

METODOLOGIA DE INVESTIGACION DE LOS YACIMIENTOS DE PIZARRAS PARA CUBIERTAS

BARROS, J.C.*, CASTAÑO, M.**, HACAR, M.*, LOMBARDERO, M.*, OLMO SANZ, A. del*

* EGEO, s.a. - Gaztambide, 61 - 28003 MADRID.

** CUPIRE-PADESA - Sobradelo de Valdeorras (ORENSE).



RESUMEN

Se exponen las bases metodológicas que los autores aplican a la investigación y evaluación de yacimientos de pizarras para cubiertas, extraídas tanto de su propia experiencia como de la escasa bibliografía disponible sobre el tema.

Los factores que controlan la calidad de los yacimientos de dicha materia prima son de tres tipos: litoestratigráficos, estructurales y metamórficos. Ellos se reflejan en una serie de parámetros que son los que habitualmente se evalúan en el campo.

La investigación utiliza técnicas geológicas básicas, adaptadas a las peculiaridades de la pizarra. Aquella se lleva a cabo en tres fases. De cada una de las fases se presentan ejemplos.

Se apuntan también algunas nuevas técnicas de investigación tomadas de la bibliografía, que podrían ser de aplicación en este campo.

SOMMAIRE

Il s'exposent les bases méthodologiques que les auteurs appliquent á l'investigation et évaluation de gisements des ardoises pour couvertures, prises autant de sa propre expérience que de la maigre bibliographie disponible sur le sujet.

Les facteurs que contrôlent la qualité des gisements de la matière prime sont trois types: litoestratigraphiques, structurales et métamorphiques. Ils se réfléchent sur une série de paramètres que sont ceux que normalement s'évaluent sur le champ.

L'investigation utilise les techniques géologiques básicas, adaptées aux particularités de l'ardoise. Celle-lá se mene á bien en trois phases. De chaque une des phases on presenten des exemples.

On remarque aussi quelques nouvelles techniques d'investigation cherchées sur la bibliographie, qu'il pouvaient être d'application sur ce champ.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar al Instituto Geológico y Minero de España y a las empresas productoras de pizarra, especialmente a CUIRE-PADESA, IROSA e IPISA las facilidades para la utilización de datos y reproducción de gráficos y fotografías que son de su propiedad.

1. ANTECEDENTES

Son muy escasas las referencias bibliográficas relativas al tema específico de las pizarras para cubiertas. Dejando aparte algunos trabajos franceses y alemanes antiguos, es en la década de los 60 cuando aparecen ya algunas publicaciones sobre las cuencas pizarreras francesas y sobre caracterización de las pizarras (LE CORRE, C. 1968, 1969, 1970; RIMALDI, M. 1977), destacando los informes del Bureau de Recherches Geologiques et Miniers.

En España, la investigación de esta materia prima con criterios científicos comenzó en 1976 (GOMEZ MORENO, 1978), siendo el Instituto Geológico y Minero de España el Organismo pionero en el tema. Pueden citarse, desde entonces, los trabajos de RUIZ GARCIA, C., 1977; HACAR, M. et al., (1982a, 1982b); GOMEZ RUIZ DE ARGANDOÑA, (1981); BARROS, J.C., (1984); BARROS, J.C. et al., (1985); todos ellos sobre las pizarras del Noroeste de España. Se ha trabajado además en las pizarras de Extremadura (LECHOSA, R. & TOYOS, J.M., 1984) y del Sistema Central (LOMBARDERO, M. et al., trabajo en realización).

Desde 1984, las empresas productoras del sector pizarrero han comenzado a investigar sus yacimientos; fruto de ello son los trabajos suscritos por los autores y que se incluyen en el apartado de Bibliografía, al final de la presente nota.

Por último, mencionaremos que las nuevas normas UNE para pizarra contemplan la caracterización geológica de los yacimientos como una de las bases fundamentales para la homologación de los productos elaborados de pizarra (IRANOR, 1985), tal como lo hacen también las normas de otros países (Normas DIN, in HACAR et al., 1982b).

2. GEOLOGIA Y EXPLOTABILIDAD DE LAS PIZARRAS

Sin entrar en los factores mineros y económicos, la explotabilidad de los yacimientos de pizarras depende de su geología. Los factores geológicos son los que en primera instancia han de tenerse en cuenta a la hora de acometer cualquier proyecto de investigación de esta materia prima.

