

# UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

FACULTAD DE CIENCIAS

INGENIERÍA GEOLÓGICA



PROYECTO FIN DE CARRERA

## **COTOVIO. EXPLORACIÓN MINERA EN LA FAJA PIRÍTICA PORTUGUESA**

MARÍA DE LOS REMEDIOS MARTÍNEZ FRUTOS

2012

# UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

FACULTAD DE CIENCIAS

INGENIERÍA GEOLÓGICA



PROYECTO FIN DE CARRERA

## **COTOVIO. EXPLORACIÓN MINERA EN LA FAJA PIRÍTICA PORTUGUESA**

Realizado por:

**MARÍA DE LOS REMEDIOS MARTÍNEZ FRUTOS**

Para la obtención del título de Ingeniería Geológica

Tutores del Proyecto:

JOSE MARIO CASTELO BRANCO

MARÍA DOLORES PEREIRA GÓMEZ

2012

**Dña. María Dolores Pereira Gómez**, Profesora Titular del Área de Petrología y Geoquímica del Departamento de Geología de la Universidad de Salamanca.

**D. Jose Mario Castelo Branco**, director de prospección Iberia, Lunnin Mining Exploration.

**CERTIFICAN:**

Que el Trabajo Fin de Carrera titulado "Cotovio. Exploración minera en la Faja Pirítica Portuguesa" ha sido realizado bajo su tutela por Dña. María de los Remedios Martínez Frutos.

Salamanca, a 13 de junio de 2012.

María Dolores Pereira

Jose Mario Castelo Branco



“La experiencia no consiste en el número de cosas que se han visto, sino en el número de cosas que se han reflexionado”.

*José María De Pereda*

## Agradecimientos

Gracias a todos los que de una forma directa o indirecta han colaborado para que este proyecto hoy sea un hecho.

A Don Jose Mario Castelo Branco, por darme la magnífica oportunidad de conocer el mundo de la exploración minera desde la empresa *AGC Minas de Portugal* y por ser mi tutor en este proyecto.

A Dña. María Dolores Pereira, por ser mi tutora en la universidad y por su ayuda.

A mis compañeros de trabajo en AGC, por su amistad, sus conocimientos y sus colaboraciones en este proyecto. Gracias Vitor Araújo, Jorge Carriedo, Ángela Pañeda, Carla Bastos, Patricia Ribeiro, Cátia Ramos, Rita Tadeu.

A mi madre, mi gratitud eterna por su apoyo incondicional.

A mis hermanos y a mis amigos por acompañarme.

Este trabajo se ha realizado gracias a la estancia durante tres meses en la empresa "AGC Minas de Portugal", dentro del programa de becas ERASMUS PRÁCTICAS UNIVERSIA.

## CONTENIDO

---

---

Introducción.....	9
Exploración minera .....	9
Metodología de la investigación minera .....	10
Herramientas y técnicas de exploración minera .....	11
Interpretación de resultados .....	16
Introducción a La Faja Pirítica.....	17
Antecedentes al trabajo y objetivos.....	19
Historia: reflector sísmico target de Cotovio:.....	19
Marco geológico.....	22
Marco geotectónico .....	22
Minas en la Faja Pirítica .....	22
La estratigrafía de la Zona Sur-Portuguesa.....	25
La Faja Pirítica .....	25
Metamorfismo de la Zona Sur-Portuguesa.....	33
Metamorfismo hidrotermal en la Faja Pirítica .....	33
Metamorfismo regional .....	35
Tectónica en la Faja Pirítica.....	36
Varisca .....	36
Tardi y post-varisca .....	37
Metodología del trabajo.....	38
Resultados.....	40
Testificación.....	41
Geofísica .....	45
TEM ( <i>time-domain electro magnetics</i> ) .....	45
BHEM( <i>borehole electro magnetics</i> ).....	48
Petrografía.....	50
Geoquímica .....	51
Discusión de los resultados y conclusiones.....	53
Bibliografía.....	55

Anexos .....	57
Anexo 1 .....	58
Anexo 2 .....	59
Anexo 3 .....	60
Anexo 4 .....	61
Anexo 5 .....	62

**COTOVIO**

M<sup>a</sup> Remedios Martínez Frutos

## INTRODUCCIÓN

---

El presente trabajo se ha realizado en el marco de unas prácticas en la empresa "AGC Minas de Portugal" gracias a una beca del programa ERASMUS PRÁCTICAS UNIVERSIA en el curso 2010-2011.

Durante la estancia en la empresa he aprendido a desarrollar todo el protocolo de trabajo relacionado con la prospección minera, aunando esta experiencia a los conocimientos recibidos durante la carrera de Ingeniería Geológica. Se expone aquí un resumen de los conocimientos teóricos adquiridos, que servirán para aplicarlos en el objetivo fundamental del trabajo: esclarecer la existencia o no de una capa mineralizada en el sondeo de COTOVIO.

### EXPLORACIÓN MINERA

---

La exploración minera es el conjunto de las actividades socioeconómicas que se llevan a cabo para obtener recursos de una mina (un yacimiento de minerales). Los orígenes más remotos de estas exploraciones se remontan al Paleolítico, ya que se hallaron indicios de que los hombres prehistóricos excavaban para extraer hematites hace unos 43.000 años.

La explotación de un yacimiento minero supone la existencia de una concentración de un mineral, elemento o roca con suficiente valor económico como para sustentar esta explotación minera con un beneficio industrial para la empresa. Para que esto se produzca, se ha de cumplir la ecuación:

$$\text{Valor Producción} = \text{Costes} + \text{Beneficios}$$

El valor de la producción se obtiene mediante la valoración económica del yacimiento, de acuerdo con los datos del estudio de investigación minera, y por tanto, dependen de la naturaleza y características de la mineralización, que serán unas determinadas. De forma que para poder cumplir con esta condición, se tienen que analizar los costes que implica la explotación minera del yacimiento.

La explotación de los yacimientos minerales es una actividad de alto riesgo económico, ya que supone unas inversiones a largo

plazo que muchas veces se sustentan en precios del producto minero sujetos a altas oscilaciones.

---

#### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN MINERA

---

En Investigación Minera se suele subdividir el trabajo en tres etapas claramente diferenciadas, de forma que solamente se aborda la siguiente en caso de que la anterior haya cumplido satisfactoriamente los objetivos previstos.

**PREEXPLORACIÓN:** Tiene por objeto determinar si una zona concreta, normalmente de gran extensión, presenta posibilidades de que exista un tipo determinado de yacimiento mineral. Esto se establece en función de la información de que disponemos sobre ese tipo de yacimiento y sobre la geología de la región de estudio. Suele ser un trabajo fundamentalmente de gabinete, en el que contaremos con el apoyo de información bibliográfica, mapas, fotos aéreas, imágenes de satélite, etc., aunque puede incluir alguna salida al campo para reconocer las zonas de mayor interés.

**EXPLORACIÓN:** Una vez establecidas las posibilidades de la región estudiada, se pasa al estudio sobre el terreno. En esta fase aplicaremos las diversas técnicas disponibles para llevar a cabo de forma lo más completo posible el trabajo, dentro de las posibilidades presupuestarias del mismo. Su objeto final debe ser corroborar o descartar la hipótesis inicial de existencia de mineralizaciones del tipo prospectado.

**EVALUACIÓN:** Tras detectar una mineralización de interés minero, es decir, en la que observamos caracteres que permiten suponer que pueda llegar a ser explotada, pasamos a llevar a cabo su evaluación o valoración económica. A pesar de lo que pueda parecer, los datos de ésta no son aún concluyentes, y debe ir seguida, en caso de que la valoración económica sea positiva, de un estudio de viabilidad, que contemple todos los factores geológicos, mineros, sociales, ambientales, etc., que pueden permitir (o no) que una explotación se lleve a cabo.

Para cumplir con cada uno de estos objetivos disponemos de una serie de herramientas, unas para aplicar en campo y otras en gabinete.

---

## HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE EXPLORACIÓN MINERA

---

La exploración minera se basa en una serie de técnicas, unas instrumentales y otras empíricas, de coste muy diverso. Por ello, normalmente se aplican de forma sucesiva, sólo en caso de que el valor del producto sea suficiente para justificar su empleo, y sólo si son necesarias para complementar las técnicas que ya se hayan utilizado hasta el momento. Las técnicas serían las siguientes:

---

### RECOPILOCIÓN DE INFORMACIÓN

---

Es una de las técnicas preliminares, de bajo coste, que puede llevarse a cabo en la propia oficina, si bien en algunos casos supone ciertos desplazamientos, para localizar la información en fuentes externas (bibliotecas, bases de datos). Consiste básicamente en recopilar toda la información disponible sobre el tipo de yacimiento prospectado (características geológicas, volúmenes de reservas esperables, características geométricas), así como sobre la geología de la zona de estudio y de su historial minero (tipo de explotaciones mineras que han existido, volumen de producciones, causas del cierre de las explotaciones). Toda esta información nos debe permitir establecer el modelo concreto de yacimiento a prospectar y las condiciones bajo las que debe llevarse a cabo el proceso de prospección.

---

### TELEDETECCIÓN

---

La utilización de la información de los satélites artificiales que orbitan nuestro planeta puede ser de gran interés en investigación minera. Sigue siendo una técnica de relativamente bajo coste (condicionado por el precio de la información a recabar de los organismos que controlan este tipo de información) y que se aplica desde gabinete, aunque también a menudo complementada con salidas al campo.

---

### GEOLOGÍA

---

El estudio en mayor o menor detalle de las características de una región siempre es necesario en cualquier estudio de ámbito minero, ya que cada tipo de yacimiento suele presentar unos condicionantes específicos que hay que conocer para poder llevar a cabo con mayores garantías de éxito nuestra exploración, así como otras que puedan emprenderse en el futuro. Es un estudio que se lleva a cabo durante las fases de preexploración y exploración, ya que su coste aún suele ser bastante bajo. Tiene también un aspecto dual, en el sentido de que en parte puede hacerse en gabinete, a partir de los datos de la recopilación de información y de la teledetección, pero cuando necesita un cierto detalle, hay que complementarla con observaciones sobre el terreno.

Dentro del término genérico de geología se engloban muchos apartados distintos del trabajo de reconocimiento geológico de un área. La cartografía geológica (o elaboración de un mapa geológico de la misma) incluye el levantamiento estratigráfico (conocer la sucesión de materiales estratigráficos presentes en la zona), el estudio tectónico (identificación de las estructuras tectónicas, como fallas, pliegues, que afectan a los materiales de la zona), el estudio petrológico (correcta identificación de los distintos tipos de rocas), hidrogeológico (identificación de acuíferos y de sus caracteres más relevantes), etcétera. En cada caso tendrán mayor o menos importancia unos u otros, en función del control concreto que presente la mineralización investigada.

#### GEOQUÍMICA

---

La prospección geoquímica consiste en el análisis de muestras de sedimentos de arroyos o de suelos o de aguas, o incluso de plantas que puedan concentrar elementos químicos relacionados con una determinada mineralización. Tiene su base en que los elementos químicos que componen la corteza tienen una distribución general característica, que aunque puede ser distinta para cada área diferente, se caracteriza por presentar un rango de valores definido por una distribución unimodal log-normal. En otras palabras, la concentración "normal" de ese elemento en las muestras de una región aparece como una campana

de gauss en un gráfico semilogarítmico. Sin embargo, cuando hay alguna concentración anómala de un determinado elemento en la zona (que puede estar producida por la presencia de un yacimiento mineral de ese elemento), esta distribución se altera, dando origen por lo general a una distribución bimodal, que permite diferenciar las poblaciones normal (la existente en el entorno de la mineralización) y anómala (que se situará precisamente sobre la mineralización).

El coste de estas técnicas suele ser superior al de las de carácter geológico, ya que implican un equipo de varias personas para la toma y preparación de las muestras, y el coste de los análisis correspondientes. Por ello, se aplican cuando la geología ofrece ya información que permite sospechar con fundamento la presencia de yacimientos.

#### GEOFÍSICA

---

Las diversas técnicas aplicables y su campo de aplicación pueden ser los siguientes:

**MÉTODOS ELÉCTRICOS:** Se basan en el estudio de la conductividad (o su inverso, la resistividad) del terreno, mediante dispositivos relativamente simples. Se utilizan para identificar materiales de diferentes conductividades: por ejemplo, los sulfuros suelen ser muy conductores.

**MÉTODOS ELECTROMAGNÉTICOS:** Tiene su base en el estudio de otras propiedades eléctricas o electromagnéticas del terreno. El más utilizado es el método de la Polarización Inducida, que consiste en medir la cargabilidad del terreno: se introduce una corriente eléctrica de alto voltaje en el terreno y al interrumpirse ésta se estudia cómo queda cargado el terreno y cómo se produce el proceso de descarga eléctrica. Muy utilizado para prospección de sulfuros, ya que son los que presentan mayores cargabilidades. Otras técnicas: polarización espontánea, métodos magnetotelúricos, etc.

**MÉTODOS MAGNÉTICOS:** Basados en la medida del campo magnético sobre el terreno. Este campo magnético como sabemos es función del campo magnético terrestre, pero puede verse afectado por las rocas existentes en un punto determinado, sobre todo si existen en la misma minerales ferromagnéticos, como la magnetita o la

pirrotina. Estos minerales producen una alteración del campo magnético local que es detectable mediante los denominados magnetómetros.

**MÉTODOS GRAVIMÉTRICOS:** se basan en la medida del campo gravitatorio terrestre, que al igual que en el caso anterior, puede estar modificado de sus valores normales por la presencia de rocas específicas, en este caso de densidad distinta a la normal. El gravímetro es el instrumento que se emplea para detectar estas variaciones, que por su pequeña entidad y por la influencia que presentan las variaciones topográficas requieren correcciones muy detalladas, y por tanto, también muy costosas. Esta técnica ha sido utilizada con gran efectividad en la detección de cuerpos de sulfuros masivos en la Faja Pirítica Ibérica.

**MÉTODOS RADIOMÉTRICOS:** se basan en la detección de radioactividad emitida por el terreno, y se utilizan fundamentalmente para la prospección de yacimientos de uranio, aunque excepcionalmente se pueden utilizar como método indirecto para otros elementos o rocas. Esta radioactividad emitida por el terreno se puede medir o bien sobre el propio terreno, o bien desde el aire, desde aviones o helicópteros. Los instrumentos de medida más usuales son básicamente de dos tipos: Escintilómetros (también llamados contadores de centelleo) o contadores Geiger. No obstante, estos instrumentos sólo miden radioactividad total, sin discriminar la longitud de onda de la radiación emitida. Más útiles son los sensores capaces de discriminar las distintas longitudes de onda, porque éstas son características de cada elemento, lo que permite discriminar el elemento causante de la radioactividad.

**SÍSMICA:** La transmisión de las ondas sísmicas por el terreno está sujeta a una serie de postulados en los que intervienen parámetros relacionados con la naturaleza de las rocas que atraviesan. De esta forma, si causamos pequeños movimientos sísmicos, mediante explosiones o caída de objetos pesados y analizamos la distribución de las ondas sísmicas hasta puntos de medida estratégicamente situados, al igual que se hace con las ondas sonoras en las ecografías, podemos establecer conclusiones

sobre la naturaleza de las rocas del subsuelo. Se diferencian dos grandes técnicas diferentes: la sísmica de reflexión y la de refracción, que analizan cada uno de estos aspectos de la transmisión de las ondas sísmicas. Es una de las técnicas más caras.

En definitiva, la geofísica dispone de toda una gama de herramientas distintas de gran utilidad, pero que hay que saber aplicar a cada caso concreto en función de dos parámetros: su coste, que debe ser proporcional al valor del objeto de la exploración, y la viabilidad técnica, que debe considerarse a la luz del análisis preliminar de las características físicas de este mismo objeto.

#### CALICATAS

---

A menudo, tras la aplicación de las técnicas anteriores seguimos teniendo dudas razonadas sobre si lo que estamos investigando es o no algo con interés minero. Por ejemplo, podemos tener una anomalía geoquímica de plomo y una anomalía de geofísica eléctrica, pero será una mineralización de galena o una tubería antigua enterrada? En estos casos, para verificar a bajo coste nuestras interpretaciones sobre alineaciones de posible interés minero se pueden hacer zanjas en el terreno mediante pala retroexcavadora, que permitan visualizar las rocas situadas justo debajo del suelo analizado o reconocido. Además, estas calicatas permitirán obtener muestras más representativas de lo que exista en el subsuelo, aunque no hay que olvidar que por su pequeña profundidad de trabajo (1-3 metros, a lo sumo) siguen sin ser comparables a lo que pueda existir por debajo del nivel de alteración meteórica, dado que precisamente las mineralizaciones suelen favorecer la alteración supergénica.

#### SONDEOS MECÁNICOS

---

Los sondeos son una herramienta vital para la investigación minera, que nos permite confirmar o desmentir nuestras interpretaciones, ya que esta técnica permite obtener muestras del subsuelo a profundidades variables. Su principal problema deriva de su representatividad, pues no hay que olvidar que

estas muestras constituyen, en el mejor de los casos (sondeos con recuperación de testigo continuo) un cilindro de roca de algunos centímetros de diámetro, que puede no haberse recuperado completamente (ha podido haber pérdidas durante la perforación o la extracción), y que puede haber cortado la mineralización en un punto excepcionalmente pobre o excepcionalmente rico. No obstante, son la información más valiosa de que se dispone sobre la mineralización mientras no se llegue hasta ella mediante labores mineras.

Los sondeos mecánicos son un mundo muy complejo, en el que existe toda una gama de posibilidades, tanto en cuanto al método de perforación (percusión, rotación, rotopercusión), como en lo que se refiere al diámetro de trabajo (desde diámetros métricos a milimétricos), en cuanto al rango de profundidades alcanzables (que puede llegar a ser de miles de metros en los sondeos petrolíferos), en cuanto al sistema de extracción del material cortado (recuperación de testigo continuo, arrastre por el agua de perforación, o por aire comprimido). Todo ello hace que la realización de sondeos mecánicos sea una etapa especialmente importante dentro del proceso de investigación minera, y requiera la toma de decisiones más detallada y problemática.

---

#### INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

---

A la vista de lo hasta ahora expuesto, el proceso de exploración minera consiste en una toma de datos continua que hay que ir interpretando sobre la marcha, de forma que cada decisión que se tome de seguir o no con las etapas siguientes esté fundamentada en unos datos que apoyan o no a nuestra interpretación preliminar.

De esta forma, cada etapa de la investigación que desarrollamos debe ir encaminada precisamente a apoyar o desmentir las interpretaciones preliminares, mediante nuevos datos que supongan una mejora de la interpretación, pero sin buscar sistemáticamente la confirmación a toda costa de nuestra idea.

*(Pablo Higuera, última visita el día 15 de mayo de 2012.  
<http://www.uclm.es/users/higuera/yymm/MarcoNuevo.htm>)*

## INTRODUCCIÓN A LA FAJA PIRÍTICA

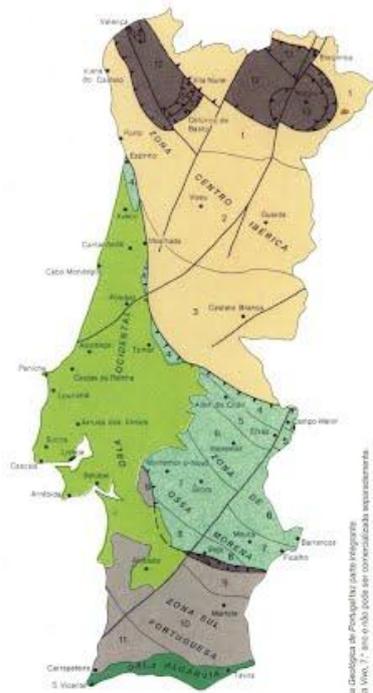
La Zona Sur Portuguesa se localiza al sur de la península Ibérica, al sur de la Ossa Morena. La Faja Pirítica se encuentra en la Zona Sur-Portuguesa (ver figura 1).

La Faja Pirítica es una de las provincias metalogénicas más importantes del mundo. Probablemente contiene la mayor concentración de sulfuros masivos de la corteza terrestre. Se encuentra al suroeste de la península Ibérica (Tornos, 2008).

Los sulfuros masivos situados en la zona meridional, mayoritariamente encajados en pizarra, se caracterizan por su gran tamaño, carácter estratiforme, la ausencia de refino hidrotermal, la abundancia de estructuras sedimentarias, la ausencia de sulfatos, la presencia local de cantidades significativas de siderita y las relativamente bajas leyes en metales base. Se interpreta que su formación ocurrió en un ambiente exhalativo, en cuencas anóxicas.

