

ESTUDIO INTEGRAL DEL CAOLIN EN
CUATRO AREAS SELECCIONADAS DE
ASTURIAS.

1.990

11236

El presente proyecto ha sido realizado en régimen de contratación por la empresa HESPERICA S.L. para el INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA.

En su realización han participado Victor Manuel Cembreros González y Juan Ramón Cossio Fernández, licenciados en Ciencias Geológicas, bajo la dirección y supervisión de la Sección de Rocas y Minerales Industriales del ITGE.

Agradecemos la colaboración de C. Aramburu (Departamento de Estratigrafía Universidad de Oviedo) por los datos referentes a la génesis del caolín.

INDICE

	<u>Págs.</u>
1. INTRODUCCION	1
2. ANTECEDENTES	2
3. OBJETIVOS	3
4. TRABAJOS REALIZADOS	4
5. GENESIS DEL CAOLIN PETREO	7
6. HISTORIA MINERA	11
6.1. ANTECEDENTES HISTORICOS	11
6.2. LABOREO MINERO	17
6.2.1. SISTEMA DE EXPLOTACION	20
7. USOS Y APLICACIONES DEL CAOLIN	22
7.1. INDUSTRIAS CONSUMIDORAS. NORMATIVA Y ESPECIFICACIONES	25
7.1.1. INDUSTRIA CERAMICA	26
7.1.1.1. IMPUREZAS PARA LA CERAMICA ..	32
7.1.2. INDUSTRIA DEL PAPEL Y CARTON	33
7.1.2.1. EMPLEO COMO CARGA	33
7.1.2.1.1. Impurezas para las cargas	36
7.1.2.2. ESTUCADO	37
7.1.3. INDUSTRIA DEL CAUCHO	39
7.1.3.1. IMPUREZAS PARA EL CAUCHO	40
7.1.4. INDUSTRIA DE ABONOS	41
7.1.5. INDUSTRIA DE PESTICIDAS	42
7.1.6. INDUSTRIA DE PINTURAS Y ADHESIVOS	42
7.1.7. INDUSTRIA DEL PLASTICO	43
7.1.8. INDUSTRIA DEL CEMENTO	43
7.2. MERCADOS TRADICIONALES DEL CAOLIN ASTURIANO .	44
7.2.1. INDUSTRIA DEL CEMENTO	45
7.2.2. ELABORACION DE CHAMOTAS	46
7.3. PRESPECTIVAS DE FUTURO. NUEVAS APLICACIONES .	48
7.3.1. APLICACION DE CAOLIN ASTURIANO EN LA INDUSTRIA DE LA CERAMICA FINA Y GRES .	48
7.3.2. OBTENCION Y CARACTERIZACION DE PREMULLITA	50
7.3.3. MERCADO DE LAS CHAMOTAS ALUMINOSAS ...	53
7.3.4. MERCADO DEL CAUCHO Y PLASTICOS	56

	<u>Págs.</u>
8. ZONAS MINERAS DE INTERES	58
8.1. AREA I.- GORFOLI	58
8.1.1. MARCO GEOGRAFICO	58
8.1.2. HISTORIA MINERA	59
8.1.3. MARCO GEOLOGICO	59
8.1.4. NIVEL DE CAOLIN	61
8.1.5. MINERIA	63
8.1.5.1. GRADO DE EXPLOTACION	63
8.1.5.2. RESERVAS	64
8.1.6. CONCLUSIONES	65
8.2. AREA II.- BARZANA	66
8.2.1. MARCO GEOGRAFICO	66
8.2.2. HISTORIA MINERA	67
8.2.3. MARCO GEOLOGICO	68
8.2.4. NIVEL DE CAOLIN	70
8.2.5. MINERIA	74
8.2.5.1. GRADO DE EXPLOTACION	74
8.2.5.2. RESERVAS	78
8.2.6. CONCLUSIONES	80
8.3. AREA III.- SIERRA DE LA CURISCADA	81
8.3.1. MARCO GEOGRAFICO	81
8.3.2. HISTORIA MINERA	81
8.3.3. MARCO GEOLOGICO	82
8.3.4. NIVEL DE CAOLIN	83
8.3.5. MINERIA	86
8.3.5.1. GRADO DE EXPLOTACION	86
8.3.5.2. RESERVAS	86
8.3.6. CONCLUSIONES	87
8.4. AREA IV.- ARROYO FARANDON	88
8.4.1. MARCO GEOGRAFICO	88
8.4.2. HISTORIA MINERA	88
8.4.3. MARCO GEOLOGICO	90
8.4.4. NIVEL DE CAOLIN	92
8.4.5. MINERIA	95
8.4.5.1. GRADO DE EXPLOTACION	95
8.4.5.2. RESERVAS	97
8.4.6. CONCLUSIONES	99
8.5. AREA V.- BANDUJO	100
8.5.1. MARCO GEOGRAFICO	100
8.5.2. HISTORIA MINERA	101
8.5.3. MARCO GEOLOGICO	101
8.5.4. NIVEL DE CAOLIN	103
8.5.5. MINERIA	105
8.5.6. CONCLUSIONES	106
8.6. AREAS NEGATIVAS	107
8.6.1. ZONA DE LA CABRUNANA	107
8.6.1.1. MARCO GEOLOGICO	107
8.6.1.2. PROSPECCION DEL NIVEL DE CAO- LIN	107
8.6.1.3. CONCLUSIONES	108

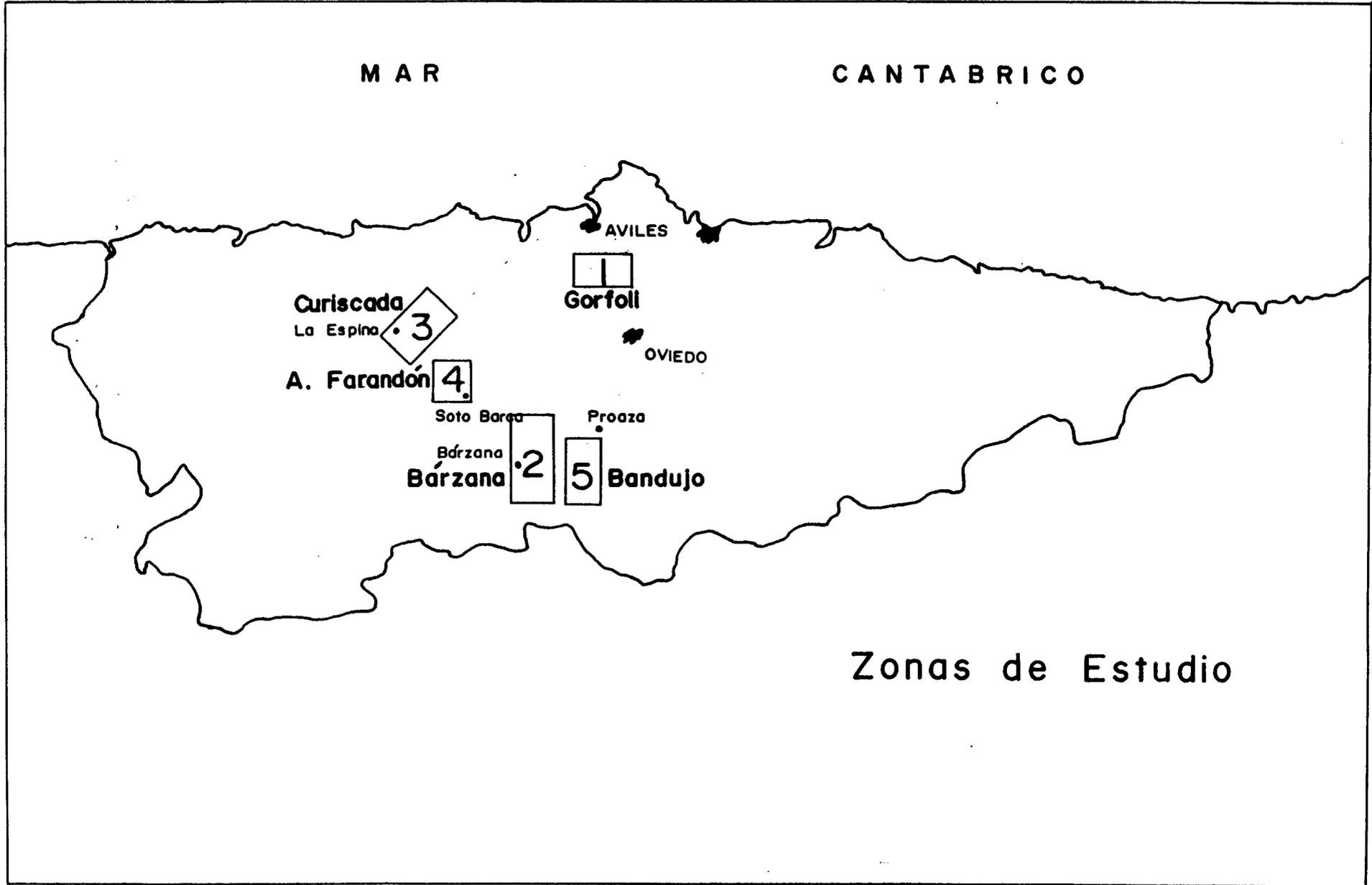
	<u>Págs.</u>
8.6.2. ZONA DE TUNON	108
8.6.2.1. MARCO GEOLOGICO	109
8.6.2.2. PROSPECCION DEL NIVEL DE CAO- LIN	109
8.6.2.3. CONCLUSIONES	109
9. CONCLUSIONES GENERALES	110
10. RECOMENDACIONES	111
11. BIBLIOGRAFIA	112

1. INTRODUCCION.

El caolín es un mineral explotado en Asturias desde hace tiempo, el desarrollo de esta actividad minera ha estado ligado a la marcha de la industria siderúrgica en donde se emplea, por su caracter refractario, en la cerámica de revestimiento de los hornos. Las exigencias de este mercado que demanda caolines cada vez más puros unida a la falta de investigación sobre otras aplicaciones, ha originado una crisis en el sector acentuada a su vez por la falta de estudios que definan claramente los grados de calidad de los diferentes yacimientos o zonas mineras.

Ante esta situación, diversos organismos tales como el Instituto Tecnológico GeoMinero de España, la Dirección Regional de Minas del Principado de Asturias, el Instituto de Fomento Regional o la Universidad de Oviedo; han realizado en los últimos años varios trabajos de investigación encaminados a buscar nuevas aplicaciones de esta materia prima unos, a conocer su génesis otros y a investigar su potencialidad minera, en definitiva, los restantes.

El presente estudio denominado "ESTUDIO INTEGRAL DEL CAOLIN EN CUATRO AREAS SELECCIONADAS DE ASTURIAS", ha sido planificado por el Instituto Tecnológico y GeoMinero de España como consecuencia de las conclusiones derivadas de un proyecto general realizado anteriormente por este organismo, en el año 1.987, bajo el título "INVESTIGACION DE CAOLINES EN EL PRINCIPADO DE ASTURIAS 1ª FASE".



2. ANTECEDENTES.

Existen una serie de trabajos anteriores sobre el caolín de entre los que citaremos como más significativos:

- Investigación sobre caolines y cuarzo en Asturias (IGME) 1.972.

- Estudio tecnológico sobre caolines y arcillas (IGME) 1.977.

- Inventario nacional de caolines (IGME) 1.984.

- Estudio tecnológico para definición de campos de aplicación del caolín de Asturias (Consejería de Industria y Comercio del Principado de Asturias) 1.985.

- Aplicaciones de los caolines asturianos (IFR) 1.986

- Investigación de caolines en el Principado de Asturias la fase (IGME) 1.987

Algunos de ellos son muy generales limitándose a describir las minas en activo de esta sustancia y el mercado que abastecen, son los casos del Inventario nacional de caolines o el denominado Investigación de caolines y cuarzo en Asturias.

Los estudios tecnológicos por otra parte, definen el tipo de ensayos a realizar para determinar las posibles aplicaciones y a continuación describen el resultado de los diferentes análisis, ensayos y pruebas tecnológicas. De estos trabajos se desprende la necesidad de diferenciar las distintas calidades de caolín según sus aplicaciones, planteando la necesidad de seleccionar en mina las diferentes

clases y proponen la creación de parques de caolín, que garanticen homogeneidad en el producto y estabilidad de las calidades ofertadas al mercado.

En general se concluye la idea de que este mineral está infrutilizado en sus posibles aplicaciones de más alto valor, por falta de una adecuada clasificación de calidades en los propios yacimientos.

Por último está el estudio "Investigación de caolines en el Principado de Asturias", en el que se recopilan y analizan todos los documentos disponibles sobre el caolín, tanto públicos como privados, se realizan cartografías a distintas escalas y una amplia campaña de toma de muestras que una vez analizadas en el laboratorio, permiten definir composiciones químicas, mineralógicas y posibles usos de los caolines muestreados. Como conclusión final se definen cuatro zonas que reúnen características suficientes como para acometer una investigación geológico-minera más detallada. Esto ha dado lugar a la realización del presente proyecto.

3. OBJETIVOS.

La finalidad del presente estudio ha sido una investigación exhaustiva del potencial minero de las cuatro zonas siguientes:

Gorfolí

Bárzana

Sierra de La Curiscada

Arroyo Farandón.

A ellas se añadió posteriormente la zona de Bandujo al descubrirse en ella un buen afloramiento de la capa de caolín desconocido hasta ahora.

De acuerdo con la Dirección del proyecto se definieron dos objetivos principales:

- Cartografía geológica de detalle E. 1/5.000 de las cinco zonas seleccionadas.
- Estudio del grado de explotación de estas áreas que permita una evaluación de reservas.

Como objetivo complementario se fijó la exploración de dos zonas menores, en las cuales aflora la formación "Cuarcita de Barrios" y que, por tanto, tienen potencial geológico-minero de caolín, aunque no se localizó el mineral durante dicha exploración.

4. TRABAJOS REALIZADOS.

Para alcanzar estos objetivos se siguieron las directrices marcadas en el plan de trabajo del Pliego de Condiciones Técnicas que define el proyecto, junto con las observaciones efectuadas por la Dirección Técnica del mismo.

a) Recopilación y análisis de la información.

Se reunió toda la información documental disponible, procedente del ITGME, Dirección Regional de Minas e Instituto de Fomento Regional, así como separatas y artículos de revistas científicas. A medida que fueron avanzando los trabajos, se contactó con las diferentes empresas mineras con actividad en las distintas zonas, cuya información ha

sido fundamental para el conocimiento de las áreas explotadas. Así mismo fue de gran ayuda la información facilitada por los lugareños, generalmente viejos mineros, para conocer el grado de explotación de las minas abandonadas de las que no existe documentación alguna.

b) Cartografía geológica.

Utilizando como base topográfica las hojas del mapa a escala 1/5.000, realizado por la Diputación Provincial, se procedió a la realización de la cartografía geológica de la capa de caolín en las cinco zonas principales totalizando en su conjunto una superficie de 2.281,58 Ha.

Zona I - Gorfolí. Con una superficie de 360 Ha, se encuentra situada al sur de Avilés, formando parte de la Sierra del Pedroso, está constituida principalmente por el monte Gorfolí.

Zona II - Bárzana. Con una superficie de 450 Ha, está situada al sur de la localidad de Grado, en la vertiente este del valle del río Cubia.

Zona III - Sierra de La Curiscada. Con una superficie de 600Ha, está situada al sur de la localidad de La Espina, formando parte de las sierras de Bodenaya y La Curiscada.

Zona IV - Arroyo Farandón. Con una superficie de 400 Ha, está situada al sureste de El Crucero, en la sierra de La Cogolla.

Zona V - Bandujo. Con una superficie de 450 Ha, se encuentra situada al suroeste de la localidad de Proaza, cortando el valle del río Teverga hasta Sograndio.

En cuanto a las otras dos zonas con posibilidades, Zona de Tuñón y alto de La Cabruñana, se realizaron todos los recorridos de campo posibles, llegando incluso a la apertura de zanjas, sin que se haya puesto de manifiesto en ninguna de ellas la existencia del nivel de caolín, por lo que no se procedió a su cartografía.

c) Estudio del grado de explotación.

Las cinco zonas en las que hay constancia de la existencia de caolín, han sido objeto de explotaciones mineras a lo largo del tiempo. Algunas de estas explotaciones se encuentran activas en la actualidad, mientras que otras han sido abandonadas resultando inaccesibles.

En aquellas que hay actividad, se contactó con las empresas concesionarias con el fin de obtener la información necesaria para conocer los sistemas de laboreo y el grado de explotación. En el resto se utilizaron criterios de campo tales como situación de hundimientos, coladeros, situación y volumen de escombreras, presencia de bocaminas de montaña, junto con la información facilitada por antiguos mineros.

Con toda esta información se realizaron una serie de perfiles-capa en donde se representaron a escala 1/10.000 la traza de la capa y las zonas explotadas, permitiendo una visión bastante precisa del estado actual de las reservas en cada una de las zonas.

d) Actualización de las fichas-inventario.

Habiendo llegado a la conclusión de que la capa de caolín está suficientemente muestreada por trabajos anteriores, se decidió de acuerdo con la dirección del proyecto por parte del ITGE una revisión de las fichas, procediendo a concentrar toda la información analítica y de campo en los nuevos modelos de ficha del Archivo Nacional de

Rocas y Minerales Industriales. Para ello se comprobó en campo que las coordenadas de las muestras revisadas correspondieran con los afloramientos estudiados; una vez asegurados que la información correspondía al mismo punto, se procedió a completar cada una de las fichas mediante el refundido de datos.

e) Redacción del informe final.

Por último, se procedió a la elaboración de la memoria en la que se recoge toda la información generada a lo largo del estudio, las conclusiones a que se ha llegado y la documentación gráfica correspondiente en forma de mapas geológicos 1/5.000, cortes generales, columnas y planos-capa.

5. GENESIS DEL CAOLIN PETREO.

El caolín pétreo asturiano o "flint clay" se encuentra interestratificado, con una amplia distribución geográfica, en el seno de la Cuarcita Armoricana de edad Ordovícico inferior.

En general el proceso de formación del caolín se debe, según diversos autores, a una alteración química de la roca originaria, rica en feldspatos, aunque también puede obtenerse a partir de otros silicatos como la hornblenda. Esta transformación química está determinada principalmente por una acción hidrolítica, en condiciones neutras o moderadamente ácidas, que tiene como consecuencia un amplio lavado de bases y pérdida de sílice. La acción hidrolítica puede deberse a aguas meteóricas, procesos hidrotermales o a la acción orgánica relacionada con la proximidad de depósitos carbonosos generadores de ácidos orgánicos.

Los últimos estudios sugieren que el nivel de caolín interestratificado en la cuarcita de Barrios, procede de la alteración diagenética "in situ" de una toba de cenizas volcánicas de transporte eólico (ARAMBURU, 1.989). Este autor se basa en las siguientes observaciones:

- Geometría tabular de la capa, similar a la de los "tonstein", incluyendo: amplia distribución geográfica con solo ligeros cambios de espesor; los contactos con las rocas infra y suprayacentes son netos, mientras que otros niveles arcillosos interestratificados en la misma formación tienen cambios laterales frecuentes y gradan a veces en cuarcitas.

- Composición mineral prácticamente homogénea (caolinita) mientras que en los otros niveles predomina la illita.

- El conjunto de la capa constituye una minisequencia granodecreciente, con frecuentes microsecuencias internas menores.

- Por lo general, no existe bioturbación dentro de la capa de caolín, sin embargo es intensa en las capas adyacentes, con gran abundancia de Skolithus.

- Como componentes minerales característicos hay frecuentes granos de cuarzo muy angulosos y de contornos cóncavos, con extinción recta y escasez de vacuolas. Este tipo de cuarzo es frecuente en tobas y "tonstein" de caolinita de origen volcánico. Algunos de ellos son idiomorfos o muestran golfos de corrosión. Igualmente existen circones idiomórficos muy alargados, frecuentes vermiculas de caolinita y trazas de zeolitas.

- Presencia común de otras rocas volcánicas interestratificadas en el Cámbrico-Ordovícico de la zona.

Este conjunto de elementos han sido reconocidos en tonsteins, y citados como evidencias de origen volcánico por numerosos autores.

La gran extensión lateral de la capa de caolín parece indicar que la erupción volcánica que originó las cenizas fue del tipo "pliniense", o bien "freatopliniense". Las erupciones plinienses tienen lugar principalmente a partir de magmas de composición ácida, las freatoplinienses son erupciones freatomagmáticas también derivadas de magmas generalmente ácidos (riolíticos), aunque pueden llegar a tener una composición intermedia o incluso básica (basáltica). Generalmente los "tonstein" más extensos lateralmente proceden de tobas de composición ácida.

En cuanto al medio sedimentario, se supone que la capa de caolín fue depositada en un ambiente comparable al de las facies de abandono de deltas, semejante a donde se formaron las capas de carbón más extensas. La pendiente muy baja de la cuenca debió dar lugar a un ambiente parcialmente restringido, con poca circulación marina (excepto en época de tempestades). Aunque el aporte de agua dulce de procedencia continental debió de ser escaso durante el depósito de las cenizas, tal vez fue lo suficiente como para originar un ambiente salobre. Pero además a 1 ó 2 m. sobre la capa de caolín, se encuentran cuerpos espesos de areniscas de llanura aluvial distal; el agua dulce que transportó estos sedimentos debió de infiltrarse hasta la capa de cenizas volcánicas, siendo favorecido este proceso por los muy numerosos tubos de skolithus que hay en el tramo de alternancias que recubre la capa de caolín. La presencia de materia orgánica, como lo sugiere la abundancia de icnofauna y los colores oscuros de las diferentes litologías de la roca

encajante, pudo haber proporcionado el pH ácido y las condiciones reductoras adecuadas.

Por último la capa de caolín sufrió una diagénesis intensa, probablemente a elevadas presiones. En secciones delgadas se observa que la roca está formada por granos de caolinita y cuarzo, de tamaño arena fina, en el seno de una matriz de caolinita de grano más fino que actúa a modo de cemento dando lugar a la litificación.

En resumen los factores determinantes de la formación de la capa de caolín han sido:

- Existencia de una importante erupción volcánica más o menos distal, probablemente de naturaleza ácida, cuyas cenizas a través de un transporte eólico se depositaron de manera homogénea en una gran extensión.
- Enterramiento de la capa de cenizas bajo un material embebido en agua dulce, con abundante porosidad, que permite la circulación de estas aguas y el consiguiente lavado de la capa de cenizas.
- Presencia de materia orgánica que acidifica el pH del agua facilitando el proceso de caolinización.
- Diagénesis intensa que da lugar al carácter pétreo del caolín.

6. HISTORIA MINERA.

6.1. ANTECEDENTES HISTORICOS.

La explotación del caolín asturiano ha estado fundamentalmente ligada al desarrollo industrial de la región, especialmente potenciada a raíz de la instalación de la Empresa Nacional Siderúrgica (ENSIDESA).

Sabido es que el sector siderúrgico es el principal consumidor de caolín en Asturias, debido a la necesidad de utilización de materiales refractarios silicoaluminosos, imprescindibles a la hora de fabricar los revestimientos interiores de todas aquellas cámaras de alta temperatura, en cuyo interior tienen lugar los procesos de fundición.

Además, no solo se demanda este tipo de materiales en los altos hornos, ya que numerosas empresas de transformación y derivados del hierro y el acero, al funcionar como fundiciones, utilizan gran cantidad de ladrillo refractario.

Esta considerable demanda potenció en su momento el consumo del caolín pétreo asturiano, generalmente despreciado por el sector cerámico, mercado tradicional para los caolines de calidad, al descubrir su utilidad para la obtención de chamota, materia prima básica para la fabricación de ladrillos refractarios de alta temperatura.

Gracias a esta nueva aplicación, puesta en marcha a finales de los cincuenta, un recurso mineral despreciado por su alta cohesión y bajo grado de blancura, se transformó en una sustancia estratégica dentro del desarrollo industrial, ya que los yacimientos descubiertos cubrían con suficiencia la demanda regional.

Por otro lado, tanto la riqueza en caolinita de estos caolines como el bajo coste que suponía su explotación, así como la sencillez del proceso de chamoteo en planta industrial, posibilitaron la aparición y rápido crecimiento de un sector minero olvidado tradicionalmente.

En un periodo de diez años se descubrieron la práctica totalidad de los yacimientos y se abrió una explotación en cada uno de ellos, de tal modo que la producción se disparó por encima de las 200.000 Tm/año, destinándose la mayor parte de la producción a la fabricación de chamota refractaria.

