



Universidad de Oviedo



ESTUDIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO Y GEOQUÍMICO DE CUARCITAS DEL ORDOVÍCICO COMO YACIMIENTO DE SÍLICE (PROVINCIA DE GUADALAJARA)

TRABAJO FIN DE MÁSTER



Isabel Lorenzo Díaz

Máster en Recursos Geológicos e Ingeniería Geológica

Facultad de Geología – Universidad de Oviedo

Julio 2015

AGRADECIMIENTOS

A Álvaro Rubio, por confiar en mí y darme la oportunidad de participar en un proyecto de estas características. Por su apoyo en los momentos menos fáciles y sobre todo por hacerme recuperar la ilusión en la profesión. Han sido unos meses de intenso aprendizaje en los que su ayuda y paciencia han sido claves para el desarrollo de este trabajo.

A Joaquín García Sansegundo. Por formar parte de este trabajo sin discrepancia. Por sus sabios consejos, sus exquisitas correcciones y su voluntad de ayuda.

A la empresa para la que el proyecto, del que este trabajo forma parte, ha sido realizado. Por acceder a que pudiera ser adaptado y presentado como Trabajo Fin de Máster y por toda la información proporcionada. En especial a Roberto Caballero, por el entusiasmo mostrado durante el desarrollo del mismo y por sus sabias palabras, que no han sido en balde.

A mis padres, a los que no puedo agradecer en cuatro líneas todo lo que hacen por mí. Está claro que sin ellos, nada hubiera sido posible. Gracias mamá, tu valentía y carácter emprendedor son para mí un claro ejemplo a seguir. Gracias papá, porque pensar en las cabras y el monte siempre ha sido fuente de motivación.

A Chus. Por su inagotable paciencia y su amor. Por soportar estoicamente las interminables charlas sobre piedras y demás peculiaridades geológicas. Su apoyo para iniciar este máster ha sido esencial para mí.

Finalmente, a todas las personas que de una forma u otra han mostrado interés durante estos meses de trabajo. Especialmente a Pablo, por soportar mis quejas y por su ayuda idiomática *in extremis*; A Cris, por darme el empujón definitivo para iniciar el máster; A Lucy, por estar ahí.

ÍNDICE

RESUMEN.....	6
ABSTRACT	7
1.- INTRODUCCIÓN	8
1.1.- LA CUARCITA COMO ROCA INDUSTRIAL; MERCADO ACTUAL Y USOS.....	8
1.2.- OBJETIVO DEL TRABAJO.....	11
2.- METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	12
2.1.- RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA	12
2.2.- CAMPAÑA DE CAMPO	12
2.2.1.- Toma de datos	13
2.2.2.- Recogida de muestras para análisis geoquímico	13
2.2.3.- Estaciones geomecánicas	14
2.3.- GEOQUÍMICA: METODOLOGÍA ANALÍTICA	15
2.4.- TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN MEDIANTE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA.....	16
3.- CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA	18
3.1.- GEOLOGÍA GENERAL EN LA REGIÓN DE HIENDELAENCINA.	20
3.1.1.- Estratigrafía.....	25
3.1.1.1.- LA SUCESIÓN PALEOZOICA	25
3.1.1.2.- COBERTERA PÉRMICA-MESOZOICA.....	29
4.- RESULTADOS.....	31
4.1.- GEOLOGÍA DE DETALLE. EL PEÑASCAL	31
4.1.1.- ESTRATIGRAFÍA: FORMACIÓN ALTO REY.....	31
4.1.2.- ESTRUCTURA.....	33
4.1.2.1.- ESTRUCTURAS VARISCAS	34
4.1.2.2.- ESTRUCTURAS POST-VARISCAS	37
4.2.- CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA	41
4.3.- CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA.....	42
4.3.1.-Caracterización del Macizo Rocoso.....	42
4.3.2.-Caracterización del diaclasado-fracturación.....	43
4.3.3.-Características del Macizo Rocoso. Clasificación RMR de Bieniawski	45
4.3.4.-Estabilidad de taludes (SMR) en el frente de la explotación.	47
4.4.- CALCULO DE RESERVAS APROXIMADAS	49
5. CONCLUSIONES.....	50
6.- REFERENCIAS.....	52
ANEXO I. MAPA Y CORTES GEOLÓGICOS DE LA C.E. “EL PEÑASCAL”	55
ANEXO II. ESTACIONES GEOMECÁNICAS Y MODELIZACIÓN SMR	56

RESUMEN

La cuarcita es una roca metamórfica constituida fundamentalmente por sílice. Desde el punto de vista industrial, las cuarcitas tienen diferentes usos y aprovechamientos, cuyo valor de mercado está ligado directamente al contenido en SiO₂.

Con este fin, se ha estudiado la viabilidad de explotación de una zona cuarcítica en las cercanías de la localidad de Atienza (Guadalajara). Para ello, se ha realizado un estudio geológico, geotécnico y geoquímico del yacimiento.

Los materiales objeto del estudio son cuarcitas de edad Ordovícica, denominada en la zona como Formación Alto Rey, situadas en el Dominio del Olló de Sapo de la Zona Centro ibérica, en la región de Somosierra-Guadarrama. Esta zona está localizada entre el Sistemas Central e Ibérico. En detalle, el estudio de viabilidad se centra en un pequeño afloramiento de menos de 1 km², donde las cuarcitas muestran evidencias de la deformación polifásica Varisca típica. El afloramiento es, en su conjunto, un gran flanco de un pliegue de fase 1 varisca, y muestra pliegues menores a escalas desde decamétricas a métricas, siempre vergentes al este. Sobreimpuesto hay evidencias de pliegues de fase 3 y fracturación tardía que estaría desarrollada tanto durante la etapa Varisca como durante el mesozoico y durante la deformación Alpina.

Sobre esta zona se han recogido un total de 25 muestras de litogeoquímica, para estudiar la variabilidad composicional en elementos mayores de la cuarcita y se han recogido datos geomecánicos en estaciones repartidas a lo largo de todo el afloramiento. Los resultados de ambos trabajos han sido integrados en un sistema de información geográfica. Esto ha permitido modelizar y obtener una serie de mapas para la zona con distintos parámetros de interés tanto para su valorización como materia prima como para el diseño del futuro hueco de explotación. Se han obtenido planos de modelización del parámetro SMR, que permite determinar la estabilidad de un talud y las posibles medidas correctoras a aplicar.

Con todo ello se ha realizado un cálculo aproximado de las reservas posibles presentes en la zona, diferenciando dos productos finales de aplicación industrial en función de su pureza del material.

Una vez realizados los estudios, se concluye que únicamente un 45 % del total puede destinarse a productos refractarios. El resto podría ser destinado a usos de menor valor económico.

ABSTRACT

Quartzite is a metamorphic rock mainly composed of silica. From the industrial point of view, quartzite has different uses, whose market values are directly related to SiO₂ content.

For this purpose, we studied the economic viability of the exploitation of a quartzite area near the town of Atienza (Guadalajara). For this purpose, a geological, geotechnical and geochemical study of the site has been performed.

The material under study is Ordovician quartzite, known locally as Alto Rey Formation, located in the Ollo de Sapo Domain, within the Center Iberian Zone, in the Somosierra-Guadarrama Region. This area is located between the Center and Iberian system. In particular, the feasibility study is focused on a small outcrop under 1 km², where the quartzite show evidence of the typical Variscan polyphase deformation. The outcrop is, as a whole, a large flank of a Phase 1 Variscan fold, and shows smaller metric to decametric folds always vergin to the east. Evidence of Phase 3 folds and late fracturing, both developed during the Variscan stage as well as during the Mesozoic and Alpine deformation, is superimposed.

A total of 25 lithogeochemistry samples have collected in this area to study the compositional variability in major elements of quartzite. Also geomechanical data has been collected at stations scattered throughout the outcrop. The results of both studies have been integrated into a Geographic Information System. This has allowed us to model and to obtain a number of maps of the area with different parameters of interest not only to its assessment as raw material but also to the design of the future operating space. SMR modelling parameter maps have been obtained, which allowed us to determine the stability of a slope and to implement any corrective measures.

Taking into account all of the above, an estimation of potential reservations present in the area has been carried out, differentiating two end products for industrial applications according to their purity material.

After completing the studies, it is concluded that only 45% of the total may be used for refractory products. The rest could be destined for uses in lower economic value.

1.- INTRODUCCIÓN

Este trabajo se ha llevado a cabo para una empresa privada, titular de la concesión de explotación minera “El Peñascal”, en Atienza (Guadalajara).

El estudio se centrará mayoritariamente en el análisis de las características geológico-geotécnicas y geoquímicas del área de El Castillar, cuya concesión minera se corresponde con el nombre de “El Peñascal”. Se estudiará en profundidad la unidad cuarcítica que constituye la formación Ordovícica Alto Rey, además de las unidades infra- y suprayacentes que la acompañan.

Esta unidad cuarcítica es objeto de investigación ante la posibilidad de su explotación y aprovechamiento como roca industrial. Las expectativas de partida de la empresa son las de una explotación de cuarzo de formato similar a la explotación actual en activo que poseen. Por ello, prevén una superficie de actuación de seis cuadrículas mineras con una cobertera superficial a retirar inferior a un metro de potencia, una relación volumen explotado/aprovechable de 0.80 y una ley media de SiO_2 del yacimiento de 97.5%. Se trataría de una mina a cielo abierto, con bancos previsiblemente de 12 metros de altura, explotada mediante uso combinado de voladura y arranque con maquinaria móvil. El tratamiento del material tendría lugar por machaqueo en dos fases, utilizando para ello machacadoras de mandíbulas. Posteriormente, el material sería cribado para la obtención de la granulometría deseada (Fig. 1). Por último, y según la finalidad del material, tendríamos una fase de tratamiento en la planta de la propia empresa.

1.1.- LA CUARCITA COMO ROCA INDUSTRIAL; MERCADO ACTUAL Y USOS

Las cuarcitas son rocas metamórficas formadas como consecuencia de la recristalización de areniscas muy ricas en cuarzo (con más del 80%). De forma general se trata de rocas duras, compactas, homogéneas y de alta resistencia.

Como roca industrial es posible su aprovechamiento en forma de sílice industrial por su elevado contenido en SiO_2 . Actualmente, su utilización es común, tanto en bruto (directamente tras la extracción) como con posterioridad a algún tipo de procesado o tratamiento en industrias de productos masivos o de alta tecnología. Es decir, los procesos industriales que emplean sílice son numerosos. Asimismo, sus funciones dentro de la industria son múltiples y

variadas, pudiendo ser utilizada como materia prima, como aditivo o como componente en algunas formulaciones.

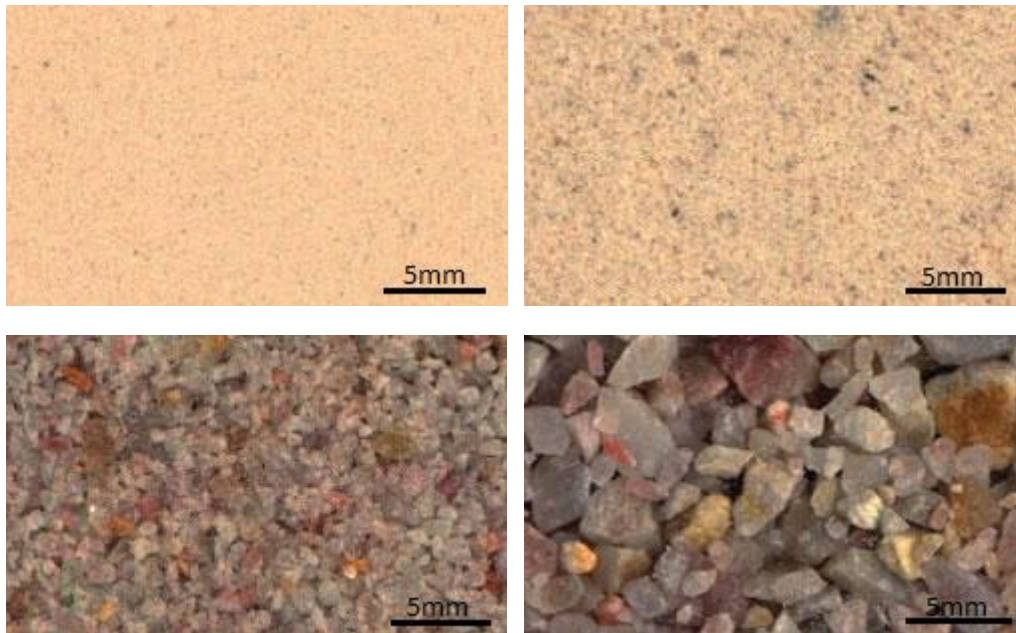


Figura 1.- Imágenes de distintas granulometrías de cuarcitas. (Imágenes de la empresa.)

Actualmente, el mercado nacional es autosuficiente en producción de sílice, aunque hasta hace unos 4 años, el valor de la importación superaba a la exportación. Los últimos datos publicados por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) del año 2012, señalan un bajón a todos los niveles (producción, exportación, importación y valor del mineral). Parece que en los últimos tiempos hay un cambio de tendencia en el que el saldo comercial comienza a ser positivo. Esto se debe a una ligera recuperación en la producción y al crecimiento de la exportación. (Fig. 2).

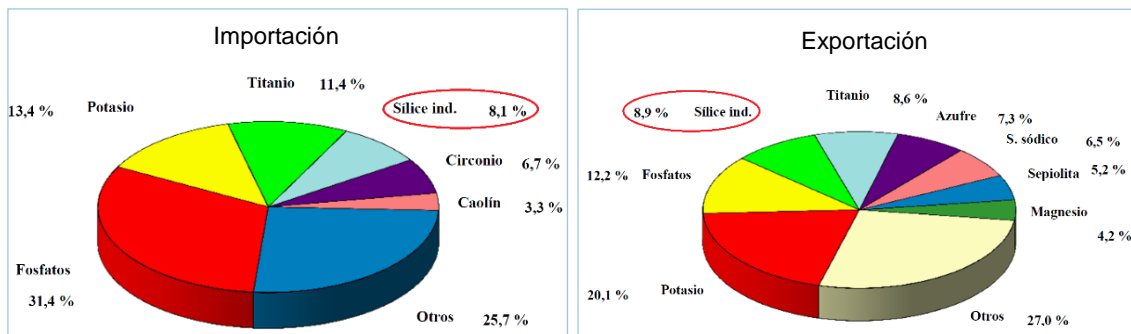


Figura 2.- Representación cuantitativa del valor en euros de la importación y la exportación de los minerales no metálicos en el año 2012. (Sanz et al., 2014)

Las principales aplicaciones de la sílice como material industrial son:

- Fabricación de vidrio.
- Fabricación de ferroaleaciones (ferrosilicio, silicomanganeso, silicio metal, carburo de silicio...)
- Fabricación de piezas cerámicas de todo tipo para construcción.
- Construcción de carreteras y caminos (áridos y balasto).
- Fabricación de masas refractarias para fundición y acería.

Además de estas aplicaciones, la sílice también puede ser utilizada como abrasivo, desecante, en fertilizantes y aislantes. Es esencial para la fabricación de productos tan cotidianos como los implantes, dispositivos ópticos, o la fibra óptica, entre otros (Kogel, 2006)

En cuanto a los valores de mercado de la sílice, están directamente relacionados con la pureza del material. A su vez, la calidad del material presenta un vínculo directo con la utilización del mismo. Las cuarcitas más impuras o de peor calidad son utilizadas como árido de carretera, representando un valor en tonelaje del 11% y siendo el material con menor valor de mercado. Por el contrario, las cuarcitas más puras, con mayor contenido en sílice, se utilizan como productos refractarios. En este último caso representan un 14% del total de tonelaje y poseen el valor de mercado más elevado, el 71%. (Fig. 3)

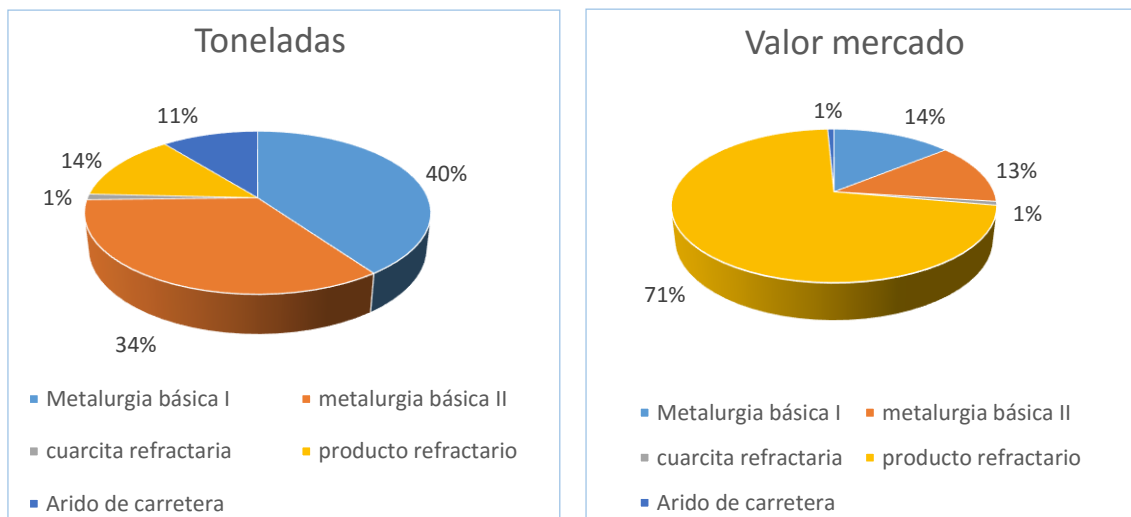


Figura 3.- Representación porcentual del destino de la producción de cuarcita en toneladas y en euros en función de los distintos usos. (Datos de la empresa.)

1.2.- OBJETIVO DEL TRABAJO

El objetivo principal de este estudio es conocer en detalle la geología y la geoquímica de la zona de trabajo, conocida geográficamente como “Cerro el Castillar” (Atienza, Guadalajara) y cuya concesión minera, perteneciente a una empresa privada, responde al nombre de “El Peñascal”. La finalidad del mismo no es otra que valorar la viabilidad de una futura explotación del yacimiento mineral para su aprovechamiento como sílice industrial.



Figura 4.- Imágenes satélite de localización geográfica (Tomadas de Google maps).

2.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

La elaboración del presente trabajo ha sido realizada en una serie de tareas sucesivas:

- Recopilación bibliográfica
- Campaña de campo
 - Toma de datos
 - Recogida de muestras
 - Estaciones geomecánicas
- Tratamiento de los datos geoquímicos
- Integración de resultados en un sistema de información geográfica.
- Interpretación de resultados. Cartografía geológica, mapas geoquímicos y mapas geomecánicos.

2.1.- RECOPIACIÓN BIBLIOGRÁFICA

La zona de trabajo, situada en la región de Hiendelaencina, ha requerido una importante recopilación de artículos, informes y libros acerca de la geología general de la zona. Por ello, en primer lugar, se ha realizado una revisión bibliográfica de la geología general de la zona con especial atención en la estratigrafía, la cartografía y la estructura geológica del área de trabajo. A medida que se ha ido avanzando en el estudio, ha sido necesario consultar otros trabajos bibliográficos sobre el metamorfismo de la zona o la estructura. Además, se han revisado normas y estudios acerca de la caracterización geotécnica en macizos rocosos y se han consultado trabajos referentes a tratamiento de yacimientos de rocas industriales o usos y aplicaciones de minerales de sílice. Asimismo se ha consultado otro tipo de bibliografía de temática más general.

2.2.- CAMPAÑA DE CAMPO

El trabajo de campo fue llevado a cabo durante los meses de septiembre de 2014 y abril de 2015. Se tomaron como base los trabajos cartográficos existentes, tanto los mapas publicados en las hojas del Mapa Geológico Nacional (MAGNA), nº 433, Atienza (Bascones Alvira *et al.*, 1982) y nº 460 Hiendelaencina (González Lodeiro *et al.*, 1978), como las memorias de los mismos (Adell Argiles

et al., 1981; Adell Argiles *et al.*, 1982). También se han utilizado las fotografías aéreas y los mapas topográficos del Instituto Geográfico Nacional.

2.2.1.- Toma de datos

En el área de trabajo definida, se han estudiado diversos afloramientos aplicando metodología de reconocimiento tradicional. Se midieron con la brújula los elementos estructurales y se posicionaron geográficamente mediante GPS (*Garmin 12*). Además, se ha estudiado la estratigrafía del entorno del área de trabajo de una forma general y con una mayor precisión la del área que nos ocupa. Con estos datos se elaboró la cartografía de detalle obteniendo un mapa geológico de escala 1:1000 (Anexo I).

Asimismo, se han tomado datos en un total de 32 estaciones geomecánicas (Anexo II) posicionadas geográficamente mediante GPS y distribuidas en diferentes puntos donde existen afloramientos rocosos. Para cada estación geomecánica se han tomado datos de dirección y buzamiento de las distintas familias de diaclasas (juntas o *joins*), además de medidas de espaciado, continuidad y apertura de las mismas. También se han observado otras propiedades tales como la rugosidad de las juntas o la presencia o ausencia de agua y/o relleno en las mismas.

2.2.2.- Recogida de muestras para análisis geoquímico

A fin de estudiar la composición geoquímica y su variabilidad en el macizo rocoso cuarcítico, se realiza un muestreo selectivo en tres líneas perpendiculares a la estratificación recogiendo sistemáticamente muestras cada cinco metros en cada una de las líneas (Fig. 5).

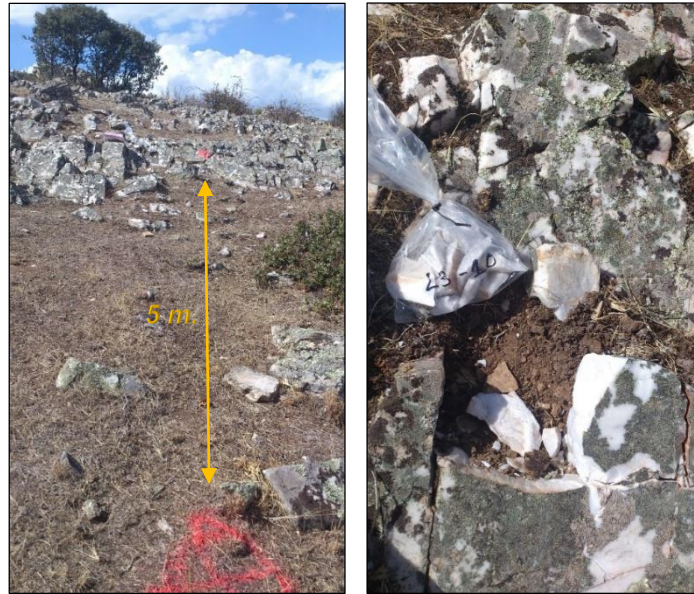


Figura 5.- Imagen de campo de una de las líneas geoquímicas y recogida de muestras en uno de los puntos.

2.2.3.- Estaciones geomecánicas

Para realizar el estudio geotécnico de la zona, se ha elaborado una ficha modelo. En ella se incluyen los parámetros necesarios para llegar a la clasificación geomecánica del macizo rocoso a partir del valor del parámetro **RMR** (Bieniawski, 1974). Estos parámetros son:

- **Espaciado:** se define como la distancia entre dos juntas o discontinuidades pertenecientes a la misma familia. Condiciona directamente el tamaño de los bloques de matriz rocosa, y en consecuencia, el comportamiento mecánico del macizo rocoso en su conjunto.
- **Continuidad o longitud:** es la extensión del plano de discontinuidad a lo largo del macizo rocoso
- **Apertura:** distancia perpendicular que separa las paredes de la discontinuidad. Este espacio puede estar abierto o relleno de materiales.
- **Rugosidad de la junta:** mide la presencia de irregularidades dentro del plano de discontinuidad.
- **Agua:** la presencia de agua en las discontinuidades ocasiona su circulación a través de las mismas generando permeabilidad secundaria.

Esta es independiente de la permeabilidad primaria que pueda existir en la propia matriz rocosa.

- **Relleno:** material de distinta naturaleza al de la propia roca en que se encuentra, que puede aparecer rellenando las aperturas. En el caso de aparecer este tipo de materiales es necesario conocer su naturaleza, espesor, resistencia al corte y permeabilidad.

Basándonos en el parámetro RMR, (Romana, 1985; Romana, 1988) se define el parámetro SMR aplicado a taludes. Este índice permite realizar una evaluación empírica de la estabilidad de los taludes dentro de la posible excavación. Este índice tiene en cuenta la orientación de las discontinuidades con el talud y el método de explotación. Para ello, hemos supuesto una dirección aproximada de excavación de N20E y un ángulo de talud de 80°. Dicha dirección fue dilucidada con base en la localización del acceso más favorable, la dirección de la estratificación y en la ubicación de la zona a explotar según las directrices planteadas por la Dirección general de Minas a la empresa.

El tratamiento de los datos (familias de juntas) para cada estación, y de forma global para el macizo rocoso, se ha realizado utilizando el sistema de proyección de elementos estructurales *StereoNett* 0.9. Mediante el mismo, se representan los datos de dirección y buzamiento medidos en campo y se obtienen los diagramas de proyección estereográfica utilizados a lo largo del estudio.

2.3.- GEOQUÍMICA: METODOLOGÍA ANALÍTICA

La preparación de las muestras de roca recogidas en campo y el posterior análisis de las mismas han sido llevados a cabo en los laboratorios de la propia empresa. Dichos estudios se han realizado mediante la técnica conocida como análisis por fluorescencia de rayos X de longitud de onda dispersiva (**WDXRF**). Esta técnica es utilizada en la caracterización de composiciones elementales tanto en sólidos (nuestro caso) como en líquidos. La preparación de la muestra se realiza de acuerdo al siguiente protocolo.

- Trituración de la muestra de partida hasta un tamaño grava; cuarteo del producto y selección de una alícuota de 50 gramos aproximadamente. Molienda de la alícuota en molino de carburo de wolframio a 1200 r.p.m. hasta la obtención de polvo.
- Mezcla de 10 gramos de polvo con 2 gramos de cera aglutinante (esta cera no influye en los análisis)

- Volcado de la mezcla en un molde especial y prensado a una presión de 20 toneladas durante 10 segundos.

El equipo utilizado para dichos análisis es un espectrómetro XRF Thermo Scientific™ ARL OPTIM'X. Consiste en un analizador cuya capacidad de análisis va desde el flúor (F) hasta el uranio (U) y que genera una radiación inferior a 0,15 microsieviers por hora.

Para cada una de las muestras analizadas se han medido los siguientes óxidos: Al₂O₃, SiO₂, Fe₂O₃, K₂O, TiO₂, P₂O₅, MgO, Na₂O y Cr₂O₃.

Los límites de detección típicos, obtenidos en varios tipos de óxidos para muestras diluidas en proporción 1:2 y analizadas por un espectrómetro XRF Thermo Scientific™ ARL OPTIM'X se exponen en la siguiente tabla:

ELEMENTOS	Límite de detección
SiO ₂	160 ppm
Fe ₂ O ₃	60 ppm
MgO	390 ppm
Al ₂ O ₃	230 ppm
K ₂ O	30 ppm
Cr ₂ O ₃	32 ppm
TiO ₂	39 ppm
P ₂ O ₅	150 ppm
Na ₂ O	600 ppm

El cálculo de la pérdida de volátiles se ha realizado por pérdida de peso por calcinación (**LOI**: *loss on ignition*). El proceso consiste en el pesaje de una cantidad de muestra antes y después de someterla a tratamiento térmico a 1050°C durante una hora.

2.4.- TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN MEDIANTE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

El tratamiento de la información se ha llevado a cabo mediante el software ArcGIS 10.0. A través del mismo, se han generado tres bases de datos, una con los datos estructurales y cartográficos, otra con los valores geoquímicos, y una tercera con los valores geomecánicos.

Con las bases de datos de los elementos químicos y los parámetros geomecánicos se ha realizado la representación gráfica mediante el parámetro estadístico IDW. El método de ponderación inversa de la distancia **IDW** (*inverse distance wait*) (Bartier y Keller, 1996) es un modelo determinista de interpolación espacial en el que los valores dados a un par de puntos se relacionan entre sí

de manera que su similitud está relacionada de forma inversa con la distancia entre los puntos. En el caso de la geoquímica se han representado las variaciones de Al_2O_3 , Fe_2O_3 y K_2O (Anexo III), y en el caso de los parámetros geomecánicos el RMR y el SMR (Anexo II).

3.- CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA

Desde el punto de vista regional, la zona de trabajo se encuentra situada en el límite entre la Cadena Ibérica y el Sistema Central (Fig. 6). Ambos sistemas son consecuencia de la Orogenia Alpina que afecta a un zócalo previo de edad Paleozoico y Mesozoico. Los materiales del Paleozoico de esta zona pertenecen a la Zona Centro Ibérica del Macizo Ibérico (Julivert *et al.*, 1972; Farias *et al.*, 1987). En detalle, nos encontramos en el extremo oriental de la misma, dentro del Dominio de *Ollo de Sapo* (Parga Pondal *et al.*, 1964) en la región de Hiendelaencina (Fig. 7). Esta zona se caracteriza por la presencia de sectores afectados por metamorfismo regional de alto grado y pliegues acostados vergentes al E y NE. Además se pueden observar grandes afloramientos de gneises glandulares (Formación Ollo de Sapo). Tanto al norte como al sur, está limitada por las cuencas cenozoicas del Duero-Almazán y el Tajo respectivamente.

