

EVOLUCION TECNICO-ECONOMICA DE LAS ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES.

Angel Rodríguez Paradinas.
Compañía General de Sondeos, S.A.

RESUMEN Dadas las exigencias del mercado para disponer de materias primas cada vez más refinadas y con aplicaciones muy diversas, se presentan las directrices a tener en cuenta por el explorador de yacimientos para adecuar su técnica a las tendencias y directrices del cliente consumidor, en lo referente a usos, especificaciones, sustancias sustitutivas, etc. Se hace hincapié en la problemática de caolines y feldespatos.

SUMMARY Due to market requirements for the need of raw materials ever more refined and with various applications, an exposition is made of the rules to consider by the explorer of deposits to adequate his techniques to the trends and requirements of the customer with reference to usages, specifications, substitutive substances, etc. The problems of kaolins and feldespaths are stressed.

RESUME Etant données les exigences du marché pour disposer de matières primes de plus en plus raffinées et ayant des applications très diverses, on présente les directrices à tenir en compte para l'explorateur de gisements pour accommoder leur technique aux tendances et directrices du client consommateur, en ce qui fait référence aux usages, spécifications, substances substitutives, etc. . . On remarque la problématique des kaolins et des feldespaths.

ZUSAMMENFASSUNG: In Anbetracht der steigenden Anforderungen des Marktes in Bezug auf die Verfügbarkeit und Bereitstellung immer höherwertiger Rohstoffe für die verschiedenartigsten Verwendungszwecke werden Richtlinien aufgezeigt, die vom Lagerstättenforscher zu berücksichtigen sind, um seine Verfahren an den Tendenzen und Forderungen der Abnehmer und Verbraucher hinsichtlich Anwendungen, Spezifizierungen, Ersatzstoffen usw. auszurichten. Besonders gewürdigt wird in diesem Zusammenhang die Problematik der Kaoline und Feldspate.

1. INTRODUCCION

La presente comunicación pretende recoger por una parte algunas de las ideas básicas sobre las rocas y minerales industriales, y por otra, reflejar su momento actual, considerando su problemática como materias primas, bajo un punto de vista técnico-económico. Conscientes de dirigirnos a un auditorio experto en los procesos de transformación, deseamos exponer los principios con que trabajan en este sector los que han de aplicar sus técnicas especializadas de prospección y evaluación de yacimientos a todo el campo de los recursos naturales no renovables: sustancias minerales metálicas, no metálicas y energéticas. Sin ser, por tanto, ni profesionales de los procesos de fabricación, ni de ninguna sustancia en concreto, hemos de conocer —al menos— las tendencias de los consumidores en campos muy diversos. Nuestro trabajo es un intento de síntesis de información —en su mayor parte publicada repetidamente— para acercar el mundo de las materias primas al de la ingeniería de procesos.

2. GENERALIDADES.

2.1. GEOLOGICAS

¿Qué sustancias forman el conjunto de rocas y minerales industriales?. Del orden de 75 figuran en el índice de la re-

vista Industrial Minerals. De hecho solo la mitad, unas 35, son las especies o grupos de entidad que normalmente se consideran individualizables. La clasificación geológica recogida en la Tabla 1, nos muestra que las Rocas y Minerales Industriales (R y MI) cubren todos los ambientes geológicos, consecuentemente se precisa a menudo una subespecialización geológica para su investigación.

TABLA - 1

CLASIFICACION GEOLOGICA ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES

Rocas Industriales	Minerales Industriales:
Igneas:	Igneos:
Granito	Sienita nefelínica
Basalto y diabasa	Feldespato
Pumita	Mica
Perlita	minerales de litio
	Berilo
Metamórficas:	Filonos y metasomatismo:
Pizarra	Cuarzo
Mármol	Fluorita
Sedimentarias:	Barita
Arena y Grava	Magnesita
Arenisca	Metamórficos:

Arcilla	Grafito
Caliza y dolomía	Asbestos
Fosfatos	Talco
Yeso	Vermiculita
Sal.	Sedimentarios:
	Diamante
	Diatomita
	Potasas
	Minerales de sodio
	Boratos
	Nitratos
	Azufre

FUENTE: Robert L. Bates, 1969

El citado ambiente, o en otras palabras, las características naturales, influyen de un modo decisivo en su campo de aplicación y por tanto en su valor; considérese, por ejemplo, el particularismo conjunto de circunstancias que hacen único en el mundo el yacimiento de caolín de Cornwall; o en el valor de un grafito según sus condiciones naturales de pureza, textura, capacidad lubricante, etc. En consecuencia, el conocimiento de las características naturales —la geología— de un yacimiento, nos permite determinar tanto la morfología del cuerpo a explotar, como la distribución de dichas características respecto a la calidad.