No obstante, una vez cubierta la demanda del sector siderúrgico se abrió un nuevo mercado, el sector cementero regional, capaz de absorber más de 30.000 Tm/año. Así, el caolín pétreo pasó a formar parte en el proceso de fabricación del "clinker" del cemento blanco por iniciativa de Cementos Tudela Veguín s.a.

Durante los años setenta la producción se estabilizó a niveles de máxima productividad, alcanzándose el mayor índice de ocupación en el sector. El número de empresas explotadoras superaba la decena, dando trabajo a más de quinientos mineros. Administrativamente, toda la superficie de terreno con indicios de caolín fué compartimentada en más de cien concesiones mineras.

Los primeros reajustes de producción aparecieron a finales de los setenta y primeros ochenta, como consecuencia de la crisis energética internacional y de la estabilización y posterior caída en el consumo de acero. Esto influyó gravemente en la demanda de chamota, provocando la caída de producción y por tanto el cierre de numerosas explotaciones.

En 1.984 solo existen tres grupos mineros que controlan el 100% de la producción, unas 160.000 Tn/año, destinadas a los dos mercados tradicionales, el siderúrgico y el cementero:

- Grupo Fernández Alvarez:

Agrupación de pequeñas explotaciones con comercialización conjunta de la producción a través de Arcichamota y Cementos Tudela Veguín s.a.: Caolines de La Espina (grupo Bodenaya), Caolines Armoricanos (grupo Las Colladas), Caolines de Merillés (grupo Calabazos) y Caolines del Narcea (grupos Paloma y Tabladón).

La producción estimada fué de 96.000 Tm/año, de las que 36.000 Tm fueron destinadas a la fabricación de cemento blanco, a un precio de 3.700-4.200 Ptas/Tm. El resto se calcinó en Arcichamota y fue vendido como chamota a 9.500-10.500 Ptas/Tm.

Este grupo funcionaba al 33% de su capacidad, poseyendo generosas reservas de mineral, suficientes para triplicar la producción.

- Grupo A. De La Serna:

Poseedor de concesiones con labores mineras paralizadas, centra su producción en Mina Loly (Calabazos), de donde extrajo 32.000 Tm/año, destinadas en su totalidad a su planta de calcinado, Arciresa. Las chamotas obtenidas salieron al mercado con un precio que oscilaba entre 9.500 y 10.500 Ptas/Tm.

Al igual que el grupo anterior, posee numerosas reservas y derechos mineros y la planta de calcinación podría

tratar el triple del volumen de mineral, pero la crisis siderúrgica acorta la demanda.

- Excalinsa:

Esta empresa es titular de los grupos mineros: María Teresa (Salas), Carmela (Tineo) y Ulises (Tineo), habiendo producido unas 36.000 Tm en ese año, de las cuales la mitad se vendieron en crudo para la fabricación de cemento blanco. El resto se vende a empresas calcinadoras, pues la planta que poseían fue paralizada debido a la crisis. El precio por tonelada fué del orden de 3.700-4.200 Ptas. Al igual que los anteriores grupos poseen numerosas reservas de mineral.

Posteriormente al año 1.984, la crisis se ha venido acentuando, restringiéndose cada vez más el consumo de chamota refractaria, agravado por la aparición en el mercado de otras sustancias refractarias de más alto rendimiento.

En la actualidad solo producen caolín los grupos Fernández Alvarez (mina Bodenaya) y A. De La Serna (mina Loly), habiendo paralizado su producción Excalinsa al cerrar el grupo Ulises. En conjunto, la producción no supera las 100.000Tm/año y la tendencia en función de los mercados útiles es a la baja.

La recesión de la industria siderúrgica y la mayor duración que se exige a los materiales refractarios, con el consiguiente control de impurezas y estabilidad de composición química, han provocado que en la actualidad el mercado se haya restringido considerablemente y que las empresas del sector, explotaciones mineras y plantas de calcinación, atraviesen una situación económica delicada y de incierto porvenir.

Debido a ello y teniendo en cuenta el gran volumen de reservas existente es necesaria la apertura de nuevos mercados capaces de reactivar, o al menos mantener, la producción. Las expectativas a nivel internacional son muy buenas, pues los materiales arcillosos se están convirtiendo en fundamentales dentro de la industria avanzada y las nuevas tecnologías.

En cuanto a los mercados tradicionales de este tipo de caolín pétreo, no existe competencia a nivel nacional para las chamotas que produce, llegando a exportarse pequeñas pero crecientes cantidades, dentro de un mercado internacional en fase de consolidación.

Así el mercado nacional demanda chamotas del tipo 39-41% de alúmina (10.000-11.000 Ptas/Tm) del orden de las 40.000-50.000 Tm/año, siendo fundamental competir con Francia para aumentar el volumen de exportaciones. En cambio de las chamotas de 42-45% de alúmina (con precios superiores, unas 18.000 Ptas/Tm), España importa la totalidad de su demanda interna.

En cuanto al sector cementero, la demanda actual se situa en torno a las 30-35.000 Tm/año de caolín pétreo crudo, volumen susceptible de ampliación si se consigue atraer nuevos clientes a nivel nacional o internacional, siendo para ello imprescindible estabilizar la composición química de las diferentes partidas de acuerdo con las exigencias del producto.

Por tanto, el futuro del caolín asturiano pasa por dos condicionantes básicos:

- El primero consiste en el mantenimiento de las aplicaciones tradicionales, mejorando por homogeneización la calidad del producto lo cual va a permitir la aparición de

nuevos consumidores. En este caso es preciso la adaptación de las plantas de calcinado para la fabricación de productos competitivos, tales como las chamotas ricas en alúmina o las mulcoas, y el equipamiento en sistemas de molienda y micronización que suministren caolín de baja granulometría.

- El segundo condicionante consiste en la definición de nuevos campos de aplicación para estos caolines, lo cual pasa por un periodo de investigación y posterior ensayo a nivel industrial.

En función de las nuevas expectativas creadas en torno al uso del caolín, la administración pública ha optado por desarrollar la investigación propia. Así, a partir de 1.985 y dentro del P.N.A.M.P.M. se vienen realizando una serie de estudios de nuevas aplicaciones y normativas de uso sobre el caolín asturiano, englobados en el proyecto "ESTUDIO TECNOLÓGICO PARA LA DEFINICION DE CAMPOS DE APLICACION DEL CAOLIN DE ASTURIAS" de los cuales se derivan resultados positivos no solo dentro del campo de las nuevas tecnologías, sino también para una serie de sectores cada vez más interesados en el empleo del caolín como materia prima: Cerámica y Grés, Plásticos y Caucho, Abonos y Pesticidas, Pinturas, etc.

La administración regional también ha impulsado este tipo de estudios tecnológicos en vista de los resultados anteriores, acometiendo la realización del estudio "APLICACIONES DE LOS CAOLINES ASTURIANOS", por medio del Instituto de Fomento Regional en el año 1,986.

Debido al incremento futuro del sector del caolín, y a los positivos resultados obtenidos en los estudios tecnológicos para la definición de los campos de aplicación de este tipo de caolín, y con vistas al perfecto conocimiento de algo tan fundamental como son las reservas de mineral existentes, el IGME ha realizado en 1.987 el proyecto

"INVESTIGACION DE CAOLINES EN EL PRINCIPADO DE ASTURIAS. 1ª FASE", en el cual se confirma la idea generalizada sobre el gran volumen de mineral presente en numerosos yacimientos.

Para precisar estos conocimientos, se han seleccionado cinco áreas de gran potencialidad, conocidas y parcialmente explotadas, estudio englobado en el presente proyecto, continuación del anterior.

6.2. LABOREO MINERO.

El caolín pétreo asturiano yace en forma de capa de gran continuidad, intercalado dentro de la formación de cuarcita en facies armoricana llamada "Cuarcita de Barrios" en la Zona Cantábrica.

La potencia de la capa nunca llega al metro, siendo su media de unos 0,7 m y los hastiales que establece la serie a muro y techo son cuarcitas compactas, de elevada competencia.

Usualmente se presenta inclinada por efecto de las deformaciones hercínicas, teniendo buzamientos que oscilan de los 30^0 a los 90^0 . Otros factores estructurales que han de tenerse en cuenta son las fracturas y diaclasas, que provocan saltos y discontinuidades laterales del nivel arcilloso, muy ostensibles a escala minera, junto con frecuentes estrechamientos y acuñaciones originados por la fuerte competencia mecánica de los hastiales.

En conjunto, el modelo minero aplicable a la explotación del nivel de caolín, es similar a la minería filoniana tanto por la forma alargada y estrecha del cuerpo

mineralizado, como por la dureza de la roca de caja y la subverticalidad de la serie.

Una última condición para el laboreo en este tipo de yacimientos la constituye la topografía. Sabido es que los afloramientos de las cuarcitas armoricanas crean en el relieve formas abruptas y acusadas, ocupando siempre las zonas más altas y resistentes a la meteorización. Por ello, el nivel de caolín presenta en la mayoría de los yacimientos regionales, importantes macizos situados por encima del nivel del valle, lo cual faculta un laboreo de bajo coste al situar el nivel base de la explotación inmediatamente por encima de la cota de las aguas.

Debido a lo anterior, es de uso corriente dentro del sector, hablar de reservas de mineral siempre que exista un punto de acceso al interior a través de una galería plana o transversal en estéril con libre circulación de aguas. El precio en el mercado del caolín hace imposible por antieconómico el planteamiento de explotaciones en pozo vertical o plano inclinado.

Así pues, el método tradicional de laboreo es el de minería de montaña, en el que el arranque del mineral se realiza a favor de gravedad, siendo posteriormente dejado caer por los coladeros hasta la planta base, de donde sale al exterior por medios mecánicos de arrastre.

Por último señalar otras dos ventajas en estos yacimientos, asociadas a la gran diferencia de competencia entre el mineral y el encajante. Por un lado está la gran estabilidad de los hastiales, lo cual se traduce en un bajo índice de derrumbes, redundando en seguridad minera y ahorro de tiempo y costes en revestimientos y posteos de labores. Y por otro, la innecesariedad de practicar selección alguna

del mineral, pues el caolín ocupa al completo el ancho del nivel sin intercalaciones de estériles.

El sistema tradicional de laboreo es el de "Dientes de Sierra", sistema particular adoptado por las características mecánicas del caolín asturiano y por la forma del yacimiento según se ha descrito anteriormente. Ensayos de otros sistemas de laboreo a penas si se han realizado, debido a la particularidad a nivel mundial que presentan estos yacimientos de caolín pétreo o "flint clay". El único sistema experimentado con generosidad al margen del tradicional es el denominado de "cámaras almacén", pero no supera en rendimiento al clásico.

El principal problema que presentan estos yacimientos es la difícil mecanización introducible a nivel de arranque, debido principalmente a la poca anchura del nivel y a sus frecuentes estrechones, en los cuales la potencia mengua bruscamente. Este problema se debe en parte a la escasa investigación desarrollada acerca de los métodos de extracción aplicables, y a la imposibilidad de comparar y adaptar equipos desarrollados al no existir yacimientos similares.

No obstante, la Dirección Regional de Minería está fomentando el ensayo de nuevas técnicas de laboreo con vistas a la optimización del modelo minero actual y al aumento del índice de seguridad, tanto de la explotación como de los operarios. Uno de los mayores peligros en esta minería lo constituye el polvo de caolín, muy rico en sílice, que se libera al perforar los barrenos (siempre en seco) y al explosionar los mismos, siendo este uno de los puntos de mayor investigación.

6.2.1. SISTEMA DE EXPLOTACION.

El denominado sistema de "Dientes de Sierra" consiste en el laboreo continuado de un macizo con una altura mínima de 100 m. de arriba abajo, estableciendo una serie de talleres escalonados de base plana, los cuales evacuan el mineral arrancado a través de un sistema de coladeros hasta la base de la explotación, la "galería guía" o principal. (fig.1).

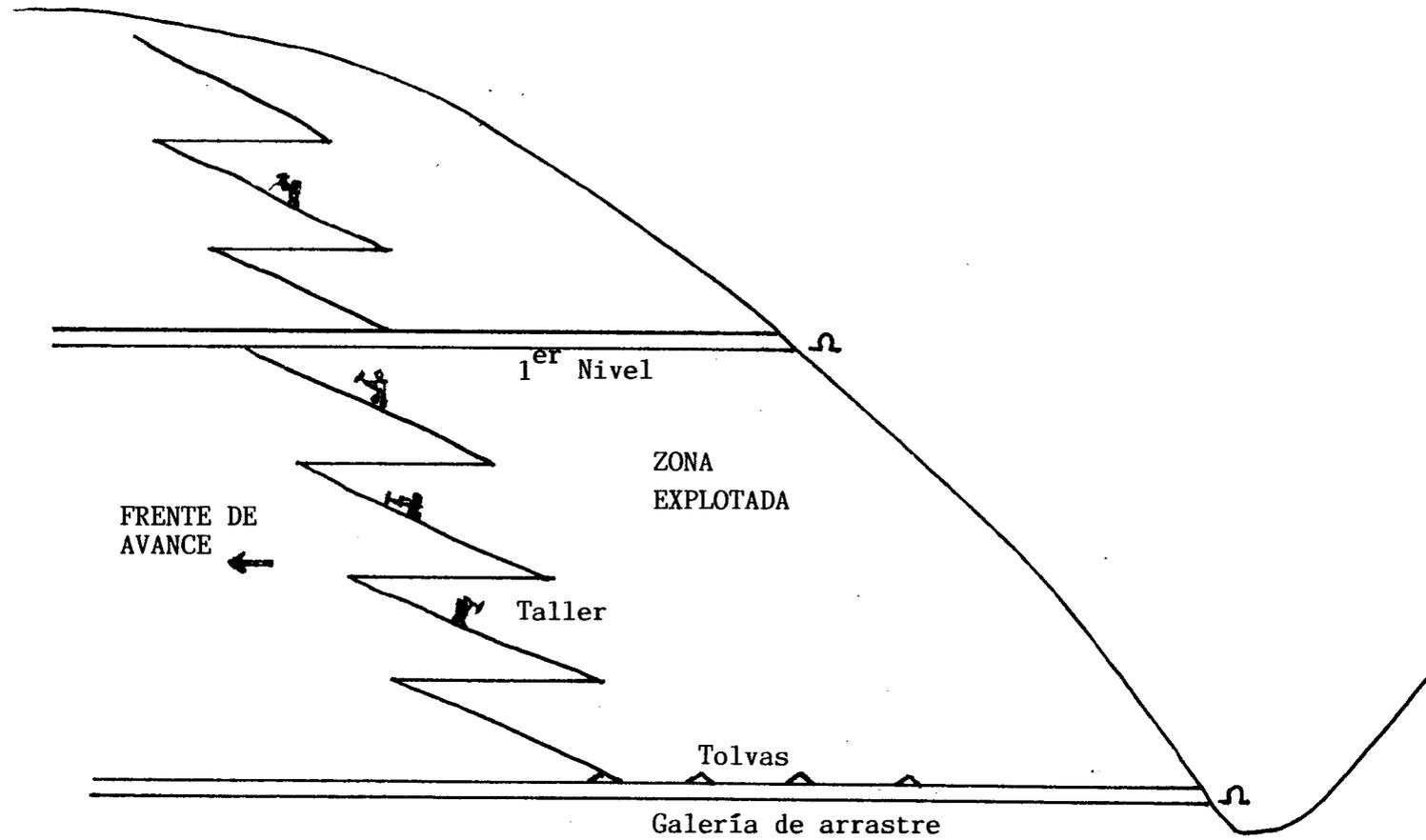
El modelo exige yacimientos con reservas suficientes como para establecer como mínimo un macizo, limitado entre la cota inferior ó de valle y el límite topográfico superior. Si la altura se acerca a los 200 m. de desnivel, se definen dos macizos separados por una galería de ladera que facilita la entrada de material y operarios, pero el caolín arrancado siempre se extrae por el nivel de base.

Una vez localizada, cartografiada y reconocida la capa en superficie y a escala minera, para lo cual se aprovechan los afloramientos naturales y la sistemática apertura de zanjas y calicatas, se elige un punto del terreno, lo más próximo al valle para que conceda la mayor altura posible de macizo, y sobre él se emboquilla la galería de acceso o principal. Esta galería puede ser de tres tipos, pero en los tres presenta idénticas proporciones; unos $5m^2$ de sección, una altura que ronde los 2 m. y un ancho que permita la doble vía:

- a - Galería emboquillada directamente a techo de la capa.
- b - Galería emboquillada en estéril.
- c - Transversal.

La base de la galería guía presenta una inclinación hacia el exterior de $1-2^0$ para permitir la libre evacuación

ESQUEMA DE UNA EXPLOTACION EN "DIENTES DE SIERRA"



(fig. 1)

de las aguas. Sobre ella se coloca el carril y la conducción de aire a presión para los martillos y la ventilación. Para facilitar la ventilación se abren chimeneas siguiendo la inclinación de la capa, las cuales son utilizadas posteriormente como coladeros y para el acceso de material u operarios.

El frente de explotación abarca la totalidad del macizo estableciéndose el taller de laboreo, repartido entre los diferentes tajos o dientes de sierra, con un ancho de 25 a 30 m. Si la inclinación del nivel ofrece un frente superior a lo que ocupan cinco tajos escalonados, se abre un nuevo taller, separado del inferior por medio de una galería, denominada "de cabeza", por la cual se introduce la mayoría del material.

En cada tajo trabaja un picador barrenista coordinado con los otros tajos. El mineral se arranca mediante explosivos, con un avance diario de 1-1,5 m. Al finalizar el turno se realiza la voladura progresivamente entre todos los tajos, y al comienzo de la jornada siguiente se despeja el frente removiendo el caolín con martillo picador, se arrastra el caolín arrancado hacia los coladeros, por donde desciende por gravedad hasta la galería guía.

El barrenado se realiza en seco y en condiciones de gran dificultad debido a la estrechez de la capa, barrenándose horizontalmente. Una vez despejado el frente se procede al posteo con madera de pino, normalmente con balsa al muro y bastidor al techo. Debido a la calidad de los hastiales solo se precisa relleno o fortificación con llaves de madera en aquellas zonas del postaller descompuestas. Modernamente y para aquellas explotaciones con buzamientos próximos a los 35° se vienen utilizando gatos hidráulicos en sustitución de la madera.

Tanto el barrenado como la voladura producen gran cantidad de polvo y ruido, siendo estos los elementos más insalubres en este tipo de minería; por ello se están investigando otras técnicas, bien por vía húmeda, bien por mecanización directa del arranque.

7. USOS Y APLICACIONES DEL CAOLIN.

El caolín es una roca industrial demandada por varios sectores de la industria en su estado natural lo cual ha facilitado desde antiguo su aplicación, siendo directamente considerado como producto comercial y no como mena ni de alúmina ni de sílice. No obstante, gracias a una serie de simples transformaciones industriales analíticamente controladas, se obtiene un derivado del caolín de bajo coste que ha abierto nuevos usos multiplicando su demanda a nivel mundial, especialmente debido a la siderurgia.

Recientemente debido a modernos métodos de transformación, se están obteniendo derivados del caolín de elevado interés industrial, ya que se considera a éste un recurso de gran valor para el desarrollo de nuevas tecnologías, lo cual genera una fuerte reactivación en el consumo mundial de mineral, pasando a constituirse en un recurso fundamental para las sociedades más industrializadas.

El principal problema que afecta a la definición de los campos de aplicación del caolín, está en función de sus características fisico-químicas y texturales, ya que estas varían según los distintos yacimientos a escala nacional y mundial, por lo que para la definición de las propiedades intrínsecas de cada tipo de caolín es necesario realizar las siguientes determinaciones: análisis químico, estudio

físico-químico y caracterización de su estructura molecular mediante curvas de deshidratación, índice de blancura, análisis térmico diferencial, difracción de rayos X, microscopía electrónica, espectro-fotometría de llama, polarografía y estudio de características técnicas tales como granulometría, densidad, viscosidad, plasticidad, fusibilidad, cohesión en crudo, defloculación, coloración y aspecto en cocido, resistencias mecánicas, límite líquido de Atterberg y cocción a distintos grados.

Los factores principales para la definición de los campos de aplicación de un caolín se reducen a cinco:

- Composición de los minerales arcillosos.
- Composición de los minerales no arcillosos.
- Materiales orgánicos.
- Sales solubles e iones cambiables
- Textura.

Si las arcillas están compuestas fundamentalmente por minerales arcillosos, éstos influirán grandemente en sus propiedades mecánicas y plásticas.

Los minerales no arcillosos inciden en menor grado, pero una elevada concentración de alguno de ellos puede constituirse en impureza anulando el uso del caolín parcial o totalmente debido al coste adicional que supone la eliminación de la misma.

Los materiales orgánicos pueden aparecer como fragmentos dentro de los granos del material o absorbidos por su superficie si son líquidos. Su efecto es generalmente pigmentador, provocando algunas veces cambios de base.

El problema de las sales solubles es la compactación que provocan sobre las arcillas, impidiendo la deseada

dispersabilidad del material. La plasticidad y propiedades del caolín pueden ser alteradas por el cambio de iones en sus redes cristalinas.

La textura, especialmente el tamaño de grano y el grado de disgregabilidad, condiciona todos los usos del caolín, especialmente en los sectores de cerámica y papel. La forma de los granos se puede determinar por microscopía electrónica, resultando interesante definirla así como la orientación a la hora de producir agregados.

Las propiedades definidas de cada caolín obedecen a su naturaleza mineralógica y origen geológico. En la actualidad se dispone de suficientes conocimientos teóricos y de sistemas de análisis como para definir las especificaciones del producto caolinífero sacado al mercado. Estos conocimientos suelen ser utilizados por los productores y consumidores a la hora de ponerse de acuerdo para definir el producto por su composición química, mineralógica, granulometría, blancura y por pruebas tecnológicas racionalmente calibradas y estandarizadas.

Por lo general, lo que más valoran los sectores consumidores es la homogeneidad, esto es el mantenimiento de una serie de propiedades en las sucesivas partidas de caolín suministradas, aún a costa de una más baja calidad del producto, porque esto les permite ajustar sus tratamientos industriales estabilizando costes y rendimientos.

La escasa competitividad de los caolines españoles en el mercado internacional se debe en gran medida a la falta de homogeneidad en la calidad, debido a la limitada tecnificación de las plantas de tratamiento y transformación del caolín bruto, y a la ausencia en la mayoría de los casos de controles de calidad.

Este problema afecta fundamentalmente al caolín asturiano, ya que su particular génesis mineralógica origina un caolín pétreo, de fractura concoidea y baja plasticidad, único en su especie a nivel mundial, lo cual obliga tanto a la hora del laboreo minero como en su tratamiento industrial a definir sus propios patrones de comportamiento y campos de aplicación, sin apenas correlaciones con otros tipos. Su mayor defecto lo constituye el grado de unión de sus granos por efecto de la sílice, lo cual impide su disgregación granulométrica, así como un exceso de sílice imposible de eliminar.

Pese a tratarse de una caolinita prácticamente pura, muy baja en impurezas, el problema de la sílice ha limitado su expansión comercial, siendo únicamente demandada para la fabricación de chamotas, base cerámica de los ladrillos refractarios silicico-aluminosos utilizados especialmente en los procesos siderúrgicos, mercado considerado actualmente a la baja.

7.1. INDUSTRIAS CONSUMIDORAS. NORMATIVA Y ESPECIFICACIONES.

Las aplicaciones del caolín son muy numerosas y variadas, hasta el punto de ser una de las principales materias primas no metálicas de mayor consumo. Las causas que determinan esta amplitud y diversidad de usos son consecuencia de una serie de propiedades inherentes a su naturaleza, entre las que cabe destacar fundamentalmente: su blancura, su inercia frente a los agentes químicos, su ausencia de toxicidad, el tamaño reducido de sus partículas, su gran poder cubriente, su elevada refractariedad, su nivel de absorción y adherencia.

Las principales industrias consumidoras de caolín son:

- Industria cerámica en general.
- Industria papelera.
- Industria del cemento.
- Industria metalúrgica.
- Industria petroquímica.
- Industria de plásticos y caucho.
- Industria de pinturas, pigmentos y colorantes.
- Industria de detergentes y jabones.
- Otras industrias (cosméticos, abrasivos, farmacéuticos, insecticidas).

Los caolines dependiendo de los usos a los que se destinan, deberán cumplir una serie de especificaciones y normativas que fijan o limitan sus aplicaciones, puesto que controlan aquellas propiedades sobre las que se basa su uso.