Los materiales más antiguos reconocidos en el área son los ortogneises y metavulcanitas de la Formación Ollo de Sapo. Por encima de estos materiales, se deposita una serie siliciclástica de edad Ordovícico-Silúrica, agrupada en varias formaciones, y en donde se encuentra la Formación Alto Rey, objeto de este estudio. Las rocas más antiguas aparecen restringidas únicamente a los núcleos de los grandes anticlinales. Todas las rocas están afectadas por un metamorfismo polifásico de diferente grado, variando desde bajo grado (clorita-biotita), hasta alto grado, con paragénesis que incluyen sillimanita y feldespatos potásicos.

A partir del Pérmico medio, se comienzan a desarrollar pequeños *rifts* donde se empiezan a depositar secuencias sedimentarias continentales. Estos depósitos comenzaron con sedimentos continentales terrígenos rojos, aluviales y fluviales, y derrubios de ladera en cuyo techo existe una discontinuidad sedimentaria que los separa de los sedimentos del Triásico inferior. En estos momentos iniciales y probablemente asociada a esta fracturación se produce un vulcanismo eminentemente andesítico de poca potencia que rellena estas cuencas y que luego es cubierto por los sedimentos del Pérmico-Triásico.

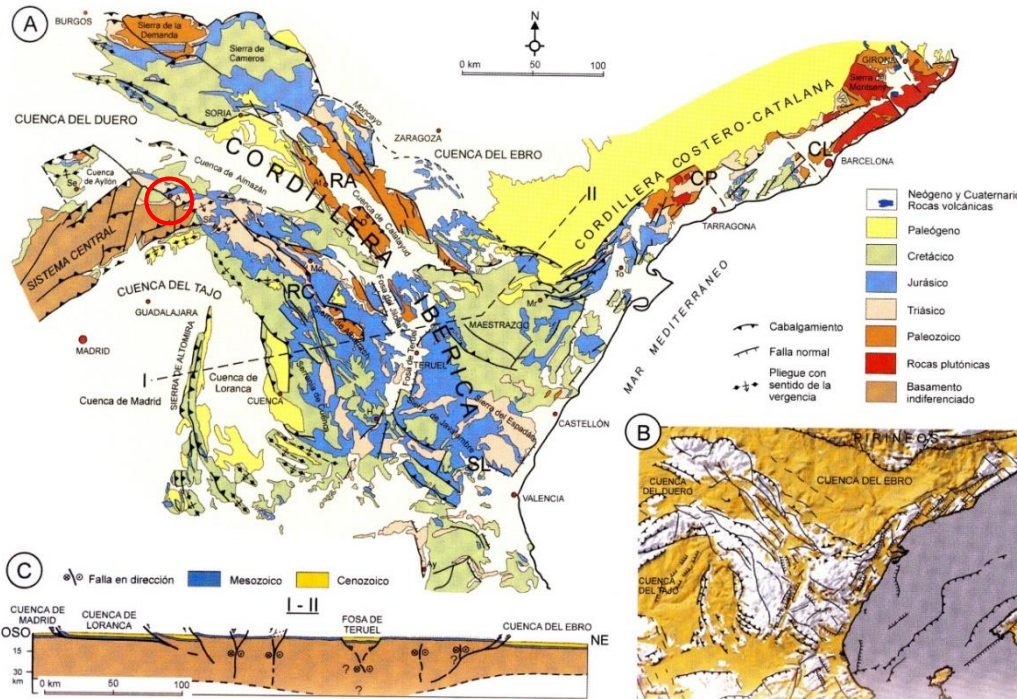


Figura 6.- A) Esquema geológico de las Cadenas Ibéricas y sus subdivisiones. (CL: Cordillera Litoral Costero-Catalana. CP: Cordillera Prelitoral Costero-Catalana. RA: Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica. RC: Rama Castellana de la Cordillera Ibérica. SL: Sector Levantina de la Cordillera Ibérica; Localidades: A: Atienza, At: Ateca. Ay: Ayora, D: Daroca, H: Henarejos, M: Montalbán, Mo: Molina de Aragón, Mo: Morella, Se: Sepúlveda, Sl: Sigüenza, To: Tortosa.). B) Fracturas principales. C) Corte esquemático de la Cordillera Ibérica. (Sopeña y De Vicente, 2004). Señalado con un círculo rojo la zona de trabajo.

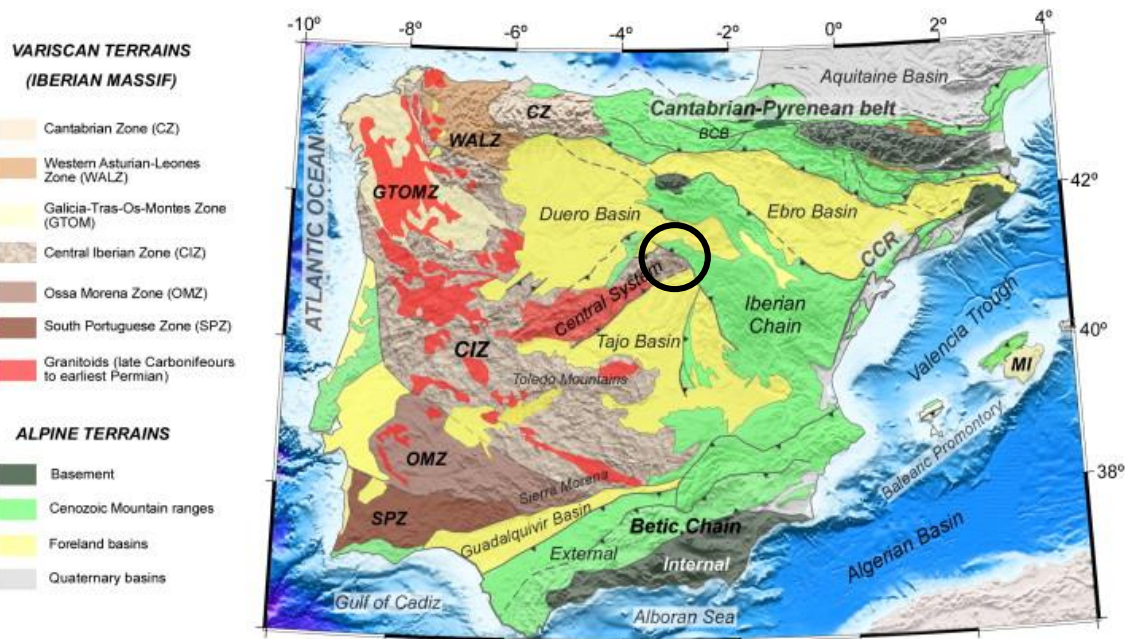


Figura 7.- Esquema estructural de las zonas del macizo Ibérico (Julivert et al., 1972; Fariás et al., 1987). Señalado con un círculo la región de Somosierra-Ayllón, donde se ubica la zona estudiada.

3.1.- GEOLOGÍA GENERAL EN LA REGIÓN DE HIENDELAENCINA.

Los materiales existentes en la región de Hiendelaencina presentan edades variadas y se pueden dividir en dos grandes conjuntos. Por un lado, las rocas más antiguas están constituidas por materiales paleozoicos, que fueron afectados por las Orogenias Varisca y Alpina. Por otro lado, los materiales más modernos conforman la cobertura Mesozoica y únicamente se encuentran afectados por la Orogenia Alpina. Ambos conjuntos se encuentran cabalgando (cabalgamientos alpinos) a las cuencas de antepaís (Duero y Tajo) de edad Terciaria (Fig. 12).

Los materiales del zócalo de la región de Hiendelaencina son un conjunto de rocas de edad Neoproterozoico-Devónico. Este zócalo se encuentra situado dentro de la Zona Centro Ibérica del Macizo Ibérico, concretamente en el Dominio Olla de Sapo. Estos materiales están afectados por un episodio de deformación polifásico (González Lodeiro, 1981) con desarrollo de estructuras dúctiles y frágiles que lleva aparejado un metamorfismo regional de intensidad variable.

Dentro de la secuencia litológica se reconoce la presencia de una estructura pre-ordovícica definida por una discordancia cartográfica (Discordancia Sárdica, (González Lodeiro, 1980)). Esta discordancia separa un magmatismo Ordovícico relacionado con un episodio de *rift*, de los materiales más modernos de esta secuencia Paleozoica. Este evento no lleva asociada foliación tectónica.

A finales del Devónico comienzan a producirse los primeros episodios de la **Orogenia Varisca**, que termina a finales del Carbonífero Superior. Durante este periodo de tiempo se desarrollan distintas estructuras contraccionales que generalmente se dividen en cuatro fases de deformación.

- Primera fase o **D1**. Está asociada a un proceso de engrosamiento cortical, de escala kilométrica y con desarrollo de pliegues isoclinales asimétricos vergentes al este. Estos pliegues son escasos y únicamente se conservan en los niveles estructurales más altos. Los materiales inferiores fueron sometidos a enterramiento con registro barométrico de hasta 14 kbar (aproximadamente 42 km). Este proceso implica el desarrollo de una esquistosidad de plano axial asociada (S_1). Es en esta primera fase donde se forma el domo de Hiendelaencina, estructura de mayor importancia de la zona (Fig. 8).
- Segunda fase o **D2**. Durante este episodio tiene lugar la formación de cizallas dúctiles subhorizontales con desplazamiento del bloque

superior hacia el sureste. Se caracteriza por el desarrollo de foliación milonítica que incluye S y L-tectonitas que afectan a las unidades superiores e inferiores involucradas en este proceso orogénico. Además se producen pliegues con esquistosidad asociada que crenula a la esquistosidad anterior.

- Tercera fase o **D3**. En esta fase se producen cabalgamientos que provocan el emplazamiento de rocas de alto grado asociadas a metamorfismo de alta presión, en niveles corticales superiores. Este proceso lleva asociado el desarrollo de pliegues de fase 3, escasos y generalmente desarrollados únicamente en las zonas de bloque inferior de estos grandes despegues.
- Cuarta fase o **D4**. En esta última etapa se generan estructuras de cizalla de varias decenas a centenas de kilómetros, con un movimiento de falla normal, y que llevan aparejados el desarrollo de una esquistosidad de crenulación de distribución discreta.

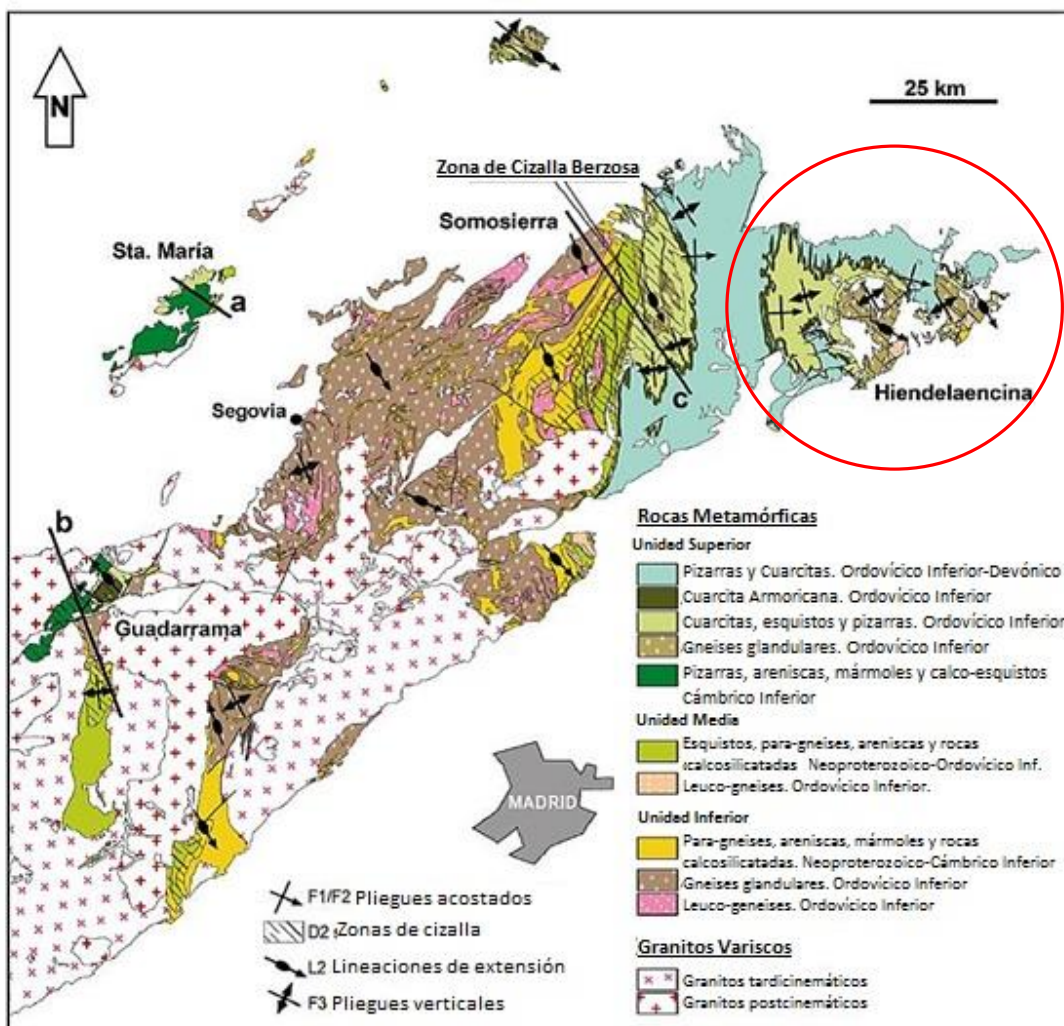


Figura 8.- Esquema cartográfico de la terminación este de la sierra de Guadarrama, incluyendo el domo de Hiendelaencina (Modificado de Rubio Pascual et al., 2013).

Asociadas a estas fases de deformación y de forma sincrónica con las mismas, tiene lugar un **proceso metamórfico** desarrollado en dos eventos diferenciados, **M1** (380 M.a.) y **M2** (290 M.a.) (Arenas *et al.*, 1980; Casquet y Navidad, 1985). Durante el proceso metamórfico se alcanzaron condiciones P-T desde bajo grado en el dominio de Somosierra –Ayllon (donde se ubica nuestra zona de estudio), hasta metamorfismo de alto grado que incluye migmatización generalizada en el dominio del Guadarrama. El tránsito entre ambas zonas se produce por una sucesión barrowiense clásica, marcada por una serie de isogradas típicas. El aumento progresivo de la presión y de la temperatura de este a oeste, da como consecuencia la cristalización progresiva de clorita, biotita, granate, cloritoide (ocasionalmente, dependiendo del protolito), estaurolita y, en las rocas de más alto grado metamórfico, distena, sillimanita y feldespato potásico. (Fig. 9))

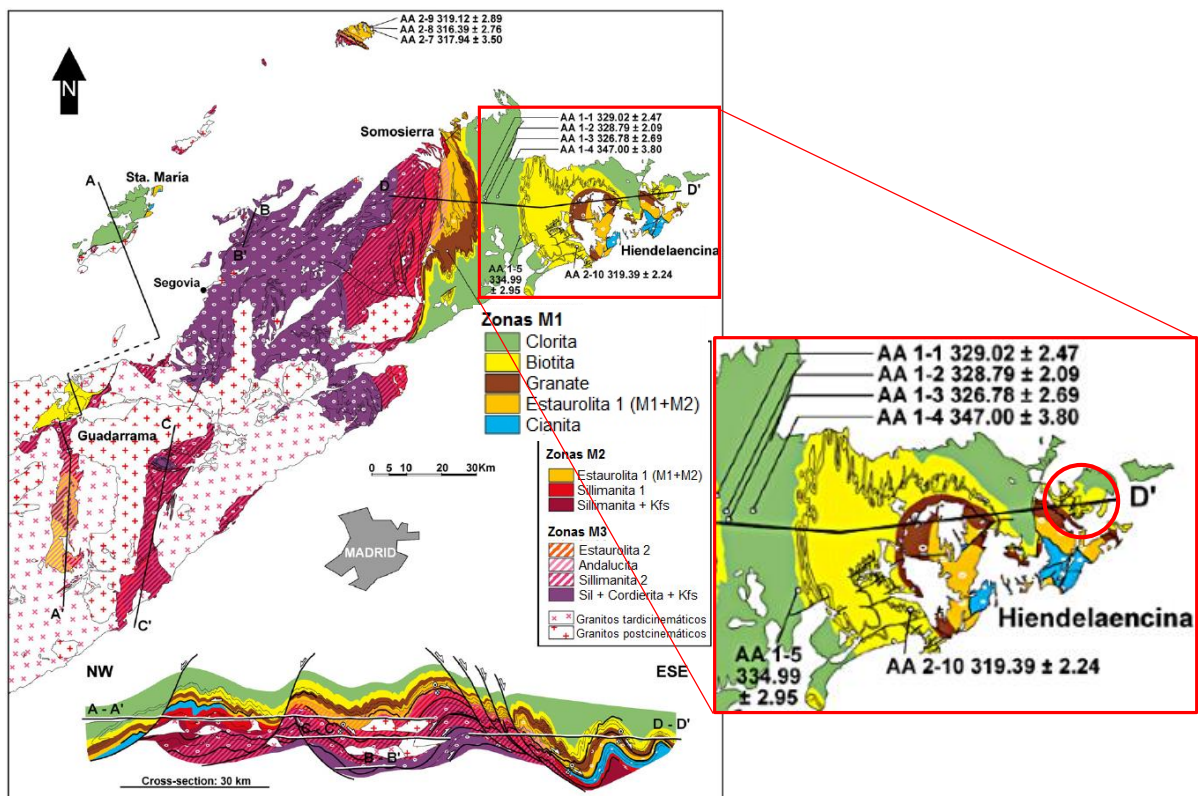


Figura 9.- Mapa regional con las diferentes zonas metamórficas y edades del metamorfismo, y corte regional de Oeste a Este atravesando la zona de Atienza. Señalado con un círculo el entorno de la zona de trabajo (Modificado de Rubio Pascual *et al.*, 2013).

La evolución tectonotermal que reflejan las rocas sigue pautas P-T-t horarias, típicas de zonas de colisión y engrosamiento cortical con enterramiento de los materiales, a lo que sigue una exhumación de los mismos en condiciones casi isotermas (Fig. 10). El pico metamórfico se alcanza en esta zona a los 337 Ma (Rubio Pascual *et al.*, 2013).

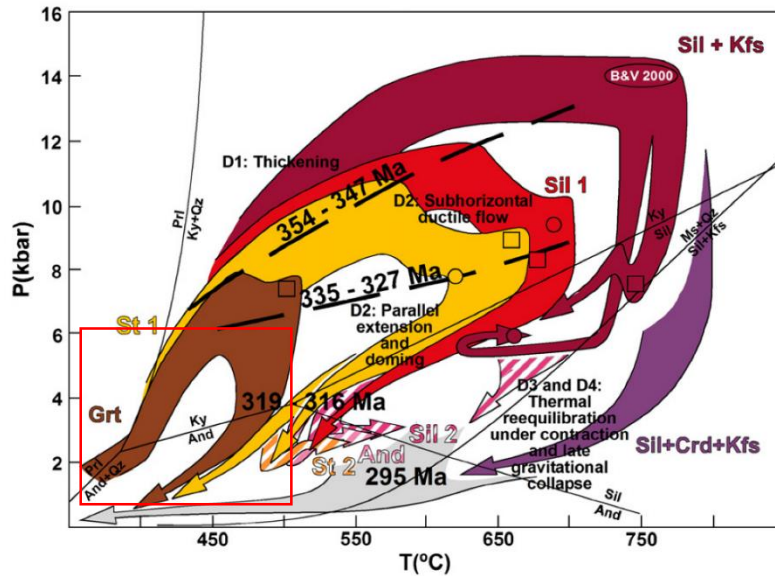


Figura 10.- Diagrama Presión – Temperatura con las trayectorias evolutivas temporales para las distintas paragénesis del mapa anterior (Rubio Pascual et al., 2013).

Una vez que los esfuerzos que dieron lugar a la Orogenia Varisca cesan, tienen lugar numerosos episodios sucesivos de tectónica extensional que dieron lugar a la formación del sistema de **Rifts del Mesozoico** (Doblas *et al.*, 1994; Sánchez-Moya y Sopeña, 2004). Asociado a este proceso de rift se produce un vulcanismo alcalino efusivo y reconocible en la zona (Lago *et al.*, 2004). En este momento tiene lugar el depósito de importantes series de sedimentos aluviales y fluviales. Además, se produce la reactivación de alguna de las fallas generadas durante la Orogenia Varisca.

Durante la **Orogenia Alpina**, de nuevo se producen episodios compresivos que dan lugar a la inversión tectónica de las estructuras previamente formadas. De este modo se llega a la configuración de una estructura tectónica de tipo *pop-up* con doble vergencia. (Fig. 11)

Como resultado final de varios procesos independientes, se generan las cuencas Cenozoicas del Macizo Ibérico, entre ellas, la Cuenca del Duero-Almazán y la Cuenca del Tajo (Fig. 12) cuyos desarrollos han sido simultáneos y son limitantes con el Sistema Centroibérico. La Cuenca del Duero, es una cuenca de intraplaca que comenzó a definirse en el Cretácico y cuya evolución ha sido compleja, ya que está formada por varios sectores de distinto comportamiento. El sector oriental, próximo a la zona de trabajo, se comporta como una cuenca de antepaís con la Cordillera Ibérica (Casas-Sainz *et al.*, 2000). La cuenca del Tajo está formada por dos cuencas individualizadas por el levantamiento de un estrecho cinturón de cabalgamientos y pliegues.

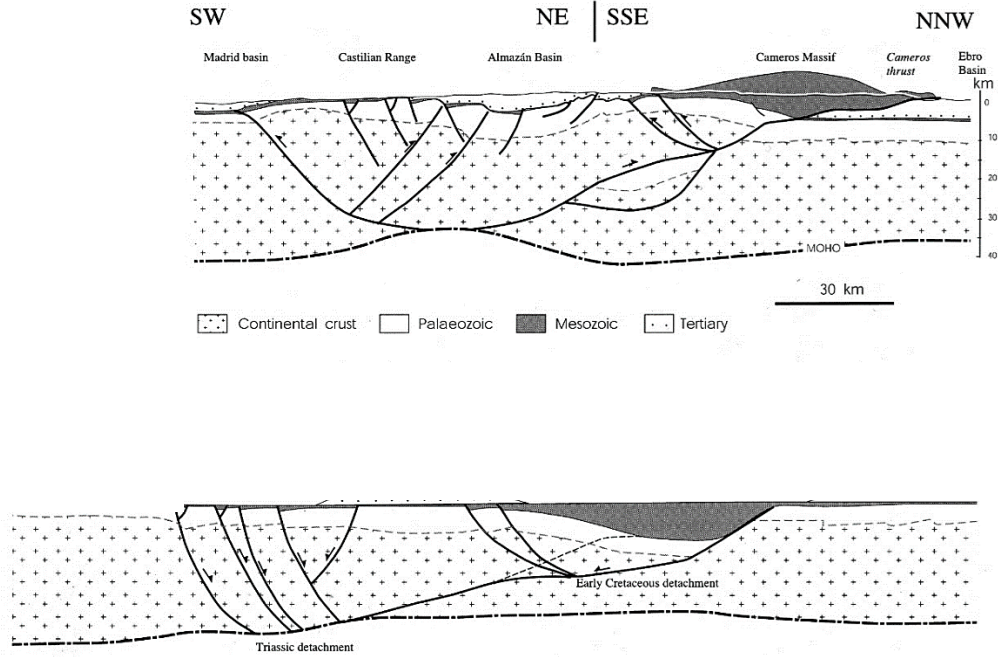


Figura 11.- Sección cortical esquemática entre las cuencas del Ebro y el Duero (arriba). Debajo, sección restaurada deshaciendo la deformación alpina, mostrando la deformación distensiva que dio lugar a la cuenca mesozoica de Cameros (Casas-Sainz et al., 2000)

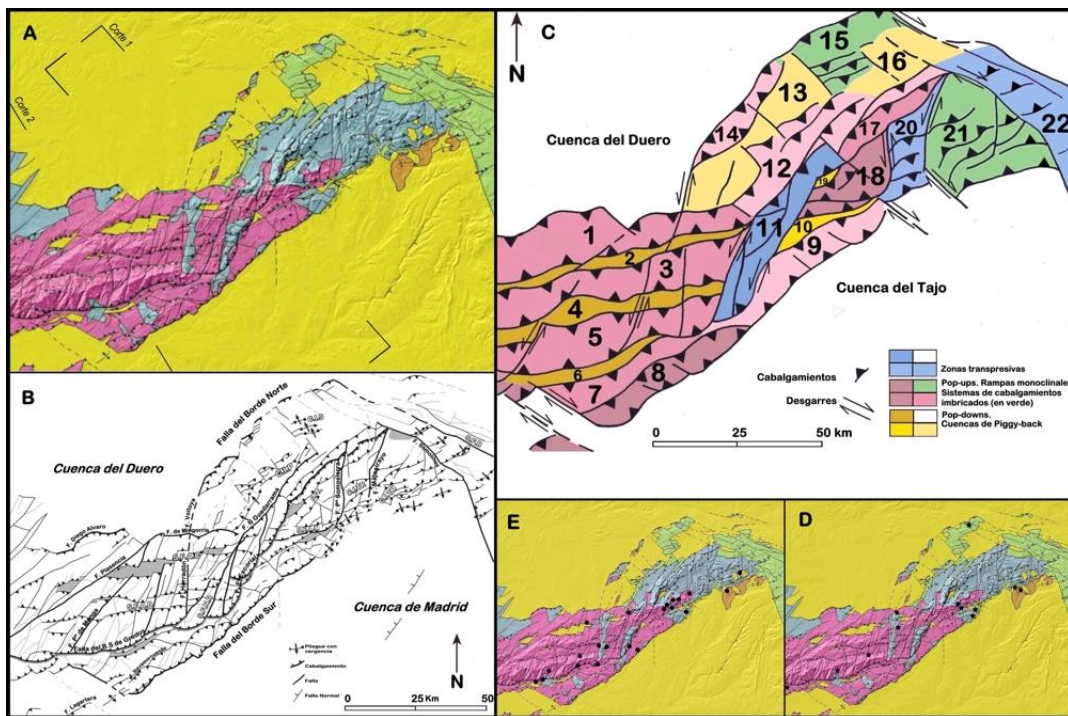


Figura 12.- Sistema Central – Ibérico. Disposición de las principales estructuras alpinas (De Vicente et al., 2004).

3.1.1.- Estratigrafía

En el desarrollo del trabajo se han cartografiado las unidades estratigráficas presentes en la zona de estudio. Estas se exponen a continuación:

3.1.1.1.- LA SUCESIÓN PALEOZOICA

Los rasgos fundamentales de la serie paleozoica regional fueron establecidos por (Schafer, 1969) y (Soers, 1972) en diferentes trabajos. Dicha secuencia abarca una serie de unidades cuya edad va desde el Cámbrico inferior hasta el Devónico (Fig. 13). En el área de estudio están representadas las unidades que van desde el Ordovícico más bajo correspondiente a la Formación Hiendelaencina (*Ollo de Sapo*), hasta los materiales del Silúrico inferior de la Formación Cañamares. De muro a techo, las unidades que se encuentran y sus características principales son las siguientes:

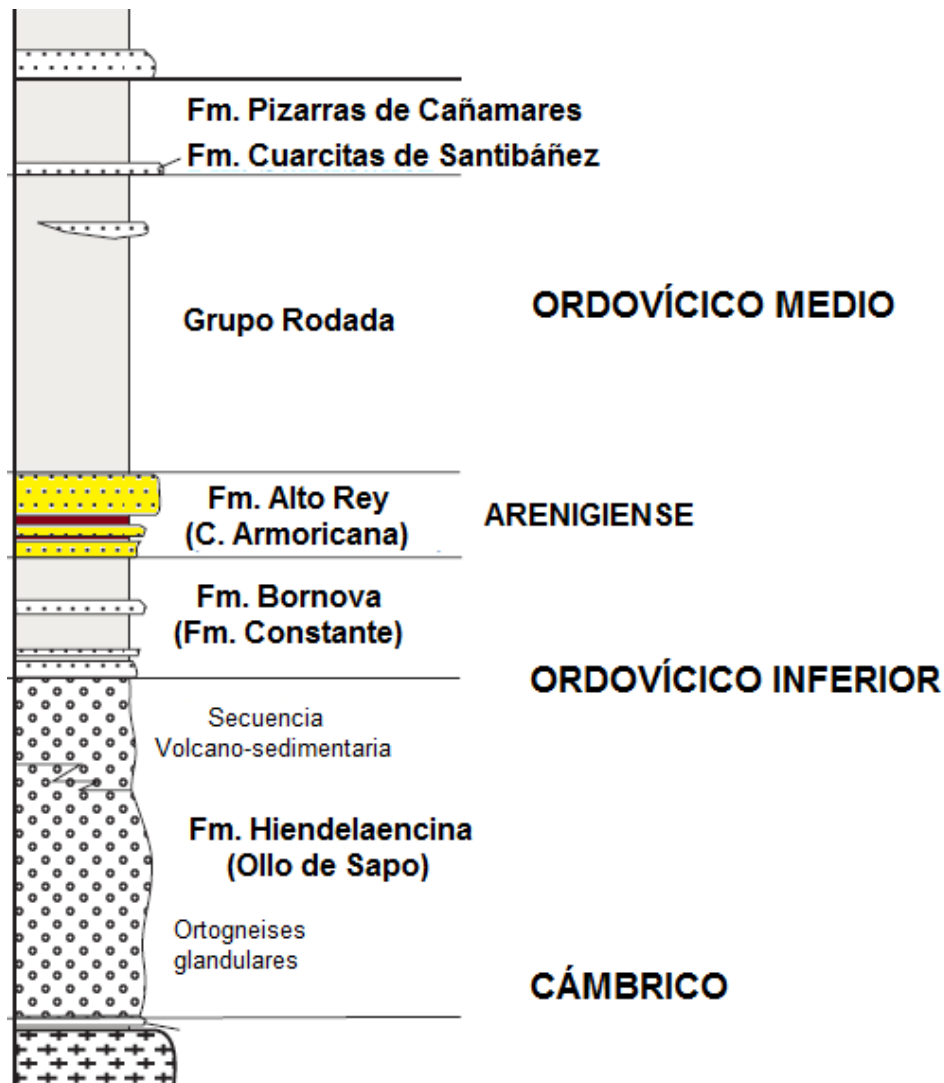


Figura 13.- Sucesión estratigráfica esquemática del dominio de Somosierra-Ayllón (Modificado de Martínez Catalán et al., 2004).

