aprecia en la cartografía realizada (ANEXO II), esta distribución deja ver que la mayor concentración de esos filones se localiza en la región central y septentrional del afloramiento granítico. Los filones que presentan una orientación

predominantemente NE-SW y rumbos próximos son los que están más mineralizados, lo que acredita la importancia de la tectónica.



Figura 20. Salbanda mineralizada (UTM: 675534, 4812316)

3.2.3.1. ZONAS MINERALIZADAS

Como se ha estado describiendo, las zonas mineralizadas se localizan en los filones que atraviesan el granito de Boal. Este complejo filoniano puede dividirse en cuatro grandes grupos: La Faya, Penouta, La Bastiana y Valle de Boal.

3.2.3.1.1. GRUPO DE LA FAYA

Este grupo consta de tres filones muy bien desarrollados y situados en las proximidades de la cobertera.

El más septentrional (Faya 1) está situado al NW de las casas de Penouta de Arriba y aparece cortado por la carretera del collado de La Venta entre los kilómetros 30.5 y 31. Por debajo de la carretera existe una calicata que deja el filón al descubierto y en la cual alcanza una potencia de 3m, disminuyéndola hacia el NE no por causas tectónicas. Presenta una orientación NE-SW y está inclinado 80° al NW. Puede alcanzar los 800 metros de longitud. Presenta salbandas pegmatoides y con posibilidad de existencia de scheelita.

El filón medio (Faya 2), aparece detrás de las casas de Penouta de Arriba, armado en el granito porfídico, orientado NE-SW, inclinado 80° hacia el NW y con una potencia de 3 metros, pero que disminuye hacia el NE. Podría tener una continuidad de más de 200 metros. No hay evidencias de mineralización tungstenoide.

El filón inferior (Faya 3), es el más importante del grupo, puesto que ha sido el parcialmente explotado. Se trata de un filón de 5 metros de potencia que puede seguirse más de 200 metros. Está orientado NW-SW e inclinado 70° hacia el NW. Las salbandas del filón tienen rocas pegmatoideas y fuerte mineralización de scheelita.

La mineralización metalogénica de la Faya 3 se localiza especialmente en la salbanda NW, y presenta una asociación de casiterita, wolframita y scheelita. En cambio, en la salbanda SE solamente se ha encontrado scheelita. La arsenopirita está en el interior del filón de cuarzo. Por otro lado la salbanda pegmatítica del SE contiene abundante scheelita.

3.2.3.1.2. GRUPO DE PENOUTA

Este grupo es el más conocido debido a la intensidad de su explotación. Comprende varios filones que se han denominado F1, F2, F3, FA Y FB.

El más occidental es F3. Ha sido explotado mediante un registro de unos 50 metros de longitud con un transversal de pocos metros cerca de su terminación. A los pocos metros de la entrada hay una falla horizontal que corta el filón haciéndolo cambiar bruscamente de dirección, pasando de E20°N a WE, seguido de otras pequeñas fallas. Además, también aparecen fallas longitudinales que hacen cambiar rápidamente la potencia del filón, como es el caso de pequeños filones que se conjugan para formar un filón de gran potencia. La conjugación es puramente mecánica, pues las láminas del granito que separan los filones iniciales están claramente estranguladas en el filón resultante. Es el efecto de la tectónica longitudinal de los filones.

F2 se sitúa 80 metros al SE del anterior. Ha sido cortado por una labor minera a partir de la carretera siguiendo el afloramiento y otra que lo corta transversalmente. Hay fallas longitudinales que estrangulan el filón y lo bifurcan.

Desde el punto de vista industrial, F1 es el filón más importante, pues es el que mayor cantidad de material ha suministrado por haberse sometido a una

explotación minera intensiva. La orientación general es NE-SW, pero presenta oscilaciones al N40°E y E40°N, está inclinado 65-70° al NW. Estas características sufren multitud de variaciones vertical y longitudinalmente a consecuencia de la tectónica.

Los filones FA y FB forman parte de un conjunto de filones de potencia media que arman en el granito porfídico entre el F1 y la gran curva de la carretera del Km 32. Tienen orientación N40°E, están inclinado 80° hacia el NW y tienen 0,8 metros de potencia FA y 0,1 metros FB.

3.2.3.1.3. GRUPO DE LA BASTIANA

La dirección general es de N30°E, está inclinado 60° hacia el NW y tiene 1.2 metros de una potencia además de una longitud general de casi 1 Km. Debido a un estiramiento producido por una falla longitudinal de estilo análogo a las estudiadas en los filones F1, F2 y F3, aparecen filones de 5 a 6 cm de rocas aplíticas y pegmatíticas ricas en scheelita.

Los filones de este grupo tienen abundante mineralización de scheelita. En las salbandas del filón aparecen rocas porfídicas que engrosan hacia el NE.

3.2.3.1.4. GRUPO DEL VALLE DE BOAL

En este grupo se incluyen los filones que se encuentran en las cercanías de la vaguada del valle de Boal, los cuales comprenden dos conjuntos: La Pasada, en la zona sur de la discontinuidad tectónica y Miguil-La Bouza, situado al norte de dicha discontinuidad.

3.2.3.1.5. GRUPO DE LA PASADA

Complejo conjunto de filones de direcciones muy diversas situados en la cabecera del valle de Boal, que presentan espesores muy variables, pero la mayor parte con evidencias de scheelita blanca y rosada.

En general presentan una dirección E20°N con una inclinación de 80° al NNW y con una potencia de 2 metros.

3.2.3.1.6. GRUPO MIGUIL-LA BOUZA

Aparecen en una zona rica en filones y poco explorada que se orientan NE-SW y se inclinan 70° hacia el WNW, con potencias de entre 3 y 3,5 metros durante un desarrollo longitudinal de 600 metros.

3.2.3.2. ZONAS DE ALTERACIÓN

Los hastiales de los filones, principalmente los de cuarzos, se encuentran afectados por procesos neumatolítico-hidrotermales, que presentan diferencias en función de la diversa litología de la roca inicial.

3.2.3.2.1. ALBITIZACIÓN Y GREISENIZACIÓN

Se puede apreciar que en el granito aparece un proceso de albitización seguido de una greisenización. Estas transformaciones son visibles en una banda cuya extensión no es constante y es independiente de la potencia del filón, variando entre un centímetro y algunos decímetros.

En la banda y a partir del filón, se pueden observar todos los estados intermedios entre un greisen monomineral moscovítico y el granito inalterado. Del granito inalterado, fundamentalmente biotítico, se pasa a un granito de dos micas con albitización incipiente. Después aparece un granito moscovítico, muy albitizado. Más cerca aún del filón se pasa a un greisen de cuarzo-moscovita que se transforma en un greisen moscovita-cuarzo, y este a su vez en un greisen moscovítico. Todas estas etapas son observables en una distancia muy pequeña, a partir del filón (Fig. 21)



Figura 21. Talud de carretera donde se aprecia la alteración en el granito y su color característico (UTM: 675693, 4812365)

La mineralización de scheelita se produce principalmente en los greisen de cuarzo-moscovita, moscovita-cuarzo, y moscovítico, aunque en menor proporción aparece incluso en el granito moscovítico (albítico). En todos estos casos, la scheelita está relacionada con la moscovitización, situándose en las zonas más ricas en moscovita.

Los filones de cuarzo, que posteriormente a su consolidación han pasado por una fase de deformación, están atravesados por fracturas, en las cuales se han formado finos rellenos micáceos. En ocasiones la scheelita se presenta también en ellos. En algunos de estos filones, y como minerales accesorios, se han encontrado casiterita, berilo, wolframita, turmalina, arsenopirita y pirita.

3.2.3.2.2. TURMALINIZACIÓN Y MOSCOVITIZACIÓN

En las rocas pelíticas aluminosas se produce un proceso de turmalinización y con menor intensidad, una moscovitización. La turmalina se presenta sustituyendo a los aluminosilicatos de la roca (micas, andalucita) guardando la orientación de éstos. En algún caso, esta turmalina se halla plegada por empujes posteriores.

Los minerales principales asociados a estos filones son la wolframita y moscovita, y otros minerales metálicos como bismuto, bismutina, arsenopirita, pirita, calcopirita y galena.

3.2.3.3. HIPÓTESIS GENÉTICA

Las mineralizaciones en filones dentro del granito son fundamentalmente de scheelita. Las mineralizaciones más ricas son aquellas que se sitúan en los greisenes encajantes de los filones, aunque también existe scheelita en los rellenos moscovíticos de fracturas del cuarzo e incluso en el cuarzo (Fig. 22).

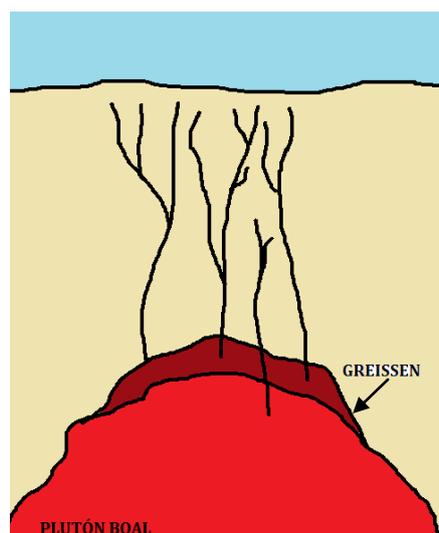


Figura 22. Esquema del yacimiento. Plutón granítico alterado con gresenización en la cobertera y filones asociados.

En algunos filones, la scheelita va asociada a minerales como berilo y casiterita, cuyo origen parece pneumatolítico-hidrotermal, a juzgar por sus hábitos

y sus maclas. Esto, junto a sus relaciones con el proceso de greisenización indica que la mineralización se ha formado a partir de disoluciones pneumatolíticas-hidrotermales. A raíz de lo descrito, puede pensarse que el proceso de mineralización se extiende (en el conjunto del plutón) a un periodo de temperaturas amplio, abarcando el dominio hidrotermal de altas temperaturas.

La aparición de la scheelita en fracturas y cavidades del relleno cuarzoso, es prueba de que este proceso de relleno y la mineralización de scheelita son procesos en cierto modo independientes.

4. RESULTADOS

4.1. PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo de un proyecto de investigación minera implica diversas tareas previas para poder definir las características del yacimiento a explotar, incluyendo como parámetro fundamental la calidad de mineral (cantidad de elementos aprovechables dentro de la matriz rocosa) y su ubicación espacial. Además es importante describir de manera detallada cada una de las fases necesarias para la extracción de recursos minerales. De este modo, es clave conocer tanto la forma del yacimiento como la concentración mineral en el macizo rocoso, debiendo definir la ley mineral en cada uno de los puntos del yacimiento, con la mayor precisión posible.

4.2. RECOPIACION Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El primer paso para comenzar el proceso de exploración será el de obtener toda la información previa existente, tanto de las características geológicas de la zona objetivo, así como la información de prospecciones realizadas en dicha área con anterioridad.

Se ha reunido toda la información geológico-minera posible referente a la zona del permiso (Fig. 23), la cual en su mayor parte corresponde a los datos utilizados en diferentes memorias que aparecen en los Proyectos de Investigación y en los Planes de Labores del IGME y de la empresa Enadimsa.

Toda esta información ha sido usada para describir la zona de estudio (apartado 3 de este proyecto), completada por la investigación que se ha realizado en campo.

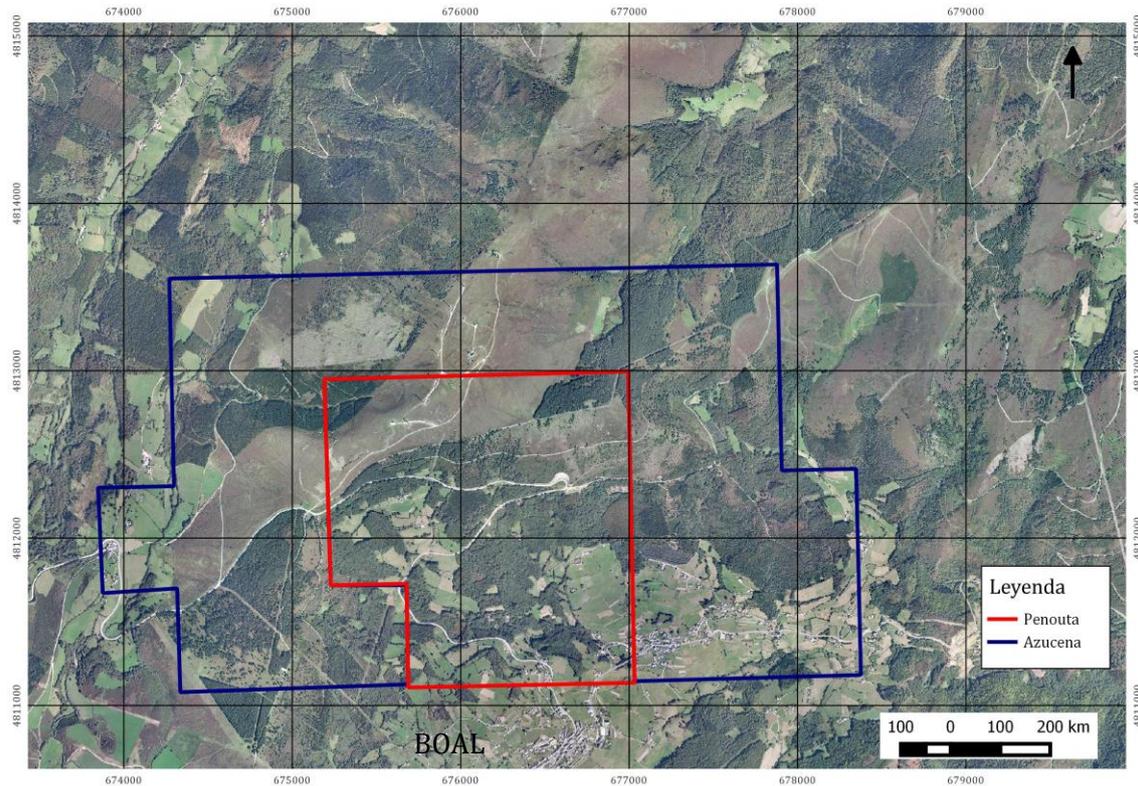


Figura 23. Permiso de investigación. En azul, la concesión de Azucena y en rojo la zona de estudio Penouta

4.3. MODELO Y RECURSOS GEOLÓGICOS

Para realizar el estudio y evaluar los recursos mineros del proyecto Boal se utilizó la base de datos de los sondeos, la cual incluía toda la información preliminar, referente a los sondeos y recogida de muestras realizadas en Boal por la empresa Enadimsa que había investigado la zona en el pasado.

4.3.1. BASE DE DATOS

La base de datos utilizada incluye la información de 12 sondeos inclinados con recuperación de testigo, que cortan los filones a distintas cotas, por debajo de las labores existentes, y distribuidos en seis perfiles perpendiculares a la corrida filoniana, y distanciados entre sí de 100 a 300 m a lo largo de 800 m en dirección N53°E (Fig. 24 y Tabla 2). Esta base de datos ha sido adaptada para poder trabajar con el software de modelización RecMin.

La modelización se realizó teniendo en cuenta las litologías y el contenido en wolframio de esos sondeos. Se realizó un estudio estadístico preliminar independiente para cada grupo de sondeos realizados por Enadimsa.

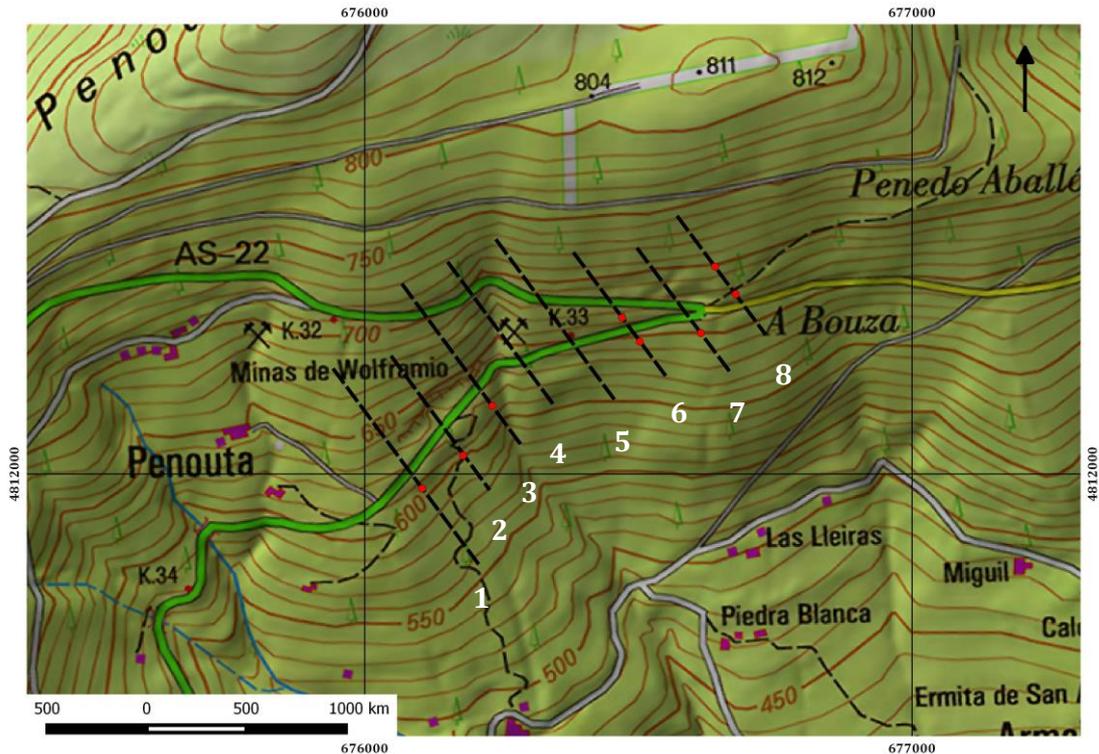


Tabla 24. Distribución por perfiles de los sondeos

PERFIL	INCLINACIÓN	RUMBO	METRAJE	COTAS ABSOLUTAS	RECUPERACIÓN TESTIGO
1	50°	N35W	208,7m	593,04-452,96m	93,47%
1	34°	N35W	307,7m	593,04-334m	94%
2	50°	N35W	230,7m	594,93-445m	94%
3	36°	N35W	223m	611,66-427m	97%
3	28°	N35W	264m	610-375m	94%
6	38°	N35W	155,4m	660,75-545m	95%
6	44°	N35W	194,90m	645,70-503,5m	91%
6	36°	N35W	292,25m	645,40-414m	92%
7	34,5°	N35W	475,15m	656,16-252m	95%
8	46°	N35W	175,6m	700,19-575m	96%
8	47°	N35W	247,75m	677,14-499,5m	97%
8	38°	N35W	359,55m	677,14-378m	98%

Tabla 2. Resumen ejecución sondeos de Enadimsa (Adaro, 1985)

Estos datos constituyen la fuente principal de información para el cálculo de recursos en la zona más intensamente explotada y que parece ser la que ofrece más posibilidades de cara a una posible mineralización económica.