La mayor parte de estos depósitos (Aznalcóllar-Los Frailes, Sotiel-Migollas, Valverde, Tharsis y Neves Corvo) se formaron en un intervalo de tiempo de menos de 5 millones de años, indicando que la actividad hidrotermal tuvo lugar en un pulso intenso pero de corta duración.

Los depósitos de la zona septentrional están encajados en rocas volcanoclásticas félsicas ricas en roca pómez o vidrio, que parecen estar a techo o entre complejos tipo domo. Se caracterizan por tener tonelajes generalmente inferiores a los anteriores, pero con leyes más elevadas en metales base y preciosos. Su morfología es lenticular, tienen una importante zonación de los metales,



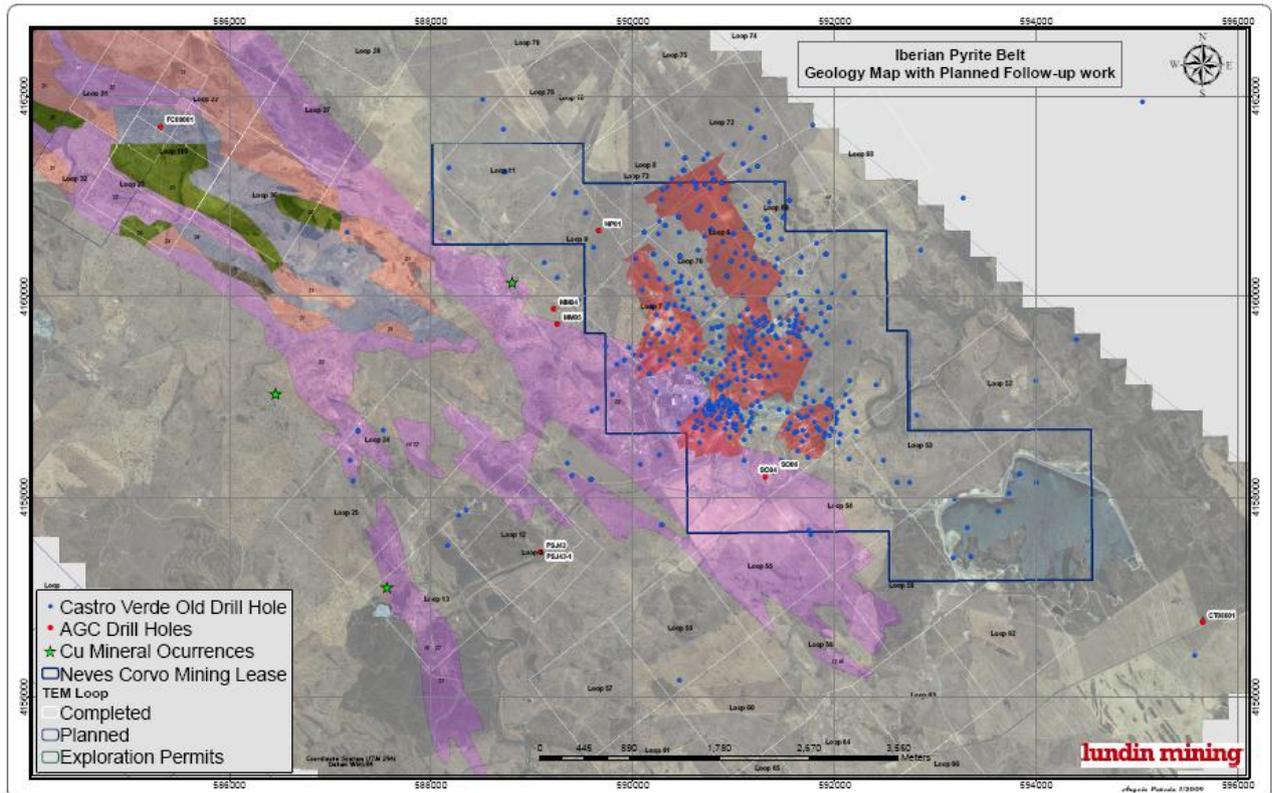
**Figura 1:** Unidades geotectónicas fundamentales de Portugal continental.

carecen de estructuras sedimentarias y a veces son ricos en sulfatos y magnetita. Se interpretan como formados por remplazamiento de las rocas volcánicas debajo del fondo marino. (*Tornos, 2008*)

## ANTECEDENTES AL TRABAJO Y OBJETIVOS

Numerosos son los sondeos realizados en el área de la mina de Neves-Corvo (*ver figura 2*). Cotovio es uno de ellos.

La descripción del sondeo de Cotovio, junto con los datos geofísicos y petrográficos que se obtuvieron en la realización del mismo, servirán para evaluar si dicha zona puede ser o no una extensión de la mina.



**Figura 2:** Sondeos en el área de Neves-Corvo.

### HISTORIA: REFLECTOR SÍSMICO "TARGET" DE COTOVIO:

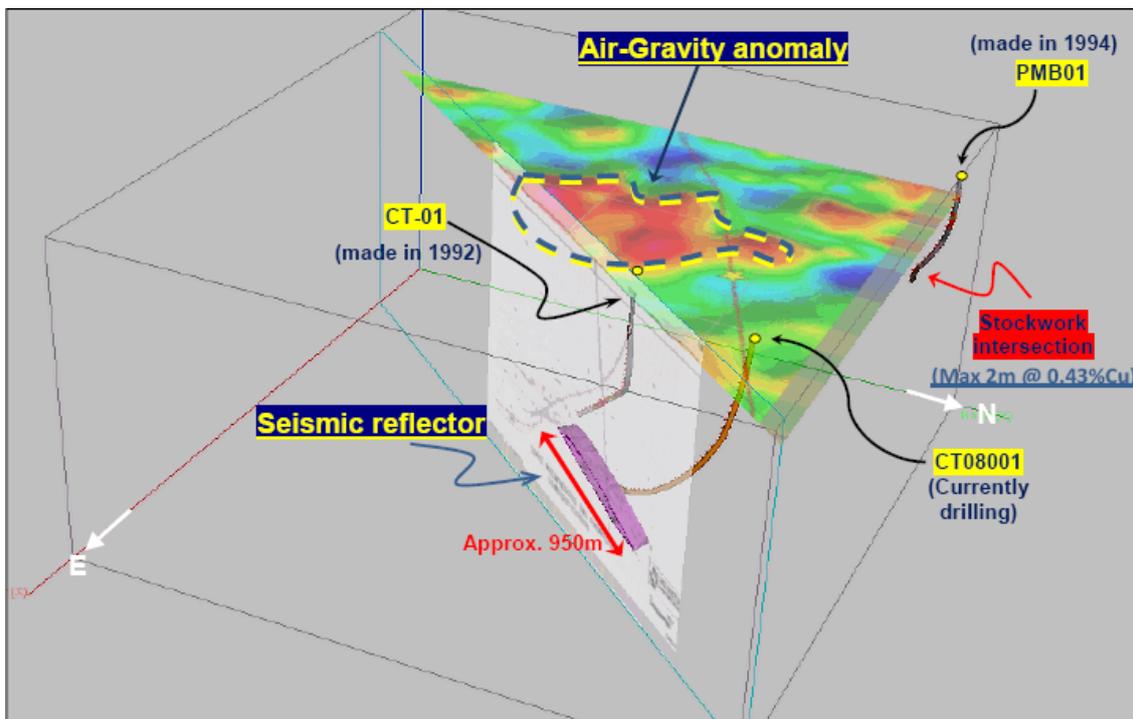
El sector de Cotovio se localiza en terrenos atribuidos a la *Formación de Mértola*, (grupo *Flysch*), a aproximadamente 3 km de la masa de sulfuros de Zambujal, en el límite SE del anticlinal de Neves-Rosario.

Este objetivo fue definido esencialmente por la existencia de un reflector sísmico importante, semejante al producido por la masa de sulfuros de Lombador, detectado en la campaña sísmica conducida por CGG en el año 1991. La posición de este reflector coincide con una anomalía aerogravimétrica de 3.5 x 2 km de tamaño, marcada por un pico de 5 Eotvos.

Durante una campaña realizada en 1992, Somincor intentó cortar este objetivo con un sondeo profundo de 177.65 metros de profundidad (PCT01). Pero este sondeo sufrió un desvío y no llegó a cortar su objetivo. No se intersectó ningún nivel de sulfuros masivos ni había evidencia alguna de mineralización.

De todas formas, en 1994, otro sondeo fue llevado a cabo en un área próxima llamada de *Monte Branco* (PMB01), situado a 2.4km al WNW del sondeo PCT01. Éste intersectó algunas zonas con mineralización tipo "stockwork" encajado en las pizarras verdes y tufitas silíceas. Las zonas mineralizadas se encuentran en los intervalos 1018.85-1038.25m y 1059-1071m, y presentan un máximo de 0.43% de Cu en dos metros a los 1059m de profundidad.

Una vez conocido este potencial, con el objetivo de encontrar el reflector antes indicado y después del "fracaso" del sondeo PCT01, se inició en el mes de octubre de 2008 un sondeo CT08001, que intentó alcanzar el objetivo con perforación direccional (Ver figura 3).



**Figura 3:** Sondeos realizados en el área de Cotovio.

Según estimaciones de la anomalía, en profundidad, entre 900 y 1200m según zonas (marcado con SM?), es donde se encontraría

dicho cuerpo mineralizado. Tendría una longitud aproximada de 950m (ver figura 4a y 4b).

El corte interpretativo se realizó con los datos que se obtuvieron en el sondeo CT01.

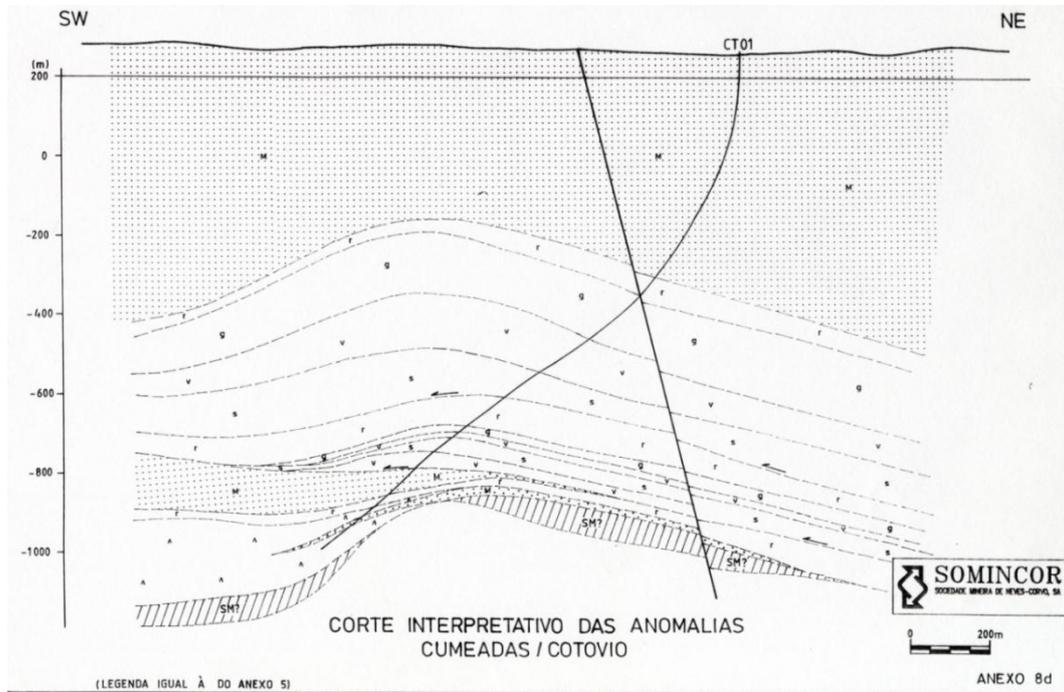


Figura 4a: Estimaciones de las anomalías.

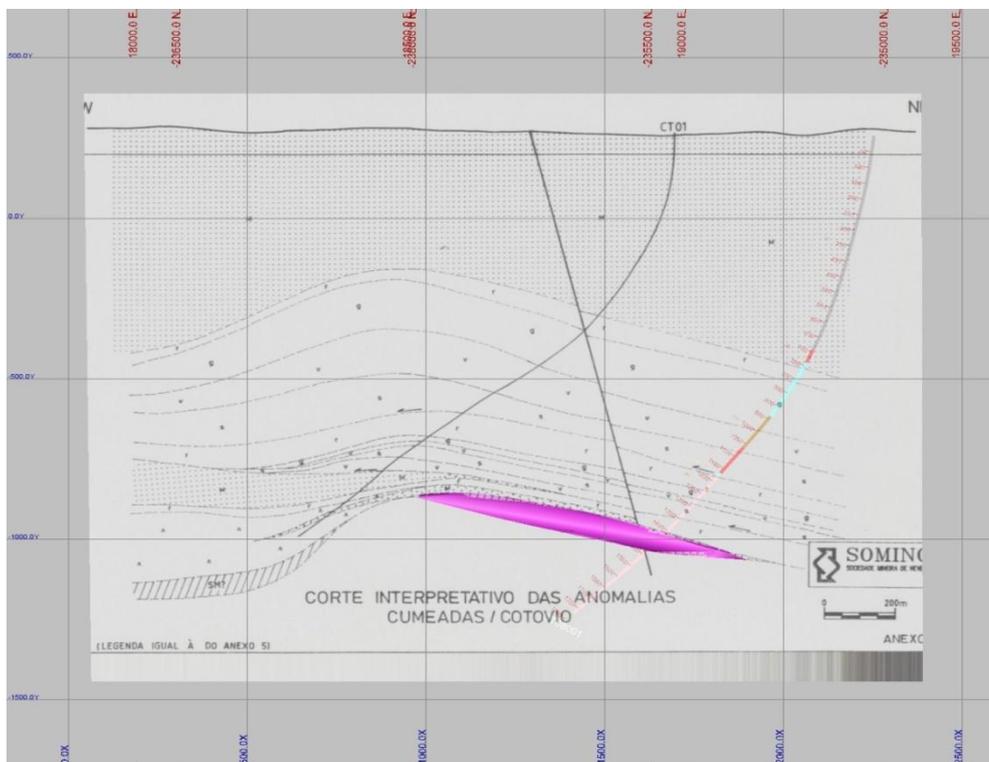


Figura 4b: Estimaciones de las anomalías.

El sondeo CT01 quedaba fuera del reflector sísmico (*figura 5a*), por ello se realizó el CT08001, buscando cortar al mismo.

El sondeo se inició el 16 de octubre y se finalizó el 10 de diciembre de 2008, perforando 1888m de profundidad. En total fueron realizadas 3 correcciones con "Devico tool", contabilizando 139.80m de perforación direccional (*AGC Minas de Portugal, 2011*).

Por tanto, el objetivo de nuestro trabajo es analizar todos los datos obtenidos en Cotovio, desde la recuperación del propio sondeo hasta los datos geoquímicos, geofísicos, su petrología,... para así poder determinar si efectivamente en esa zona se encuentra una capa de mineralización con el suficiente interés cualitativo y cuantitativo que pueda ser explotada.

## MARCO GEOLÓGICO

---

---

### MARCO GEOTECTÓNICO

---

El encuadre geotectónico para estos depósitos es relativamente inusual y distinto al de otras provincias de sulfuros masivos. Se formarían en cuencas *pull apart* sobre corteza continental en el margen pasivo de una zona de colisión transpresiva sinistral. El adelgazamiento cortical y la actividad magmática acelerarían la diagénesis y expulsión de los fluidos connatos y ricos en metales que se incorporarían a las células hidrotermales regionales.

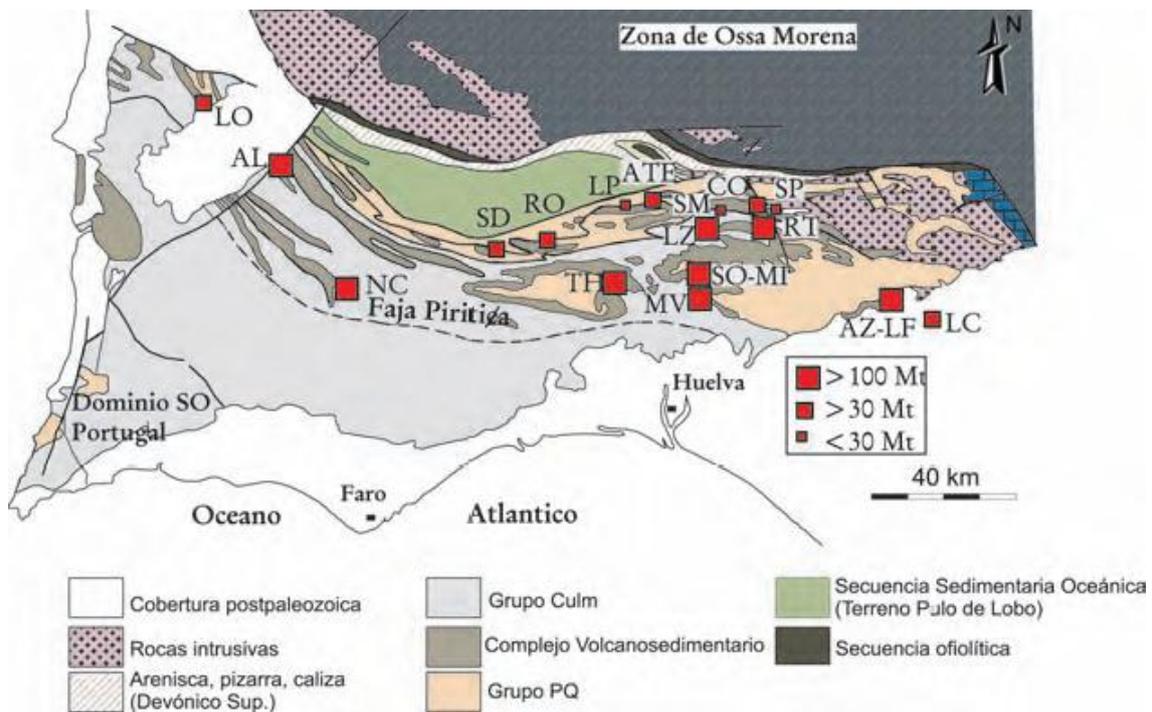
La deformación Varisca ha modificado notablemente la morfología de los sulfuros masivos y la distribución de los metales. La posterior erosión y exposición subaérea durante la orogenia alpina ha erosionado muchos de ellos, dejando la mayor parte de las veces un gossan que solo está enriquecido en metales preciosos y plomo en su parte más basal.

### MINAS EN LA FAJA PIRÍTICA

---

En la Faja Pirítica se encuentran 82 minas que han sido explotadas con cierta regularidad (*Pinedo, 1963; IGME, 1982;*

*Leistel et al., 1998; Tornos, 2006*) (ver figura 5). A pesar de su gran tamaño, con 9 depósitos con más de 100 Mt de sulfuros masivos, la mayoría son ricos en pirita y solamente 11 depósitos se pueden considerar grandes con respecto a su contenido en Cu-Zn-Pb. Sólo Neves-Corvo es un yacimiento gigante en base a su contenido en cobre y supergigante por tonelaje en Sn.



**Figura 5:** Encuadre geológico de la Faja Piritiza Ibérica..Modificado de (IGME, 1982) y (Tornos, 2006). Depósitos de sulfuros masivos: AL: Aljustrel; AT: Aguas Teñidas; ATE: Aguas Teñidas Este; AZ: Aznalcóllar; CM: Cueva de la Mora; CO: Concepción; HE: Herrerías; LF: Los Frailes; LC: Las Cruces; LO: Lousal; LP: Lomero-Poyatos; LZ: La Zarza; MI: Migollas; NC: Neves Corvo;

RT: Río Tinto; SI: Silos; RO. Romanera; SD: Sao Domingos; SO. Sotiel; SM: San Miguel; SP: San Platón; ST: San Telmo; TH: Tharsis; VA: Valverde; VF: Vuelta Falsa. Vp: Virgen de la Peña. Modificado de (Tornos, 2006).

Los cuerpos individuales pueden ser de hasta 170 Mt (La Zarza) pero la mayor parte de los depósitos gigantes (Neves Corvo, Aljustrel, Tharsis, Sotiel-Migollas, Río Tinto o Aznalcóllar-Los Frailes) incluyen dos a seis cuerpos independientes concentrados en una pequeña zona de algunos kilómetros cuadrados. La intensa deformación superimpuesta imposibilita cualquier interpretación sobre sus relaciones originales. En algunos casos los lentejones podrían corresponder a un único cuerpo original pero luego desmembrado por la deformación (Río Tinto, *Solomon et al., 1980;*

Tharsis, Tornos et al., 1998; Aznalcóllar-Los Frailes; Sotiel-Migollas, Santos et al., 1996; Aljustrel, Dawson & Caessa, 2003) mientras que en otros los cuerpos mineralizados parece que se formaron en subcuencas independientes (Neves Corvo; Relvas, 2000).