Formación Hiendelaencina (“Ollo de Sapo”) (González Lodeiro *et al.*, 1978): Bajo esta denominación se agrupa una serie de materiales de naturaleza ígnea y meta-sedimentaria, que abarcan una edad Cámbrico Inferior a Ordovícico Inferior (Valverde-Vaquero y Dunning, 2000). Este conjunto está constituido por gneises, meta-vulcanitas, rocas meta-sedimentarias y metamórficas con distinto grado de metamorfismo y deformación. Los niveles basales están constituidos por gneises glandulares con cristales de feldespato potásico de hasta 6 cm (Fig. 14), que pasan hacia niveles superiores con intercalaciones de gneises micro- y macroglandulares, con potencias variables entre 1 y 30 metros. Estos niveles se intercalan con cuarcitas, micaesquistos y arcosas, en menor proporción que las rocas meta-ígneas.



Figura 14.- Imagen de campo de los niveles basales de la Formación Hiendelaencina donde se observan los gneises glandulares. En detalle se aprecian los grandes cristales de feldespato potásico.

Microscópicamente los gneises que aparecen en la zona de trabajo, están constituidos por fenocristales de feldespato potásico de gran tamaño, que pueden superar los 3 cm y cristales globulares de cuarzo con texturas claramente volcánicas y tamaños inferiores, normalmente nunca superando el milímetro. La mesostasis está constituida por biotita, cuarzo y moscovita, junto con pequeños cristales de feldespato potásico y probable plagioclasa (albita?) (Fig. 15).

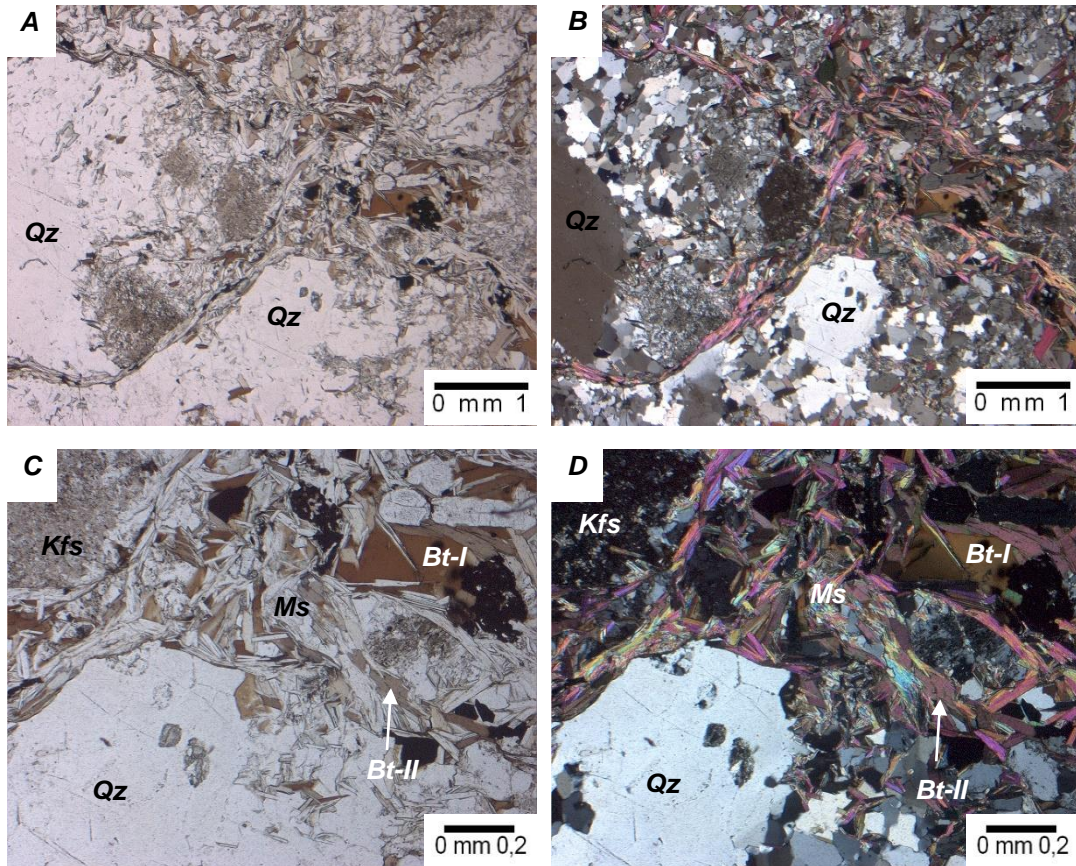


Figura 15.- Fotomicrografías de una muestra de la Formación Hiendelaencina de grano medio. A (luz normal) y B (nicoles cruzados); Detalle de la textura glandular de los gneises y de la foliación dominante de la roca. C (luz normal) y D (nicoles cruzados); Detalle de un cuarzo (Qz) con golfos de corrosión, feldespato potásico (Kfs) y una biotita ígnea (Bt-I) junto a biotita metamórfica (Bt-II) y moscovita (Ms).

Formación Bornova/Constante (Schafer, 1969; Soers, 1972): Son materiales siliciclásticos del Ordovícico Inferior. Esta formación aparece únicamente en el núcleo de los anticlinales y muestra una gran variación de potencia a lo largo de la zona. De acuerdo a las distintas litofacies se pueden diferenciar 5 subtramos característicos; un subtramo basal constituido por areniscas feldespáticas y cuarcitas mal estratificadas con niveles de paraconglomerados, que están situados de manera discordante sobre los materiales infrayacentes de la Formación Hiendelaencina; un subtramo inferior caracterizado por la presencia de cuarcitas, microconglomerados y pizarras, un subtramo medio, constituido por cuarcitas blancas bien estratificadas en bancos de hasta 10 metros de potencia e intercalaciones de pizarras; un subtramo superior de cuarcitas y pizarras y un subtramo de techo, constituido por cuarcitas bien estratificadas de hasta 5 metros de potencia, con niveles pizarrosos de hasta 50 cm que pasa transicionalmente a la Formación superior (Fig. 16).



Figura 16.- Imagen de campo de la Formación Bornova/Constante donde se aprecia la alternancia de estratos de cuarcitas con niveles pizarrosos.

Formación Alto Rey (Schafer, 1969): También conocida como Cuarcita Armoricana. Se trata de una secuencia de cuarcita en bancos métricos y pequeñas unidades pizarrosas de edad Arenigiense (Ordovícico Inferior). Dado que esta formación es el objeto del trabajo, se describirá con detalle más adelante.

Grupo Rodada (Schafer, 1969):

Este conjunto está constituido por varios tramos que, de muro a techo son:

Alternancias de cuarcitas y pizarras de colores verdosos a negros, y con una potencia en torno a los 100 metros. Están constituidas por bancos de cuarcitas de hasta 1 metro de potencia y pizarras negras de hasta 70 cm disminuyendo el contenido en areniscas hacia techo. El tránsito con la unidad inferior es gradual y se corresponde con depósitos intermareales (Fig. 17).



Figura 17.- Imagen de campo de las Alternancias de Cuarcitas y Pizarras del Grupo Rodada.

Pizarras negras homogéneas, también denominados **Formación Prádena s.s.** Con una potencia variable, que según algunos autores puede llegar en esta zona hasta los 700 metros, está constituida por pizarras negras lustrosas muy homogéneas con abundantes sulfuros diseminados.

Formación Molina: Aparece a techo de la Formación anterior. Está constituida por pizarras arenosas y cuarcitas con pequeños niveles discontinuos de carbonatos. Esta unidad comienza con pizarras negras homogéneas, que han sido explotadas para pizarras para cubiertas. Por encima aflora un tramo de pizarras arenosas y areniscas que hemos representado en la cartografía dentro de la misma unidad.

Formación Cuarcitas de Santibáñez (Schafer, 1969): Son cuarcitas de tonos blanquecinos a grises, con una potencia máxima de 35 metros.

Formación Pizarras de Cañamares: Está constituida por un tramo de pizarras negras ampelíticas en la base de hasta 30 metros y pasa a techo a alternancias de pizarras negras y cuarcitas delgadas.

3.1.1.2.- COBERTERA PÉRMICA-MESOZOICA.

En el Pérmico aparecen materiales sedimentarios y volcánicos, de potencia y extensión irregular, que están situados en clara discordancia angular sobre los materiales paleozoicos. Estos sistemas volcánicos y volcanosedimentarios están asociados a sistemas aluviales y lacustres y su base presenta un importante paleorrelieve.

En la zona de estudio afloran materiales volcánicos de naturaleza andesítica claramente intrusivos dentro de los materiales del silúrico. Estas rocas volcánicas son porfídicas, constituidas por fenocristales de plagioclasa y anfíbol, junto con cristales menos abundantes y de menor tamaño de biotita, en una mesostasis de grano muy fino (probablemente derivada por recristalización de vidrio) constituida por un agregado de cuarzo y clorita. La roca muestra evidencias de una moderada alteración, con formación de coronas de minerales opacos en torno a los máficos y desarrollo de carbonato (Fig. 18).

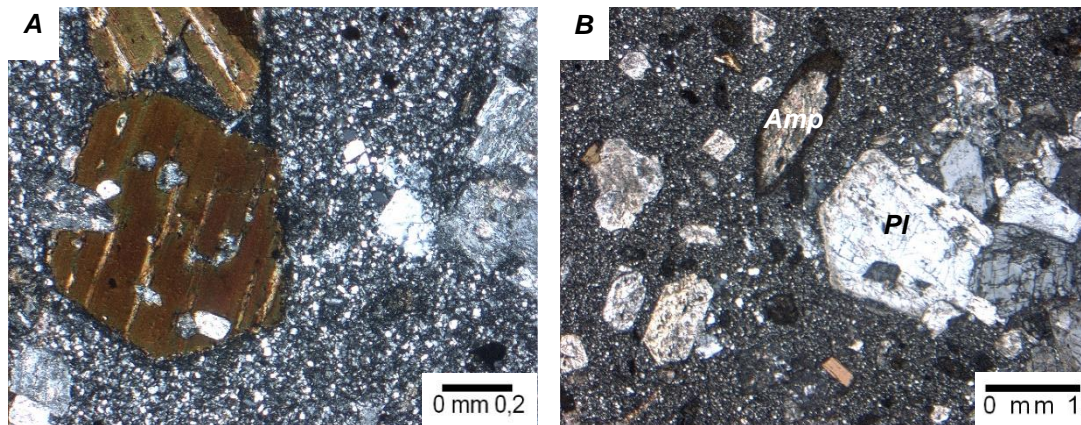


Figura 18.- Fotomicrografías de una muestra de la roca volcánica Pérmica de la zona de estudio. A (luz normal) y B (nicoses cruzados); Vista general de la roca y la textura porfídica, con fenocristales de plagioclasa (PI) y anfíbol idiomorfo (Doblas et al.) en una mesostasis de grano muy fino.

Los primeros materiales sedimentarios que aparecen en la zona de trabajo son del **Pérmico superior – Triásico inferior**. Estos se corresponden con los materiales depositados durante la primera etapa de *rift*, y se encuentran rellenando cuencas generadas en el régimen extensional. Presentan espesores muy irregulares y corresponden a depósitos aluviales, fluviales y coluvionares. Por encima, y en clara discontinuidad sedimentaria, se encuentran los materiales de la facies Bundsanstein del Triásico inferior (Fig. 19). Estos materiales están constituidos por una sucesión de conglomerados, areniscas y lutitas, de edad variable y con frecuentes lagunas estratigráficas. Se corresponden con depósitos fluviales de baja sinuosidad y canales entrelazados.



Figura 19.- Imagen de campo donde se aprecian los materiales del Triásico discordante y rellenando un paleovalle.

4.- RESULTADOS

4.1.- GEOLOGÍA DE DETALLE. EL PEÑASCAL

El área de trabajo, El Peñasal (Fig. 20), está constituida en gran parte por la Formación Alto Rey. Esta se ha dividido y representado en la cartografía en cuatro subtramos. A nivel general la secuencia de rocas cartografiadas se ubica entre la parte más alta de la Formación Constante, constituida por alternancias de cuarcitas grises y pizarras marrones, y el miembro inferior de la Formación Alto Rey (Q1), constituido por bancos de cuarcitas y escasos niveles pelíticos.

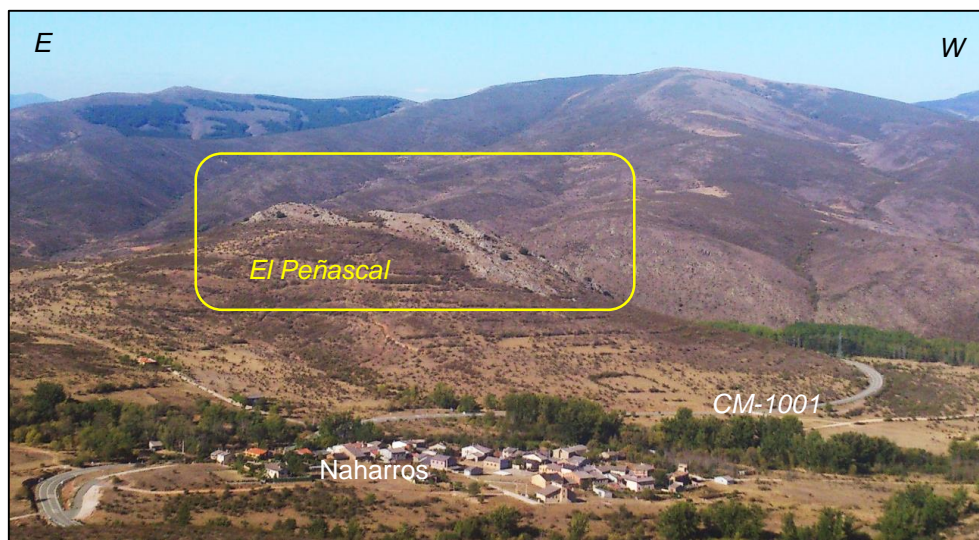


Figura 20.- Imagen de la zona de trabajo, señalada en amarillo. Al NE del Peñasal se encuentra Naharros y rodeando el cerro por el W y por el N la carretera CM-1001.

4.1.1.- ESTRATIGRAFÍA: FORMACIÓN ALTO REY

Durante la elaboración de la cartografía geológica desarrollada en este trabajo ha sido necesario diferenciar la Formación Alto Rey en cuatro subtramos (Figs. 21 y 22), que de muro a techo son:

- 1) El subtramo **O5-Q1**, que representa el tránsito de la Formación Constante a la Formación Alto Rey.
- 2) Un subtramo inferior o **Q1** constituido por bancos potentes de cuarcita de hasta 30 metros de potencia con escasos niveles pelíticos y/o arenosos intercalados.
- 3) El subtramo **Q1-Q2**, que representa el tránsito entre las dos subtramos principales; y

- 4) Un subtramo superior o **Q2** constituido por alternancias de cuarcitas y pizarras bien estratificadas.



Figura 21.- Aspecto de campo de la formación Alto Rey donde se muestran los distintos subtramos (zona de Sierra Bajera).

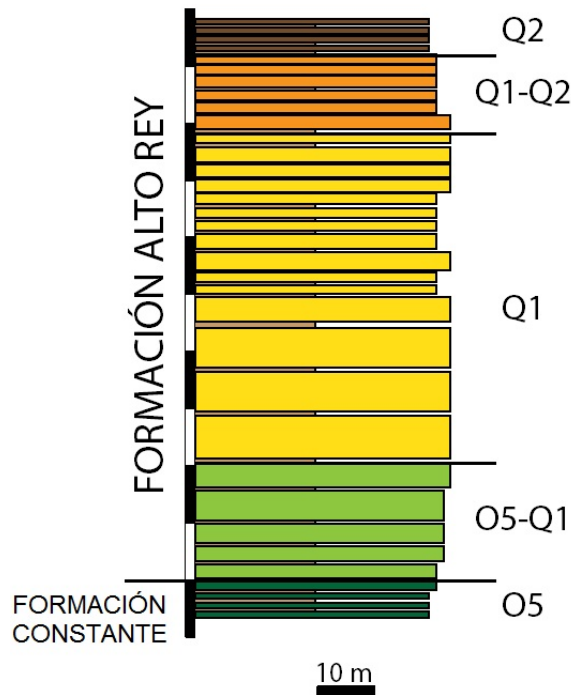


Figura 22.- Formación Alto Rey: tránsito con la unidad inferior y subtramos dentro de la misma.

De muro a techo, las características de cada subtramo son:

O5-Q1: Corresponde a los niveles transicionales entre la unidad O5 y la unidad Q1 de la Formación Alto Rey. Está constituido por niveles cuarcíticos de blanquecinos a grises claros con alternancias de pizarras pardas a verdes. La potencia de dichos niveles es superior a los 5 metros, aumentando las mismas hacia el techo de la unidad. Estos niveles cuarcíticos están intercalados con los niveles pizarrosos que, si bien en el campo nunca afloran, con base en las

superficies expuestas y la morfología de la ladera podrían alcanzar potencias de hasta 2 metros en la parte más basal.

Q1: Está constituido por cuarcitas masivas, con intercalaciones delgadas de pizarras grises a verdosas. Dentro de las cuarcitas es posible reconocer la presencia de estructuras sedimentarias como estratificaciones cruzadas, laminación cruzada y laminación planar, que permiten reconocer la polaridad de la sucesión. Asimismo, indicarán que el depósito de estas cuarcitas se produjo en un ambiente de plataforma continental arenosa, con dominio del oleaje. La estratigrafía realizada en la zona de Sierra Bajera muestra que esta unidad se inicia con dos bancos de cuarcita potentes, con espesores superiores a los 5 metros, que a techo tienen un nivel pizarroso de potencia supuesta en torno a los dos metros. Por encima de este nivel, las cuarcitas disminuyen de potencia y aumenta el número de intercalaciones pizarrosas, si bien la potencia de las mismas no supera el metro. Esta unidad termina con la aparición de otro nivel pizarroso de potencia en torno a los 2 metros y que representa el inicio del tránsito hacia la unidad Q1-Q2. En el área de El Peñascal, no es posible reconstruir con tanto detalle el número de bancos presentes, debido a la estructura de las rocas. Únicamente parece observarse la presencia de bancos de dimensiones superiores al metro, con pequeñas intercalaciones pizarrosas.

Q1-Q2: Está constituida por cuarcitas blancas a gris blanquecino de grano fino a medio, en bancos de potencia variable, desde 4 metros a menos de 1 metro, cuya potencia disminuye hacia el techo de la serie y que se intercalan con niveles pizarrosos de colores pardos a verdosos. Representa la zona de tránsito entre Q1 y Q2, por lo que el paso desde una a otra es gradual.

Q2: Unidad superior de la Formación Alto Rey. En tránsito gradual con la unidad Q1-Q2, está constituida por alternancias de cuarcitas blancas, meta-areniscas y pizarras en bancos decimétricos a métricos.

4.1.2.- ESTRUCTURA

La estructura de la zona de El Peñascal, se caracteriza por su gran complejidad. Ya que las rocas muestran evidencias de una fuerte deformación interna causada durante la Orogenia Varisca. Toda la zona corresponde a un gran flanco normal de un anticlinal, donde se desarrollan pliegues menores isoclinales, vergentes al E, caracterizados por un flanco normal largo y un flanco corto con unas dimensiones normalmente inferiores a decenas de metros (ver corte geológico en Anexo 1). Asociados con este plegamiento se desarrolla una esquistosidad de plano axial, penetrativa (S_1) y mal desarrollada en las cuarcitas.

Sobreimpuesto, se desarrolla un sistema de fracturas de edades diversas que fragmentan y compartimentan el afloramiento.

4.1.2.1.- ESTRUCTURAS VARISCAS

Los materiales paleozoicos presentan buzamientos muy similares y constantes. Como se evidencia de los datos estructurales, no existen estructuras de gran tamaño Variscas en la zona. Existen pliegues isoclinales de dirección aproximada N15W/22N cuyos ángulos entre flancos son inferiores a 30°. Los hemos clasificado como de tipo 1c (Ramsay, 1967) No obstante, es generalizada la presencia de una foliación tectónica penetrativa en las rocas paleozoicas, que afecta tanto a las cuarcitas como al resto de materiales. Se ha podido ver que se trata de foliación de plano axial con pliegues isoclinales de dirección N-S vergentes al este, tratándose, por tanto de la foliación S₁. Las medidas de foliación S₁ que se encuentran en la zona cartografiada son muy homogéneas (Figs. 23 y 24).

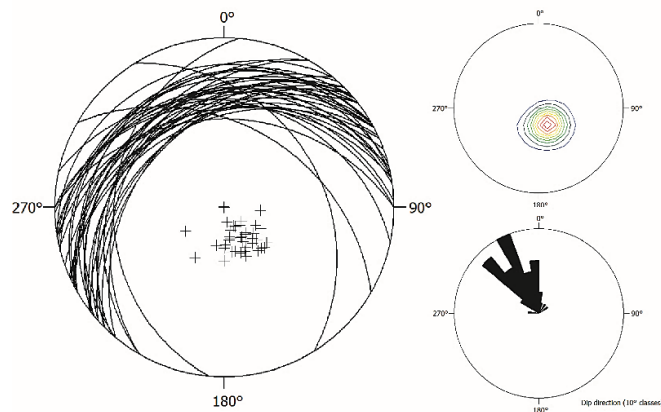


Figura 23.- Representación estereográfica de las medidas de estratificación en la zona de campo.

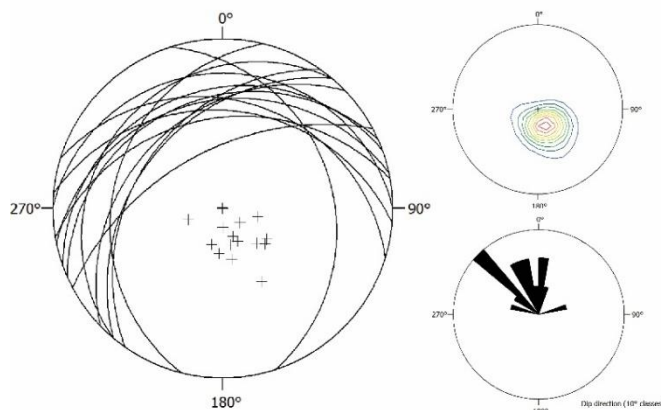


Figura 24.- Representación estereográfica de las medidas de esquistosidad S₁ en la zona de campo. Las medidas, aunque algo más dispersas que las de estratificación son también bastante similares entre sí, como se puede ver por el diagrama de densidad de polos.

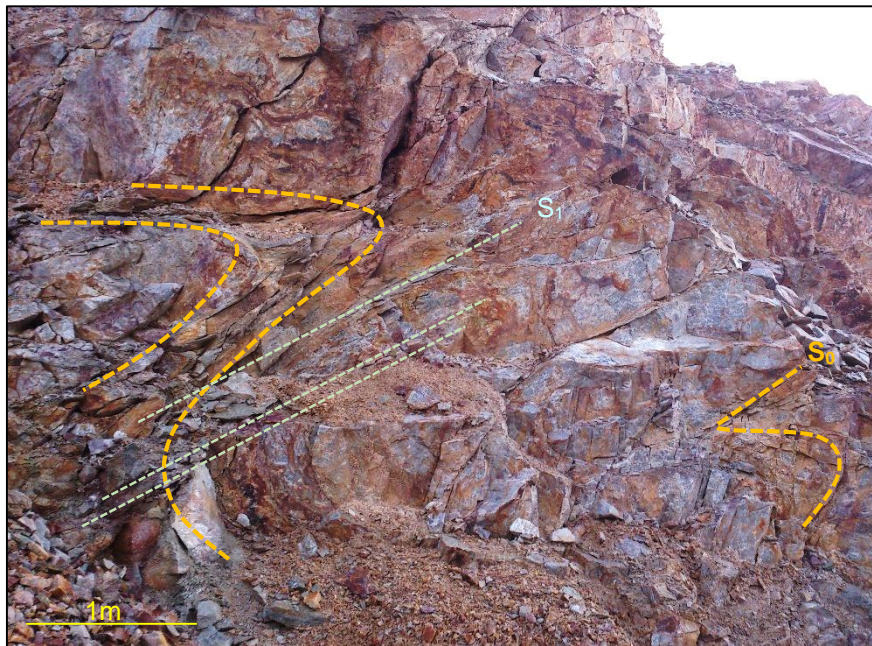


Figura 25.- Pliegues menores (clase 1c, de (Ramsay, 1967) de fase 1 sobre cuarcitas (Superficie de estratificación, S_0), con desarrollo de esquistosidad de plano axial (S_1) en la zona Sur de la cantera en activo de la empresa.



Figura 26.- Detalle de una charnela de la fotografía anterior, donde se observa la deformación que hay en los flancos de los pliegues y el engrosamiento de las charnelas por fluencia de las pizarras de los flancos hacia esas zonas. También puede verse el ángulo entre flancos (inferior a 25°) y el desarrollo claro de la esquistosidad de plano axial con estos pliegues.

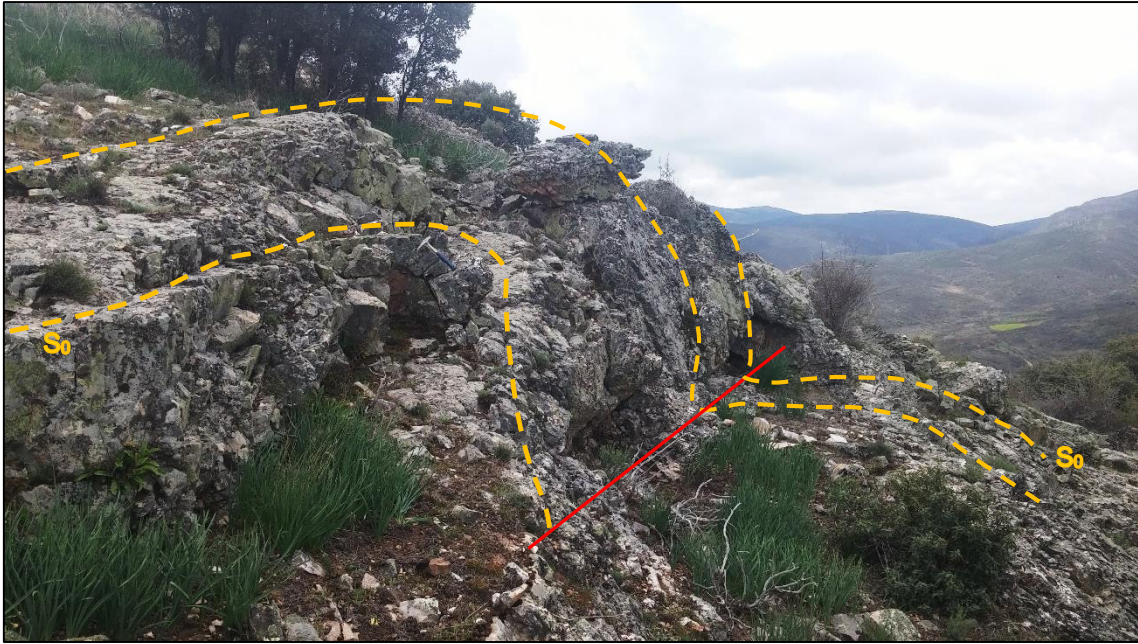


Figura 27.- Pliegues menores de fase 1 sobre cuarcitas (superficie de estratificación, S_0) que aflora en la parte oeste de “El Peñascal”.