También se tiene en cuenta la información contenida en los informes siguientes:

- “Investigación Minera de Wolframio en Boal, Oviedo”, publicado por el IGME en Diciembre de 1976. Informe encuadrado en el Plan nacional de la Minería.
- “Estudio Geológico del Plutón de Boal (Asturias) y sus yacimientos de Wolframio”, realizado por N. Llopis Lladó (1961).
- “Estudio de las mineralizaciones filonianas de W-Sn de Boal y su contexto geológico”. Proyecto fin de carrera de Andrea García Delgado. Escuela de Ingeniería de Minas, Energía y Materiales de Oviedo
- Diversas publicaciones sobre la geología de la zona, de ámbito regional y/o nacional.

4.3.2. MUESTREO Y CONTROL DE CALIDAD DE LOS ANÁLISIS

El estudio también incluye los resultados de un muestreo de varias galerías accesibles en la época en la que la mina de wolframio de Boal en el monte de Penouta era activa. La imposibilidad de localizar exactamente las muestras hace que estos datos no intervengan en los cálculos, aunque si ayudan en la interpretación final de los resultados.

El muestreo se realizó según el criterio del geólogo responsable, según muestras de longitudes muy variables (4.06 - 0.1 metros), dejando numerosos tramos sin analizar, ya que se hace la suposición de que no es posible observar la mineralización a simple vista. En la siguiente tabla (Tabla 3), se recogen los datos de muestras de los sondeos.

SONDEO	DESDE	HASTA	WOLFRAMIO %	ESTAÑO %
S-1-1	27,05	28,25	0,23	0,0086
S-1-1	186,8	191,53	0,0124	0,0203
S-1-1	192,93	194,68	0,55	0,0129
S-1-1	195,68	197,1	0,0397	0,0066
S-1-2	48,12	52,18	0,0585	0,017
S-1-2	157,26	158,86	0,15	0,0063
S-1-2	291,38	292,19	0,0103	0,0141
S-1-2	292,19	293,05	0,0027	0,012
S-1-2	293,05	293,57	0,0128	0,0165
S-2-1	70,82	72,25	0,0807	0,0048
S-2-1	203,96	206,3	0,12	0,0131
S-2-1	206,3	207,8	0,0195	0,0115
S-2-1	207,8	209,74	0,0453	0,0164



S-2-1	217,69	218,12	0,0719	0,0166
S-2-1	218,28	218,62	0,011	0,0143
S-2-1	221,41	222,05	0,0187	0,0152
S-2-1	227	227,6	0,0121	0,016
S-3-1	19,92	20,35	0,64	0,0092
S-3-1	108,3	108,81	0,23	0,0141
S-3-1	125,35	126,41	0,24	0,0179
S-3-1	172,3	173,66	1,05	0,0305
S-3-2	29,34	30,2	0,0443	0,0081
S-3-2	45,46	46,2	0,41	0,0117
S-3-2	147,94	149,1	0,42	0,0209
S-3-2	220,8	221,8	2,53	0,0167
S-3-2	221,8	222,42	3,84	0,0135
S-3-2	222,42	222,8	0,0103	0,0034
S-3-2	222,8	223,81	0,2	0,0371
S-3-2	234,3	235,97	0,026	0,0172
S-3-2	235,97	236,3	0,0088	0,0042
S-3-2	236,3	238,35	0,48	0,0351
S-3-2	253,5	255,87	0,0452	0,0227
S-3-2	255,87	256,66	0,85	0,0201
S-6-1	68,23	68,89	0,0318	0,01
S-6-1	140,13	140,39	0,0553	0,0213
S-6-1	140,39	140,69	0,0042	0,0058
S-6-1	140,69	141,43	0,22	0,0296
S-6-1	141,43	141,73	0,0072	0,0021
S-6-1	141,73	142,48	0,0244	0,0228
S-6-1	142,48	143,58	0,0054	0,0289
S-6-1	143,58	143,87	0,0082	0,0027
S-6-1	143,87	144,29	0,0375	0,01
S-6-1	144,29	144,83	0,0479	0,0252
S-6-1	144,83	145,58	0,24	0,0075
S-6-2	186,05	186,65	0,077	0,0065
S-6-2	186,65	187,42	0,0022	0,0031
S-6-2	187,42	188,22	0,0057	0,0018
S-6-2	188,22	189,03	0,018	0,0031
S-6-2	189,03	189,8	0,023	0,0039
S-6-3	56,28	56,65	0,0825	0,0061
S-6-3	56,65	56,83	0,21	0,0033
S-6-3	56,83	57,4	0,0825	0,0061
S-6-3	71,2	71,42	0,12	0,0038
S-6-3	71,42	72,9	0,14	0,0043
S-6-3	72,9	73,47	0,035	0,0045
S-6-3	90,19	90,67	0,093	0,0279
S-6-3	90,67	90,87	0,0465	0,0196



S-6-3	90,87	91,47	0,0777	0,0147
S-6-3	91,47	92,15	0,2	0,017
S-6-3	92,15	92,39	0,0695	0,0081
S-6-3	134,27	134,44	0,0204	0,0037
S-6-3	134,44	135,25	0,0684	0,0012
S-6-3	135,25	135,57	3,06	0,0042
S-6-3	135,75	136,25	0,26	0,0083
S-6-3	136,25	136,63	0,08	0,0095
S-6-3	136,63	136,82	0,0469	0,0043
S-6-3	272,59	273,95	0,0695	0,0097
S-6-3	284,6	285,2	1,45	0,032
S-6-3	285,2	285,82	1,63	0,0131
S-7-1	80,66	82,12	0,0213	0,0068
S-7-1	82,12	83,88	0,57	0,0067
S-7-1	83,88	85,08	0,42	0,0136
S-7-1	85,08	86,75	0,4	0,0099
S-7-1	86,75	88,34	0,42	0,0008
S-7-1	88,34	89,73	0,47	0,0018
S-7-1	89,73	91,08	0,33	0,0112
S-7-1	102,28	103,9	0,0559	0,0031
S-7-1	210,02	211,3	0,38	0,0233
S-7-1	250,18	253,22	0,0468	0,0026
S-7-1	364,63	366,01	0,24	0,0101
S-7-1	430,96	431,86	0,0756	0,0225
S-7-1	447,25	447,85	0,0291	0,0057
S-7-1	447,85	448,4	0,18	0,0147
S-7-1	448,4	449,88	0,18	0,0181
S-7-1	449,88	450,4	0,0088	0,0031
S-8-1	58,46	58,87	0,2	0,01
S-8-1	58,87	59,07	0,94	0,0045
S-8-1	59,07	59,79	0,19	0,0067
S-8-1	59,79	59,88	0,11	0,0032
S-8-1	59,88	60,28	0,097	0,0072
S-8-1	113,21	113,34	0,0382	0,0034
S-8-1	113,34	113,6	0,0225	0,009
S-8-1	113,6	113,76	0,0334	0,0073
S-8-1	113,76	113,94	0,0212	0,008
S-8-1	113,94	114,42	0,13	0,0137
S-8-1	166,88	167,32	0,0533	0,0019
S-8-1	167,32	167,61	0,0115	0,0015
S-8-1	167,61	168,31	0,13	0,0158
S-8-1	168,31	168,47	0,0617	0,0055
S-8-1	168,47	169,32	0,0877	0,0084
S-8-1	173,22	173,35	0,0198	0,0105



S-8-1	173,35	173,72	0,24	0,0034
S-8-2	152,72	153,22	0,0342	0,0054
S-8-2	153,22	153,36	0,0251	0,0015
S-8-2	153,36	153,79	0,084	0,0008
S-8-2	153,79	154,01	0,0052	0,0025
S-8-2	154,01	154,42	0,71	0,0102
S-8-2	154,42	154,81	0,0782	0,0039
S-8-2	222,86	224,15	0,64	0,0196
S-8-3	114,65	115,59	0,12	0,0048
S-8-3	194,7	195,41	0,0148	0,0107
S-8-3	195,41	195,79	0,0946	0,0105
S-8-3	195,79	197,29	0,0004	0,0028
S-8-3	197,29	200,15	0,0384	0,0093
S-8-3	200,15	200,95	0,0534	0,0042
S-8-3	200,95	202,27	0,0106	0,0071
S-8-3	202,27	203,37	0,0454	0,0016
S-8-3	203,37	204	0,89	0,0065
S-8-3	332,85	334,18	0,099	0,0067
S-8-3	334,18	335,8	0,2	0,01
S-8-3	335,8	336,52	0,0592	0,0077
S-8-3	336,52	338,6	0,12	0,0377
S-8-3	338,6	340,26	0,12	0,0237

Tabla 3. Longitud de las muestras en cada sondeo y porcentaje de wolframio y estaño de la empresa Enadimsa (Adaro, 1985)

Las muestras fueron preparadas en el laboratorio de la empresa Enadimsa en Madrid por técnicos especializados y cualificados. La preparación consistió en el serrado de los trozos de testigo y su posterior cuarteo, dichas muestras se analizaron para W y Sn en el laboratorio.

El procedimiento de muestreo sobre los testigos es altamente selectivo y/o aleatorio y no permite una estimación adecuada de las leyes para intervalos coherentes. Debido a la época en que se realizó esta campaña de sondeos se cree que no se aplicó ningún protocolo de control de calidad, por lo que no se puede opinar acerca de la calidad de la preparación o sobre la exactitud y/o precisión de los resultados.

Por otra parte se indican pérdidas importantes de testigos en algunos de los tramos posiblemente mineralizados, por lo que hay que ser sumamente conservativo en las estimaciones, es decir, saber que puede incorporar una subestimación de las leyes, como en las salbandas donde se encuentra el mineral, ya que es una zona más susceptible de no se recuperada.

Como se ha dicho en apartados anteriores, también se recogieron muestras durante la campaña de campo para hacer descripciones de visu y de lámina delgada de los diferentes materiales que afloran en la zona de estudio. La localización de las muestras están recogidas en el siguiente mapa (Fig. 25), Y los resultados de esas descripciones están recogidos en el apartado de ANEXOS II.

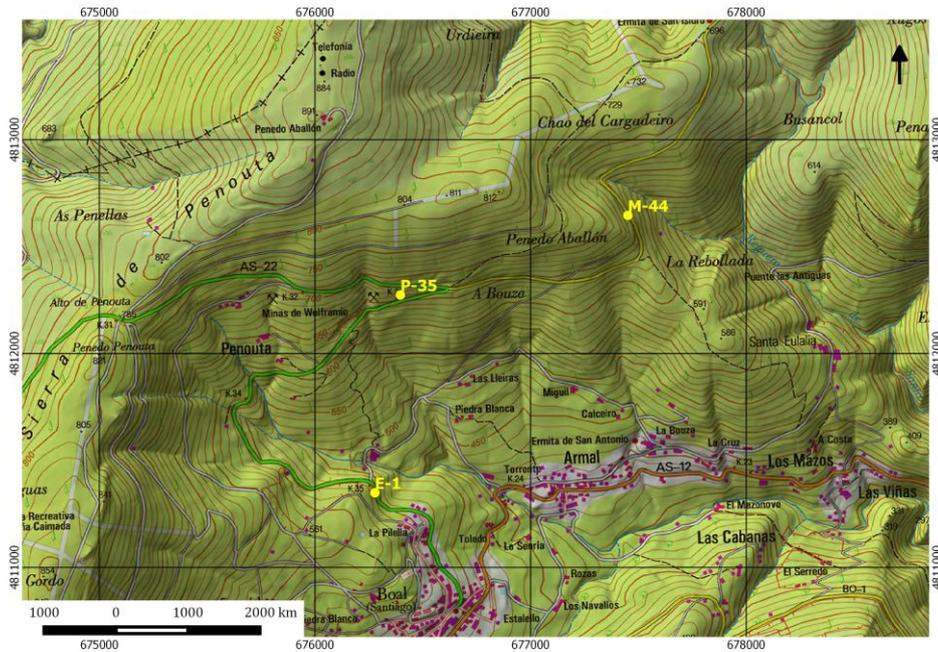


Figura 25. Localización de las muestras recogidas en campo

4.3.3. DENSIDAD DE LA ROCA

Las densidades medias de las rocas que comprenden Boal pueden verse en la siguiente tabla (Tabla 3):

ROCAS	DENSIDAD (gr/cm ³)
DIQUES Y FILONES DE CUARZO	2.6-2.7
GRANITO	2.4-2.7
GRANODIORITA	2.4-2.6
PEGMATITA	2.5-2.7

Tabla 3. Densidades de las rocas (Mironov, 1977)

Teniendo en cuenta que estas densidades han sido calculadas en muestras de roca sin tener en cuenta la mineralización que podía albergar se ha estimado tomar como densidad media 2.6 g/cm³ para el cálculo de recursos de Boal en el presente estudio.

4.3.4. MODELO GEOLÓGICO

A partir de toda la información generada por estos estudios anteriores se deduce que la mineralización económica y/o subeconómica del Plutón de Boal se localiza en la parte central y norte del afloramiento granítico

Los datos de los sondeos se incorporaron al software RecMin, así como la superficie topográfica, obtenida a partir de los datos del IGN; de esta manera se ha construido un modelo tridimensional a partir de varias secciones geológicas recogidas en el ANEXO III, que también han servido de base para el cálculo de recursos del yacimiento. Dichas secciones geológicas de 150 metros, se han proyectado sobre los planos E-O de una malla local tras realizar una traslación de las coordenadas generales UTM a coordenadas locales, ya que de esta manera se facilita tanto el manejo de la información como la construcción de dichas secciones y su interpretación geológica (Fig. 26).

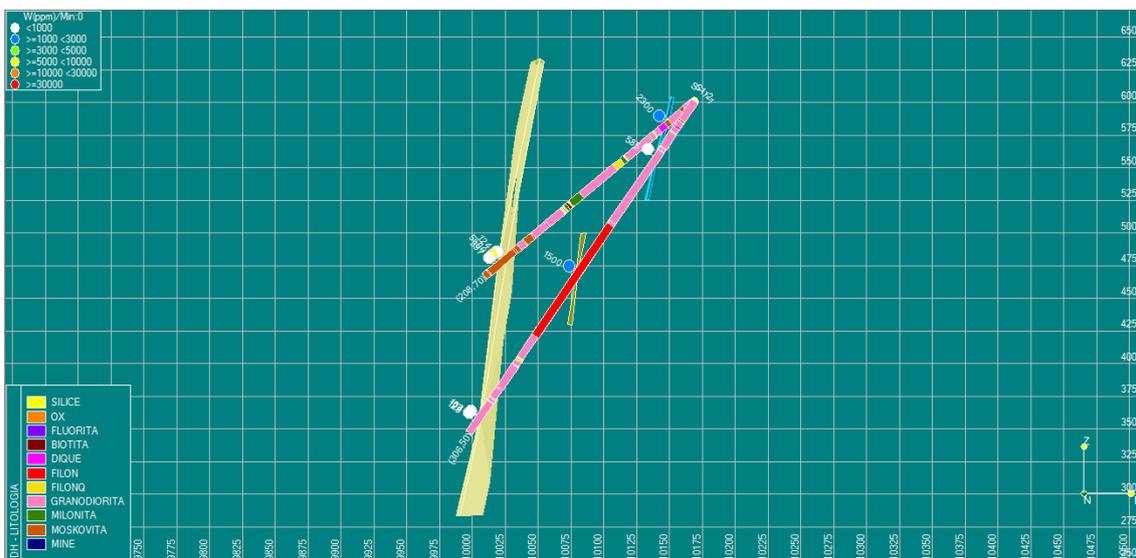


Figura 26. Sección 1 de los sondeos en el Perfil 1 (S-1-1- y S-1-2). Las trazas en colores hacen referencia a la interpretación de los filones con mineralización económica.

Con todas las secciones realizadas y los filones de interés interpretados, se ha procedido a la representación gráfica del modelo 3D (Fig. 27). Después de estudiar el modelo se definió la existencia de varios cuerpos filonianos y varias estructuras mineralizadas. La perfecta interpretación tridimensional para el yacimiento de wolframio de Boal resulta una labor compleja debido a la irregularidad de los elementos encontrados.