Puede definirse la "pizarra para cubiertas" como una roca metamórfica de grado bajo o muy bajo, grano fino (una metalutita desde el punto de vista sedimentológico), compuesta principalmente de minerales filitosos (filosilicatos), y que posee una esquistosidad primaria muy penetrativa ("slaty cleavage", sensu BASTIDA, 1981). Como es obvio, hay rocas que, adaptándose a esta definición, no pueden ser consideradas "pizarras para cubiertas". Otros factores geológicos, que se exponen más abajo, condicionan su explotabilidad.

La composición mineralógica de la roca es poco variable. Como minerales mayoritarios se presentan las micas blancas tipo sericita-moscovita y la clorita. El cuarzo puede alcanzar hasta el 45% de la roca en algunos tipos de pizarra gruesa. Pueden contener cloritoide, carbonatos y opacos (principalmente pirita, pirrotina y materia carbonosa), minerales detríticos accesorios (citrón, plagioclasa) y fragmentos de roca (cuarcita y esquisto).

La pizarra, como el resto de las rocas metamórficas, debe su naturaleza a los tres procesos geológicos que han intervenido en su formación: Sedimentación, deformación y metamorfismo. Ellos se reflejan en una serie de factores

estratigráficos, estructurales y metamórficos que son, en definitiva, los que controlan la calidad de la pizarra y su modo de yacer, esto es, a) las características de la roca y b) las características del yacimiento.

a) Las características de la roca pueden dividirse en dos grupos.

- Macroscópicas, como la fisilidad, minerales metálicos (sulfuros), rugosidad, y "limpieza" de la superficie de esquistosidad, inclusiones (cantos, nódulos, fósiles), laminaciones arenosas, estratificación lenticular, etc...
- Microscópicas, como la microfacies (textura), composición, tamaño de grano, grado de orientación de los minerales, grado metamórfico.

b) Las características del yacimiento dependen, fundamentalmente, de la estructura geológica (disposición geométrica de las capas y otros elementos como la esquistosidad, etc) y sobre todo del estado de fracturación del macizo rocoso (diacclasas, kink-bands y otras discontinuidades). Pueden mencionarse las siguientes características: Potencia de las capas, estructura, presencia de esquistosidades secundarias (diferentes de la principal) o de bandeado tectónico ("tectonic-banding") diques de cuarzo, metamorfismo de contacto, etc...

Todas las características están estrechamente interrelacionadas. Así por ejemplo, la fisilidad depende principalmente del tamaño de grano y de la homogeneidad textural de la roca, que a su vez depende de la litología pre-metamórfica, del metamorfismo y de la deformación. El color de la roca depende principalmente de la composición (pero también del tamaño de grano) sobre todo de las cloritas y de la materia carbonosa (POTTER, et al., 1980).

No es posible discutir en detalle dentro del estrecho marco de esta comunicación, la incidencia de cada una de las características de la roca y del yacimiento en la explotabilidad de una capa o yacimiento en concreto. En las primeras fases de la investigación se evalúan (muchas veces en el campo) una serie de parámetros básicos, contando con la experiencia de un observador experimentado; por orden de importancia, la fisilidad alta, ausencia de minerales metálicos "de visu" (especialmente de pirrotina),

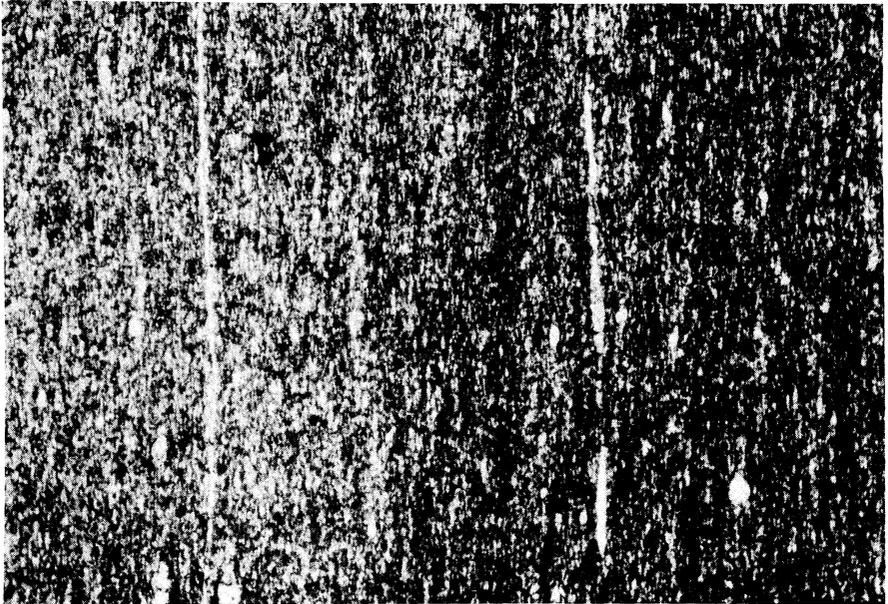
tamaño de grano fino, color, ausencia de crenulación, lineaciones y laminaciones arenosas caracterizan en primera instancia a la pizarra de buena calidad, aunque existen explotaciones de esta materia que no reúnen todas estas características; potencias de capa altas (por lo general, por encima de los 10 m.), ausencia de kink-bands y macizos rocosos poco fracturados señalan los yacimientos más favorables. A medida que avanza la investigación, se pueden ir empleando, y tienen cada vez más importancia, métodos de trabajo más precisos: muestreo sistemático, análisis estructural, ensayos estudios microscópicos, mapas de fracturación.