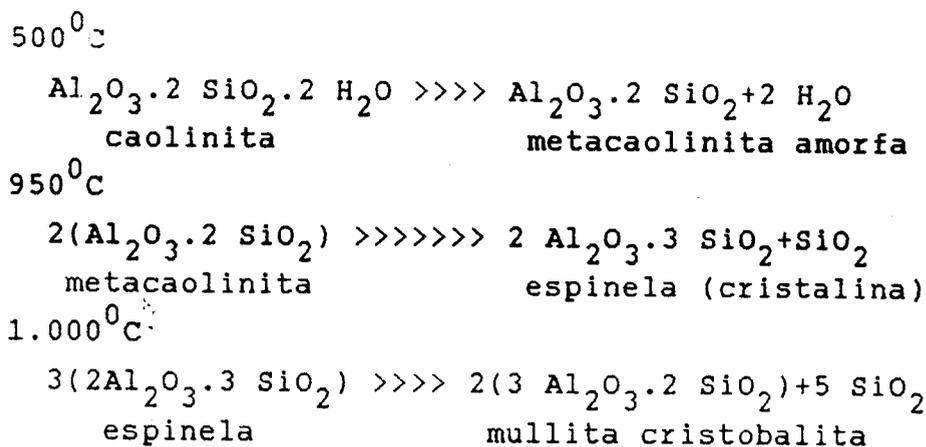
El campo de aplicaciones del caolín puede tener un futuro extraordinario si se definen nuevos usos dentro de las modernas tecnologías, pero será necesario efectuar una serie de proyectos de investigación para descubrir esos nuevos campos de aplicación. Así mismo no hay que olvidarse del mercado de los subproductos caoliníferos que pueden llegar a hacer rentables yacimientos con leyes muy pobres.

7.1.1. INDUSTRIA CERAMICA.

La importancia del caolín en cerámica proviene del hecho de que en su cocción se producen las fases más importantes tanto de la porcelana o cerámica blanca como de los refractarios silicico-aluminosos.

En efecto, la caolinita en su cocción da lugar a la formación del compuesto base de aquellos productos, la mullita, de fórmula probable, $3 \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{SiO}_2$.

Las reacciones que tiene lugar durante el proceso son:



Las principales propiedades que debe suministrar el caolín empleado en este tipo de industria son la plasticidad, resistencia y contracción antes y después de la cocción, valores de vitrificación, color en cocido y grado de refractariedad.

Para ladrillos, tejas, tubos de alcantarillado, conducciones eléctricas, baldosas vidriadas, terracotas y otros productos de construcción de carácter no ornamental, no se exige una gran pureza pudiendo emplearse caolines impuros no aptos para otros productos. Por contra, las cerámicas finas y de revestimiento al exigir una gran resistencia al calor, comportamiento prácticamente como refractarios, y el mayor grado de blancura posible, necesitan un caolín muy rico en caolinita y con un índice de blancura superior al 80%; en estos casos la materia prima suele ser un mezcla de caolín, feldespatos y sílex.

Actualmente la fabricación de porcelanas está en fuerte crecimiento ya que son numerosas sus aplicaciones en

electrónica y aparatos eléctricos, siendo imprescindible para ello el contar con un caolín muy puro y libre de impurezas químicas u orgánicas, capaz de generar alta plasticidad y buenas propiedades eléctricas como conductividad, coeficiente dieléctrico, factor y pérdida de potencia.

Tradicionalmente el sector que más caolín ha consumido es la fabricación de ladrillos refractarios silicico-aluminosos para altos hornos y fundiciones, en una proporción de 30 Kg de caolín por Tm de acero. La chamota o caolín calcinado es la base de la fabricación de dichos ladrillos.

Para calibrar la refractariedad de una arcilla se utiliza el C.P.E. (Cono Pirotécnico Equivalente), que se determina comparando una muestra de materia prima bajo temperatura y tiempo fijados, con una serie de conos estandar.

La fabricación de refractarios no exige de partida un material muy puro, pudiendo utilizarse caolines de bajo grado, siempre que el contenido en hierro y álcalis no supere unos límites muy precisos, ya que en exceso actúan como fundentes y disminuyen la refractariedad final. La premisa básica que marcan los productores de chamota es la regularidad de composición química del caolín suministrado para poder calibrar el proceso de molienda y calcinación de acuerdo a curvas de rendimientos óptimos

Para España son válidas una serie de normas y especificaciones en este tipo de industria, aunque pueden variar ligeramente, entre los distintos productores.

PORCELANA DE MESA

Análisis químico fundamental:

SiO_2 <50%

Al ₂ O ₃	>34%
Fe ₂ O ₃	<0,5%
TiO ₂	<0,1%
CaO	<3%
K ₂ O+Na ₂ O	<10%
p.p.c.	<10%

Granulometría:

100% <63 micras

Análisis mineralógico:

caolinita >80%
 cuarzo =5%
 fpto., illita <3%

Propiedades técnicas:

módulo de rotura

caol. para moldeado con torno >8 Kg/cm²
 caol. para moldeado por colage >5 Kg/cm²

contracción de seco a cocido

caol. para moldeado con torno 18% a 1.350⁰C
 caol. para moldeado por colage 15% a 1.350⁰C

velocidad de formación de espesor

las lechadas de caol. 3mm/10min

tixotropía

baja

concentración de sólidos

las borbotinas para colages deberán tener un contenido en sólidos superior al 60%, y su viscosidad será tal que en menos de lmin. fluyan 100cc. a través de un orificio de 4mm. de diámetro.

PORCELANA ELECTRONICA

Análisis químico fundamental:

Al_2O_3	>33%
p.p.c.	11-13%

Granulometría:

superior a 63 micras	<0,5%
entre 63 y 40 micras	<1,5%
entre 44 y 10 micras	<35%

Análisis mineralógico:

caolinita	esencialmente
cuarzo	no en tamaños >40 micras
fpto. y mica	solo pequeñas proporciones

Propiedades técnicas:

módulo de rotura en verde	>15Kg/Cm ²
tixotropía	lo más baja posible
contracción de secado	6-9%
contracción de seco a cocido	17-21%
flecha a 1.330 ⁰ C	0,3-1%

PORCELANA SANITARIA

Análisis químico:

SiO_2	46-48%
Al_2O_3	37-38%
Fe_2O_3	0,70-0,78%
TiO_2	0,06-0,07%
MgO	0,15-0,24%
CaO	0,08-0,10%
$\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$	1,50-2,00%

Granulometría:

superior a 53 micras	0,05-0,10%
superior a 10 micras	18-25%
inferior a 02 micras	38-40%

Análisis mineralógico:

caolinita	80-85%
micas	10-15%
feldespatos	0-1%
cuarzo	0-2%

Propiedades tecnológicas:

módulo de rotura en verde	6-7Kg/cm ²
concentración óptima de sólidos	64-70%
velocidad de formación de espesor	6-7mm/min.
viscosidad y tixotropía	buen intervalo de floculación con tixotropía casi nula
absorción de agua a 1.280 ⁰ C	7-13%
contracción de seco a cocido	10-12%
blancura	86-88%

REFRACTARIOS

Análisis químico:

Fe ₂ O ₃	<1,5%
MgO+CaO	<1,0%
TiO ₂	>1,5%
Al ₂ O ₃	<33%
K ₂ O+Na ₂ O	<0,8%

Granulometría:

>1mm. y <10cm.

7.1.1.1. IMPUREZAS PARA LA CERAMICA.

La fabricación de cerámicas blancas y refractarios son muy exigentes en cuanto al contenido máximo de impurezas. Los productos que requieren color blanco rechazan las impurezas colorantes (hierro, titanio, cobre, manganeso) por lo que el caolín o bien no las contiene o son eliminadas siempre que el proceso no sea muy costoso a nivel industrial. Así mismo, en las chamotas no se admiten los granos de óxido de hierro, ya que desempeñan el papel de catalizadores en la descomposición del óxido de carbono, generando depósitos residuales carbonosos.

Por el contrario en las cerámicas no refractarias las impurezas fundamentales o colorantes son útiles por las siguientes causas:

- Rebajan la temperatura de cocción; generalmente se añaden minerales fundentes a la materia prima para que al entrar en combinación con el SiO_2 y el Al_2O_3 formen cristales que hagan el papel de cemento. Además, en productos que requieren alta impermeabilidad (porcelana, baldosas, sanitarios), ésta se logra a base de añadir fundentes (fptos. sodico-potásicos, talco, etc.).
- Provocan la aparición de color si son correctamente utilizadas en asociaciones favorables (el cobalto tiñe de azul, el cobre de verde...).

De todas formas, y aunque el concepto de perjudicial aplicado a las impurezas asociadas al caolín varía con la aplicación a que éste se destine, es necesario tener en cuenta:

- 1º Que las impurezas no aparecen en las proporciones deseadas.

2º Que la proporción no es estable en todo el yacimiento.

3º Que presentan una granulometría natural específica.

7.1.2. INDUSTRIA DEL PAPEL Y CARTON.

La mayoría de los tipos de papel en mercado, contienen caolín en proporciones que varían del 5% al 35% en peso.

Los caolines más blancos y de mejor calidad se emplean para el satinado superficial del papel de alta calidad, mientras que los caolines inferiores se usan como relleno, sustituyendo parte de la pasta fibrosa base del papel tanto para rebajar costes como para mejorar una serie de propiedades.

El gran desarrollo de esta industria ha establecido una normativa muy rígida y ajustada.

7.1.2.1. EMPLEO COMO CARGA.

Las cargas o productos de relleno que se incorporan a la pasta de papel, tienen como finalidad cubrir los huecos entre las fibras, lo que permite adaptar convenientemente las características del papel. Así se consigue:

1º Aumentar la opacidad del papel permitiendo la impresión por las dos caras.

2º Aumentar su volumen específico.

3º Aumentar su porosidad, brillo y blancura.

4º Mejorar su aptitud a la impresión.

5º Mejorar su absorción.

6º Mejorar su combustibilidad.

7º Disminuir su resistencia.

8º Disminuir su grado de encolado. Y en conjunto disminuir el coste industrial.

Las cargas están constituidas por sustancias minerales naturales o artificiales. Entre las naturales están el caolín, el talco, sulfatos de calcio o bario, carbonato cálcico, la tierra de infusorios y el amianto. Entre las artificiales, obtenidas por vía química, tenemos el dióxido de titanio, el sulfato de bario (blanco fijo), los carbonatos de calcio y magnesio, el óxido y el sulfuro de cinc, el lipotón, etc...

Las propiedades que tienen que reunir las diferentes cargas son:

- Alto grado de reflexión de las ondas de luz visibles con idéntica intensidad (blancura).
- Alto índice de refracción (opacidad).
- Tamaño de partículas en torno a 0,3 micras.
- Superficie específica elevada y granulometría adecuada.
- Forma irregular de las partículas, ya que facilita la desviación y dispersión de los rayos lumínicos, mejorando la retención de la carga.

- Ser inerte, insoluble en agua y no descomponerse por la acción de la luz y el aire.
- Presentar el mínimo peso específico.
- No ser dura ni abrasiva.

Para que el caolín sirva como carga, según la Sección de Celulosas del Instituto de Investigaciones Agrarias, su composición química será así:

SiO ₂	46-50%
Al ₂ O ₃	34-40%
Fe ₂ O ₃	1%
pH	5-6
Pérdida al fuego	12%

En cuanto a sus constantes físicas:

Peso específico	2,25-2.80Kg/cm ²
Índice de refrac.	1,55
Plasticidad	1-4%
Blancura	75-90%

El contenido en arena oscila entre 0,1 y 0,5% y el tamaño de las partículas de mica no debe ser superior a 80 micras.

El análisis granulométrico debe ser aproximadamente:

0,2 micras	10%
0,5 "	25%
0,5-5 "	50%
5-100 "	15%

Para completar la normativa se exigen otra serie de propiedades definidas de acuerdo con la legislación francesa:

- Viscosidad. La suspensión acuosa al 6% da una viscosidad Brookfield de 170cP.
- Abrasión. Índice Valley 5-10.
- Humedad de los productos tratados. 10% de agua.

7.1.2.1.1. IMPUREZAS PARA LAS CARGAS.

Las impurezas que se encuentran en ciertos tipos de caolines son incompatibles con las condiciones requeridas para su uso como carga. En particular:

- La sílice libre presente en forma de cuarzo, incluso de tamaños menores a 15 micras, da al mineral un carácter abrasivo que perjudica los órganos de amasadura, las máquinas y telas de escurrido; así mismo durante la impresión del papel disminuye la vida de las placas de impresión.

- Ciertas materias colorantes y minerales accesorios que acompañan al caolín disminuyen su blancura y lo deprecian, así:

- Los óxidos de hierro cristalizados.
- Los óxidos de hierro coloidal.
- Las portadoras de titanio (rutilo, anatasa, esfena).
- Las micas, piritas y feldespatos.
- La materia orgánica.

7.1.2.2. ESTUCADO.

Las hojas de papel simplemente cargadas no presentan todas las cualidades de textura y finura necesarias para una buena impresión. Por ello el estado de la superficie de estas hojas es mejorado mediante el depósito de una fina capa de pigmento mineral, formado a partir de caolín en suspensión en una solución acuosa de un adhesivo (almidón o caseína), de un dispersante y de un impermeabilizante.

La capa de estuco interviene en:

- 1º Mejorar el aspecto de la superficie haciéndola más lisa.
- 2º Cubrir los poros de las fibras e interfibras creando una capa microporosa que aumenta la capacidad de impresión y disminuye el consumo de tinta.
- 3º Obtener una trama fina en la superficie del papel para heliograbado.
- 4º Aumentar la opacidad.
- 5º En algunos casos, enmascarar el color del soporte mal blanqueado.

Las características de un caolín para estucado según la Sección de Celulosa del Instituto de Investigaciones Agrarias, son las siguientes:

Humedad	10%
Peso específico aparente	0,75Kg/cm ²
Peso específico real	2,62Kg/cm ²
Índice de refracción	1,563
Superficie específica	13,5m ² /gr.
Índice de abrasión	5-7 Valley

Blancura Photovolt	89-90%
Viscosidad a 71% de sólidos	300cP.

Análisis granulométrico:

<20 micras	100%
<10 micras	100%
<5 micras	99%
<2 micras	85-90%

Análisis químico:

SiO ₂	45%
Al ₂ O ₃	39%
Fe ₂ O ₃	0,25%
Pérdida al fuego	14%

7.1.2.2.1. IMPUREZAS PARA ESTUCADO.

Dado que el caolín debe ser muy blanco con objeto de no disminuir el buen aspecto del soporte, no deberá contener impurezas, colorantes ni:

-En forma coloidal (hierro y materia orgánica).

-En forma de minerales accesorios (Fe, Ti, fpto., mica)

Tampoco se admiten minerales abrasivos, cuarzo o feldespatos, por lo que se deben eliminar.

Los minerales micáceos deben eliminarse totalmente debido a que su repartición granulométrica es nefasta para el brillo, blancura y opacidad de la capa de estucado. En efecto, la granulometría del caolín empleado para estucado debe estar comprendida entre 2 y 0,25 micras, y como los

minerales micáceos van de 1 a 5 micras, su efecto es siempre perjudicial.

Por la razón contraria (tamaños inferiores a 0,2 micras) también han de eliminarse todos los minerales arcillosos finos.

7.1.3. INDUSTRIA DEL CAUCHO.

Los caolines son los productos de carga más empleados en la fabricación de objetos manufacturados no negros, elaborados a partir de formas naturales (a base de latex) o sintéticas (tipo neopreno).

Con la adicción de cargas de caolín se establecen enlaces entre la goma y la carga, bien sea por absorción física, bien por fuerzas de Van der Waals, o bien por enlaces químicos. Así se consigue mejorar:

- La resistencia a la ruptura por tracción.
- La resistencia a la abrasión de los cauchos vulcanizados.
- La rigidez de las mezclas facilitando el moldeado de objetos.

Mientras que en el caucho solo es preciso vencer las fuerzas de valencias principales y las de cohesión intermolecular para lograr la ruptura, en el caucho cargado se establecen fuerzas de enlace superficial entre macromoléculas y partículas de carga que son superiores a las fuerzas de cohesión.

Las características exigidas a un caolín para que sea susceptible de ser empleado como carga para caucho son:

Análisis químico:

SiO ₂	55-75%
Al ₂ O ₃	29,5-31,5%
Fe ₂ O ₃	<1,5%
TiO ₂	<0,35%
CaO+MgO	<0,35%
K ₂ O+Na ₂ O	<0,35%
Cu	<0.001%
Mn	0,003%
Pérdida al fuego a 800 ⁰ C	8-12%

Densidad real 2,36-2,42

Densidad aparente 350-400gr/l

Granulometría:

rechazo al tamiz 300 (53 mc)	nulo
rechazo al tamiz 450 (35 mc)	0,1%
partículas de más de 2 mc	14-18%
partículas entre 2 y 1 mc	35-50%
partículas menores de 1 mc	45-55%

7.1.3.1. IMPUREZAS PARA CAUCHO.

Por clasificación granulométrica deben eliminarse :

- Las trazas de sílice libre.
- Los feldespatos de tamaño superior a 40 micras, debido a que su incorporación a la goma la haría abrasiva, dañando la maquinaria.

- El cuarzo y las materias inertes reducen el comportamiento mecánico de los vulcanizados por lo que es adecuado eliminarlos. También son nocivos los minerales micáceos.

- En ciertos cauchos blancos deben eliminarse los minerales que aporten hierro, titanio o cobre.

- También resulta conveniente la eliminación de toda traza de minerales o sales solubles conteniendo cobre o manganeso, ya que acortan la vida del caucho al ser agentes catalíticos de autooxidación.

7.1.4. INDUSTRIA DE ABONOS.

La gran superficie específica desarrollada por las partículas de caolín permite a ciertas partículas de abonos, e incluso a alimentos para el ganado, no aglutinarse. En estos usos la sílice libre debe eliminarse.

El análisis típico del caolín empleado en esta industria sería:

SiO ₂	66-70%
Al ₂ O ₃	21-24%
Fe ₂ O ₃	1,6%
TiO ₂	0,3%
CaO+MgO	0,3%
Na ₂ O+K ₂ O	0,3%
Cu	0,001%
Mn	0,003%
Pérdida al fuego a 800 ⁰ C	7-8%

Granulometría:

rechazo a 40 micras	0,5%
---------------------	------

<40 "	99,5%
<20 "	95%
<10 "	90%
<5 "	65%
<2,5 "	50%
diámetro medio	7,6 mc

7.1.5. INDUSTRIA DE PESTICIDAS.

El caolín se emplea como soporte de los elementos químicos activos que deben ser disueltos en la siguiente proporción: 1 a 20% partículas elementos activos por 99-80% de caolín, asegurando una dispersión uniforme.

En este tipo de industria se admiten variaciones en la composición química de los caolines, pero la granulometría debe ser fina, ya que el 90% de los granos tienen que ser inferiores a las 8 micras.

Como impurezas se consideran todas aquellas de carácter abrasivo (cuarzo, feldespato, rutilo, anatasa, min. micáceos), las cuales deben ser rechazadas.

7.1.6. INDUSTRIA DE PINTURAS Y ADHESIVOS.

En estas industrias el caolín se emplea como carga y como regulador de la viscosidad y dispersión, mejorando la suspensión y estabilidad de otros pigmentos.

Granulometría:

tamaño <40 micras	0,5%
-------------------	------

Los caolines que presenten impurezas abrasivas de costosa eliminación son rechazados, así como los que presenten impurezas colorantes que interfieran el color del producto resultante.

7.1.7. INDUSTRIA DEL PLASTICO

En este tipo de industria el caolín se emplea como carga, y con ello se consigue mejorar los parámetros:

- Resistencia química.
- Opacidad.
- Acabado de las superficies.
- Resistencia mecánica (especialmente al desgaste).
- Facilidad de extrusión.

7.1.8. INDUSTRIA DEL CEMENTO.

Es un sector que consume ciertas cantidades de caolín como fuente de alúmina en cementos hiperalumínicos de fraguado rápido, algo que también se logra con determinadas arcillas y con desechos de bauxita.

Una de las aplicaciones más tradicionales es en la fabricación de cementos blancos, industria que apenas establece barreras en la calidad del mineral bruto, conformándose con recibir un caolín lo más blanco posible.

Composición química según Tudela Veguín s.a.:

SiO_2	50-55% (no importa la sílice libre)
Al_2O_3	35-45%

Fe_2O_3	<0,5%
TiO_2	<1,0%

La granulometría aconsejable no debe superar las 40 micras, pero es suficiente con alcanzar dicho tamaño de grano a base de molienda mecánica.

7.2. MERCADOS TRADICIONALES DEL CAOLIN ASTURIANO.

El auge en la demanda del caolín asturiano está muy ligado a la implantación en la región del sector siderúrgico, especialmente la empresa estatal ENSIDESA, la cual ha promovido la aparición de numerosas fundiciones privadas. Como es bien sabido, los procesos de fundición precisan una serie de instalaciones recubiertas por refractarios silicicoaluminosos de alta temperatura, y para ello se emplea desde el principio el caolín como materia prima básica a la hora de fabricar el material base del ladrillo refractario, la chamota, que no es más que caolín calcinado y deshidratado por encima de los 1.400°C .

No obstante, existen otras aplicaciones para este caolín, pero están muy condicionadas a las características físicas y composición química del mineral. A pesar de su gran pureza y contenido en caolinita (superior al 90%), su cohesión de tipo pétreo disminuye notablemente su plasticidad, impidiendo su acceso al sector cerámico, la otra gran industria consumidora tradicionalmente de caolín.

El problema de su alta cohesión condiciona otras posibles aplicaciones, ya que se trata de un mineral imposible de disgregar hasta obtener el particulado mínimo natural. Si se quiere tener una granulometría muy fina, esta será

fruto de procesos mecánicos de molienda, lo cual encarece el producto hasta límites de rentabilidad.

Otro gran problema del caolín asturiano lo constituye el bajo índice de blancura que presenta, lo cual imposibilita su aplicación como carga inerte, tanto en la industria papelera como en la de pinturas y barnices.

Por último, el tercer gran problema de este tipo de caolín pétreo es su elevada abrasividad, asociada al elevado porcentaje de sílice libre que contiene, lo cual aborta sus posibles aplicaciones en industrias de abonos, pesticidas, papel, etc. Es posible recurriendo a procesos concretos en planta industrial tratar el material y eliminar la sílice, pero por ahora el proceso supone un coste adicional no recuperable.

Como mercados tradicionales se pueden citar:

7.2.1. INDUSTRIA DEL CEMENTO.

Consume caolín crudo para la fabricación del clinker de cemento blanco. En Asturias la única empresa que utiliza este caolín es Cementos Tudela Veguín s.a.

La demanda máxima en este campo alcanzó las 50.000Tm en el año 1.984, lo que viene a suponer el 30% de la producción regional. El precio de este producto en el mercado es el más bajo, oscilando entre las 3.500 y las 4.400Ptas/Tm en el año 86, ya que se vende en estado bruto, sin necesidad de lavado o molienda.

Este es un mercado potencialmente interesante, ya que el caolín asturiano cumple todas las normas de calidad

exigidas para este uso, tanto en España como en el resto de la C.E.E..

7.2.2. ELABORACION DE CHAMOTAS

La chamota es el material base para la fabricación de ladrillos refractarios de naturaleza silicicoaluminosos, muy empleados en la siderurgia. No obstante, la aparición de nuevos sistemas de fundición, así como la aplicación de otras materias base en la fabricación de refractarios de más larga duración, están obligando a la recesión en la demanda del caolín asturiano, que está siendo sustituido por otros materiales. Esta circunstancia es la creadora de la actual fase de crisis que atraviesa el mercado regional del caolín.

Normalmente la fabricación de chamota ha venido consumiendo cerca del 70% del total de producción regional, de la cual, más del 80% ha ido a parar a las plantas de chamoteo y el resto a empresas de refractarios con sistemas de chamoteo en pequeñas cantidades.

Así en el año 1.985, entre las dos plantas de fabricación de chamota: Arciresa y Arcichamota, han consumido 82.117 Tm de caolín y el resto de pequeñas empresas menos de 15.000 Tm.