Suele afirmarse que el control estratigráfico es más importante que el estructural. Evidentemente esto es cierto desde el momento que el conjunto de R y MI sedimentarias tiene más peso que las restantes en cantidad y valor. Aquellas se presentan en grandes masas estratiformes de morfología simple siendo parámetros geológicos primordiales los cambios de facies, la potencia y alternancia de bancos, recubrimiento, etc. Otra característica natural de este tipo de yacimientos es la baja relación esteril/mena, sobre todo si los comparamos con los de minerales metálicos.

2.2. TECNICAS

El valor de las rocas y minerales industriales está fundamentalmente condicionado por las exigencias del mercado, en cuanto a las especificaciones que han de cubrir. En el caso de las materias metálicas es decisiva la ley y la amplitud para la concentración; es suficientemente gráfica la expresión "ley de corte", y en definitiva el cobre es cobre. En el caso de las R y MI, son complejos e igualmente decisivos factores como:

- la caracterización tecnológica.
- la adecuación óptima a las múltiples aplicaciones de cada sustancia.
- la comercialización.

El objetivo es conseguir el uso más noble —el máximo valor— para cada roca o mineral. En el campo de las arcillas —por ejemplo— hay mucho que hacer en España en este sentido.

Aumenta la expuesta complejidad el hecho de que casi todas las R y MI están relacionadas con prácticamente todas las industrias, además con un amplio espectro de aplicaciones en cada una de ellas. Por ejemplo en la:

- Siderurgia: fundentes, refractarios, moldeo (arcilla caliza, dolomía, fluorita, arenas de moldeo, bentonita).
- Petróleo: perforación, estimulación de yacimientos, refinado (bentonita, barita, arena, fluorita, sal, azufre, arcillas especiales).

Para remarcar anecdóticamente el intrincado mercado de la industria ligada a las R y MI, podemos señalar que, como

término medio, consumimos al año en nuestra alimentación doble cantidad de ácido sulfúrico que de sal común.

Hemos insistido en todas estas interrelaciones para señalar un punto que nos parece fundamental: al explotador de una sola sustancia no le es tan difícil conocer su mercado, por complejo y cambiante que sea, como al geólogo o al ingeniero de yacimientos que, como dijimos al principio, es especialista en otras técnicas y debe ser claramente aleccionado en cada caso sobre lo que busca y para que puede ser vir. Esto no es difícil cuando se trabaja para resolver un problema concreto, mucho más complicado resulta emprender la exploración sistemática de una sustancia —digamos a nivel nacional— enfrentándose con ambientes geológicos muy diversos, sin olvidar ninguno de sus posibles usos.

En función de lo anterior, se le plantea al investigador de yacimientos el problema del desmuestre y de los ensayos a realizar. Llama nuestra atención que en la mayoría de las publicaciones que tratan de definir un yacimiento:

- 1.— no se conoce la representatividad de las muestras sobre las que posteriormente nos detallan complejos ensayos.
- 2.— no se suelen dar reservas ni condiciones de explotabilidad.
- 3.— los ensayos realizados, siempre muchos y caros, no son los que puede llevar a cabo de un modo rutinario el técnico que ha de realizar una prospección sistemática, sobre un gran número de afloramientos.