La fisilidad es uno de los más importantes parámetros a evaluar; depende más de la homogeneidad textural de la roca (microfacies) que del tamaño de grano. Por lo general, la roca de tamaño de grano fino (anchura media de los granos de cuarzo, medida en lámina delgada tallada perpendicularmente al "ongrain", inferior a $25 \mu\text{m}$.) es más fisible, aunque hay explotaciones que extraen roca de grano grueso (anchura cercana a los $75 \mu\text{m}$.) con extraordinaria homogeneidad textural. La presencia de heterogeneidades (restos de la estratificación, porfiroblastos abundantes de tamaño mucho mayor que el de la matriz, microclastos, etc) hacen bajar mucho el grado de fisilidad, y la "limpieza" de los planos de esquistosidad; otro tanto ocurre con la pizarra afectada por metamorfismo de contacto, o por esquistosidades secundarias (crenulación). Comparense las microfotografías A y B.

Ha habido diversos intentos de cuantificación y sistematización del grado de fisilidad y otros parámetros de calidad de la pizarra; algunos de ellos, como el "Índice Fotométrico" (LE CORRE, C., 1968) como medida indirecta del grado de fisilidad por el grado de orientación de los minerales filitosos, o el ensayo de la "hienda dinámica", puesto a punto por el BRGM, pueden tener cierta utilidad. La clasificación de las "pizarras para cubiertas" por su composición mineralógica y tamaño de grano en un diagrama triangular (LE CORRE, C., 1970) es un primer intento de sistematizar esta materia prima mediante el estudio microscópico. La medida de la rugosidad superficial mediante palpadores mecánicos y ópticos, la de la velocidad de propagación de ondas sonoras, diversas medidas del índice de cristalinidad (índice de KUBLER) etc., parece que dan resultados dispares fuertemente condicionados por factores locales (RIMALDI, M., 1977; RUBIO SANCHEZ, F., 1985). Los ensayos mecánicos y de resistencia a la intemperie, sin



Microfotografía A. Pizarra de grano fino con heterogeneidad textural



Microfotografía B. Pizarra de grano muy fino con textura homogénea

embargo, permiten caracterizar (desde el punto de vista de calidad comercial) las partidas o lotes de pizarra elaborada (IRANOR, 1985).

En los yacimientos, quizás el factor que más frecuentemente condiciona la explotabilidad, es el estado de fracturación del macizo rocoso (entendiendo por "fracturas" no solo las diaclasas y fallas, sino también otros tipos de discontinuidades como los "kink-bands"); una fracturación densa impide la extracción de bloques con el volumen mínimo que se considera rentable (este volumen mínimo varía de unas explotaciones a otras). Aplicando cuidadosamente métodos de análisis estructural tales como representaciones estereográficas y en rosa y mapas de densidad de fracturación es posible (sobre todo si se cuenta con el apoyo de sondeos) definir el volumen medio y las formas del bloque-tipo que se extraerá de un determinado macizo.

Como se desprende de lo anteriormente expuesto, las bases metodológicas fundamentales de la investigación de "pizarras para cubiertas", como tantas otras, materias primas minerales, son geológicas. La geología y sus técnicas usuales (cartografía, sedimentología, petrología, análisis estructural, paleontología...) es la herramienta más importante, barata y rápida (y casi la única) que el explotador tiene a su alcance para localizar nuevos yacimientos y para aumentar la rentabilidad de los que ya están en explotación.