Para la fabricación de este tipo de chamotas, éste caolín pétreo presenta dos problemas básicos:

- El primero radica en su composición química, que pese a la elevada riqueza en caolinita, suele contener unos porcentajes de álcalis ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) superiores al 1% lo cual imposibilita el proceso de calcinación de la pasta caolinífera molida al actuar como fundentes. Como consecuencia de ello, el rendimiento del proceso industrial disminuye.

notablemente, ya que parte de la masa inicial molida se transforma en un material silicicoaluminoso, alcalino, compactado que se adhiere a las paredes del horno a modo de cemento fraguado.

- El otro gran problema inicial del caolín lo constituyen las irregulares variaciones en su composición química dentro de cada yacimiento. Debido a ello, varían notablemente de unas partidas a otras, extraídas en la misma mina, los porcentajes tanto de los componentes esenciales (sílice, alúmina), como de las impurezas (titanio, hierro, álcalis, etc.), lo cual obliga a un minucioso control de calidad en la planta de chamoteo, ya que el proceso industrial de cada planta se ajusta a una determinada composición estandar de máximo rendimiento al mínimo costo posible.

Este segundo problema solo es solucionable si previamente se practica un proceso de homogeneización, en el cual se compensen las diferentes partidas de caolín hasta obtener un producto idoneo para el proceso.

Como este procedimiento encarece el producto si se realiza en la misma planta, sería interesante efectuar la homogeneización sobre el material extraído en la misma explotación, ya que los stocks son siempre de mayor volumen.

No obstante, la mejor solución para este problema sería crear un parque de caolines para todos los productores, ya que no solo se homogeneizarían las partidas de caolín destinadas a la fabricación de chamotas, sino que también se podrían separar otra serie de partidas destinadas a otro tipo de industrias.

7.3. PRESPECTIVAS DE FUTURO. NUEVAS APLICACIONES.

Si se considera que el mercado del caolín asturiano se encuentra a la baja, debido a la caída del consumo de chamota como componente básico en la fabricación de refractarios, y si a nivel mundial se están poniendo en práctica modernas aplicaciones de caolines en la industria de vanguardia, es necesario investigar y definir nuevos campos de aplicación para este tipo de caolín tan especial, con lo que se puede por un lado remontar esta fase de crisis en el sector, y por otro obtener un recurso mineral de enorme interés industrial.

Partiendo de estas premisas se vienen realizando desde el año 85 una serie de estudios y ensayos sobre distintas muestras de caolín asturiano por iniciativa de la administración pública, para los cuales se ha partido de los resultados obtenidos en países líderes en el consumo y definición de campos de aplicación de esta sustancia.

A continuación se presenta una síntesis de los resultados de estos estudios.

7.3.1. APLICACION DE CAOLIN ASTURIANO EN LA INDUSTRIA DE LA CERAMICA FINA Y GRES.

Este es un mercado tradicional para los caolines no pétreos de gran blancura que apenas ha aceptado entradas de caolín asturiano, debido esencialmente a tres factores:

- Baja plasticidad, producto de la elevada cohesión textural del caolín.
- Difícil disgregabilidad y ausencia de granulometría fina natural.

- Presencia de pirita o alteración a óxido de hierro, que provoca un moteado pardo en la cerámica.

Los dos primeros factores se han corregido al introducir técnicas eficaces de molienda, ya que por el sistema de atricción en vía húmeda se obtiene un material con un particulado mecánico de tamaño comprendido entre 4 y 5 micras superior al 90% en peso, granulometría fundamental para la obtención de la pasta cerámica.

El tercer factor se ha corregido gracias a una serie de ensayos en laboratorio que por medio del ataque de ClH se elimina la presencia de hierro. Para ello, es preciso disgregar previamente las muestras en molinos de bolas y por atricción, hasta obtener un particulado suficientemente fino como para permitir el ataque total por el ácido.

Los procesos de rectificación del material inicial están desarrollados a escala de laboratorio y a priori no suponen costes elevados en el tratamiento completo.

Sin embargo, es necesario repetir la técnica a escala de planta industrial para poder determinar con exactitud tanto la viabilidad de la técnica como el coste real del procedimiento.

La planta industrial deberá constar del siguiente equipo:

- Trituradoras de rodillo, molinos de bolas y sistema de molienda por atricción en medio acuoso.
- Reactor industrial para el ataque con ClH.
- Horno industrial de calcinación que supere los 1.400°C .

En un principio y tras la aplicación del procedimiento se obtiene un polvo fino de caolín calcinado, libre de impurezas de hierro y fácil de colocar en el mercado, donde su precio puede multiplicarse por cinco respecto al del caolín bruto.

El material caolinífero resultante se ha ensayado según la técnica ordinaria de fabricación de porcelana, añadiendo a un 50% de caolín un 25% de feldespato tipo Aislamic y un 25% de sílice. Una vez calcinada la mezcla a 1.300°C se ha obtenido una pasta de porcelana blanca libre de los perjudiciales "spots" o grumos coloreados, perfectamente apta para la fabricación de todo tipo de porcelana, sanitarios, aislantes y grés.

7.3.2. OBTENCION Y CARACTERIZACION DE PREMULLITA.

Dentro de la industria de tecnología avanzada existe un producto o materia prima de elevado interés económico debido a su gran demanda comercial, son las Mullitas. Estos materiales praticulados térmicamente, muy estables y activos, para cuya obtención es imprescindible una materia prima silicicoaluminosa especialmente de tipo caolinífera.

Así pues, el mercado internacional de las mullitas presenta enormes posibilidades por ser fundamentales en el sector electrónico y telemático, en los cuales el interés económico faculta un progresivo crecimiento de inversiones para investigación y definición de normas de aplicación.

Por ello, es necesario precisar la viabilidad del caolín pétreo como fuente de material mullítico, siendo así que se han realizado una serie de ensayos para tratar de obtener un producto de composición química y comportamiento similar al de las mullitas, a partir del caolín asturiano.

El proceso de transformación es termoquímicamente sencillo, en él se obtiene una premullita que posteriormente se calcina a temperaturas de 1.500 a 1.560⁰C y se caracteriza por difracción de Rayos X y microscopía electrónica.

El material premullítico así obtenido posee una gran sinterabilidad (capacidad de transformación en material mullítico por adición de alúmina), lo cual eleva su potencial uso tecnológico, así como una gran actividad intercambiadora y una inmejorable superficie específica (250mm²/gr.), condiciones que hacen que dicho producto industrial presente grandes posibilidades como materia prima para la fabricación de cerámicas avanzadas: cerámica electrónica, soporte de catalizadores, crisoles, tubos y material de laboratorio, obtención de mullitas aluminosas y chamotas de alto contenido en alúmina.

Los ensayos de viabilidad realizados sobre muestras de caolín pétreo asturiano a escala de laboratorio y posteriormente a escala de planta semipiloto, en el Instituto de la Cerámica y Vidrio, han determinado dos tipos de impurezas negativas:

- Por un lado está el problema del elevado contenido en sílice libre que tiende a comportarse como agente libre interfiriendo en el proceso de transformación. Como éste es un problema genérico, es necesario eliminarla previamente, lo cual supone el principal obstáculo para la obtención industrial de la premullita. Como resultado de los ensayos realizados, se define el procedimiento de ataque del caolín previamente molido a diámetros inferiores a 2mm, por medio de sosa cáustica diluida al 10% en agua, el cual facilita la eliminación de la sílice libre en condiciones favorables química y económicamente.

- La segunda impureza a considerar es la existencia de titanio, ya que si supera el 2% en peso se obtiene una premullita con una porosidad alta, equivalente al 10% o superior. El plantearse la eliminación previa de la impureza de titanio implica un coste adicional al proceso, por lo que es aconsejable la homogeneización previa del caolín hasta obtener un contenido medio en titanio inferior al 1% .

Para la realización del proceso industrial de transformción del caolín pétreo en premullita habría que crear una planta con el siguiente equipamiento.

- Trituradora de rodillos o mandíbulas y molinos de bolas, hasta obtener una granulometría uniforme inferior a los 2mm.
- Horno de calcinación previa (1.020°C)
- Molino de bolas para granulometría inferior a 30 micras
- Reactor industrial para el ataque con sosa caustica (NaOH)
- Equipo de filtrado presurizado y lavado de la sílice separada.

El producto premullítico resultante a escala semi-piloto supone un 25% de la masa inicialmente atacada por la sosa, por lo que a nivel industrial sería muy conveniente mejorar el proceso hasta obtener unos rendimientos superiores.

Aunque el polvo premullítico ya tiene un mercado de gran demanda, es factible completar el proceso industrial hasta la obtención final de mullitas, lo cual representa una importante mejora económica.

Para ello basta con someter el polvo premullítico a una nueva calcinación que supere los 1.500°C , y una posterior adición de alúmina, lo que exige el siguiente equipamiento adicional:

- Horno industrial de calcinación superior a 1.500°C .
- Sistema de molienda por atricción acuosa (granul. inf. a 4micras).
- Equipo micromeritics para determinación de superficies específicas.
- Sistema de prensado isostático a 200 Mpa.

El resultado es la obtención de barras cilíndricas de 3 mm de diámetro, que una vez secadas a 16°C presentan un contenido de mullita superior al 90% de la densidad teórica.

En conclusion, los resultados obtenidos a nivel de planta semi-piloto en la obtención de material premullítico a partir del caolín petreo asturiano son muy alentadores, ya que el mercado al que iría destinado dicho producto ofrece grandes posibilidades de futuro. Para ello sería obligatorio un proceso previo de homogeneización, con vistas a estandarizar la composición química más rentable y libre de impurezas de Titanio.

7.3.3. MERCADO DE LAS CHAMOTAS ALUMINOSAS

Como ya es sabido, el mercado tradicional para el caolín asturiano ha sido el sector siderúrgico y de fundición por el elevado consumo de materiales refractarios, obtenidos mayoritariamente a partir de las chamotas locales.

Pero actualmente dicho sector tiende a utilizar un nuevo tipo de materia refractaria, más rica en alúmina, lo cual alarga la vida de la cerámica refractaria. Por ello, es muy conveniente enriquecer el caolín en alúmina y así poder obtener chamotas de alta aluminosidad.

El proceso industrial ensayado es sencillo, pues la adición de alúmina se realiza en condiciones normales a través de una simple homogeneización mecánica.

La planta para el procedimiento de enriquecimiento se equipará con:

- Trituradoras de mandíbulas y/o de rodillos (diam. max. 60micras).
- Equipo de molienda de atricción acuosa (diam. partic. 2-10micras).
- Reactor industrial de alta presión.
- Equipo de filtrado y purificación de la pasta.
- Horno industrial de calcinación a 1.300-1.500⁰C.
- Equipo de prensado y presentación.

El proceso, una vez molido y deshidratado el caolín, exige la adición proporcionada de la alúmina industrial en unas condiciones físicas de elevada presión (4 Atm.), para lo que previamente ha sido molida la mezcla por atricción.

Luego, la masa de caolín enriquecida en alúmina es sometida al proceso de chamoteo a temperaturas entre 1.300 y 1.500⁰C, para lo que se utiliza el horno de calcinación.

El comportamiento del material en los diferentes ensayos realizados, establece que el cuarzo comienza a disolverse a los 1.300⁰C con disolución total a los 1.450⁰C. El contenido en cristobalita se incrementa a la par que las temperaturas hasta los 1.400⁰C, a partir de la cual comienza a disminuir por disolución en fase vítrea, llegando a desaparecer en la mayoría de los casos. El porcentaje máximo de mullita se alcanza entre 1.400-1.500⁰C.

La temperatura óptima de chamotado se alcanza a 1.450⁰C, temperatura a la cual se presenta el máximo de mullita (64,64%) y un mínimo de fase vítrea (10,56%), conteniendo aún un 22,6% de cristobalita.

El porcentaje en fase líquida desarrollado en un material refractario a altas temperaturas es de suma importancia en su comportamiento final frente a la deformación plástica, causando la mayoría de los fallos de los materiales en uso. Dicha fase se forma inicialmente a los 985⁰C.

Los materiales finales de chamotas ricas en alúmina obtenidas siguiendo el proceso anterior, así como la mullita sintética, se han preparado añadiendo alúmina industrial de Alúmina Española, S.A., en proporciones de 92,16-7,84%; 69,5-30,5%; 52,08-47,92%; y 47,85-52,15%, con objeto de obtener respectivamente chamotas con contenidos en alúmina de: 47, 60, 70 y 72,5%.

Así, los ensayos confirman la viabilidad de obtención a partir de los caolines asturianos, de chamotas ricas en alúmina competitivas en prestaciones fisico-químicas microestructurales con productos análogos comercializados en el mercado internacional y conocidos como: Mulcoa 47, Mulcoa 60, Mulcoa 70 y Mullita Canwood.

Para ello basta con partir de un caolín previamente homogeneizado, en el cual el papel a jugar por las impurezas no es más perjudicial que el que juegan en la obtención de las chamotas tradicionales, pudiendo pues concluir positivamente las perspectivas de este mercado.

7.3.4. MERCADO DEL CAUCHO Y PLASTICOS.

Este es otro de los mercados más atractivos para el caolín tanto en el presente como en la industria del futuro, ya que cada vez se amplían los campos de aplicación de la carga de origen caolinífera.

Así y para el mercado internacional, existe una serie de caolines normalizados y muy demandados, dentro de los cuales es posible introducir el caolín asturiano.

La principal ventaja para su posible aplicación consiste en la gran riqueza en caolinita que presenta dicho caolín, superior al 90%, condición indispensable para su utilización.

Por contra, presenta dos factores limitantes: La granulometría y el contenido en sílice libre (elemento abrasivo).

El problema de la granulometría consiste en la gran dificultad que supone disgregar este caolín hasta un tamaño de grano conveniente, debido a su fuerte cohesión química y a la no existencia textural de un tamaño de partícula natural.

Por ello, solo es posible su aplicación si se disgrega hasta un determinado tamaño de grano mecánico, para lo cual

es preciso utilizar el sistema de molienda fina por atricción en medio acuoso.

Si se obtiene un particulado inferior a las 10 micras, dominando un tamaño medio en torno a las 4 micras, el caolín mejorará considerablemente su plasticidad hasta hacerlo útil.

Los ensayos realizados sobre diversas muestras de caolín asturiano configuran la gravedad de la presencia de la sílice libre, por lo que es conveniente rebajar su contenido. Para ello, serviría el método del ataque con sosa cáustica, explicado en un capítulo anterior.

En resumen, se puede planificar el proceso de tratamiento del caolín petreo hasta obtener un producto viable como carga, pero también es posible destinar parte de la producción regional a dicho mercado en estado semibruto, ahorrándose el proceso de adaptación.

Si se desea su homologación, este caolín, una vez molido por debajo de las 10 micras, puede presentarse al mercado de dos formas:

- Caolín no calcinado. Presenta óptimas condiciones mecánicas en cuanto a retención o resistencia a la tracción, y al alargamiento sin rotura.

- Caolín calcinado a 600°C ; pierde propiedades reforzantes con el aumento de la temperatura.

8. ZONAS MINERAS DE INTERES.-

A continuación se describe el trabajo realizado sobre cada una de las cinco zonas seleccionadas como de mayor interés minero.

8.1. AREA I.- GORFOLI.

8.1.1. MARCO GEOGRAFICO.

Este área se encuentra situada al sur de Avilés, pudiendo considerarse como la prolongación noreste de la Sierra del Pedroso. Ocupa una superficie aproximada de una 360 Ha. discurriendo por la divisoria de los términos municipales de Illas y LLanera uno de cuyos vértices es el pico Gorfolí, que posee la cota más elevada con 620 m.

La sierra que forma la espina dorsal del área, presenta una alineación noreste-suroeste, de ella parten varios arroyos en dirección norte y sur que han dado lugar a una morfología de crestas y valles por ambas vertientes.

Los accesos se realizan por la carretera de Los Campos a Trubia desviándose en el pueblo de Villayo, donde se toma una pista de unos 3 Km. que conduce al repetidor de El Gorfolí por la ladera sur. Por el norte se accede desde el pueblo de Venero donde se toma una pista (en muy mal estado) que asciende por el valle del arroyo Rosico hasta el Cerro Venero o de La Peña.

8.1.2. HISTORIA MINERA.

La historia minera de la zona se concentra en la ladera noreste del pico Gorfolí. Aquí existieron dos minas o más bien una mina con dos niveles diferentes, que explotaban la misma capa, de las que hoy se conservan a penas las ruinas de las edificaciones auxiliares. Todavía se puede ver el lugar donde estaban situadas las bocaminas, totalmente hundidas, y hay signos de hundimientos a lo largo de la traza de la capa.

Esta explotación se cerró en los años 60, la empresa concesionaria ha desaparecido y con ella toda la documentación referente a la mina. En el nivel superior situado en la cota 475 aún se conserva la explanada de la plaza de maniobras, hay restos de un cargadero y una escombrera considerable. Unos 75 m. por debajo se encontraba el segundo nivel, del que se puede ver el edificio en ruinas del transformador y una escombrera que desciende por la ladera hacia el arroyo Rosico. Por estar en un lugar de mal acceso, el mineral extraído en este nivel era transportado mediante un cable hasta el valle donde quedan las ruinas del cargadero.

8.1.3. MARCO GEOLOGICO.

A nivel regional se encuentra en el flanco norte del anticlinal de la Sierra del Pedroso, cuyo núcleo formado por la Cuarcita Armoricana o de Barrios, se extiende con una dirección suroeste-noreste desde Grado hasta las inmediaciones de Avilés. En la zona axial se ha producido un despegue a nivel de los materiales inferiores a la cuarcita (Fm. Oville o Fm. Láncara), apareciendo el flanco noroeste cabalgando sobre el sureste a lo largo de toda la estructura anticlinal. Esta estructura cabalgante no se ha podido ver en el corte de acceso al Gorfolí por estar cobijada bajo un

potente coluvión desarrollado en la ladera sur, pero se ha comprobado su existencia en las proximidades del Alto de La Degollada, entre las localidades de La Carreña y Trasmonte donde la superficie de despegue está constituida por materiales carbonatados de la Fm. Láncara.

La sucesión estratigráfica general de muro a techo es la siguiente:

- Fm. Oville, de edad Cámbrico medio-Ordovícico inferior, constituida por cuarcitas y areniscas con glauconita alternando con pizarras verdosas; su potencia es variable estimándose entre 50 y 100 m. Aparece asociada al frente de cabalgamiento, formando la superficie de despegue.

- Fm. Cuarcita de Barrios, de edad Ordovícico inferior, está constituida por potentes masas de cuarcita blanca o pardo-amarillenta, estratificada en grandes bancos, con estratificación cruzada de alto ángulo, sets de surcos y migración de barras y megarriples, entre las que se pueden intercalar esporádicamente niveles pizarrosos, poco potentes, de color verde grisáceo; su potencia se estima en unos 500 m. En la zona aparece interestratificado en el tercio inferior de la formación un nivel de caolín de unos 0,7 m. de potencia. En torno al nivel de caolín aparecen tramos arenisco-lutíticos, muy bioturbados y ricos en icnofauna, característicos de episodios de baja energía en medios salobres de transición a plataforma continental.

- Fm. Pizarras de Formigoso, pertenecientes al Silúrico, está constituida por pizarras negras concordantes con la formación anterior aunque separadas por una gran laguna estratigráfica; su espesor es de unos 50 m. Su disposición en el campo constituye una franja que delimita la cuarcita por el norte.

- Fm. Areniscas de Furada, de edad Silúrico superior-Devónico inferior, está compuesta por areniscas y cuarcitas, de tonos rojizos debido a su elevado contenido en hierro, junto con intercalaciones pizarrosas menores más frecuentes en el muro, que enlaza de una forma gradual con la formación anterior. Aparece en el extremo sureste del corte de Gorfolí.

8.1.4. NIVEL DE CAOLIN.

Interestratificado en el seno de la cuarcita aparece un nivel de caolín, de una potencia media de unos 0,7 m. y gran continuidad lateral. Su aspecto de visu es de una roca compacta con fractura concoidea o hacicular, no disgregable a mano, colores claros blanco-amarillento, ocasionalmente violáceo, y tacto ligeramente jabonoso.

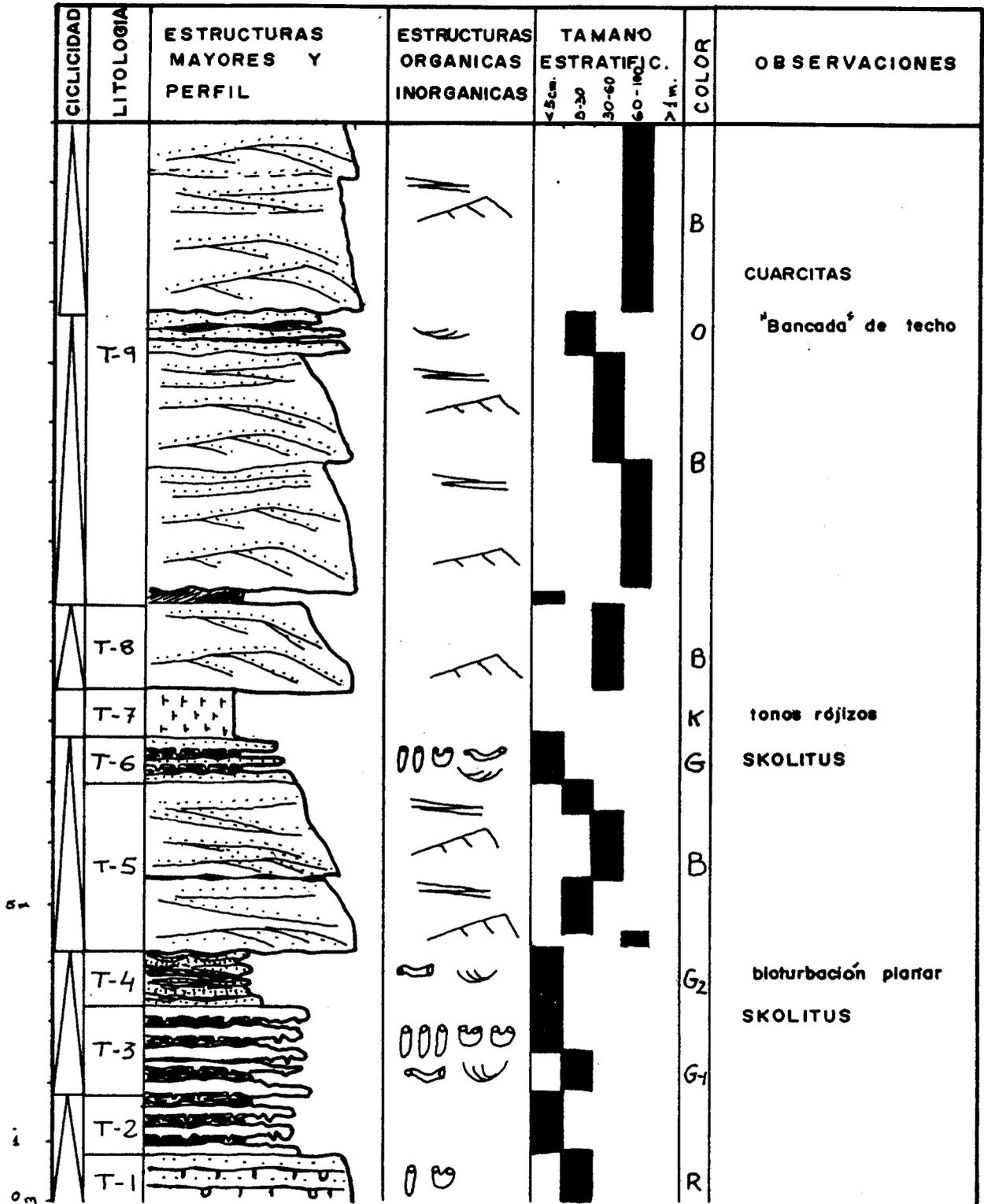
En la cartografía se ha reconocido perfectamente una corrida continua de 2.200 m. que corresponde a la parte norte de la zona, a partir de la collada de la antecumbre suroeste del Gorfolí se pierden los afloramientos por lo que se ha cartografiado una traza supuesta basándose en la existencia dispersa de niveles guía (niveles de skolitus).

La capa de caolín solamente aflora en el flanco cabalgante de la estructura anticlinal que forma la cuarcita, quedando probablemente enmascarada bajo el cabalgamiento la rama correspondiente al otro flanco. En esta zona la disposición estratigráfica del caolín dentro de la serie cuarcítica es próxima al muro.

Estratigráficamente la capa se caracteriza por la presencia de la siguiente serie de muro a techo: (fig. 2)

Serie estratigrafica Nivel de GORFOLI

E./I:100



(fig. 2)

Tramo 1.- Potencia mínima 0,75 m. Cuarcitas rojizas con interestratos fangosos bioturbados, presencia de skolitus y otras pistas. Estratificación paralela.