Las primeras explotaciones sistemáticas, de la época Tartésica, fueron posteriormente remplazadas por una gran minería industrial de la época romana donde se extrajeron más de 20 Mt y de la que quedan abundantes restos (Río Tinto, Tharsis). Tras el abandono de las minas debido a la crisis del imperio en el s. IV, las minas fueron explotadas sólo a pequeña escala hasta finales del s. XIX, cuando diversas compañías británicas y francesas redescubrieron la importancia económica de la zona. Es la época dorada de la minería, que fue un motor para la industria española y europea y foco de una importante industrialización (Pinedo, 1963; Avery, 1974).

El gradual declive del uso de la pirita como fuente de ácido sulfúrico y el agotamiento de los principales yacimientos hace que poco a poco la actividad minera disminuya hasta que en el año 2003 se paralice la última mina en España. Sin embargo, el gradual resurgir de los precios de los metales desde 2004 ha hecho que la exploración vuelva a la Faja Pirítica. Actualmente hay una mina en explotación (Neves Corvo, Portugal), cuatro minas en avanzado estado de preparación (Aguas Teñidas, Aljustrel, Las Cruces y Río Tinto) y diversos proyectos en estado variable de exploración (La Zarza, Lomero Poyatos, Masa Valverde).

La minería tartésica y romana estaba orientada a la extracción de metales preciosos y cobre mientras que el auge de la minería durante el s. XIX y principios del XX estuvo ligado a la explotación de la pirita y de las zonas más ricas en cobre. El fin de la explotación de la pirita hizo que sólo sobrevivieran aquellas minas que tenían leyes importantes en metales base y oro. Actualmente, el objetivo de las empresas mineras son los depósitos de gran tamaño que tienen zonas con elevados enriquecimientos en metales base (Cu-Zn-Pb) y oro o depósitos

con un importante enriquecimiento supergénico en cobre (*Tornos, 2008*).

## LA ESTRATIGRAFÍA DE LA ZONA SUR-PORTUGUESA

---

La Zona Sur-Portuguesa está constituida por dos dominios con características geológicas bien diferenciadas: Antiforme de Pulo de Lobo y la Faja Pirítica. En este trabajo nos centraremos sólo en el dominio de la Faja Pirítica.

### LA FAJA PIRÍTICA

---

La Faja Pirítica es el conjunto constituido por el substrato detrítico del Devónico superior y por el Complejo Vulcano-Sedimentario suprayacente.

Por razones de orden tectónico-estratigráfica la Faja Pirítica se divide en dos subsectores: Pomarão-Castro Verde y Mértola-Albernoa.

#### SUBSECTOR DE POMARÃO-CASTRO VERDE

---

Corresponde a la rama meridional de la Faja Pirítica, que engloba a los Anticlinales de Pomarão, Alcoutim, Rosário y Castro Verde. En este subsector la secuencia estratigráfica está asociada a estructuras tectónicas enraizadas, hecho que permite identificar con facilidad la sucesión normal de las unidades litoestratigráficas.

#### FORMACIÓN FILITO-CUARCÍTICA

Aflora en los núcleos de los Anticlinales de Pomarão y Rosário. Constituida por cuarcitas y algunas cuarzo-grauvacas, en bancadas de espesor centimétrico a métrico, normalmente muy deformados, formando conjuntos decamétricos dispersos en pizarras y limolitas. La mayor parte de las bancadas cuarcíticas son macizas, pero raramente con gradación o laminación paralela, y con geometría lenticular. Las limolitas están finamente estratificadas y muestran frecuentes ripples de corriente y bioturbación.

En el Anticlinal de Pomarão, sobre la sucesión de las pizarras y cuarcitas (designada como Formación de Eira do Garcia) hay un nivel con 20-30 metros de espesor, de pizarras

oscuras, más o menos carbonosas, que contienen intercalaciones lenticulares de calizas bioclásticas lenticulares que Boogaard (1967) designó como Formación de Nascedios.

En el núcleo del Anticlinal do Rosário existen también cuarcitas y pizarras (Cuarcitas de Lançadoiras) con características semejantes a los anteriormente descritos. En el techo de las pizarras y cuarcitas hay también calizas bioclásticas lenticulares, que afloran cerca del Monte Forno de Cal.

Las calizas de Pomarão y del Monte Forno de Cal poseen conodontes del Fameniano medio a superior. A parte de éstos, en la región de Pomarão fueron identificados trilobites, climenídeos y branquiopodos de la misma edad.

#### COMPLEJO VOLCANO-SEDIMENTARIO

Aflora en excelentes condiciones en el Anticlinal de Pomarão y la sección a lo largo de la carretera de Santana de Cambas para Pomarão constituye uno de los mejores cortes geológicos de toda la Faja Pirítica.

La secuencia Volcano-Sedimentaria está constituida por tres episodios de vulcanismo ácido separados por sedimentos vulcanogénicos y terrígenos, existiendo todavía diabasas y queratófiros intrusivos. En los dos episodios volcánicos inferiores (Formación de Cerqueirinha y el miembro tufáceo de la formación de Touril) predominan *tuffs* de composición riódacítica, felsitos y algunos aglomerados volcánicos. El vulcanismo superior incluye *tuffs* ácidos riódacíticos y tufitas, los cuales evidencian síntomas de removilización por corrientes acuosas (presencia de estratificación gradada y entrecruzada, figuras de carga,...)

Entre el primer y el segundo vulcanismo ocurre un conjunto vulcano-sedimentario constituido por pizarras negras carbonosas con intercalaciones de *cherts* y finas capas de tufitas, a la que se sobrepone un horizonte detrítico (30m) con arenitas, limolitas, y pelitas con intercalaciones de óxidos y carbonatos de Fe/Mn, y pizarras silíceas en el techo, que son la transición para el segundo vulcanismo. Entre los vulcanismos V2 y V3 hay otra vez sedimentos vulcanogénicos finos y silíceos, de color

rosado, con nódulos y lenticulas de óxidos de Fe/Mn intercalados, a la que sigue un nivel bien marcado de pizarras Borra de Vinho. Las rocas del vulcanismo superior pasan gradualmente a las turbiditas de la Formación de Mértola.

En el Complejo Volcano-Sedimentario de Alcoutim estás representadas las pizarras silíceas con nódulos de óxidos de Fe/Mn, pizarras Borra de Vinho, pizarras negras y tufitas. Este conjunto parece corresponder a los niveles superiores de la secuencia de Pomarão.

El los Anticlinales de Rosário y Castro Verde, el Complejo Vulcano-Sedimentario es algo diferente. *Leca et al. (1983)* distinguen la siguiente sucesión: un primer episodio de vulcanismo intermedio/básico restringido al Anticlinal de Rosário, con andesitas, espilitas, *tuffs* básicos, diabasas, que lateralmente pasa a un conjunto con rocas más ácidas. Un segundo episodio de vulcanismo ácido, con *tuffs* y lavas riodacíticas y algunos aglomerados volcánicos ácidos, y con jaspes en el techo. Un tercer episodio de vulcanismo predominantemente básico, con espilitas, *tuffs*, diabasas y algunos jaspes en el techo, que aparece desarrollado en el Anticlinal de Castro Verde.

Lateralmente a esta secuencia volcánica existe un conjunto terrígeno-volcanogénico que está constituido, de la base hasta el techo por: pizarras negras carbonosas con nódulos sílico-ferruginosos y fosfatados, e intercalaciones cuarcíticas y carbonatadas (Pizarras de Neves), a la que siguen pizarras silíceas y cloríticas verdosas, ricos en nódulos de óxidos de Fe/Mn (Pizarras de Grandaços); superiormente hay pizarras Borra de Vinho, tufitas y *Tuffs* ácidos (Tufitas de Godinho) a las que se sobreponen pizarras carbonosas (Pizarras de Brancanes), que forman la transición para las turbiditas de la Formación de Mértola.

Esta secuencia estratigráfica no siempre se encuentra completa, debido al efecto de la tectónica compresiva generadora de cabalgamientos o a procesos sin-sedimentarios.

Las Pizarras de Brancanes proporcionan goniatites de la base del Viséano superior y las lenticulas calcáreas en el techo del vulcanismo básico de Castro Verde dieron conodontes de la misma

edad (*Oliveira, 1983; Oliveira & Wagner-Gentis, 1983*). La edad del Complejo Volcano-Sedimentario de este subsector está claramente comprendida entre el Fameniano superior y el Viseano superior bajo.

#### SUBSECTOR DE MÉRTOLA-ALBERNOA

---

Corresponde a la rama septentrional de la Faja Pirítica, donde la deformación tectónica está bien marcada, lo que dificulta el reconocimiento de la secuencia estratigráfica.

En este subsector se reconocen dos tipos principales de estructuras tectónicas: estructuras autóctonas formando ventanas donde aflora el Complejo Volcano-Sedimentario, principalmente en la región de la mina de São Domingos, Serra Branca y Albernoa; estructuras alóctonas asociadas a dos mantos principales de arrastre, los Mantos de Galé-Cela y de Mértola, que envuelven litologías del substrato devónico y del Complejo Volcano-Sedimentario (*Ribeiro et al., 1983; Silva, 1989; Silva et al., 1990; Oliveira, 1990*).

#### FORMACIÓN DE BARRANCO DO HOMEM

Está constituida por asociaciones de bancos de grauvacas, cuarzograuvacas, limolitas y conglomerados (más raramente estos últimos), con espesores decamétricos, que se presentan dispersos en limolitas y pelitas finamente estratificadas. Los bancos de grauvacas y cuarzograuvacas son en general macizos o con gradación y con geometría irregular. Las limolitas se presentan laminados o con ripples de corriente, pudiendo mostrar indicios de bioturbación (*Oliveira, 1990*).

La Formación de Barranco do Homem, se produce en los núcleos de sinformes de segunda fase, que se formaron del redoblamiento de pliegues tumbados asociados a la instalación del Manto de Galé-Cela (*Silva et al., 1990*). La unidad parece, por lo tanto, ocupar una posición estratigráfica subyacente a la Formación Fililo-Cuarcítica, siendo por tanto anterior al Fameniano superior. Las características litológicas son parecidas a las de la Formación de Represa, del grupo de Chança, pero su relación en términos de edad es desconocido.

## FORMACIÓN FILITO-CUARCÍTICA

Tiene características litológicas semejantes a las descritas en el Anticlinal de Pomarão. Existen, sin embargo, algunas diferencias que es conveniente destacar: en varios lugares (crestas de Rochona, Señora del Amparo, Cela, São Barão, Alcaria Ruiva) los bancos cuarcíticos están menos deformados que en Pomarão, lo que permite identificar estructuras sedimentarias que sugieren una deposición en aguas poco profundas.

Entre los bancos cuarcíticos más continuos existen niveles decimétricos a métricos de pizarras negras silíceas, con alteración blanquecina, que al sur de la Mina de São Domingos proporcionan esporas y acritarcos del Fameniano superior (*Cunha & Oliveira, 1989*). Además se encontraron climenídeos y conodontes del Fameniano Superior en la región de Mértola y al noroeste de la Mina de São Domingos (*Fantinet et al., 1976; Oliveira et al., 1986*). Estos datos indican que la Formación Filito-Cuarcítica alóctona es exactamente de la misma edad de la que hay en el núcleo del Anticlinal de Pomarão. En este subsector la Formación Filito-Cuarcítica aparece principalmente asociada al Manto de Galé-Cela.

## COMPLEJO VOLCANO-SEDIMENTARIO

El Complejo Volcano-Sedimentario está bien expuesto en el núcleo de las estructuras antiformes de la Mina de São Domingo, Serra Branca y Albernoa.

En la región de la Mina de São Domingos la secuencia se inicia con rocas intermedias-básicas porfídicas, le sigue un importante episodio volcánico ácido constituido por *tuffs* ácidos y aglomerados, riolitas, intercalaciones tufíticas y jaspes en el techo. A continuación hay un episodio de vulcanismo básico con espilitas (a veces con lavas almohadilladas), algunas andesitas y jaspes en el techo. Sobre el vulcanismo básico se encuentran pizarras silíceas, felsitas y algunos jaspes. La secuencia está intruida por diabasas.

Sobre esta secuencia Volcano-Sedimentaria se encuentran, en posición normal, pizarras y cuarcitas de la Formación Filito-Cuarcítica.

La secuencia de la región de Serra Branca es algo parecida a la que aflora en la Mina de São Domingos, siendo también conocidos dos episodios de vulcanismo básico y un episodio principal de vulcanismo ácido. La principal diferencia reside en la mayor cantidad de brechas y aglomerados volcánicos y también en la fuerte alteración hidrotermal, hechos que sugieren que el vulcanismo de Serra Branca sea más próximo a los centros volcánicos.

A los jaspes del techo del vulcanismo ácido pueden ir asociadas concentraciones de óxidos y carbonatos de Mn, las cuales pueden tener importancia minera (como por ejemplo en la Mina de Balança, al suroeste de Algodor).

Al Complejo Vulcano-Sedimentario se sobrepone la formación de Freixial, con características flyschoides.

En la región de Albernoa predominan los *tuffs* ácidos, a los que se sobrepone pizarras Borra de Vinho, pizarras silíceas, tufitas y jaspes. Una vez más, sobre el conjunto volcánico hay pizarras y cuarcitas de Formación Filito-Cuarcítica.

En todas las estructuras anteriores no se conoce la base del Complejo Vulcano-Sedimentario. La edad de este Complejo no es conocida con certeza, puesto que no proporcionaron fósiles hasta el momento. Comparando con el resto de la Faja Pirítica, se admite que tenga también una edad comprendida entre el Fameniano superior y el Viseano superior bajo. No se excluye, sin embargo, la posibilidad de que pueda ser un poco más antiguo.

En las secuencias alóctonas de los Mantos de Galé-Cela y de Mértola, el grupo Volcano-Sedimentario tienen características más distales. En el manto de Galé-Cela está representado predominantemente por tufitas y pizarras silíceas claras, algunos *tuffs* ácidos y espilitas con jaspes asociados, y más raramente lenticulas carbonatadas. Son conocidos algunos afloramientos pequeños de doleritas intrusivas. Suprayacente a muchas de las crestas cuarcíticas existen pizarras silíceas oscuras y cherts grisáceos, con un espesor variable no superior a 20 metros, que corresponden a un vulcanismo distal del Complejo Volcano-Sedimentario. Esta condensación del Complejo Volcano-Sedimentario está atribuida a la deposición en fondos

marinos altos. Sobre las pizarras silíceas y cherts se depositaron las turbiditas de la Formación de Freixial.

El Manto de Cela el Complejo Volcano-Sedimentario está constituido por pizarras carbonosas con lenticulas y nódulos de óxidos de manganeso, pizarras silíceas, pizarras Borra de Vinho, tufitas, felsitas e intercalaciones de jaspe.

En relación a la edad del Complejo Volcano-Sedimentario de las secuencias alóctonas los únicos datos existentes provienen de los calcáreos de Carvoeiro (en el valle del Guadiana, al norte de Mértola), y su prolongación al noroeste, que aparecen íntimamente asociados a tufitas y rocas básicas. Los calcáreos proporcionan conodontes de Tournaisiano superior (*Boogaard, 1963; Oliveira, 1983*).

#### FORMACIÓN DE FREIXIAL

La sección modelo de esta formación puede observarse en el margen derecho del río Guadiana, junto a la roca de Galé (al norte de Mértola). La formación de Freixial está formada por bancos centimétricos de pelitas y grauvacas, limonitas y pelitas, con características flyschoides. Localmente pueden aparecer tufitas, lenticulas y nódulos de óxidos y carbonatos de Fe/Mn. El espesor total es de aproximadamente 200 metros. Hay concordancia estratigráfica entre los sedimentos de esta edad y el Complejo Volcano-Sedimentario subyacente.

En el Manto de Galé-Cela esta unidad constituye una secuencia decamétrica de pelitas y grauvacas. En el Manto de Mértola la Formación de Freixial, aunque contiene algunas grauvacas, está representada fundamentalmente por pelitas y limonitas finamente estratificadas.

El carácter flyschoides de la Formación de Freixial, y la posición estratigráfica que ocupa sobre el Complejo Volcano-Sedimentario, sugieren contemporaneidad con el flysch de la Formación de Mértola, por tanto, de edad Viseano superior bajo.

En la *figura 6* se puede observar la secuencia estratigráfica de la Mina de Neves-Corvo.

# SEQUÊNCIA ESTRATIGRÁFICA DA MINA DE NEVES-CORVO

(Modificado de Carvalho, P. et al, 1993, in Oliveira et al, 1997)

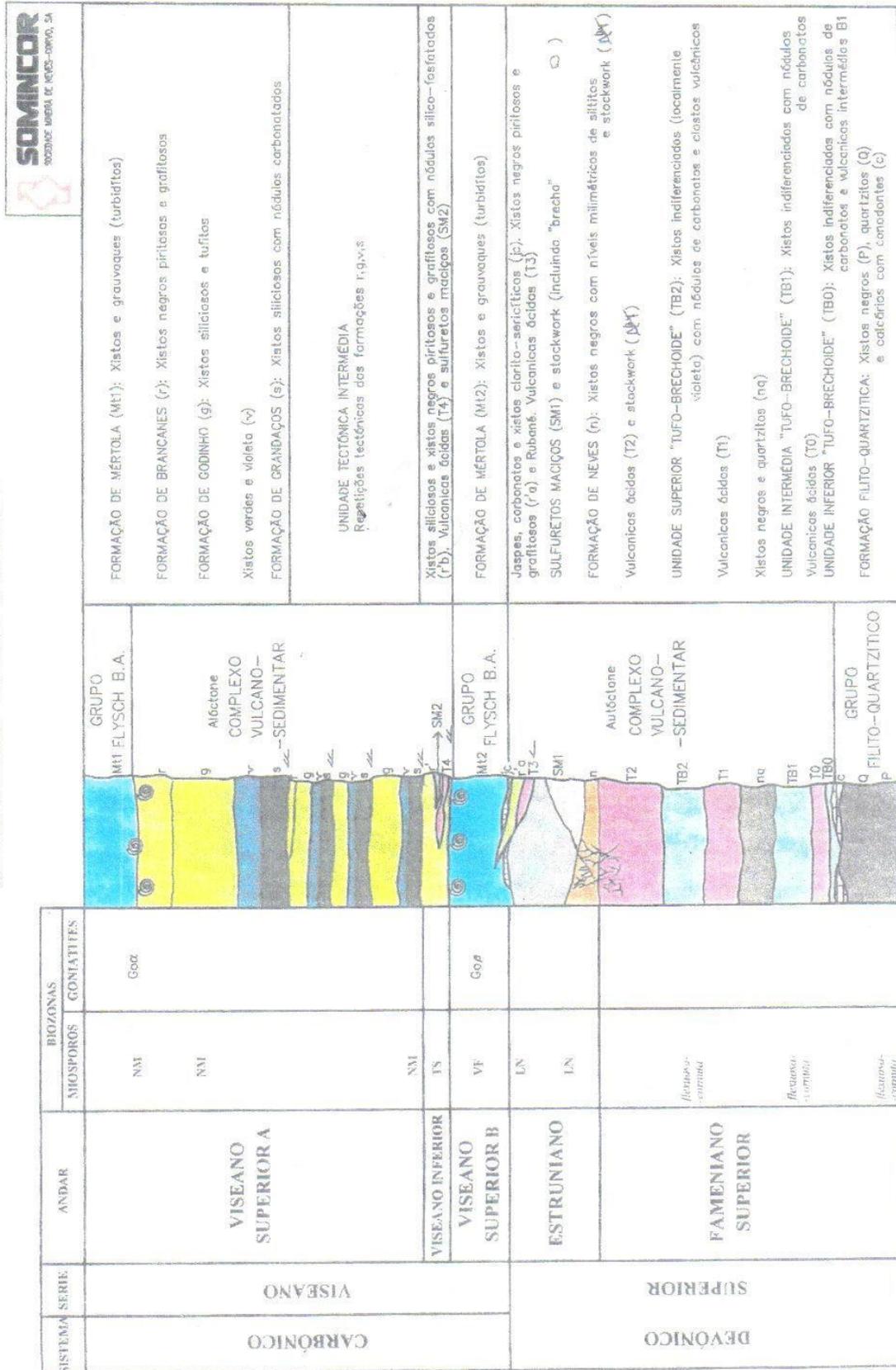


Figura 6: Secuencia estratigráfica de la Mina de Neves-Corvo

## METAMORFISMO DE LA ZONA SUR-PORTUGUESA

---

La zona Sur-Portuguesa fue deformada y metamorfizada durante la Orogenia Hercínica, en el fin del Paleozoico.