Sin embargo, los diversos intentos realizados para intentar cuantificar la calidad de la pizarra y la explotabilidad de sus yacimientos mediante métodos homogéneos no han dado resultado hasta ahora (RIMALDI, M., 1977; RUBIO SANCHEZ, F; 1985). De hecho, el número de factores geológicos es tan grande y su variación de una a otra localidad tan fuerte que casi cada yacimiento es diferente de los demás. La presente comunicación pretende presentar el abanico de métodos que el investigador tiene a su alcance pero que ha de adaptar a cada yacimiento a la vista de los resultados que se vayan obteniendo.

3. FASES DE LA INVESTIGACION

Se han reunido en el Cuadro I las diferentes fases en que puede dividirse la investigación, junto con los trabajos necesarios y los resultados que se deben obtener; la clasificación de los recursos valorados al final

de cada fase es la recomendada por la ONU (ESTEBAN SANTISTEBAN, F. 1983).

CUADRO I

FASES	TRABAJOS	RESULTADOS
EXPLORACION	Documentación, cortes geológicos y/o cartografía e. 1:25.000, columna litoestratigráfica a nivel de formaciones, etc.	Areas de Interés Potencial. Recursos R-3 y R-2.
INVESTIGACION	Cartografía y cortes geológicos e. 1:10.000 y/o 1:5.000, columna litoestratigráfica a nivel de miembros y distinción de capas de pizarra, etc.	Areas de Interés Prioritario. Recursos R-2.
INVESTIGACION DE DETALLE	Geología de detalle, cartografía e. 1:2.000 y/o e. 1:1.000, análisis estructural, ubicación de sondeos y rozas, etc.	Areas Potencialmente explotables Recursos R-1.
VERIFICACION Y CONTROL DE LA EXPLOTACION		
Control de sondeos y rozas, del avance de los frentes, comprobación y ampliación del análisis estructural, etc..		

La Fase de Exploración tiene como objetivo el delimitar "Areas de Interés Potencial". Se basa en trabajos de documentación sobre la bibliografía existente; así, por ejemplo, en el NO. de la Península Ibérica las formaciones geológicas potenciales son fundamentalmente las Pizarras de Luarca y la denominada "Formación Agüeira", dato que resulta de la consulta del Mapa Geológico Nacional e. 1:50.000. Sin embargo, son precisos reconocimientos de campo para preseleccionar las "Areas de Interés Potencial". Dependiendo de la profundidad de estos reconocimientos se pueden llegar a determinar recursos de la clase R-2 o solamente de R-3.

La Fase de Investigación tiene como objetivo fundamental el determinar las "Areas de Interés Prioritario" y los recursos clase R-2 existentes en ellas. En esta fase se abordan los problemas geológicos, determinándose en primer lugar la estructura; inmediatamente se levantará la columna litoestratigráfica a nivel de miembros y el seguimiento, correlación y cartografía de las capas potencialmente productivas a escala 1:10.000 ó 1:5.000 (dependiendo la elección de la escala de la complejidad estructural)

La fase de Investigación de Detalle se realiza ya a escala inversa 1:2.000 ó mayor. Su finalidad es determinar las "Areas Potencialmente Explotables". En esta fase se abordan los problemas locales, singularmente el estado de fracturación del yacimiento y el metamorfismo; tienen aplicación aquí las técnicas de muestreo sistemático, ensayo de muestras, microscopía, etc... También tienen aquí su aplicación los sondeos con extracción de testigo continuo; un planeamiento cuidadoso de la ubicación y orientación de los sondeos junto con el estudio detallado de los testigos puede ayudar a la confirmación de la estructura deducida por geología superficial, al levantamiento de la columna litoestratigráfica detallada, al muestreo de pizarra para estudios microscópicos y correlación entre el estado de fracturación del macizo en superficie y en profundidad, entre otros. De esta fase han de resultar el punto o puntos más favorables para comenzar la explotación y sus conclusiones han de tenerse muy en cuenta al proyectar ésta.

Las labores de explotación han de seguir contando con apoyo geológico durante su avance. Los cambios laterales de facies de las capas, aunque sean pequeños, tienen una gran incidencia en la calidad de la pizarra; lo mismo ocurre con la fracturación del macizo. El control de sondeos de explotación, del avance de los frentes, la comprobación de la estructura y ampliación del análisis estructural, etc., son trabajos cotidianos que han de hacerse para llevar racionalmente cualquier explotación de pizarra.

Como ejemplos de algunos trabajos en las diferentes fases se presentan los de las figuras 1,2 y 3.