Sobre estos puntos podemos, respectivamente, añadir:

- 1.— en un yacimiento deben definirse de un modo estadístico sus características técnicas, concretando valores medios de las mismas y su margen de variación (desviaciones standard).
- 2.— a) cantidad, b) situación respecto al mercado, c) condiciones de transporte, d) explotabilidad (recubrimiento, facilidad de arranque, etc), e) aptitud para la concentración, (enriquecimiento, mezclas) f) disponibilidad de agua, combustibles, energía eléctrica, mano de obra más o menos cualificada, etc.
- 3.— Selección de ensayos a realizar. Los ensayos sobre la mayoría de los minerales industriales están normalizados y no existe dificultad en nuestro país para su ejecución. Sin embargo el problema es establecer un equilibrio adecuado entre su presupuesto y la información a obtener. Dada la variada gama de aplicaciones industriales el objetivo de los análisis es conducirnos al más bajo coste a la aplicación óptima. En otra comunicación de esta reunión se expuso el trabajo desarrollado por el Instituto Geológico y Minero de España para seleccionar un conjunto de determinaciones básicas para el reconocimiento sistemático de arcillas a escala nacional. Cada país ha desarrollado metodologías distintas al respecto y podemos afirmar que es un problema de difícil resolución definitiva.

Completamos estas consideraciones técnicas señalando la importancia que va tomando el tratamiento, a pie de explotación, de las materias primas que nos ocupan. La minería clásica se ha ocupado a fondo del enriquecimiento de menas metalíferas; recientemente va cobrando importancia y extendiéndose la depuración de gran parte de las R y MI que antes se limitaba a las de más valor: asbestos, caolín, arenas de moldeo de alta calidad, etc. Se trata de aumentar

al máximo el valor añadido; sirviéndonos como ejemplo los países exportadores de fosfatos del Norte de Africa que van a una integración vertical de sus productos para exportar en vez de fosfatos, ácido fosfórico e incluso fertilizantes. Como citaba en una reciente conferencia el Subdirector del IGME, Ricardo Echevarría, una dolomía para áridos se cotiza a 250 pts/t; con una inversión de 50 Mpts se puede montar una planta para producir 30.000 t/año de 1.000-1.500 pts/t.

España en algunas sustancias se comporta a nivel de auténtico subdesarrollo, exportando R y MI que reimporta en muchos casos después de sufrir un proceso de transformación generalmente sencillo: marmol, pizarras, etc.

Hay que tener en cuenta que la uniformidad de una materia prima puede ser más importante que su pureza—Rockefeller eligió como lema para sus empresas petroleras la palabra “standard”, como garantía de servicio—. Para penetrar y permanecer en un mercado se precisa un suministro regular y una calidad uniforme. Como señala Paetsch en su trabajo publicado en *Cerámica y Vidrio* (5-6, 1977) en la industria cerámica la solución es uniformar la materia prima—incluso con métodos laboriosos— en vez de ajustar los parámetros de fabricación a los cambios de calidad. Cuanto menor es la empresa explotadora más difícilmente puede cumplir las exigencias del transformador, al no poder disponer de adecuadas plantas de tratamiento y homogenización.

En la última Comida-Seminario de Industrial Minerals (11/1978) se presentó una comunicación sobre materias primas para el sector cerámico en la que se señalaba la tendencia a explotar peores arcillas, aprovechando las técnicas de lavado de pre-tratamiento y los nuevos procesos transformadores.

2.3. ECONOMICAS

Consideramos innecesario repetir como año a año va ganando importancia el subsector de R y MI dentro del sector minero de todos los países. Mientras que en 1977 la minería metálica experimentó pérdidas de producción a escala mundial desde el 30% del plomo al 29% del hierro, los aumentos han sido del 1 al 25 % para los minerales no metálicos, tanto en 1977 como en 1978.

El mercado es particularmente condicionante en el caso de las R y MI—dada la complejidad e indefinición del mismo— si las comparamos con los minerales metálicos o los productos energéticos. Y, como alguien ha dicho recientemente, “puede cambiar de un modo dramático desde que se pronuncia la palabra: ¡Adelante!, hasta la ceremonia de inauguración”. La diversidad de sus aplicaciones compensa las fluctuaciones económicas de los distintos sectores de utilización: químico construcción, transformación. Dado el estado actual de la siderurgia, la minería del hierro se retrae casi al 50% de su capacidad, pero no por eso se hunde el mercado de arcillas para refractarios.