La orientación de las estructuras en la zona de fractura y la foliación plantean la posibilidad de que esta estructura responda a un efecto de reapretamiento de un flanco de un pliegue de fase 1, provocando la fracturación de los flancos debido al contraste de competencias entre la formación Alto Rey (Q1), que son bancos de cuarcita potentes y la Formación Bornova que, aunque en su parte alta tiene una gran cantidad de cuarcitas, éstas están interestratificadas con niveles de pizarras y en conjunto es menos competente que la Formación Alto Rey (Fig. 28).

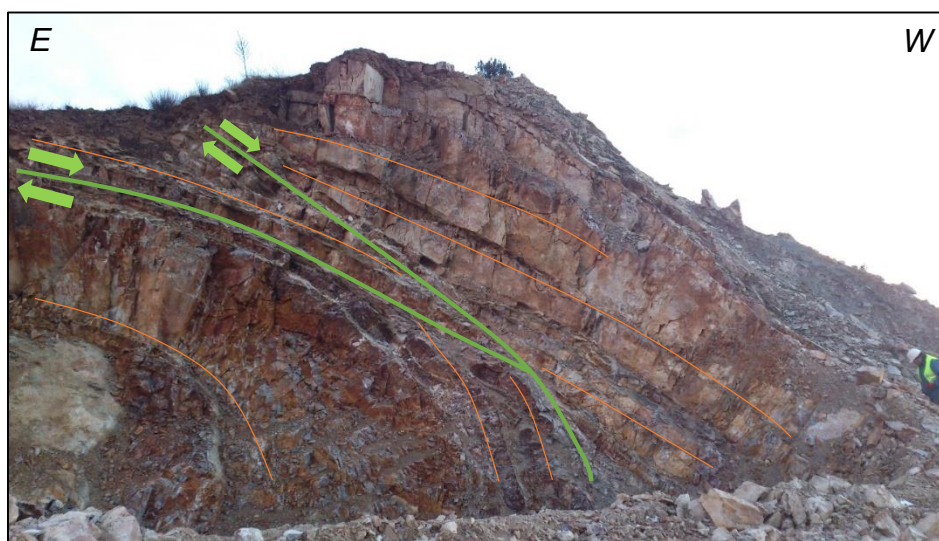


Figura 28.- Flanco fracturado de un pliegue D1 dentro de la formación Bornova.

4.1.2.2.- ESTRUCTURAS POST-VARISCAS

Además de las estructuras dúctiles Variscas descritas, se han reconocido en la zona una serie de estructuras frágiles, también Variscas y asociadas con los últimos estadios de desarrollo de la cadena orogénica. Estas estructuras aparecen en el campo afectadas por materiales del Triásico en forma de fallas normales frágiles, con zonas brechificadas asociadas y reflejan el acomodo del relieve formado durante la orogenia Varisca una vez cesan los esfuerzos compresionales, y previos al desarrollo del rift pérmico-triásico.

En la zona cartografiada estas estructuras son normalmente fallas, en ocasiones de gran continuidad, de dirección N-S a N20W y buzamientos subverticales. Probablemente estas fallas son rejugadas posteriormente durante la etapa de *rifting* (Fig. 31).

Vinculada con estas etapas de deformación frágil se desarrollan normalmente diques, sills y venas de cuarzo. El cuarzo es uno de los elementos más fácilmente solubilizados de las rocas durante los procesos tectónicos y, de la misma manera, reprecipita fácilmente cuando existe una zona abierta. En la zona de estudio la presencia de diques es bastante escasa y aparecen concentrados en torno a charnelas de pliegues de fase D1 (Varisco), pudiendo llegar a formar diques de cuarzo de hasta 1 metro de potencia y decenas de metros de longitud.

En El Peñascal, la fracturación es intensa, y hay al menos tres generaciones de fracturas diferentes, con distintas características, y que corresponden a momentos geológicos distintos. Hay una gran falla normal limitante de la estructura por el norte, que pone en contacto los materiales de la unidad O5-Q1 con materiales del subtramo O5, cuyo salto es indeterminado, pero que provoca una fuerte fracturación de las rocas en esa zona, lo que induce a pensar que se trata de una estructura importante. Esta estructura podría estar causada durante los procesos distensivos asociados a la orogenia Varisca, durante el Carbonífero superior-Pérmico inferior.

Tanto en el lado este como en el oeste, se desarrollan planos de falla normal, que llevan asociadas fallas menores y que son causados por los procesos distensivos asociados al *rifting* Pérmico – Triásico. Es posible observar el desarrollo de la fractura situada más al oeste en el talud de la carretera que va desde Atienza a Hiendelaencina (Figs. 29 y 30).

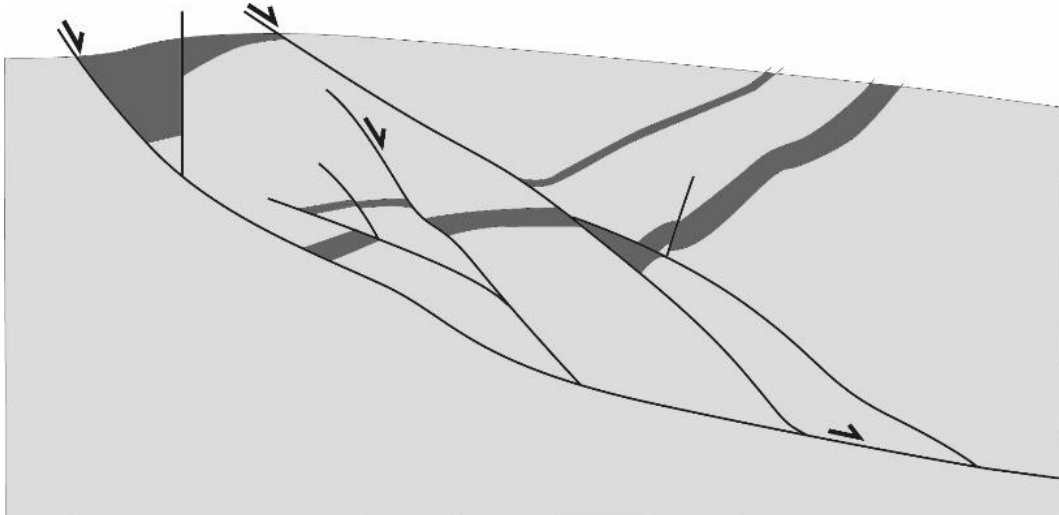


Figura 29.- Esquema estructural de la zona de fallas normales en el talud de la carretera de Hiendelaencina a Atienza, afectando a materiales de la Fm. Rodada.



Figura 30.- Imagen de campo del esquema anterior. Se observa la formación de pliegues de arrastre (señalado con la flecha roja) sobre los planos de fractura y el desarrollo de fallas conjugadas.

En la zona trabajada los efectos de la **tectónica Alpina** quedan reflejados únicamente por la reactivación de algunas fracturas. También se desarrollan grandes fallas de desgarre con componente de falla normal. Estas fracturas suelen presentar una importante brechificación asociada y pueden desarrollar en superficie estructuras tipo flor.

En El Peñascal, se desarrolla una fracturación muy intensa con una componente importante de desgarre, y que en conjunto podría definir un movimiento senestro general de todo el macizo hacia el sur, desplazándolo en esa dirección. Aparecen dos familias de fracturas, unas con dirección

prácticamente N-S y una conjugada con la anterior a unos 35° de ella, con direcciones NNW-SSE. Estas fracturas podrían estar asociadas al proceso de formación del Sistema Ibérico durante la Orogenia Alpina y que dio lugar a las cuencas de Duero-Almazán y Tajo. Desde el punto de vista de la estructura interna de El Peñascal, estas fallas son las que producen una mayor fracturación en las rocas (Fig. 31).

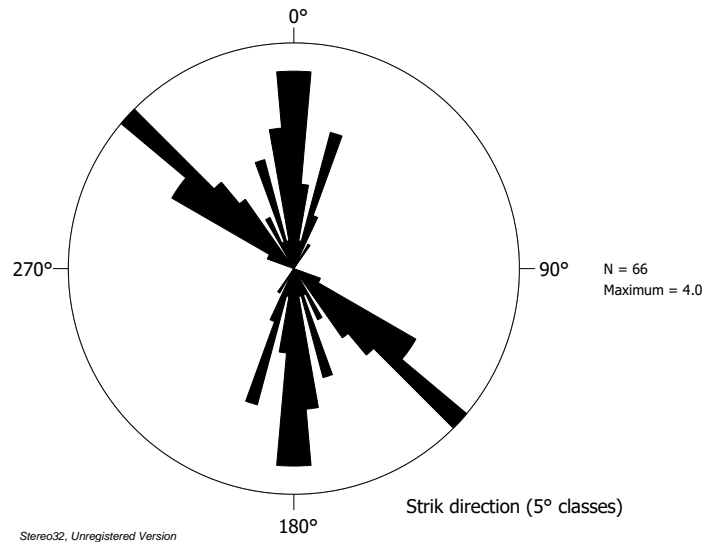


Figura 31.- Diagrama de frecuencias de las direcciones de las fallas cartografiadas en El Peñascal.

Durante los distintos momentos de inactividad, y durante los procesos de exhumación de las rocas, se producen en éstas una serie de fenómenos de fracturación, que no implican desplazamiento o que son de escasa entidad y que se conocen como **diaclasas** (o juntas, *joints*). La dirección de este diaclasado depende de varios factores, entre los que se incluyen las anisotropías de las rocas (estratificación, granulometría, esquistosidad, etc...) y las direcciones del campo de esfuerzos regional.

En el extremo norte de El Peñascal, las cuarcitas aparecen con un grado de diaclasado muy intenso que impide el reconocimiento de cualquier tipo de estructura y da lugar a un afloramiento ruiforme o acastillado (Fig. 32). En esta zona la presencia de canchales es frecuente. En cambio, en la zona sur del mismo, el grado de diaclasado no es tan intenso, permitiendo observar algunas estructuras, como laminaciones o pliegues menores.

La orientación y el buzamiento de las diaclasas permitirán definir de una manera aproximada la disposición efectiva de taludes y demás elementos geométricos de una futura explotación, al permitir establecer unos criterios básicos de estabilidad.



Figura 32.- Aspecto de campo de la unidad Q1 en distintas estaciones. En la imagen izquierda, el macizo aparece intensamente diaclasado. En la imagen derecha, el macizo aparece con menor intensidad de diaclasado, pudiendo observarse el espaciado de una de las familias de juntas.

4.2.- CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA

Petrográficamente, son rocas formadas en su mayoría por cuarzo (90-95%) y algo de moscovita (5-10%). Es posible observar que los granos de cuarzo presentan un ligero aplastamiento que define la esquistosidad de la roca. (Fig. 40).

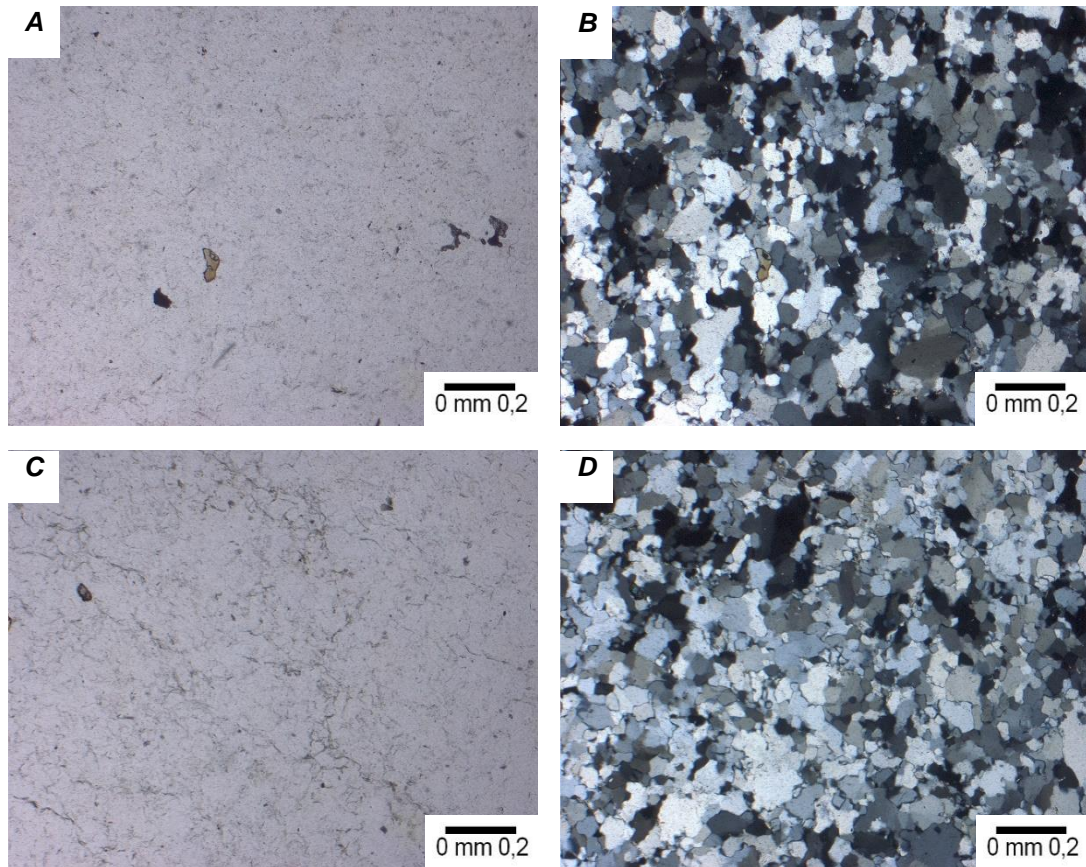


Figura 40.- Fotomicrografías de una muestra del subtramo Q1 y del subtramo superior Q2 de la formación Alto Rey. A (luz normal) y B (nicos cruzados); Aspecto de una muestra de un banco de cuarcita de la zona media de la unidad Q1. C (luz normal) y D (nicos cruzados); Aspecto de los bancos inferiores del subtramo Q2. El tamaño de grano de ambas unidades es similar, no obstante el porcentaje de micas es mayor en la cuarcita del subtramo Q2.

Con base en la cartografía geológica todas las líneas de muestreo se encuentran en el subtramo Q1. En ellas se han determinado los elementos mayores y se ha calculado la pérdida al fuego (LOI) por calcinación. Los resultados obtenidos presentan una relativa dispersión de valores a lo largo de las líneas de muestreo.

4.3.- CARACTERIZACIÓN GEOMECÁNICA

4.3.1.-Caracterización del Macizo Rocoso.

Nos encontramos ante un macizo rocoso altamente fracturado. Estas fracturas, que constituyen zonas de debilidad, se convierten en planos de alteración preferentes, y debilitan el macizo. Por ello, es necesario realizar un estudio minucioso que evalúe su comportamiento mecánico.

En todas las estaciones geomecánicas realizadas, la roca presenta una alteración muy baja o inexistente. Se ha reconocido la presencia de al menos tres familias de diaclasas de espaciados variables que en ocasiones son muy pequeños.

Tanto la dirección como el buzamiento de las diaclasas (o juntas) que afectan a los macizos rocosos, son criterios básicos para la estabilidad de los taludes. Por ello nos permitirán definir de forma aproximada la disposición efectiva de estos y otros elementos geométricos para la futura explotación (Fig. 33).

Las principales características de las distintas familias de juntas se exponen a continuación.

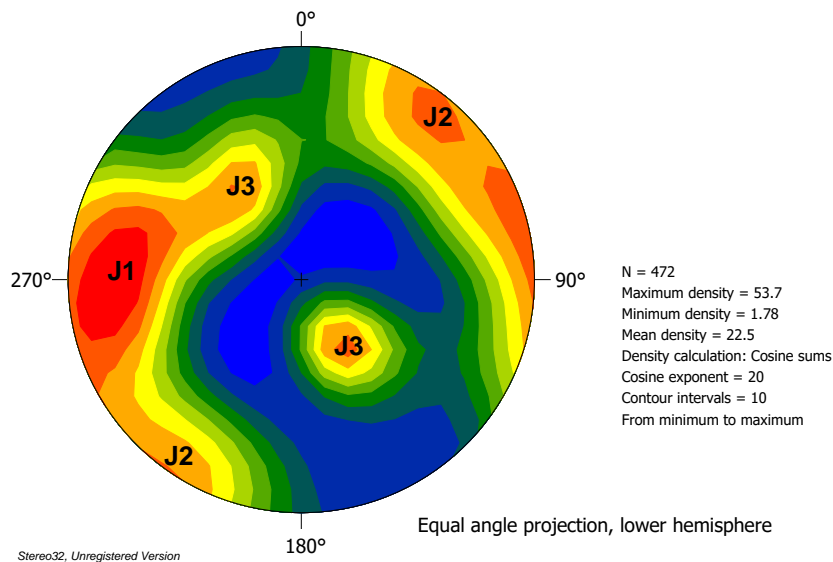


Figura 33.- Densidad de polos de las juntas estudiadas en la zona de El Peñascal.

4.3.2.-Caracterización del diaclasado-fracturación.

Familia de juntas principales (J1): Se trata de la familia de juntas más característica en la zona. Suele presentar valores de dirección de buzamiento N40W-N20E y buzamientos subverticales. Son juntas sin relleno y abertura mínima (inferior a 1 mm), con una rugosidad muy baja y cuya longitud a lo largo del afloramiento suele superar los tres metros. Desde el punto de vista del espaciado, se caracteriza por tener unos valores medios en torno a los 5-10 cm (Fig. 34).

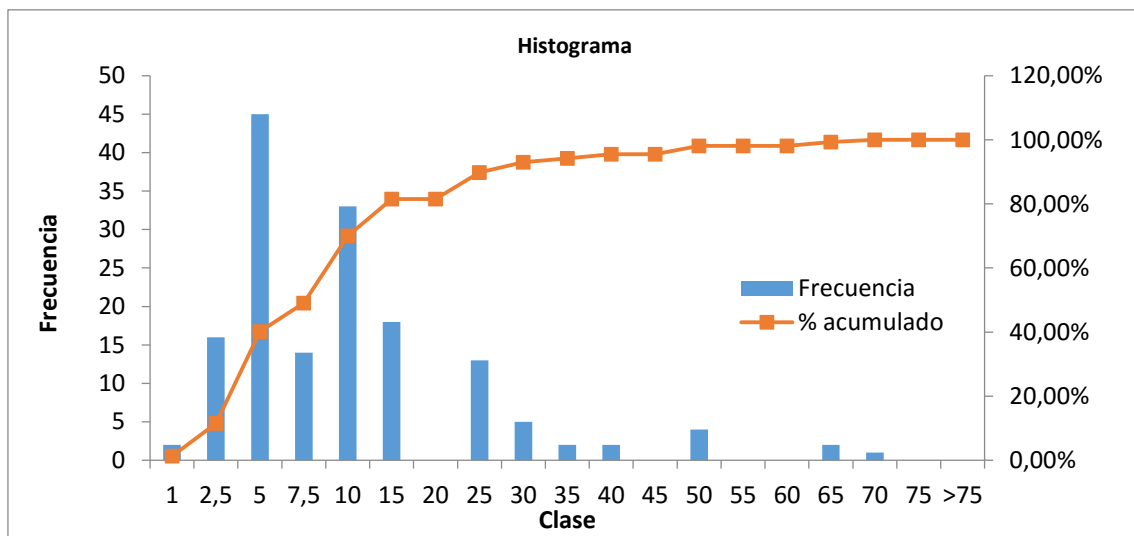


Figura 34.- Representación gráfica en forma de histograma del espaciado para la familia de juntas J1.

Familia de juntas principales (J2): Esta segunda familia de juntas o diaclasas es casi ortogonal a la J1 y está caracterizada por presentar valores más variables de dirección de buzamiento, con una dirección de capa aproximada N-S y buzamientos hacia el Este. La longitud de las juntas es normalmente superior a los 3 metros, con aberturas y rugosidades similares a la familia J1. Los espaciados son variables, como puede verse en el gráfico inferior, desde menos de 5 cm a más de 60 cm (Fig. 35).

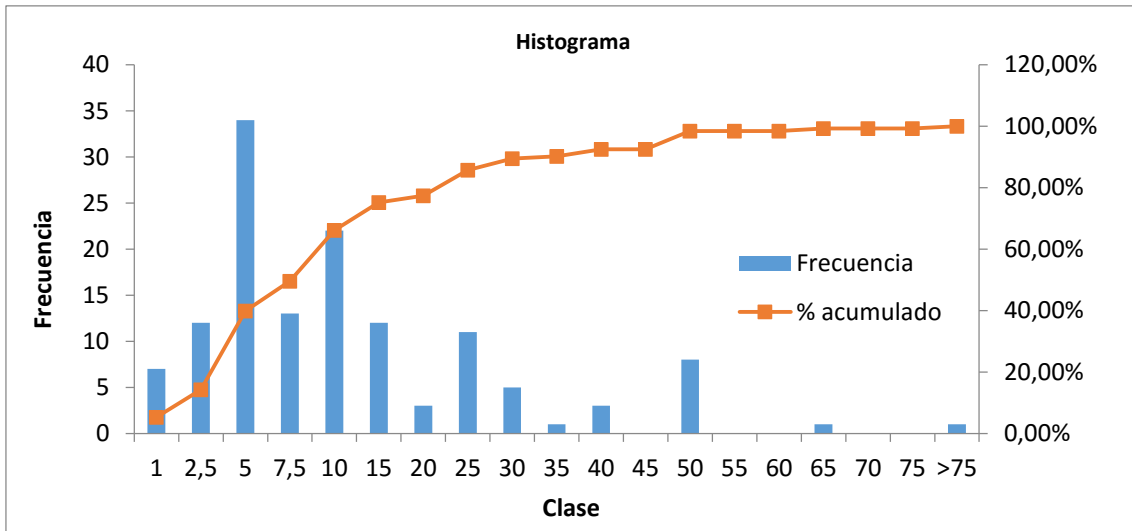


Figura 35.- Representación gráfica en forma de histograma del espaciado para la familia de juntas J2.

Familia de juntas J3 (Estratificación): Se caracteriza por presentar direcciones y buzamientos constantes en la mayor parte de El Peñascal, exceptuando la parte más septentrional de la zona. En general, presenta direcciones de buzamiento y buzamientos medios de 146/51 para la ladera este y 323/38 para la ladera oeste. Son planos netos y con una abertura prácticamente inexistente. Los contactos son generalmente poco rugosos y presenta un espaciado medio superior a los 15 cm (Fig. 36).

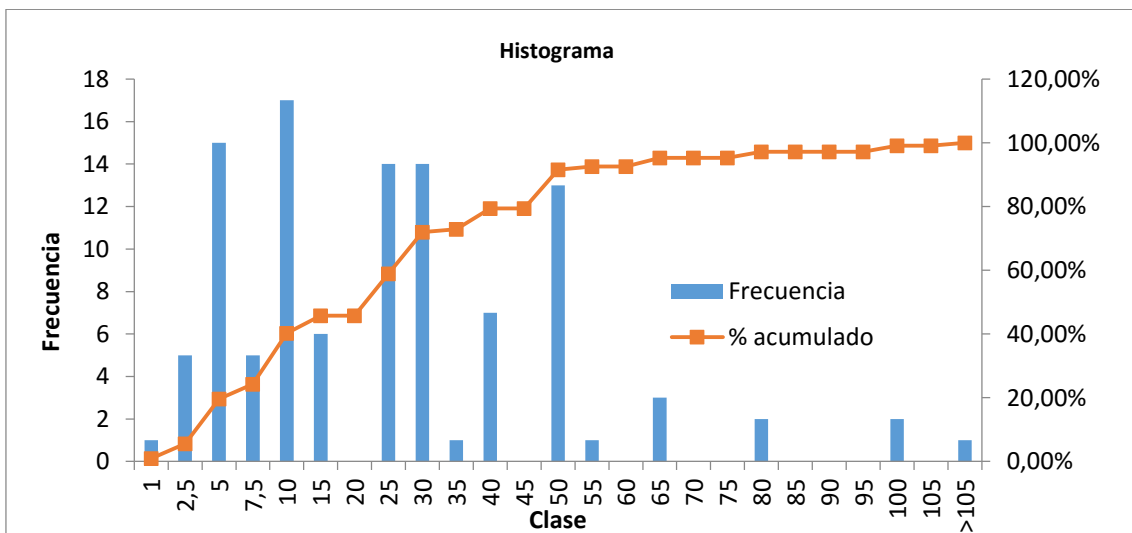


Figura 36.- Representación gráfica en forma de histograma del espaciado en la estratificación (J3)

Familia de juntas accesorias (J4): Ocasionalmente aparece una cuarta familia de juntas, de carácter más local y de dimensiones menores, que se caracteriza por tener direcciones de capa similares a la J1, pero menos constantes y con la que forma ángulos entre las direcciones de buzamiento inferiores a los 50°. El espaciado de estas juntas J4 suele ser inferior a los 10 cm.

4.3.3.-Características del Macizo Rocoso. Clasificación RMR de Bieniawski.

El **RMR** es una clasificación geomecánica desarrollada por Bieniawski (1973), que constituye un sistema de clasificación de macizos rocosos (Fig. 37). Este índice RMR permite relacionar distintos parámetros de excavación y sostenimiento con los índices de calidad obtenidos.

En esta clasificación se tienen en cuenta distintos parámetros geomecánicos, entre ellos la resistencia uniaxial de la roca que, en el caso de la cuarcita de El Peñascal ha sido obtenido de la información bibliográfica existente y estimada en >250 MPa. Otro de los parámetros utilizados es el índice RQD (*rock quality designation*) o grado de fracturación del macizo. Cuando no existen sondeos, su cálculo se realiza a partir de los afloramientos teniendo en cuenta tanto el número de familias de discontinuidades como el tamaño de los bloques generados. Este cálculo se realiza mediante correlaciones empíricas (Palmstrom, 1975) o teniendo en cuenta la frecuencia de las discontinuidades (λ).

Correlaciones Empíricas

$$RQD = 115 - 3,3J_v \rightarrow J_v > 4,5$$

$$RQD = 100 \rightarrow J_v \leq 4,5$$

$$(J_v = \sum \frac{n^{\circ} \text{ de discontinuidades}}{2 \text{ longitud de medida}})$$

Frecuencia de discontinuidades (λ)

$$RQD \approx 100 \exp^{-0,1\lambda} (0,1\lambda + 1)$$

$$(\lambda = \frac{\text{número de discontinuidades}}{L (m)})$$

Parámetro		Rango de valores							
1	Resistencia de la roca intacta	Ensayo carga puntual	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa			
		Compresión simple	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa
	valor	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			
	valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciado de las discontinuidades	> 2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	6-20 cm	< 6 cm			
	valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 – 3 m	3 – 10 m	10 – 20 m	> 20 m		
		Valor	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1 – 1.0 mm	1 – 5 mm	> 5 mm		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
		Valor	6	4	2	2	0		
Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta				
valor	6	5	3	1	0				
5	Flujo de agua en las juntas	Relación Pagua / Pprinc	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5		
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Agua fluyendo		
	valor	15	10	7	4	0			

Figura 37.- Clasificación geomecánica RMR (Bieniawski, 1974).

En función del valor obtenido de índice RMR se clasifican los macizos rocosos de la siguiente forma:

Clase	Calidad	Valoración RMR	Cohesión	Angulo de rozamiento
I	Muy buena	100-81	> 4 kg/cm ²	> 45°
II	Buena	80-61	3-4 kg/cm ²	35° - 45°
III	Media	60-41	2-3 kg/cm ²	25° - 35°
IV	Mala	40-21	1-2 kg/cm ²	15° - 25°
V	Muy mala	<20	< 1 kg/cm ²	< 15°

Los resultados obtenidos en las distintas estaciones muestreadas nos dan unos valores generales que caracterizan al macizo como de calidad Media, salvo en alguna zona puntual donde dicha valoración es Buena.

4.3.4.-Estabilidad de taludes (SMR) en el frente de la explotación.

Basándonos en el índice RMR, se puede obtener el denominado índice **SMR** (*Slope Mass Rating*). Este valor nos permite realizar una evaluación empírica de la estabilidad de una excavación partiendo del RMR y mediante factores de ajuste por orientación de las discontinuidades (F_1 , F_2 y F_3) y según el método de excavación (F_4).

Con base en las características topográficas y de afloramiento se estima que el ángulo de entrada para el desarrollo del frente de explotación es de 110° . Además sabemos que el método de excavación previsto será mediante voladura y excavación mecánica.

El valor final para el SMR se obtiene a partir de:

$$SMR = RMR + (F_1 \times F_2 \times F_3) + F_4$$

TIPO DE ROTURA		MUY FAVORABLE	FAVORABLE	NORMAL	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE	
Plana	A	$ \alpha_i - \alpha_s $	$>30^\circ$	30-20°	20-10°	10-5°	
Vuelco							$ \alpha_i - \alpha_s - 180 $
Cuña							
F_1		0.15	0.40	0.70	0.85	1.00	
	B	$ \beta_j $ ó $ \beta_i $	$<20^\circ$	20-30°	30-35°	35-45°	$>45^\circ$
Plana/Cuña	F_2		0.15	0.40	0.70	0.85	1.00
Vuelco							
Plana	C	$ \beta_j - \beta_s $	$>10^\circ$	10-0°	0°	0-(-10°)	$<(-10^\circ)$
Cuña							
Vuelco							
F_3		0	-6	-25	-50	-60	
MÉTODO DE EXCAVACIÓN			F₄	MÉTODO DE EXCAVACIÓN		F₄	
Talud natural			+15	Voladura normal o excavación mecánica		0	
Precorte			+10	Voladura deficiente		-8	
Voladura suave			+8				

Figura 38.- Clasificación geomecánica de taludes SMR (modificado de Romana, 1985).