La información disponible sobre petrología metamórfica de la Zona Sur-Portuguesa fue sintetizada por *Munhá (1990)*.

A continuación nos centraremos en el metamorfismo que afecta a al dominio de la Faja Pirítica.

---

### METAMORFISMO HIDROTHERMAL EN LA FAJA PIRÍTICA

---

En el Complejo Volcano-Sedimentario de la Faja Pirítica hay rocas espilíticas y cuarzo-queratófiras que corresponden a una asociación magmática, esencialmente bimodal que representa el estadio volcánico en la evolución geosinclinal de la Zona Sur-Portuguesa, desde el Devónico superior al Viseano inferior. El vulcanismo tuvo lugar en un ambiente submarino y la información petrográfica disponible indica que las rocas volcánicas (ácidas y básicas) adquirieron carácter espilítico antes del inicio de la actuación tectónica y del metamorfismo regional hercínicos.

Estudios recientes sobre la petrogénesis de las espilitas y los cuarzo-queratófiros de la Faja Pirítica demuestran que aquellas rocas representan los productos de metamorfismo hidrotermal de percusores basálticos/doleríticos (toleíticos a alcalinos) y riolíticos/dacíticos, respectivamente. La sistemática de isótopos estables, la variaciones en el estado de oxidación del hierro y la petrografía de las paragénesis metamórficas indican que el fluido hidrotermal tendría un origen en el agua del mar. (*Munhá & Kerrich, 1980; Barriga & Kerrich, 1984; Munhá et al., 1986*).

La intensidad de la alteración hidrotermal está correlacionada con la permeabilidad del litotipo volcánico original y el grado de metamorfismo varía de forma abrupta (a la escala del afloramiento) desde las facies zeolíticas (zeolitas y esmectitas) a las facies de las pizarras verdes (actinolita, hornblenda, epidota, clorita, albita), indicando la existencia de elevados gradientes geotérmicos durante el metamorfismo, desde 75° (+/-25°) hasta 375 (+/25°).

El metamorfismo hidrotermal no fue fuertemente isoquímico y produjo un amplio espectro de variación composicional a partir de los protolitos volcánicos. El proceso metasomático refleja un intenso intercambio catiónico ( $\text{Na} \leftrightarrow \text{K}$ ), oxidación, hidratación y carbonatación, lo que requiere introducción de grandes cantidades de fluido de un reservorio externo a las rocas volcánicas. De hecho, los valores que caracterizan el fluido hidrotermal, son próximos a los del agua del mar sugiriendo que la alteración hidrotermal se procesó, esencialmente, bajo condiciones de elevado ratio fluido/roca. El análisis de las paragénesis metamórficas corrobora las conclusiones de los estudios isotrópico, y sugiere también, que la composición del fluido hidrotermal habrá sido progresivamente modificada durante el proceso de interacción con las rocas volcánicas de la Faja Pirítica; desde un fluido "frío" oxidado y enriquecido en Na, K y Mg, hasta un fluido "caliente", reducido y conteniendo cantidades apreciables de Si y metales de transición. Esta evolución geoquímica es idéntica a la observada en sistemas hidrotermales marinos naturales.

Por lo expuesto, se sugiere que el metamorfismo hidrotermal en la Faja Pirítica es análogo, bajo muchos aspectos, a la alteración hidrotermal observada en las series ofiolíticas, la cual está explicada de forma convincente por la circulación convectiva del agua del mar a través de las rocas volcánicas, un proceso que se sabe que tiene lugar en los fondos oceánicos y es responsable del llamado metamorfismo oceánico.

Considerando que el proceso hidrotermal resulta del flujo de convección de agua del mar en un recorrido con elevados gradientes térmicos -desde las zonas "frías" de carga "input" hasta las zonas "calientes" de descarga "output"-, las grandes variaciones composicionales observadas/deducidas, en las rocas o en el fluido, son perfectamente previsibles. La circulación convectiva del agua del mar a través de las rocas volcánicas habrá transformado a veces el fluido original en un soluto "caliente", reducido y mineralizado. Un flujo de retorno focalizado y condiciones geológicas apropiadas en los lugares de descarga hidrotermal habrían provocado precipitación de metales,

responsable de la génesis de los depósitos de sulfuros macizos y de los sedimentos metalíferos asociados, que caracterizan la Faja Pirítica Ibérica.

---

#### METAMORFISMO REGIONAL

---

Desde que *Boogaard (1967)* describió rocas de las facies prehnita-pumpellyita en Pomarão, la petrología metamórfica de la Zona Sur-Portuguesa ha sido objeto de numerosos estudios (*Schermerhorn 1975; Lecolle & Roger, 1976, Munhá, 1976, 1979, 1983; Simancas, 1983*).

El metamorfismo regional se sobrepone al episodio hidrotermal. En la formación de Pulo de Lobo la recristalización metamórfica es sincrona con el desarrollo del clivage (de crenulación) dominante ( $S_2$ ). La edad de este evento es aún desconocida. En la Faja Pirítica el metamorfismo regional es contemporáneo con la primera fase de deformación.

El grado de metamorfismo es bajo y muestra, generalmente, incremento para el norte. Se distinguen cuatro zonas de metamorfismo progresivo; desde las facies zeolítica en el extremo sur, pasando por las facies de prehnita-pumpellyita/pizarras verdes en la Faja Pirítica, hasta las facies de las pizarras verdes en la Formación Pulo de Lobo.

En la Faja Pirítica, la paragénesis crítica es albíta + pumpellyita + prehnita + clorita (+cuarzo -esfena -carbonato) pero la actinolita puede aparecer como producto (exclusivo) de la sustitución de clinopiroxenos ígneos. Sin embargo, se observa frecuentemente que la actinolita se altera a clorita + prehnita y, por eso, no es considerada estable bajo las condiciones de P-T de las facies prehnita + pumpellyita características durante el metamorfismo regional de la zona. Tanto la actinolita como algunas asociaciones que contienen epidota + carbonatos, que anteceden a la recristalización de prehnita + pumpellyita, son consideradas reliquias metaestables generadas durante el episodio metamórfico hidrotermal. En las rocas pelíticas la paragénesis dominante es illita + clorita + cuarzo + albíta.

## TECTÓNICA EN LA FAJA PIRÍTICA

---

### VARISCA

---

En la Faja Pirítica son señaladas dos fases de deformación. A la primera fase ( $F_{1a}$ ) relacionada con la instalación de mantos de corrimiento, le sigue la Fase  $F_{1b}$  doblando las estructuras anteriores. Según la dirección NNW-SSE y vergencia SSW, esta fase se encuentra asociada al clivage regional  $S_{1b}$  con fuertes inclinaciones para el norte (*Ribeiro & Silva, 1983; Silva, 1985*).

Debido a la existencia de una tectónica de corrimiento, las principales estructuras pueden ser clasificadas según las posiciones del autóctono relativo y autóctono.

En las estructuras en posición autóctona relativa se incluyen los anticlinales de Albernoa, Serra Branca y S. Domingos, constituidos por litologías del Complejo Vulcano-Sedimentario que, situados más internamente, aparecen como ventanas de los mantos de corrimiento. Más externamente, en los anticlinales de Neves Corvo y Pomarão, la serie estratigráfica es continua desde la Formación Filito-Cuarcítica hasta a la Formación de Mértola (Grupo Flysch). La presencia de los mantos de corrimiento de primera fase sólo está referenciada en las zonas internas de la Faja Pirítica. Sin embargo, todas las estructuras en posición autóctona corresponden, en la realidad, a autóctonos relativos debido a la existencia de cabalgamientos que afectan a sus flancos inversos en conexión con superficies de desprendimiento en profundidad.

Las estructuras en posición alóctona pueden ser agrupadas en dos mantos de corrimiento principales:

El Manto de Galé-Cela, constituido fundamentalmente por litologías de las Formaciones Filito-Cuarcítica y Barranco do Homen y el Manto de Mértola constituido principalmente por litologías del Complejo Vulcano-Sedimentario. El primero, más desarrollado y enraizado al norte del alineamiento de los anticlinales de S. Domingos, Serra Branca y Albernoa, se sobrepone al segundo, menos desarrollado y enraizado más al sur, según el alineamiento Corte da Velha-Moreanes.

El Manto de Galé-Cela fue el primero en instaurarse, induciendo a su vez el avance del Manto de Mértola, este último contemporáneo de la deposición de la Formación de Mértola, según un régimen continuo y concomitante de la deformación del alóctono y de la tectónica sin-sedimentaria en el autóctono relativo.

Durante la segunda fase de deformación ( $F_{1b}$ ), actuando diacrónicamente desde el Viseano Superior en las zonas internas hasta el Vestefaliano superior en las zonas externas de la Zona Sur-Portuguesa, son dobladas las estructuras de la primera fase, con generación de clivage regional  $S_{1b}$ .

---

#### TARDI Y POST-VARISCA

---

Corresponde a la deformación, principalmente por fracturación, que afectó tanto a la Zona de Ossa-Morena como a la Zona Sur-Portuguesa.

En la Zona Sur-Portuguesa las fallas dominantes están orientadas hacia el NE-SO y NO-SE, formando sistemas conjugados asociados a la compresión final de la Orogenia Varisca. En algunas de estas estructuras se instalan filones de cuarzo, que pueden venir acompañados de mineralizaciones de Cu, Pb y Ba.

Además de los sistemas de fracturas anteriores hay un sistema con orientación próxima a N-S, que parece constituir el sistema de fallas tardi-hercínicas más antiguo.

Son visibles varias zonas con "kink bands" con orientación hacia Ne-SW y NW-SE.

(*Oliveira, J.T. Carta Geológica de Portugal*).

## METODOLOGÍA DEL TRABAJO

El sondeo CT08001 se realizó con una máquina de sondeo a rotación con recuperación de testigo (ver *figuras 7a y 7b*). La máquina de sondeo, a su vez recogió datos geofísicos en profundidad.



**Figuras 7a y 7b:** Máquina de sondeo a rotación con recuperación de testigo trabajando en la Faja Pirítica Portuguesa.

Se realizaron estudios geofísicos en profundidad y superficiales. La localización en el mapa de *Cotovio*, TEM y BHEM

(sísmica superficial y perforación electromagnética), se puede observar en la *figura 8*.

La sísmica superficial no se realizó inicialmente debido a problemas de acceso a la zona. Pero después se determinó que podía hacerse a lo largo de un camino sin necesidad de tener acceso a los campos. Se recogieron datos de 2.7km lineales.



**Figura 8:** Localización de la geofísica en Cotovio.

También se analizaron muestras en el laboratorio para obtener datos geoquímicos y se hicieron láminas delgadas de las rocas que se hallaban a la profundidad donde se encontraba el reflector sísmico.

## RESULTADOS

---

Los resultados obtenidos serán, por tanto, los de la testificación del sondeo CT08001, de los datos geofísicos recogidos y del análisis de la geoquímica realizada.

## TESTIFICACIÓN

El sondeo CT08001 cortó inicialmente la unidad turbidítica del flysch hasta los 692.85m. (Ver Figura 9)



**Figura 9:** Ejemplo del flysch, de 98 a 108 m de profundidad



**Figura 10:** Ejemplo de pizarras negras gráficas y piríticas, de 723.2 a 735 m de profundidad

Posteriormente entró en una secuencia volcano-sedimentaria compuesta, desde el techo hasta la base por: pizarras negras gráficas y piríticas (Formación de Brancanes), (ver figura 10), tufitas y pizarras silíceas (Formación de Godinho), (ver figura 11), pizarras verdes y violetas (Formación de pizarras verdes y violetas), (ver figura 12) y pizarras negras-grisáceas

(Formación de Grandaços), (ver figura 13), hasta los 1176.59m de profundidad.



**Figura 11:** Ejemplo de tufitas y pizarras silíceas, de 883 a 902 m de profundidad.



**Figura 12:** Ejemplo de pizarras verdes y violetas, de 1016.8 a 1024.3 m de profundidad.



**Figura 13:** Ejemplo de pizarras negras-grisáceas, de 1073.75 a 1095.5 m de profundidad.



**Figura 14:** Jaspe brechificado con chert, de 1076.56 a 1177.39 m de profundidad. A partir de 1177.39m se observan las riolitas cloritizadas.

Le sigue una unidad representada por jaspe muy brechificado y chert hasta los 1177.39m. Continúa con una unidad de riolita tufácea muy foliada en el techo y bastante cloritizada (Ver figura 14).

De 1228 a 1231.98m se intersectó otro nivel de cherts con un nivel de piratas de poco más de un centímetro de espesor, que posiblemente corresponda con el horizonte litoestratigráfico probable de mineralización.

Debajo de ésta se encuentra una unidad riolítica porfirítica, localmente brechificada con clastos angulosos de naturaleza hialosclástica.

(Ver anexo 5: testificación)

Como no se interseccionaron zonas mineralizadas se optó por no hacer muestreo litoquímico para determinar el contenido metalífero.

## GEOFÍSICA

---

La parte de la geofísica se ha basado en trabajos anteriores realizados por los siguientes autores: Eric Gillot de la empresa CGG, y a Dennis Woods, geofísico consultado por la empresa.

Después de que Eric Gillot, de la empresa CGG y responsable de los dos campañas sísmicas realizadas en Neves-Corvo en los años 1991 y 1996, hiciera una observación detallada de los dos sondeos y una revisión de los datos históricos existentes, se recomendaron hacer mediciones de la velocidad de propagación de ondas sísmicas en el sondeo y levantamientos sísmicos *downhole*.

---

### TEM (*TIME-DOMAIN ELECTRO MAGNETICS*)

---

El método del dominio del tiempo electromagnético (TEM), sísmica superficial, mide los contrastes de la resistividad eléctrica.

Las perforaciones y los perfiles superficiales completos no indican que ciertamente exista un "target" (un objetivo) conductor que pudiera estar relacionado con sulfuros masivos.

Los datos recogidos fueron sometidos a técnicas de inversión que, de una forma resumida, se traducen en el cálculo de la conductividad teórica en profundidad de cada estación de recogida de datos.

Los resultados finales fueron producidos por el software de uso interno *Emax/Maxwell*, siendo posteriormente tratados en el programa *Oasis Montaj*, de la empresa *Geosoft*. Este software permite, a partir de los datos del TEM, construir secciones que muestran isovalores de conductividades o resistividades.

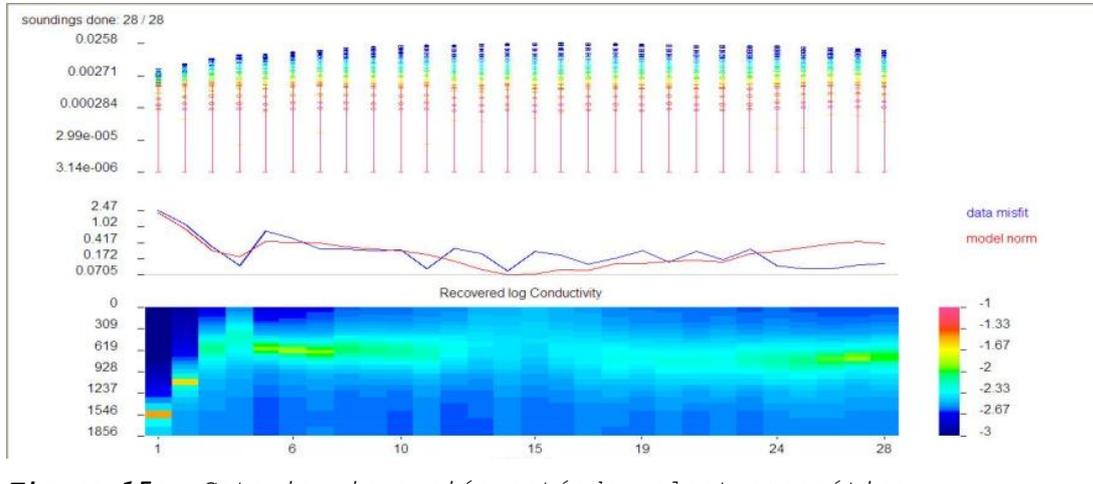
De un modo general, se trataron los resultados obtenidos de las lecturas realizadas en el sector de Lombador Norte, usando el software *Emax/Maxwell*, y los resultados no fueron relevantes dado que no existen respuestas anómalas significativas en los canales tardíos. (Ver anexo 2).

Se realizaron nuevas inversiones de estos datos usando el software *EM1DTM*.

La inversión completa más rigurosa (*UBC program EM1DTM*), indicó que el conductor en profundidad no es significativo.

Muestro comparaciones de los resultados de la inversión de Cotovio y el yacimiento de Lombador:

INVERSIÓN ESTÁNDAR ELECTROMAGNÉTICA DE COTOVIO:



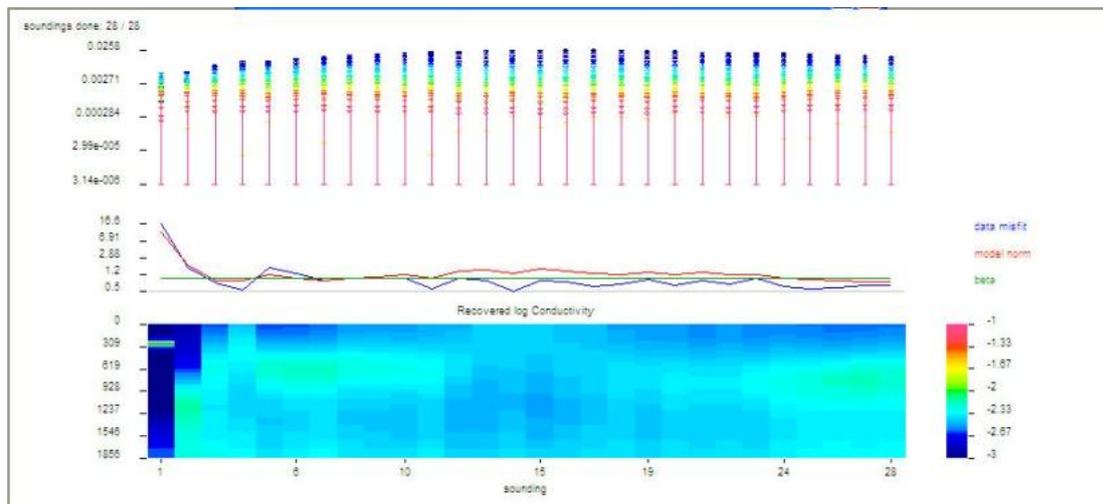
**Figura 15a:** Cotovio, inversión estándar electromagnética.

El comienzo del modelo fue a 333 ohm-m.

El resultado nos muestra un conductor moderado a aproximadamente 700 m de profundidad.

A esa profundidad se encuentran las pizarras negras gráficas y piríticas. Están justo debajo del *flysch*, y están afectadas por varias fallas. (Ver figura 15a).

COTOVIOEM1DTM INVERSIÓN ESTÁNDAR - MODELO INICIAL MÁS  
CONDUCTOR

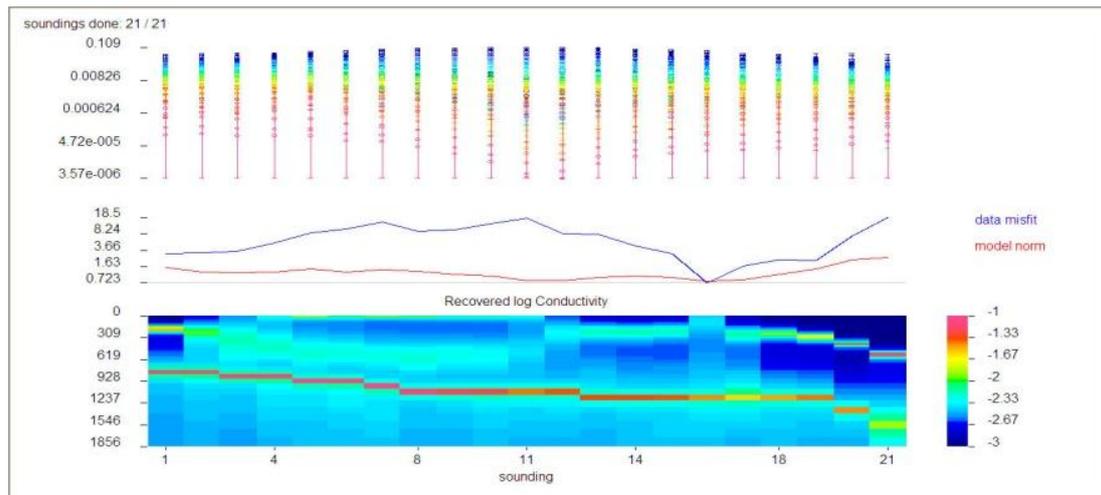


**Figura 15b:** Cotovio EM1DTM inversión estándar. Modelo inicial más conductor.

El carácter general de la sección se mantiene, pero los límites no se distinguen y el error es mayor que en el ejemplo anterior. (Ver figura 15b).