Tramo 2.- 1 m. Lutitas arenosas de colores rojizos, bioturbadas, con abundancia de skolitus.

Tramo 3.- 1,5 m. Areniscas rojas laminadas en riples con interestratos lutíticos bioturbados, abundancia de skolitus.

Tramo 4.- 0,9 m. Lutitas arenosas bioturbadas con pequeños lentejones areniscosos.

Tramo 5.- 2.85 m. Cuarcitas blancas estratificadas en ciclos granodecrecientes positivos, hacia techo se hacen tableadas con estratificación cruzada planar de bajo ángulo.

Tramo 6.- 0,8 m. Areniscas, limolitas y lutitas bioturbadas con abundancia de skolitus.

Tramo 7.- 0,7 m. Capa de caolín blanco-amarillento con fractura concoidea, carece de estructuras sedimentarias o de otro tipo.

Tramo 8.- 1,4 m. Cuarcita blanca con megarriple y barras de base erosiva.

Tramo 9.- 15-20 m. Cuarcitas blancas masivas con megarriple y barras de base erosiva, dispuestas en grandes bancos con algún interestrato fangoso de escala centimétrica.

En cuanto al quimismo de la capa de caolín en esta zona, se han revisado todas las fichas de trabajos anteriores, aunque solo se han utilizado los datos de aquellas que coinciden con afloramientos actuales. Los resultados de los análisis y ensayos pertenecen al trabajo "Investigación de

Caolines en el Principado de Asturias. Primera fase". (cuadro nº 1).

En las tres muestras analizadas se puede ver que los contenidos en caolín están alrededor del 90%, presentando valores muy constantes los contenidos en alúmina (37%) y en sílice (46%).

El hierro está alto en una de ellas (1,8%) al igual que el titanio (1,63%). Los álcalis superan el 1% en todas las muestras. Los índices de blancura oscilan entre 48,1% y 61,8% ; y los de amarilleamiento están entre 9,9% y 23,6%, relacionados directamente con los contenidos de hierro-titanio.

8.1.5. MINERIA.

8.1.5.1. GRADO DE EXPLOTACION.

Basándose en los datos facilitados por mineros que trabajaron en las explotaciones y por datos de superficie, se ha llegado a establecer un modelo lo más preciso posible del grado de extracción a que se llegó. En él se pueden ver los dos niveles de explotación y los límites del frente de avance según un plano capa, fig. (3).

A partir de este modelo se observa la existencia de dos niveles situados en las cotas 400 y 475 respectivamente. En el nivel superior se avanzó la galería 500 m. por 750 m. en el inferior, la explotación fue total en ambos con una potencia media de capa de 0,7 m y un buzamiento medio de 50° ; por lo que se ha calculado que se extrajeron en total unas 160.000 Tm.

ZONA I. GORFOLI

Nº DE MUESTRA	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	P.C. %	H ₂ O %	CaO ppm	MgO ppm	Na ₂ O %	K ₂ O %	I.b %	I.a %	K %	M %	H %	And %
184	46,04	37,05	0,70	1,00	13,12	0,52	154	680	0,11	1,20	61,8	10,6	>90	≤5		5
185	46,02	37,00	1,80	1,63	13,00	0,47	84	381	0,13	0,89	48,1	23,6	>95		<5	
186	46,47	37,90	0,43	0,83	13,39	0,42	70	480	0,11	1,01	61,4	9,9	95	≤5		

I.b - índice de blancura

I.a - índice de amarilleamiento

K - kanditas

M - micas

H - hematites

And - andalucita

Cuadro nº 1

(procedencia: "Investigación de caolines en el Principado de Asturias 1ª fase". 1.987)

PLANO-CAPA DEL NIVEL DE CAOLIN

ZONA DEL PICO GORFOLÍ

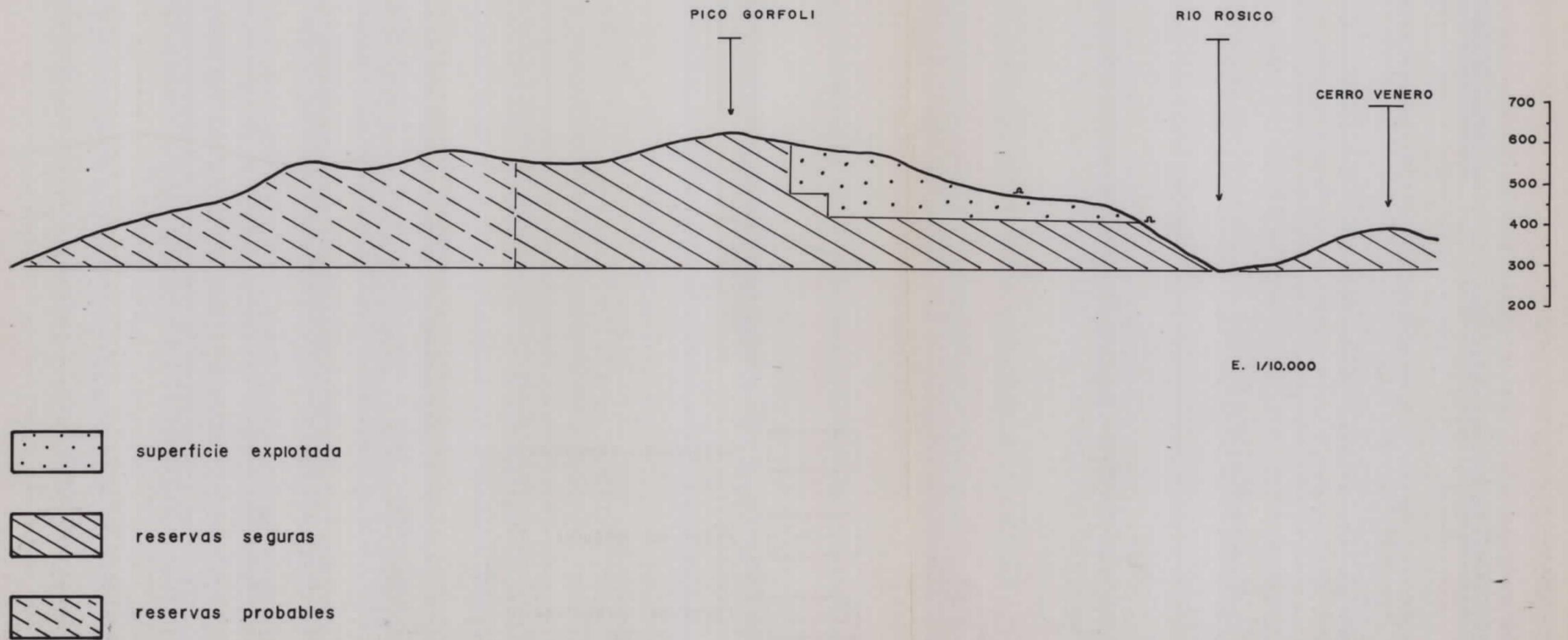


Fig. 3

8.1.5.2. RESERVAS.

Partiendo de la cota 300 donde el valle del río Rosico corta la capa de caolín, se han establecido las reservas aguas arriba siguiendo las siguientes consideraciones:

- Se estiman como reservas seguras aquellas que se corresponden con el afloramiento continuo observado en superficie y como tal cartografiado.
- Se estiman como reservas probables aquellas que se corresponden con la traza supuesta de la capa, cartografiada en trazo discontinuo.
- El buzamiento se ha promediado en 50° y la potencia de la capa en 0,7 m., asignándose al caolín una densidad de 2,8.

Reservas seguras, 740.000 Tm en el macizo del Gorfolí y 35.000 Tm en el cerro Venero (prolongación norte al otro lado del río).

Reservas probables, 530.000 Tm en la prolongación suroeste de la traza hasta el límite de zona.

Siguiendo la traza de la capa hacia el noreste, fuera de la zona, se ha localizado la existencia de otra antigua bocamina en la ladera del Cerro de La Peña, emboquillada en cota 220 m. aproximadamente, siendo fácilmente accesible la cota 180 m. junto al arroyo de Molleda. Este punto dista unos 1.500 m. del extremo noreste de la zona y de confirmarse la continuidad de la capa, ampliaría considerablemente las reservas. (estas reservas podrían estimarse "grosso modo" en 1.000.000 Tm).

8.1.6. CONCLUSIONES.

- La zona del Pico Gorfolí se considera de alto interés por el escaso desarrollo que alcanzaron las explotaciones mineras.

- El caolín extraído en las explotaciones antiguas se cifra en 160.000 Tm.

- Tomando como punto de ataque el arroyo Rosico se han calculado unas reservas de seguras de:

740.00 Tm siguiendo la dirección de las antiguas explotaciones en un nivel inferior (sector sur).

35.000 Tm en el Cerro Venero (sector norte).

- Como reservas probables se estiman 530.000 Tm en la prolongación sur si se confirma la continuidad de la capa con su potencia explotable.

- La prolongación norte, fuera de la zona de estudio ofrece buenas posibilidades para aumentar las reservas partiendo de un nivel en el arroyo de Molleda.

8.2. AREA II.- BARZANA.

8.2.1. MARCO GEOGRAFICO.

El área minera de Bárzana se ubica en la zona de media montaña del centro de Asturias, dominada por la alineación norte-sur de las formas de relieve. En general presenta angostos valles de laderas muy pronunciadas, con reducidas llanuras aluviales.

La superficie de interés minero, con unas 400 Ha., se concentra en una estrecha franja de terreno montañoso, la crestería del Pico Villar, limitado por dos valles, el del río Cubia por el oeste y el del río Villabre por el este. Las cotas se disponen en sentido descendente de sur a norte, estando el punto más alto, de 940 m, en el extremo sur del área y el más bajo, de 250 m, en el fondo del meandro del río Cubia que limita por el norte la zona de estudio.

El acceso se realiza a través de la carretera provincial que comunica Grado con el concejo de Yermes y Tameza, siguiendo los dos ramales que ascienden siguiendo el curso de los ríos Cubia, en dirección a Bárzana, y Villabre, en dirección a Tameza.

Para acceder a las labores abandonadas es necesario seguir una serie de pistas de tierra: para ir a Mina Perdida, situada en el extremo norte frente al pueblo de Mómalo, se llega por una pista que arranca en el Km. 17 de la carretera a Villabre. Para acceder a Mina Aurora, situada frente a Bárzana, se toma una pista de uso ganadero que sale del puente del mismo pueblo hacia la ladera oriental del valle del río Cubia. Las explotaciones elevadas del Pico Villar, se alcanzan por otra pista que arranca a las afueras

de Villabre y asciende por laladera oriental de dicho pico hasta situarse en la vertical de Bárzana.

8.2.2. HISTORIA MINERA.

El interés minero del área de Bárzana fue descubierto al prolongar hacia el sur las unidades de cuarcitas armónicas, una vez controlado el modelo sedimentario de la mineralización de caolín. Esta zona ocupa la continuación meridional de la Unidad del Pedroso, origen de la minería del caolín en la región. Habiendo sido explotada por la empresa A. De La Serna desde finales de los años sesenta hasta principios de los ochenta.

El nivel de caolín fue detectado en afloramientos naturales y taludes de las vías de comunicación, en similar posición que el de la Sierra del Pedroso, por lo que fue reconocido puntualmente en base a la apertura de zanjas y calicatas, deduciéndose una traza continua de 2.000 m dentro del área.

En función de las reservas calculadas y de la calidad del caolín, se inició la explotación del nivel empezando por el extremo norte. De esta primera mina, denominada La Perdida y abierta a finales de los sesenta, se pasó al tramo intermedio del nivel, frente a Bárzana.

El nuevo grupo minero fue bautizado con el nombre de concesión Aurora, se abrió en 1.971 con una única galería transversal dirigida hacia el sureste.

Finalmente en la segunda mitad de los setenta, se iniciaron labores en el extremo sur de la capa, muy cerca del Pico Villar.

A principios de los ochenta todas las labores fueron paradas, aunque las reservas no estaban agotadas, si bien tanto la zona de La Perdida como Aurora ya habían sido consideradas como improductivas por parte de la empresa concesionaria.

El futuro de esta zona se limita pues al extremo sur, y sobre todo a la prolongación del nivel de caolín más allá del límite del área de estudio.

8.2.3. MARCO GEOLOGICO.

El área de Bárzana se situa dentro de la Zona Cantábrica en la Región de Pliegues y Mantos, ocupando parte del borde oriental de la Unidad de Tameza, unidad tectónica cabalgante sobre la Unidad de La Sobia.

Las estructuras mayores se alinean predominantemente en dirección norte-sur por lo que las unidades tectónicas presentan similar dirección. Los cabalgamientos se desplazan desde el oeste hacia el este, no existiendo nunca un autóctono absoluto, ya que todos son escamas superpuestas.

En un corte estratigráfico de muro a techo, aparecen los siguientes materiales:

En el ángulo suroriental entre las localidades de Fojo y Villabre, aparecen unas calizas dolomitizadas amarillentas, muy estilolitizadas, constituyendo el muro de la serie, de edad Cámbrico inferior-medio, pertenecientes a la formación Láncara. Su afloramiento marca la base del cabalgamiento de la unidad de Tameza sobre la de La Sobia.

Avanzando en el corte hacia el oeste aparecen, siguiendo la serie normal, los materiales detríticos de la Unidad de Tameza:

- Fm. Oville, de edad Cámbrico superior-tránsito Ordovícico, está constituida por areniscas y pizarras. Los materiales areniscos tienen abundancia de glauconita, siendo las pizarras oscuras y masivas, también contiene niveles arcillosos verdes muy plásticos. La potencia estimada no supera los 200 m.

Hacia el norte, el muro de la formación es progresivamente truncado por el ascenso de la superficie de cabalgamiento, de tal modo que a partir de Fojo y hacia el norte pasa a ser la base del alóctono. Alrededor del Km 17,300 de la carretera a Villabre, aparece una cuña de estos materiales contenida entre dos superficies de despegue, cuña tectónica asimilable a una escama.

- Fm. Cuarcita de Barrios, de edad Ordovícico inferior (Arenig) se sitúa mediante un tránsito gradual sobre las areniscas del techo de Oville. La potencia estimada supera los 500 m, con abrumador dominio de las ortocuarcitas blancas, con intercalaciones de areniscas y cuarcitas rojizas por óxidos de hierro.

De aspecto masivo, generan un relieve de crestones con gran continuidad lateral. Cada crestón se debe a la existencia de bancadas cuarcíticas resistentes y masivas, con estratificación cruzada de alto ángulo y migración de barras y megarripleles. En la base del tercio superior de la formación se localiza el nivel de caolín, con una potencia media de 0,7 m, naturaleza homogénea, color ocre con lamparones vinosos y fractura concoidea. En torno al nivel de caolín aparecen tramos arenisco-lutíticos, muy bioturbados y ricos en icnofauna, característicos de episodios de baja

energía en medios salobres de transición a plataforma continental.

- Fm. Pizarras de Formigoso, pertenecientes al Silúrico inferior-medio, se disponen concordantemente con la formación anterior, salvando un laguna estratigráfica que abarca todo el Ordovícico medio y superior. Estas pizarras generalmente negras, ampelíticas, hacia el techo presentan intercalaciones areniscosas de grano fino y tonos rojizos asociados a óxidos de hierro, hasta pasar al muro de la formación siguiente, Areniscas de Furada, establecido cartográficamente por la aparición de un banco cuarcítico rico en oolitos ferruginosos. La potencia media de Formigoso es de unos 50 m. Esta formación completa el Silúrico y da paso al Devónico, fuera ya del dominio de interés minero.

No obstante y según el corte estructural, aparecen unos materiales calcáreos representando al autóctonode la unidad y de edad más reciente. Se trata de las calizas tableadas negras y azoicas de la formación Caliza de Montaña de edad Namuriense.

8.2.4. NIVEL DE CAOLIN.

Al igual que en los diferentes yacimientos regionales, el nivel de caolín de Bárzana aparece interestratificado entre las cuarcitas de la formación Barrios, aproximadamente en la base del tercio superior de la serie a unos 180 m del techo.

Entre afloramientos naturales, taludes de caminos y calicatas de reconocimiento, se cartografian de modo continuo unos 4.000 m, prolongándose por el sur la traza como mínimo 2.000 m más allá del extremo meridional del área.

El extremo norte de la traza presenta un progresivo estrechamiento de origen tectónico, debido a la proximidad de la superficie de despegue del cabalgamiento de la Unidad de Tameza. Además de la pérdida de potencia, la capa pierde riqueza en contenido de caolín y aumento de cuarzo, pasando a ser un nivel silíceo milonitizado, rico en arcilla caolinífera.

Esta pérdida de calidad se inicia a partir de la explotación La Perdida y llega hasta la intersección con la superficie de cabalgamiento, situada en el Km 15,5 de la carretera a Bárzana, muy cerca del cruce.

Desde la mina La Perdida hacia el sur, la dirección y el buzamiento permanecen estables alrededor de 275/80, lo cual alinea claramente la capa en dirección norte-sur, con una inclinación subvertical. En el último tramo de la traza, cerca del Pico Villar, la inclinación se suaviza hasta los 35⁰, pero la dirección se mantiene.

Al mantenerse la serie cuarcítica isoclinal dentro del flanco occidental de un anticlinal de orden regional y no existir repeticiones de la serie asociadas a escamas internas, se confirma la presencia de un único nivel de caolín, de traza rectilínea y con una ligera inflexión en su extremo norte. La uniformidad de la traza se rompe en la zona de La Mialiega por presencia de fallas verticales que provocan pequeños saltos. Esta fracturación afecta especialmente a escala minera, pues a escala decimétrica son frecuentes las discontinuidades, factor altamente perturbador del avance de las labores.

La potencia varía negativamente en la zona intermedia que separa los grupos mineros La Perdida y Aurora, ya que un ancho sostenido inferior al medio metro prolongado durante más de 400 m provoca desinterés minero. Por tanto se

manifiesta una zona intermedia de dudoso valor económico, con una longitud aproximada de 1.400 m, en la que se concentran frecuentes estrechones y numerosos planos de discontinuidad tectónica, hecho puesto de manifiesto tanto en el reconocimiento superficial, verificado por numerosas calicatas, como en el interior de las labores más cercanas.

Pese a la gran longitud de la traza del nivel de caolín, son muy escasos los afloramientos de interés estratigráfico, restringiéndose al extremo sur del área. Por ello no se ha dispuesto de un corte completo de la serie inmediata al caolín, estableciéndose ésta en base a correlaciones puntuales, todas realizadas en los alrededores de las labores de Aurora II.

La sucesión reconstruida consta de los siguientes tramos de muro a techo: (fig. 4)

Tramo 1.- Potencia mínima 2 m. Cuarzitas blancas con estratificación cruzada tipo migración de barras; interestratos lutíticos negros.

Tramo 2.- 0,55 m. Areniscas tableadas rojas, grano medio y estratificación paralela.

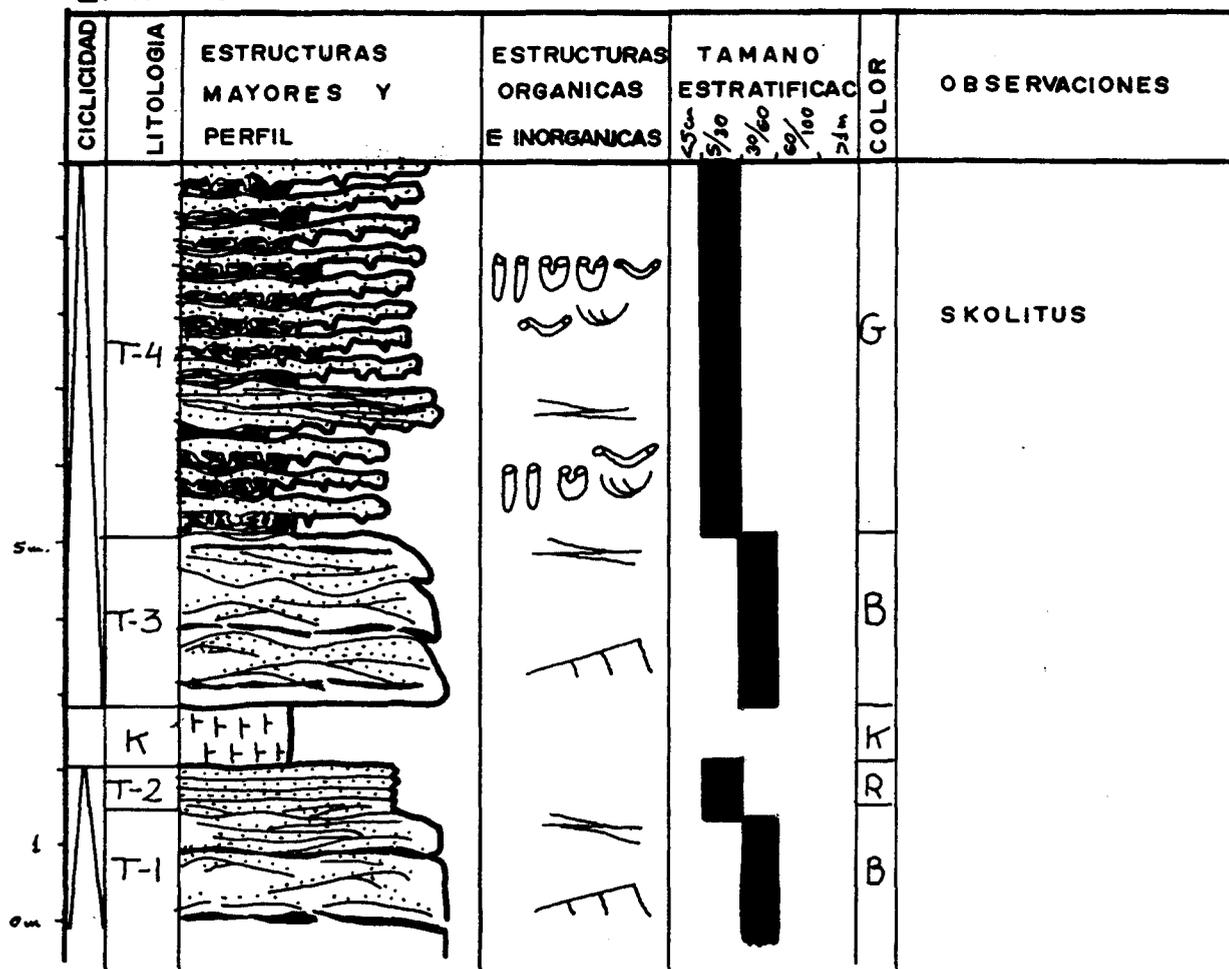
Tramo 3.- 0,8 m. Caolín masivo de color ocre con lamparones rojizos.

Tramo 4.- 2,2 m. Cuarzitas blancas con estratificación cruzada e interestratos lutíticos.

Tramo 5.- Potencia mínima 5 m. Tramo arenoso de tonos grises y rojizos con intercalación de limolitas arenosas y fangos lutíticos; intensa bioturbación, pistas horizontales y tubos verticales. Intercalaciones de algunos niveles cuarcíticos erosivos. Nivel de skolitus.

Serie estratigráfica Nivel de BARZANA

E. 1/100



(fig. 3)

Por encima aparecen unas cuarcitas masivas a través de un tránsito que no aflora; son blancas, homogéneas y distribuidas en grandes bancos, con estratificación cruzada curva y estructura de barras arenosas migrantes. Podría ser el nivel denominado "bancada", pues en el relieve marca un crestón.

En cuanto al quimismo, los datos geoquímicos manejados son los aportados por la Fase I de la Investigación de Caolines, adaptados a la nueva cartografía y ajustados a los afloramientos.

Los análisis químicos de seis muestras sirven de control geoquímico para dos tramos de la traza de la capa, el tramo norte o mina Perdida y el tramo intermedio o mina Aurora. (cuadro nº 2).

Al primero pertenecen cuatro análisis, fruto del muestreo en escombreras, por lo que se pueden considerar en conjunto como un promedio de la calidad del caolín en el extremo norte. El promedio es el siguiente:

Al_2O_3	37,40%
SiO_2	45,76%
Fe_2O_3	0,85%
TiO_2	1,52%
$\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$	0,25%

Es de destacar su bajo contenido en álcalis como factor positivo, por contra se consideran negativos su alto contenido en titanio y el bajo índice de blancura.