SMR	Medidas correctoras
> 65	Sin sostenimiento (saneamiento)
70 - 45	Protección (zanjas de pie, vallas de pie o de talud; redes)
75 - 30	Refuerzo (bulones; anclaje)
60 - 20	Hormigón (gunita, de relleno, contrafuertes, y/o vigas, muros de pie)
40 - 10	Drenajes (superficial, profundo)
30 - 10	Reexcavación (tendido, muros de contención)

Figura 39.- Tabla de medidas correctoras según el valor del SMR (modificado de Romana, 1985)

Los resultados del índice SMR permiten establecer una serie de clases distintas que conllevan cada una de ellas una serie de medidas de sostenimiento, que dependen del tipo de obra a realizar y que, en muchos casos, son complementarias (Fig. 39).

Con los resultados puntuales obtenidos, valores de SMR entre 70 y 45, y teniendo en cuenta la cartografía geológica y las discontinuidades, se ha elaborado un mapa de estimación de valores de SMR (Anexo II). Este mapa (Anexo II) pone de manifiesto la presencia de dos zonas con valores bajos del parámetro SMR (colores rojos y anaranjados), que indicaría que la sostenibilidad en estas zonas sería mala para un buzamiento de talud tan elevado, lo que obligaría a reducir ese ángulo del talud hasta valores bajos para que el sostenimiento fuera razonable. Junto con estas zonas aparece otra zona intermedia donde la sostenibilidad es mejor, con valores de SMR superiores a 55, y que con un mantenimiento del mismo sería estable para este ángulo.

A la vista de los datos y teniendo en cuenta que los taludes generados son de vida limitada, las únicas medidas correctoras a aplicar serían zanjas de pie y drenajes además de saneamiento periódico.

4.4.- CALCULO DE RESERVAS APROXIMADAS

Con base en los cortes geológicos planteados se ha calculado el volumen de material que representan las unidades Q1 y O5-Q1 en la zona de El Peñascal. El volumen teórico calculado es de 486.250 m³. Hay que tener en cuenta que, debido a la complejidad geológica de la zona, y a la dificultad de reconstruir la estructura de una manera precisa, dicho valor debe tomarse con cautela.

Teniendo en cuenta la intensa fracturación presente en la zona y los datos geoquímicos obtenidos, se puede realizar un cálculo del aprovechamiento de materiales dentro de este volumen. Con base en la sucesión estratigráfica reconocida en otras áreas, se ha visto que aproximadamente un 30% del conjunto litológico está constituido por pizarras, esquistos y meta-areniscas, cuyo aprovechamiento como materia prima de sílice pura queda descartado.

Asimismo, con base en la fracturación presente y a la zona de alteración–brechificación existente en cada uno de los planos, habría que descartar en torno al 25% del volumen total de material como materia prima de sílice pura, si bien este material podría ser susceptible de ser aprovechado para otros fines industriales. Con todo ello, habría unas reservas posibles en toda la zona de “EL Peñascal”, de 256.600 m³. Por ello, de las previsiones iniciales de la empresa de un aprovechamiento del 80% del volumen total, en la zona de El Peñascal, este ratio disminuiría hasta un 70%.

No obstante, dado por un lado las características topográficas de la zona y, por otro lado, la cercanía de la carretera que une Atienza con Hiendelaencina en la base del cerro, la posibilidad de explotación y el volumen de material disminuirían drásticamente. Si consideramos únicamente en las reservas la fracción presente en la ladera este, dichas reservas serían de 90.000 m³ aproximadamente. Así, y suponiendo una densidad del material de 2600 kg/m³, las reservas posibles existentes de cuarcita de primera calidad (contenidos en sílice muy elevados y muy bajos del resto de elementos) serían de 122.850 t.

5. CONCLUSIONES

- Estructuralmente nos encontramos ante una zona compleja, formada por rocas que han sido sometidas a plegamiento intenso y a tres generaciones de fracturas. Existe una gran falla normal limitante de la estructura por el norte que pone en contacto los materiales de la unidad O5-Q1 con materiales de la Formación Constante, cuyo salto es indeterminado y que provoca una importante fracturación en las rocas en esta zona (Orogenia Varisca). Tanto al este como al oeste se desarrollan planos de fallas normales que llevan asociados otras fallas menores (Rifting Pérmico-Triásico). Por último existe una fracturación muy intensa, con componente de desgarre, que en conjunto podría definir un movimiento senestro general de todo el macizo hacia el sur que se relaciona con el emplazamiento al antepais de la Zona Ibérica (Orogenia Alpina).

- Aparentemente no existe correlación entre las unidades muestreadas (en este caso Q1 y O5-Q1) y el contenido en los distintos elementos. En cambio, parece existir una anomalía relacionada con la intersección de fallas, probablemente porque hay circulación de fluidos que llevan asociado K^+ y Al^{3+} y provocan una mayor concentración relativa de ambos elementos. Los contenidos en Fe_2O_3 dentro de las rocas no parece guardar una relación espacial directa con las fracturas, si bien parece que hay una mayor concentración hacia la falla que limita los afloramientos de El Peñascal por el E. El análisis de estos elementos en cada una de las líneas muestra como en algunos casos hay una relación directa entre los tres elementos Al^{3+} , K^+ y Fe^{3+} , lo que parece poner de manifiesto la presencia de fluidos hidrotermales relacionados con la fracturación compleja presente en la zona.

- Estamos ante un macizo rocoso altamente fracturado. Estas fracturas o zonas de debilidad, se convierten en planos de alteración preferentes, que generan un carácter discontinuo y anisótropo que debilita el macizo rocoso. Los resultados obtenidos en las distintas estaciones muestreadas nos dan unos valores generales que caracterizan al macizo como Medio, salvo en alguna zona puntual donde dicha valoración es Buena. En cuanto a la estabilidad de la excavación, podemos decir que existen zonas donde la sostenibilidad sería mala para un ángulo de talud elevado. Así mismo, existen otras zonas donde la sostenibilidad sería estable para el mismo ángulo de talud.

- El volumen total teórico de reservas calculado es de 486.250 m³. Las previsiones iniciales de la empresa, cuyos cálculos eran de un ratio de explotación del 80%, se ha reducido a un ratio del 70%, debido a la presencia de otras litologías. Además de este porcentaje, susceptible de ser aprovechado, un 25% no podría ir destinado a la producción de sílice para productos refractarios,

debido a la alteración química en las juntas, por lo que las reservas posibles de El Peñascal se reducen a 256.600 m³. Además, por su ubicación geográfica, las posibilidades de explotación se reducen de forma importante quedando en 90.000 m³. Suponiendo una densidad del material de 2600 kg/m³, estaríamos ante un total de 122.850 t de cuarcita de primera calidad.

6.- REFERENCIAS

Adell Argiles, F. , Bascontes Alvira, L. , González Lodeiro, F. , Martínez Alvarez, F. , Tena-Dávila Ruiz, M. , La Moneda González, E. y Rodríguez González, A., (1981). Memoria del Mapa Geológico de España E. 1:50.000 nº 460 Hiendelaencina. IGME.

Adell Argiles, F. , Bascontes Alvira, L. , Martínez Alvarez, F. , Tena-Dávila Ruiz, M. , La Moneda González, E. , Rodríguez González, A. y González Lodeiro, F., (1982). Memoria del Mapa Geológico de España E. 1:50.000 nº 433 Atienza. IGME.

Arenas, R. , Casquet, C. y Peinado, M., (1980). El metamorfismo en el sector de Riaza (Somosierra, Sistema Central Español). Implicaciones Geoquímicas y Petrológicas. Cuad. Lab. Xeol. Laxe 1, 117-146.

Bartier, P.M. y Keller, C.P., (1996). Multivariate interpolation to incorporate thematic surface data using inverse distance weighting (IDW). Computers & Geosciences 22, 795-799.

Bascones Alvira, L.M.A., F.; González Lodeiro, F. , Martínez Alvarez, F. y González Lodeiro, F., (1982). Memoria del Mapa Geológico de España E. 1:50.000 nº 433 Atienza, en: IGME (Ed.).

Bieniawski, Z., (1974). Engineering classification of jointed rock masses. discussions of paper by ZT Bieniawski, trans. s. afr. instn. civ. engrs. v15, n12, Dec. 1973, and authors reply: 4F, 4T, 39R. Trans. S. Afr. Instn. Civ. Engrs. V16, N7, July, 1974, P239–254, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts. Pergamon, p. 244.

Casas-Sainz, A.M. , Cortés-Gracia, A.L. y Maestro-González, A., (2000). Intraplate deformation and basin formation during the Tertiary within the northern Iberian plate: Origin and evolution of the Almazán Basin. Tectonics 19, 258-289.

Casquet, C. y Navidad, M., (1985). El metamorfismo en el Sistema Central español. Comparación entre el sector central y el oriental en base al zonado del granate. Rev. R. Acad. Cienc. Nat. 79, 523-548.

De Vicente, G. , Vegas, R. , Martín, A.M. , González-Casado, J.M. , Carbó, A. , Álvarez, J. , S. Cloetingh, P.A. , Elorza, F.J. y Olaiz, A., (2004). Estructura Alpina del Antepaís Ibérico. El Sistema Central, en: Vera, J.A. (Ed.), Geología de España.

Doblas, M. , López-Ruiz, J. , Oyarzun, R. , Mahecha, V. , Moya, Y.S. , Hoyos, M. , Cebriá, J.-M. , Capote, R. , Enrile, J.H. , Lillo, J. , Lunar, R. , Ramos, A. y Sopeña, A., (1994). Extensional tectonics in the central Iberian Peninsula during the Variscan to Alpine transition. Tectonophysics 238, 95-116.

Farias, P. , Gallastegui, G. , González Lodeiro, F. , Marquínez, J. , Martín Parra, L.M. , Martínez Catalán, J.R. , Pablo Macía, J.G. y Rodríguez Fernández, L.R.,

(1987). Aportaciones al conocimiento de la litoestratigrafía y estructura de Galicia Central. Memórias Facultade de Ciências Universidade do Porto 1, 411-431.

González Lodeiro, F., (1980). Estudio geológico estructural de la terminación oriental de la Sierra del Guadarrama (Sistema Central Español). Tesis Fac. Cienc. Univ. Salamanca, 334.

González Lodeiro, F., (1981). La estructura del anticlinorio del Olló de Sapo en la región de Hiendelaencina (extremo oriental del Sistema Central Español). Cuadernos de Geología Ibérica 7, 535-545.

González Lodeiro, F., Bascones Alvira, L. y Martínez Alvarez, F., (1978). Mapa Geológico de España E. 1:50.000 nº 460 Hiendelaencina, en: IGME (Ed.).

Julivert, M., Fontbote, J.M., Ribeiro, A. y Conde, L., (1972). Mapa Tectónico de la Península Ibérica y Baleares. Escala 1:1.000.000 Instituto Geológico y Minero de España.

Kogel, J.E., (2006). Industrial minerals & rocks: commodities, markets, and uses. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration.

Lago, M., Arranz, E., Pucoví, A., Galé, C. y Gil-Imaz, A., (2004). Lower Permian magmatism of the Iberian Chain, Central Spain, and its relationship to extensional tectonics. Geological Society, London, Special Publications 223, 465-490.

Martínez Catalán, J., Martínez Poyatos, D. y Bea, F., (2004). Zona Centroibérica: Introducción. Geología de España, 68-69.

Palmstrom, A., (1975). Characterizing the degree of jointing and rock mass quality, en: Oslo, I.r.B. (Ed.).

Parga Pondal, I., Matte, P. y Capdevila, R., (1964). Introduction à la géologie de l'“Olló de Sapo”, Formation porphyroide anté-silurienne du Nord Ouest de l'Espagne. Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España 76, 119-153.

Ramsay, J.G., (1967). Folding and fracturing of rocks., New York.

Romana, M., (1985). New adjustment ratings for application of Bieniawski classification to slopes, en: ISMR (Ed.), International symposium on the role of rock mechanics. ISMR, pp. 49-53.

Romana, M., (1988). Aplicación de la clasificación SMR, basada en la de Bieniawski, para prever los métodos adecuados para la corrección de taludes. Andorra, II Simposio Sobre taludes y laderas inestables. Pag, pp. 535-558.

Rubio Pascual, F.J., Arenas, R., Martínez Catalán, J.R., Rodríguez Fernández, L.R. y Wijbrans, J.R., (2013). Thickening and exhumation of the Variscan roots in the Iberian Central System: Tectonothermal processes and ⁴⁰Ar/³⁹Ar ages. Tectonophysics 587, 207-221.

Sánchez-Moya, Y. y Sopeña, A., (2004). El rift mesozoico ibérico. *Geología de España*, 484-522.

Sanz, C.M. , Regueiro, M. y Barros, G., (2014). *Panorama Minero 2014*. Instituto Geológico y Minero de España. Dirección General de Política Energética y Minas (Ministerio de Industria, Energía y Turismo).

Schafer, G., (1969). *Geologie und Petrographie im östlichen kastilischen Hauptscheidegebirge (Sierra de Duadarrama, Spanien)*. Münster. *Forsch. Geol. Paläont.* 10, 207.

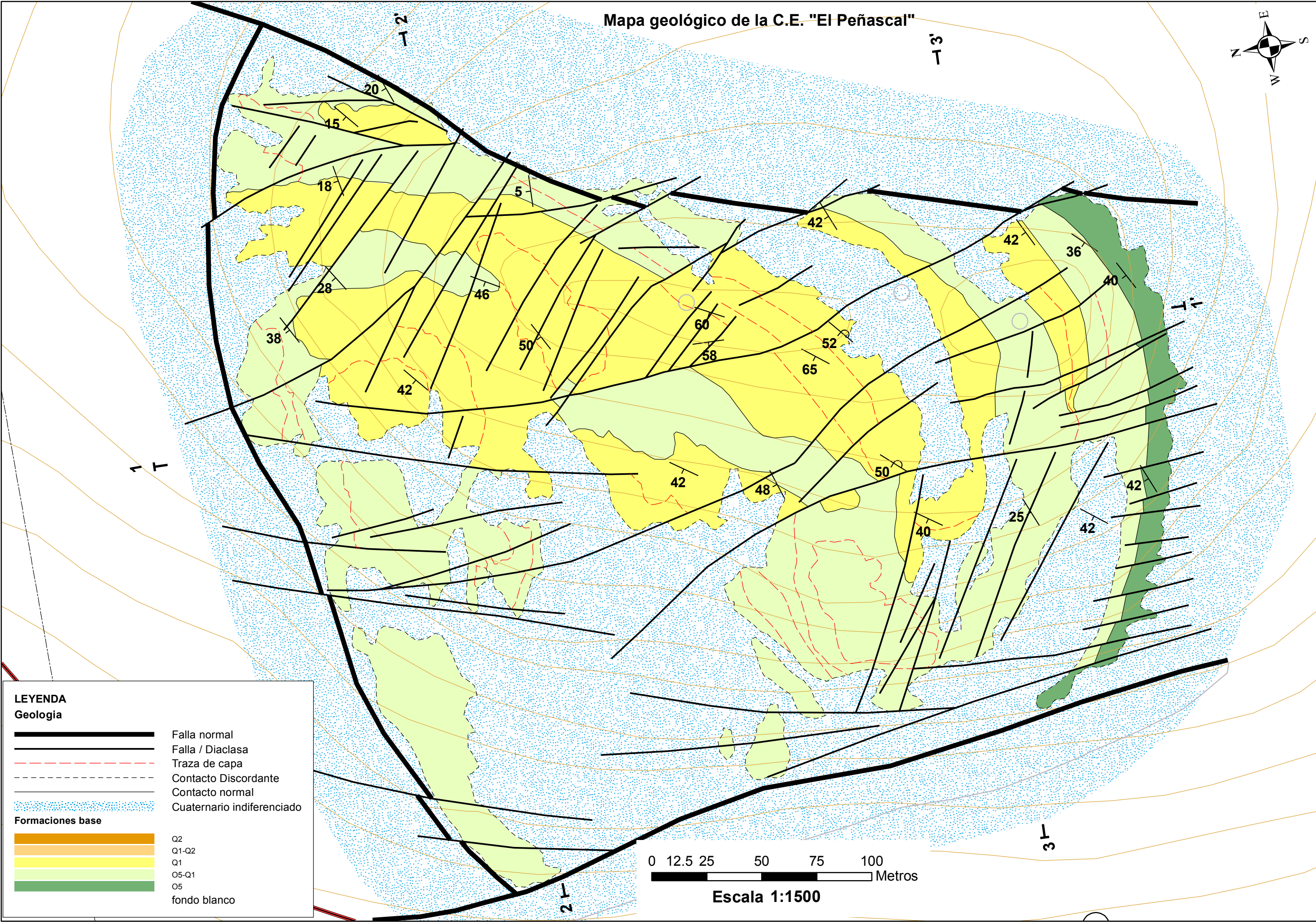
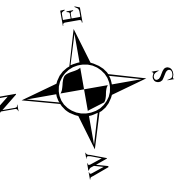
Soers, E., (1972). *Stratigraphie et geologie structurale de la partie orientale de la Sierra de Guadarrama*. *Studia Geologica* 4, 7-88.

Sopeña, A. y De Vicente, G., (2004). *Cordilleras Ibérica y Costero-Catalana. Rasgos Generales*, en: Vera, J.A. (Ed.), *Geología de España*. Sociedad Geológica de España; Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

Valverde-Vaquero, P. y Dunning, G.R., (2000). New U–Pb ages for Early Ordovician magmatism in Central Spain. *Journal of the Geological Society* 157, 15-26.





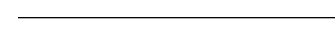

ANEXO I. MAPA Y CORTES GEOLÓGICOS DE LA C.E. “EL PEÑASCAL”

Mapa geológico de la C.E. "El Peñascal"



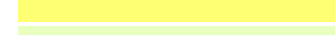





LEYENDA

Geología

-  Falla normal
-  Falla / Diaclasa
-  Traza de capa
-  Contacto Discordante
-  Contacto normal
-  Cuaternario indiferenciado

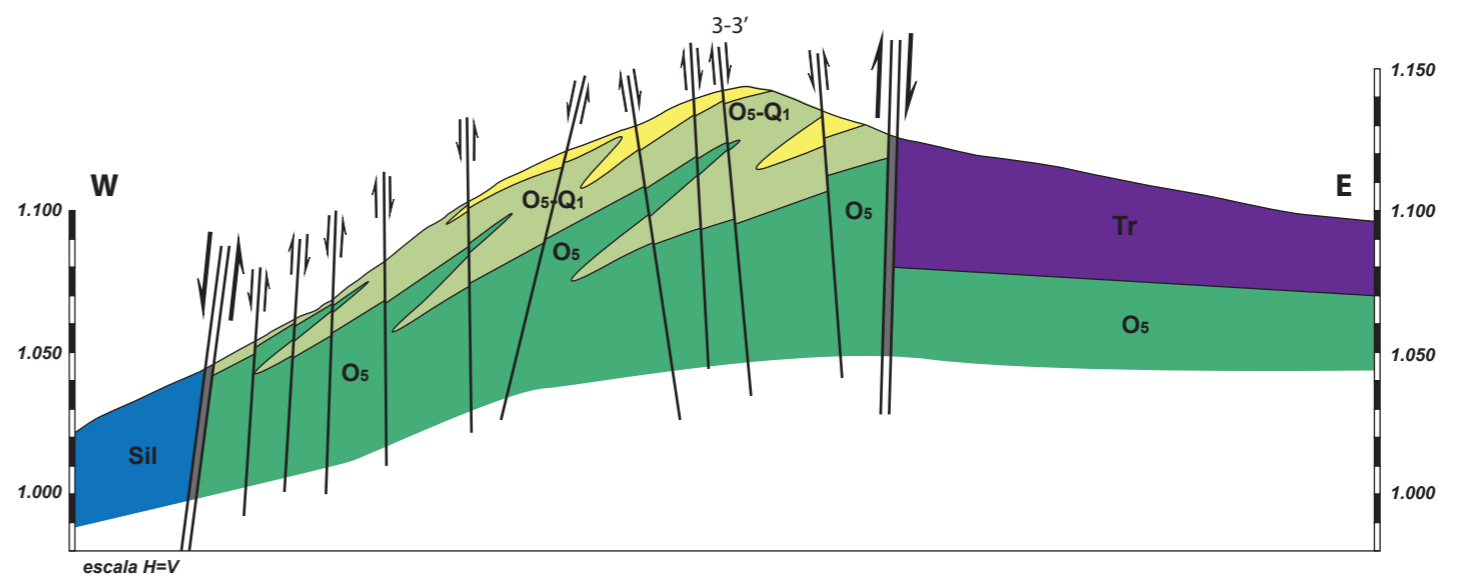
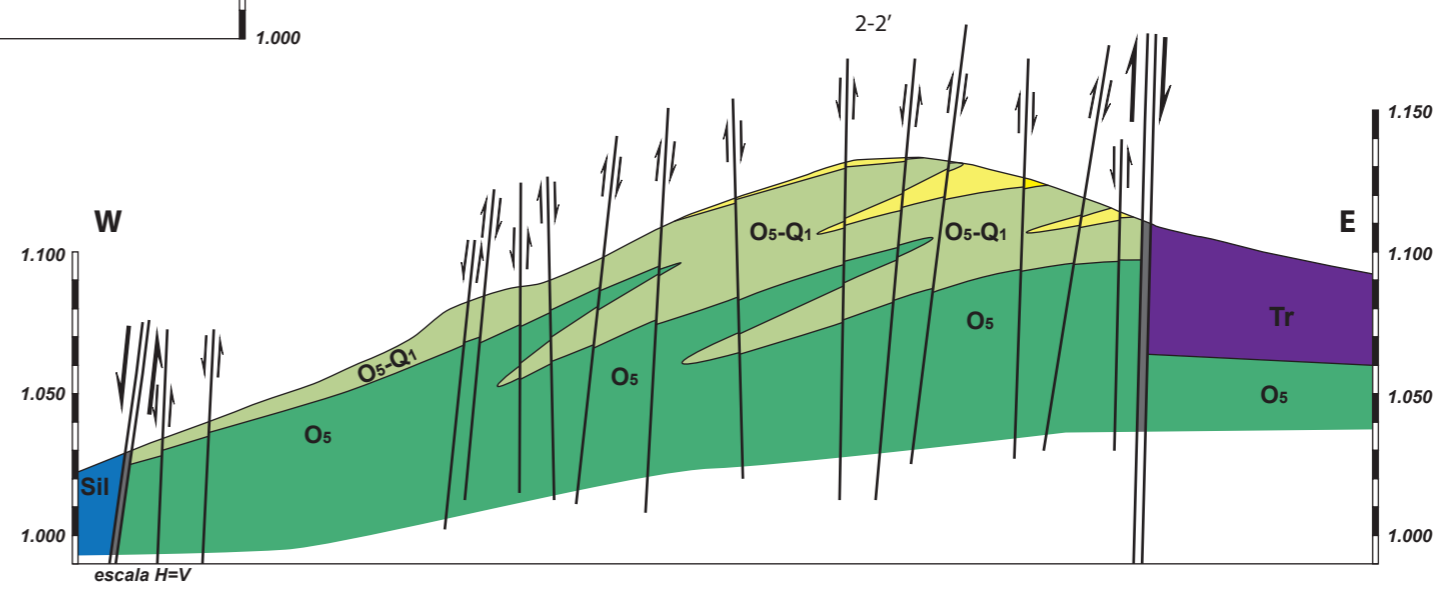
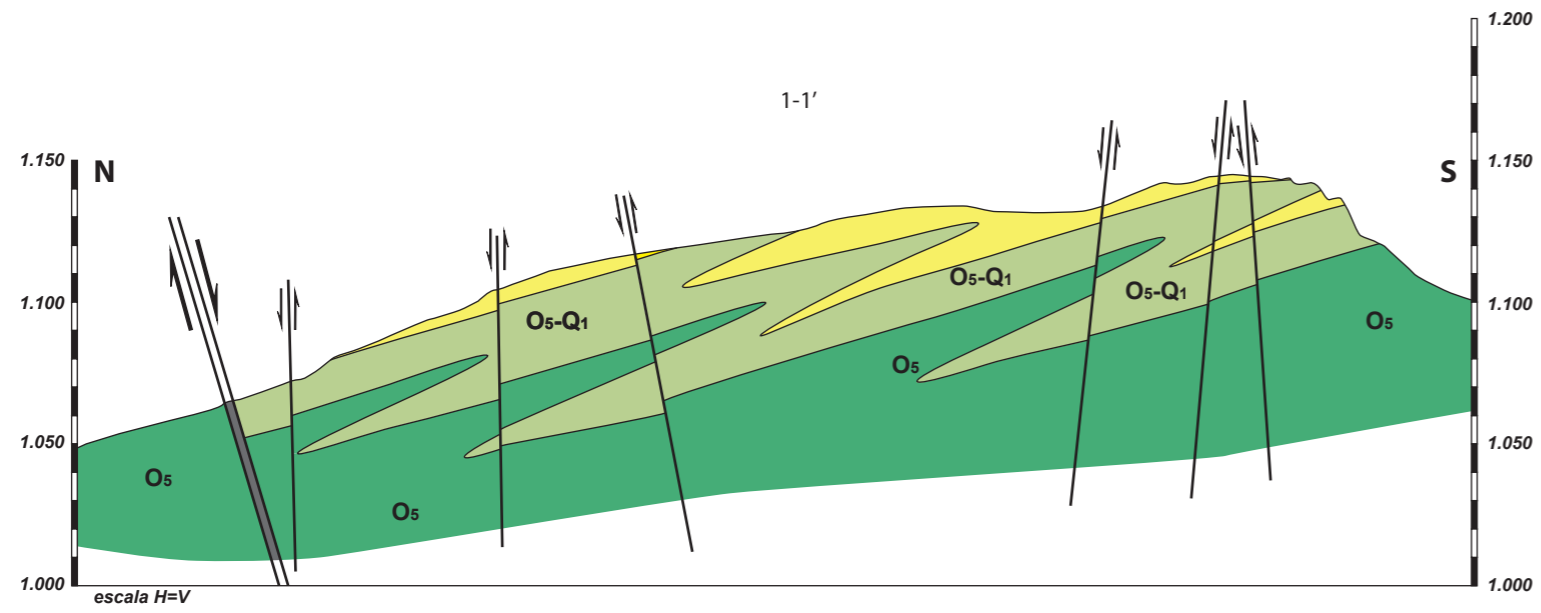
Formaciones base

-  Q2
-  Q1-Q2
-  Q1
-  O5-Q1
-  O5
-  fondo blanco



Escala 1:1500

Cortes geológicos de la C.E. "El Peñascal"



LEYENDA

Geología

- Falla normal
- Falla / Diastase
- Contacto discordante
- Contacto normal

Formaciones base

- Tr
- Sil
- Q2
- Q1-Q2
- Q1
- O5-Q1
- O5

ANEXO II. ESTACIONES GEOMECÁNICAS Y MODELIZACIÓN SMR



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION N°: E-1
 FECHA: 10/09/2014
 COORD. X: 506451 Y: 4556415

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J3			J1						J2		
-DIR. BUZAMIENTO	138	144	128	256	244	235	245	255	240	305	326	328
-BUZAMIENTO	36	50	45	76	65	81	70	66	68	57	66	49

ESPACIADO

>2000 mm												
600-2000 mm												
200-600 mm	X	X	X		X	X	X		X	X	X	
60-200 mm				X				X				
<60 mm												

CONTINUIDAD

>20 m												
10-20 m												
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1-3 m												
<1 m												

APERTURA

> 5 mm												
1-5 mm												
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)												
JRC (20)												

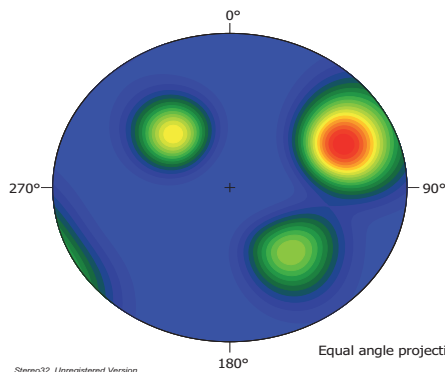
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO												
HUMEDO												
GOTEOS												
FLUIDO CONT.												