En la Figura 1 se observa un corte geológico, escala 1:25.000 (original) que se ha realizado en la Fase de Exploración. La Figura 2 representa un mapa geológico, escala 1:5.000 en el original, donde se han marcado las capas de pizarra explotables y algunos otros parámetros, como "kink-bands" y crenulación que inciden en su calidad. En la Figura 3 se representa en bloque-diagrama escala 1:2.000 en el original, de un yacimiento concreto, que se investigó con geología de superficie y sondeos y donde actualmente existe una cantera en fase de inicio de la explotación.

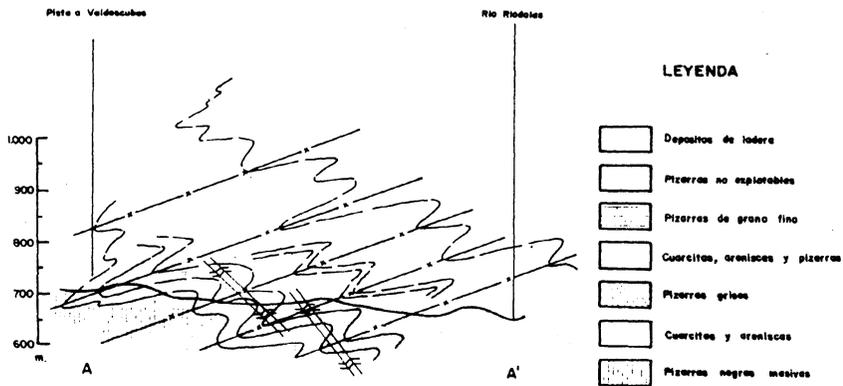
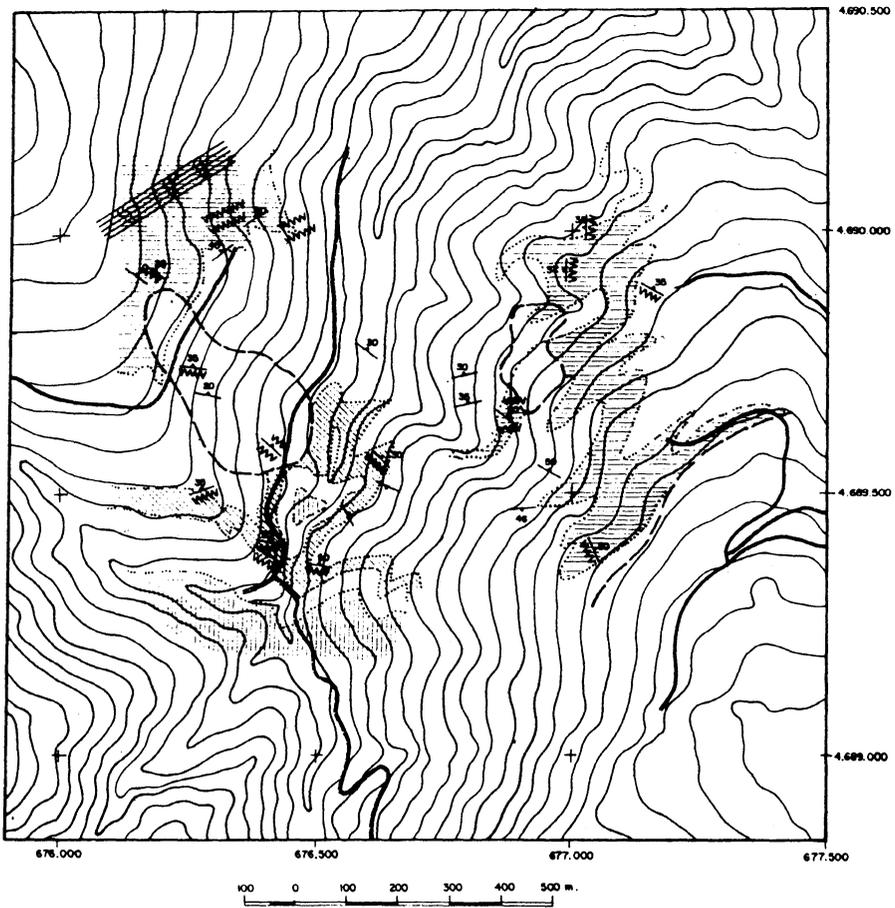
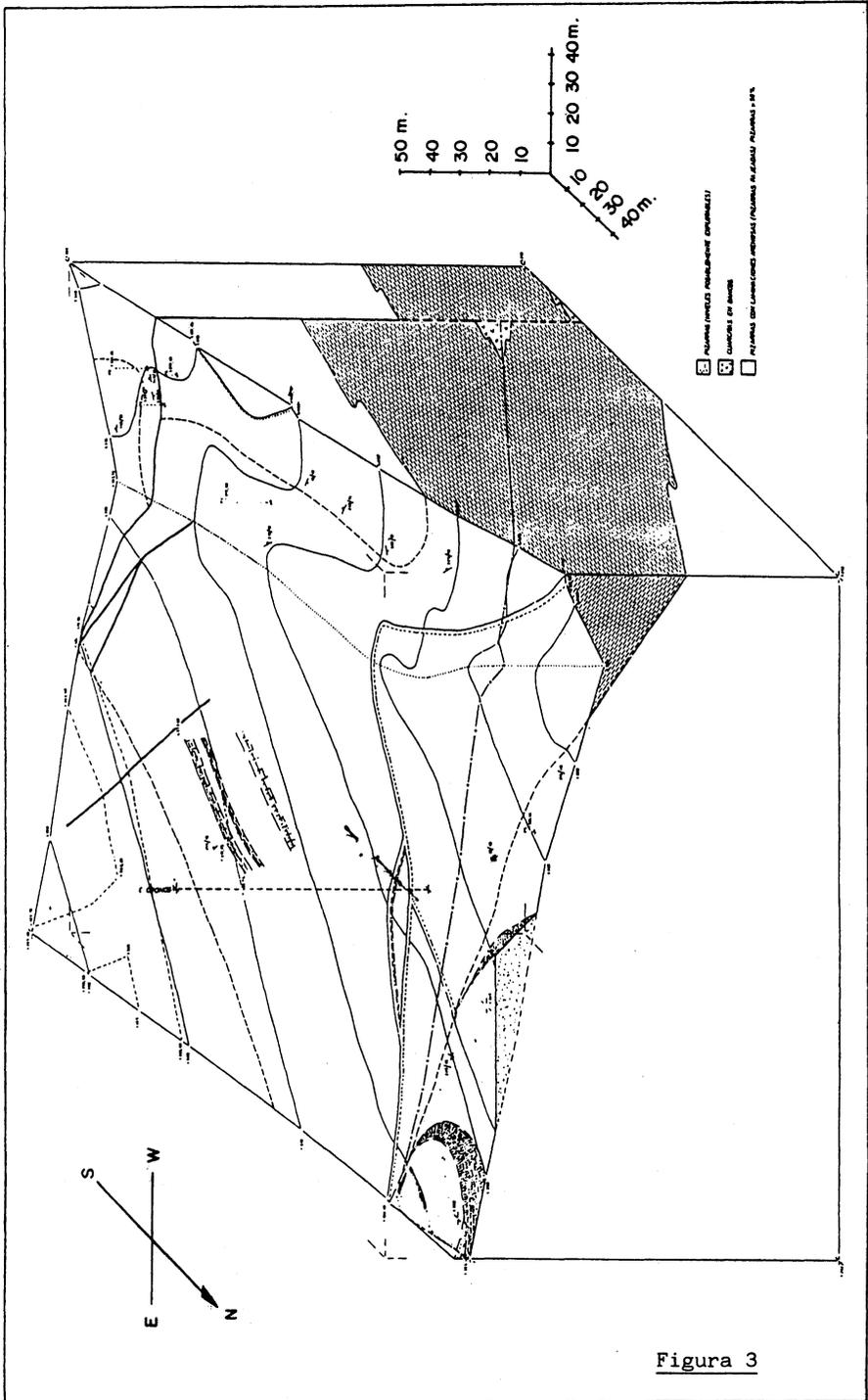