Por lo que respecta a las muestras de mina Aurora, tomadas también en escombrera, son dos con estos promedios:

Al_2O_3	37,56%
-------------------------	--------

ZONA II. BARZANA

(Mina Perdida)

Nº DE MUESTRA	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	P.C. %	H ₂ O %	CaO ppm	MgO ppm	Na ₂ O %	K ₂ O %	I.b %	I.a %	K %	M %
38	45,60	37,00	0,65	1,70	14,1	0,42	28	116	0,13	0,08	58,5	17,6	95	
39	46,20	37,00	0,58	1,50	14,2	0,45	42	88	0,06	0,24	57,7	15,1	95	
40	46,00	37,50	0,95	1,97	14,1	0,39	56	154	0,08	0,07	49,6	18,1	95	
41	45,27	38,13	1,25	0,91	14,1	0,37	42	126	0,10	0,22	56,9	6,7	95	

(Mina Aurora)

42	46,30	37,10	0,38	0,92	13,7	0,41	112	647	0,08	0,86	60,9	12,2	90	5
43	46,06	38,03	0,40	0,82	12,8	0,38	126	613	0,08	1,35	63,1	5,2	90	5

I.b - índice de blancura; I.a - índice de amarilleamiento; K - kanditas; M - micas.

Cuadro nº 2

(procedencia: "Investigación de caolines en el Principado de Asturias 1ª fase". 1.987)

SiO ₂	46,18%
Fe ₂ O ₃	0,39%
TiO ₂	0,87%
Na ₂ O + K ₂ O	1,18%

Es de destacar su elevado contenido en álcalis como factor negativo, el resto de los parámetros son semejantes a la otra zona.

Estos datos (alto contenido en potasio) confirman a su vez la existencia de deformación tectónica de tipo fractura en el entorno geológico de esta zona, motivo suficiente para considerar en este punto al yacimiento como negativo. Debido a ello, la empresa explotadora cerró estas labores, optando por explotar la prolongación sur del nivel a partir del Pico Villar.

8.2.5. MINERIA.

8.2.5.1. GRADO DE EXPLOTACION.

En función de las labores realizadas, se divide el yacimiento en tres sectores productivos:

- A.- Sector de Villaldin, explotado en Mina Perdida.
- B.- Sector de Bárzana, explotado en Mina Aurora.
- C.- Sector de Pico Villar, explotado en Mina Aurora.

Sector de Villaldín.

Incluye el extremo norte productivo del nivel de cao-lín, explotando un tramo de unos 900 m longitudinales de traza de capa, con una potencia media de 0,7 m. Tal como se observa en el mapa y en el corte de labores, la explotación se realizó en dos niveles.

El superior, de cota 350 m se acomete a través de un transversal, Mina María Covadonga, situada encima de Villaldín en la ladera norte de El Carballín. Con forma de codo corta la capa y avanza por ella 250 m, explotando un macizo de 50 m de altura máxima que desciende hasta los 25 m en su extremo sur. En total se extrajeron 14.000 Tm

A Partir de ahí, el nivel se prosiguió con la galería Perdida I, la cual avanzó las labores hacia el sur unos 650m, explotando de forma continuada desde la superficie del terreno hasta la cote 350 m. Estas labores están repartidas en cinco talleres que en conjunto produjeron unas 112.000Tm.

Para rematar la extracción del macizo, se extendió la explotación hasta el nivel del valle, abriendo una nueva galería guía 35 m por debajo de la principal, emboquillada a escasos metros del techo de la capa, repartió las labores en los dos sentidos, por el norte hasta el mismo extremo productivo, establecido ya en las labores de Ma Covadonga, y por el sur hasta el mismo cauce del rio Cubia, unos 200 m menos que el piso superior.

En total se extrajeron unas 42.000 Tm, agotando las reservas de este sector septentrional por encima de la cota del valle.

En el conjunto del sector (las tres galerías), se obtuvo una producción de unas 170.000 Tm de caolín, dirigido a la producción de chamotas en la planta de Arciresa.

Sector de Bárzana.

Zona productiva explotada en las labores denominadas Mina Aurora, abiertas en 1.971 y convertidas en plaza principal, de donde surgían las conducciones de aire y

electricidad para el resto de las labores: Perdida y Aurora II. En la misma plaza se estableció la estación de recepción del caolín extraído en Aurora II, acarreado por un sistema de teleférico volado.

Las buenas expectativas mineras de este sector no se corroboraron en las labores de interior, pues a los problemas tectónicos que presenta el nivel especialmente a escala minera, se añadieron problemas técnicos, tales como frecuentes zonas descompuestas y balsas de agua subterránea.

Las galerías de reconocimiento avanzaron unos 100 m hacia el norte y unos 300 hacia el sur, pero las explotaciones quedaron mucho más retrasadas al decidir el cierre de las mismas. Para esa época, la empresa A. De La Serna ya conocía la prolongación del nivel por fuera de la concesión y con unas condiciones de laboreo mucho más productivas.

En total se extrajeron unas 100.000 Tm de caolín, pero con unos costes muy elevados al replantear un sistema de laboreo discontinuo e irregular, ajustado a las dislocaciones del yacimiento.

En teoría se habían estimado unas reservas en torno al millón de toneladas, prolongando las labores hasta la unión con las de Perdida y extendiéndolas hacia el sur hasta los bordes del permiso, paralelos al extremo sur del área de estudio, pero los datos reales obtenidos en los reconocimientos, así como las grandes posibilidades del yacimiento a partir del Pico Villar, decidieron a la empresa por el rechazo hacia este sector.

En base a ello y para aprovechar la inversión realizada en la puesta en marcha de las labores de Aurora, comenzaron a explotar en el borde sur del área, constituyendo el inicio

de un ambicioso proyecto de explotación dentro del permiso Santana.

Sector Pico Villar.

Beneficia el extremo sur del nivel de caolín de Bárzana, a partir de una cota elevada muy alejada de la cota del valle del río Cubía. El transversal de acceso se abre en la ladera norte del Pico Villar, a una altura de 850 m, alcanzando una longitud de 180 m. en forma de codo. Al intersectar el techo de la capa, se desdobra en dos galerías guía, una norte de unos 100 m, y otra sur de unos 150 m, desde las cuales se explota continuamente hasta la superficie del afloramiento.

El macizo presenta unas condiciones técnicas muy positivas, ya que la inclinación de la capa ronda los 35° de buzamiento real, con una potencia media de 0,80 m.

La producción de caolín en este sector hasta el momento del cierre de la mina ha sido de unas 80.000 Tm. El cierre de esta explotación obedeció a razones de mercado en crisis, ya que el volumen de reservas estimado al extender el nivel hacia el sur es superior a los dos millones de toneladas.

En resumen, se deduce que la cantidad de caolín extraído entre los tres sectores explotados dentro del Área de Bárzana, se aproxima a las 350.000 Tm.

8.2.5.2. RESERVAS.

Las reservas de caolín para este área se calculan a partir de la cota del valle del río Cubia, ya que solo son rentables aquellas partes del yacimiento beneficiables por el laboreo de tipo montaña.

Si se mantiene la división en sectores establecida en el capítulo anterior, se tienen las siguientes estimaciones:

- Sector de Bárzana

La longitud aproximada en dirección sur de la traza en este sector, es de unos 1.500 m, estimada desde el final de las labores de Villaldín, en el torrente Carballín, hasta el arroyo de Yaballos. Del total solo han sido reconocidos en interior unos 600 m de capa, a nivel de las galerías de Mina Aurora a 465 m de altura.

El cálculo de reservas para este sector estimando una potencia media de la capa de 0,70 m, un buzamiento de 80° y un desnivel de unos 200 m como promedio entre la traza del afloramiento y la cota del valle, es de 600.000 Tm.

De estas reservas se han extraído según la información minera consultada unas 100.000 Tm, luego quedarían unas reservas del orden de medio millón de toneladas. No obstante y teniendo en cuenta dicha información la potencia de la capa fluctúa irregularmente, siendo frecuentes los estrechones hasta potencias por debajo de 0,40 m, así como zonas de intensa fracturación. Por tanto estas reservas no son realistas por el elevado coste económico y técnico que requeriría su extracción, lo que lleva a considerar a este sector como improductivo.

- Sector de Pico Villar.

Las reservas de este sector se calculan en función de un acceso minero viable, solo posible desde la plaza de Aurora.

Con una cota de 460 m. y aprovechando el transversal existente prolongándolo hacia el sureste, se corta el nivel de caolín a los 350 m aproximadamente. El macizo establecido presenta una forma triangular de gran altura, con un desnivel máximo de 580 m.

Las reservas totales así calculadas suponen cerca de 1.500.000 Tm. Como este sector ha sido minado parcialmente extrayéndose unas 80.000 Tm, quedan unas reservas seguras de 1.400.000 Tm. No obstante el replanteamiento minero de este sector pasa por considerar el volumen de reservas que se encuentran dentro del permiso Santina, estimado por la empresa concesionaria en más de tres millones de toneladas.

En resumen, las reservas totales del área de Bárzana son las siguientes: (fig. 5)

Seguras 1.400.000 Tm (sector de Pico Villar).

Probables 500.000 Tm (sector Aurora).

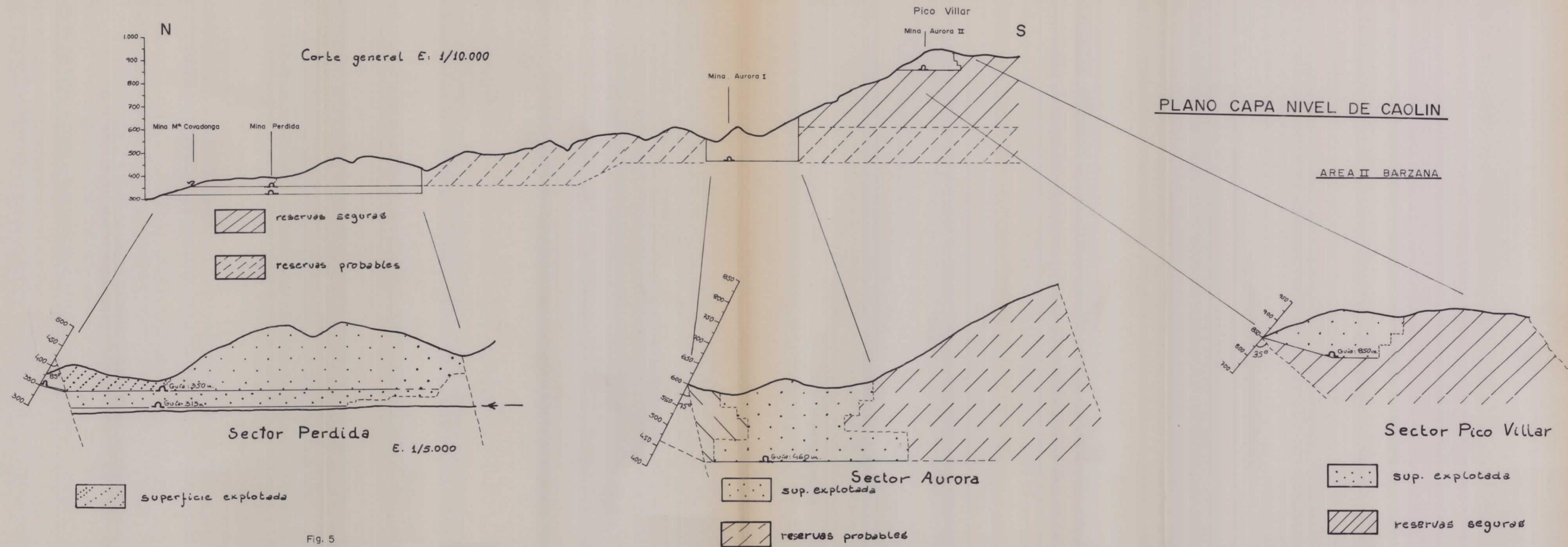


Fig. 5

8.2.6. CONCLUSIONES.

- El caolín extraído en el conjunto de los tres sectores explotados del Area de Bárzana, se situa alrededor de las 350.000 Tm
- El interés minero del Area de Bárzana se centra en la explotación del extremo sur del nivel de caolín, dentro de la denominada concesión "Aurora", donde se localizan unas reservas en torno a 1.400.000 Tm.
- El resto de la zona presenta un bajo interés minero. Por un lado el extremo norte, incluido dentro de la concesión "Perdida" está agotado y el tramo intermedio, con unas reservas potenciales próximas a las 600.000 Tm, ofrece unas condiciones técnicas de laboreo muy problemáticas.
- Por último hay que destacar el gran valor que ofrece la prolongación del nivel por el extremo sur, dentro de la concesión denominada "Santina", en la cual se estiman unas reservas superiores a los tres millones de toneladas.

8.3. AREA III.- SIERRA DE LA CURISCADA.

8.3.1. MARCO GEOGRAFICO.

Está situada al sureste de la localidad de La Espina, forma parte de la alineación montañosa definida por las sierras de Bodenaya y La Curiscada, con una extensión aproximada de 600 Ha. Se extiende de nordeste a suroeste desde la localidad de Bodeneya, en la carretera nacional de Oviedo a La Coruña, hasta la de Villanueva de Rañadorio, ocupando parte de la divisoria entre los términos municipales de Salas y Tineo. La zona es cruzada por dos ríos; el San Vicente en la parte norte y el Modreiros en el extremo sur, que han originado valles encajados en la montaña, cuyas cotas máximas se sitúan por los 725 m.

Los accesos se realizan desde Bodenaya por la pista que va a Casandresín y a la mina Aventura para el sector norte, y desde La Espina por la carretera local que va a Villanueva de Rañadorio para los sectores central y sur.

8.3.2. HISTORIA MINERA.

En esta zona se explotaron tres minas: Polita, Maria del Morrón y Aventura situadas de sur a norte. A partir de ellas se extrajo caolín de la totalidad de la corrida de la capa como se puede ver por los constantes hundimientos que recorren toda la traza.

En todos los casos se buscaba el fondo de un valle para atacar la capa mediante dos galerías en dirección, una en cada ladera, por la propia capa, hasta enlazar con las labores de la explotación contigua.

En la actualidad solo se encuentra activa la mina Aventura situada en las proximidades de Bodenaya, el resto han sido cerradas hace años quedando solamente restos de sus edificaciones auxiliares y las escombreras. Como consecuencia de estas explotaciones antiguas, y debido a que no se dejaban macizos de protección en la zona de superficie, es muy frecuente la existencia de hundimientos que a modo de grandes cicatrices recorren la montaña indicando la traza de la capa de caolín.

8.3.3. MARCO GEOLOGICO.

A nivel regional el área de la Sierra de la Curiscada se encuentra en el límite occidental de la denominada Zona Cantábrica, al este del cabalgamiento de La Espina que la separa de la Zona Asturoccidental-Leonesa.

La cuarcita de Barrios constituye el flanco noroeste de un gran anticlinal, cuyo núcleo lo forman las areniscas de la formación Oville, dando lugar a un alineamiento montañoso de dirección nordeste-suroeste que engloba las sierras de Bodenaya y La Curiscada. En la zona axial se ha producido un despegue a nivel de los materiales inferiores, formación Oville, lo que ha originado que todo este flanco cabalque sobre la cuarcita del otro flanco hacia el sur y sobre los materiales devónicos hacia el norte.

En la zona norte de la sierra de la Curiscada existen una serie de depósitos terciarios y cuaternarios, relacionados con antiguas superficies de erosión, que cubren parcialmente el afloramiento cuarcítico.

La sucesión estratigráfica de la zona, de muro a techo es la siguiente:

- Fm. Oville, de edad Cámbrico superior-Ordovícico inferior, constituida por cuarcitas y areniscas con glauconita alternando con pizarras verdosas; su potencia es variable estimándose en la zona alrededor de 800 m.

- Fm. Cuarcita de Barrios, de edad Ordovícico inferior, está constituida por potentes masas de cuarcita blanca o pardo-amarillenta, estratificada en grandes bancos, con estratificación cruzada de alto ángulo propia de migración de barras, megarriples y surcos; entre los bancos cuarcíticos se pueden intercalar esporádicamente niveles pizarrosos, que aumentan en importancia hacia el techo. Su potencia se estima en unos 600 m. En la zona aparece interestratificado en la parte basal de la cuarcita un nivel de caolín de unos 0,7 m. de potencia.

- Depósitos Terciarios, se trata de arcillas abigarradas y conglomerados cuarcíticos dispuestos de forma discordante sobre el conjunto de materiales infrayacentes, lo que impide reconocer los miembros superiores de la cuarcita; su espesor es de unos 20 m.

8.3.4. NIVEL DE CAOLIN.

Interestratificado en la parte basal de la cuarcita aparece el nivel de caolín, de una potencia media de unos 0,7 m. y gran continuidad lateral. Su aspecto de visu es de una roca compacta con fractura concoidea, no disgregable a mano, colores claros blanco - grisáceos, y tacto ligeramente jabonoso.

En la cartografía se ha reconocido perfectamente una corrida continua de 6.000 m, gracias a los frecuentes hundimientos y chimeneas que jalonan toda la traza. Ocasionalmente aparecen pequeñas fallas transversales a la capa,

sobre todo en el área situada entre las minas Aventura y María del Morrón, que producen desplazamientos cortos del orden de 15 a 20 m. El buzamiento es siempre noroeste con valores que oscilan entre 50 y 70⁰. Al norte de la mina Aventura la capa pierde su potencia habitual pasando a tener unos pocos centímetros hasta perderse el afloramiento, por este motivo se ha cartografiado con trazo discontinuo a partir del arroyo San Vicente.

El corte estratigráfico inmediato a la capa de caolín se caracteriza por la siguiente secuencia: (fig. 6)

Tramo 1.- Potencia mínima 2 m. Areniscas grises con interestratos fangosos bioturbados, presencia de skolithus y otras pistas. Estratificación paralela.

Tramo 2.- 1,35 m. Cuarcitas blancas con megarripples y estratificación cruzada planar de bajo ángulo.

Tramo 3.- 0,8 m. Lutitas negras con abundante bioturbación.

Tramo 4.- 3,10 m. Areniscas gris claro con intercalaciones de limos y lutitas bioturbadas, presencia abundante de pistas y skolithus.

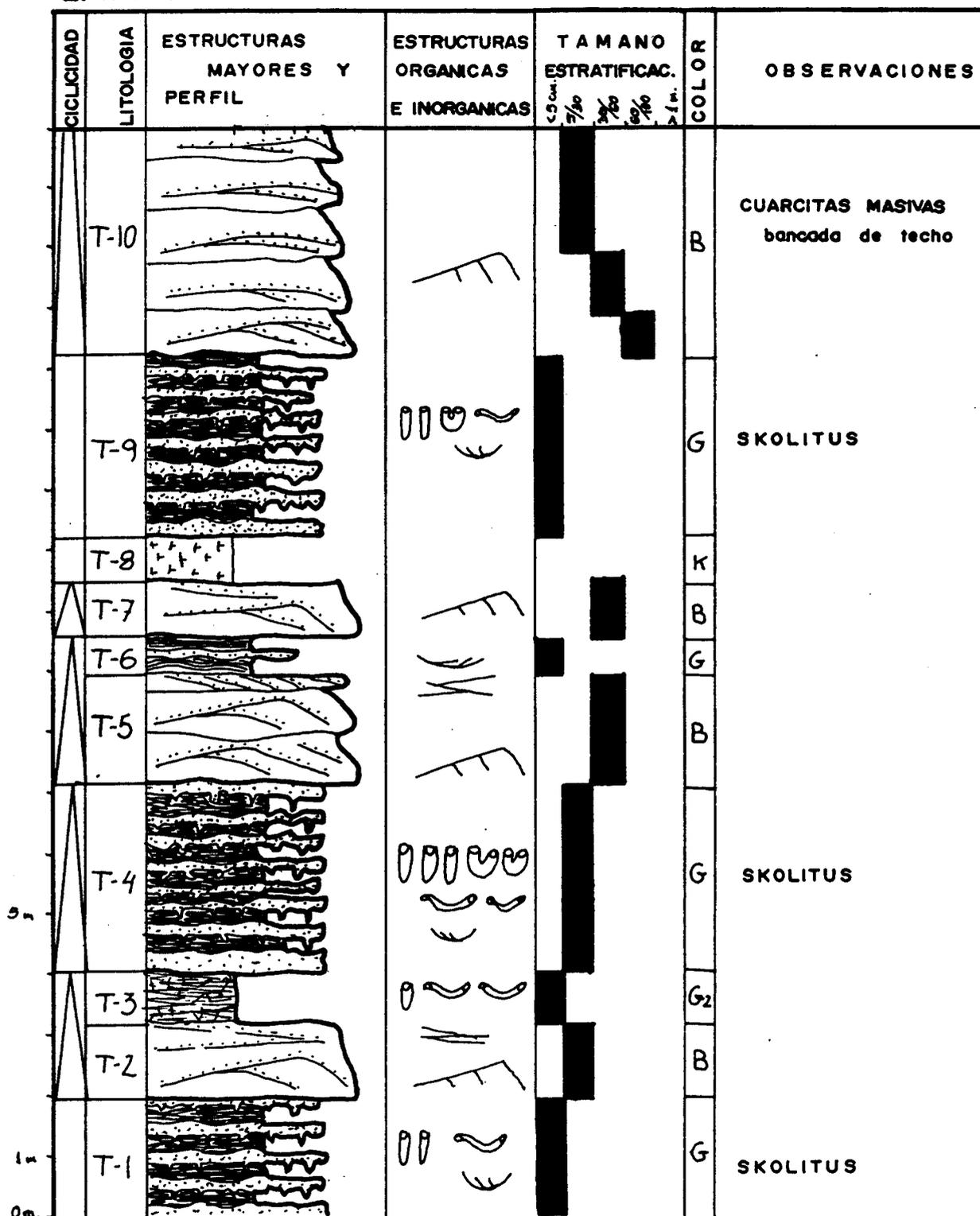
Tramo 5.- 1,80 m. Cuarcitas blancas estratificadas en ciclos granodecipientes positivos, con estratificación cruzada planar de bajo ángulo y estructuras de migración de ripples.

Tramo 6.- 0,6 m. Alternancia de lutitas y areniscas de colores grises con superficies erosivas.

Tramo 7.- 1 m. Cuarcitas blancas con estratificación cruzada.

Serie estratigráfica Nivel de CURISCADA

E. 1/100



(fig. 4)

Tramo 8.- 0,70 m. Capa de caolín gris claro-blanco, con fractura concoidea, carente de estructuras sedimentarias de ningún tipo.

Tramo 9.- 3 m. Areniscas grises con interestratos fangosos bioturbados, presencia de skolithus y otras pistas indiferenciadas, estratificación paralela.

Tramo 10.- más de 10 m. Cuarcitas blancas masivas con megarripples y barras de base erosiva, dispuestas en grandes bancos con algún interestrato fangoso de escala centimétrica.

En cuanto al quimismo de la capa de caolín en esta zona, se han revisado todas las fichas de trabajos anteriores, aunque solo se han utilizado los datos de aquellas que coinciden con afloramientos actuales. Los resultados de los análisis y ensayos pertenecen al trabajo "Investigación de Caolines en el Principado de Asturias. Primera fase". (cuadro nº 3).

De las tres muestras analizadas se puede ver que los contenidos en caolín son variables, oscilando entre el 65 y el 90%; los contenidos en sílice (47%) y alúmina (36%) son muy constantes; el hierro está muy bajo en todas las muestras (0,12 a 0,38%), mientras que el contenido en álcalis es muy alto en dos de las tres muestras analizadas (potasio >2,7%).

Los índices de blancura (58,5% - 61,1%) y amarilleamiento (7,3% - 8,9%) son muy semejantes .

La muestra de la mina María del Morrón es de una calidad superior a las otras dos que son muy semejantes entre sí, tiene el mayor contenido en caolín y el más bajo índice de potasio.

ZONA III. SIERRA DE LA CURISCADA

Nº DE MUESTRA	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	TiO ₂ %	P.C. %	H ₂ O %	CaO ppm	MgO ppm	Na ₂ O %	K ₂ O %	I.b %	I.a %	K %	M %
144	47,72	36,80	0,20	0,90	13,1	0,27	70	232	0,20	0,59	59,1	8,3	90	5
145	46,92	36,92	0,12	1,20	10,8	0,35	126	497	0,35	2,78	58,5	8,9	80	15
146	47,00	36,90	0,38	1,11	11,6	0,39	70	1226	0,34	3,53	61,1	7,3	65	30

I.b - índice de blancura; I.a - índice de amarilleamiento; K - kanditas; M - micas

Cuadro nº 3

(procedencia: "Investigación de caolines en el Principado de Asturias 1ª fase". 1.987)

8.3.5. MINERIA.

8.3.5.1. GRADO DE EXPLOTACION.

Basándose en los datos facilitados por la empresa Caolines de la Espina, titular de la mina Aventura, única en activo de la zona, y por las observaciones de campo, se ha confeccionado un plano capa (fig. 7) en el que se pueden ver los macizos explotados desde las distintas minas.