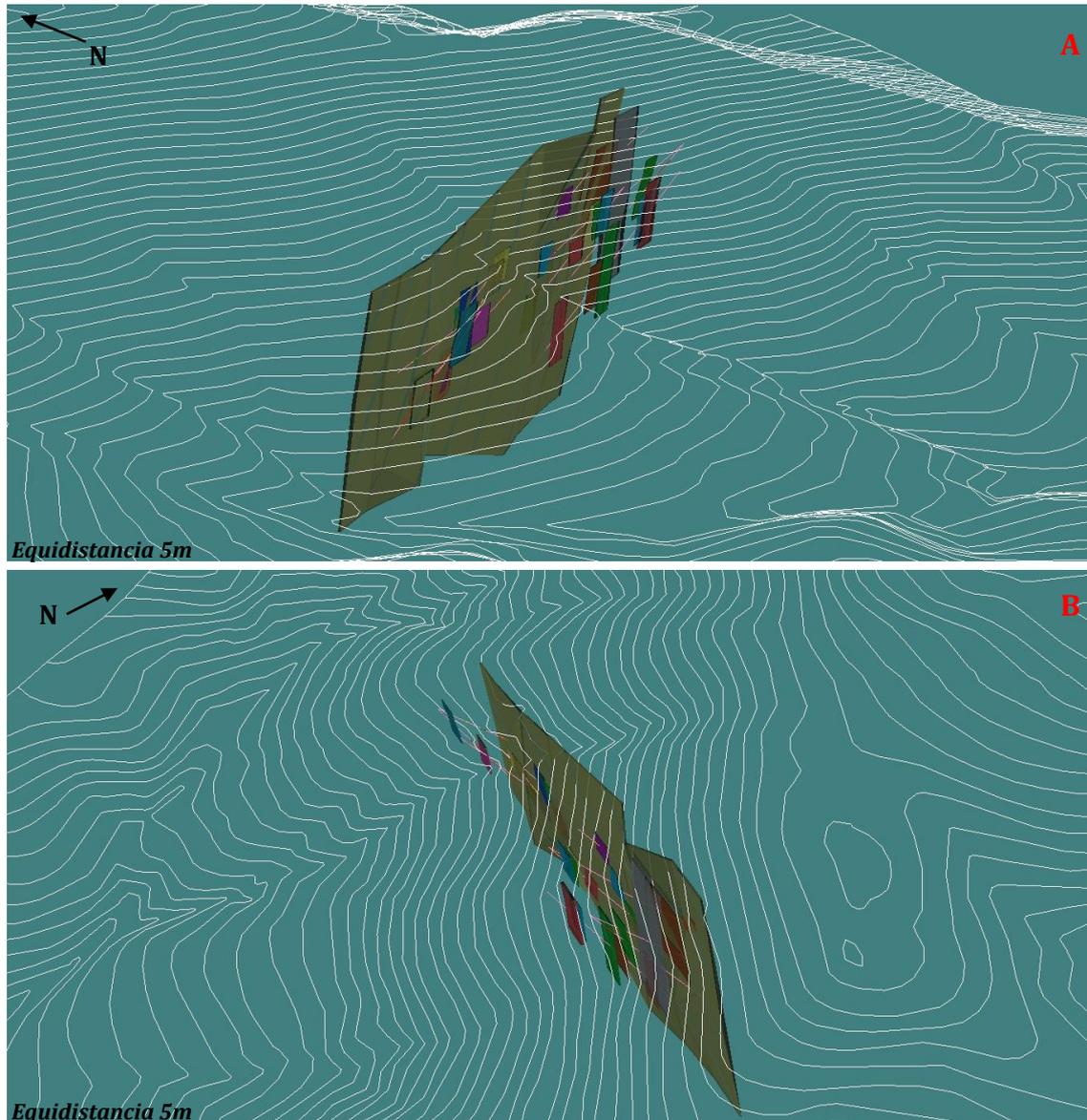


Figura 27A y B. Modelización tridimensional del yacimiento de wolframio de Boal.

Se distingue un cuerpo principal, al que hemos denominado *Filón 1*. Se trata de un filón mineralizado con la mayor concentración de wolframio registrada en los sondeos (Fig. 28 y 29). Por otro lado se distinguen filones más pequeños, sin tanta continuidad como el anterior (Fig. 30 y 31).

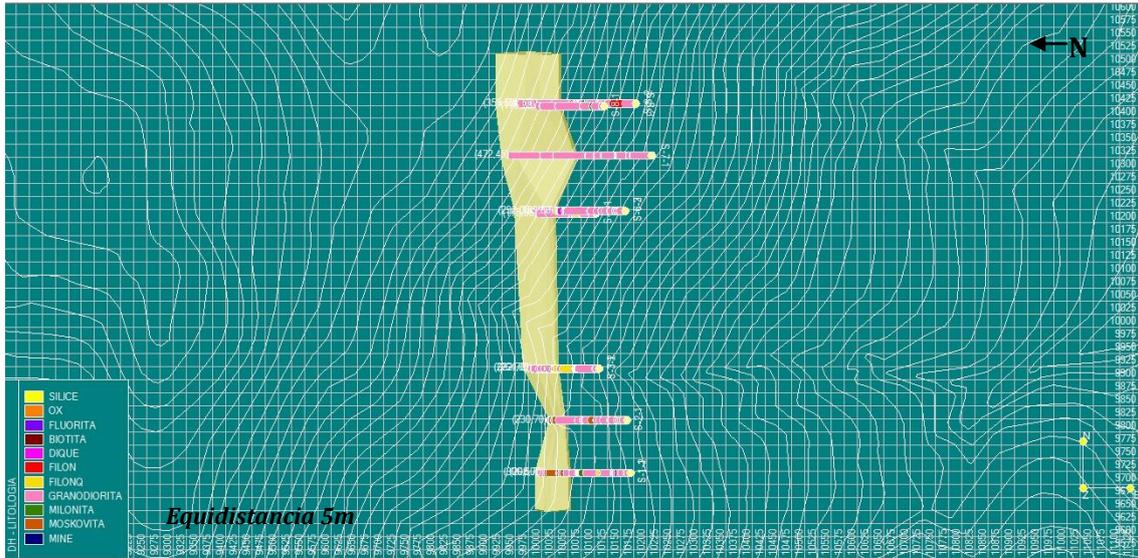


Figura 28. Vista en planta del primer cuerpo interpretado, Filón 1

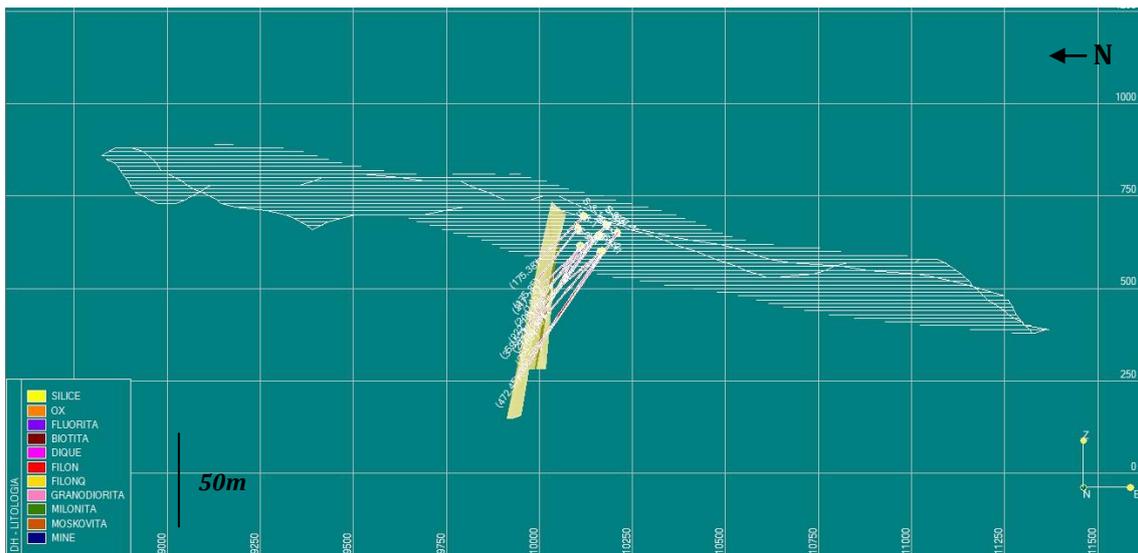


Figura 29. Vista en perfil del primer cuerpo interpretado, Filón 1.

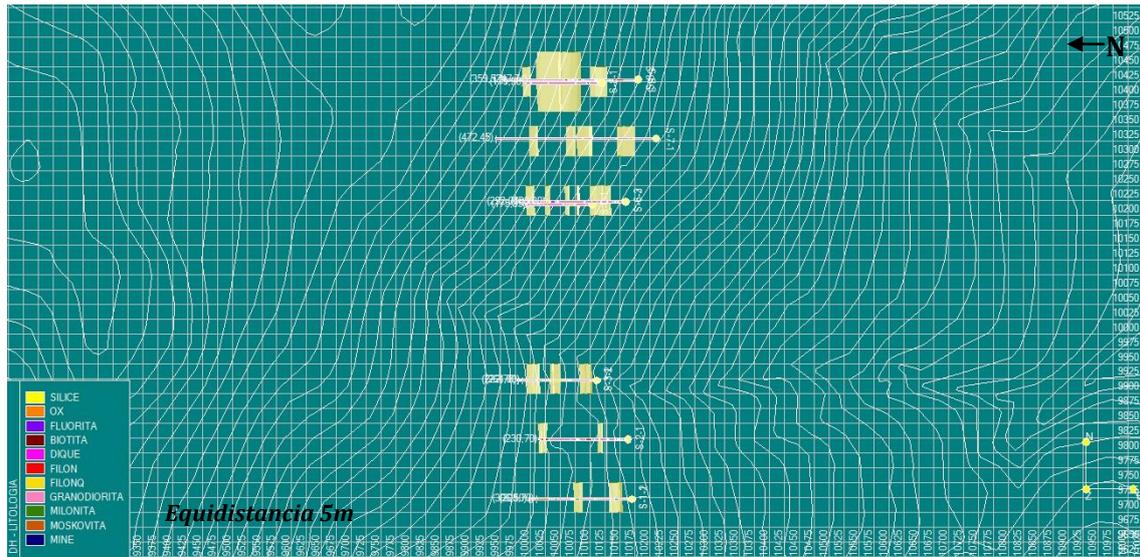


Figura 30. Vista en planta de los cuerpos mineralizados más pequeños (N1-N27)

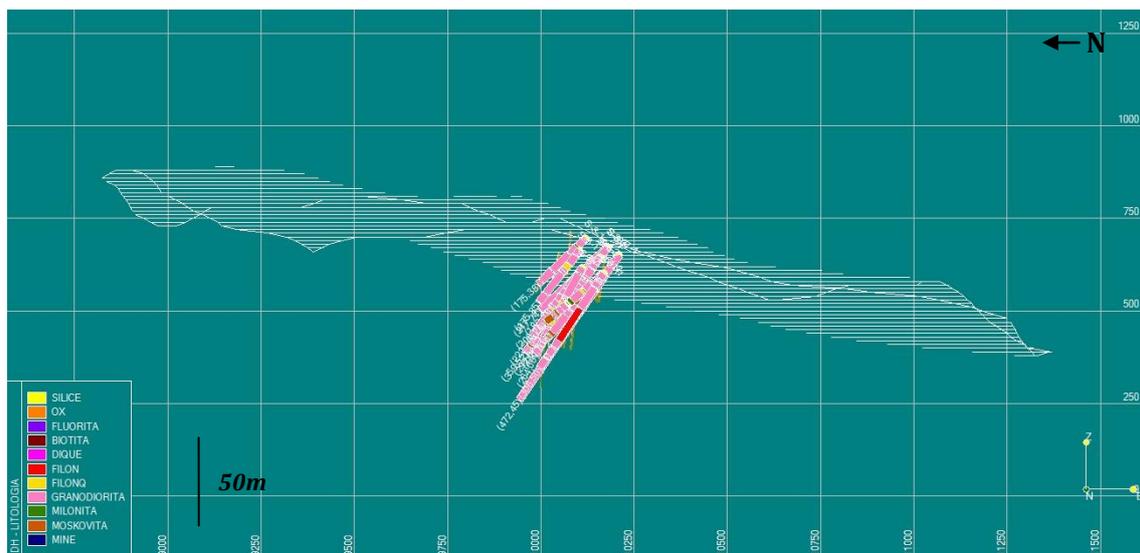


Figura 31. Vista en perfil de los cuerpos mineralizados más pequeños (N1-N27)

4.4. CUBICACIÓN POR EL METODO DE POLÍGONOS

Se revisó la información disponible sobre las galerías explotadas y los accesos a las mismas y dado que su ubicación exacta no fue posible, tampoco es posible una localización suficientemente precisa de las muestras recogidas en estas labores, por lo que no se pueden incorporar a la base de datos de sondeos, ni a la modelización (Fig. 32, 33 y 34).

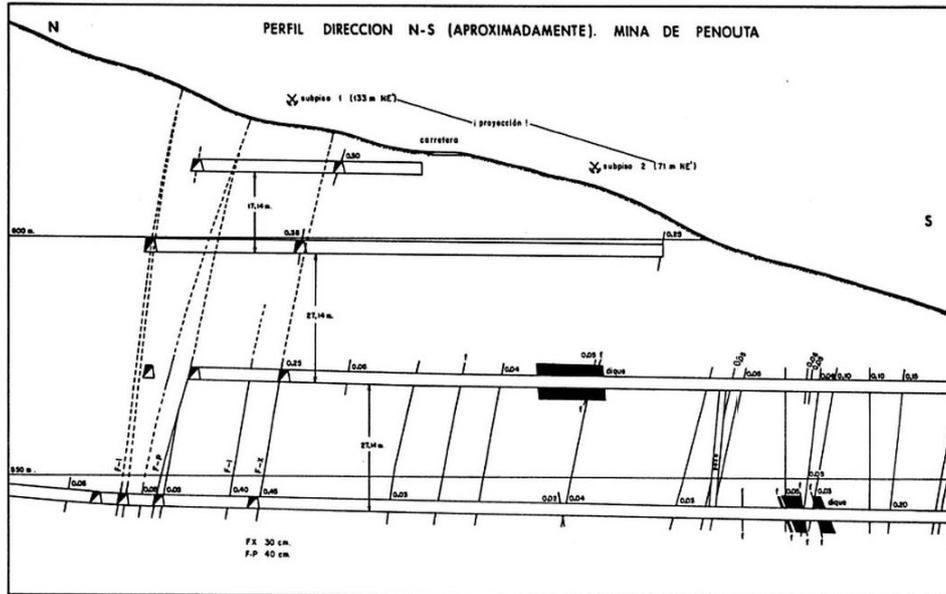


Figura 32. Perfil de los pisos y subpisos de las minas de Penouta (IGME, 1985)

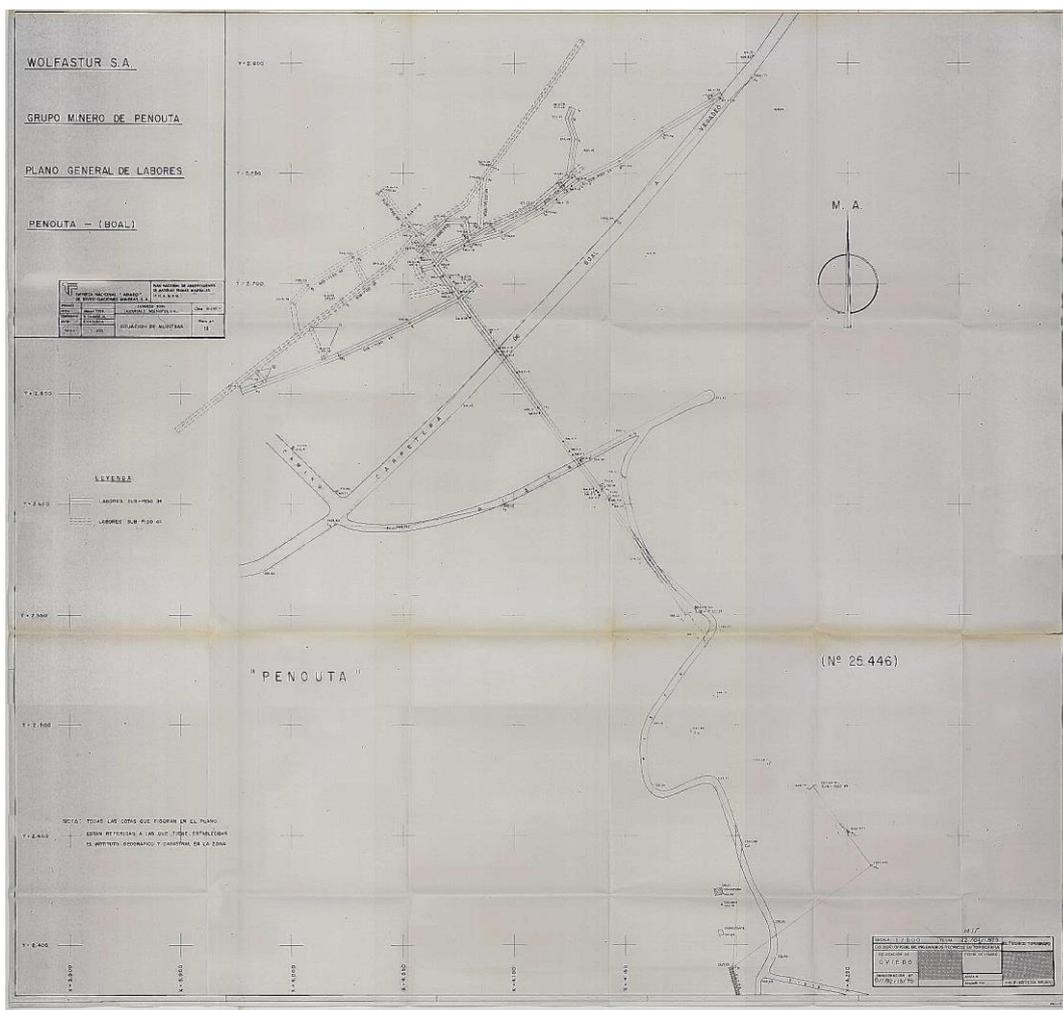


Figura 33. Plano de los pisos 3 y 4 de las minas de Penouta. Fueron los únicos planos encontrados (IGME, 1976)



Figura 34. Modelización 3D de los pisos 3 y 4 de las minas de Penouta

Las cartografías geológicas de superficie y el emplazamiento en planta de los filones y calicatas tampoco permiten posicionar las muestras recogidas con suficiente precisión para integrarlas a la base de datos.

Teniendo en cuenta estas limitaciones se eligió el sistema de polígonos para hacer una estimación aproximada de los recursos existentes en el filón principal y filones asociados en la zona sondeada. Los datos se extrapolan un máximo de 100 metros aproximadamente.