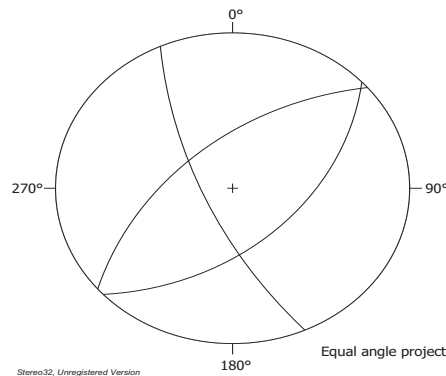
RELLENO

NATURALEZA												
ESPESOR mm												

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 11
 Maximum density = 3.75
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.52
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 20
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de
Oviedo

**FICHA DE ESTACIONES
GEOMECÁNICAS**

ESTACION Nº: **E-1**
 FECHA: 10/09/2014
 COORD.
 X: 506451 Y: 4556415

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACION	PUNTUACION
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	8
		RQD	90
RMR 3	SEPARACION ENTRE DIACLASAS	0,2-0,6 m	10
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	SUAVE
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		18
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	72

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	136,9	50,2
J2	245,9	71,0
J3	319,6	56,9

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ,	

SMR	70
------------	-----------

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-2
 FECHA: 10/09/2014
 COORD. X: 506459 Y: 4556425

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J3						J1								
-DIR. BUZAMIENTO	144	142	140	144	130	130	83	78	69	66	78	74	80	85	78
-BUZAMIENTO	50	46	42	50	52	46	72	63	59	76	78	78	84	78	60

ESPACIADO

>2000 mm															
600-2000 mm															
200-600 mm	X	X	X	X	X	X									
60-200 mm							X	X	X	X			X	X	X
<60 mm											X	X			

CONTINUIDAD

>20 m															
10-20 m															
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1-3 m															
<1 m															

APERTURA

> 5 mm															
1-5 mm															
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)															
JRC (20)															

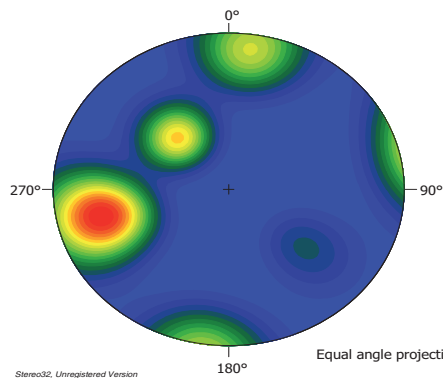
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO															
HUMEDO															
GOTEOS															
FLUIDO CONT.															

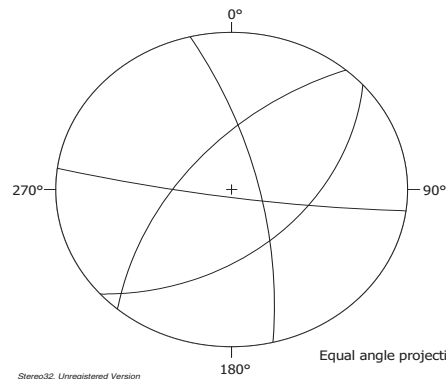
RELLENO

NATURALEZA															
ESPESOR mm															

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 23
 Maximum density = 7.56
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 1.10
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 20
 From minimum to maximum



N total = 4
 n=4 (planar)



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-2
 FECHA: 10/09/2014
 COORD. X: 506459 Y: 4556425

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J1	J2		J4				
-DIR. BUZAMIENTO	72	310	311	192	193	188	184	182
-BUZAMIENTO	76	68	52	88	85	80	86	82

ESPACIADO

>2000 mm								
600-2000 mm		X						
200-600 mm			X					
60-200 mm				X	X			X
<60 mm	X					X		

CONTINUIDAD

>20 m								
10-20 m								
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X
1-3 m								
<1 m								

APERTURA

> 5 mm								
1-5 mm								
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)								
JRC (20)								

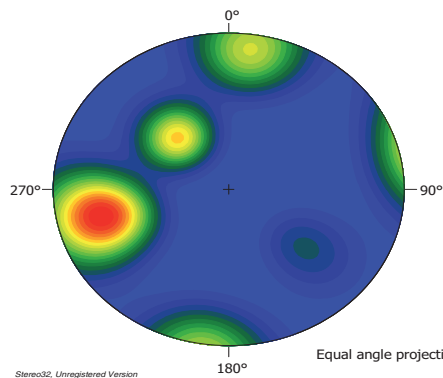
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO								
HUMEDO								
GOTEOS								
FLUIDO CONT.								

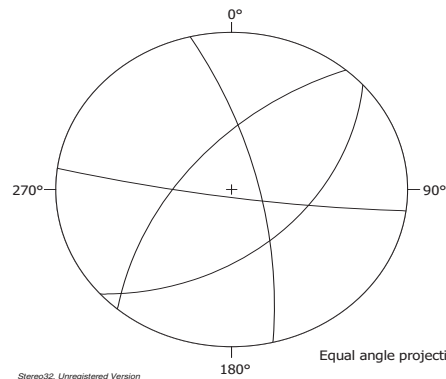
RELLENO

NATURALEZA								
ESPESOR mm								

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 23
 Maximum density = 7.56
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 1.10
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 20
 From minimum to maximum



N total = 4
 n=4 (planar)



Universidad de
Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-2**
 FECHA: 10/09/2014
 COORD.
 X: 506459 Y: 4556425

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	37
		RQD	0
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,06-0,2 m	8
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		19
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	57

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	138,3	47,5
J2	76,4	72,3
J3	310,5	60,0
J4	187,8	84,2

SMR	56
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-3**
 FECHA: **10/09/2014**
 COORD.
 X: 506462 Y: 4556428

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J2				J1					J3		
-DIR. BUZAMIENTO	293	320	296	300	242	230	225	242	240	151	150	150
-BUZAMIENTO	35	41	56	52	76	76	77	70	73	51	49	49

ESPACIADO

>2000 mm												
600-2000 mm												
200-600 mm					X	X				X	X	X
60-200 mm	X		X				X	X	X			
<60 mm		X		X								

CONTINUIDAD

>20 m												
10-20 m												
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1-3 m												
<1 m												

APERTURA

> 5 mm												
1-5 mm												
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)												
JRC (20)												

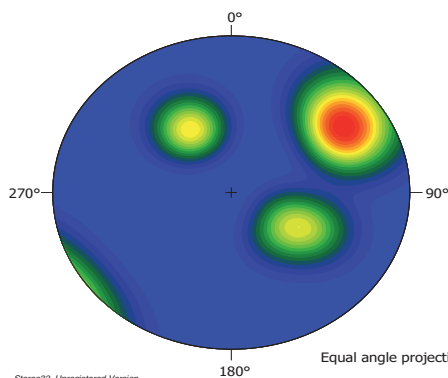
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO												
HUMEDO												
GOTEOS												
FLUIDO CONT.												

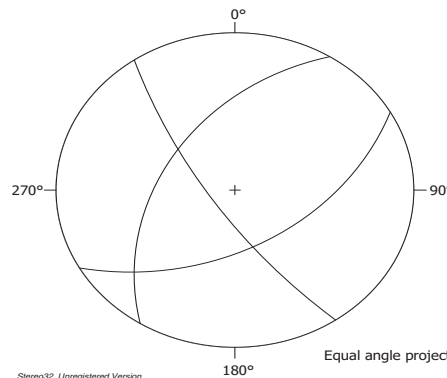
RELLENO

NATURALEZA												
ESPESOR mm												

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 12
 Maximum density = 4.28
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.57
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 20
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de
Oviedo

**FICHA DE ESTACIONES
GEOMECÁNICAS**

ESTACION Nº: **E-3**
FECHA: 10/09/2014
COORD.
X: 506462 Y: 4556428

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	23
		RQD	39
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,06-0,2 m	8
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		19
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	60

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	302,0	45,6
J2	235,8	74,3
J3	150,3	49,7

SMR	59
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-4**
 FECHA: **10/09/2014**
 COORD. X: **506472** Y: **4556446**

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J1			J2			J3		
-DIR. BUZAMIENTO	20	25	26	314	300	145	124	136	
-BUZAMIENTO	79	81	85	50	61	56	40	44	

ESPACIADO

>2000 mm								
600-2000 mm								
200-600 mm	X			X	X			
60-200 mm		X	X			X	X	X
<60 mm								

CONTINUIDAD

>20 m								
10-20 m								
3-10 m								
1-3 m	X	X	X	X	X	X	X	X
<1 m								

APERTURA

> 5 mm								
1-5 mm								
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)								
JRC (20)								

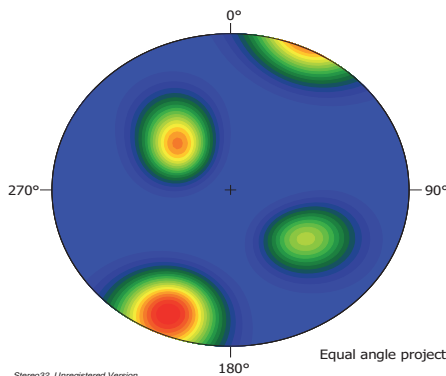
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO								
HUMEDO								
GOTEOS								
FLUIDO CONT.								

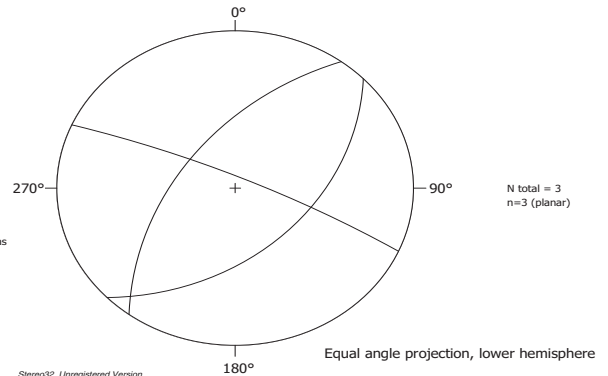
RELLENO

NATURALEZA								
ESPESOR mm								

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 8
 Maximum density = 2.88
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.38
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 20
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-4**
 FECHA: 10/09/2014
 COORD.
 X: 506472 Y: 4556446

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	19
		RQD	53
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,2-0,6 m	10
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	1-3
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		21
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	71

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	23,7	81,7
J2	306,5	55,3
J3	135,9	46,3

SMR	67
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-5**
 FECHA: **10/09/2014**
 COORD.
X: 506479 **Y:** 4556458

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J3				J1				J2	J4					
-DIR. BUZAMIENTO	142	154	155	166	58	64	61	71	85	83	311	115	105	103	116
-BUZAMIENTO	52	47	53	43	74	41	64	66	69	73	46	75	84	87	84

ESPACIADO

>2000 mm																
600-2000 mm																
200-600 mm	X	X		X	X	X	X				X	X				
60-200 mm			X										X	X		
<60 mm								X	X	X					X	

CONTINUIDAD

>20 m																
10-20 m																
3-10 m																
1-3 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<1 m																

APERTURA

> 5 mm																
1-5 mm																
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)																
JRC (20)																

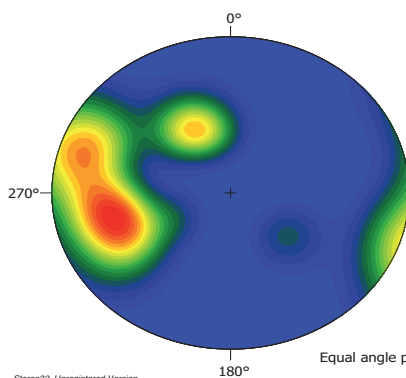
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO																
HUMEDO																
GOTEOS																
FLUIDO CONT.																

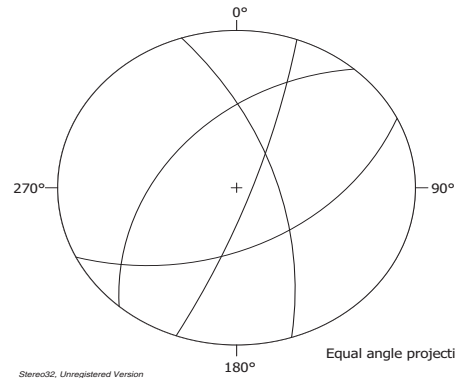
RELLENO

NATURALEZA																
ESPESOR mm																

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 16
 Maximum density = 4.55
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.76
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 20
 From minimum to maximum



N total = 4
 n=4 (planar)



Universidad de
Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-5**
FECHA: 10/09/2014
COORD.
X: 506479 Y: 4556458

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	33
		RQD	7
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,06-0,2 m	8
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	1-3
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		21
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	59

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	153,8	48,4
J2	72,1	64,6
J3	311,0	46,0
J4	109,7	80,4

SMR	48
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-6**
 FECHA: **10/09/2014**
 COORD.
 X: 506494 Y: 4556467

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J1					J2					J3				
-DIR. BUZAMIENTO	216	244	226	215	230	302	313	304	303	306	156	154	154	147	156
-BUZAMIENTO	67	73	80	66	80	47	57	51	52	55	43	45	43	30	43

ESPACIADO

>2000 mm															
600-2000 mm															
200-600 mm		X		X		X	X					X	X	X	X
60-200 mm	X		X		X			X	X	X	X				
<60 mm															

CONTINUIDAD

>20 m															
10-20 m															
3-10 m															
1-3 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<1 m															

APERTURA

> 5 mm															
1-5 mm															
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)															
JRC (20)															

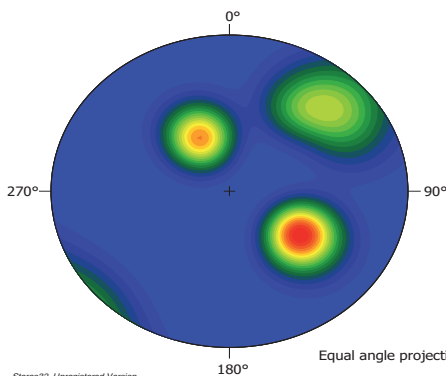
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO															
HUMEDO															
GOTEOS															
FLUIDO CONT.															

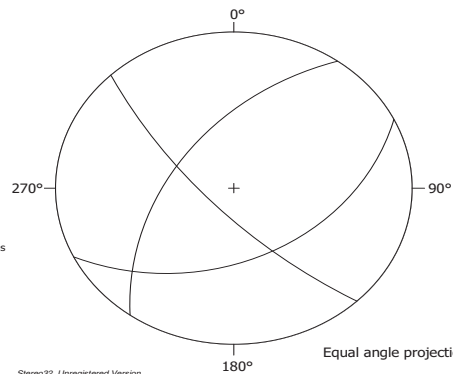
RELLENO

NATURALEZA															
ESPESOR mm															

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 16
 Maximum density = 5.67
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.76
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 20
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-6**
 FECHA: 10/09/2014
 COORD.
 X: 506494 Y: 4556467

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	9
		RQD	86
RMR 3	SEPARACION ENTRE DIACLASAS	0,2-0,6 m	10
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	1-3
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		19
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	73

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	226,4	72,9
J2	305,6	51,9
J3	153,8	40,8

SMR	69
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-7**
 FECHA: **10/09/2014**
 COORD.
X: 506507 **Y:** 4556477

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J1						J2				J3				
-DIR. BUZAMIENTO	240	220	230	220	225	223	335	321	323	324	120	115	116	119	110
-BUZAMIENTO	76	75	81	83	77	82	49	34	39	37	30	41	43	48	55

ESPACIADO

>2000 mm															
600-2000 mm								X							
200-600 mm							X		X	X			X	X	
60-200 mm	X	X			X	X					X	X			X
<60 mm			X	X											

CONTINUIDAD

>20 m															
10-20 m															
3-10 m															
1-3 m															
<1 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

APERTURA

> 5 mm															
1-5 mm															
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)															
JRC (20)															

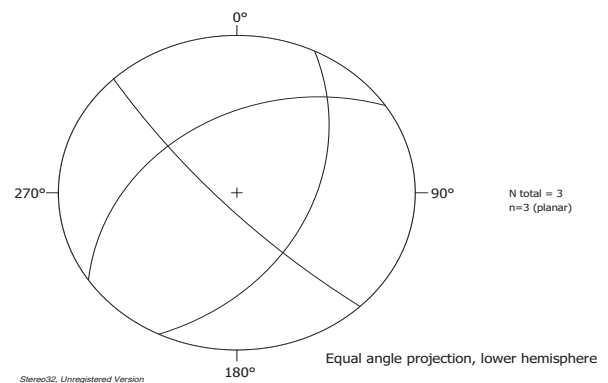
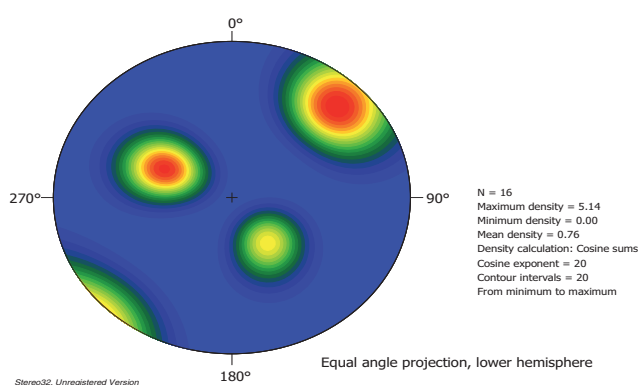
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO															
HUMEDO															
GOTEOS															
FLUIDO CONT.															

RELLENO

NATURALEZA															
ESPESOR mm															

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES





Universidad de
Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-7**
 FECHA: 10/09/2014
 COORD.
 X: 506507 Y: 4556477

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	20
		RQD	50
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,2-0,6 m	10
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	<1 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		23
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	66

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	226,3	78,9
J2	326,3	39,6
J3	115,9	44,6

SMR	65
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-8**
 FECHA: **10/09/2014**
 COORD.
X: 506494 **Y:** 4556492

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J3						J1				J2				
-DIR. BUZAMIENTO	124	133	142	131	147	149	244	235	239	237	310	312	319	320	319
-BUZAMIENTO	42	35	34	37	41	45	76	67	80	77	33	39	40	38	30

ESPACIADO

>2000 mm															
600-2000 mm															
200-600 mm	X						X	X	X	X	X				
60-200 mm		X	X	X	X	X						X	X	X	
<60 mm															X

CONTINUIDAD

>20 m															
10-20 m															
3-10 m															
1-3 m															
<1 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

APERTURA

> 5 mm															
1-5 mm															
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)															
JRC (20)															

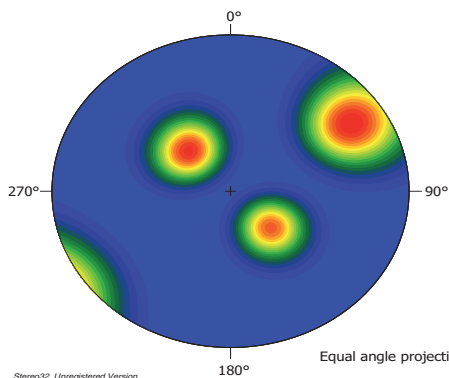
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO															
HUMEDO															
GOTEOS															
FLUIDO CONT.															

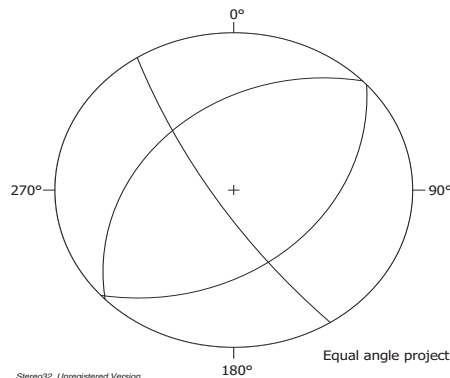
RELLENO

NATURALEZA															
ESPESOR mm															

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 17
 Maximum density = 5.34
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.81
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 20
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de
Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-8**
 FECHA: 10/09/2014
 COORD.
 X: 506494 Y: 4556492

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	22
		RQD	41
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,06-0,2 m	8
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	<1 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	SUAVE
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		22
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	63

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	137,9	38,6
J2	237,3	77,2
J3	316,0	35,9

SMR	62
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-9**
 FECHA: **10/09/2014**
 COORD.
 X: **506478** Y: **4556500**

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J3				J1					J2			
-DIR. BUZAMIENTO	153	151	150	114	65	76	100	92	94	346	344	346	326
-BUZAMIENTO	53	50	51	42	80	86	76	7	90	36	40	30	46

ESPACIADO

>2000 mm														
600-2000 mm														
200-600 mm			X							X		X		
60-200 mm		X		X	X	X	X	X	X		X		X	
<60 mm	X													

CONTINUIDAD

>20 m														
10-20 m														
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
1-3 m														
<1 m														

APERTURA

> 5 mm														
1-5 mm														
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

RUGOSIDAD

JRC (10)														
JRC (20)														

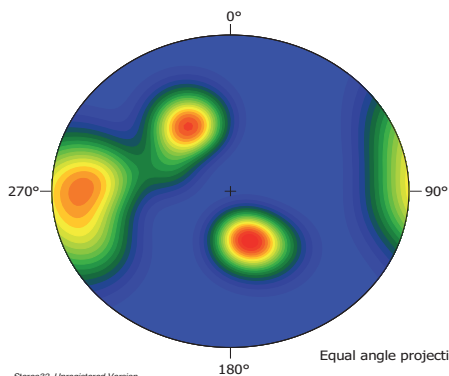
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
LIG. HUMEDO														
HUMEDO														
GOTEOS														
FLUIDO CONT.														

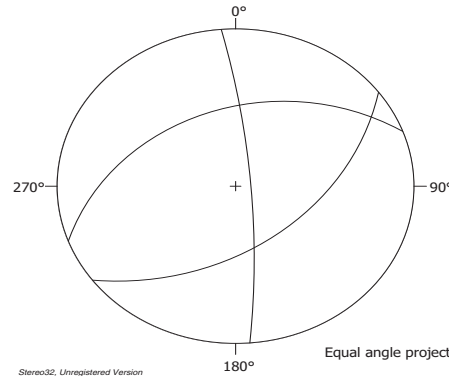
RELLENO

NATURALEZA														
ESPESOR mm														

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 13
 Maximum density = 3.35
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.62
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 20
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de
Oviedo

**FICHA DE ESTACIONES
GEOMECÁNICAS**

ESTACION Nº: **E-9**
FECHA: 10/09/2014
COORD.
X: 506478 Y: 4556500

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	29
		RQD	20
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,06-0,2 m	8
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	SUAVE
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		18
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	56

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	143,3	48,0
J2	85,4	80,2
J3	339,6	37,7

SMR	54
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-10**
 FECHA: **10/09/2014**
 COORD.
X: 506468 **Y:** 4556482

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J1						J4		J3						J2
-DIR. BUZAMIENTO	78	77	76	78	72	76	162	152	25	13	22	27	24	22	305
-BUZAMIENTO	62	66	72	72	56	61	55	52	68	70	56	74	82	66	56

ESPACIADO

>2000 mm															
600-2000 mm															
200-600 mm							X	X	X						
60-200 mm											X		X		X
<60 mm	X	X	X	X	X	X				X		X		X	

CONTINUIDAD

>20 m															
10-20 m															
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1-3 m															
<1 m															

APERTURA

> 5 mm															
1-5 mm															
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)															
JRC (20)															

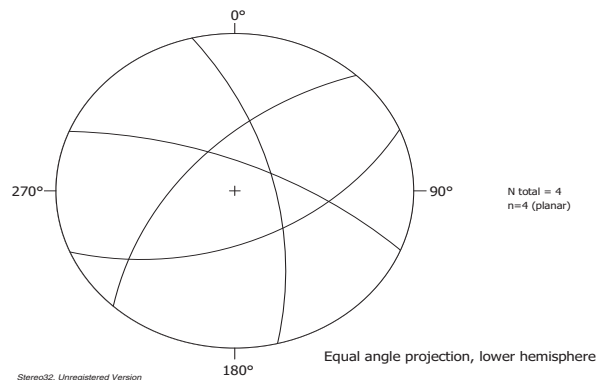
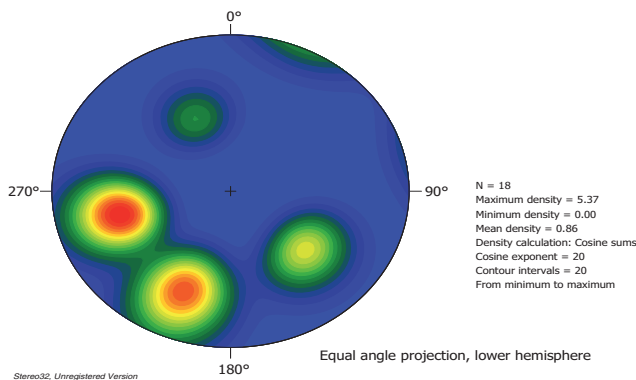
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO															
HUMEDO															
GOTEOS															
FLUIDO CONT.															

RELLENO

NATURALEZA															
ESPESOR mm															

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-10**
 FECHA: 10/09/2014
 COORD.
 X: 506468 Y: 4556482

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	49
		RQD	0
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,06-0,2 m	8
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		19
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	57

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	76,2	64,8
J2	157,1	53,4
J3	22,2	69,3
J4	312,8	58,7

SMR	53
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-11**
 FECHA: **10/09/2014**
 COORD.
X: 506443 **Y:** 4556453

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J3			J1						J2					
-DIR. BUZAMIENTO	336	332	330	70	65	66	65	60	55	8	12	16			
-BUZAMIENTO	26	26	14	90	90	90	90	90	90	90	90	78			

ESPACIADO

>2000 mm															
600-2000 mm															
200-600 mm	X	X	X	X						X	X	X			
60-200 mm					X		X	X	X						
<60 mm						X									

CONTINUIDAD

>20 m															
10-20 m															
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
1-3 m															
<1 m															

APERTURA

> 5 mm															
1-5 mm															
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			

RUGOSIDAD

JRC (10)															
JRC (20)															

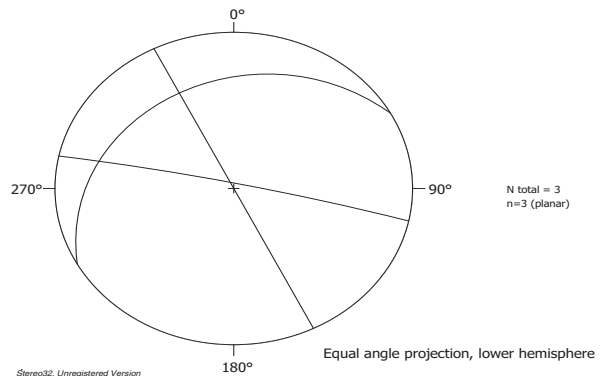
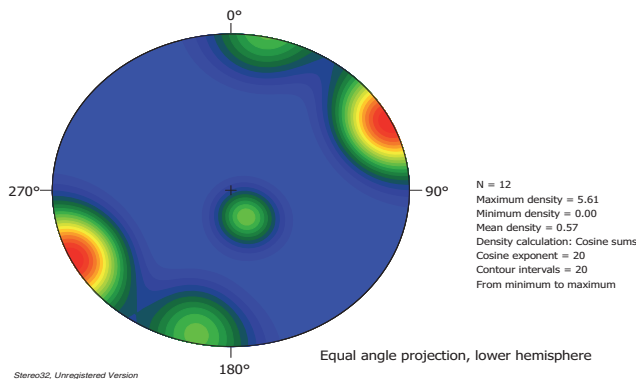
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
LIG. HUMEDO															
HUMEDO															
GOTEOS															
FLUIDO CONT.															

RELLENO

NATURALEZA															
ESPESOR mm															

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-11**
 FECHA: 10/09/2014
 COORD. X: 506443 Y: 4556453

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	15
		RQD	64
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,2-0,6 m	10
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		19
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	69

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	331,1	21,3
J2	63,5	90,0
J3	12,0	86,0

SMR	68
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-12**
 FECHA: **10/09/2014**
 COORD.
 X: **506490** Y: **4556527**

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J4			J1								J3	
-DIR. BUZAMIENTO	100	152	176	78	80	76	78	80	246	245	250	24	330
-BUZAMIENTO	40	45	58	76	80	82	85	88	84	70	87	38	26

ESPACIADO

>2000 mm														
600-2000 mm		X												
200-600 mm	X		X									X	X	
60-200 mm				X	X	X	X	X	X	X	X			
<60 mm														

CONTINUIDAD

>20 m														
10-20 m														
3-10 m														
1-3 m														
<1 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

APERTURA

> 5 mm														
1-5 mm														
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

RUGOSIDAD

JRC (10)														
JRC (20)														

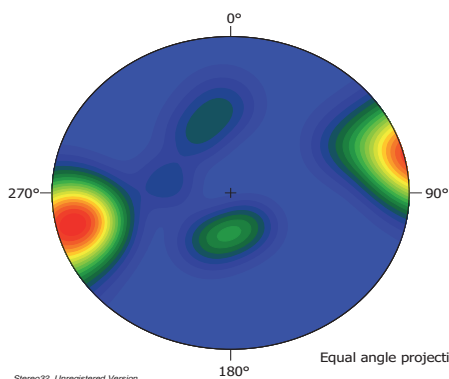
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
LIG. HUMEDO														
HUMEDO														
GOTEOS														
FLUIDO CONT.														