Figura 2



5. NUEVAS TECNICAS DE INVESTIGACION

Existen técnicas de investigación geológica de las que, hasta la fecha, no tenemos noticia de que hayan sido aplicadas a la investigación de pizarra, pero que podrían tener utilidad. Como ejemplo mencionaremos las siguientes:

- Los perfiles y diagráffias de rayos x pueden usarse en capas potentes de pizarra masiva para detectar la posición e inclinación de la estratificación, no visible en el campo ni al microscopio, tal como se utilizan en la investigación de petróleo (PROVO et al, 1978; in POTTER et al, 1980).
- La medida de la agudeza del pico del grafito, aparte de los índices de cristabilidad clásicos (índices de KUBLER y de WEAVER) en los registros de difracción de rayos X permite deducir la historia termal de la roca (GREW, 1974; in POTTER et al, 1980) durante el metamorfismo que podría relacionarse con la fisilidad de la pizarra.
- Los estudios sedimentológicos finos, de mucho detalle, pueden explicar los cambios laterales de facies que muchas veces son los responsables principales de las variaciones de calidad de la pizarra en una explotación o grupo de explotaciones próximas.
- Deben continuarse los intentos de sistematización de microfacies de la roca, de forma que sea sencillo el clasificar, por esta sola técnica los distintos tipos de pizarra.
- El tema del diaclasado puede ser abordado con técnicas que existen de tratamiento e interpretación de datos, como las matrices de co-aparición, informática, etc.. (PRICE, N.J., 1966; CURRIE, J.B. & REIK, G.A., 1977; RECHES, Z., 1976).

6. CONCLUSIONES

La explotabilidad de los yacimientos de pizarras para cubiertas está fuertemente condicionada por los factores litológicos, estructurales y metamórficos, que afectan tanto a las características de la roca como al macizo rocoso. La cuantificación de estos factores avanza lentamente, por lo que es necesario hoy el realizar estudios geológicos con personal experimentado.

Los métodos de investigación son técnicas geológicas normales, adaptadas

a las peculiaridades de esta materia prima; la gran variabilidad de los factores geológicos y el gran número de éstos impide que dichos métodos puedan aplicarse de forma homogénea en todos los yacimientos, teniendo que dar más importancia a uno u otro según avanza la investigación. A pesar de ello, una investigación cuidadosamente planeada y ejecutada permite disminuir notablemente el riesgo que toda explotación minera conlleva.

No es fácil hoy a pesar de las técnicas de análisis, el determinar el rendimiento de un yacimiento de pizarra; sin embargo, el producto ya elaborado y seleccionado es susceptible de ser caracterizado y calificado comercialmente mediante ensayos sencillos.

Las tres fases en que se divide la investigación de pizarras: Exploración, investigación e investigación de detalle y seguimiento de la explotación utilizan métodos cada vez más detallados y haciendo uso de técnicas más precisas, según avanza el trabajo.

Por último, existen técnicas, utilizadas ya en otras ramas de la investigación geológica, que podrían usarse también en la investigación de "pizarras para cubiertas".

BIBLIOGRAFIA

- BARROS, J.C., (1985a).- Estudio geológico-minero de la Concesión de de pizarras "Los Molinos" (Orense). IPISA. Informe inédito.
- BARROS, J.C., (1985b).- Estudio geológico-minero parcial de la Concesión de Explotación de pizarras "Los Vales" (Orense). PIVASA. Informe inédito.
- BARROS, J.C. & HACAR, M., (1985).- Estudio geológico-minero de la Concesión de Explotación "La Ponderosa" (Orense). IROSA. Informe inédito.
- BARROS, J.C., HACAR, M. & LOMBARDEO, M., (1985a).- Estudio geológico-minero del P.I. "Oportuna". IPISA. Informe inédito.
- BARROS, J.C., HACAR, M. & LOMBARDEO, M., (1985b).- Estudio geológico de un área próxima a Gestoso (León) para la prospección de "Pizarras para cubiertas". Pizarras Sánchez S.A. Informe inédito.
- BARROS, J.C., HACAR, M., LOMBARDEO, M. & RUBIO UBEDA, V., (1984).- Estudio geológico-minero de los niveles de pizarras para cubiertas en el Sinclinal de Truchas (Orense-León). Inst. Geol. Min. Esp. Informe inédito.
- BARROS, J.C., LOMBARDEO, M. & OLMO SANZ, A. del., (1985).- Potencial geológico de pizarras en Asturias-León. Inst. Geol. Min. Esp. Informe inédito.
- B.R.G.M.- Les gisements ardoisiers d'Allasac et Travassac (Corrèze) et de Renazé (Mayenne). Bur. Rech. Geol. Min. Informe 75 SGN 218 AME.
- BASTIDA, F., (1981).- La esquistosidad primaria: una síntesis sobre sus características y desarrollo. Trab. Geol. Univ. Oviedo, 11, 35-54.
- CASTAÑO, M. & HACAR, M., (1984).- Investigación para pizarras en el área de "La Escrita" (León). CUPIRE-PADESA. Informe inédito.
- CURRIE, J.B. & REIK, G.A., (1977).- A method of distinguishing regional directions of jointing and of identifying joint sets associated with individual geologic structures. Can. Jour. Earth Scien. V.14, N.6. pp. 1211-1228.
- ESTEBAN SANTIESTEBAN, F., (1983).- Clasificación internacional de recursos minerales propuesta por la ONU. Bol. Geol. Min. Inst. Geol. Min. Esp. T.XCIV-V. pp. 472-488.
- GOMEZ MORENO, G., (1978).- Proyecto de investigación de pizarras en el Noroeste de España. Inst. Geol. Min. Esp. Informe inédito.
- GOMEZ RUIZ DE ARGANDOÑA, V. & ORDAZ, J., (1981).- Características físicas y de alteración frente al agua de las pizarras de Rande (La Coruña). Cuad. Lab. Xeol. Laxe, Sem. Est. Gal. T.2, pp. 51-58.
- HACAR, M. & LOMBARDEO, M., (1983).- Estudio geológico-minero del P.I. "Zánculo", fracción 2ª (León). (Pizarras para cubiertas). Pizarras Carballal, S.A. Informe inédito.