A partir de estos informes previos se delimitó la zona ya explotada, delimitando una Zona Norte con seis pisos explotados hasta la cota 600 (paneles de 10 metros de altura) y una Zona Sur con cuatro pisos explotados hasta la cota 550 (paneles de unos 30 m de altura).

Los filones se interpretan a partir de las secciones, teniendo en cuenta también las interpretaciones del informe de la empresa Enadimsa, y salvo para el filón principal, no es posible unir las intersecciones entre secciones. En el caso de existir sólo una intersección se consideran paneles de 50 x 50 m y se les asigna la potencia y la ley de la intersección. Sólo en el caso del filón principal se puede hacer un cálculo convencional por polígonos. Se separan dos zonas (Sur y Norte), de acuerdo a la distribución geométrica de los puntos de intersección.

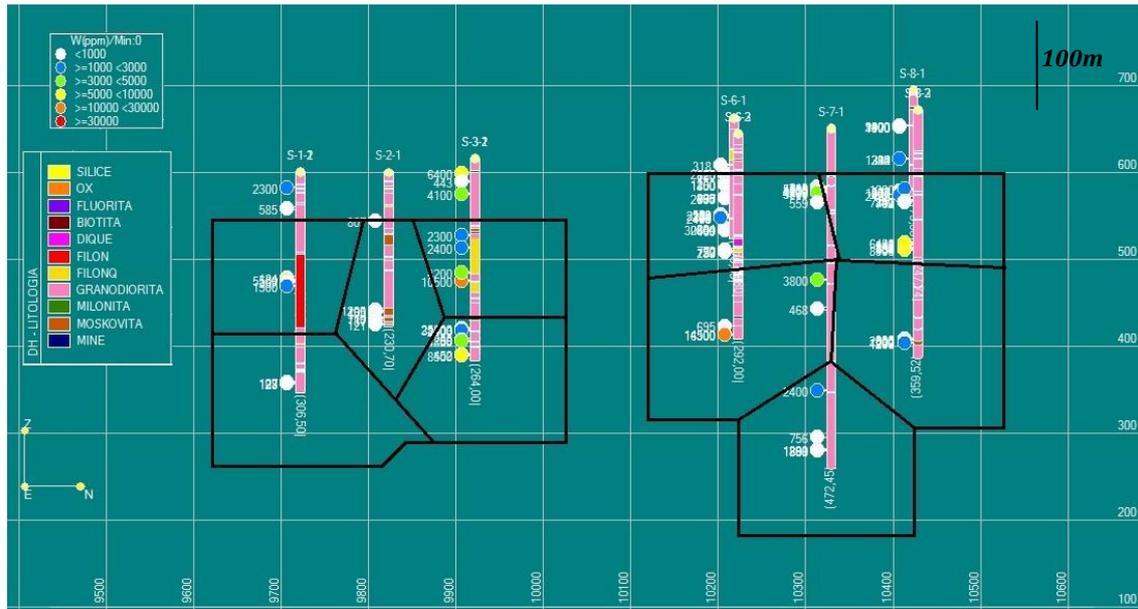


Figura 35. Método de polígonos para la estimación de recursos en el yacimiento de Boal del filón principal, Filón 1. Se distinguen la Zona A, correspondiente a la Zona Sur (izquierda de la imagen) y la Zona B, correspondiente a la Zona Norte (derecha de la imagen).

Como se observa en la imagen anterior (Fig. 35), en la Zona Sur hay 5 intersecciones, definiendo un panel de 400 x 300 m aproximadamente y en la Zona Norte hay también 5 intersecciones, definiendo un panel de 400 x 400 m (aproximadamente). Ambos paneles no están unidos, debido a la ausencia de sondeos en las secciones 4 y 5.

En la estimación de los recursos geológicos se considera una longitud mínima de intersección a lo largo del sondeo de 0,5 m y no se consideran diluciones internas máximas ni leyes de corte. Se asignó una densidad conservativa de 2.6. Las toneladas se han calculado mediante las siguientes fórmulas

$$\text{Toneladas} = \text{Área} * \text{Densidad} * \text{PotenciaReal}$$

$$\text{Toneladas.Wolframio} = \text{Toneladas} * \text{Wppm}$$

$$\text{Ley} = (\text{Ton.W}) / (\text{Ton})$$

En la siguiente imagen (Fig. 36) se aprecia con mayor detalle los polígonos que se han construido en la Zona Sur para el filón principal, Filón 1; y a continuación en las tablas 4.1 e 4.2, se presentan las toneladas de wolframio y estaño respectivamente.

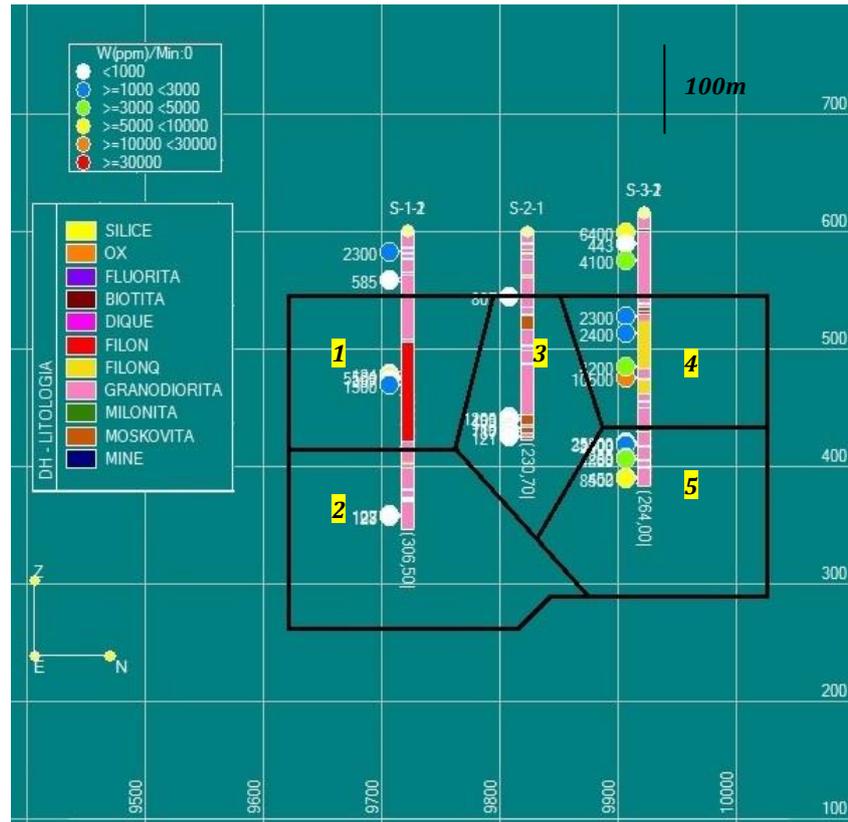


Figura 36. Póligonos de la Zona Sur.

ZONA SUR	Área	Sondeo	de	a	L	Pr	W ppm	Densidad	Ton	Ton*W
1	20800	S-1-1	192,95	194,70	1,75	1,10	5437	2,6	59488	323436256
2	31700	S-1-2	291,40	293,60	2,20	0,90	79	2,6	74178	5860062
3	12200	S-2-1	203,95	209,75	5,80	2,90	686	2,6	91988	63103768
4	18400	S-3-1	172,30	173,65	1,35	0,60	10500	2,6	28704	301392000
5	24900	S-3-2	253,50	256,65	-	1,00	2464	2,6	64740	159519360
TOTAL									319098	853311446
									Ley W	2674 ppm

Tabla 4.1. Total de toneladas geológicas de wolframio en la Zona Sur. Área (m²) y De-A-L-Pr (m)

ZONA SUR	Área	Sondeo	de	a	L	Pr	Sn ppm	Densidad	Ton	Ton*Sn
1	20800	S-1-1	192,95	194,70	1,75	1,10	128	2,6	59488	7614464
2	31700	S-1-2	291,40	293,60	2,20	0,90	138	2,6	74178	10236564
3	12200	S-2-1	203,95	209,75	5,80	2,90	137	2,6	91988	12602356
4	18400	S-3-1	172,30	173,65	1,35	0,60	305	2,6	28704	8754720
5	24900	S-3-2	253,50	256,65	-	1,00	220	2,6	64740	14242800
TOTAL									319098	53450904
									Ley Sn	168 ppm

Tabla 4.2. Total de toneladas geológicas de estaño en la Zona Sur. Área (m²) y De-A-L-Pr (m)

En la siguiente imagen (Fig. 37) se aprecia con mayor detalle los polígonos que se han construido en la Zona Norte para el filón principal, Filón 1; y a continuación en las tablas 5.1 e 5.2, se representan las toneladas de wolframio y estaño respectivamente.

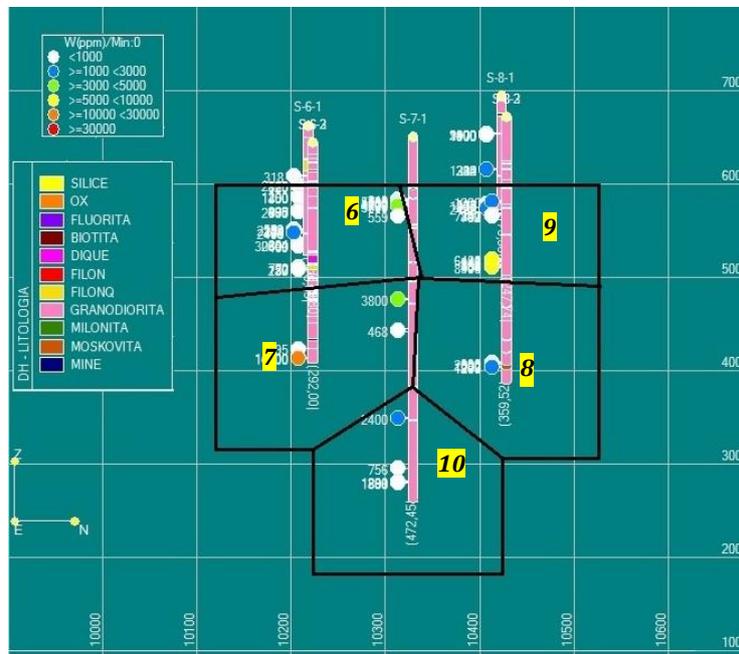


Figura 37. Póligonos de la Zona Norte

ZONA NORTE	Área	Sondeo	de	a	L	Pr	W ppm	Densidad	Ton	Ton*W
6	25300	S-6-1	140,10	145,60	5,50	2,60	783	2,6	171028	133914924
7	30800	S-6-3	284,60	285,80	1,20	0,50	154	2,6	40040	6166160
8	26600	S-7-1	447,25	450,40	3,15	1,30	1230	2,6	89908	110586840
9	20900	S-8-1	166,90	169,30	2,40	1,40	831	2,6	76076	63219156
10	31700	S-8-3	332,85	340,25	7,40	3,50	1278	2,6	288470	368664660
TOTAL									665522	682551740
									Ley W	1026 ppm

Tabla 5.1. Total de toneladas geológicas de wolframio en la Zona Norte Área (m²) y De-A-L-Pr (m)

ZONA NORTE	Área	Sondeo	de	a	L	Pr	Sn ppm	Densidad	Ton	Ton*Sn
6	25300	S-6-1	140,10	145,60	5,50	2,60	188	2,6	171028	32153264
7	30800	S-6-3	284,60	285,80	1,20	0,50	225	2,6	40040	9009000
8	26600	S-7-1	447,25	450,40	3,15	1,30	127	2,6	89908	11418316
9	20900	S-8-1	166,90	169,30	2,40	1,40	84	2,6	76076	6390384
10	31700	S-8-3	332,85	340,25	7,40	3,50	200	2,6	288470	57694000
TOTAL									665522	116664964
									Ley W	175 ppm

Tabla 5.2. Total de toneladas geológicas en la Zona Norte. Área (m²) y De-A-L-Pr (m)

En las siguientes tablas (6.1 y 6.2) se representan las toneladas de wolframio y estaño respectivamente, de los filones más pequeños (N1-N27). En este caso sólo existe una intersección, por lo que se consideran paneles de 50 x 50 m y se les asigna la potencia y la ley de la intersección.

FILONES	Sondeo	Área	de	a	L	Pr	W ppm	Densidad	Ton	Ton*W
N1	S-1-1	2500	157,25	158,85	1,6	0,65	1500	2,6	4225	6337500
N2	S-1-1	4000	27,05	28,25	1,2	1,23	1442,5	2,6	12792	18452460
	S-1-2		48,1	52,2	4,1					
N3	S-2-1	2500	70,8	72,25	1,45	0,7	807	2,6	4550	3671850
N4	S-2-1	2500	217,7	218,6	0,9	0,45	373	2,6	2925	1091025
N5	S-2-1	2500	221,4	222,05	0,65	0,3	187	2,6	1950	364650
N6	S-2-1	2500	227	227,6	0,6	0,3	121	2,6	1950	235950
N7	S-3-1	2500	19,9	20,35	0,45	0,3	3421,5	2,6	1950	6671925
	S-3-2		29,35	30,2	0,85					
N8	S-3-2	2500	45,45	46,2	0,75	0,25	4100	2,6	1625	6662500
N9	S-3-1	10000	108,3	108,8	0,5	0,28	3250	2,6	7280	23660000
	S-3-2		147,95	149,1	1,15					
N10	S-3-1	2500	125,35	126,4	1,05	0,4	2400	2,6	2600	6240000
N11	S-3-2	2500	220,8	223,8	3	0,9	16999	2,6	5850	99444150
N12	S-3-2	2500	234,3	238,35	4,05	2,35	2544	2,6	15275	38859600
N13	S-6-3	2500	272,6	273,95	1,35	0,6	695	2,6	3900	2710500
N14	S-6-2	2500	186,05	189,8	3,75	2,1	226	2,6	13650	3084900
N15	S-63	2500	134,25	136,8	2,55	1,1	4735	2,6	7150	33855250
N16	S-6-1	2500	68,25	68,9	0,65	0,3	318	2,6	1950	620100
N17	S-6-3	2500	90,2	92,4	2,2	0,95	1151	2,6	6175	7107425
N18	S-6-3	2500	71,2	73,45	2,25	1	1117	2,6	6500	7260500
N19	S-6-3	2500	56,3	57,4	1,1	0,5	1030	2,6	3250	3347500
N20	S-7-1	2500	364,65	366	1,35	0,55	2400	2,6	3575	8580000
N21	S-7-1	2500	250,2	253,2	3	1,25	468	2,6	8125	3802500
N22	S-7-1	2500	210	211,3	1,3	0,54	3800	2,6	3510	13338000
N23	S-7-1	2500	102,3	103,9	1,6	0,65	559	2,6	4225	2361775
N24	S-7-1	2500	80,65	91,1	10,45	4,3	3813	2,6	27950	106573350
N25	S-8-1	15000	113,2	114,4	1,2	0,75	3532,5	2,6	29250	103325625
	S-8-2		222,85	224,15	1,3					
N26	S-8-1	25000	58,45	60,3	1,85	1,38	2009	2,6	89700	180207300
	S-8-2		152,7	154,8	2,1					
	S-8-3		200,15	204	3,85					
N27	S-8-3	10000	114,65	115,6	0,95	0,4	1200	2,6	10400	12480000
TOTAL									282282	7E+08
									Ley W	2481 ppm

Tabla 6.1. Total de toneladas geológicas de wolframio de los filones. Área (m²) y De-A-L-Pr (m)

FILONES	Sondeo	Área	de	a	L	Pr	Sn ppm	Densidad	Ton	Ton*Sn
N1	S-1-1	2500	157,25	158,85	1,6	0,65	63	2,6	4225	266175
N2	S-1-1	4000	27,05	28,25	1,2	1,23	128	2,6	12792	1637376
	S-1-2		48,1	52,2	4,1					
N3	S-2-1	2500	70,8	72,25	1,45	0,7	48	2,6	4550	218400
N4	S-2-1	2500	217,7	218,6	0,9	0,45	129	2,6	2925	377325
N5	S-2-1	2500	221,4	222,05	0,65	0,3	152	2,6	1950	296400
N6	S-2-1	2500	227	227,6	0,6	0,3	160	2,6	1950	312000
N7	S-3-1	2500	19,9	20,35	0,45	0,3	132,5	2,6	1950	258375
	S-3-2		29,35	30,2	0,85					
N8	S-3-2	2500	45,45	46,2	0,75	0,25	117	2,6	1625	190125
N9	S-3-1	10000	108,3	108,8	0,5	0,28	245,5	2,6	7280	1787240
	S-3-2		147,95	149,1	1,15					
N10	S-3-1	2500	125,35	126,4	1,05	0,4	179	2,6	2600	465400
N11	S-3-2	2500	220,8	223,8	3	0,9	212	2,6	5850	1240200
N12	S-3-2	2500	234,3	238,35	4,05	2,35	252	2,6	15275	3849300
N13	S-6-3	2500	272,6	273,95	1,35	0,6	97	2,6	3900	378300
N14	S-6-2	2500	186,05	189,8	3,75	2,1	35	2,6	13650	477750
N15	S-6-3	2500	134,25	136,8	2,55	1,1	145	2,6	7150	1036750
N16	S-6-1	2500	68,25	68,9	0,65	0,3	100	2,6	1950	195000
N17	S-6-3	2500	90,2	92,4	2,2	0,95	180	2,6	6175	1111500
N18	S-6-3	2500	71,2	73,45	2,25	1	43	2,6	6500	279500
N19	S-6-3	2500	56,3	57,4	1,1	0,5	56	2,6	3250	182000
N20	S-7-1	2500	364,65	366	1,35	0,55	101	2,6	3575	361075
N21	S-7-1	2500	250,2	253,2	3	1,25	26	2,6	8125	211250
N22	S-7-1	2500	210	211,3	1,3	0,54	233	2,6	3510	817830
N23	S-7-1	2500	102,3	103,9	1,6	0,65	31	2,6	4225	130975
N24	S-7-1	2500	80,65	91,1	10,45	4,3	71	2,6	27950	1984450
N25	S-8-1	15000	113,2	114,4	1,2	0,75	195	2,6	29250	5703750
	S-8-2		222,85	224,15	1,3					
N26	S-8-1	25000	58,45	60,3	1,85	1,38	141	2,6	89700	12647700
	S-8-2		152,7	154,8	2,1					
	S-8-3		200,15	204	3,85					
N27	S-8-3	10000	114,65	115,6	0,95	0,4	48	2,6	10400	499200
TOTAL									282282	36915346
									Ley Sn	131 ppm