La economía de las R y MI ofrece contrastes interesantes. Por una parte, dadas las pequeñas inversiones requeridas, hay una proliferación de pequeñas instalaciones: por ejemplo, en 1977 en España, de unas 4.000 explotaciones mineras; 180 correspondían al subsector energético, 125 a minería metálica y más de 3500 a las R y MI; con 300 operarios/“mina” en el 1º, 100 en el 2º y 7 en el 3º. Esto no debe desanimar al técnico que puede soñar con el volumen y el grado de tecnificación de los caolines de Cornwall, o los asbestos de Quebec, o el borax de California. Siguiendo con las diferencias cabría señalar el espectro de precios desde las 250 pts/t de los áridos a los 1500 m pts/t de los diamantes industriales. Para terminar con los contrastes daremos una distribución de la producción mundial de un par de docenas

de R y MI: de las 10 t/año de diamantes o las 10.000 t/año de corindón pasamos a:

100.000 a 1 M t/año:	4 sustancias
10 a 100 M t/año:	8 ”
Más de 100 M t/año:	2 ” (caliza y sal)

Como es sabido, entre los factores principales a tener en cuenta en la economía de mercado podemos citar: cantidad y calidad (especificaciones) del material disponible, grado de abastecimiento (demanda/suministro), transporte, productos alternativos ó sustitutivos, evolución tecnológica, precios y organización del mercado.

Podemos afirmar, que la primera fase clásica de la explotación minera—la selección de zonas de interés— se puede llevar a cabo con cualquier cartografía geológica publicada, sustituyendo todas las técnicas por un estudio de mercado, incluyendo la ubicación de los consumidores; excluimos—naturalmente— los materiales de alto precio.

Un factor importante a tener en cuenta por su influencia en estas materias primas es la situación geográfica. Se trata generalmente de materiales de gran volumen y bajo precio, que no pagan un transporte excesivo. Como tendencia en este campo podemos señalar el transporte de R y MI en forma de pulpas como se hace con el caolín y se comienza a practicar con el dióxido de titanio y el carbonato cálcico.

Otro aspecto que afecta sensiblemente a este tipo de materias primas: los materiales sustitutivos. La industria trata de obtener materiales de calidad más uniforme a más bajo coste. Por ejemplo los mineros de pizarras de techo parece que se preocupan actualmente por las placas sintéticas que pueden abaratar un producto natural de alta cotización; el productor de feldespatos debe mirar las tendencias en la aplicación de sienita nefelínica o granitos; los abrasivos sintéticos pueden reemplazar casi totalmente a los naturales; la magnesita de salmueras sustituir a la mineramente explotada; el grafito, la sílice, etc, por no alargar más la lista de materias reemplazables.

Sobre el grado de abastecimiento en el punto 4 sintetizaremos la situación española respecto a caolines y feldespatos.

2.4. ENERGETICAS

Estimamos que las implicaciones de la crisis energética merecen un punto aparte, por su actualidad e importancia.

Las R y MI son en general bajos consumidores de energía tanto en su extracción como en su tratamiento.

La Tabla 2 recoge la clasificación de consumos energéticos estadounidenses:

TABLA - 2

LAS 12 INDUSTRIAS MAYORES CONSUMIDORES DE ENERGIA ENTRE LAS DE TRANSFORMACION DE MATERIAS PRIMAS MINERALES

	Energía unitaria (10 ⁶ Btu/t).	Energía total (10 ¹² Btu/año)
Hierro y acero	24,9	3.800
Aluminio primario	244,0	1.100
Cemento	7,6	688
Amoniaco	39,0	586
Cobre primario	112,0	221
Recipientes vidrio	17,4	216
Cloro (gas y líquido)	19,3	199
Cal	8,5	182

	Energía unitaria (10 ⁶ Btu/t).	Energía total (10 ¹² Btu/año)
Fósforo	24,0	147
Oxígeno, nitrógeno	4,5	111
Arena, grava, áridos machaqueo	0,056	104
Zinc	65,0	92

FUENTE: Battelle-Columbus Laboratories.