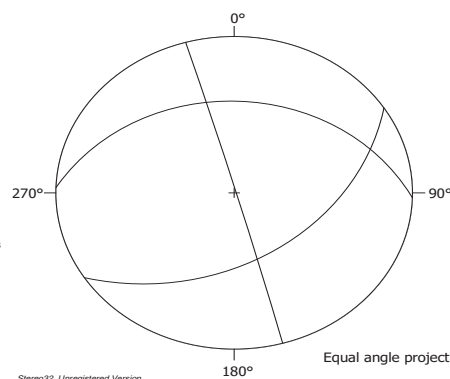
RELLENO

NATURALEZA														
ESPESOR mm														

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 13
 Maximum density = 5.40
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.52
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 20
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de
Oviedo

**FICHA DE ESTACIONES
GEOMECÁNICAS**

ESTACION Nº: **E-12**
FECHA: 10/09/2014
COORD.
X: 506490 Y: 4556527

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	14
		RQD	70
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,2-0,6 m	10
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	<1 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	SUAVE
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		22
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	72

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	147,1	43,3
J2	74,2	88,7
J3	1,9	29,2

SMR	71
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	X
R5=Muy resist.	
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-13**
 FECHA: **10/09/2014**
 COORD.
 X: 506511 Y: 4556551

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J4								J1				J3			
-DIR. BUZAMIENTO	42	40	41	40	42	44	48	90	80	90	82	0	348	10	350	
-BUZAMIENTO	76	76	75	76	75	75	76	75	88	85	80	12	12	16	18	

ESPACIADO

>2000 mm															
600-2000 mm															
200-600 mm															
60-200 mm															
<60 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

CONTINUIDAD

>20 m															
10-20 m															
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
1-3 m												X	X	X	X
<1 m															

APERTURA

> 5 mm															
1-5 mm															
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)															
JRC (20)															

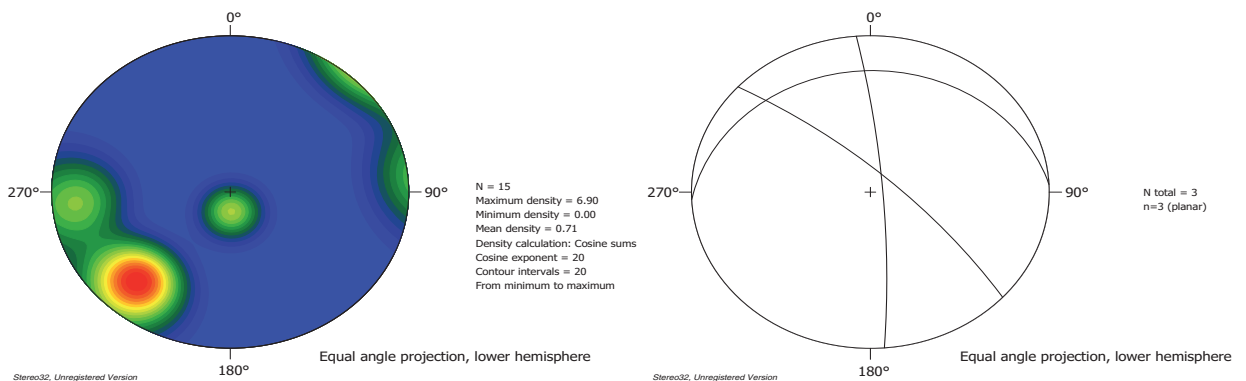
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO															
HUMEDO															
GOTEOS															
FLUIDO CONT.															

RELLENO

NATURALEZA															
ESPELOR mm															

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-13**
 FECHA: 10/09/2014
 COORD.
 X: 506511 Y: 4556551

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	120
		RQD	0
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	<0,06 m	5
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		19
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	54

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	42,3	75,6
J2	85,5	82,0
J3	357,2	14,3

SMR	52
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	X
R5=Muy resist.	
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-37**
 FECHA: **25/04/2015**
 COORD.
X: 506217 **Y:** 4556598

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J2								J3			J1	
-DIR. BUZAMIENTO	107	105	100	116	112	76	72	100	260	245	276	330	0
-BUZAMIENTO	40	42	55	63	64	50	37	25	54	53	45	68	64

ESPACIADO

>2000 mm													
600-2000 mm													
200-600 mm									X		X	X	X
60-200 mm					X	X				X			
<60 mm	X	X		X			X	X					

CONTINUIDAD

>20 m													
10-20 m													
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1-3 m													
<1 m													

APERTURA

> 5 mm													
1-5 mm													
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)													
JRC (20)													

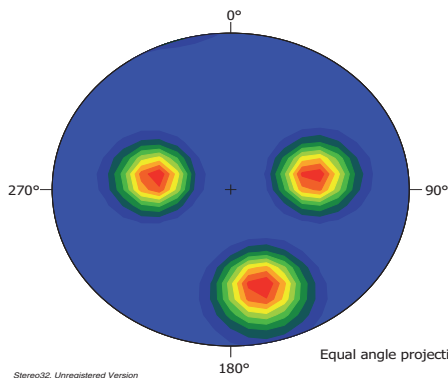
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO													
HUMEDO													
GOTEOS													
FLUIDO CONT.													

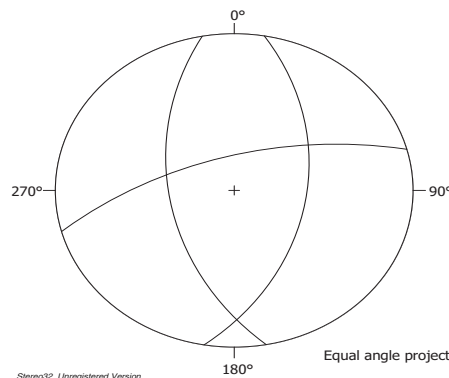
RELLENO

NATURALEZA													
ESPESOR mm													

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 3
 Maximum density = 0.97
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.14
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 10
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-37**
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506217 Y: 4556598

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	27
		RQD	36
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,06-0,2 m	8
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		19
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	60

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	99,7	46,0
J2	259,7	50,0
J3	344,8	65,3

SMR	59
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	X
R5=Muy resist.	
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-38
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506261 Y: 4556623

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J2							J3							J1	
-DIR. BUZAMIENTO	115	118	110	140	135	137	120	250	262	264	264	270	266	200	198	
-BUZAMIENTO	56	72	60	54	65	62	75	75	66	76	80	84	80	60	62	

ESPACIADO

>2000 mm															
600-2000 mm															
200-600 mm															
60-200 mm			X	X	X	X	X	X							
<60 mm	X	X							X	X	X	X		X	X

CONTINUIDAD

>20 m															
10-20 m															
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1-3 m															
<1 m															

APERTURA

> 5 mm															
1-5 mm															
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)															
JRC (20)															

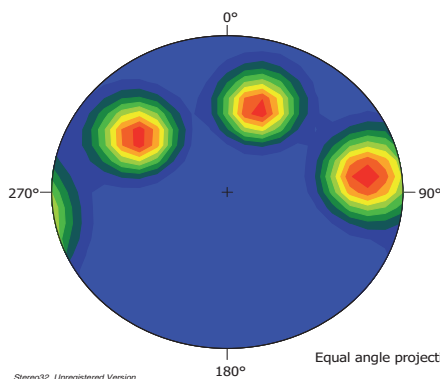
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO															
HUMEDO															
GOTEOS															
FLUIDO CONT.															

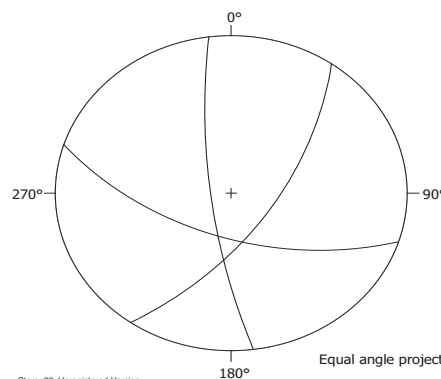
RELLENO

NATURALEZA															
ESPESOR mm															

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 3
 Maximum density = 1.00
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.14
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 10
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-38
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506261 Y: 4556623

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J1		
-DIR. BUZAMIENTO	196	198	198
-BUZAMIENTO	58	60	52

ESPACIADO

>2000 mm			
600-2000 mm			
200-600 mm			
60-200 mm			X
<60 mm	X	X	

CONTINUIDAD

>20 m			
10-20 m			
3-10 m	X	X	X
1-3 m			
<1 m			

APERTURA

> 5 mm			
1-5 mm			
< 1 mm	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)			
JRC (20)			

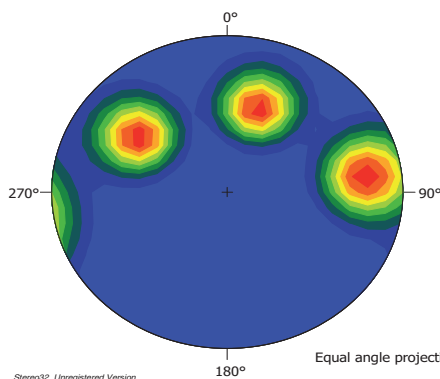
AGUA

SECO	X	X	X
LIG. HUMEDO			
HUMEDO			
GOTEOS			
FLUIDO CONT.			

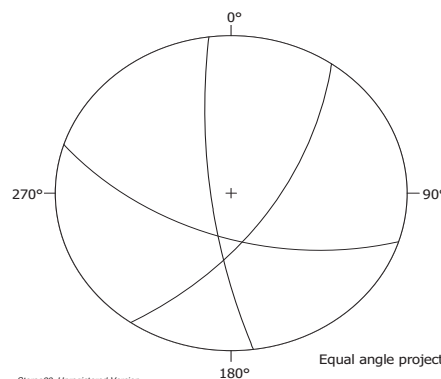
RELLENO

NATURALEZA			
ESPESOR mm			

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 3
 Maximum density = 1.00
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.14
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 10
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de
Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº:

E-38

FECHA:

25/04/2015

COORD.

X:

506261

Y:

4556623

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	130
		RQD	27
RMR 3	SEPARACION ENTRE DIACLASAS	<0,06 m	5
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		19
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	57

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	124,8	63,0
J2	262,7	76,8
J3	198,0	58,4

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

SMR	53
------------	-----------

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION N°: E-39
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506296 Y: 4556606

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J2					J1			J3		
-DIR. BUZAMIENTO	125	122	132	100	105	230	238	226	340	344	325
-BUZAMIENTO	70	88	78	66	72	85	76	88	40	36	38

ESPACIADO

>2000 mm													
600-2000 mm						X						X	
200-600 mm	X	X					X	X	X				
60-200 mm					X								
<60 mm			X	X						X			

CONTINUIDAD

>20 m													
10-20 m													
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1-3 m													
<1 m													

APERTURA

> 5 mm													
1-5 mm													
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)													
JRC (20)													

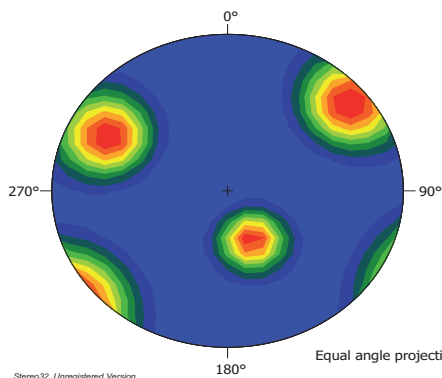
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO													
HUMEDO													
GOTEOS													
FLUIDO CONT.													

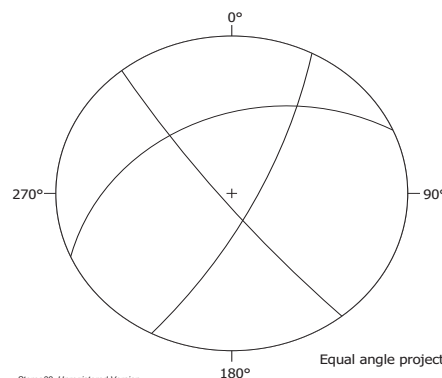
RELLENO

NATURALEZA													
ESPESOR mm													

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 3
 Maximum density = 0.97
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.14
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 10
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION N°: **E-39**
 FECHA: 25/04/2015
 COORD.
 X: 506296 Y: 4556606

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	15
		RQD	37
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,2-0,6 m	10
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	RUGOSA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		23
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	66

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	117,1	74,5
J2	231,3	83,0
J3	336,3	37,7

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

SMR	61
------------	-----------

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-40
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506351 Y: 4556608

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J3			J4					J1				J2		
-DIR. BUZAMIENTO	324	340	295	297	284	294	294	296	226	212	212	215	200	150	158
-BUZAMIENTO	37	44	88	90	80	85	88	90	78	74	75	75	76	58	64

ESPACIADO

>2000 mm															
600-2000 mm		X													
200-600 mm	X														
60-200 mm				X					X			X		X	
<60 mm			X		X	X	X	X		X	X				X

CONTINUIDAD

>20 m															
10-20 m															
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1-3 m															
<1 m															

APERTURA

> 5 mm															
1-5 mm															
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)															
JRC (20)															

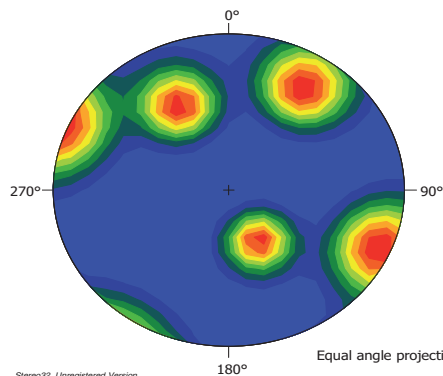
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO															
HUMEDO															
GOTEOS															
FLUIDO CONT.															

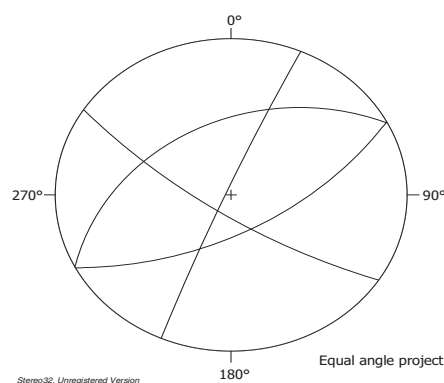
RELLENO

NATURALEZA															
ESPESOR mm															

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 4
 Maximum density = 0.99
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.19
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 10
 From minimum to maximum



N total = 4
 n=4 (planar)



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-40
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506351 Y: 4556608

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J2		
-DIR. BUZAMIENTO	154	158	142
-BUZAMIENTO	72	50	68

ESPACIADO

>2000 mm																				
600-2000 mm																				
200-600 mm																				
60-200 mm																				
<60 mm	X	X	X																	

CONTINUIDAD

>20 m																				
10-20 m																				
3-10 m	X	X	X																	
1-3 m																				
<1 m																				

APERTURA

> 5 mm																				
1-5 mm																				
< 1 mm	X	X	X																	

RUGOSIDAD

JRC (10)																				
JRC (20)																				

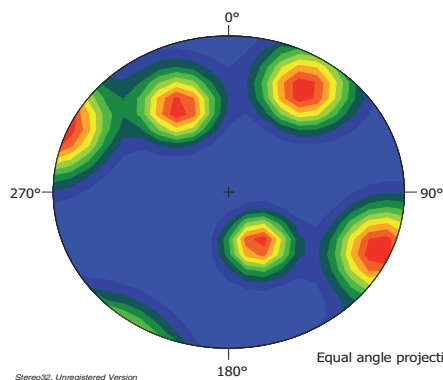
AGUA

SECO	X	X	X																	
LIG. HUMEDO																				
HUMEDO																				
GOTEOS																				
FLUIDO CONT.																				

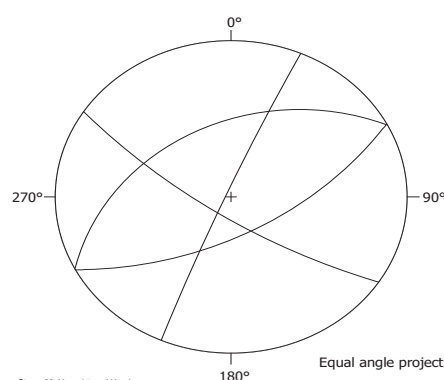
RELLENO

NATURALEZA																				
ESPESOR mm																				

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 4
 Maximum density = 0.99
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.19
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 10
 From minimum to maximum



N total = 4
 n=4 (planar)



Universidad de
Oviedo

**FICHA DE ESTACIONES
GEOMECÁNICAS**

ESTACION Nº: **E-40**
FECHA: 25/04/2015
COORD.
X: 506351 Y: 4556608

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	58
		RQD	36
RMR 3	SEPARACION ENTRE DIACLASAS	0,06-0,2 m	8
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		19
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	60

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	332,6	40,2
J2	293,4	86,5
J3	213,0	75,5
J4	152,2	62,3

SMR	54
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-41
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506394 Y: 4556611

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J2					J1					J3			
-DIR. BUZAMIENTO	132	125	140	137	122	158	160	164	162	156	228	224	236	220
-BUZAMIENTO	72	42	48	46	45	70	70	70	70	70	64	75	70	60

ESPACIADO

>2000 mm														
600-2000 mm														
200-600 mm														
60-200 mm	X	X												X
<60 mm			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

CONTINUIDAD

>20 m														
10-20 m														
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1-3 m														
<1 m														

APERTURA

> 5 mm														
1-5 mm														
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)														
JRC (20)														

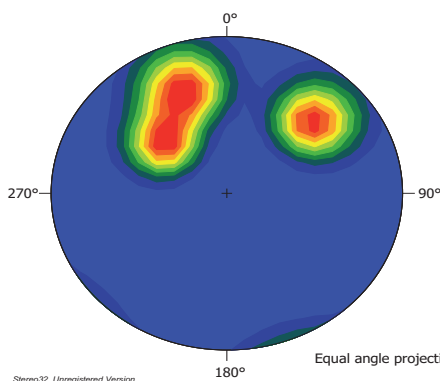
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO														
HUMEDO														
GOTEOS														
FLUIDO CONT.														

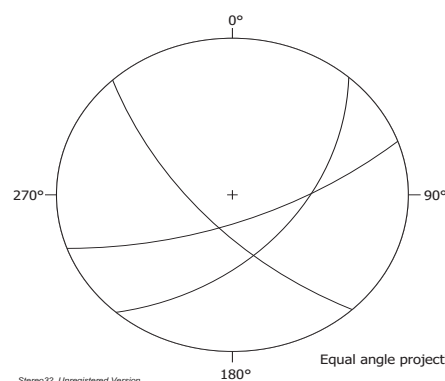
RELLENO

NATURALEZA														
ESPESOR mm														

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 3
 Maximum density = 1.01
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.14
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 10
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-41**
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506394 Y: 4556611

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	89
		RQD	34
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	<0,06 m	5
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		19
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	57

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	131,4	50,3
J2	160,0	70,0
J3	227,1	67,1

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

SMR	55
------------	-----------

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-42
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506440 Y: 4556621

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J2					J1			J3
-DIR. BUZAMIENTO	106	108	110	112	115	20	5	30	328
-BUZAMIENTO	52	54	60	70	66	85	80	82	42

ESPACIADO

>2000 mm																			
600-2000 mm																			
200-600 mm									X										
60-200 mm								X											
<60 mm	X	X	X	X	X	X	X			X									

CONTINUIDAD

>20 m																			
10-20 m																			
3-10 m																			
1-3 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
<1 m																			

APERTURA

> 5 mm																			
1-5 mm																			
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									

RUGOSIDAD

JRC (10)																			
JRC (20)																			

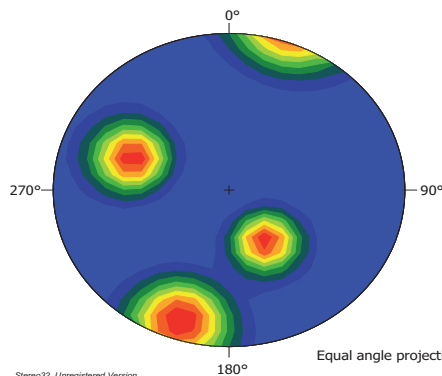
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
LIG. HUMEDO																			
HUMEDO																			
GOTEOS																			
FLUIDO CONT.																			

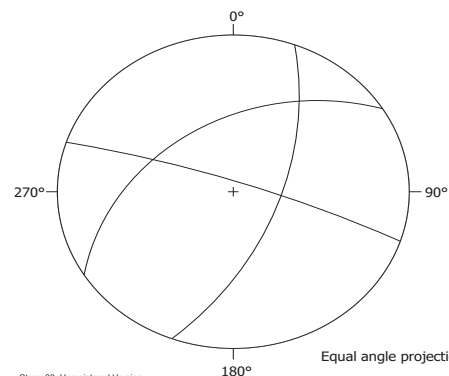
RELLENO

NATURALEZA																			
ESPESOR mm																			

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 3
 Maximum density = 0.98
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.14
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 10
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION N°: **E-42**
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506440 Y: 4556621

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	548
		RQD	32
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	<0,06 m	5
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	1-3 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		21
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	59

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	110,4	60,6
J2	18,4	82,2
J3	328,0	42,0

SMR	53
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-43
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506479 Y: 4556668

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J2				J1					J3		
-DIR. BUZAMIENTO	130	145	132	144	75	76	78	70	68	280	270	264
-BUZAMIENTO	48	60	46	35	80	78	88	80	78	25	32	10

ESPACIADO

>2000 mm												
600-2000 mm												
200-600 mm	X		X									
60-200 mm		X		X						X	X	X
<60 mm					X	X	X	X	X			

CONTINUIDAD

>20 m												
10-20 m												
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
1-3 m												
<1 m										X	X	X

APERTURA

> 5 mm												
1-5 mm												
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)												
JRC (20)												

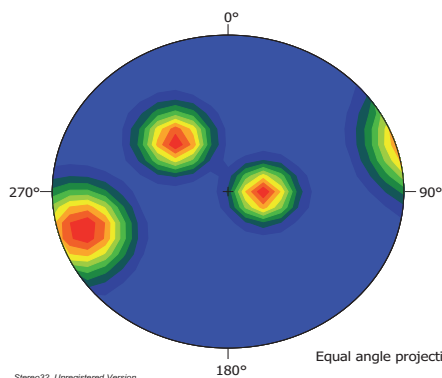
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO												
HUMEDO												
GOTEOS												
FLUIDO CONT.												

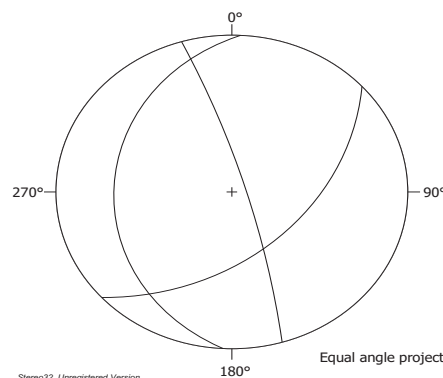
RELLENO

NATURALEZA												
ESPESOR mm												

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 3
 Maximum density = 1.00
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.14
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 10
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-43**
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506479 Y: 4556668

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	55
		RQD	24
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,06-0,2 m	8
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	LIGERAMENTE RUGOSA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		21
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	59

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	137,7	47,0
J2	73,4	80,8
J3	272,8	22,2

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

SMR	58
------------	-----------

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-44
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506490 Y: 4556621

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J4					J2				J3			J1		
-DIR. BUZAMIENTO	26	14	34	29	27	120	115	111	125	322	312	316	250	252	248
-BUZAMIENTO	86	90	84	82	81	66	70	78	54	30	40	40	74	72	70

ESPACIADO

>2000 mm															
600-2000 mm											X				
200-600 mm				X						X					
60-200 mm	X	X	X		X	X		X	X					X	
<60 mm							X					X	X		X

CONTINUIDAD

>20 m															
10-20 m															
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1-3 m															
<1 m															

APERTURA

> 5 mm															
1-5 mm															
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)															
JRC (20)															

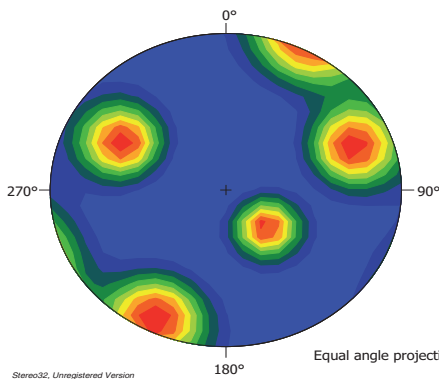
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO															
HUMEDO															
GOTEOS															
FLUIDO CONT.															

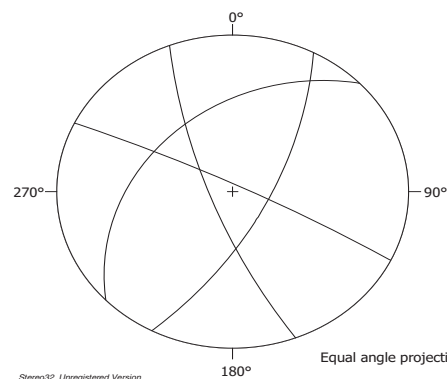
RELLENO

NATURALEZA															
ESPEJOR mm															

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 4
 Maximum density = 1.00
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.19
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 10
 From minimum to maximum



N total = 4
 n=4 (planar)



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-44
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506490 Y: 4556621

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J1		
-DIR. BUZAMIENTO	248	246	250
-BUZAMIENTO	78	80	78

ESPACIADO

>2000 mm																				
600-2000 mm																				
200-600 mm																				
60-200 mm																				
<60 mm	X	X	X																	

CONTINUIDAD

>20 m																				
10-20 m																				
3-10 m	X	X	X																	
1-3 m																				
<1 m																				

APERTURA

> 5 mm																				
1-5 mm																				
< 1 mm	X	X	X																	

RUGOSIDAD

JRC (10)																				
JRC (20)																				

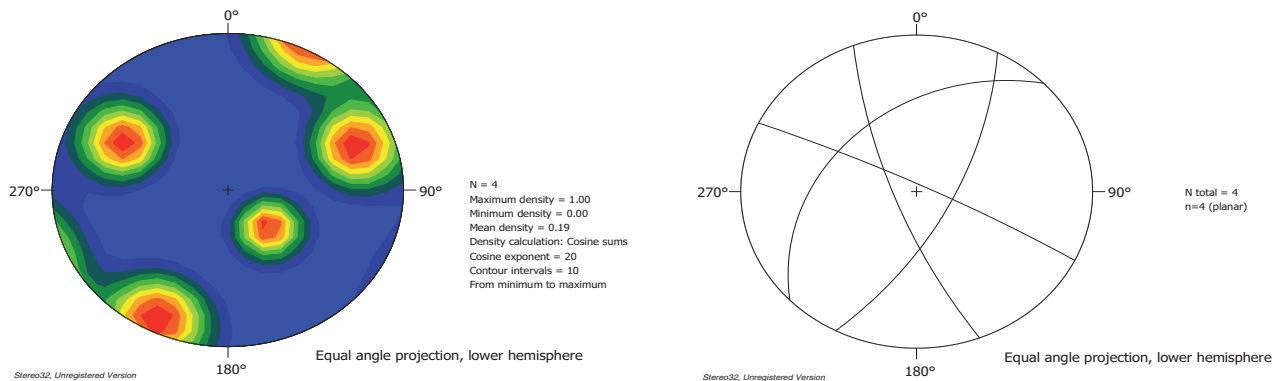
AGUA

SECO	X	X	X																	
LIG. HUMEDO																				
HUMEDO																				
GOTEOS																				
FLUIDO CONT.																				

RELLENO

NATURALEZA																				
ESPESOR mm																				

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-44**
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506490 Y: 4556621

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	51
		RQD	36
RMR 3	SEPARACION ENTRE DIACLASAS	0,06-0,2 m	8
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		19
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	60

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	26,0	84,6
J2	117,4	66,9
J3	316,2	36,6
J4	249,0	75,3

SMR	59
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-45
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506461 Y: 4556601

LITOLOGÍA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J1								J2					J3	J4
-DIR. BUZAMIENTO	210	214	208	210	206	208	205	206	95	105	118	120	118	336	54
-BUZAMIENTO	75	78	77	82	82	80	78	80	78	76	82	80	85	44	72

ESPACIADO

>2000 mm															
600-2000 mm															
200-600 mm														X	
60-200 mm	X									X		X	X		
<60 mm		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X

CONTINUIDAD

>20 m															
10-20 m															
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
1-3 m															
<1 m															X

APERTURA

> 5 mm															
1-5 mm															
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)															
JRC (20)															

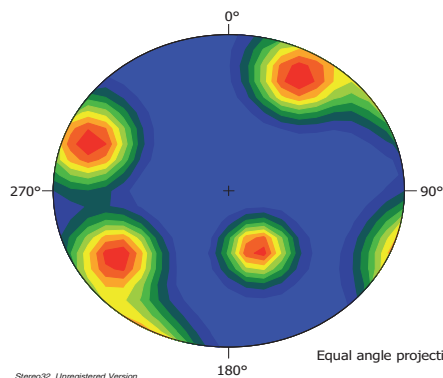
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO															
HUMEDO															
GOTEOS															
FLUIDO CONT.															