#### CUERPO MINERALIZADO DE LOMBADOR

Tomamos los resultados obtenidos en el yacimiento de Lombador para compararlos con los obtenidos en Cotovio (ver figura 16):



**Figura 16:** Cuerpo mineralizado de Lombador.

Existe un conductor a 1150m de profundidad el cual es muy visible en el gráfico.

Si existiera un conductor a 1500m en Cotovio debería ser igualmente visible en su gráfico. Por lo tanto, no existe un conductor significativo en Cotovio.

A través del método geofísico superficial (ver figura 17) se observa que en general la conductividad de la zona es muy baja.

La zona con colores verdosos es donde se cortaron rocas con conductividad más alta, mientras que los colores azules y lilas indican que la conductividad es muy poco significativa.

Las zonas donde ésta es más alta, a aproximadamente 700m de profundidad, se corresponde con los niveles de pizarras negras gráficas y piríticas. A menor profundidad (alrededor de los 200m) son grauvacas y pizarras negras con piritas diseminadas las que dan la anomalía.

(Ver anexo 3: Coordenadas de la geofísica superficial).

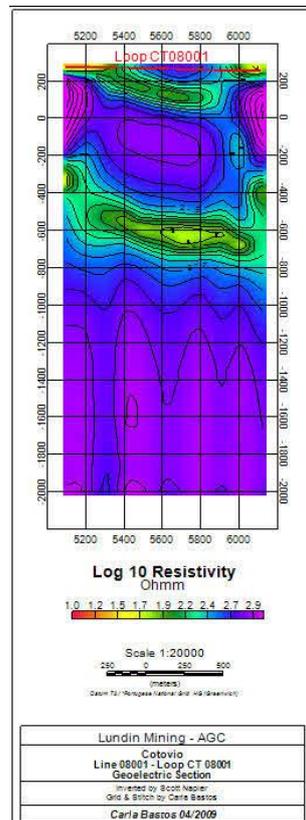


Figura 17: Geofísica superficial

#### BHEM (BOREHOLE ELECTRO MAGNETICS)

Los resultados de la perforación electromagnética (*BHEM*) del sondeo CT08001 no revelan la presencia de un conductor eléctrico que destaque.

Se registró una respuesta moderadamente anómala en los canales recientes en un intervalo situado alrededor de 700m, principalmente en las componentes X e Y. En esa posición se encuentra la transición del *flysch* al techo de la V-S (volcano-sedimentaria), marcada por pizarras negras grafiticas y piríticas (*Formación de Brancanes*), que constituye una unidad más conductora que las rocas que la rodean.

Lo más curioso de estos resultados es que exista una respuesta en la componente Z que aumenta progresivamente con la profundidad aunque no se alcanzan valores muy anómalos en la conductividad.

Según Dennis Woods, geofísico consultor, el valor de la componente Z debería tender progresivamente a 0 con el aumento de la profundidad, constatándose en estos datos la situación contraria, aunque no se alcanzan valores de magnitud señalable. Por lo tanto, este comportamiento nos deja la hipótesis de que

puede existir algo más conductivo en profundidad, podría existir una formación geológica cuya profundidad está fuera de los límites practicables de prospección.

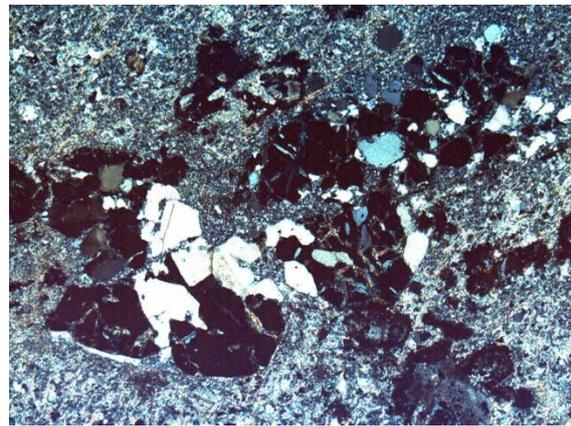
PETROGRAFÍA

Con la petrografía se pueden distinguir minerales que en muestra de mano eran difíciles de identificar, pero no ayudaron a obtener ninguna otra conclusión relevante:

A 1465.3m se obtuvieron las imágenes siguientes (ver figuras 18a y 18b):



**Figura 18a:** *Nícoles paralelos*



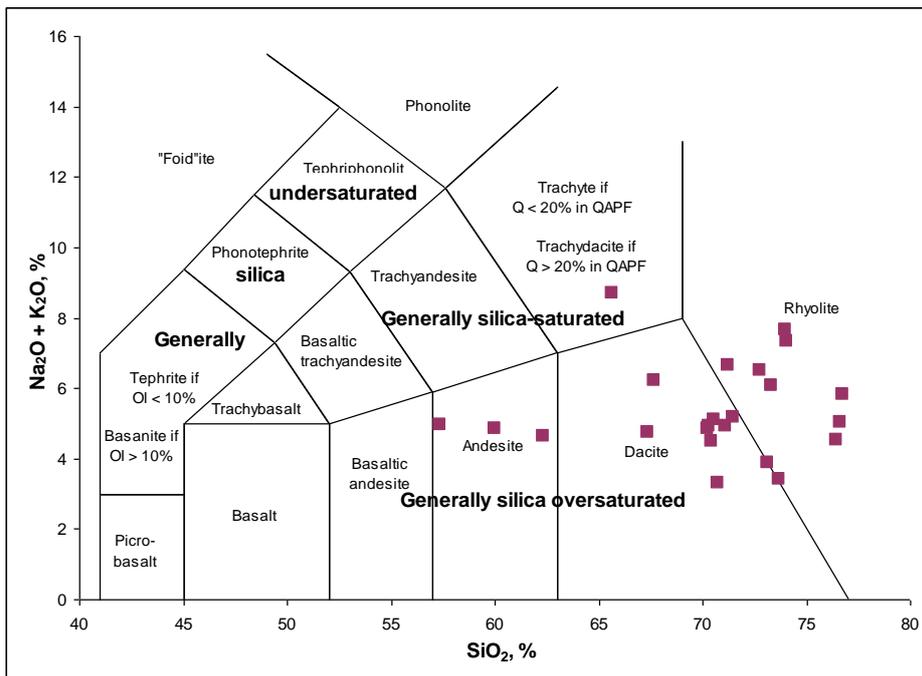
**Figura 18b:** *Nícoles cruzados*

En ellas se pueden distinguir granates, que en muestra de mano sólo podían definirse como minerales "amarronados idiomorfos".

GEOQUÍMICA

Del estudio geoquímico realizado a las rocas que se adjuntan en el anexo 4, obtuvimos una serie de resultados que tampoco fueron suficientemente esclarecedores como para desarrollar conclusiones importantes para nuestros objetivos.

Clasificación química de rocas volcánicas basada en la sílice y en los álcalis que contienen las muestras. Se observan como la mayoría de las muestras tomadas se clasificarían como riolitas, dacitas y su transición (Ver figura 19).



**Figura 19:** Representación de las muestras estudiadas en el Diagrama de Labas et Al. 1986).

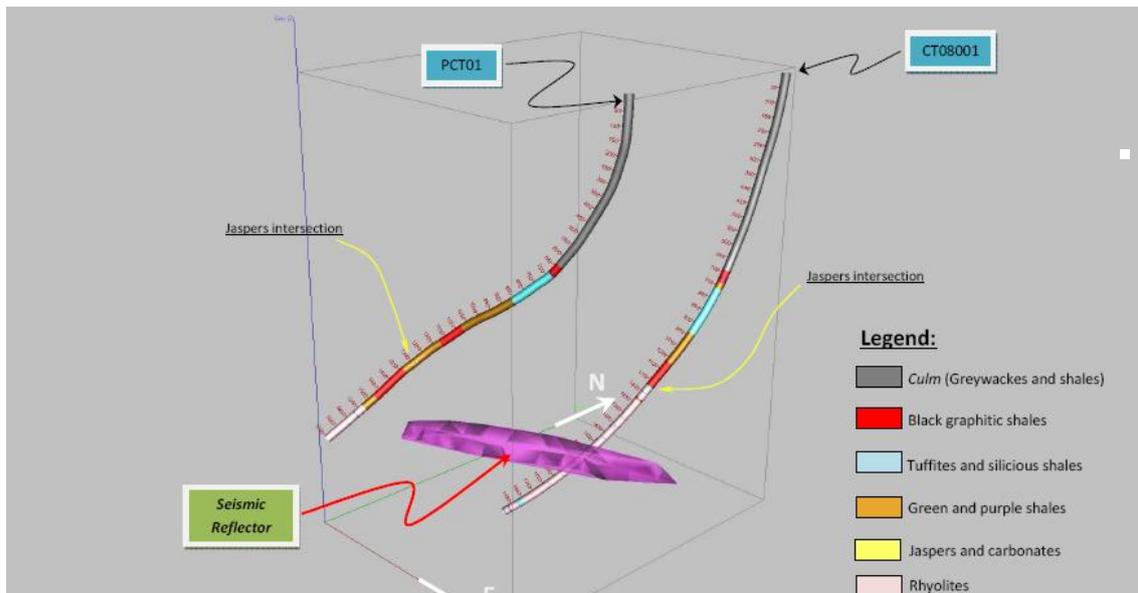
([http://minerva.union.edu/hollochk/c\\_petrology/discrim/discrim.htm](http://minerva.union.edu/hollochk/c_petrology/discrim/discrim.htm))

Clasificación geoquímica para rocas ígneas feldespáticas. Discriminación de rocas para la gradación entre los extremos cálcicos y alcalinos. La mayoría de las muestras recogidas en Cotovio se desplazan hacia el extremo cálcico de la serie (ver figura 20).



## DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La *figura 21* es una perspectiva tridimensional de los sondeos CT01 y CT08001. Se puede observar de nuevo cómo quedó desviado el sondeo CT-01 respecto al target posteriormente admitido, y las litologías generales de ambos sondeos. Según esto, observamos cómo el reflector sísmico quedaría incluido en las riolitas del CT08001, por lo que no se encontraron razones que expliquen esta anomalía. Se considera la posibilidad de que el contacto encontrado a 1228m de profundidad represente la separación entre la secuencia alóctona y parautóctona, la cual se posicionaría estratigráficamente en el horizonte de la mineralización.



*Figura 21: Proyección tridimensional de los sondeos CT01 y CT08001.*

Al observar los valores de las densidades tampoco se encontró una explicación obvia en la obtención de la anomalía gravimétrica, porque no existe un contraste significativo, ya que la densidad media es de 2.7 g/cm<sup>3</sup> en las 280 muestras del testigo, 68 de las cuales fueron de las facies riolíticas y tienen aproximadamente el mismo valor en todas.

Los resultados de las inversiones realizadas con los datos geofísicos recogidos son claros. No se observa ningún nivel

conductor a las profundidades que se esperaba hallarlo, es decir, en la posición del *target* (objetivo) inicial.

Simplemente encontramos un conductor moderado a la profundidad donde se localizan las pizarras negras grafiticas y piríticas.

Al comparar las gráficas de las inversiones de la geofísica superficial de Cotovio con la del yacimiento de Lombador no cabe duda de que no existe la zona de mineralización buscada a dicha profundidad.

Los resultados de la perforación electromagnética del sondeo CT08001 no revelan la presencia de un conductor eléctrico que destaque.

También se registró una respuesta moderadamente anómala en los canales recientes en un intervalo situado alrededor de 700m, principalmente en las componentes X e Y que es donde encuentra la transición del *Flysch* al techo de la Volcano-Sedimentaria, es decir, en las pizarras negras grafiticas y piríticas (*Formación de Brancanes*).

Como el valor de la componente Z debería tender progresivamente a 0 con el aumento de la profundidad, nos deja la hipótesis de que puede existir algo más conductivo en profundidad, podría existir una formación geológica cuya profundidad está fuera de los límites practicables de prospección.

#### **PARA CONCLUIR EL TRABAJO,**

Se obtuvo una anomalía geofísica que podía ser interpretada inicialmente como un posible nivel mineralizado. Después de realizar los estudios geofísicos, geoquímicos y petrológicos pertinentes y compararlos con conductores reales debidos a mineralización, se llega a la conclusión de que el conductor no es significativo, de que no existe un nivel mineralizado a dicha profundidad. Sólo se encontraron rocas que varían entre riolitas y dacitas, y no se encontraron razones lógicas que expliquen esta anomalía.

No obstante, se aconseja que se sigan los trabajos en esta línea, hasta obtener datos más esclarecedores que aporten resultados con mejor interpretación.

## BIBLIOGRAFÍA

---

---

- Higueras, P. Apuntes de exploración minera online. Departamento de Ingeniería Geológica y Minera, EUP Almadén, Universidad de Castilla-La Mancha, Almadén (Ciudad Real), España. ([www.uclm.es/users/higueras/](http://www.uclm.es/users/higueras/))
- Oliveira, J.T. (1984) Carta Geológica de Portugal. Notícia explicativa da folha 8. Serviço geológico de Portugal. 31-50. Lisboa.
- Petrology home page, Kurt Hollocher, Geology Department, Union College, Schenectady, NY 12308 U.S.A. (última visita 10/6/2012) [http://minerva.union.edu/hollochkc\\_petrology/discrim/discrim.htm](http://minerva.union.edu/hollochkc_petrology/discrim/discrim.htm)
- Rosa, C., McPhie, J., Relvas, J., Pereira, Z., Oliveira, T., Pacheco, N. (2010) "Facies analyses and volcanic setting of the giant Neves Corvo massive sulfide deposit, Iberian Pyrite Belt, Portugal". *Relatório final*. Empresa AGC Minas de Portugal. 1-40. Alfragide.
- Rosa, C., Rosa, D., Oliveira, T. Pereira, Z., Matos, J., Inverno, C. Relatório final do projecto: "Physical Volcanogenical and Petrochemical Studies of Volcanic Rocks in the Neves Corvo Area, in the Pyrite Belt". Relatório interno de la empresa Somincor. 20-32.
- Tornos Arroyo, F. (2008) "La Geología y Metalogenia de la Faja Pirítica Ibérica". Revista de la Sociedad Española de Mineralogía, Macla nº10, 13-23.



## ANEXOS

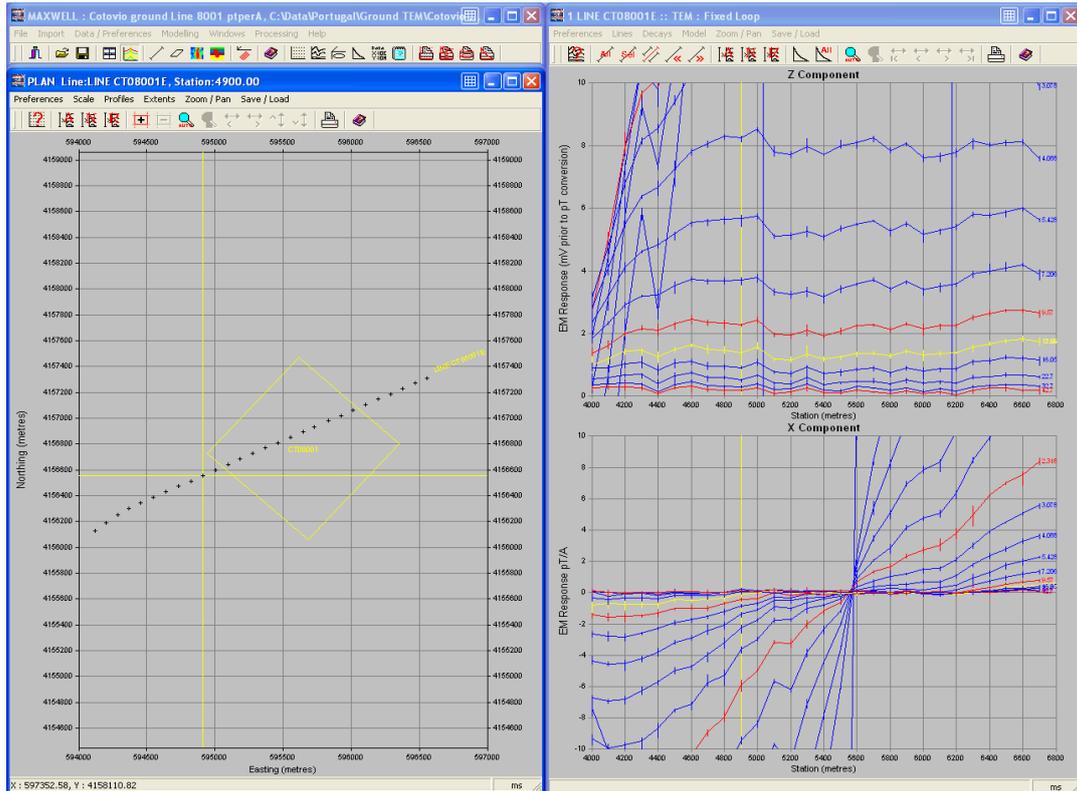
---



ANEXO 2

TEM

Los resultados finales son producidos por el software de uso interno *Emax/Maxwell*, siendo posteriormente tratados en el programa *Oasis Montaj*, de la empresa *Geosoft*. Este software permite, a partir de los datos del TEM, construir secciones que muestran isovalores de conductividades o resistividades.



ANEXO 3

---

Coordenadas de TEM:

	X_HGD73	Y_HGD73	Z (m)	Station
Upper Left Corner	18504.36	-235082.50	276.35	5200
Lower Left Corner	18504.36	-235082.50	-2000	5200
Upper Right Corner	19249.65	-234753.27	259.20	6000
Lower Right Corner	19249.65	-234753.27	-2000	6000

ANEXO 4

Estudio geoquímico de las rocas.

Muestras obtenidas y profundidad de las mismas.