- HACAR, M. & LOMBARDEO, M., (1984).- Estudio geológico-minero del P.I. "Caprada" (León). (Pizarras para cubiertas). Pizarras Carballal, S.A. Informe inédito.
- HACAR, M. & RUBIO UBEDA, V., (1982a).- Estudio de catalogación, mejora de la producción y comercialización de las pizarras del Noroeste de España. Inst. Geol. Min. Esp. Informe inédito.
- HACAR, M. & RUBIO UBEDA, V., (1982b).- Estudio sobre normativas de pizarras para usos industriales. Inst. Geol. Min. Esp. Informe inédito.
- IRANOR, (1985).- Normas UNE de Pizarras Ornamentales. Números 22-190, 22-191, 22-193, 22-195, 22-197, 22-198, 22-199, 22-200, 22-201, 22-192, 22-194, 22-196, 22-201. Inst. Rac. Norm. España.
- LE CORRE, C., (1968).- La microlinéation des schistes ardoisiers. Méthode d'étude photométrique. Bull. Soc. Geol. France, (7), 10, pp. 679-683.
- LE CORRE, C., (1969).- Sur une paragenèse á cloritoide dans les schistes de l'ordovicien moyen des synclinaux du Sud de Rennes (Massif Armoricain). Bull. Soc. Geol. Minéral. Bretagne, (C), I, pp. 33-44.
- LE CORRE, C., (1970).- Bases methodologiques pour la recherche ardoisiere dans le Massif Armoricain. Bull. Soc. Geol. Minéral. Bretagne, (C), I, 2, pp. 73-87.
- LECHOSA, R. & TOYOS, J.M., (1984).- Investigación de pizarras ornamentales en la Reserva del Estado "Villar del Rey - Puebla de Obando". Inst. Geol. Min. Esp. Informe inédito.
- LOMBARDEO, M., (1984).- Informe geológico sobre la concesión de Explotación de pizarras "Os Foyos". IROSA. Informe inédito.
- LOMBARDEO, M.; MARTIN PARRA, L.M., PABLO MACIA, J. de., VILLASANTE, R.- Exploración y caracterización de pizarras ornamentales en el Sistema Central (Provincias de Madrid, Segovia y Guadalajara). 1ª Fase. Inst. Geol. Min. Esp. Trabajo en ejecución.
- PRICE, N.J., (1966).- Fault and joint development in brittle and semi-brittle rock. Pergamon Press, Oxford, England. 176 p.
- POTTER, P.F., MAYNARD, J.B., PRYOR, W.A., (1980).- Sedimentology of shale. Springer-Verlag. New York. 339 p.
- RECHES, Z., (1976).- Analysis of joints in two monoclines in Israel. Geol. Soc. Am. Bull. V.87. pp. 1654-1662.
- RIMALDI, M., (1977).- Contribution a l'étude des qualites de resistance et de fissilite des ardoises naturelles. Fac. Polytech. Mons. Travail de fin d'études. Tesis inédita.
- RUBIO SANCHEZ, F., (1985).- Estudio comparado de las pizarras para cubiertas del Noroeste de España. Esc. Tec. Sup. Ing. Min. Madrid. Proyecto fin de carrera. Inédito.
- RUIZ GARCIA, C., (1977).- Aplicaciones del microscopio en relación con la calidad de las pizarras de techar. Bol. Geol. Min. Inst. Geol. Min. Esp. T.LXXXVIII-I, pp. 72-77.