Tabla 6.2. Total de toneladas geológicas de estaño de los filones. Área (m²) y De-A-L-Pr (m)

Para el cálculo de recursos diluidos (“mineros”) se consideraron una potencia mínima de 2 metros y se asigna densidad conservativa también de 2,6. No se consideraron ni diluciones internas máximas ni leyes de corte. Al eliminar la zona superior ya explotada, en el cálculo de recursos, no se considera que exista una zona de oxidación. Las toneladas se han calculado mediante las siguientes fórmulas

$$\text{Toneladas} = \text{Área} * \text{Densidad} * \text{PotenciaReal}$$

$$\text{Toneladas.Wolframio} = \text{Toneladas} * \text{Wppm}$$

$$\text{Ley} = (\text{Ton.W}) / (\text{Ton})$$

En la imagen (Fig. 35) se aprecia con mayor detalle los polígonos que se han construido en base al método en la Zona Sur para el filón principal, Filón 1; y a continuación en las tablas 7.1. y 7.2., se representan las toneladas de wolframio y estaño respectivamente en cantidades mineras

ZONA SUR	Área	Sondeo	de	a	L	P minera	W ppm minera	Densidad	Ton	Ton*W
1	20800	S-1-1	192,95	194,70	1,75	2	2990	2,6	108160	323436256
2	31700	S-1-2	291,40	293,60	2,20	2	36	2,6	164840	5860062
3	12200	S-2-1	203,95	209,75	5,80	2.9	686	2,6	91988	63103768
4	18400	S-3-1	172,30	173,65	1,35	2	3150	2,6	95680	301392000
5	24900	S-3-2	253,50	256,65	-	2	1232	2,6	129480	159519360
TOTAL									590148	853311446
									Ley W	1446 ppm

Tabla 7.1. Total de toneladas mineras de wolframio en la Zona Sur. Área (m²) y De-A-L-Pr (m)

ZONA SUR	Área	Sondeo	de	a	L	P minera	Sn ppm minera	Densidad	Ton	Ton*Sn
1	20800	S-1-1	192,95	194,70	1,75	1,10	70	2,6	108160	7614464
2	31700	S-1-2	291,40	293,60	2,20	0,90	62	2,6	164840	10236564
3	12200	S-2-1	203,95	209,75	5,80	2,90	137	2,6	91988	12602356
4	18400	S-3-1	172,30	173,65	1,35	0,60	92	2,6	95680	8754720
5	24900	S-3-2	253,50	256,65	-	1,00	110	2,6	129480	14242800
TOTAL									590148	53450904
									Ley Sn	91 ppm

Tabla 7.2. Total de toneladas mineras de estaño en la Zona Sur Área (m²) y De-A-L-Pr (m)

En la imagen (Fig. 36) se aprecia con mayor detalle los polígonos que se han construido en base al método en la Zona Norte para el filón principal, Filón 1; y a continuación en las tablas 8.1. y 8.2., se representan las toneladas de wolframio y estaño respectivamente.

ZONA NORTE	Área	Sondeo	de	a	L	Pr minera	W ppm minera	Densidad	Ton	Ton*W
6	25300	S-6-1	140,10	145,60	5,50	2,6	783	2,6	171028	133914924
7	30800	S-6-3	284,60	285,80	1,20	0,5	39	2,6	40040	1541540
8	26600	S-7-1	447,25	450,40	3,15	2	800	2,6	138320	110586840
9	20900	S-8-1	166,90	169,30	2,40	2	582	2,6	108680	63219156
10	31700	S-8-3	332,85	340,25	7,40	3,5	1278	2,6	288470	36864660
TOTAL									746538	677927120
Ley W										908 ppm

Tabla 8.1. Total de toneladas mineras de wolframio en la Zona Norte Área (m²) y De-A-L-Pr (m)

ZONA NORTE	Área	Sondeo	de	a	L	Pr minera	Sn ppm minera	Densidad	Ton	Ton*Sn
6	25300	S-6-1	140,10	145,60	5,50	2,6	188	2,6	171028	32153264
7	30800	S-6-3	284,60	285,80	1,20	0,5	56	2,6	40040	2252250
8	26600	S-7-1	447,25	450,40	3,15	2	83	2,6	138320	11418316
9	20900	S-8-1	166,90	169,30	2,40	2	59	2,6	108680	6390384
10	31700	S-8-3	332,85	340,25	7,40	3,5	200	2,6	288470	57694000
TOTAL									746538	109908214
Ley Sn										147 ppm

Tabla 8.2. Total de toneladas mineras en la Zona Norte Área (m²) y De-A-L-Pr (m)

Estos cálculos indican el carácter subeconómico de las leyes de wolframio de la mineralización en esta zona.

En las siguientes tablas (9.1 y 9.2) se representan las toneladas de wolframio y estaño respectivamente, en cantidades geológicas de los de los filones más pequeños (N1-N27). En este caso sólo existe una intersección, por lo que se consideran paneles de 50 x 50 m y se les asigna la potencia y la ley de la intersección.

FILONES	Sondeo	Área	de	a	L	P ppm minera	W ppm minera	Densidad	Ton	Ton*W
N1	S-1-1	2500	157,25	158,85	1,6	2,00	488,00	2,60	13000	6344000
N2	S-1-1	4000	27,05	28,25	1,2	2,00	701,00	2,60	20800	14580800
	S-1-2		48,1	52,2	4,1					
N3	S-2-1	2500	70,8	72,25	1,45	2,00	282,45	2,60	13000	3671850
N4	S-2-1	2500	217,7	218,6	0,9	2,00	83,93	2,60	13000	1091025
N5	S-2-1	2500	221,4	222,05	0,65	2,00	28,05	2,60	13000	364650
N6	S-2-1	2500	227	227,6	0,6	2,00	18,15	2,60	13000	235950
N7	S-3-1	2500	19,9	20,35	0,45	2,00	364,00	2,60	13000	4732000
	S-3-2		29,35	30,2	0,85					
N8	S-3-2	2500	45,45	46,2	0,75	2,00	512,50	2,60	13000	6662500

N9	S-3-1	10000	108,3	108,8	0,50	2,00	483,00	2,60	52000	25116000
	S-3-2		147,95	149,1	1,15					
N10	S-3-1	2500	125,35	126,4	1,05	2,00	480,00	2,60	13000	6240000
N11	S-3-2	2500	220,8	223,8	3,00	2,00	7649,55	2,60	13000	99444150
N12	S-3-2	2500	234,3	238,35	4,05	2,00	2544,00	2,60	13000	33072000
N13	S-6-3	2500	272,6	273,95	1,35	2,00	208,50	2,60	13000	2710500
N14	S-6-2	2500	186,05	189,8	3,75	2,00	226,00	2,60	13000	2938000
N15	S-6-3	2500	134,25	136,8	2,55	2,00	2604,25	2,60	13000	33855250
N16	S-6-1	2500	68,25	68,9	0,65	2,00	47,70	2,60	13000	620100
N17	S-6-3	2500	90,2	92,4	2,20	2,00	546,73	2,60	13000	7107425
N18	S-6-3	2500	71,2	73,45	2,25	2,00	558,50	2,60	13000	7260500
N19	S-6-3	2500	56,3	57,4	1,10	2,00	257,50	2,60	13000	3347500
N20	S-7-1	2500	364,65	366	1,35	2,00	660,00	2,60	13000	8580000
N21	S-7-1	2500	250,2	253,2	3,00	2,00	292,50	2,60	13000	3802500
N22	S-7-1	2500	210	211,3	1,30	2,00	1026,00	2,60	13000	13338000
N23	S-7-1	2500	102,3	103,9	1,60	2,00	181,68	2,60	13000	2361775
N24	S-7-1	2500	80,65	91,1	10,45	2,00	3813,00	2,60	13000	49569000
N25	S-8-1	15000	113,2	114,4	1,20	2,00	1396,00	2,60	78000	108888000
	S-8-2		222,85	224,15	1,30					
N26	S-8-1	25000	58,45	60,3	1,85	2,00	1353,00	2,60	130000	175890000
	S-8-2		152,7	154,8	2,10					
	S-8-3		200,15	204	3,85					
N27	S-8-3	10000	114,65	115,6	0,95	2,00	240,00	2,60	13000	3120000
TOTAL									579800	624943475
									Ley W	1078 ppm

Tabla 9.1. Total de toneladas mineras de wolframio de los filones. Área (m²) y De-A-L-Pr (m)

FILONES	Sondeo	Área	de	a	L	P ppm minera	Sn ppm minera	Densidad	Ton	Ton*Sn
N1	S-1-1	2500	157,25	158,85	1,6	2,00	20,48	2,60	13000	266175
N2	S-1-1	4000	27,05	28,25	1,2	2,00	87,00	2,60	20800	1809600
	S-1-2		48,1	52,2	4,1					
N3	S-2-1	2500	70,8	72,25	1,45	2,00	16,80	2,60	13000	218400
N4	S-2-1	2500	217,7	218,6	0,9	2,00	29,03	2,60	13000	377325
N5	S-2-1	2500	221,4	222,05	0,65	2,00	22,80	2,60	13000	296400
N6	S-2-1	2500	227	227,6	0,6	2,00	24,00	2,60	13000	312000
N7	S-3-1	2500	19,9	20,35	0,45	2,00	13,00	2,60	13000	169000
	S-3-2		29,35	30,2	0,85					
N8	S-3-2	2500	45,45	46,2	0,75	2,00	15,00	2,60	13000	195000
N9	S-3-1	10000	108,3	108,8	0,50	2,00	25,00	2,60	52000	1300000
	S-3-2		147,95	149,1	1,15					
N10	S-3-1	2500	125,35	126,4	1,05	2,00	35,80	2,60	13000	465400

N11	S-3-2	2500	220,8	223,8	3,00	2,00	95,40	2,60	13000	1240200
N12	S-3-2	2500	234,3	238,35	4,05	2,00	252,00	2,60	13000	3276000
N13	S-6-3	2500	272,6	273,95	1,35	2,00	29,10	2,60	13000	378300
N14	S-6-2	2500	186,05	189,8	3,75	2,00	35,00	2,60	13000	455000
N15	S-6-3	2500	134,25	136,8	2,55	2,00	79,75	2,60	13000	1036750
N16	S-6-1	2500	68,25	68,9	0,65	2,00	15,00	2,60	13000	195000
N17	S-6-3	2500	90,2	92,4	2,20	2,00	85,50	2,60	13000	1111500
N18	S-6-3	2500	71,2	73,45	2,25	2,00	21,50	2,60	13000	279500
N19	S-6-3	2500	56,3	57,4	1,10	2,00	14,00	2,60	13000	182000
N20	S-7-1	2500	364,65	366	1,35	2,00	27,78	2,60	13000	361075
N21	S-7-1	2500	250,2	253,2	3,00	2,00	16,25	2,60	13000	211250
N22	S-7-1	2500	210	211,3	1,30	2,00	62,91	2,60	13000	817830
N23	S-7-1	2500	102,3	103,9	1,60	2,00	10,08	2,60	13000	130975
N24	S-7-1	2500	80,65	91,1	10,45	2,00	71,00	2,60	13000	923000
N25	S-8-1	15000	113,2	114,4	1,20	2,00	56,00	2,60	78000	4368000
	S-8-2		222,85	224,15	1,30					
N26	S-8-1	25000	58,45	60,3	1,85	2,00	37,00	2,60	130000	4810000
	S-8-2		152,7	154,8	2,10					
	S-8-3		200,15	204	3,85					
N27	S-8-3	10000	114,65	115,6	0,95	2,00	10,00	2,60	13000	130000
TOTAL									579800	25315680
									Ley Sn	44 ppm

Tabla 9.2. Total de toneladas mineras de estaño de los filones. Área (m²) y De-A-L-Pr (m)

4.5. CLASIFICACIÓN DE LOS RECURSOS

La zona incluida en la estimación tiene un límite inferior que coincide con la cota más baja donde se ha reconocido el filón correspondiente en superficie, estando siempre el panel abierto en profundidad por debajo de esta cota mínima.

Cabe destacar que aún es pronto para realizar cálculos de reservas en el proyecto de investigación *Penouta* ya que todavía no existe una viabilidad económica demostrada puesto que no se han podido tener en cuenta factores medioambientales, legales y socioeconómicos entre otros.

Hasta la fecha se ha podido realizar una estimación de los recursos siguiendo parámetros bastante restrictivos como una profundidad inferior a 200 metros sobre la superficie topográfica y un cut-off marginal de 0.3 % de W.

La cantidad y grado de los recursos que aquí se presentan, se consideran de naturaleza incierta debido a que no tenemos suficientes datos para poder

clasificarlos como medidos o indicados y necesitamos proseguir con la investigación.

Por lo tanto se asigna una categoría de recursos inferidos a las estimaciones para el filón principal (Filón 1), tanto en la Zona Sur como en la Zona Norte, y respecto al resto de los filones se puede hacer una valoración muy poco fiable de volúmenes, tonelajes y leyes a partir de las informaciones contenidas en los siguientes informes:

- “Investigación Minera de Wolframio en Boal, Oviedo”, publicado por el IGME en Diciembre, 1976, informe encuadrado en el Plan nacional de la Minería.
- “Estudio Geológico del Plutón de Boal (Asturias) y sus yacimientos de Wolframio”, realizado por N. Llopis Lladó (1961).

Esta estimación puede considerarse como una aproximación a un tonelaje minero “in situ” con una ley incierta, representado en la siguiente tabla (Tabla 10)

Filón	Zona	Ton	Ton*W	Ton*Sn	Ley W (ppm)	Ley Sn (ppm)
Filón principal	Sur	590148	853311446	53450904	1446	91
Filón principal	Norte	746538	677927120	109908214	908	147
Filones (N)	-	579800	624943475	25315680	1078	44

Tabla 10. Estimación de los recursos mineros en P.I. de Penouta

5. DISCUSIONES

Los resultados de este estudio muestran unos filones que aparecen muy tectonizados y con potencias irregulares, frecuentemente inferiores al metro (máximo de 5 m y mínimo de algunos cm). El filón principal (*Filón 1*) se dispone con una orientación NE-SW y una inclinación de unos 70° - 80° al NW. En el caso del sistema de filones más pequeños (N1-27) se presenta con una orientación E-W y una inclinación de 80° al N. Esta parece ser la disposición principal, pero la falta de continuidad en las intersecciones dificulta las interpretaciones.

A partir de lo indicado en los diferentes informes, se aprecia la existencia de fallas transversales que complican la continuidad de los filones. Esto no se aprecia a partir de las secciones sondeadas debido a su separación, lo que impide un modelización en detalle.

De acuerdo a lo que se observa en la zona del filón principal, parece que la potencia de los filones disminuye en profundidad, por lo que potencias métricas en superficie no significan recursos significativos en profundidad, de ahí que los recursos se consideren inferidos.

Se puede decir que los recursos geológicos conjuntos para los seis grupos de filones (Faya, Penouta, Bastiana, Valle de Boal, Pasada y Miguil-La Bouza) pueden ser superiores a 5 Mt, con unas leyes similares para las estimadas para el filón principal. Respecto a los recursos mineros pueden superar los 7 Mt, también con unas leyes similares para las estimadas para el filón principal. En ambos casos, estos cálculos indican el carácter subeconómico de las leyes de wolframio de la mineralización en esta zona.

No existen datos que nos puedan hacer pensar en la posibilidad de zonas coherentes geométricamente y con tonelajes y leyes económicas (por ejemplo, 0.5 Mt con una ley de wolframio superior a 0.5%).

No existen datos válidos sobre las leyes de metales asociados que puedan beneficiarse como subproducto y contribuir a la rentabilidad de una posible explotación. Se citan contenidos notables de oro en algunos concentrados, pero no existe un muestreo adecuado que confirme este punto. Tampoco se tuvo acceso a datos metalúrgicos fiables ni a datos históricos de producción coherentes.

6. CONCLUSIONES

Para la elaboración de este proyecto ha sido necesaria la recopilación de mucha información recogida en diferentes estudios realizados desde antes de la explotación minera hasta casi la actualidad. A partir de dichos trabajos se extrajeron los resultados de una campaña de 12 sondeos con recuperación de testigo, distribuidos en seis secciones separadas 100 m, a lo largo de unos 800 m en dirección N53E.

Estos datos constituyen la fuente principal de información para el cálculo de recursos en la zona más intensamente explotada y que parece ser la que ofrece más posibilidades de cara a una posible mineralización económica. También incluyen los resultados de un muestreo de varias galerías accesibles en aquellos tiempos, pero la imposibilidad de localizar exactamente las muestras hace que los resultados no intervengan en los cálculos, aunque si ayudan en la interpretación del modelo

Los datos incluidos en estos informes se utilizan para estimar un volumen y tonelaje mínimo para los recursos existentes en toda la zona, aunque no existe información suficiente para hacer una estimación fiable de volúmenes, tonelajes y/o leyes.

A partir de toda la información generada por estos estudios anteriores y todos los datos que se han obtenido durante la producción de este trabajo, se deduce que la mineralización económica del Plutón de Boal se localiza en la parte central y norte del afloramiento granítico. El granito de Boal se intruye en las Pizarras de Luarca, que en esta zona se disponen en estructura anticlinal. El borde suroeste del Plutón afecta al núcleo de este antiforme, donde afloran cuarcitas ordovícicas.

La aureola de metamorfismo de contacto se extiende varios centenares de metros en dirección E y W y varios Km en dirección NE-SW, hasta englobar otro afloramiento granítico (El Pato) que también parece mostrar las mismas características y metalogena que el intrusivo principal.

El emplazamiento del granito fue de tipo diapírico. Posteriormente, principalmente durante la fase hercínica se produjeron estructuras intrusivas.