Hole, depth (m)	Chemical type (TJB - Jan. 2010)
CT-08-001 940.6	Shale (green mud)
CT-08-001 1019.5	Shale (green mud)
CT-08-001 1096.9	Shale
CT-08-001 1163.6	Impure felsic tuff?
CT-08-001 1178.6	Rhyolite 4 (ALK)
CT-08-001 1218.3	Rhyolite 4 (ALK)
CT-08-001 1229.6	Chert
CT-08-001 1234.9	Rhyolite 4 (ALK)
CT-08-001 1273.0	Rhyolite 4 (ALK)
CT-08-001 1324.5	Rhyolite 4 (ALK)
CT-08-001 1374.0	Rhyolite 3'
CT-08-001 1407.2	Rhyolite 3'
CT-08-001 1465.6	Rhyolite 4 (ALK)
CT-08-001 1508.3	Rhyolite 4 (ALK)
CT-08-001 1551.7	Rhyolite 4 (ALK)
CT-08-001 1600.2	Rhyolite 4 (ALK)
CT-08-001 1652.4	Rhyolite 4 (ALK)
CT-08-001 1703.1	Rhyolite 4 (ALK)
CT-08-001 1759.1	Rhyolite 4 (ALK)
CT-08-001 1800.0	Rhyolite 4 (ALK)
CT-08-001 1811.9	High-Zr rhyolite
CT-08-001 1816.9	Rhyolite 3
CT-08-001 1850.3	Rhyolite 3
CT-08-001 1887.2	Rhyolite 3

ANEXO 5

---

Testificación del sondeo CT08001:

Hasta (m)	Símbolo Lito.	Símbolo alteración	Descripción	Recuperación (%)	Contacto
4,7	SR		Sin recuperación		
8,6	G1	As	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Grauvacas con lutitas intercaladas. Color ocre-amarillentas. Grauvacas de grano grueso.</li> <li>•Alteración supergénica.</li> <li>•Estructuras en llamas positiva a 5.9m. B 80°.</li> </ul>	100,00	Contacto neto
15,59	Gx	Ox	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Grauvacas con intercalaciones de pizarra. Color gris. Grano medio. Intercalaciones decimétricas en (8.8m-11.5m), después menos numerosas y centimétricas. Fragmentos milimétricos de pizarra a partir de 14.2m.</li> <li>•Granoselección positiva en 11.7-12m.</li> </ul> <p>Laminación/estratificación cruzada. Alteración amarilla: oxidación. Roca rota en fragmentos desde 12.5m a 12.9m (fragmentos decimétricos).</p> <p>Granoselección positiva en 11.7m-12m. Laminación /estratificación cruzada.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•B 90° E 60°.</li> </ul>	69,09	Contacto por falla
15,75	F		Falla. Grauvacas y pizarras. La mayor parte de la roca está disgregada. A 60°.	31,25	
28,5	Gx	q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Grauvacas intercaladas con pizarra. Color gris oscuro. Grano fino-medio. Intercalaciones por</li> </ul>	100,00	Contacto por falla

			<p>tramos, centimétricas (19.9m - 21.9m), decimétricas (18.85 m-19.9m), sin apenas intercalaciones (26.1m-28m). Fragmentos de pizarras milimétricos, más visibles en 27.8m.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Venas de cuarzo poco abundantes, más comunes en (19.1m-24-75m). <i>Mottled quartzs</i> a 26.8m, 27.8m.</li> </ul> <p>Zona fragmentada (fragmentos decimétricos) de 27.9m-28.5m. Textura en clastos, más común a partir de 27.9m.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructuras en llamas positiva a 22.1m.</li> </ul> <p>Estratificación cruzada a 22.25m. B 80° E 60°.</p>		
28,63	F		Falla. Material arcilloso. Roca totalmente desecha. AIM.	38,46	
31	G	q p	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laminaciones de pizarra en los primeros centímetros. Fragmentos de pizarras milimétricos.</li> <li>• Venas muy finas de cuarzo poco numerosas.</li> </ul> <p>Pirita diseminada, poco numerosa y muy pequeña. Roca rota en fragmentos en (30.4m-30.7m).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Granoselección positiva en 28.8m-29.0m. B 80°.</li> </ul>	100,00	Contacto por falla
31,3	F	Q	Falla. Pizarras y Grauvacas. Con vetas de cuarzo. AIM.	66,60	
34,05	G	Ox Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grauvacas. Color gris. Grano fino-medio.</li> </ul> <p>Fragmentos de pizarras milimétricos. Tiene una intercalación aislada decimétrica de pizarra.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Roca toda fragmentada, con oxidaciones</li> </ul>	100,00	Contacto por falla

			amarillas fuertes. Venas de cuarzo con carbonatos. ·Polaridad no observable. B y E no observable.		
35,1	F		Falla. Hasta 34.5m la roca es similar al intervalo [31.3m-34.05m]. A más profundidad de 34.5m es pizarra. A más profundidad de 34.5m hay cuarzo en venas. AIM.	47,60	
37,52	G	q	·Grauvacas. Color gris. Grano fino-medio. ·Algunas venas de cuarzo finas. ·Polaridad no observable. B 70°.	100,00	Contacto por falla
37,82	F	Q Cl	Falla. Material arcilloso. Cuarzo, clorita y carbonatos. A 45°.	66,60	
45,1	Gx	Q Cl	·Grauvacas con laminaciones e intercalaciones de pizarra. Color gris. Grano medio. Intercalaciones decimétricas a partir del 39.1m, laminaciones centimétricas a partir del 43.3m. ·Venas de cuarzo, clorita, carbonato, frecuentes y grandes a partir del metro 38 sobre todo. <i>Mottled quartzs</i> a partir de 40.3m. Estructuras en llamas positiva a 44.95m. Estructura en carga positiva a 43.7m. ·B 55° a 39.2m. B 70° a 44 m. E 60°.	100,00	Contacto por falla
45,8	F		Falla. Pizarra. Muy fragmentados. A 25°.	57,14	
61	G	Q Cl	·Grauvacas. Color gris. Grano de tamaño variable. Aproximadamente los primeros 50m, la pizarra oscurece la grauvaca. La presencia de	100,00	Contacto por falla

			<p>pizarra no tiene una alternancia regular y no es muy abundante.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Vetas de cuarzo, dolomita, clorita y carbonato.</li> <li>•Estructura en carga positiva a 49m.</li> </ul> <p>Granoselección positiva en 59.6m-60.00m. B 80°.</p>		
61,65	F	q	<p>Falla. Grauvacas con algo de pizarra. Con algunos cuarzos en venas. A 30°.</p>	69,23	
68	Gx	q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Grauvacas con intercalaciones de pizarra cada vez más frecuentes. Color gris. Grano de tamaño fino-medio. La roca se vuelve más oscura con la profundidad porque aumenta el contenido de pizarra.</li> <li>•Pocas venas de cuarzo. A 64.25m: falla de 38 cm, A 40°, R 47.6%. Grauvacas con pizarras. A 65.82 m: falla 32 cm, IM, R 62.5%. Grauvacas con pizarras.</li> <li>•Laminación cruzada a 63.25m. Estructura en carga positiva a 63.3m. Estructuras en llamas positiva a 63.3m. B 80° E 40°.</li> </ul>	100,00	Contacto por falla
69,15	F	q	<p>Falla. Grauvacas. <i>Mottled quartzs</i>. A 30°.</p>	52,17	
77,97	Gx	Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Grauvacas con intercalaciones de pizarra. Color gris. Tamaño de grano medio-grueso. Intercalaciones decimétricas de pizarra. Fragmentos de pizarras milimétricos.</li> <li>•Cuarzo en <i>mottled quartzs</i>, plegados y en vetas</li> </ul>	100,00	Contacto neto a 85°

			<p>que se cruzan.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Estructuras en llamas positiva a 73.40m. B ondulado a 73.4m. B 90° a 71.5m. B 85° a 75.7m. E 50°.</li> </ul>		
95,2	XG	q p	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras con laminaciones milimétricas de grauvacas.</li> <li>•Vetas de cuarzo finas y poco numerosas. Piritas muy pequeñas diseminadas.</li> <li>•Estructuras en llamas positiva a 87.1m, 83.25m. B 80°-90°. E 60°.</li> </ul>	100,00	Contacto neto a 80°
121,7	GX	Q Cl	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Grauvacas con intercalaciones poco frecuentes de pizarra. Color gris. Grano fino-grueso. Textura clástica. Intercalaciones decimétricas, abundantes por tramos (108m-108.5m), (113.5m-118m).</li> <li>•Venas de cuarzo con dolomita y clorita. <i>Mottled quartzts.</i></li> <li>•Estructuras en llamas positiva a 119m. B 80°.</li> </ul>	94,79	Contacto gradual
135,5	XG	q p	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras con intercalaciones/laminaciones por zonas. Pizarra negra. Grauvaca gris, tamaño de grano fino. Laminaciones milimétricas y centimétricas (124m-128.6m), (130.9m-134m), decimétricas (126.8m-130.9m).</li> <li>•Piritas diseminadas y en finos niveles muy visibles. Cuarzo no muy abundante. <i>Mottled quartzts.</i> Estructuras en llamas positiva a 124.26m.</li> </ul>	100,00	Contacto progresivo, ya que en el último metro hay bastante grauvaca.

			•B 80°-90° E 60°.		
165,75	GX	q p	<p>•Grauvacas con intercalaciones de pizarra. Grauvacas gris oscura. Tamaño de grano fino-grueso. Intercalaciones de pizarras negras decimétricas más abundantes hasta 140m. Después casi desaparecen, reapareciendo a 164.8m. Fragmentos milimétricos de pizarra.</p> <p>•Rocas algo oxidadas. Finas venas de cuarzo que se cruzan. Dolomita. Pirita más abundante y diseminada.</p> <p>•Estructuras en llamas positiva a 137.4m. Laminación cruzada a 164.8m-164.9m. B 75°-90°. E 55°.</p>	99,27	Contacto por falla
166,37	F	q	Falla. Pizarra con algo de grauvacas. <i>Mottled quartzs</i> y venas finas de cuarzo. A 20°.	42,32	
175,2	GX	q p	<p>•Grauvacas con intercalaciones decimétricas de pizarras. Grauvacas de color gris oscuro. Tamaño de grano grueso. Con mucha pizarra hasta 169.2m, y a partir de ahí con laminaciones centimétricas y milimétricas. Fragmentos milimétricos de pizarra. Textura clástica en el último medio metro.</p> <p>•Algunas venas de cuarzo que se cruzan muy finas. Algunos pequeños <i>mottled quartzs</i>. Piritas diseminadas.</p> <p>•Estructuras en llamas positiva a 173.1m B 75° a 169.4m. B 90° a 170m. E 60°.</p>	100,00	Contacto por falla

176,37	F	q	Falla. Grauvacas con algo de pizarra y de cuarzo. A 40°.	68,37	
192,54	GX	q Cl	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Grauvacas con intercalaciones de pizarra. Color gris oscuro. Tamaño de grano variable entre fino y grueso. Pizarras más abundantes por tramos: centimétricos-decimétricos (178m-185.3m); centimétricos (191.1m-193.1m).</li> <li>•Venas de cuarzo, con carbonatos, cloritas y que se cruzan.</li> <li>•Granoselección positiva en 185.7-186.1m.</li> </ul> Estructuras en llamas positiva a 181.65m. B 90° E 60°.	100,00	Contacto por falla
195,01	F	q	Falla. Grauvacas grises, grano fino. Algo de cuarzo y mottled <i>quartzts</i> . AIM.	40,11	
198,1	Xn	qp	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras negras.</li> <li>•Pirita diseminada. Alguna veta muy fina de cuarzo.</li> <li>•Polaridad no observable. B 90° E 60°.</li> </ul>	100,00	Contacto gradual
219,59	G	Ox Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Grauvacas gris oscuras. Tamaño de grano variable de fino a grueso. Fragmentos milimétricos de pizarra. Pizarras intercaladas decimétricas hasta 199.7m. De 203.85m-206.85m las intercalaciones son centimétricas y decimétricas, pero muy poco abundante.</li> <li>•<i>Mottled quartzts</i>. Cuarzo con clorita</li> </ul>	89,92	Contacto gradual

			<p>perpendicular al eje. En el metro 219 aumenta considerablemente la cantidad de cuarzo con clorita. Oxidación.</p> <p>•Estructuras en llamas positiva a 204m. B 80° a 204, 212, 216m. E 70°.</p>		
226,06	XG	Ox Q p Cl	<p>•Pizarras intercaladas con grauvacas. Pizarras negras. Grauvacas de color gris, tamaño de grano fino-medio. Las intercalaciones son decimétricas hasta 212.7m. Después casi inexistentes, al igual que el cuarzo.</p> <p>•<i>Mottled quartzs</i>. Venas de cuarzo con clorita. Pirita diseminada. Oxidación. Pizarras con clorita y cuarzo.</p> <p>•Estructuras en llamas positiva a 222m B 70° a 219.8m. B 60° a 220.6m. B 50° a 221.6m. B 55° a 222.9m. B 40° a 223.7m. B 30° a 224.26m. B 0° a 224.45. B 90° a 224.55. B 75° a 224.75. B 60° a 225.6m. Posible pliegue asociado a las fallas siguientes. E 60° siempre.</p>	100,00	Contacto por falla
226,31	F	Q Cl	Falla. Pizarras. Con cuarzo y clorita. AIM.	40	
228,26	XG	p	<p>•Pizarras negras con algunas laminaciones de grauvacas.</p> <p>•Pirita diseminada. Material afectado por ambas fallas. <i>Mottled quartzs</i>.</p> <p>•B ,E no observables.</p>	93,18	Contacto por falla

228,68	F	Q	Grauvacas y pizarras. Cuarzo en venas. Polaridad no observable.	42,61	
229,45	XG	q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras con laminaciones milimétricas de grauvacas.</li> <li>•<i>Mottled quartzs</i>.</li> <li>•Polaridad no observable. B ondulado aproximadamente a 70°.</li> </ul>	100,00	Contacto gradual
278,25	GX	Q Cl	<p>Grauvacas con algunas intercalaciones de pizarras. Grauvacas grises. Grano variable fino-medio-grueso. A más de 229.6m, las pizarras son poco abundantes. De 234m-240.15m, laminaciones de pizarras centimétricas. A 240.25m-240.50m, laminaciones milimétricas y centimétricas de pizarras. Fragmentos milimétricos de pizarra, fragmentos de cuarzo. A 251.1m, laminaciones centimétricas e intercalaciones decimétricas de pizarras. A más de 260m, no existen intercalaciones y la grauvaca es de grano grueso.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•<i>Mottled quartzs</i>, cuarzo con clorita y carbonato (abundante en 232-234m) , venas de cuarzo con estiramientos, estriás, grietas de tracción a 231m. Venas de cuarzo que se cruzan. Venas de cuarzo finas oxidadas.</li> <li>•Granoselección positiva en 240.25-240.55m, 257.8-258.4m. Estructuras en llamas positiva a 256.85m, 264.6m, 272.6m. B 30°, E 40° a 236.25m.</li> </ul>	97,23	Contacto gradual

			B 90°, E 40° a 240.25m. B 55° a 251.7m. B 70° a 252.86. B 80° a 254.9m. B 90° E 60° a 270m. A 251.6 cambia el testigo de AHQ (diámetro de 6cm) a NQ (diámetro de 4.5cm).		
291,45	Xn	q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras negras con laminaciones milimétricas y centimétricas de grauvacas. Grauvacas gris oscuro. Grano de tamaño fino-medio. Fragmentos milimétricos de pizarra. En el metro 283, las intercalaciones de grauvacas son decimétricas y la grauvaca es más clara.</li> <li>•<i>Mottled quartzs</i> escasos y venas muy finas de cuarzo. Venas de cuarzo a 55° paralelas entre sí a 290m.</li> <li>•Estructuras en llamas positiva a 278.7m. B 50°, E 50° a 284.5m. B 70° a 286.8m. B ondulado a 287.2m. B 90° a 290.75m.</li> </ul>	89,62	Contacto gradual
327,58	GX	Ox Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Grauvaca con laminaciones de pizarra. Gris oscuro. Grano de tamaño medio. Pocas laminaciones milimétricas y centimétricas de pizarra. Con la profundidad aumenta la pizarra. En 314.95m-319m tiene mucha pizarra en forma de muchas laminaciones milimétricas y centimétricas. En los últimos dos metros aumenta la pizarra. Fragmentos milimétricos de pizarra.</li> <li>•<i>Mottled quartzs</i>. Cuarzo en venas más anchas de 1 cm. De 303.1m-312m la roca está oxidada, color</li> </ul>	88,81	Contacto gradual

			<p>amarillento. Fracturas rellenas con cuarzo. Venas de cuarzo paralelas a 40° a 309.2m.</p> <p>•Estructuras en llamas positiva a 285.5m, 285.6m, 306.15m, 317.2m, 322m. Estructura en carga positiva a a 304.3m, 317.2m. B 80° a 285m. B 90° a 304m. B 85° a 315m. E 75°. a 299.5 disminuye el diámetro del sondeo a direccional (diámetro de 3cm).</p>		
344	XG	q p	<p>•Pizarras con algunas laminaciones de grauvacas pizarras negras. Grauvacas aparecen en laminaciones milimétricas y centimétricas, grauvaca gris, de tamaño fino medio. De 336.84m a 341.3m la cantidad de grauvaca es mayor.</p> <p>•Piritas diseminadas. Cuarzos en venas anchas (+1cm) con carbonato (a más de 340m). A 343.3m de profundidad hay una falla de 22 cm, recuperación de 86.36%, pizarras con cuarzos y <i>mottled quartzs</i>.</p> <p>•A 45°. Estructuras en llamas positiva a 340m B 80° E 60° 330m. B 75° E 65° a 331m B 60° E 55° a 341.6m.</p>	98,84	Contacto gradual
353,72	GX	Q	<p>•Grauvacas con pocas laminaciones de pizarra. Color gris. Laminaciones milimétricas y centimétricas de pizarra cada vez más frecuentes hasta 349m. Fragmentos milimétricos de pizarra.</p> <p>•Pocas y finas venas de cuarzo que se cruzan. A más de 352.8m el cuarzo se hace más abundante,</p>	100,00	Contacto por falla

			<p>aparece junto con clorita y carbonatos.</p> <p>·Estructuras en llamas positiva a 348.7m .B 80° E 70°.</p>		
354,55	F	Q Cl	<p>Falla. Grauvacas con pizarra. Cuarzo, clorita y carbonatos. AIM.</p>	72,28	
418,36	GX	q p	<p>·Grauvaca con alternancia de pizarra por tramos. Grauvaca, color gris. Tamaño de grano variable entre fino-medio-muy grueso. En (359m-361.5m): intercalaciones centimétricas y decimétricas de pizarra. Pocos fragmentos milimétricos de pizarra. En (368.2m-372.7m): intercalaciones decimétricas, laminaciones centimétricas abundantes. En (377m-386.35m): poca pizarra. Grauvacas tamaño de grano muy grueso. En (386.5m-389m): laminaciones milimétricas y centimétricas de pizarras. En (389m-403m): poca pizarra, grauvacas de grano fino. En (403m-407.5m): laminaciones de pizarras centimétricas e intercalaciones decimétricas. En (407.5m-418.36m): Grauvacas grano fino-medio. Poca pizarra, milimétricas y centimétricas.</p> <p>·Piritas diseminadas, mas abundantes entre 403m-407m. Mottled <i>quartzs</i>, venas de cuarzo con clorita que se cortan. Venas de cuarzo finas con oxidación a 368.2m. De 383m-386.35m las venas son muy anchas (entre 2.5 y 6 cm) de cuarzo y clorita (están oxidadas).</p>	97,90	Contacto neto a 85°

			<ul style="list-style-type: none"> <li>•Estructuras en llamas positiva a 359m, 368.2m, 387m, 405m, 415m. Estructura en carga positiva a 405m. B 75° E 70° a 362m. B 85° E 50° a 370m B ondulado 80°-90°. E 65° a 403m.</li> </ul>		
434,42	Xn	q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras negras con laminaciones de grauvacas milimétricas y centimétricas. Grauvacas de grano fino.</li> <li>•Alguna vena fina de cuarzo con clorita y ancha (+1cm) aislada y antes del 419.5m. Algún <i>mottled quartzs</i> también antes de dicha profundidad.</li> <li>•Estructuras en llamas positiva a 419.5m. B 85° E 70°</li> </ul>	98,94	Contacto progresivo
492,36	GX	Q Cl	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Grauvacas con laminaciones de pizarras. Grauvacas en color gris oscura, debido al contenido en pizarras. Grano medio-fino. Laminaciones milimétricas y centimétricas. A más de 455.5m hay mucha pizarra (laminaciones milimétricas y centimétricas), pero a más de 482m de profundidad hay poco pizarra.</li> <li>•Venas de cuarzo con clorita, <i>mottled quartzs</i>, fragmentos de pizarras en las grauvacas. Venas que se cortan.</li> <li>•Estructuras en llamas positiva a 463.75m, 474.5m. B 85° E 70° a 445.3m.</li> </ul>	97,78	Contacto neto a 75°
499,76	C	p	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Conglomerado matriz soportado. Gris oscuro.</li> </ul>	100,00	Contacto neto.