Si clasificamos los distintos productos transformados, según su consumo energético por tonelada producida, tenemos en el grupo de los de bajo consumo intensivo (menos de 5 x 10⁶ Btu/t):

TABLA - 3

MATERIALES DE BAJO CONSUMO ENERGETICO INTENSIVO

(10⁶ Btu/Tn)

Arena y grava	0,056	Caolín	2,8
Aridos machaqueo	0,056	Nitrógeno	2,9
Sal	0,17	Oxido arsénico	3,0
Acido sulfúrico	0,83	Ladrillos	3,5
Yeso calcinado	1,5	Oxígeno (gaseoso)	3,6
Feldespato	2,0	Refractarios	4,2
Esmeril	2,1	Argón líquido	4,3

FUENTE: Battelle-Columbus Laboratories

Observando ambas tablas podemos afirmar que las rocas y minerales industriales ocupan una posición favorable en cuanto al consumo energético. Pueden considerarse excepción:

- el cemento; en lugar aceptable en cuanto a consumo intensivo; pero, con un importante gasto anual dada la magnitud de su industria. Los ahorros en este sector son globalmente importantes.
- los recipientes de vidrio, el cloro, la cal y el fósforo —como productos más relacionados con las R y MI— son grandes consumidores ya que entran en el ranking de los diez primeros.

De hecho en los últimos años aunque la crisis energética, lógicamente, ha aumentado los costes de explotación no ha influido tan desfavorablemente en la producción de R y MI que se ha visto aumentada, como citábamos anteriormente.

Incluso podríamos decir que la crisis ha tenido consecuencias favorables para algunos minerales no metálicos:

- claro aumento de la producción de perlita y boro como aislantes. La vermiculita y la diatomita muestran igual tendencia por la citada propiedad.
- tendencia al mayor empleo de vidrios aislantes con el correspondiente consumo de arena.
- aumento del consumo de fluorita para pilas solares.
- producción masiva de escorias, asimilables a las rocas industriales —como consecuencia del empleo generalizado del carbón. Se están encontrando y desarrollando muchas nuevas aplicaciones para ellas.

- futuro aumento de consumo de boratos en aislantes celulósicos.

- idem. para el caolín respecto al empleo de fibras aislantes refractarias.

Quizás el hecho más significativo sea la sustitución de los hidrocarburos por carbón en muchos procesos, destacando la industria del cemento y el secado —en general— de pulpas.

3. METODOLOGIA EN LA EXPLORACION, PROSPECCION Y EVALUACION DE YACIMIENTOS.

3.1. EXPLORACION Y PROSPECCION

3.1.1. Introducción:

La mayoría de los descubrimientos de R y MI han sido hecho por prospectores de escasa formación técnica. Estas sustancias se suelen explotar generalmente en grandes masas alforantes de fácil localización. Los yacimientos de potasa de Nuevo Méjico, Canadá y la Costa del Golfo se han descubierto perforando para buscar petróleo, las grandes reservas de boratos de California con sondeos para agua. Así como la investigación geológico-minera de los minerales metálicos y energéticos invierte grandes sumas y cuenta con un elevado número de expertos, hasta, incluso, una atomización de las técnicas, exclusivamente los minerales no metálicos más caros (asbestos, caolín, fosfatos, y poco más) cuentan con algunos geólogos especialistas. Efectivamente, solamente impulsarán a los explotadores a conocer sus depósitos o descubrir otros nuevos, los consumidores de materias primas que:

- empleen sustancias de alto precio, (p.e: asbestos)
- exijan una uniformidad en los suministros, lo que va ligado a una tecnificación de los procesos, (p.e: caolín)
- necesiten asegurar unas reservas para respaldar fuertes inversiones (ejemplo, los fabricantes de cemento).

En la compra de estas materias primas parece oportuno recordar que muchas veces lo barato es caro y que lo caro puede ser mucho más barato.

En resumen lo que cabe preguntar a la ingeniería geológica es:

- 1) Relaciones reservas/calidades para satisfacer las previsiones de la demanda —para cada uso particular— durante un tiempo de unos 20 años, período mínimo requerido por la industria minera.
- 2) Como explotar el yacimiento para maximizar la rentabilidad de la mina y mantener la uniformidad de los productos, de acuerdo con las especificaciones requeridas para cada uso.

3.1.2. Niveles de reconocimiento:

Tomando como referencia la labor desarrollada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) podemos distinguir las dos fases de reconocimiento infraestructural llevadas a cabo por la Administración.