Los minerales económicos de wolframio, principalmente scheelita y en mucha menor proporción wolframita, aparecen asociados a filones de cuarzo encajados en el granito y sus salbandas, bien en el contacto tectonado de los filones con la roca caja o en fisuras dentro del cuarzo. La mineralización parece que no se extiende de forma significativa a la roca de caja. También aparecen pegmatitas intruidas a favor de estos contactos tectonizados como el principal portador de la mineralización económica de scheelita. Se aprecia que la wolframita aparece sobre todo ligada a los filones emplazados en el encajante, aunque nunca en proporciones con interés económico.

Otros minerales accesorios son: pirita, calcopirita, casiterita, molibdenita, arsenopirita, óxidos de Fe y Mn, fluorita, moscovita, clorita,

En cuanto a los filones, se clasifican en los que se orientan NE-W como Faya, Penouta, Valle de Boal, y Miguil-La Bouza; y los que se orientan E-W, como el grupo la Bastiana. Ambos grupos presentan inclinaciones de 70º-80º al NW o al N, con recorridos en dirección de varios centenares de metros, potencias desde decimétricas a métricas (aunque por lo general no superan el medio metro) y recorridos en profundidad muy variables, pero que en el caso de los filones principales pueden ser de varios centenares de metros

Los filones parecen afectados por varias fases de deformación con estiramientos en varias direcciones, apareciendo siempre tectonizados y mostrando frecuentemente texturas miloníticas. Los hastiales también aparecen tectonizados y alterados, aunque la importancia de esta zona de alteración no parece bien documentada (y/o muestreada). En algunos casos se citan zona de alteración de varios metros.

Se interpretan varios episodios hidrotermales-pneumatolíticos como origen para el relleno de estos filones. La wolframita aparece en un proceso precoz, con la scheelita asociada a un proceso más tardío, pero aun así relacionada a veces a rocas de apariencia pegmatítica intruidas a favor de los contactos filón-encajante.

Usando el programa informático RecMin, no solo se ha conseguido una modelización más certera del yacimiento de Boal sino que se han podido estimar los recursos de la zona, tanto los geológicos (>5Mt) como los mineros (>7Mt), en ambos casos con leyes similares para las estimadas para el filón principal.

Aunque la mineralización sea subeconómica y los recursos se hayan clasificado como inferidos, esto solo incentiva a que se continúe con una investigación más profunda del yacimiento, puesto que cabe la posibilidad de que salga rentable su explotación y no solo por el wolframio o el estaño, sino porque alberga otras sustancias valiosas como el oro.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Adaro, 1985. "Investigación de wolframio en Boal (Asturias)". Informe inédito interno.
- Aramburu, C. (1995). Rasgos geológicos generales. En Aramburu, C. y Bastida, F (Eds). Geología de Asturias (pp 35-49). Gijón. Trea, S.L.
- Barrois, CH. (1882). "Recherches Sur les terrains anciens des Asturies et Galice". Nén. Soc. Géol. Nord., t.2, núm. 1. Lille.
- Bastida, F. y Aller, J. (1995). La estructura de la Zona Astuoccidental-Leonesa. En Aramburu, C. y Bastida, F (Eds). Geología de Asturias (pp 27-33). Gijón. Trea, S.L.
- Bastida, F. y Pulgar, J.A., (1995). La estructura de la Zona Astuoccidental-Leonesa. En Aramburu, C. y Bastida, F (Eds). Geología de Asturias (pp 113-122). Gijón. Trea, S.L.
- CEDER Navia-Porcía (2007-2013), Programa Comarcal de Desarrollo Rural – Análisis de la situación actual.
- Comte, P. (1938). "La sucesión lithologique des formations cambriennes du Leon (Espagne)". 71 eme Congr. Soc. Geol. Fr., 7^a ser., t. I, pp. 62-78.
- Fernandez-Suarez, J, Corretgé, L.G., Suarez, O. (1989). "La estructura del plutón granítico de Boal (Asturias, España): Nuevas aportaciones sobre su fábrica interna y modo de emplazamiento. Geogaceta, 6, 46-50.
- IGME, (1976). "Investigación minera de wolframio en Boal (Oviedo)". Doc. Plan nacional de la minería, programa nacional de investigación minera, memoria (pp. 5-81.) y tablas y planos auxiliares.
- IGME, (1985). "Inventario Nacional de Recursos de Wolframio". (pp. 23-26)
- Lozte, F. (1957). "Zum Alter nordwescspanischer Quatzit-Sand-stein-Folgen". Neues jb. Geol. Palaont., vol.10, pp. 464 -471.
- Lladó, L. (1961). "Estudio geológico del plutón de Boal (Asturias) y sus yacimientos de wolframio". Breviora Geol. Astur., Oviedo 5 (3,4): p.3-52.
- Marcos, A. (1973): La serie del Paleozoico inferior y la estructura herciniana del occidente de Asturias (NW de España). *Trabajos de Geología*, Univ. Oviedo, 6:1-113

- Marcos, A., Pulgar, J.A., Martínez, F.J. (1980). Memoria Mapa Geológico de Boal. MAGNA 026. 1:50000. Segunda serie – Primera edición. 1:3-10.
- Marcos, A. (coordinador). (2004). Macizo Ibérico. Zona Asturoccidental-Leonesa. En Vera, J.A. (Eds) *Geología de España* (pp 49). Madrid. IGME.
- Pérez-Estaún, A., Bea, F., Bastida, F., Marcos, A., Martínez Catalán, J.R., Martínez Poyatos, D., Arenas, R., Díaz García, F., Azor, A., Simancas, J.F. y González Lodeiro, F (2004). Macizo Ibérico. Cordillera Varisca Europea: El Macizo Ibérico. En Vera, J.A. (Eds) *Geología de España* (pp 24). Madrid. IGME
- Suarez, O., (1995). Rocas ígneas y metamórficas. En Aramburu, C. y Bastida, F (Eds). *Geología de Asturias* (pp 123-138). Gijón. Trea, S.L
- Vera, J. A., Ancochea, E., Barnolas, A.; Bea, F., Calvo, J.P., Civis, J, De Vicente, G, Fernández-Gianotti, J., García-Cortés, A., Pérez-Estaún, A., Pujalte, V., Rodríguez-Fernández, L.R., Sopena, A. y Tejero, R. (2004). Introducción. En Vera, J.A. (Eds) *Geología de España* (pp 13-14). Madrid. IGME

ANEXOS

ANEXO I: DESCRIPCIÓN Y CLASIFICACIÓN PETROGRÁFICA DE LAS MUESTRAS

MUESTRA: P35-T1

DATOS DE REFERENCIA	
Muestra	P35-T1
Coordenadas	(676396, 4812274)
Tipo de muestra	Lámina delgada para sonda
Acabado superficial	30µm con cobre
Color	Sana, blanco
Nombre petrográfico	Filón de Cuarzo atravesando el granito
Situación geográfica	Boal (Asturias)
Situación geológica	Intrusivo hercínico
Objetivo del estudio	Clasificación petrográfica

RESUMEN DE LOS DATOS		
Clasificación petrográfica		Roca muy silificada
Composición	Minerales principales	Cuarzo y Microclina
	Minerales accesorios	Moscovita
	Minerales secundarios	Moscovita y Limonita
Textura		Holocristalina
Tamaño de grano		Grandes cristales sobre todo de Cuarzo
Otras características		Cierta porosidad por microfracturas. Dos episodios de cuarzo (neumatolítico e hidrotermal)
Otros comentarios		Filón de cuarzo que atravesó el granito y por consecuencia arrastró material del mismo

COMPONENTES PETROGRÁFICOS		%
Granos	Cuarzo	55
	Microclina	20
	Moscovita	>5
	Limonita	<5
Fases de unión	No existe	-
Otros	Opacos	10
Vacios	Microfracturas	5

TEXTURA MICROSCÓPICA	
Tipo de textura	Holocristalina
Tamaño (grano/cristal)	Grandes
Forma (grano/cristal)	Tendencia euhedral
Fase de unión/Bordes	Bordes netos, excepto por los granos arrastrados que están deformados
Espacios vacíos	Porosidad secundaria (Fracturación)
Orientación	Los cristales arrastrados presentan una cierta orientación hacia el mismo sentido
Distribución	No procede
Estructuras	No procede
Discontinuidades	Fracturación microscópica
Alteración	Moscovitización
Otras características	No procede

COMPONENTES	DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA
Cuarzo	Se presenta en forma de granos con tendencia euhedral de gran tamaño. Suelen aparecer fracturas transangulares muy poco abiertas. El cuarzo presente es monocristalino, pero también aparece cuarzo policristalino en menor cantidad. Se aprecia un proceso de moscovitización. Posee inclusiones fluidas. (Fig. 38, 39)
Microclina	Presenta en nícoles cruzados unas maclas en forma de enrejado muy características.
Moscovita	Moscovita secundaria posterior a la formación del cuarzo, por proceso de alteración del feldespato. Son cristales euhedrales con hábito fibrosos. No presentan ni inclusiones fluidas ni de minerales. Tampoco se observan deformaciones. (Fig. 41)
Limonita	Presenta reflexiones internas rojas y fuerte anisotropismo. Cristales con hábito acicular. (Fig 41)
Opacos	Ilmenita, Pirita, Arsenopirita, Calcopirita y Casiterita. (Fig. 38 Y 40)

FOTOGRAFÍAS

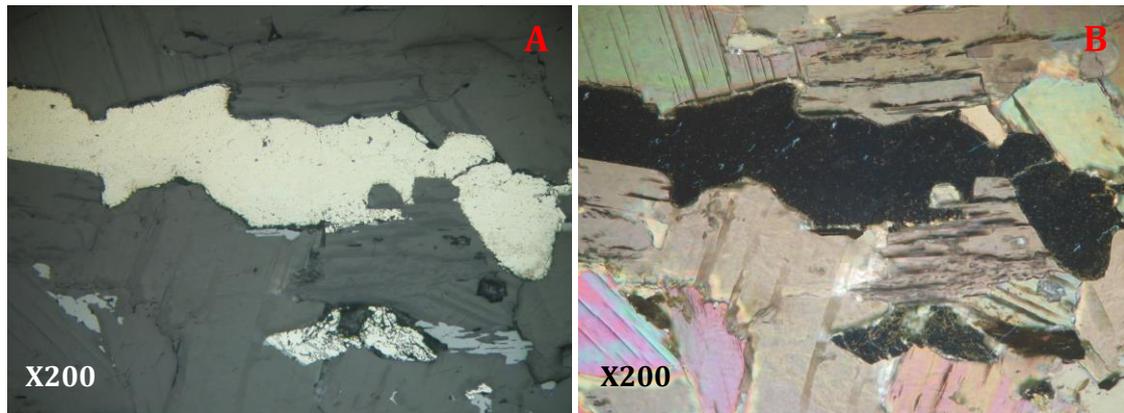


Figura 38. A) Fotografía tomada con luz natural en el microscopio de reflexión. Gran cristal de pirita en color gris claro, rodeado por minerales más pequeños de ilmenita. El mineral con mayor luminosidad se trata de arsenopirita. B) Fotografía tomada con nicols cruzados en el microscopio de reflexión. Los minerales descritos en "A" a parecen como opacos en una ganga compuesta por cuarzo, microclina y moscovita

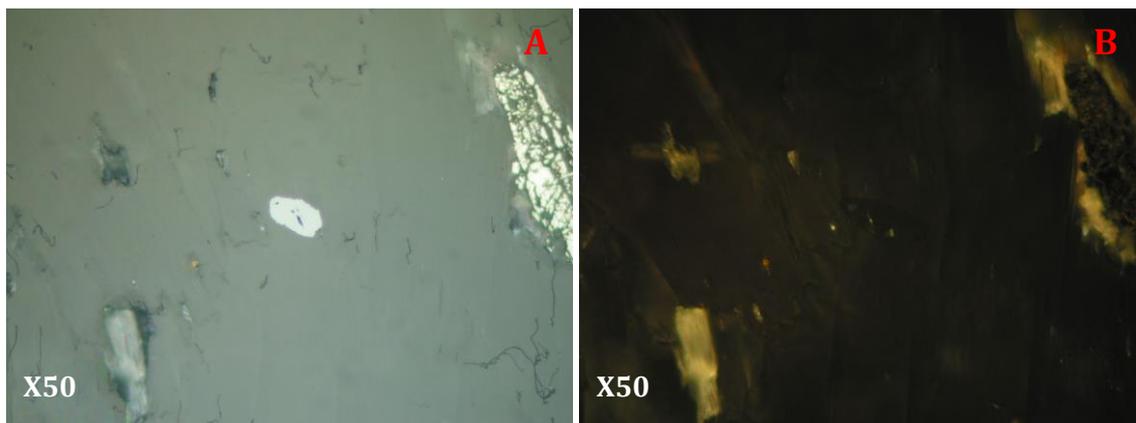


Figura 39. A) Fotografía tomada con luz natural en el microscopio de reflexión. Cristal de casiterita en el centro de la imagen y cristal de pirita en color gris claro fracturado a la derecha. B) Fotografía tomada con nicols cruzados en el microscopio de reflexión. El cristal de casiterita presenta un color marrón rojizo con reflexiones internas.

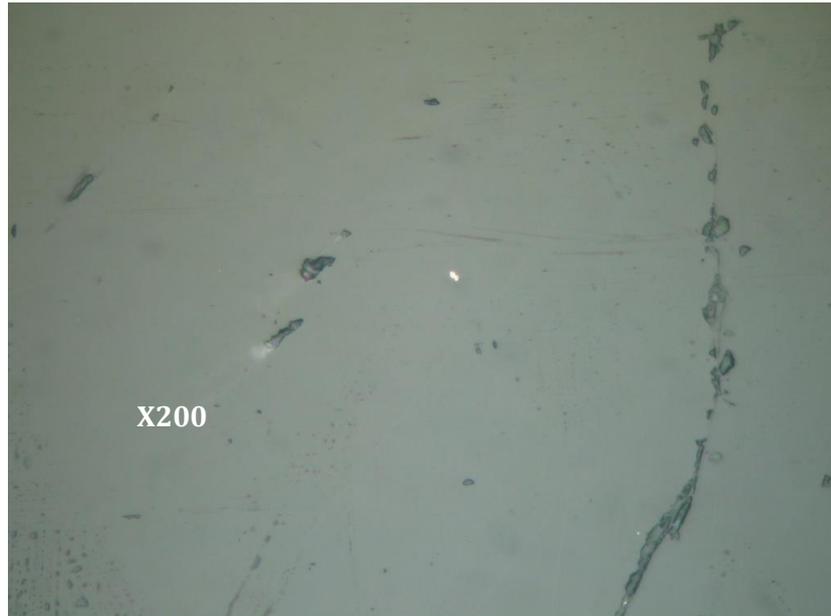


Figura 40. Fotografía tomada con luz natural en el microscopio de reflexión. Cristal de calcopirita en el centro de la imagen. Está integrado en una ganga de cuarzo.

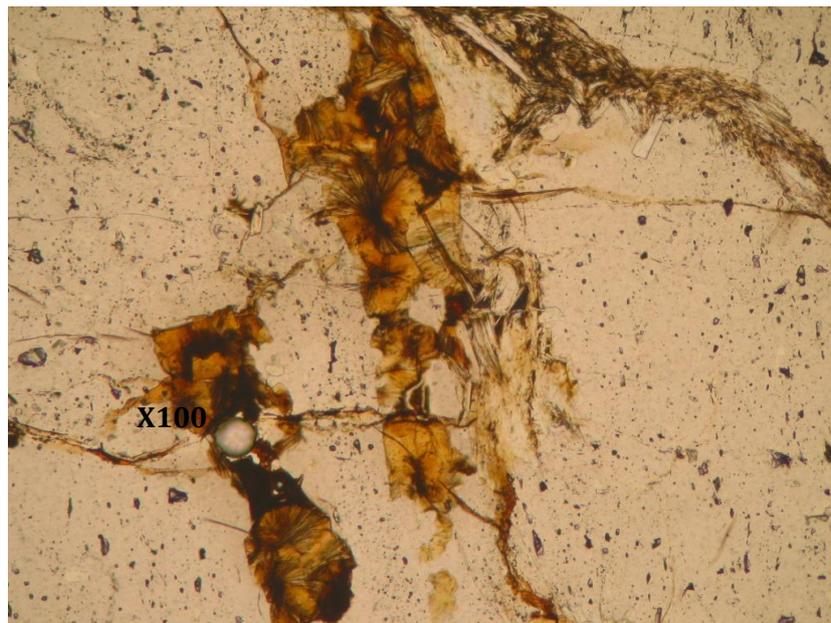


Figura 41. Fotografía tomada con luz natural en el microscopio de transmisión. Cristal de limonita en cuarzo que presentan inclusiones fluidas. También hay escamas de moscovita.