			<p>Matriz muy oscura debido al contenido en pizarra.          Grado de redondez: sub-redondeado-sub-prismoidal.          Sorting: 2 pobremente seleccionado.          Paraconglomerado (matriz arcillosa). La mayoría de los clastos son de cuarzo u otros fragmentos líticos (grauvacas). Tamaño de los clastos: 2mm-3.5mm. Tiene laminaciones de pizarra.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Piritas en los bordes de los fragmentos de grauvacas.</li> <li>•Polaridad no observable. B 60° E 60°.</li> </ul>		
560,4	GX	q p	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Grauvas con laminaciones de pizarra.</li> </ul> <p>Grauvas gris. Grano muy grueso-medio. Fragmentos milimétricos de pizarra y de cuarzo. Tamaño de grano muy grueso sólo en los primeros 6.6m, coincidiendo con la aparición gradual de pizarra, oscureciéndose las grauvas, y con una falla. Después de la falla, las grauvas tienen tamaño de grano medio, laminaciones de pizarras, fragmentos milimétricos de pizarra. A más de 510 m de profundidad: intercalaciones centimétricas y decimétricas. A más de 526m, laminaciones milimétricas y centimétricas e intercalaciones decimétricas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Cuarzos en venas con clorita. Mottled quartzs.</li> </ul> <p>Finas venas que se cruzan. Pirita diseminada en poca cantidad. Entre 553.62m-554m, venas de cuarzo</p>	99,71	Contacto por falla

			<p>paralelos entre sí a 30°. A 507.87m: falla, 12 cm de pizarra con <i>mottled quartzs</i>. AIM, R66.6%. Entre 543.53m-544.24m, zona probable de falla: material con mucha pizarra muy plegada y afectado por venitas de cuarzo.</p> <p>·Estructura en carga positiva a 543.53m. B 80° E 60° a 512m. B 75° E 80° a 547.5m.</p>		
562,09	F	Q	<p>Falla. Grauvacas y pizarras. Mucho cuarzo con clorita. AIM.</p>	78,69	
580,5	GX	Q	<p>·Grauvacas con algunas intercalaciones de pizarras. Grauvacas grises con tamaño de grano medio. Intercalaciones decimétricas.</p> <p>·Cuarzo en venas, <i>mottled quartzs</i>. Rocas fragmentadas en algunas zonas. A 573.1m hay una falla: grauvacas, cuarzo y cloritas. AIM. R64.51%</p> <p>·Polaridad no observable. AIM.</p>	64,51	Contacto gradual
594,1	XG	q p	<p>Pizarras con alternancia de grauvacas. Pizarras negras. Grauvacas de tamaño medio. Laminaciones milimétricas, centimétricas. Intercalaciones decimétricas.</p> <p>·Piritas diseminadas. <i>Mottled quartzs</i>. Venas de cuarzo.</p> <p>·Estructuras en llamas positiva a 585.4m. B 75° E 75°.</p>	100,00	Contacto gradual
623,25	G	q	<p>·Grauvacas. Color gris. Tamaño de grano fino.</p>	100,00	Contacto por

			Fragmentos milimétricos de pizarra. Algunas muy finas laminaciones de pizarras negras (598.3m-599.35m). · Venas de cuarzo finas y medias. Estructuras en llamas positiva a 604.4m, 610.5m B 80°.		falla
625	F	q	Falla. Grauvacas. Cuarzo en venas. Roca deshecha y fragmentada. AIM.	56,00	
650,9	XG	q	· Pizarras con laminaciones de grauvacas. Pizarras negras. Grauvacas de grano fino. El primer metro y medio está formado por grauvacas mayoritariamente. Laminaciones milimétricas y centimétricas. · Algunas venas esporádicas finas de cuarzo. · Estructura en carga positiva a 632.6m. B 75° E 50° a 640.5m.	86,88	Contacto por falla
652,6	F		Falla. Grauvacas pizarrosas. AIM.	49,21	
677,5	GX	q	· Grauvacas con algunas laminaciones de pizarras negras. Grauvacas de grano fino-grueso. Fragmentos milimétricos de pizarra. Muy pocas laminaciones de pizarras (655m-655.3m), (670m-671.1m), son centimétricas. · Pequeñas venas de cuarzo que por zonas son paralelas entre sí, orientadas a 60° entre 654.1m-654.6m. Venas perpendiculares al sondeo, anchas (+1cm) con clorita. Venas en otras direcciones.	92,28	Contacto gradual de acuerdo con la estratificación

			<p><i>Mottled quartzs</i>. Rocas fragmentadas en los intervalos (655m-655.5m), (656m-656.6m).</p> <p>•Estructuras en llamas positivas a 662.95m. B 70°-80° E 50°. En 671.8m aumenta el sondeo de diámetro 3 cm a 4.5 cm.</p>		
692,8	XG	q p	<p>•Pizarras negras con laminaciones de grauvacas. Grauvacas grises de grano muy fino.</p> <p>•<i>Mottled quartzs</i>, finas venas de cuarzo, poca pirita diseminada. A más de 690m hay más venas de cuarzos. A 678m falla: de 23cm, pizarras. A 60° R65.21%.</p> <p>•Estructuras en llamas positivas a 680.35m. E 60°, B 90°.</p>	100,00	Contacto por falla
693,02	F		<p>Falla. Pizarras negras grafiticas y piríticas. A 40°.</p>	72,72	
715,7	P	q P	<p>•Pizarras grises y negras. Grafiticas y piríticas. Cuando son grises tienen menos grafito y pirita (697m-699m son más grises). Los grises tienen posiblemente un origen tufáceo.</p> <p>•Venas de cuarzo que se cruzan. Entre 696.5m-697.75m y entre 714m-715.4m hay venas paralelas a 80°. Niveles pequeños de cuarzo ricos en piritas a 80°-90° al eje del sondeo. Piritas a lo largo de los planos de exfoliación y muy plegaditas. Piritas en nódulos asociados a cuarzo. Aglomerados de pirita en los pizarras grises. A 699.02 falla</p>	96,65	Contacto por falla

			de 6cm, A 70°, pizarras negras grafíticas y piríticas. R83.3%. •B 80° E 60° a 697m. B 90° E 40° a 706.2m.		
716,2	F		Falla. Pizarras negras grafíticas y piríticas. Queda algo de roca, pero la mayoría es arcilla molida. A 50° ángulo probable.	53,57	
720,25	P	q P	•Pizarras grises y negras grafíticas y piríticas. •Alguna vena de cuarzo, rica en pirita. Niveles de cuarzo con pirita a 80°. Roca fragmentada. •B 70° E 30° a 719m.	86,29	
723,2	F		Falla. Pizarras grises y negras grafíticas y piríticas. A 30°.	47,11	
738,1	P	Q	•Pizarras negras y grises grafíticas y piríticas. A más de 734m la roca empieza gradualmente a ser más tufácea y deja de ser grafítica y pirítica. •Venas de cuarzo, entre 729m-733.26m paralelas a 75°-80°. A 733.26m hay 64 cm de zona de posible falla: mucho cuarzo en venas desde muy finas hasta de 30 cm. <i>Mottled quartzs</i> , más cuarzo a partir del metro 730m. •B 80° E 50° a 734.15m.	92,81	Contacto gradual de acuerdo con la estratificación
752,65	Xc		•Pizarras grises oscuras. Intercalaciones de hasta 2cm de niveles volcánicos verdes de grano	97,93	Contacto progresivo

			<p>muy fino, verdes claro, ejemplo a 741.2m.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Algunas venas de cuarzo plegadas, más numerosas en los últimos 40 cm y con clorita, también anchas (+5cm).</li> <li>•B no visible E 50°.</li> </ul>		
759,9	Xc	Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras grises verdosas. Grano muy fino-medio. Manchas oscuras.</li> <li>•Vetas de cuarzo anchas (+1cm) con clorita. Más cuarzo en 755.5m-755.7m. Venitas finas de cuarzo también.</li> <li>•Gradación positiva en 758.8m-759.6m. B 85° E 45° a 757.6m.</li> </ul>	100,00	Contacto: donde comienzan a aparecer las grandes vetas de Q.
763	Xc	Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras grisáceas y verdosas con mucho cuarzo. Grano medio. Intercalaciones verdosas oscuras y claras.</li> <li>•Venas de cuarzo anchas (+5cm) con cloritas en distintas direcciones.</li> <li>•B no visible E 50°.</li> </ul>	75,48	Contacto: donde desaparecen las grandes vetas de Q
769,4	Xc	Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras grises oscuras verdosas. Grano muy fino.</li> <li>•Abundantes vetas finas de cuarzo paralelas entre sí a 60°. También hay vetas en otras direcciones.</li> <li>•B no visible E 55° a 769m.</li> </ul>	90,00	Contacto gradual
771,82	Xe		<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras grises oscuras/negras. Grano muy fino.</li> </ul>	99,58	Contacto gradual

			•E 50° a 771.5m B 80° a 770.9m.		
784,7	Xv	q	<p>•Pizarras verdosas. Grano muy fino. Laminaciones aisladas e intercalaciones de hasta 4 cm de color verde claro. Otras de hasta 2cm más oscuras (negras). Los últimos 2m de roca son más oscuros, más negros.</p> <p>•De 775.776 la roca está fragmentada. <i>Mottled quartzs</i>.</p> <p>•B 70° a 777m (donde las intercalaciones claras). E 55° a 780.7m.</p>	93,55	Contacto por falla
785	F		Falla. Pizarras verdosas. Disgregada en arcilla los primeros 5 cm, después la roca está bastante entera. A 45° (ángulo probable).	87,09	
823,48	Xc		<p>•Pizarras grisáceas-verdosas. Grano muy fino. Comienza siendo verdosa oscura y va aclarándose progresivamente con la profundidad. Pequeñas intercalaciones más blanquecinas, son más silíceas, a 811m.</p> <p>•B muy cambiante, se observa una serie de pliegues. B 75° a 789.5m. B 40° a 790.7m. B 0° a 790.9m. B 0° a 791.4m. B 50° a 793.5m. B 40° a 794.3m. E 60° a 804.2m. E 60° a 817m.</p>	93,55	Contacto por falla
824,65	F	q	Falla. Pizarra gris verdosa. Cuarzo en venas. Roca deshecha. AIM.	52,99	
829,85	Xe		•Pizarras verdosas. Grano fino. Niveles de	100,00	Contacto por

			ceniza volcánica (tuffs) de grano medio y fino. Se oscurece con la profundidad. ·B 50° E 50° a 828.30m (donde el nivel fino).		falla
830,4	F		Falla. Pizarra verdosa y arcillas. Roca muy entera. A 20° (superior). A 50° (inferior).	92,72	
834,7	Xc		Pizarras grisáceas-verdosas. Grano muy fino-medio. Pequeñas manchitas negras (milimétricas). Bandeado en distintos tonos de verdes. La roca se oscurece en el último medio metro. ·Cuarzos muy finos, que se cruzan y anchas(+3cm) con clorita. Pirita cúbica muy visible. ·B 60° E 60° a 831.5m. B 90° a 834.5m.	100,00	Contacto por falla
836,08	F	q	Falla. Pizarra gris oscura. Cuarzo en venas, cuarzo plegado. Roca fracturada. AIM	77,53	
848,58	Xc	q	·Pizarras gris oscuro-verdosas. Grano muy fino. Los colores cambian por tramos de verdosas a grises oscuros. ·Muy pocas venas de cuarzo salteadas. <i>Mottled quartzs</i> en los últimos metros. ·B 60° E 60°.	93,20	Contacto por falla
849,01	F		Falla. Pizarra grisácea. Roca bastante entera. A40 ángulo probable.	69,76	
882,66	Xc	Q	·Pizarra grisácea-verdosa, por tramos grisáceos y por tramos verdosos. Por ejemplo a más de 858m son más grises. Grano fino-medio. Niveles de	69,91	Contacto por falla

			tufitas verde claro. ·Niveles de cuarzo de hasta +4cm (a 852m). Finas venas de cuarzo más comunes en 864m-881m. B 60° E 60° a 849.2m, 852.5m, 860m, 870m.		
883,1	F	Q	Falla. Pizarras verdosas. Con mucho cuarzo. AIM.	64,36	
902,85	Xe	Q	·Pizarras verdosas y grisáceas. Tamaño de grano muy fino. Algunos niveles de tufitas claras plegados muy finos, esporádicos, por ejemplo a 886.7m de profundidad. ·Cuarzo 1 cm de grosor perpendiculares al sondeo a 901.3m. A 902.3m venas de cuarzos de 2.5cm de grosor e inclinados. ·B no visible E 40° a 890m. A 900.1m aumenta el testigo a 4cm de diámetro.	88.76	Contacto por zona probable de falla
916,45	Xv	Q	·Pizarras verdes y grises. Zona probable de falla. Pizarras de grano fino-medio. ·Con mucho cuarzo. Cuarzos con clorita. ·E 60° B 40° a 905.5m.	100,00	
923,3	Xc	q	·Pizarras grisáceas oscuras. Grano muy fino. Niveles de tufitas verdes claro a 922m y a 918m. Algunos están plegados. ·Mottled quartzs a 918.5m. ·E 60° B 80° a 920m.	100,00	Contacto zona probable de falla
927,33	Xc	Q	Zona probable de falla. Pizarras verdosas	100,00	

			grisáceas. Con mucho cuarzo. E 75° B no claro, quizás igual que la E.		
944,1	Xc	q p	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras grisáceas verdosas. Grano muy fino.</li> <li>•Pirita en niveles pequeños de cuarzo, vetas de cuarzo finas y anchas (+1cm) a 992.5m, (+5cm) a 936m, cuarzo más abundante a 939m.</li> <li>•E 65° a 931m. B 60° a 928.4m.</li> </ul>	100,00	Contacto por falla
945,4	F	Q	Falla. Pizarras verdes. Con mucho cuarzo, arcillas. A 30° superior.	85,49	
955,3	Xvev	q p	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras verdes y violetas. Color verde. Grano fino-medio. Intercalaciones de tufitas verde claro y plegadas.</li> <li>•Vetas de cuarzo finas y de más de 1cm de grosor en distintas direcciones. Pirita diseminada. Cristalitos de cuarzo.</li> <li>•B 70° E 75° a 746.6m.</li> </ul>	100,00	Contacto gradual
970,4	Xvev	Q P	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras verdes y violetas. Color violeta. Grano fino. Niveles de tufitas claras abundantes centimétricos, plegados y sin plegar.</li> <li>•Cuarzos anchos (+1cm grosor) con clorita.</li> <li>Pirita diseminada más abundante muy visibles en cubos.</li> <li>•B 80° a 962m. E 70° a 961m.</li> </ul>	100,00	Contacto gradual
987,7	Xvev	Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras verdes y violetas. Color verde. Grano muy fino. Algunas intercalaciones finas de tufitas</li> </ul>	100,00	Contacto gradual

			<p>plegados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Cuarzos anchos (+2cm grosor) a 572m, (+8cm) a 979m.</li> <li>•B 60° a 986.5m B 65° a 986m. E 70° a 976.4m, 979m, 983m.</li> </ul>		
998,9	Xvev	q P	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras verdes y violetas. Color violeta. Grano fino-medio. Niveles tufáceos plegados. Algunas venas finas-medias de cuarzo. Mucha pirita cúbica visible.</li> <li>•B 65° a 992.3m E 70° a 991m.</li> </ul>	100,00	Contacto gradual
1008	Xvev	Q P	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras verdes y violetas. Color verde. Grano muy fino. La roca es cada vez más oscura.</li> <li>•En el primer metro hay mucha pirita cúbica, muy visible (cubos de hasta 5mm). Venas de cuarzo de 3cm en 1001.4m, 1001.55m. Más finas a 1006 m en distintas direcciones. A 1010.8m venas de cuarzo de 3cm de grosor. A más de 1013.7m hay mucho cuarzo hasta el final.</li> <li>•B 80° a 1002.4 E 70° a 1006m.</li> </ul>	100,00	Contacto gradual
1016,8	Xn	Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras negras y grisáceas. Grano muy fino.</li> <li>•Venas de cuarzo anchas (+5cm grosor) sobre todo desde 1013.8m hacia delante.</li> <li>•B 75° a 1009.7m. B 80° a 1012.4m. E 80° a 1010.4m</li> </ul>	100,00	Contacto gradual
1024,3	Xvev	Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras verdes y violetas. Niveles de tufitas</li> </ul>	98,40	Contacto gradual

			<p>verde claro intercaladas con cuarzos (muy finos), decimétricas en (1018m-1022m-1022.5m). Color alternante verde y violeta por decímetros. El intervalo termina con los dos últimos metros en verde.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Venas de cuarzo (2cm de grosor) a 1018.9m, venas de cuarzo (+5cm) a 1024m por ejemplo.</li> <li>• B 70° E 65° a 1018m.</li> </ul>		de acuerdo con la estratificación a 65°
1032,26	Xn	Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pizarras grisáceas-negras. Grano muy fino.</li> <li>• Algunas venas de cuarzos anchas (2-5cm de grosor) a 1025m-1026m. Cuarzo con algo de clorita.</li> <li>• B 70° E 70° a 1032.1m.</li> </ul>	95,22	Contacto gradual
1045,5	Xvev	Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pizarras verdes y violetas con intercalaciones milimétricas y centimétricas de tufitas verde claro.</li> <li>• Cuarzo en venas aproximadamente perpendiculares al eje del sondeo; en 1032.5m, 1036m, 1037.8m, 1039m. <i>Mottled quartzs</i>. Cuarzo de 1 cm y menos a 1041.6-1042.8m.</li> <li>• B 70° E 70° a 1035.3m.</li> </ul>	100,00	Contacto gradual
1049,53	Xn	Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pizarras negras y grises. Grano muy fino. A 1046.75m hay una banda de tufitas.</li> <li>• Contiene cuarzo en venas. Entre 1048m-1048.3m aproximadamente con una inclinación de 70°, milimétricas y centimétricas.</li> </ul>	100,00	Contacto neto roto

			·B 70° E 70° a 1046.75m. E 75° a 1046.8m.		
1058,51	Xvev	Q	<p>·Pizarras verdes y violetas. Grano fino-medio. Tienen variaciones en la tonalidad. Entre 1051.7m-1052.7m: pizarras negras y grises. A más de 1052.7m son grisáceos-verdosos.</p> <p>·Hay venas de cuarzo en distintas direcciones, sobre todo a más de 1053m.</p> <p>·B 70° E 70° a 1052m. E 60° B 80° a 1058m.</p>	98,10	Contacto por falla
1059,65	F	Q	Falla. Pizarras verdes y violetas con cuarzo. Muy desecha, hasta 1059m. AIM.	80,10	
1063,98	Xvev	Q	<p>·Pizarras verdes y violetas. Tamaño de grano fino-medio. Pizarras con intercalaciones de tufitas verde claro. Es una roca de colores muy mezclados (rosas y lilas). Los últimos metros son más verdes, hasta 1062m.</p> <p>·Cuarzos con clorita. <i>Mottled quartzs.</i></p> <p>·B 75° E 75° a 1063.3m.</p>	100,00	Contacto gradual
1066,25	Xn	Q	<p>·Pizarras negras. Tamaño de grano fino.</p> <p>·Cuarzo con clorita. Más cuarzo cuanto más profundidad.</p> <p>·B 75° E 60° a 1064.6m.</p>	100,00	Contacto por zona probable de falla
1067,34	Xn		Zona probable de falla. Pizarras negras. Con mucho cuarzo en distintas direcciones, de distintos grosores de hasta 12 cm (1066.4m).	100,00	

1070,05	Xn	Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras negras. Grano muy fino.</li> <li>•Cuarzo en 1067.7m hasta 1068.3m. A 1070m son muy anchos (+10cm). Cuarzo con clorita. <i>Mottled quartzs</i>.</li> <li>•E 60° a 1069m. B 70° a 1068.5m.</li> </ul>	100,00	Contacto por falla
1070,31	F	q	Falla. Pizarras negras. Algo de cuarzo. AIM.	65,38	
1073,01	Xn	Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras negras. Grano muy fino. <i>Mottled quartzs</i> con clorita. <i>Mottled quartzs</i> a 1070.6m.</li> <li>Cuarzos a 1071m (1cm), a 1071.5m (10cm). Cuarzos inclinados a 60° en (1071m-1071.9m).</li> <li>•E 70° B no visible.</li> </ul>	100,00	Contacto por falla
1073,75	F	q	Falla. Pizarras negras. Con cuarzos. Trozos de roca decimétricas. AIM.	59,57	
1095,5	Xn	Q P	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras negras con grano muy fino.</li> <li>•Piritas cúbicas de hasta 5mm. Abundante cuarzos por tramos: En 1074m-1079.85m con grosores (mm-5cm) por tramos decimétricos. En 1081m-1087m que pueden tener grosores de distintas medidas (mm-10cm) con clorita. Abundante en toda la roca. En 1091m-1094m con anchos de (mm-3cm), contiene clorita. Por tramos decimétricos. En 1094m-1095.5m, más cuarzos de nuevo (mm-20cm), por tramos decimétricos-centimétricos.</li> <li>•E 70° B 60° a 1086.7m.</li> </ul>	100,00	Contacto por falla
1095,7	F	q	Falla. Pizarras negras. Con algo de cuarzo	70,00	

			perpendicular al eje. Roca no muy fracturada. A 30° inferior.		
1102,38	Xn	q P	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras negras. Grano muy fino. Algunas piritas en cubos grandes, similares a las del [1073.75m-1095.5m].</li> <li>•Algunas venas de cuarzo.</li> <li>•E 70° B 70° a 1100m.</li> </ul>	88,47	Contacto por falla
1103,07	F	Q	Falla en pizarras negras. Con mucho cuarzo y clorita. Roca bastante entera con una zona en arcillas. A 60° ángulo probable.	85,50	
1105,65	Xn	Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras negras de grano fino.</li> <li>•Venas de cuarzos perpendicular al eje, finas (mm-cm). Cuarzos con clorita. <i>Mottled quartzs</i>.</li> <li>•B no visible. E 75° a 1103.4m.</li> </ul>	100,00	Contacto por falla
1105,75	F		Falla. Pizarras negras con mucha arcilla. A 60°	50,00	
1109,05	Xn	Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras negras. Grano muy fino.</li> <li>•Cuarzos con clorita de hasta 15 cm de ancho.</li> <li>•E 70° B 85° a 1108.5m.</li> </ul>	82,93	Contacto por falla
1112,65	F	Q	Falla. Pizarras negras. Con mucho cuarzo. Roca no desecha, con algún contenido de arcilla. A 50°.	94,16	
1124,37	Xn	Q p	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras negras. Grano muy fino.</li> <li>•Algunas piritas diseminadas de hasta 7 mm, aproximadamente cúbicas. Abundante cuarzo con</li> </ul>	96,07	Contacto por falla