Igualmente en este plano se reflejan las zonas vírgenes que constituyen las reservas.

Para efectuar los cálculos se han utilizado los siguientes factores: buzamiento medio 60° , potencia de la capa 0,7 m y densidad 2,8.

A partir de estos datos se ha calculado que de la mina Aventura se han extraído 221.000 Tm. De la mina María del morrón 100.000 Tm en el sector norte y 112.000 Tm en el sur. En la mina polita 270.000 Tm. en el sector norte y 310.000 Tm en el sur; lo que arroja un total aproximado de 1.000.000 Tm en una corrida de capa de 6.000 m.

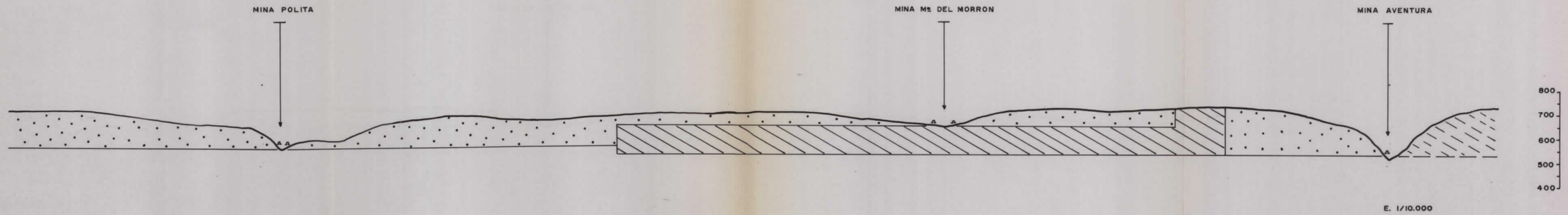
8.3.5.2. RESERVAS.

Partiendo de la cota 520 como punto más bajo en que aflora la capa, situado en el arroyo San Vicente actual nivel de ataque de la mina Aventura, se han establecido las reservas aguas arriba sobre todo el nivel cartografiado.

Las reservas seguras se cifran en 715.000 Tm situadas entre el frente de ataque de la mina Aventura y la

PLANO-CAPA DEL NIVEL DE CAOLIN

SIERRA DE LA CURISCADA



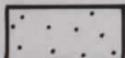
-  superficie explotada
-  reservas seguras
-  reservas probables

Fig. 7

confluencia de las antiguas explotaciones María del Morrón sur y mina Polita norte.

Estas reservas se pueden ampliar considerablemente atacando la capa en una cota más baja mediante la construcción de un transversal aguas abajo del arroyo San Vicente. Se ha calculado que con un transversal de 550 m las reservas se verían ampliadas en unas 500.000 Tm.

8.3.6. CONCLUSIONES.

- En el conjunto de las explotaciones de este área, se han extraído aproximadamente 1.000.000 Tm.
- Tomando como base la cota del transversal de la mina Aventura y avanzando las labores hacia el suroeste por debajo de las explotaciones antiguas, existen en este sector unas reservas seguras de 715.000 Tm.
- Estas reservas son ampliables descendiendo hacia cotas inferiores por el valle del arroyo San Vicente, aunque esto obligaría a dar un transversal en estéril hasta cortar la capa. Se ha calculado que con un transversal de 550 m las reservas se verían ampliadas en 500.000 Tm.
- En el extremo norte, desde el arroyo San Vicente hasta el límite del área de trabajo, se pierde la capa debido a un fuerte estrechamiento que sufre a partir del cruce del río. Teniendo en cuenta la regularidad con que se presenta hasta llegar a esta zona, en principio es de suponer que se trate de un episodio local, por ello si se quieren aumentar las reservas hay que continuar la prospección en esta dirección.

8.4. AREA IV.- ARROYO FARANDON.

8.4.1. MARCO GEOGRAFICO.

Definida por la presencia del arroyo Farandón, este área recoge la zona de cabecera del valle y se prolonga en dirección norte hasta la localidad de Nieres, abarcando en su conjunto una extensión aproximada de 400 Ha.

Topográficamente queda inscrita en la Sierra de La Cogolla, crestería situada al este de la Sierra de La Curiscada. Sus límites naturales quedan definidos al sur por la cima de La Cogolla, con 644 m de altitud, prolongándose hacia el norte hasta alcanzar los depósitos de agua de Nieres, situados ligeramente al noroeste de la localidad.

La altura mínima en la traza del nivel de caolín se alcanza en el fondo del valle del arroyo Farandón, 390 m, subiendo de altura progresivamente hacia los dos extremos.

Los accesos se efectúan desde El Crucero siguiendo la carretera local a Nieres. A la altura de Calixto se toma una pista minera y se desciende a las explotaciones de la concesión Ulises, centro de la zona de trabajo. Desde el oriente es imposible acceder al área, pues no existe comunicación viaria a la zona de Calabazos.

8.4.2. HISTORIA MINERA.

La existencia de niveles de caolín en los márgenes de este área y la presencia de niveles cuarcíticos armoricanos en la cabecera del arroyo Farandón, determinaron la explotación minera de la zona y la localización de indicios de

caolín repartidos en una doble traza repetida en las dos vertientes del arroyo.

Descubierta la existencia de caolín y establecido el permiso Ulises, comienzan las explotaciones en torno al año 1.970 por la empresa Minas de Miranda S.A., atacando la traza del flanco occidental del anticlinal de La Cogolla.

Debido al afloramiento continuo de la traza y a la forma del yacimiento, se establece un modelo de explotación muy depurado, basado en la extracción progresiva del caolín repartido en los dos macizos separados por el valle, a través de dos galerías guía emboquilladas en el techo del nivel. Con una sola instalación mecánica y el cargadero situado en la ladera septentrional del valle, el material era sacado de la zona a través de la pista de Calixto.

Posteriormente y una vez agotado el yacimiento por el sur en los límites de la concesión, y por el norte al estrecharse el nivel hasta su abandono, la explotación se trasladó hacia el flanco oriental del anticlinal, iniciándose en el sector norte para pasar, ya en los años ochenta, a explotar el macizo sur-oriental. La explotación se cerró a finales de 1.989, por agotamiento de recursos.

La prolongación hacia el norte de las dos trazas anticlinales pierde calidad minera. La explotación abierta sobre la rama occidental justo debajo de la carretera a Nieres, Mina Arquera, sirvió para reconocer la pérdida de potencia de la capa, hecho corroborado más adelante al descubrirse la capa en una trinchera de unos 25 m de longitud.

8.4.3. MARCO GEOLOGICO.

La unidad de la Sierra de La Cogolla, situada al este de La Curiscada, corresponde a un nuevo afloramiento de la formación Cuarcita de Barrios, alargada en dirección norte-sur, hecho este generalizado en esta zona de la Cantábrica situada muy próxima al borde establecido por la aparición del Pecámbrico.

Esta unidad está constituida por materiales del Cámbrico superior y Ordovícico, repartidos en las formaciones Oville (al este) y Cuarcita de Barrios (al oeste), limitado el margen occidental por la superficie de cabalgamiento de la formación Herrería, perteneciente al Cámbrico inferior.

En un corte transversal a la estructura principal se observa la siguiente serie de materiales de muro a techo:

- Fm. Areniscas de La Herrería, Cámbrico inferior. Definen el límite occidental del área al tratarse de una serie alóctona cabalgante, extendiéndose la superficie de despegue en dirección norte-sur. Debido a ello, solo se observan los tramos comprendidos entre la superficie topográfica y la base tectónica cabalgante.

En conjunto se observan en el corte unos 100 m de serie detrítica areniscosa, parda-limonítica, en la que se intercalan episodios cuarcíticos amarillentos en capas con estratificación cruzada de bajo ángulo, y niveles pizarroso-limolíticos. Ocasionalmente aparecen tramos de pizarras negras bituminosas y arcillas versicolores muy plásticas y deformadas debido a la proximidad de la superficie de despegue.

- Fm. Oville, Cámbrico superior-tránsito Ordovícico. Definen el margen oriental del área poniéndose en contacto a través

de una falla vertical. Los afloramientos son muy deficientes, pero se constata el dominio de areniscas pardas con glauconita, alternando con tramos pizarrosos, intercalándose niveles arcillosos verdes, muy plásticos y alterados.

- Fm. Cuarcita de Barrios, Ordovícico inferior (Arenig). Ocupar el centro del área, ofreciendo entre sus dos límites tectónicos laterales un mínimo de 200 m de serie, repetida entre los dos flancos del anticlinal de La Cogolla.

El corte se observa siguiendo el valle del arroyo Farandón, estableciéndose el muro de la serie en el núcleo del anticlinal, por lo que solo aflora el tercio superior de la formación. Está constituida por niveles cuarcíticos masivos, de tonos claros y muy resistentes a la meteorización; la estratificación dominante es cruzada de alto ángulo, generada por migración de barras, megarripples y canales, con intercalación de areniscas y limolitas más frecuentes en torno al nivel de caolín, en donde se concentran los episodios orgánicos más bioturbados de la formación.

La estructura de la unidad se centra en la existencia de un anticlinal que afecta a las cuarcitas ordovícicas, cuyo eje subhorizontal se prolonga en dirección norte. Los dos flancos buzan aproximadamente lo mismo, de 30 a 45⁰, uno al oeste y el otro al este, cobijando cada uno de ellos la capa de caolín.

Lateralmente la estructura queda abortada tectónicamente: al oeste aparece el cabalgamiento de las Areniscas de La Herrería, con una superficie de despegue inclinada unos 45⁰ hacia el oeste y extendida de norte a sur. El límite oriental queda establecido por una falla vertical, ligeramente oblicua a la estructura regional, falla que hacia el norte se cobija bajo un espeso depósito Cuaternario.

8.4.4. NIVEL DE CAOLIN.

En el área del Arroyo Farandón, el nivel de caolín está incluido en una estructura anticlinal de eje norte-sur, lo cual provoca su repetición en ambos flancos. Esta estructura al ser cortada perpendicularmente por el valle propicia la aparición de dos ramas en cada ladera. Por el sur la topografía las llega a cerrar muy cerca de la cumbre de La Cogolla, y por el norte se prolongan en paralelo hasta los límites del área.

La dirección general de las dos ramas es norte-sur, buzando aproximadamente lo mismo ambas, la occidental hacia el oeste sobre los 35° y la oriental hacia el este con cinco grados más de inclinación. Hacia el norte los buzamientos se verticalizan, alcanzando los 90° la rama oeste en la zona de La Arquera.

La cartografía de las trazas recoge múltiples afloramientos en la zona del valle y laderas, ofreciendo un perfecto control de la estructura. Hacia el norte los afloramientos naturales desaparecen, existiendo solamente en las labores mineras de La Arquera.

Sobre la estructura anticlinal aparece una única fractura a escala cartográfica, que provoca un salto lateral inferior a 50 m. No obstante, en la zona de La Arquera se observan una serie de planos de falla seudoparalelos a la dirección de la traza occidental, los cuales originan un fuerte estrechamiento en la potencia del nivel, reduciéndolo a 0,45 m.

La prolongación a partir de la ladera meridional del pico Arquera se hace imposible debido al recubrimiento edáfico. En función del estrechamiento prolongado observado en la trinchera de La Arquera, justo encima de la carretera

a Nieres, se considera este punto como el extremo norte para este nivel.

En el extremo sur del área coinciden tanto la unión de las dos ramas anticlinales como el límite de la concesión minera "Ulises", aunque por debajo de la superficie topográfica y hacia el sur prosigue la estructura.

El corte estratigráfico inmediato a la capa de caolín, realizado en la bocamina del ramal suroriental del anticlinal, se caracteriza por la siguiente secuencia de muro a techo: (fig. 8)

- Tramo 1.- Mínimo 4 m de potencia. Intercalación de areniscas de grano fino con laminación de ripples, y lutitas fangosas negras masivas. Intensa bioturbación llegando a destruir la estratificación, pistas subhorizontales y tubos verticales. Nivel de skolitus.

- Tramo 2.- 2,8 m. Cuarcitas blancas laminadas en capas delgadas, estratificación paralela con interestratos lutíticos muy bioturbados.

- Tramo 3.- 1 m. Intercalación de areniscas arriñonadas entre fangos lutítico-limolíticos bioturbados. Nivel de Skolitus.

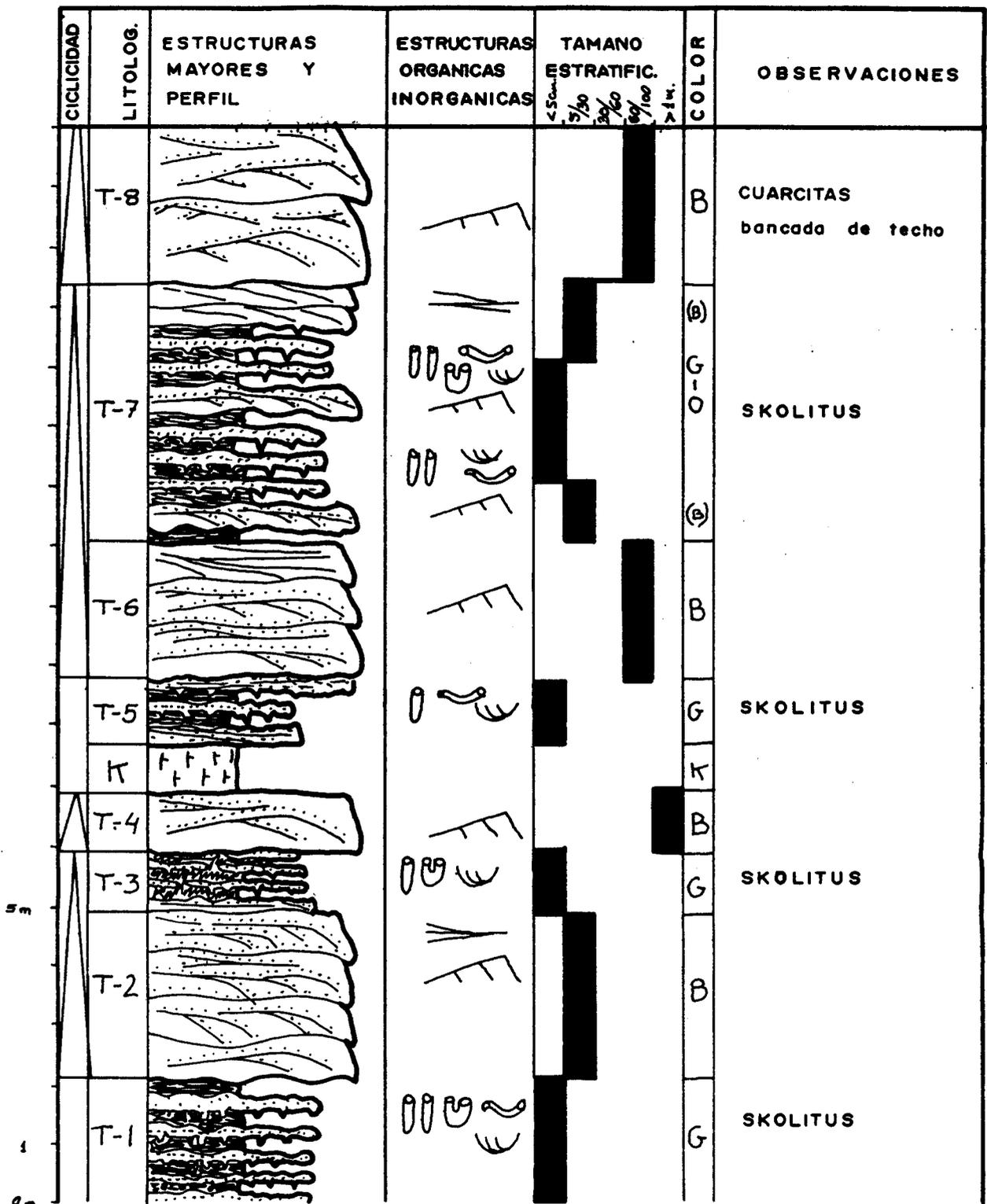
- Tramo 4.- 1 m. Cuarcitas blancas masivas bioturbadas en el techo.

- Tramo 5.- 0,75 m. Capa de caolín masivo, color ocre.

- Tramo 6.- 1,15 m. Areniscas de grano fino con entradas de limolitas bioturbadas. Pistas horizontales y tubos. Nivel de skolitus.

Serie estratigrafica Nivel de A² FARANDON

E. 1/100



(fig. 5)

- Tramo 7.- 2,25 m. Cuarzitas blancas masivas con estratificación cruzada planar de bajo ángulo.

- Tramo 8.- 4,30 m. Alternancia de areniscas, cuarzitas y lutitas en ciclos granodecrecientes, intensa bioturbación de pistas horizontales y tubos verticales. Nivel de skolitus.

- Tramo 9.- Potencia mínima 15 m. Cuarzitas masivas blancas procedentes de barras arenosas.

Esta serie es similar en todos los afloramientos observados. Los tramos con skolitus presentan tonos rojizovinosos, y aparecen tanto a muro como atecho del caolín con similares desarrollos.

El muro de la serie se establece con la aparición del primer nivel de skolitus, el techo lo establece igualmente la presencia del último nivel (tramo 8).

Por encima viene un gran banco de cuarzitas masivas, pudiendo ser considerado equivalente a la "Bancada" que aparece en otros yacimientos.

El quimismo del caolín en esta zona está determinado por los datos de dos análisis, cuyas muestras corresponden, una a la escombrera del flanco este rama norte y la otra al mismo flanco pero en la rama sur. (cuadro nº 4)

Los resultados de ambos son muy similares con minerales del grupo de la caolinita por encima del 85%, los únicos elementos perjudiciales son el hierro en una de ellas y el titanio en ambas, que están por encima del 1%.

ZONA IV. ARROYO FARANDON

Nº DE MUESTRA	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P.C.	H ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	I.b	I.a	K	M	Q
116	46,80	36,65	0,27	1,04	13,6	0,27	126	280	0,11	0,68	66,4	6,2	90	5	
117	46,50	36,98	1,43	1,03	12,6	0,20	70	315	0,18	0,73	66,4	3,9	85	5	5

I.b - índice de blancura, i.a - índice de amarilleamiento; K - kanditas; M - micas; Q - cuarzo

Cuadro nº 4

(procedencia: "Investigación de caolines en el Principado de Asturias 1ª fase". 1.987)

8.4.5. MINERIA.

8.4.5.1. GRADO DE EXPLOTACION.

Las zonas de explotación dentro de este área se concentran en dos sectores, el del valle del río Farandón y el Norte.

Sector Valle del Farandón.

El cauce del río divide en dos cada rama anticlinal, constituyéndose cuatro macizos de interés minero.

El primero en ser explotado es el ramal meridional del flanco occidental, con una galería guía, directamente emboquillada en la capa, a la cota 475 m y una galería de cabeza a una cota aproximada 570 m.

Con el laboreo sistemático llevado a cabo, se ha agotado el macizo dentro de la superficie del área, coincidente con los límites de la concesión "Ulises", llevándose las labores repartidas en dos talleres: el inferior o principal con 100 m de desnivel y el superior hasta alcanzar la superficie exterior. En total se han extraído 186.000 Tm.

Al mismo tiempo se explotó el ramal norte dentro del mismo flanco occidental. La galería guía, emboquillada directamente en capa, a una cota de 450 m, y otra de cabeza unos cien metros por encima, repartiéndose la totalidad del macizo en dos talleres. Las labores se extendieron hacia el norte unos 300 m, ya que a partir de ahí la capa muestra un prolongado estrechón. Teniendo en cuenta un buzamiento medio de 35° , de esta labor se han extraído 105.000 Tm.

Posteriormente las labores cambiaron de flanco, empezando a explotarse el ramal norte. La galería guía, también emboquillada en el techo de la capa a una cota 420 m, y una galería de cabecera cien metros por encima como en los casos anteriores. Las labores se prolongaron hacia el norte la misma distancia que en el flanco opuesto, 300 m. habiéndose extraído 85.000 Tm, suponiendo un buzamiento medio de 38° .

Finalmente la empresa explotadora denominada por entonces EXCALINSA, puso en marcha la explotación del macizo suroriental del yacimiento, extendiendo las labores hasta el límite de la concesión. La galería guía se emboquilló en la capa a una cota de 410 m, y la de cabecera unos 100 m más arriba como en los casos anteriores, repartiendo los trabajos de arranque en dos talleres. Se extrajeron 285.000 Tm.

En conjunto las cuatro labores agotan el yacimiento por encima del nivel de las galerías guía respectivas. El total de toneladas extraídas en el sector Valle del Farandón asciende a 661.000 Tm.

Las labores de este sector fueron paradas a finales de 1.989, debido al agotamiento de las reservas calculadas para la primera fase de explotación.

Sector de La Arquera.

Con vistas a un mejor conocimiento del nivel en la prolongación norte, se abrió una galería en la ladera norte del pico Arquera, emboquillada en el techo de la rama occidental del anticlinal. Debido a la escasa potencia de la capa, inferior a los 0,5 m, se pararon las labores sin apenas producción, reconociéndola posteriormente más adelante a través de una trinchera de 25 m de longitud. En ella la capa ofrece unos escasos 0,45 m de potencia, con un caolín muy rico en potasio, factor negativo para su aprovechamiento.

Con estas labores de reconocimiento, la empresa decidió anular todo interés minero en este sector, concentrando todas las labores de extracción en el sector del Farandón.

8.4.5.2. RESERVAS.

Al hablar de reservas en el área del Arroyo Farandón, (fig. 9) hay que referirse a los macizos que constituyen el yacimiento del sector del valle, pues la prolongación hacia el norte de los dos flancos del anticlinal no presenta interés minero.

En un principio, la primera estimación de reservas ya ha sido agotada en las labores efectuadas por la empresa EXCALINSA, luego para establecer un nuevo volumen de reservas es necesario la previa localización de un punto, dentro de la superficie del área, con una cota lo suficientemente más baja como para definir nuevos volúmenes de mineral.

Así mismo, ese punto de donde arranquen las nuevas labores, deberá situarse a una distancia prudencial del yacimiento, pues no es rentable la apertura de un transversal excesivamente largo dentro de una roca encajante extremadamente resistente a la perforación, como es la cuarcita.

En función de todo lo anterior, se localiza un punto favorable en el fondo del valle del Farandón, justo en el límite del área de estudio. Dicho punto tiene una cota de 360 m y desde él se necesitaría una galería en estéril de unos 100 m hasta cortar la proyección de la capa en el flanco oriental según un buzamiento medio de 38° . Según esto se definiría un nuevo macizo, incluido entre la cota 360 del transversal nuevo y la 410 de la galería guía de las antiguas explotaciones de la rama sureste.