- Mapas Generales de Inventario General, publicados para toda España a escala 1:200.000 que recogen: a) información bibliográfica, b) recopilación de explotaciones, c) análisis información geológica, d) muestreo y reconocimiento de yacimientos y explotaciones so-

bre el terreno, e) análisis y ensayos.

- La investigaciones sectoriales, se refieren a una sustancia particular sobre zonas preseleccionadas de todo el territorio nacional y cubren básicamente: a) localización y evaluación de yacimientos y áreas potenciales y caracterización tecnológica de reservas, b) estudios económicos de viabilidad, c) programación de la investigación futura, d) adecuación a la industria consumidora.

Hasta ahora dentro de este tipo de estudios se han contemplado: mármoles, bentonitas, feldspatos, dunitas y serpentinas, asbestos, colines, yasos, pizarras y están en curso los correspondientes a arcillas y magnesitas.

A este tipo de trabajos hay que añadir las prospecciones y reconocimientos de detalle llevados a cabo por los particulares. No se puede decir que la actividad sea muy significativa en nuestro país. Dentro de la general destecnificación de las explotaciones —en las que parece ser que lo que menos preocupa es asegurar unas reservas o anticiparse a desagradables sorpresas por cambios de calidad— debemos considerar una excepción a los fabricantes de cemento, por ser el grupo de la industria privada que más se preocupa por garantizarse el suministro de sus materias primas. Entre todas las restantes sustancias se pueden contar con los dedos de una mano las investigaciones serias realizadas, llevadas a cabo generalmente por empresas de tradición investigadora de minerales metálicos (Rio Tinto Patiño, S.A. y otras).

3.1.3. Técnicas:

- Geológicas: los “productos” finales son: un mapa —litológico y estructural— con los afloramientos de la zona de estudio y una serie de cortes estructurales y mapas de isobatas (curvas de igual profundidad), isopacas (curvas de igual potencia) y de isofacies —estos dos últimos para las rocas sedimentarias— de la formación objetivo, que permiten definir la morfología del depósito y las variaciones de calidad.
- Geofísicas: la elaboración de los anteriores documentos puede requerir el empleo de técnicas geofísicas.

La Tabla 4 resume el empleo de dichas técnicas en la investigación de algunas R y MI.

En la publicación de Juan González-Montero “Cerámica y Vidrio”, 9-10/1978, se recoge una exhaustiva lista de aplicabilidad de la geofísica al estudio de los yacimientos de caolín según las distintas tipologías de los mismos. Se consideran como métodos de batalla el eléctrico de resistividad y el sísmico de refracción y como métodos de desbroce la gravimetría y la magnetometría. Sobre las posibilidades de las testificación geofísica en explotaciones de R y MI podemos citar nuestro trabajo sobre el tema publicado en “Industria Minera” en abril de este año; como se señala en la citada publicación: “la aplicación de la testificación geofísica permite perforar un número de metros seis veces mayor por el mismo coste que supondría la toma de testigos mecánicos”.

TABLA - 4

	Magné- tico.	Polariz. Inducida	Electro- magnéti. .	Resis- tivid.	Autopo- tenc.	Gravime- tría	Sísmi- ca.	Radiometr
Sales alcali- linas.						1		1
Barita		1				1		
Bauxita							2	
Cromita	2	1				1		
Arcilla		1		1			2	
Diamante	2			2		2	2	
Grafito		1	1	1	1			
Grava				1			1	
Caolín		1		1			1	
Fosfatos								1
Sal				1		1	1	
Mena				1			1	
Vermiculita		1		1			2	

1. localización directa

2. localización indirecta

FUENTE: J.B. Rivington, 2º Congreso Internacional de Minerales Industriales, 1976.

En cuanto a la mejor herramienta de exploración que se pueda haber inventado: el sondeo mecánico, cabría hacer dos observaciones en cuanto a dos tipos de exigencias que plantean dificultades especiales.

- la perforación no contaminadora (de caolín, sin emplear bentonita, por ejemplo).
- la toma de testigos de material suelto (arenas caoliníferas, etc).