MUESTRA: P35-T2

DATOS DE REFERENCIA	
Muestra	P35-T2
Coordenadas	(676396, 4812274)
Tipo de muestra	Lámina delgada para sonda
Acabado superficial	30µm con cobre
Color	Sana, blanco
Nombre petrográfico	Granito
Situación geográfica	Boal (Asturias)
Situación geológica	Intrusivo hercínico
Objetivo del estudio	Clasificación petrográfica

RESUMEN DE LOS DATOS		
Clasificación petrográfica		Granodiorita
Composición	Minerales principales	Cuarzo, Ortosa, Plagioclasa y Biotita
	Minerales accesorios	Moscovita, Apatito, Zircón, Rutilo, Sheelita y Opacos
	Minerales secundarios	Caolín (Visu), Clorita, Leucoxeno, Limonita, Sericita
Textura		Holocrystalina hipidiomórfica granuda con tendencia equigranular
Tamaño de grano		Grandes cristales sobre todo de Cuarzo
Otras características		Cierta porosidad por microfracturas. Dos episodios de cuarzo (neumatolítico e hidrotermal)
Otros comentarios		No procede

COMPONENTES PRETROGRÁFICOS		%
Granos	Cuarzo	25
	Microclina	20
	Plagioclasa	30
	Biotita	15
Fases de unión	No existe	-
Otros	Opacos y Accesorios	10
Vacios	-	-

TEXTURA MICROSCÓPICA	
Tipo de textura	Holocristalina hipidiomórfica granuda con tendencia equigranular
Tamaño (grano/cristal)	Variables
Forma (grano/cristal)	Tendencia euhedral
Fase de unión/Bordes	Bordes netos y relativamente bien formados
Espacios vacíos	Porosidad secundaria. Disolución y alteración
Orientación	No procede
Distribución	No procede
Estructuras	No procede
Discontinuidades	No procede
Alteración	Incipiente Albitinización y moscovitización (sericita)
Otras características	No procede

COMPONENTES	DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA
Cuarzo	Abundantes granos que presentan tendencia euhedral bien formados. Suelen aparecer fracturados. El cuarzo presente es monocristalino, pero también aparece cuarzo policristalino en menor cantidad. Posee inclusiones fluidas. (Fig. 42)
Microclina	Presenta en nícoles cruzados unas maclas en forma de enrejado muy características. En algunos granos se aprecian pertitas. También se observa un incipiente albitización ya sea por el reemplazo de las plagioclasa por el feldespató potásico o del mismo por las plagioclasas, debido a esto se identifican bordes mirmequíticos en los cristales. (Fig. 42 y 44)
Moscovita	Moscovita abundante. Primaria: cristales euhedrales con hábito fibrosos muy pequeños. Secundaria: por procesos de sericitización posteriores a la formación del cuarzo, debido al reemplazamiento de la plagioclasa. No presentan ni inclusiones fluidas ni de minerales. Tampoco se observan deformaciones. (Fig. 42)
Scheelita	Grano microscópico de lo que podría ser scheelita, localizada en el borde de un hueco rodeado por una zona rica en moscovita. Al presentar una buena foliación, el pulimiento de la lámina es difícil. Tiene un alto relieve y unos colores de birrefringencia que van desde el blanco al amarillo. (Fig. 43)

FOTOGRAFÍAS

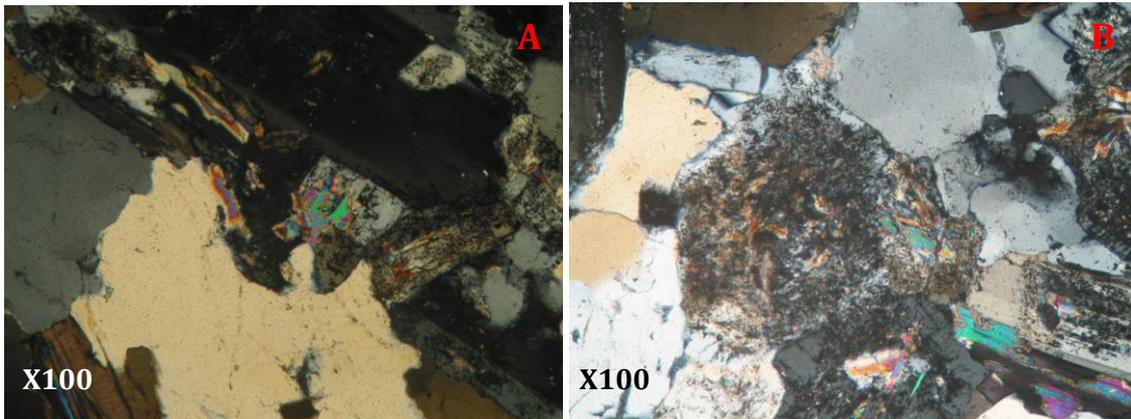


Figura 42. A) Fotografía tomada con nicols cruzados en el microscopio de transmisión. Se aprecian cristales de cuarzo y plagioclasa, la cual está reemplazada por moskovita de grano muy fino (sericitación). B) Fotografía tomada con nicols cruzados en el microscopio de transmisión. En este caso la sericita procede del reemplazo de los feldspatos, y se podría indicar que presenta un inicio de caolinización debido a tener un aspecto tan sucio y de color marrón.

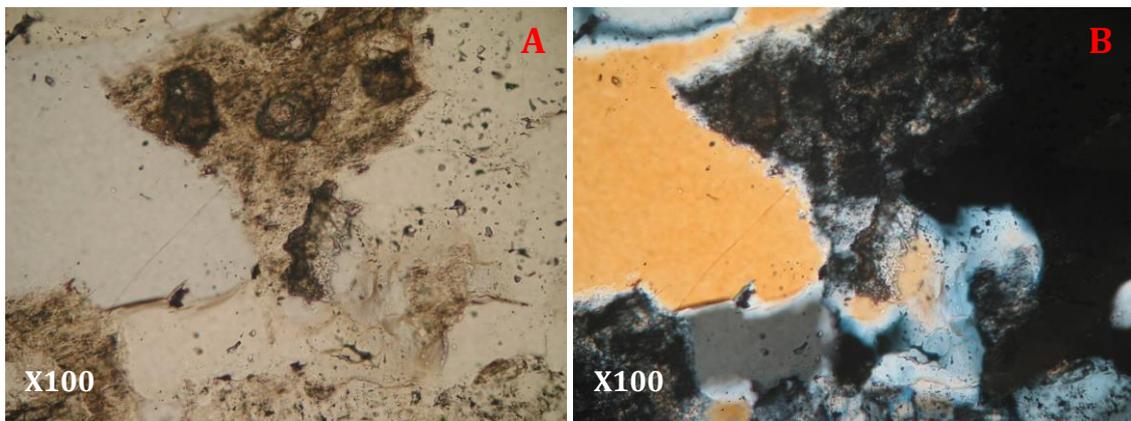


Figura 43. A) Fotografía tomada con luz natural en el microscopio de transmisión. Cristal de scheelita en el centro de la imagen en cuarzo que presenta numerosas inclusiones fluidas. B) Fotografía tomada con nicols cruzados en el microscopio de transmisión. El cristal de scheelita presenta unos colores de birrefringencia amarillentos blanquecinos.

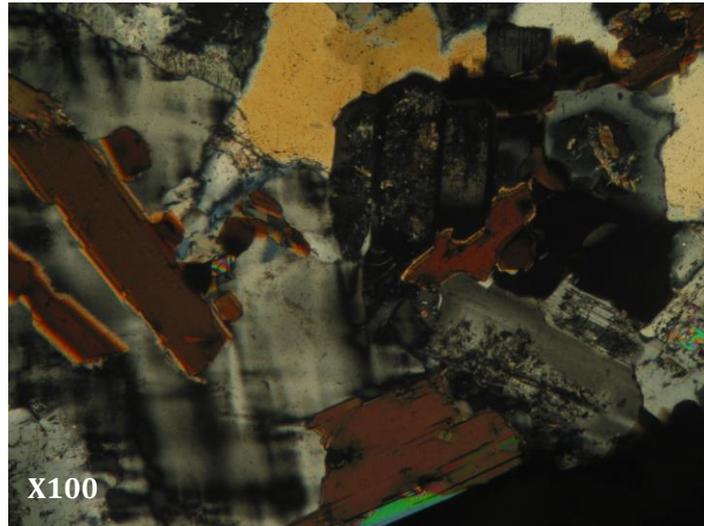


Figura 44. Fotografía tomada con nicols cruzados en el microscopio de transmisión. Incipiente albitización. Se aprecian una textura mirmequítica en los cristales de plagioclasa y feldespato.

MUESTRA: M44-A y M44-B

DATOS DE REFERENCIA	
Muestra	M44-A y M44-B
Coordenadas	(677484, 4812589)
Tipo de muestra	Lámina delgada para sonda
Acabado superficial	30µm con cobre
Color	Sana
Nombre petrográfico	Granito
Situación geográfica	Boal (Asturias)
Situación geológica	Intrusivo hercínico
Objetivo del estudio	Clasificación petrográfica

RESUMEN DE LOS DATOS		
Clasificación petrográfica	Granito de dos micas predominantemente biotítico	
Composición	Minerales principales	Cuarzo, Ortosa, Plagioclasa, Moscovita y Biotita
	Minerales accesorios	Apatito, Zircón, Rutilo, Sheelita y Opacos
	Minerales secundarios	Caolín (Visu), Clorita, Leucoxeno, Limonita, Sericita
Textura	Holocristalina con tendencia inequigranular porfídica seriada	
Tamaño de grano	Fenocristales de Ortosa, Plagioclasa. Cristales no tan grandes de Cuarzo	
Otras características	Cierta porosidad por microfracturas. Dos episodios de cuarzo (neumatolítico e hidrotermal)	
Otros comentarios	No procede	

COMPONENTES PRETROGRÁFICOS		%
Granos	Cuarzo	30
	Microclina	20
	Plagioclasa	15
	Ortosa	15
	Biotita	10
Fases de unión	No existe	-
Otros	Opacos y Accesorios	10
Vacios	-	-

TEXTURA MICROSCÓPICA	
Tipo de textura	Holocristalina hipidiomórfica granuda con tendencia equigranular
Tamaño (grano/cristal)	Variables
Forma (grano/cristal)	Tendencia euhedral
Fase de unión/Bordes	Bordes netos y relativamente bien formados
Espacios vacíos	Porosidad secundaria. Disolución y alteración
Orientación	No procede
Distribución	No procede
Estructuras	No procede
Discontinuidades	No procede
Alteración	Incipiente Albitinización y sericitización. Cloritización
Otras características	No procede

COMPONENTES	DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA
Cuarzo	Abundantes granos que presentan tendencia euhedral bien formados. Suelen aparecer fracturados. El cuarzo presente es monocristalino, pero también aparece cuarzo policristalino en menor cantidad. Posee inclusiones fluidas e inclusiones de minerales como el apatito. (Fig. 45). También aparecen inclusiones de ilmenita (Fig. 49)
Microclina	Presenta en nícoles cruzados unas maclas en forma de enrejado muy características. En algunos granos se aprecian perfitas. También se observa un incipiente albitización ya sea por el reemplazo de las plagioclasa por el feldespato potásico o del mismo por las plagioclasas, debido a esto se identifican bordes mirmequíticos en los cristales. (Fig. 46)
Biotita	Aparece alterada a clorita en algunas zonas. Además presenta ojos de perdiz con inclusiones de Rutilo en su interior (Fig. 47)
Moscovita	Moscovita abundante. Primaria: cristales euhedrales con hábito fibrosos muy pequeños. Secundaria: por procesos de sericitización posteriores a la formación del cuarzo, debido al reemplazamiento de la plagioclasa. No presentan ni inclusiones fluidas ni de minerales. Tampoco se observan deformaciones. (Fig. 47 y 48)

FOTOGRAFÍAS

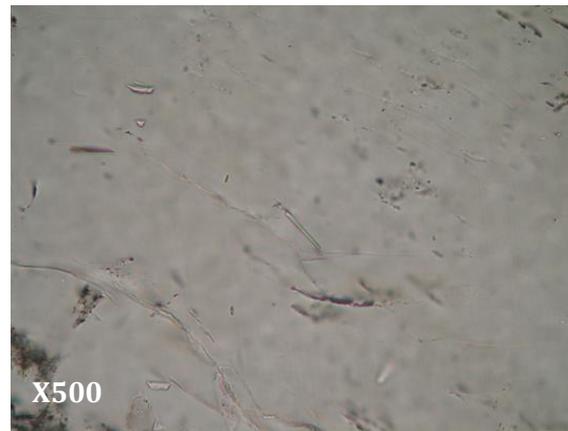


Figura 45. Fotografía tomada con luz natural en el microscopio de transmisión de la muestra M44-B. Agujas de apatito de color verdoso en un grano de cuarzo También se observan algunas inclusiones fluidas.

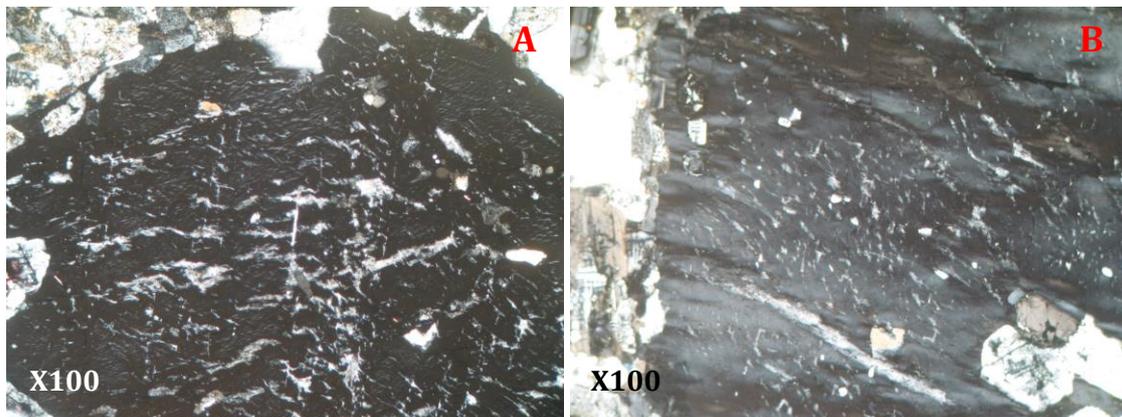


Figura 46. A) Fotografía tomada con nicols cruzados en el microscopio de transmisión de la muestra M44-A. Perthita B) Fotografía tomada con nicols cruzados en el microscopio de transmisión de la muestra M44-A.
Microclina perthítica

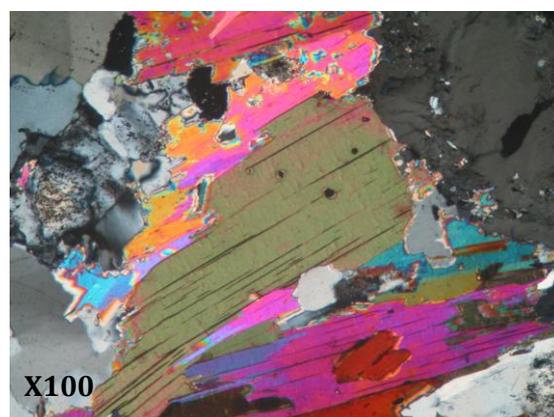


Figura 47. A) Fotografía tomada con nicols cruzados en el microscopio de transmisión de la muestra M44-B. Cristales de rutilo en un grano de biotita. La biotita está ligeramente cloritizada y está rodeada por moscovita.

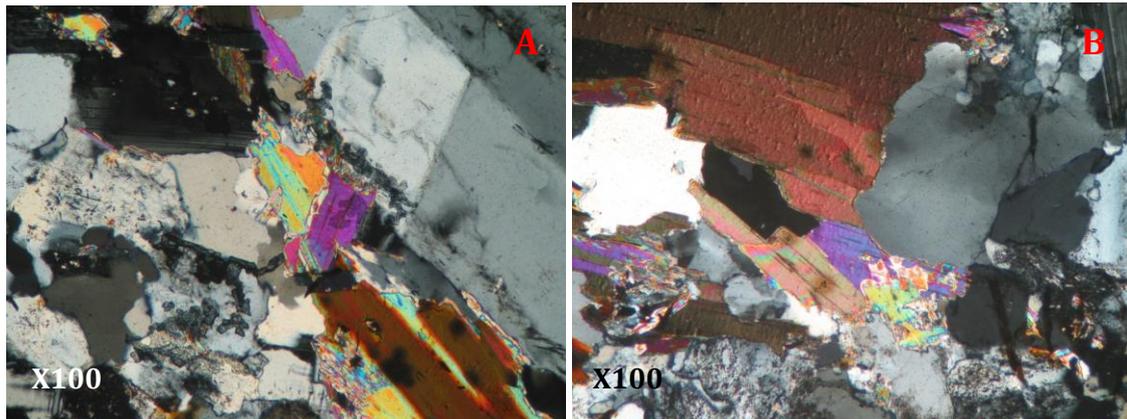


Figura 48. A) Fotografía tomada con nicols cruzados en el microscopio de transmisión de la muestra M44-B. Moscovita primaria y biotita. B) Fotografía tomada con nicols cruzados en el microscopio de transmisión de la muestra M44-B. Moscovita primaria y biotita.

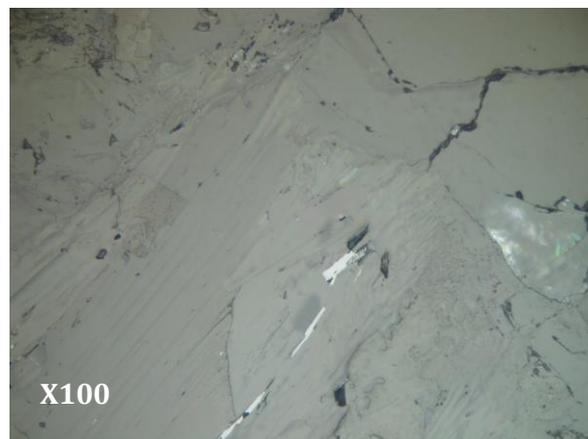


Figura 49. Fotografía tomada con luz natural en el microscopio de reflexión. Cristales de ilmenita, integrado en una ganga de cuarzo.