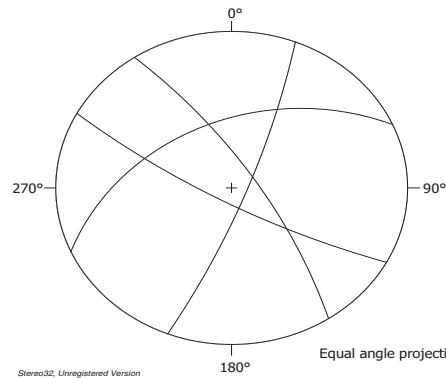
RELLENO

NATURALEZA															
ESPESOR mm															

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 4
 Maximum density = 1.00
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.19
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 10
 From minimum to maximum



N total = 4
 n=4 (planar)



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-45
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506461 Y: 4556601

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J4		
-DIR. BUZAMIENTO	55	57	60
-BUZAMIENTO	74	75	76

ESPACIADO

>2000 mm																				
600-2000 mm																				
200-600 mm																				
60-200 mm																				
<60 mm	X	X	X																	

CONTINUIDAD

>20 m																				
10-20 m																				
3-10 m	X	X	X																	
1-3 m																				
<1 m																				

APERTURA

> 5 mm																				
1-5 mm																				
< 1 mm	X	X	X																	

RUGOSIDAD

JRC (10)																				
JRC (20)																				

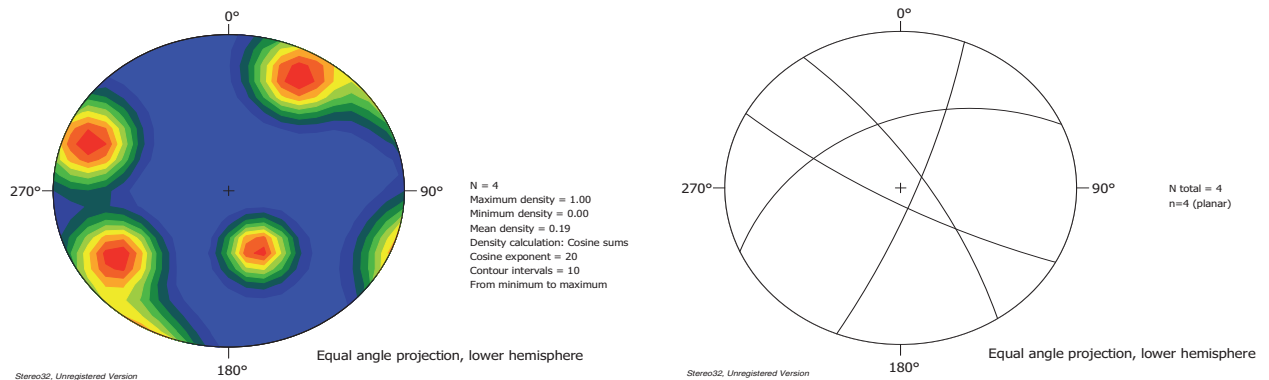
AGUA

SECO	X	X	X																	
LIG. HUMEDO																				
HUMEDO																				
GOTEOS																				
FLUIDO CONT.																				

RELLENO

NATURALEZA																				
ESPESOR mm																				

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES





Universidad de
Oviedo

**FICHA DE ESTACIONES
GEOMECÁNICAS**

ESTACION Nº: **E-45**
FECHA: **25/04/2015**
COORD.
X: 506461 Y: 4556601

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	104
		RQD	37
RMR 3	SEPARACION ENTRE DIACLASAS	<0,06 m	5
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		19
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	57

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	208,4	79,0
J2	111,3	80,1
J3	336,0	44,0
J4	56,5	74,2

SMR	56
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-46
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506443 Y: 4556563

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J4				J1					J2				J3	
-DIR. BUZAMIENTO	0	3	6	2	42	43	40	36	32	85	110	112	112	315	340
-BUZAMIENTO	82	90	90	80	75	77	80	80	78	60	64	68	70	20	25

ESPACIADO

>2000 mm															
600-2000 mm															
200-600 mm	X	X	X	X	X							X		X	X
60-200 mm													X		
<60 mm						X	X	X	X	X	X				

CONTINUIDAD

>20 m															
10-20 m															
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1-3 m															
<1 m															

APERTURA

> 5 mm															
1-5 mm															
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)															
JRC (20)															

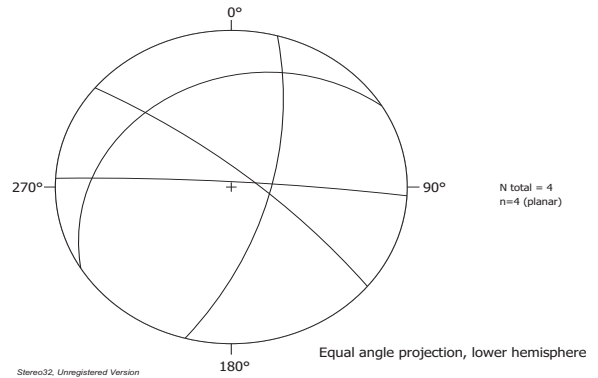
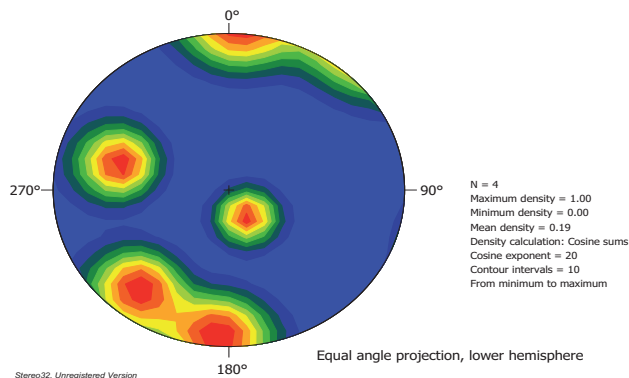
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO															
HUMEDO															
GOTEOS															
FLUIDO CONT.															

RELLENO

NATURALEZA															
ESPESOR mm															

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-46**
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506443 Y: 4556563

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	51
		RQD	31
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,2-0,6 m	10
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	SUAVE
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		18
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	61

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	3,2	86,0
J2	39,3	77,6
J3	105,2	65,1
J4	328,8	22,0

SMR	55
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-47
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506430 Y: 4556518

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J2					J1				J3					
-DIR. BUZAMIENTO	290	286	288	290	292	240	242	230	232	310	320				
-BUZAMIENTO	82	80	84	82	86	90	88	88	85	24	32				

ESPACIADO

>2000 mm																
600-2000 mm																
200-600 mm										X	X					
60-200 mm						X		X								
<60 mm	X	X	X	X	X		X		X							

CONTINUIDAD

>20 m																
10-20 m																
3-10 m																
1-3 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
<1 m																

APERTURA

> 5 mm																
1-5 mm																
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					

RUGOSIDAD

JRC (10)																
JRC (20)																

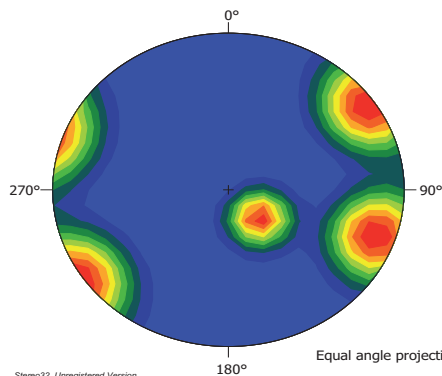
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
LIG. HUMEDO																
HUMEDO																
GOTEOS																
FLUIDO CONT.																

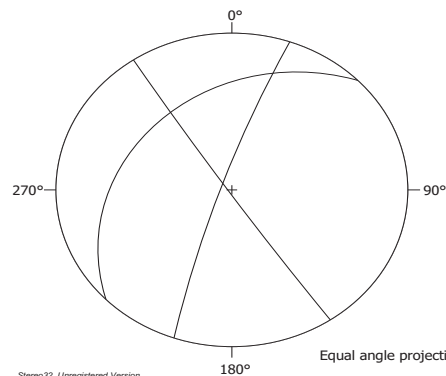
RELLENO

NATURALEZA																
ESPESOR mm																

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 3
 Maximum density = 0.99
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.14
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 10
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-47**
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506430 Y: 4556518

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	72
		RQD	29
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,06-0,2 m	8
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	1-3 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	SUAVE
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		20
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	61

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	289,2	82,8
J2	236,0	87,7
J3	315,7	27,9

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

SMR	60
------------	-----------

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION N°: E-48
 FECHA: 25/04/2015
 COORD.
 X: 506410 Y: 4556469

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J2					J1					J3	
-DIR. BUZAMIENTO	330	320	326	328	328	80	72	72	76	72	330	326
-BUZAMIENTO	84	88	86	80	70	72	76	76	70	74	32	33

ESPACIADO

>2000 mm												
600-2000 mm												X
200-600 mm											X	
60-200 mm	X	X	X			X			X	X		
<60 mm				X	X		X	X				

CONTINUIDAD

>20 m												
10-20 m												
3-10 m												
1-3 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<1 m												

APERTURA

> 5 mm												
1-5 mm												
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)												
JRC (20)												

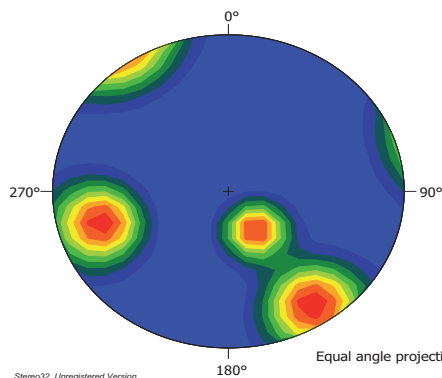
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO												
HUMEDO												
GOTEOS												
FLUIDO CONT.												

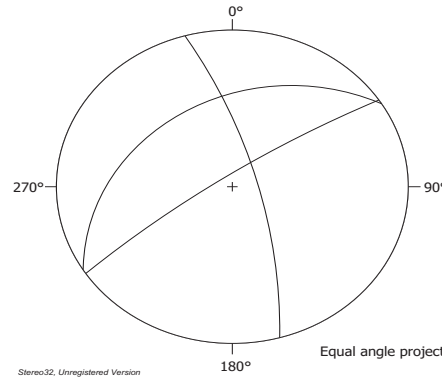
RELLENO

NATURALEZA												
ESPESOR mm												

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 3
 Maximum density = 0.99
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.14
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 10
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION N°: **E-48**
 FECHA: 25/04/2015
 COORD.
 X: 506410 Y: 4556469

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	37
		RQD	36
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,06-0,2 m	8
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	1-3 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	SUAVE
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		20
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	61

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	326,4	51,6
J2	74,4	73,6
J3	328,0	32,4

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

SMR	60
------------	-----------

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION N°: E-49
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506452 Y: 4556267

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J2					J3		J1		
-DIR. BUZAMIENTO	100	110	110	95	104	345	325	210	190	189
-BUZAMIENTO	74	72	56	79	45	39	45	68	60	52

ESPACIADO

>2000 mm																				
600-2000 mm									X	X										
200-600 mm							X	X	X											
60-200 mm	X		X	X	X															
<60 mm		X																		

CONTINUIDAD

>20 m																				
10-20 m																				
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
1-3 m																				
<1 m																				

APERTURA

> 5 mm																				
1-5 mm																				
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										

RUGOSIDAD

JRC (10)																				
JRC (20)																				

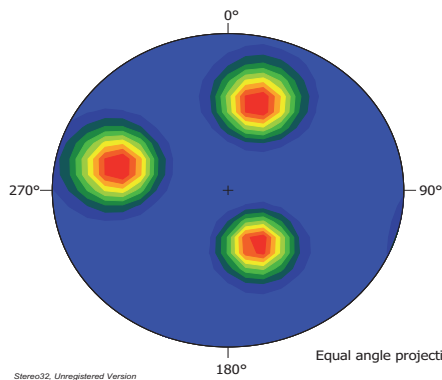
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
LIG. HUMEDO																				
HUMEDO																				
GOTEOS																				
FLUIDO CONT.																				

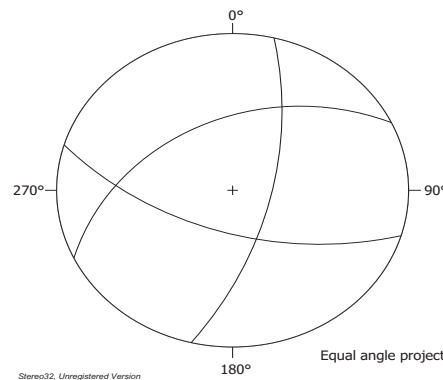
RELLENO

NATURALEZA																				
ESPEJOR mm																				

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 3
 Maximum density = 0.94
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.14
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 10
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-49**
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506452 Y: 4556267

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	23
		RQD	41
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,2-0,6 m	10
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	SUAVE
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		18
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	61

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	103,6	51,1
J2	334,4	41,6
J3	196,9	59,6

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

SMR	56
------------	-----------

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION N°: E-50
 FECHA: 25/04/2015
 COORD.
 X: 506429 Y: 4556336

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J4				J2					J1			J3		
-DIR. BUZAMIENTO	88	92	85	87	162	158	156	156	166	192	210	205	318	320	306
-BUZAMIENTO	88	88	88	88	62	57	62	74	66	80	66	80	37	32	34

ESPACIADO

>2000 mm															
600-2000 mm															
200-600 mm											X		X		
60-200 mm							X			X	X		X		X
<60 mm	X	X	X	X	X	X		X	X						

CONTINUIDAD

>20 m															
10-20 m															
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1-3 m															
<1 m															

APERTURA

> 5 mm															
1-5 mm															
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)															
JRC (20)															

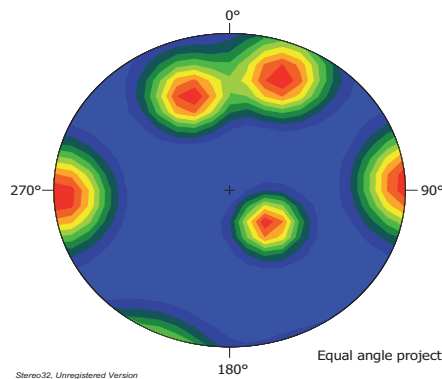
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO															
HUMEDO															
GOTEOS															
FLUIDO CONT.															

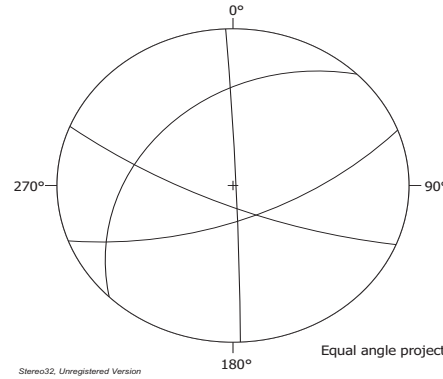
RELLENO

NATURALEZA															
ESPESOR mm															

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 4
 Maximum density = 1.00
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.19
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 10
 From minimum to maximum



N total = 4
 n=4 (planar)



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-50**
 FECHA: 25/04/2015
 COORD.
 X: 506429 Y: 4556336

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	78
		RQD	30
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,06-0,2 m	8
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		19
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	60

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	87,6	88,0
J2	159,3	64,8
J3	202,2	75,2
J4	314,7	34,2

SMR	58
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-51
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506388 Y: 4556318

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J3			J1				J4				J2			
-DIR. BUZAMIENTO	330	334	326	90	72	108	112	100	105	90	87	80	178	166	190
-BUZAMIENTO	34	36	40	76	72	90	86	55	45	66	68	70	64	70	68

ESPACIADO

>2000 mm															
600-2000 mm		X													
200-600 mm	X						X								
60-200 mm			X	X	X	X							X		X
<60 mm								X	X	X	X	X		X	

CONTINUIDAD

>20 m															
10-20 m															
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1-3 m															
<1 m															

APERTURA

> 5 mm															
1-5 mm															
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)															
JRC (20)															

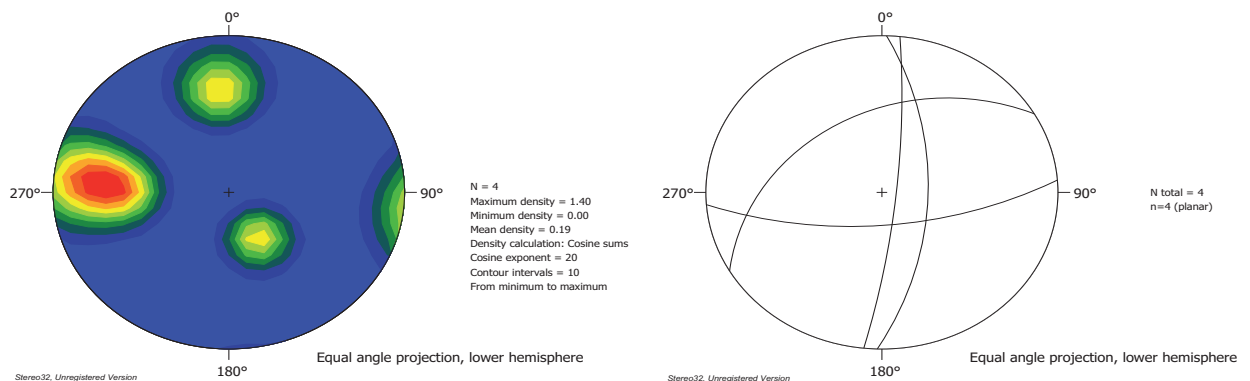
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO															
HUMEDO															
GOTEOS															
FLUIDO CONT.															

RELLENO

NATURALEZA															
ESPESOR mm															

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-51**
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506388 Y: 4556318

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	54
		RQD	38
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,06-0,2 m	8
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	RUGOSA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		23
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	64

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	329,9	36,6
J2	95,9	80,7
J3	91,5	60,5
J4	175,5	66,2

SMR	60
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-52
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506346 Y: 4556289

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J3			J2						J1					
-DIR. BUZAMIENTO	350	350	346	96	90	92	108	106	100	226	208	218	210	208	216
-BUZAMIENTO	26	20	30	75	70	70	71	77	80	75	80	85	88	88	86

ESPACIADO

>2000 mm															
600-2000 mm			X												
200-600 mm	X	X													
60-200 mm										X		X			
<60 mm				X	X	X	X	X	X		X		X	X	X

CONTINUIDAD

>20 m															
10-20 m															
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1-3 m															
<1 m															

APERTURA

> 5 mm															
1-5 mm															
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)															
JRC (20)															

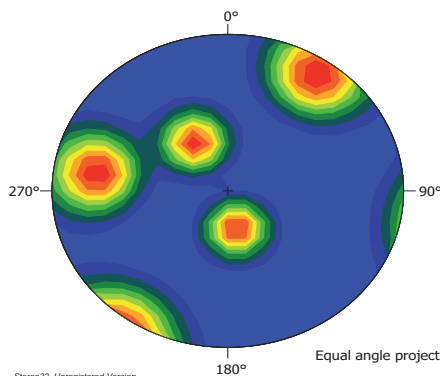
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO															
HUMEDO															
GOTEOS															
FLUIDO CONT.															

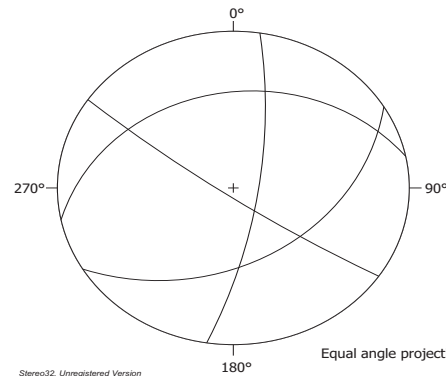
RELLENO

NATURALEZA															
ESPESOR mm															

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 4
 Maximum density = 0.99
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.19
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 10
 From minimum to maximum



N total = 4
 n=4 (planar)



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-52**
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506346 Y: 4556289

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	120
		RQD	24
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,06-0,2 m	8
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	SUAVE
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		18
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	56

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	348,3	27,3
J2	98,7	73,7
J3	214,3	83,6
J4	148,8	39,5

SMR	55
------------	-----------

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-53
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506333 Y: 4556380

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J2							J3				J1		
-DIR. BUZAMIENTO	278	276	92	92	95	90	88	340	338	335	350	180	196	182
-BUZAMIENTO	84	85	78	80	78	75	70	35	55	50	52	64	60	62

ESPACIADO

>2000 mm														
600-2000 mm														
200-600 mm														
60-200 mm												X	X	X
<60 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

CONTINUIDAD

>20 m														
10-20 m														
3-10 m														
1-3 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<1 m														

APERTURA

> 5 mm														
1-5 mm														
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)														
JRC (20)														

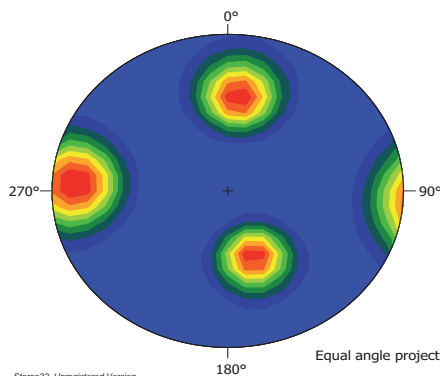
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO														
HUMEDO														
GOTEOS														
FLUIDO CONT.														

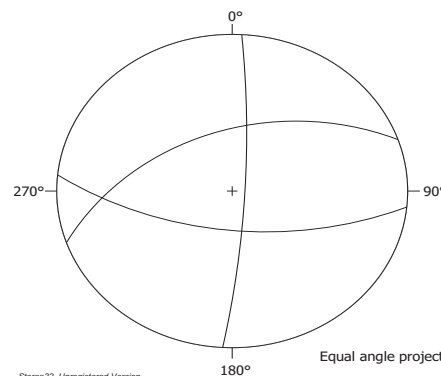
RELLENO

NATURALEZA														
ESPESOR mm														

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 3
 Maximum density = 0.97
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.14
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 10
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de
Oviedo

**FICHA DE ESTACIONES
GEOMECÁNICAS**

ESTACION N°: **E-53**
FECHA: **25/04/2015**
COORD.
X: **506333** Y: **4556380**

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	75
		RQD	29
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	<0,06 m	5
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	1-3 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		21
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	59

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	93,1	81,7
J2	340,8	47,9
J3	185,9	61,8

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	X
R5=Muy resist.	
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

SMR	55
------------	-----------

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-54
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506322 Y: 4556427

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J1				J2				J3	
-DIR. BUZAMIENTO	165	154	160	140	270	255	268	257	330	326
-BUZAMIENTO	30	46	30	34	80	85	79	81	45	50

ESPACIADO

>2000 mm																				
600-2000 mm																				
200-600 mm	X	X					X		X	X										
60-200 mm			X		X															
<60 mm				X		X		X		X										

CONTINUIDAD

>20 m																				
10-20 m																				
3-10 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
1-3 m																				
<1 m																				

APERTURA

> 5 mm																				
1-5 mm																				
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)																				
JRC (20)																				

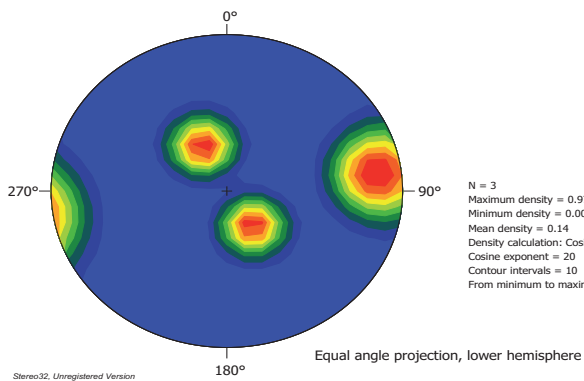
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X									
LIG. HUMEDO																				
HUMEDO																				
GOTEOS																				
FLUIDO CONT.																				

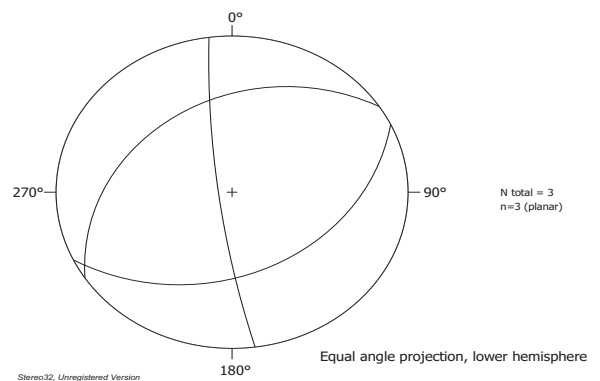
RELLENO

NATURALEZA																				
ESPESOR mm																				

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES



N = 3
 Maximum density = 0.97
 Minimum density = 0.00
 Mean density = 0.14
 Density calculation: Cosine sums
 Cosine exponent = 20
 Contour intervals = 10
 From minimum to maximum



N total = 3
 n=3 (planar)



Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION N°: **E-54**
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506322 Y: 4556427

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	28
		RQD	43
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,06-0,2 m	8
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	3-10 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	SUAVE
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		18
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	59

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	154,3	34,7
J2	262,5	81,2
J3	326,7	29,5

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

SMR	57
------------	-----------

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: E-55
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506274 Y: 4556484

LITOLOGIA : CUARCITA GRANO FINO
 FORMACIÓN : FORMACIÓN ALTO REY
 EDAD : ORDOVÍCICO INFERIOR

MEDIDAS

-TIPO DE PLANO	J1						J2			J3		
-DIR. BUZAMIENTO	266	271	282	267	284	286	168	170	172	350	352	339
-BUZAMIENTO	78	80	73	72	83	75	86	70	63	9	21	11

ESPACIADO

>2000 mm														
600-2000 mm														
200-600 mm							X		X	X				
60-200 mm	X	X	X	X	X	X		X			X	X		
<60 mm														

CONTINUIDAD

>20 m														
10-20 m														
3-10 m														
1-3 m	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<1 m														

APERTURA

> 5 mm														
1-5 mm														
< 1 mm	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

RUGOSIDAD

JRC (10)														
JRC (20)														

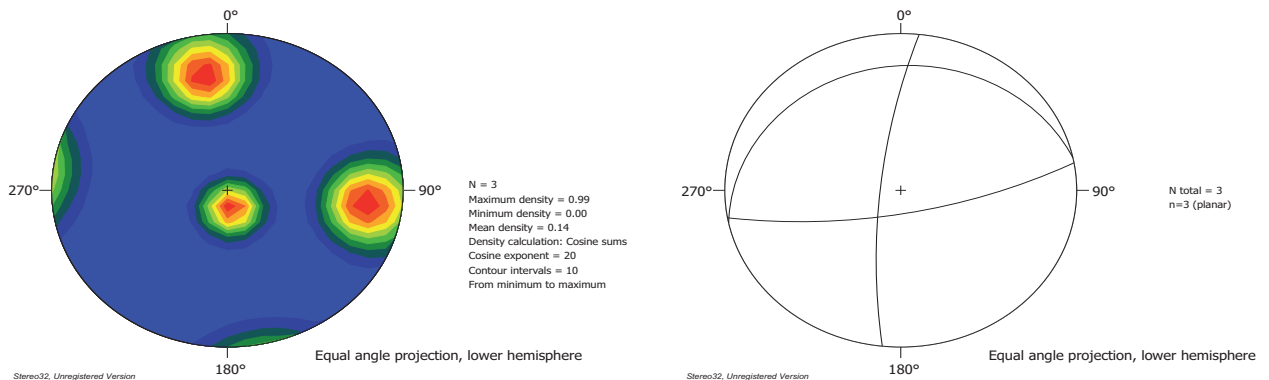
AGUA

SECO	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
LIG. HUMEDO														
HUMEDO														
GOTEOS														
FLUIDO CONT.														

RELLENO

NATURALEZA														
ESPESOR mm														

REPRESENTACION ESTEREOGRAFICA. CONTORNOS. POLOS PRINCIPALES





Universidad de Oviedo

FICHA DE ESTACIONES GEOMECÁNICAS

ESTACION Nº: **E-55**
 FECHA: 25/04/2015
 COORD. X: 506274 Y: 4556484

CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO. RMR

		VALORACIÓN	PUNTUACIÓN
RMR 1	RESISTENCIA A COMP. SIMPLE	MUY ALTA	12
RMR 2	RQD	Jv	25
		RQD	48
RMR 3	SEPARACIÓN ENTRE DIACLASAS	0,06-0,2 m	8
RMR 4	ESTADO DE LAS JUNTAS	Continuidad	1-3 m
		Apertura	< 1 mm
		Rugosidad	ONDULADA
		Relleno	NO TIENE
		Meteorización	LIGERAMENTE ALTERADA
	Suma		21
RMR 5	PRESENCIA DE AGUA	NO TIENE	15
		SUMA TOTAL	62

POLOS MEDIOS	D.BUZ.	BUZ.
J1	276,0	76,7
J2	169,9	73,0
J3	348,0	13,3

RESISTENCIA	
R1=Muy debil	
R2=Debil	
R3=Median. debil	
R4=Resistente	
R5=Muy resist.	X
R6=Extrem. resist.	

METEORIZ.	
Grado I	
Grado II	X
Grado III	
Grado IV	
Grado V	
Grado VI	

ESTRUCT.	
MASIVA	
EN BLOQUES	X
COLUMNAR	
TABULAR	X
IRREGULAR	
DESMENUZ.	

SMR	61
------------	-----------

FOTOGRAFIA DE LA ESTACIÓN GEOMECANICA