3.1.4. Resumen de un caso práctico:

Consideramos muy ilustrativo presentar un caso práctico de aplicación exclusiva de la geología a un problema típico de abastecimiento de materias primas no metálicas. Resumimos su presentación a las últimas Jornadas Minero Metalúrgicas (Bilbao, 1976) —donde recibió el premio Leopoldo Barcena de Investigación geológico-minera—; son autores del trabajo J. Coma y C. Felgueroso, que prestaban sus servicios, cuando hicieron el estudio, en nuestra misma Compañía.

“En el año 1976 se presentó una situación crítica en las canteras de calizas de la fábrica de Cementos del Mar, S.A. por el súbito y continuo aumento del contenido en óxido de magnesio del material explotado, que rápidamente llegó a alcanzar valores peligrosos.

La abundancia de intercalaciones dolomíticas en toda la zona hacía difícil localizar nuevas zonas explotables.

Es normal y tradicional que las canteras de materias primas para la fabricación de cementos se investiguen por medio de una costosa campaña de sondeos; estos se suelen distribuir según una apretada malla establecida generalmente sin tener presentes las características geológicas reinantes. La aplicación en este caso, y en otros muchos, de métodos geológicos sencillos llevados a la práctica por técnicos expertos, permiten evaluar con mucho detalle, y con un mínimo de sondeos, tanto la calidad como las reservas de las materias primas.

La técnica empleada consiste en el estudio geológico de detalle de la zona para conocer con claridad sus características estratigráficas y estructurales; ello permite programar el mínimo demuestre manual representativo del material existente.

Durante el estudio realizado se tomaron más de 1.300 muestras analizándose en ellas el contenido de CaO y MgO; en algunos perfiles llegaron a tomarse, como media, hasta una muestra cada 30 cms.

Por este procedimiento se definieron tres nuevas zonas de calizas explotables, en las que se evaluaron sus reservas

y se calculó su contenido medio de MgO.

Elegida por Cemenmar la más cercana a la primitiva cantera, unos 900 m., se puso en explotación, y hay que destacar que para la investigación de esta zona concreta, una vez conocida su disposición estructural, solo fue necesario tomar 139 muestras y perforar con sondeos 235 metros. El contenido medio de MgO calculado para las calizas fue de 0,72 % para el tramo inferior y 1,19% para el superior. Cuatro años de explotación realizados hasta el presente, han confirmado plenamente el estudio y la corrección del cálculo, habiéndose encontrado diferencias máximas de solo una décima respecto a los valores preestablecidos en el Informe.

En resumen, el método de investigación empleado, al proporcionar una información completa de las características geológicas reinantes, permite resolver los problemas con eficacia y precisión, y además, comparado con el simple estudio realizado exclusivamente por sondeos, puede, en condiciones óptimas resultar hasta 10 veces más económico”.

3.2. ENSAYOS

Como señalábamos en el punto 2.2. se trata de uno de los problemas básicos de los responsables del suministro de materias primas: determinar al menor coste el uso más noble de un yacimiento.

Vamos a tomar como ejemplo el caso de las arcillas, particularmente interesante en el sector cerámico.

De acuerdo con Souza Santos (1975) la caracterización tecnológica de una arcilla, por ejemplo, debe comprender los siguientes siete grupos de propiedades:

- 1) textura, 2) composición mineralógica (color, composición química, indentificación de componentes), 3) iones de cambio, 4) propiedades micrométricas (granulometría, superficie específica, forma de las partículas, forma de los aglomerados, porosidad), 5) sistema arcilla-agua (plasticidad dispersión coloidal, floculación y defloculación, propiedades neológicas). 6) propiedades fisicomecánicas en función de la temperatura-propiedades cerámicas (métodos de conformación, contracciones, tensiones de rotura, densidad-absorción-porosidad, refractariedad), 7) propiedades específicas (carga y cubriente, ligante, decolorante, agente catalítico, pigmento, abrasivo, agente de suspensión).

El prospector tiene el problema de seleccionar los ensayos rutinarios aplicables a un gran número de muestras, que resulten económicos y resolutivos. Como ya señalamos en esta reunión se presenta el trabajo realizado para el IGME por CGS para la exploración sistemática de arcilla, que ha sido precedido por un estudio comparativo de numerosos métodos de caracterización.