MUESTRA: E-1

DATOS DE REFERENCIA	
Muestra	E-1
Coordenadas	(676278, 4811349)
Tipo de muestra	Lámina delgada para sonda
Acabado superficial	30µm con cobre
Color	Sana
Nombre petrográfico	Cuarzo
Situación geográfica	Boal (Asturias)
Situación geológica	Intrusivo hercínico
Objetivo del estudio	Clasificación petrográfica

RESUMEN DE LOS DATOS		
Clasificación petrográfica		Filón de cuarzo
Composición	Minerales principales	Cuarzo
	Minerales accesorios	Apatito
	Minerales secundarios	Limonita y Gohetita
Textura		Cristalina
Tamaño de grano		Cuarzo monocristalino de gran tamaño
Otras características		Cierta porosidad por microfracturas. Dos episodios de cuarzo (neumatolítico e hidrotermal)
Otros comentarios		No procede

COMPONENTES PRETROGRÁFICOS		%
Granos	Cuarzo	90
	Limonita-Gohetita	10
Fases de unión	No existe	-
Otros	Opacos y Accesorios	-
Vacios	-	-

TEXTURA MICROSCÓPICA	
Tipo de textura	Cristalina
Tamaño (grano/cristal)	Cuarzo monocristalino de gran tamaño, aunque también aparecen otros pequeños. El resto de minerales, los tamaños son variables porque se concentran en las fracturas
Forma (grano/cristal)	Tendencia euhedral
Fase de unión/Bordes	Bordes netos y relativamente bien formados
Espacios vacíos	Porosidad secundaria. Disolución y alteración
Orientación	Limonita-Gohetita concentrada y orientada a favor de fracturas
Distribución	No procede
Estructuras	No procede
Discontinuidades	Fracturas rellenas de Limonita-Gohetita
Alteración	Oxidación
Otras características	Presenta un elevado número de inclusiones fluidas bifásicas

COMPONENTES	DESCRIPCIÓN PETROGRÁFICA
Cuarzo	Cristal de cuarzo monocristalino muy bien formado. Se aprecian algunas discontinuidades tipo fracturas y microfracturas que están en algunos casos rellenos por otros minerales. Posee inclusiones numerosas fluidas bifásicas. (Fig. 50)
Limonita-Gohetita	El fión de cuarzo arrastró minerales pertenecientes al encajante como la biotita. La biotita no es estable en las condiciones actuales del filón por lo que se seritizó. Al aumentar la alteración este mineral se limoniza y aparece también gohetita. Se aprecia el hábito radial y el color rojizo característicos de dichos minerales (Fig. 51)

FOTOGRAFÍAS

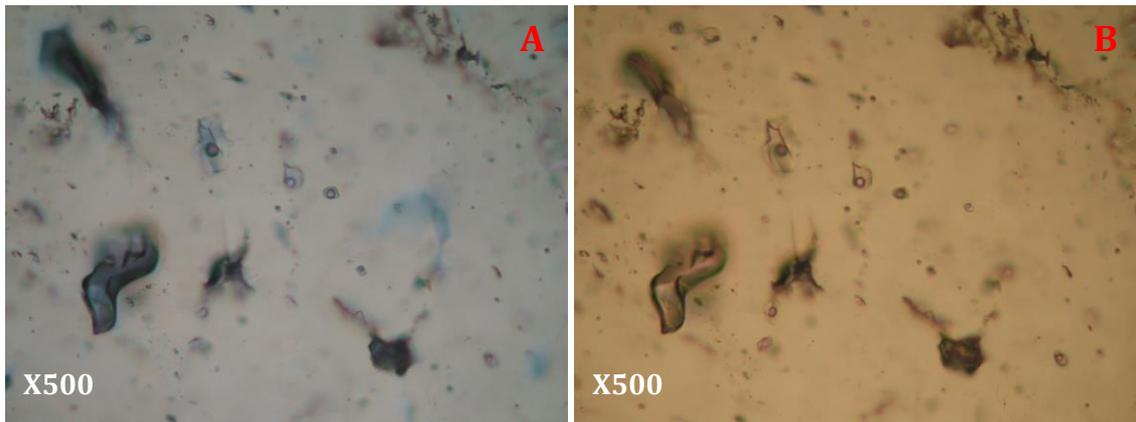


Figura 50. Inclusiones fluidas bifásicas en el cristal de cuarzo. A) Fotografía tomada con luz natural en el microscopio de transmisión. B) Fotografía tomada con nicols cruzados en el microscopio de transmisión

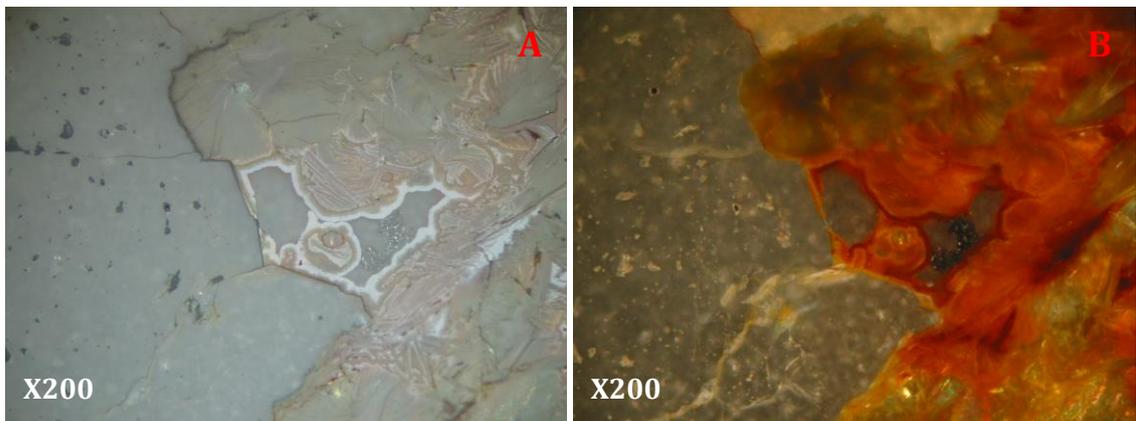
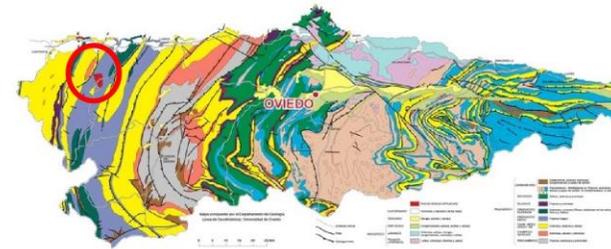
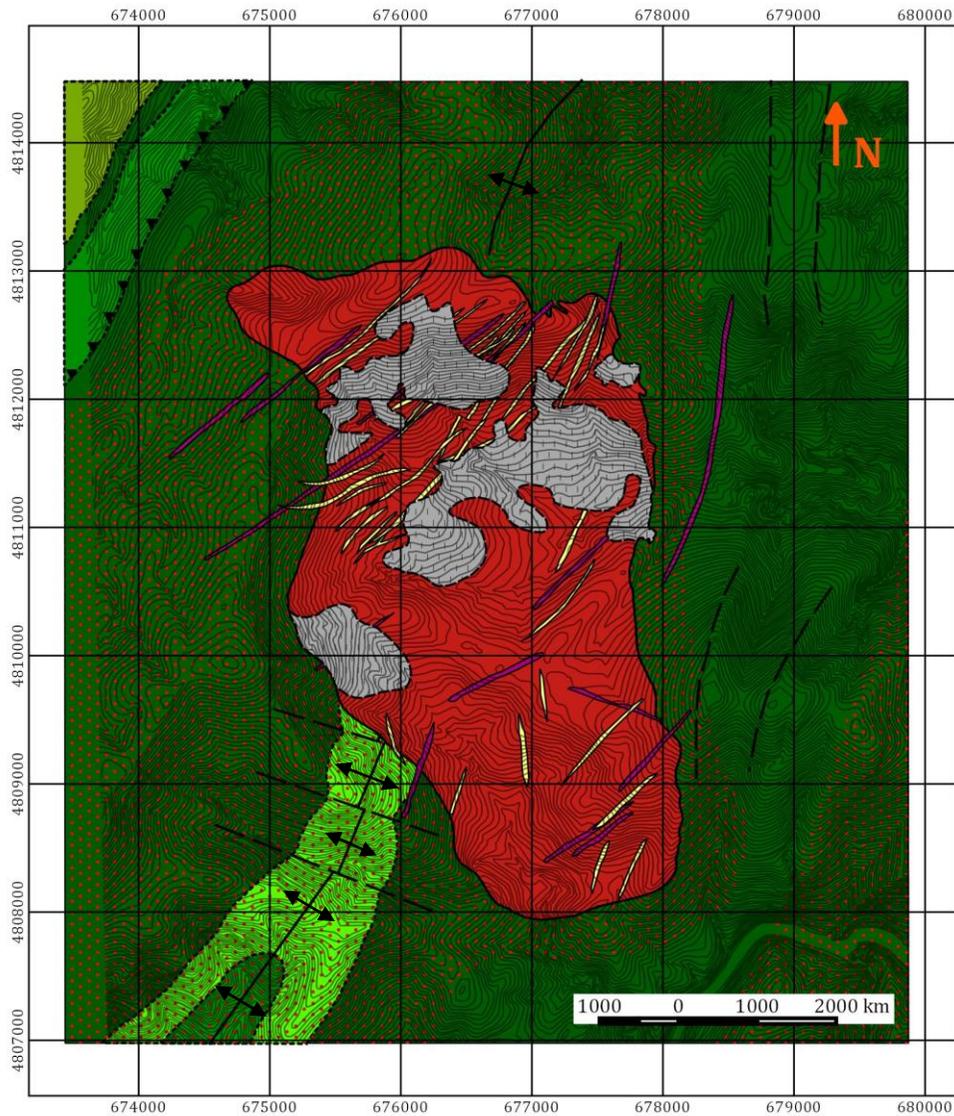


Figura 51. Cristales de Limonita-Gohetita A) Fotografía tomada con luz natural en el microscopio de transmisión. B) Fotografía tomada con nicols cruzados en el microscopio de transmisión

ANEXO II: CARTOGRAFÍA EN EL ENTORNO DE BOAL Y ALREDEDORES

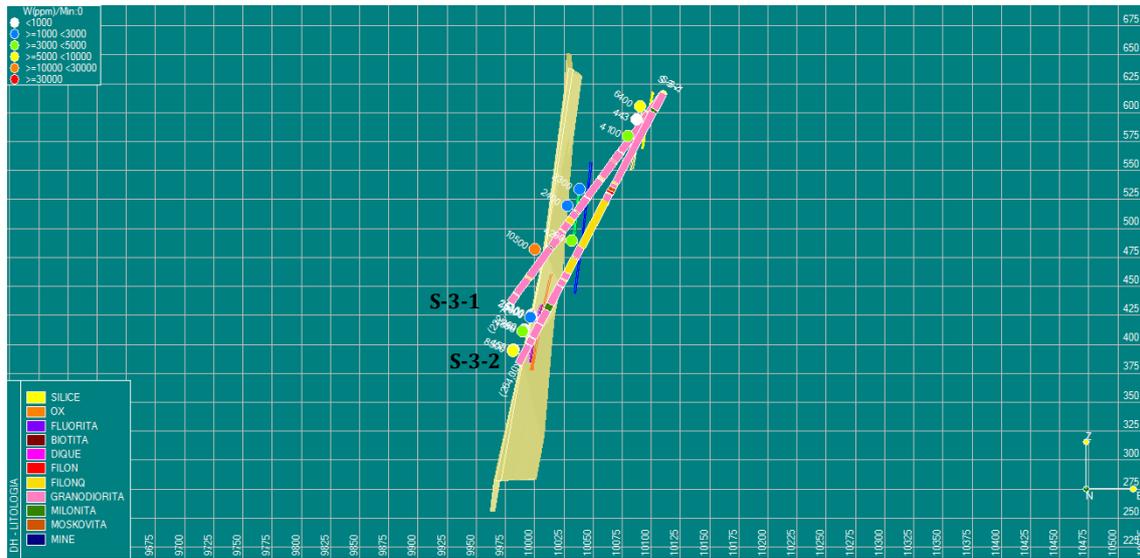


Leyenda

- Pliegue Anticlinal
- Falla Supuesta
- Cabalgamiento
- Coluvión
- Pizarras de Luarca
- Cuarcitas
- Serie de los Cabos
- Calizas de Vegadeo
- Areniscas de Cándana-Herrería
- Filones Mineralizados
- Rocas Filonianas
- Plutón
- Plutón Alterado
- Metamorfismo de Contacto

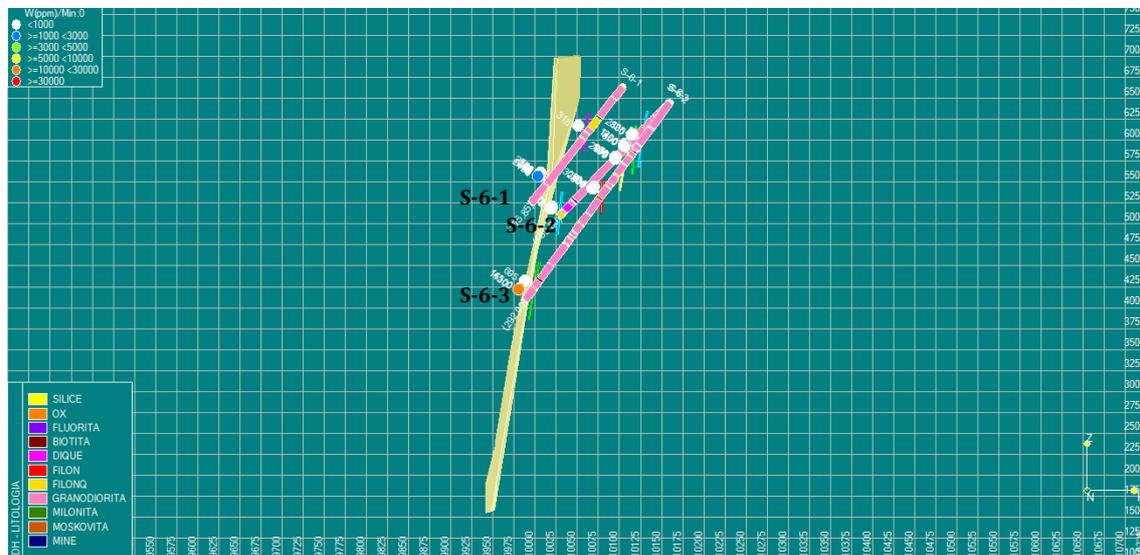


C) Sección 3 en Perfil 3: S-3



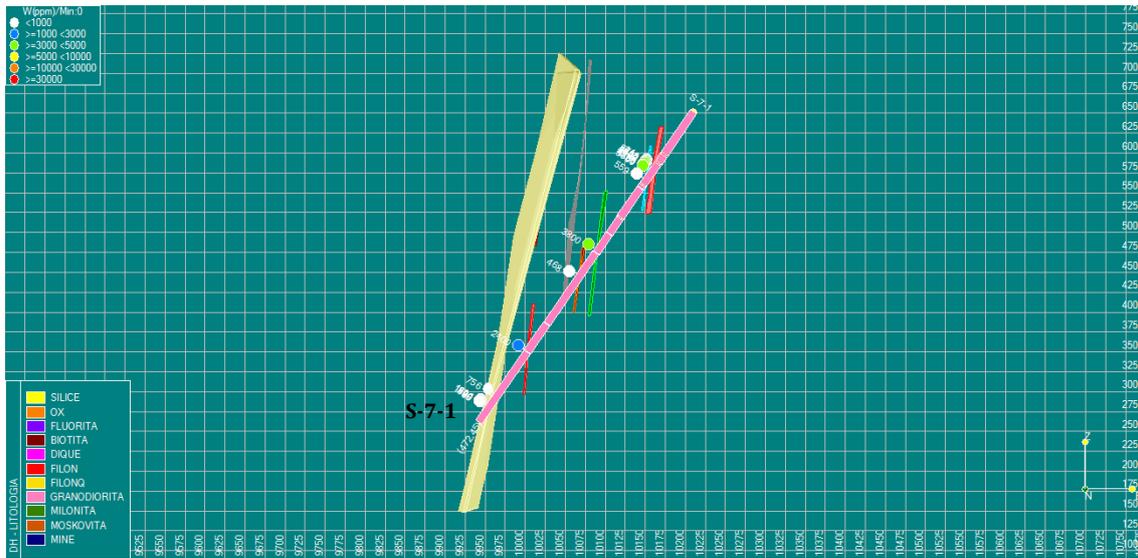
Las trazas en colores hacen referencia a la interpretación de los filones con mineralización económica.

D) Sección 4 en Perfil 6: S-6



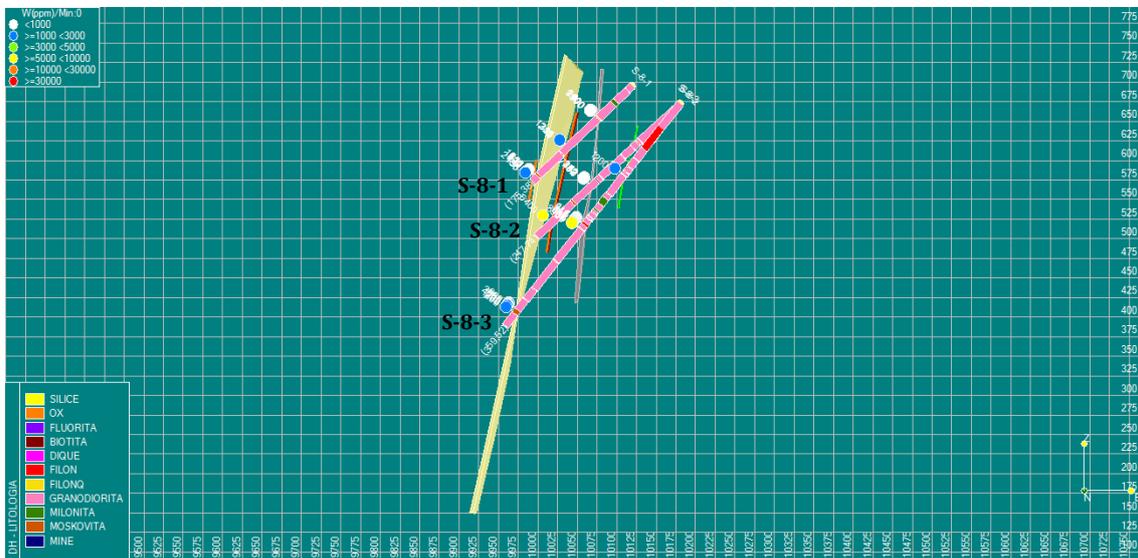
Las trazas en colores hacen referencia a la interpretación de los filones con mineralización económica.

E) Sección 5 en Perfil 7: S-7



Las trazas en colores hacen referencia a la interpretación de los filones con mineralización económica.

F) Sección 6 en Perfil 8: S-8



Las trazas en colores hacen referencia a la interpretación de los filones con mineralización económica.