			<p>clorita, <i>mottled quartzs</i>.</p> <p>•E 65° a 1116m y 1119m. B cambiante. Pliegue en 1112.7m-1112.85m. B 45° a 1113.12m. B 0° a 1113.05m. B 60° a 1113.02m. B 0° a 1112.98m. Después B 65° E 65°.</p>		
1125	F	q	<p>Falla. Pizarras negras y arcilla. Con venas de cuarzo. A 50° ángulo probable.</p>	63,49	
1138,52	Xn	Cl	<p>•Pizarras negras. Grano muy fino.</p> <p>Intercalaciones decimétricas de pizarras grises, como por ejemplo en (1132.2m-1132.5m).</p> <p>•Abundante clorita. Suelen estar perpendicular al eje. <i>Mottled quartzs</i> en los primeros metros.</p> <p>•B 50° E 50° a 1130.5m. B 45° a 1136.6m. E 40° a 1138.5m.</p>	93,12	Contacto por falla
1138,9	F	Q	<p>Falla. Pizarras negras. Venas de cuarzo. Roca fracturada, trozos decimétricos. A 50° ángulo inferior probable.</p>	84,21	
1166,85	Xn	Q	<p>•Pizarras negras. Grano muy fino. Tiene intercalaciones decimétricas de pizarras grises.</p> <p>•Cuarzo abundante en forma de <i>mottled</i> cuarzos y en venas de hasta 5cm (más abundantes hasta 1150m). Después otra vez más abundante en 1156.5m-1157m, y algunos aislados.</p> <p>•E 60° a 1146m y 1153m. B 70° a 1143.7m.</p>	100,00	Contacto neto a 60°
1176,59	Xc	Q Cl P	<p>•Pizarras grises y verdes. Grano muy fino.</p>	95,99	Contacto neto

			<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pirita diseminada. Cuarzos abundantes con clorita en distintas direcciones de hasta 2cm.</li> <li>•E 55° B 55° a 1169m.</li> </ul>		roto
1177,39	J	Q p	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Cherts y jaspes con venas de cuarzo y carbonatos. Unidad silíceas muy fracturada, con las fracturas rellenas de cuarzo y jaspe rojizo.</li> <li>•Pirita diseminada poco abundante.</li> </ul>	100,00	Contacto neto a 70°
1197,4	Rp	Q P Cl. cl si	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Riolita. Roca verde volcánica porfídica con cuarzo y feldespato (más cuarzo que feldespato).</li> <li>•Piritas diseminadas (de hasta 3mm). Venas de cuarzo de hasta 5cm con clorita. Manchas rojas: algún mineral de Fe, presentes hasta 1180.54m. Fuerte alteración que pone la roca oscura. Se nota un enriquecimiento de clorita en la matriz, siendo ésta verde oscura. La matriz tiene dos tonalidades de verdes, uno más oscuro que indica que está más cloritizada, y otro más claro, que está más silicificada.</li> <li>•Los minerales están alargados. Todos tienen la misma dirección a 60°: posiblemente textura fluidal.</li> </ul>	100,00	Contacto por falla
1198	F		Falla. Riolitas. A 45° ángulo superior. A 30° ángulo inferior probable.	68,33	
1225,29	Rp	Q cl si	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Riolitas. Fenocristales de feldespatos. Color verde-gris. Más verde los primeros metros, más</li> </ul>	100,00	Contacto por falla

			gris con la profundidad. ·Frecuentes venas de cuarzo. Alteraciones cloríticas y silíceas. La alteración clorítica es centimétrica, frente al intervalo [1177.39m-1197.4m] donde eran decimétricas. De ahí que antes la roca se viera más verdosa y aquí se vea más grisácea. La alteración silícea toma unos tonos más grisáceos.		
1225,49	F		Falla. Pizarras negras, grafíticas y piríticas. A 45° ángulo superior probable. A 60° ángulo inferior probable.	60,00	
1228	P		·Pizarras negras grafíticas y piríticas. ·B cambiante: B 0° a 1226.8m, B 60° a 1226.9m, B 50° a 1227.4m B 70° a 1227.9m.	100,00	Contacto gradual durante unos 30 cm.
1231,98	S	q P	·Roca muy silicificada. Gris, más verdosa en el último medio metro de roca. Zonas más negras: cherts. ·Algunas venas finas de cuarzo y carbonato. Piritas: diseminadas, en bandas, aglomeradas.	94,47	Contacto neto a 60°
1301,07	Rp	Q P Cl Gr cl si	·Riolitas. Color gris verdoso (verde hasta 1242m, más grisácea hasta 1263m, verde hasta el final). Fenocristales de feldespatos y cuarzos. En 1252.4m, son muy visibles las hialoclastitas. Minerales con contornos muy definidos (idiomorfos) en tonos amarronados (granates), es un mineral	100,00	Contacto por falla

			<p>accesorio.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Piritas diseminadas. Cuarzos con cloritas anchas de hasta 21cm. Alteración clorítica y silíceas.</li> </ul>		
1301,5	F	Q Cl	<p>Falla. Riolita alterada, es muy verde. Mucho cuarzo, clorita y carbonatos. A 35° ángulo inferior. A 30° ángulo superior probable.</p>	84,00	
1313,75	Rp	q Gr cl si	<p>Riolita. Roca verde, con fenocristales de cuarzo y feldespato. Minerales accesorios amarronados idiomorfos (granates). Alrededor de 1312m hay unos minerales, sólo visibles con lupa, de color azul.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Algunas venas de cuarzo finas. Alteración cuarzo-sericítica, alteración silíceas, alteración clorítica (ya hay menos, con la profundidad ha ido disminuyendo), alteración feldespato-potásica alrededor de 1312m.</li> </ul>	100,00	Contacto por falla
1314,09	F	q	<p>Falla. Riolitas verdes. Venas de cuarzo. Arcillas. Rocas fragmentadas. AIM.</p>	73,53	
1324,72	Rp	Q Cl Gr P	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Riolitas. Fenocristales de feldespatos y cuarzo. Mineral accesorio amarronado idiomorfo (granates), menos cantidad que en los intervalos anteriores.</li> <li>•Piritas diseminadas aglomeradas. Venas de cuarzo en distintas direcciones con clorita.</li> </ul>	100,00	Contacto por falla

1325,06	F	Q Cl	Falla. Riolita verde. Venas de cuarzo, clorita y arcilla. Roca bastante coherente. A 35° ángulo probable.	88,23	
1351,8	Rp	Q Cl Gr P	•Riolitas [idem 1314.9m-1324.72m].	100,00	Contacto por falla
1352,15	F	q	Falla. Riolita. Venas de cuarzo. Roca fragmentada. A 30° ángulo probable.	70,58	
1358,6	Rp	Q Cl P Gr se	•Riolitas. Grisácea-verdosa. Fenocristales de cuarzo y feldespato. Mineral accesorio amarronado idiomorfo, poca cantidad.  •Pirita en agregados y diseminada (no muy abundante). Cuarzo con clorita. Alteración sericítica.	98,44	Contacto por falla
1358,98	F	Q Cl P Gr se	Falla. Riolita. Fracturada. Más arcillosa la primera mitad de la falla. A 40° ángulo probable superior. A 40° ángulo inferior.	55,26	
1366,06	Rp	Q Cl P Gr se	•Riolita. Color gris oscuro. Probables "Ojos de cuarzo". Mineral accesorio amarronado idiomorfo (granates), poca cantidad.  •Pirita en agregados y diseminada (no muy abundante). Cuarzo con clorita. Alteración sericítica.	99,57	Contacto por falla
1366,26	F	Q Cl P Gr se	Falla. Riolita similar al [1358.98m-1366.06m] que se deshace. Roca muy poco coherente. Roca muy entera.	99,57	

1411,86	Rp	Gr cl se	<p>•Riolita. Color verde, se vuelve más clara con la profundidad. Fenocristales de cuarzo. Mineral accesorio marrón idiomorfo (granate).</p> <p>•Hasta aproximadamente 1385m hay más cloritización, es más oscura. Después se vuelve más clara, más amarillenta y la alteración es sericitación.</p>	100,00	Contacto por falla
1412,53	F	Gr cl se	Falla. Riolita que se deshace. Parte de la roca está muy desecha. La roca se deshace fácilmente. A 40° ángulo superior.	73,13	
1435,69	Rp	Q Cl Gr se cl	<p>•Riolita. Color verde. Fenocristales de feldespato y cuarzo. Mineral accesorio marrón-rosáceo (granates), de mayor tamaño aquí, hasta 7mm.</p> <p>•Venas de cuarzo con cloritas. Alteración sericítica hasta aproximadamente 1420m. Después abundante alteración clorítica. En el último metro las fracturas, que son muchas, están rellenas de un mineral rojo.</p>	100,00	Contacto por falla
1436,23	F	Ox	Falla. Riolita. Roca alterada por oxidación. Roca fragmentada a trozos. A 35° ángulo inferior. A 40° ángulo superior.	87,03	
1486,85	Rp	Q Cl Gr se cl	•Riolitas. Color verde. Fenocristales de cuarzo y feldespato. Mineral accesorio amarronado idiomorfos (granates).	100,00	Contacto por falla

			<p>·Aproximadamente hasta 1445m: cloritización, roca más oscura. De 1455m a 1499m: sericitación, roca más clara. De 1499m-1485m: cloritización, roca más oscura. De 1485m a 1486.85m: sericitación, roca más clara. Venas de cuarzo con clorita. Cuarzo en vesículas en el metro 1444m. En 1499m hay 1.2m de roca fragmentada.</p>		
1487,42	F	se	Falla. Riolita. Sericitada. A 40° ángulo inferior.	78,94	
1488,12	Rp	se	·Riolita. Color verde clara-amarillenta. ·La roca está sericitada.	100,00	Contacto por falla
1488,46	F	Q se	Falla. Riolita verdosa. Sericitada, con abundante cuarzo y dolomita. A 25° ángulo superior. A 25° ángulo inferior.	82,35	
1527,64	Rp	Gr cl se	<p>·Riolita. Tonos verdosos. Fenocristales de cuarzo y feldespato. Mineral accesorio marrón idiomorfo (granate).</p> <p>·Alteración sericítica más abundante los primeros metros, hasta 1500m aproximadamente. Progresivamente va desapareciendo y predominando la alteración clorítica.</p>	100,00	Contacto neto a 50°
1528	Q	cl	Zona probable de falla. Todo es cuarzo. Cuarzo cloritizado.	100,00	Contacto neto roto
1570,76	Rp	Q Cl Gr se cl	·Riolita. Color verdoso. Mineral accesorio marrón idiomorfo (granate).	100,00	Contacto: donde desaparece la

			<p>·Alteración clorítica. De 1539m-1547m la alteración es menos clorítica, es más sericítica, más clara. Vesículas de cuarzo. A más de 1552m hay algunas venas anchas (+10cm) de cuarzo con clorita, durante 3m. En los últimos 2.5m surgen cuarzos de grosores de 10 cm con clorita.</p>		riolita.
1571,14	Q	Q	<p>Zona probable de falla. Todo es cuarzo. A 30° ángulo contacto inferior.</p>	68,42	
1577,61	Rp	Q Cl	<p>·Riolita. Gris, un poco verdoso. Fenocristales de cuarzo y feldespatos. Laminaciones de niveles de grano más fino.</p> <p>·Venas de cuarzo anchas con cloritas. En (1571m-1572m), (1576.25m-1577.61m) son más anchas, hasta de 14cm. Grietas de tracción en 1575.7m-1575.8m.</p>	100,00	
1578,06	Q	Q	<p>Zona probable de falla. Todo es cuarzo. A 50° contacto superior. A 50° contacto inferior.</p>	100,00	
1613,81	Rp	Q Cl cl se Q-se	<p>·Riolitas. Las tonalidades varían así: gris hasta aproximadamente 1583m, verdosa-grisácea hasta 1594m. Gris hasta 1603m, verdoso más claro cada vez, casi amarillo hasta el final.</p> <p>·Venas de cuarzo con clorita, hasta 1588m sobre todo, después casi ninguna. Hasta 1583: silicificación. Hasta 1594: cloritización. Hasta 1603: no alteración visible. Hasta el final: cuarzo-sericítica.</p>	100,00	Contacto por falla

1614,44	F	Q-se	Falla. Riolita. Alteración cuarzo-sericítica. Rota en fragmentos y parte disgregada en arcilla. A 30° ángulo superior. A 45° ángulo inferior.	58,73	
1671,72	Rp	p cl se Q-se	·Riolita. Fenocristales de cuarzo y feldespato. ·Alteración clorítica y sericítica entremezclados hasta 1662m, donde es claramente una alteración cuarzo-sericítica, la roca es verde clara. Alrededor de 1623m: pirita diseminada muy pequeña y en poca cantidad.	100,00	Contacto por falla
1672,19	F	Q	Cuarzo y dolomita. Roca permanece en bloques. A 30° ángulo superior.	85,10	
1736,3	Rp	Q Cl P si	·Riolita. En general, roca verde muy clara. ·La roca está silicificada. Venas de cuarzo con clorita, más abundante entre (1672m-1718m). Tiene un mineral oscuro, verdoso, quizás clorita. Pirita diseminada.	100,00	Contacto por falla
1737,13	F	Q-se	·Riolita. Alteración cuarzo-sericítica. Roca bastante entera.	90,36	
1794,96	R	Q Cl Q- se cl	·Riolitas. Roca beige-verde clara. ·Muchas muy finas venas de cuarzo ricas en clorita (están verdes). Algunas venas de cuarzo más anchas (1cm) hasta (10cm) en 1777m. Clorita en minerales diseminados de aproximadamente como máximo de 7mm de diámetro, muy abundantes. En casi todo el intervalo la alteración es cuarzo-	100,00	Contacto progresivo, y donde es más evidente el cambio a 55°

			sericítica. De 1778 a 1784 aproximadamente, la roca toma unos tonos más oscuros por tramos, donde la alteración no es la misma. A 1791m vuelven a surgir tramos de alteración clorítica con alternancia decimétrica. En el último metro hay un material distinto: se trata de un material de grano fino, muy oscuro casi negro (cenizas volcánicas o pizarras negras)		
1797,32	Xe		<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarras verdosas. Grano muy fino con intercalaciones en el último metro de una riolita cloritizada.</li> <li>•Alguna vesícula de cuarzo en la riolita.</li> <li>•E 50° a 1796m.</li> </ul>	100,00	Contacto alterado, aproximadamente a 75°
1801,95	R	q Cl P	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Riolita. Color verde claro. Fenocristales de cuarzo y feldespato. Mineral diseminado: clorita de hasta 7mm de diámetro aproximadamente. Piritas diseminadas cúbicas de lados de hasta 6mm.</li> <li>•Cuarzo en venas finas y anchas en distintas direcciones.</li> </ul>	100,00	Contacto roto
1802,84	R	Q	Zona probable de falla. Riolitas y pizarras con mucho cuarzo. Mucho cuarzo.	81,11	
1815,09	Xc	cl	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Pizarra grisácea de grano muy fino.</li> <li>•En el último medio metro es una riolita con alteración clorítica.</li> <li>•E 60° B 60° a 1803.8m. E 70° B 70° a 1809m.</li> </ul>	100,00	Contacto por falla

1815,24	F		Falla. Pizarra grisácea y parte de arcilla. A 70° ángulo superior.	66,66	
1818,07	R	cl	•Riolitas. Grisáceas-verdosas. •Cloritizada. •Dirección predominante muy visible a 70°.	100,00	Contacto por falla
1818,74	F	Q-se	Falla. Riolitas. Con alteración cuarzo- sericítica. Fracturada y en fragmentos.	58,20	
1856,68	R	Q Cl Q- se si cl	•Riolitas. •La alteración va cambiando por tramos: De 1824m-1826m, y de 1828.7m-1830.5m: alteración silíceas con abundantes venas de cuarzo. De 1832.5m-1837.3m: alteración silíceas. De 1843-1845 alteración cuarzo-sericítica. Alteración clorítica en el resto. Venas de cuarzo no muy abundantes salvo en las zonas indicadas. Poseen clorita. En 1843.08m: falla de 10 cm. A 50°.	88,70	Contacto por falla
1858,45	F	Q Cl cl	Falla. Riolita. Muy diaclasada con las fracturas rellenas de cuarzo y clorita. La roca está cloritizada, en fragmentos decimétricos y algo de arcilla.	88,70	
1860,2	R	q cl	•Riolitas. •Alteración clorítica. Algo de cuarzo en venas (1cm) a 1859m.	100,00	Contacto por falla
1862,17	F	Q-se cl	Falla. Riolita. Alteración cuarzo-sericítica y clorítica. Diaclasas rellenas de cuarzo. A 60°	87,81	

			ángulo inferior.		
1870,79	R	Q Cl se cl	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Riolita. Color verde clara-amarillenta.</li> <li>•Alteración sericítica. Cuarzo con cloritas (10cm) en 1866.3m. Cuanto más profunda, más alteración clorítica.</li> <li>•Orientación 50° a 1870.5mm.</li> </ul>	100,00	Contacto por zona probable de falla
1871,04	R	Q	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Riolita con mucho cuarzo.</li> <li>•Zona probable de falla. Mucho cuarzo. A 50° (perpendicular al anterior).</li> </ul>	68,00	
1872,77	R	q Q-se	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Riolita verde claro.</li> <li>•Venas de cuarzo finas. Alteración cuarzo-sericítica. La roca está silicificada.</li> </ul>	100,00	Contacto por falla
1872,9	F	Q	Falla. Cuarzo con clorita, algo de riolita. Cuarzo A 70° ángulo superior.	80,00	
1874	R	Q-se	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Riolita. Verde beige.</li> <li>•Alteración cuarzo-sericítica.</li> </ul>	100,00	Contacto por falla
1876	F	Q-se	Falla. Riolita. Riolita con alteración cuarzo-sericítica. Roca en fragmentos decimétricas. A 30° ángulo superior probable. A 60° ángulo inferior probable.	98,97	
1881	R	Q-se cl	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Riolitas. Verdes-blanquecinas.</li> <li>•Alteración cuarzo-sericítica y algo de clorítica en el último metro sobre todo.</li> </ul>	100,00	Contacto: zona probable de falla
1882,1	Q	Q	Zona probable de falla. Casi todo es cuarzo, con	100,00	

			algo de riolita. En el último medio metro el cuarzo está fragmentado en fragmentos centimétricos.		
1888	R	q Q-se cl	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Riolita. Verde clara, se oscurece con la profundidad.</li> <li>•Pasa de alteración sericítica a alteración clorítica. Alguna vena de cuarzo ancha (a 1882.6m, inclinadas 30°, de 2.5cm de ancho. En 1883.5 ya la roca es más oscura (clorítica).</li> <li>•Orientación clara de la alteración 50°.</li> </ul>	93,89	Fin del sondeo.

<b>Leyenda</b>	
A	Ángulo
B	Estratificación
E	Exfoliación
AIM	Ángulo imposible de medir
R	Recuperación
F	Falla
X	Pizarras
Xn	Pizarras negras
Xv	Pizarras verdes
Xc	Pizarras grises
Xe	Pizarras verdosas
P	Pizarras negras grafiticas y piríticas
G	Grauvacas
GX	Grauvacas con pizarras negras

XG	Pizarras negras con grauvacas
R	Riolitas
Rp	Riolitas porfirídicas
C	Conglomerados
As	Alteración superficial
Ox	Oxidación
q	Cuarzo poco abundante
Q	Cuarzo abundante
p	Pirita poco abundante
P	Pirita abundante
Cl	Clorita
cl	Alteración clorítica
si	Alteración silícea
se	Alteración sericítica
Q-se	Alteración cuarzo-sericítica
Gr	Granates