AREA IV ARROYO FARANDON

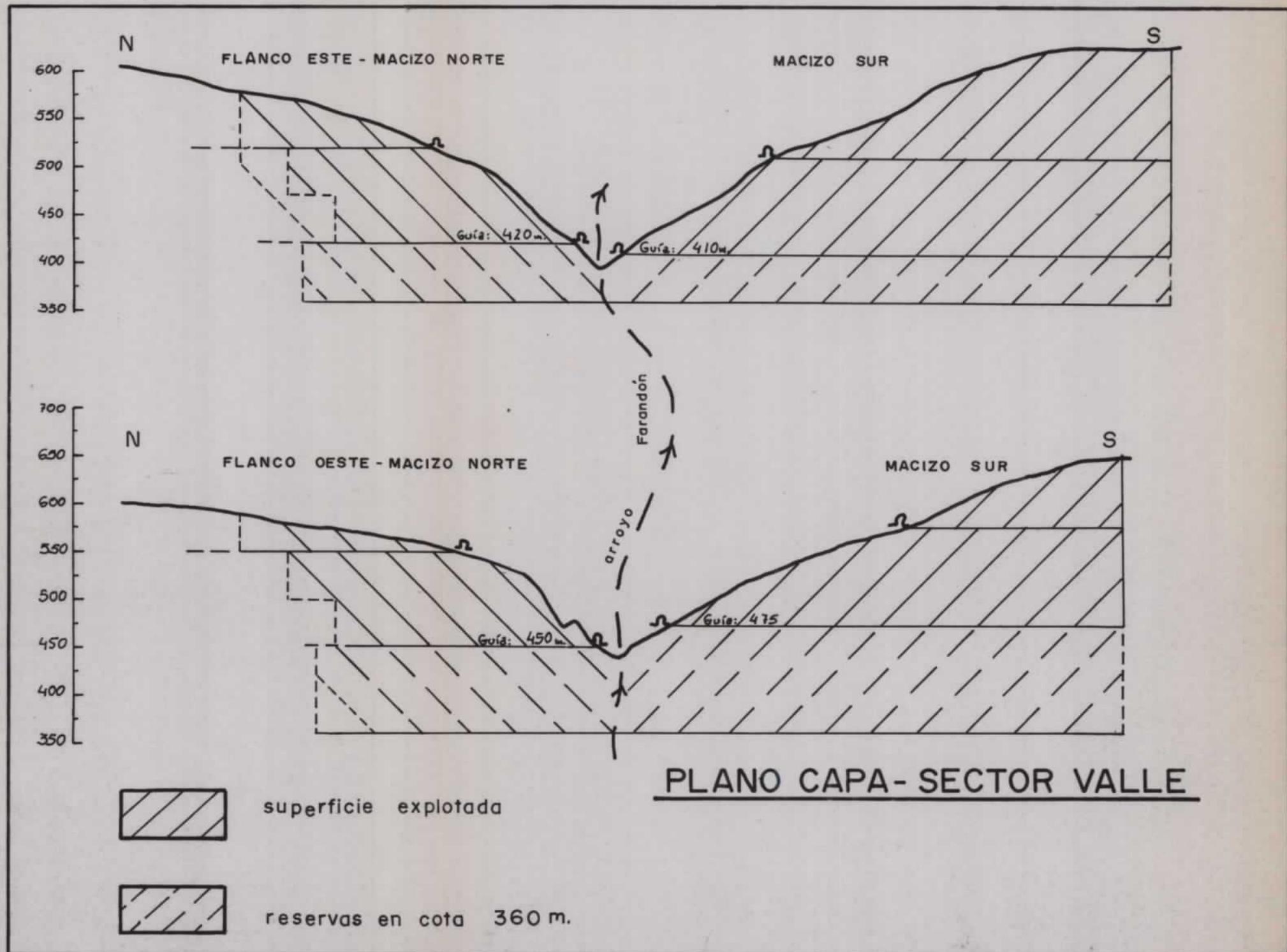


fig. 9

El volumen de reservas aquí comprendido, para una corrida de capa de 400 m, se estima en 67.000 Tm.

Si esta nueva galería guía cruza el valle, define un nuevo macizo dentro del flanco oriental sector sur. En este caso la diferencia de cotas es de 60 m respecto a lo ya explotado en las labores antiguas, con un buzamiento medio de 40° y una corrida de 300 m al igual que en las labores superiores, lo que supone unas nuevas reservas de 60.000 Tm.

En conjunto las reservas del sector flanco oriental, por encima de la cota 360 m son de 127.000 Tm.

Si este mismo transversal se prolonga hasta el flanco occidental, aparecen nuevas reservas. Para ello es necesario realizar una prolongación de las labores en estéril unos 750m.

En el flanco suroeste, la diferencia de cota entre la base de las labores antiguas y la nueva base es de 115 m, lo que supone 184 m de altura real del macizo para un buzamiento de medio de 32° , como la longitud es de unos 600 m, hay unas reservas de 232.000 Tm.

Finalmente, si se prolonga la nueva galería guía hasta el tramo opuesto del valle, se dispone de un macizo con una diferencia de cotas de 90 m y una longitud de 300 m, lo que daría unas reservas de 91.000 Tm.

De estos cálculos se desprende que las reservas del conjunto del anticlinal, partiendo de la cota 360 m ascienden a unas 450.000 Tm, volumen suficiente para plantear la apertura de de una nueva explotación.

Estos cálculos de reservas están condicionados a un acceso directo desde el interior de la superficie de

estudio. No obstante, siguiendo el valle del arroyo Farandón hacia el sur, aparecen cotas más bajas, a partir de las cuales es posible el emboquillado del nuevo transversal, pudiendo alcanzarse accesos a reservas superiores a las 750.000 Tm.

8.4.6. CONCLUSIONES.

- La zona del Arroyo Farandón presenta alto interés minero debido a la repetición del nivel de caolín en los dos flancos del anticlinal de La Cogolla.

- Las labores mineras, actualmente paradas, han explotado intensamente el núcleo del anticlinal en su extremo sur, en las dos laderas del arroyo. El conjunto de los cuatro macizos explotados ha dado una producción próxima a las 660.000 Tm.

- El interés minero se centra en las reservas localizadas por debajo de los cuatro niveles base de las explotaciones habidas. Suponiendo una cota de 360 m, alcanzable desde el valle del arroyo, se tiene un conjunto de unas 450.000 Tm, repartidas entre los cuatro macizos definidos.

- Las posibilidades de prolongación del nivel productivo se limitan al tramo meridional, prosiguiendo la traza del anticlinal hacia el sur. Zona que no presenta afloramientos de la capa de caolín debido a la posición del eje del pliegue respecto a la topografía.

8.5. AREA V.- BANDUJO.

8.5.1. MARCO GEOGRAFICO.

Este área está situada al suroeste de la localidad de Proaza, formando parte de la sierra de Yunqueiro. Tiene una extensión aproximada de 450 Ha, sus límites son el río Teberga y la localidad de Bustiello por el sur, el pueblo de Bandujo por el oeste, Proacina por el norte y el valle del río Trubia y la Peña Armada por el este. Administrativamente pertenece en su totalidad al término municipal de Proaza.

La orografía es muy abrupta, se trata de una alineación montañosa de dirección norte-sur con cumbres que superan los mil metros de altitud como ocurre con el pico Yunqueiro (1.025 m) y valles encajados en cuyo fondo se alcanzan cotas de 250 m como en el caso del río Teberga. La red fluvial está formada por una arteria principal, el río Trubia que discurre de sur a norte, y una serie de pequeños arroyos de régimen torrencial que le tributan sus aguas por la margen izquierda después de atravesar la zona de estudio en dirección oeste-este.

El acceso rodado se realiza por la carretera de Caranga a La Plaza o por una carretera local que partiendo de las afueras de Proaza, conduce a las localidades de Proacina y Bandujo. El otro acceso posible es a pie, por una senda que parte del valle del río Teberga y asciende paralela al arroyo Valdemoro hasta Bandujo. No existe ningún otro tipo de vía transitable en toda la zona, que está cubierta por monte alto, alternando con escarpes de roca desnuda.

8.5.2. HISTORIA MINERA.

La única explotación minera que existió en la zona corresponde a un pequeño "chamizo" situado en la carretera de Caranga a La Plaza, a unos 2,5 Km del cruce de Caranga. Se trata de una galería guiada sobre la capa de caolín, que en esta zona buza 60° al este y tiene una potencia alrededor de 0,7 m. No superando en su avance los 200 m, la explotación fue abandonada debido a un estrechón de la capa que hizo imposible la continuidad de su laboreo.

8.5.3. MARCO GEOLOGICO.

A nivel regional, el área de Bandujo está situada en la Unidad de La Sobia, cuya parte central es un gran anticlinal de eje norte-sur, con el núcleo desarrollado en la Cuarcita de Barrios. Este núcleo anticlinal, presenta su flanco suroccidental cabalgado por el frente del cabalgamiento de La Sobia, que desarrollado también en cuarcita aumenta considerablemente el espesor del conjunto.

Durante la ejecución del presente trabajo se descubrió la existencia de un frente de cabalgamiento de dirección aproximada norte-sur paralelo al eje del anticlinal afectando a su flanco occidental, lo que explica el gran espesor de la cuarcita al norte del frente de cabalgamiento de La Sobia. Este frente de despegue sufre pequeños desplazamientos como consecuencia de la acción de fallas de dirección este-oeste y un pequeño repliegue en la braña de La Falconera, hacia el norte se pierde a partir de una de estas fallas.

En un corte estratigráfico de muro a techo aparecen los siguientes materiales:

- Fm. Cuarcita de Barrios, de edad Ordovícico inferior (Arenig), está constituida por potentes masas de cuarcita blanca o pardo-amarillenta, dispuesta en granes bancos que originan imponentes crestones en el relieve dada su posición seudovertical dominante. Internamente se observan estructuras sedimentarias del tipo estratificación cruzada de alto ángulo y sets de surcos propios de la migración de barras y megarripples. Entre los bancos cuarcíticos se pueden intercalar esporádicamente niveles limolíticos o areniscosos. La potencia de esta formación no se ha podido determinar en ningún punto de la zona ya que nunca aparece completa, por efecto de las fallas o cabalgamientos, pero se estima superior a los 500 m.

Interestratificado en el seno de la cuarcita, a unos 150 m del techo en las proximidades de Bandujo, aparece el nivel de caolín de unos 0,7 m de potencia.

- Fm. Pizarras de Formigoso, de edad Silúrico inferior-medio, aparecen concordantes encima de la cuarcita aunque entre ambas existe una gran laguna estratigráfica de carácter regional. Se trata de unas pizarras negras ampelíticas que se van haciendo areniscosas hacia el techo para pasar de forma gradual a la formación siguiente. Su espesor alcanza los 60-80 m, en las proximidades de Bandujo (curva del lavadero).

- Fm. Areniscas de Furada, de edad Silúrico superior-Devónico inferior. Su muro está marcado por el primer banco de areniscas ferruginosas que la separa de la formación anterior. Está constituida por intercalaciones de areniscas de grano fino a medio, con cemento ferruginoso y aspecto cuarcítico, y pizarras grises, verdes y rojas que aumentan su proporción hacia el techo. La potencia no se ha podido determinar ya que el afloramiento principal de la carretera de Bandujo está totalmente replegado por efecto de la

proximidad del frente de cabalgamiento, siendo su otro contacto fruto de una falla. En otros afloramientos fuera de la zona tiene unos 130 m. de potencia.

Por último cabe señalar la presencia de niveles carbonatados pertenecientes al Complejo Rañeces, Devónico inferior-medio, en las proximidades de Caranga, que se ponen en contacto directo con la Cuarcita de Barrios por medio de una falla.

8.5.4. NIVEL DE CAOLIN.

Interestratificado a unos 150 m del techo de la cuarcita, aparece un nivel de caolín de una potencia media de 0,7 m y gran continuidad lateral. Su aspecto de visu es de una roca compacta, con fractura concoidea, no disgregable a mano, colores claros gris-rojizo y tacto ligeramente jabonoso.

En la cartografía se ha determinado una corrida continua (interrumpida por el salto de la falla del arroyo de Valdemoro) de unos 2.000 m, en base a los afloramientos de Bandujo, la antigua mina y el túnel del ferrocarril minero, complementados por la presencia de los niveles de skolithus en el corte del arroyo Valdemoro. Hacia el norte la traza se ha interpretado por posición estratigráfica respecto al techo de la cuarcita por carecer de afloramientos.

El buzamiento es de 60° hacia el este en la antigua mina de la carretera, mientras que a partir de la falla del arroyo se verticaliza, midiéndose 85° oeste en la carretera de Bandujo. Hacia el norte hay una serie de fallas transversales que afectan al conjunto de la cuarcita con desplazamientos que se supone afectan a la capa de caolín del orden de 50-150 m.

El corte estratigráfico inmediato a la capa de caolín, levantado en el afloramiento de las proximidades de Bandujo, se caracteriza por la siguiente secuencia de muro a techo: (fig. 10)

- Tramo 1.- Potencia mínima 5 m. Cuarcitas blancas masivas, en bancos de hasta 1 m, con estratificación cruzada típica de migración de megarripples y barras.

- Tramo 2.- 1,05 m. Areniscas, lutitas y limolitas, verdes con manchas rojizas; estratificación cruzada y abundante bioturbación.

- Tramo 3.- 1,30 m. Cuarcitas verdosas con estratificación paralela e interestratos fangosos.

- Tramo 4.- 0,25 m. Areniscas y lutitas fuertemente bioturbadas. Nivel de skolithus.

- Tramo 5.- 0,40 m. Areniscas y cuarcitas blancas con estratificación cruzada planar.

- Tramo 6.- 0,65 m. Nivel de caolín masivo de tonos gris claro-rojizo. Carente de estructuras de ningún tipo.

- Tramo 7.- 0,90 m. Cuarcitas y areniscas blancas tableadas.

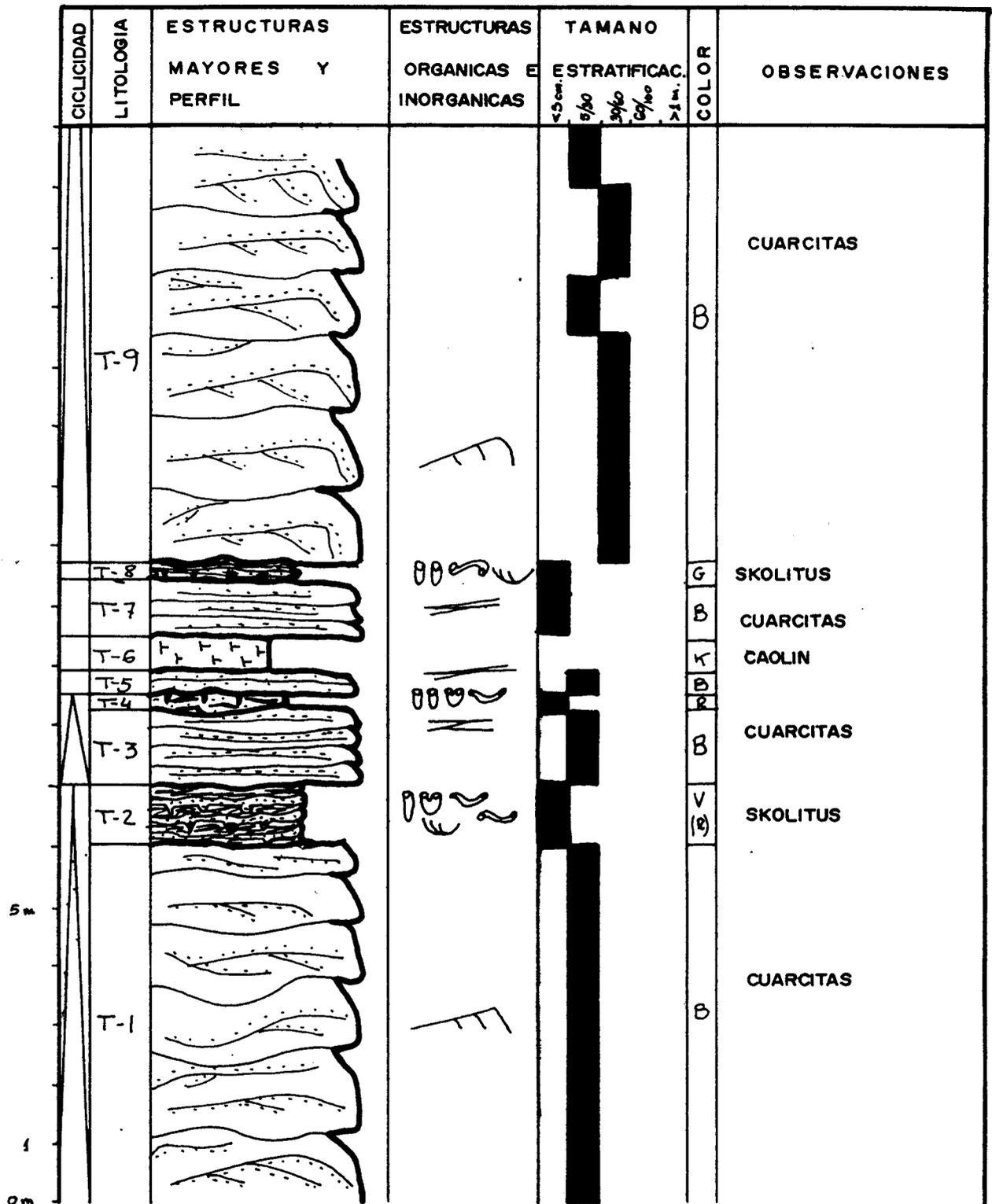
- Tramo 8.- 0,30 m. Areniscas y lutitas de tonos gris-rosáceo, fuertemente bioturbadas. Nivel de skolithus.

- Tramo 9.- Potencia mínima 25 m. Cuarcitas blancas masivas.

En cuanto a la composición química del caolín se tomaron dos muestras; una en el afloramiento de Bandujo y otra en la antigua mina de la carretera a La Plaza. De sus análisis químicos (cuadro nº 5) cabe destacar lo siguiente:

Serie estratigrafica Nivel de BANDUJO

E. 1/100



(fig. 6)

ZONA V. BANDUJO

Nº DE MUESTRA	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	TiO ₂	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	PPC
52003	46,80	36,51	1,029	0,08	1,03	0,00	1,15	0,13	0,11	12,9
52004	46,31	37,11	0,721	0,06	0,90	0,00	1,81	0,12	0,18	12,5

Cuadro nº 5

(procedencia: Centro de laboratorios y ensayos del ITGE. 1.990)

Los contenidos en alúmina y sílice son los normales para esta capa de caolín analizada en otras zonas. La muestra de la mina tiene altos los contenidos de hierro y titanio, factor que se considera negativo al igual que el contenido en álcalis que supera el 1% por los altos índices de potasio en ambas muestras.

8.5.5. MINERIA.

La única extracción de caolín de esta zona se realizó en la pequeña explotación de la carretera Caranga-La Plaza, ésta centró sus trabajos en la rama sur de la capa que partiendo de la carretera asciende hacia el pico Rausón. Aquí se supone, según la única fuente de información localizada que corresponde a viejos mineros en otro tiempo trabajadores de la explotación, que se extrajeron unas 25-30.000 Tm en base a un macizo de forma triangular de 200 m de largo por 170 m de alto. Los trabajos fueron interrumpidos definitivamente debido a un fuerte estrechamiento de la capa.

La continuidad de la capa hacia el norte nunca había sido confirmada, hasta que ahora, gracias al afloramiento descubierto en la nueva carretera de Proaza a Bandujo, se ha podido establecer la correlación existente entre ambos afloramientos, con lo que se abre un nuevo campo de interés minero. La ausencia de afloramientos intermedios, salvo el situado en la caja del antiguo ferrocarril minero en el valle del río Teberga, es debido a lo agreste del terreno combinado con la cubierta vegetal de bosque. Es por ello que con los datos de que se dispone en este momento no se puede cuantificar la magnitud de estas reservas, hasta que no se conozca la regularidad de la potencia de la capa a lo largo de su recorrido.

8.5.6. CONCLUSIONES.

- En el seno de la Cuarcita que forma el núcleo del anticlinal en que se centra la zona de trabajo, se ha descubierto una escama cabalgante que afecta al flanco occidental del anticlinal, poniendo en contacto la cuarcita sobre las areniscas de Furada en la parte central, y sobre la propia cuarcita al norte y sur. Este hecho supone una innovación en la cartografía conocida hasta ahora.

- La aparición de un nuevo afloramiento de caolín en la carretera a Bandujo, ha permitido correlacionar este nivel con el explotado en la carretera a La Plaza, de donde se han extraído unas 25-30.000 Tm.

- De confirmarse la regularidad de la capa de caolín, se abrirían unas buenas perspectivas mineras en esta zona, con unas reservas superiores al millón de toneladas.

8.6. AREAS NEGATIVAS.

8.6.1. ZONA DE LA CABRUÑANA.

Esta zona está situada al noroeste de la localidad de Grado, teniendo como pueblo de referencia el de Cabruñana. Consiste en un afloramiento de Cuarcita de Barrios que ha dado lugar a un resalte montañoso de dirección norte-sur denominado Sierra Sollera. El acceso se realiza por la carretera N-634 que en la vertiente este del alto de La Cabruñana, ofrece un corte completo de este afloramiento cuarcítico.

8.6.1.1. MARCO GEOLOGICO.

La Cuarcita de Barrios se encuentra formando el núcleo de un anticlinal de dirección norte-sur, cuyo plano axial pasa por la "fuente de La Cabruñana", el flanco este cabalga en parte sobre materiales de edad carbonífera. Esta estructura no permite ver más que la parte superior de la cuarcita y las formaciones situadas a su techo; pizarras de Formigoso y areniscas ferruginosas de Furada.

8.6.1.2. PROSPECCION DEL NIVEL DE CAOLIN.

Dado que el caolín aparece ligado a la Cuarcita de Barrios, se pretendía comprobar si a lo largo de este afloramiento aparecía el nivel caolinífero para proceder a su identificación analítica y cartografía. Para ello se comenzó visitando un afloramiento que la bibliografía daba como caolín en la carretera de La Cabruñana, pero que fue descartado por tratarse de otro tipo de arcillas que pueden inducir a confusiones. A continuación se realizaron varios

cortes transversales a la Sierra Sollera por la carretera de Los Llanos y pistas forestales, todos ellos con resultados negativos, llegando incluso a la apertura de una zanja de 50m con los mismos resultados.

8.6.1.3. CONCLUSIONES.

- El nivel arcilloso que se encuentra en la carretera de La Cabruñana y que algunos trabajos dan como caolín, no es tal. Se trata de otro tipo de arcillas verdosas pero no es la capa de caolín clásica de la Cuarcita de Barrios.
- La capa de caolín no aflora por que se supone se encuentra en un nivel más bajo de la serie cuarcítica que el afloramiento del núcleo anticlinal, donde solo está visible el miembro superior.
- El único método de prospección que resta para su localización es la realización de sondeos.

8.6.2. ZONA DE TUÑON.

Esta zona está situada en el valle del río Trubia, al oeste de las localidades de San Andrés y Tuñón. Se trata de una pequeña sierra de orientación norte-sur, de naturaleza agreste por su constitución cuarcítica, coronada por el pico Plantón de 750 m de altitud.

El acceso se realiza desde San Andrés por una carretera local que conduce a Castañedo del Monte, y a partir de aquí por dos pistas de montaña que cortan, una por el extremo sur y la otra por el medio, la parte central de la sierra.

8.6.2.1. MARCO GEOLOGICO.

Se trata de un núcleo anticlinal en Cuarcita de Barrios, de eje norte-sur, cuyo flanco este ha sufrido un despegue, cabalgando sobre los materiales carbonatados del Complejo de Rañeces. En el otro flanco la serie es normal apareciendo por encima de la cuarcita las pizarras de Formigoso y areniscas ferruginosas de Furada.

8.6.2.2. PROSPECCION DEL NIVEL DE CAOLIN.

Dado que el caolín aparece ligado a la Cuarcita de Barrios se pretendía, al igual que en el caso de La Cabruñana, comprobar si a lo largo de este afloramiento aparecía el nivel caolinífero para proceder a su identificación analítica y cartografía. Para ello se realizaron varios cortes transversales a la Sierra del Plantón por las pistas forestales, todos ellos con resultados negativos. Ante esto y la ausencia de cualquier tipo de calicata o indicio minero, se consideró esta zona como negativa.

8.6.2.3. CONCLUSIONES.

- La capa de caolín no aflora por que se supone se encuentra en un nivel más bajo de la serie cuarcítica que el afloramiento del núcleo anticlinal, donde solo está visible el miembro superior.
- El único método de prospección que resta para su localización es la realización de sondeos.

9. CONCLUSIONES GENERALES.

- Interestratificada en la Cuarcita de Barrios solamente existe una capa de caolín de interés minero, con una potencia media de 0,7 m. Su gran extensión se debe a un origen volcánico tipo "tonstein".

- La disposición relativa de la capa dentro de la Formación Cuarcita de Barrios varía de unas zonas a otras, debido a los cambios de espesor de origen sedimentario en la cuarcita.

- La formación cuarcítica de las zonas estudiadas suele aparecer formando núcleos de estructuras anticlinales, fallados o cabalgados longitudinalmente. De ahí que la capa de caolín solo aparezca, por lo general, en un flanco.

- En la Zona I - GORFOLI, se ha reconocido la capa de caolín en una corrida continua de 2.200 m. Se han explotado unas 160.000 Tm. Las reservas seguras se cifran en 775.000 Tm y las probables en 530.000 Tm.

- En la Zona II - BARZANA, se ha reconocido la capa de caolín en una corrida de 3.700 m. Entre los distintos sectores se han explotado unas 350.000 Tm, habiéndose calculado unas reservas seguras de 1.400.000 Tm, más otras 500.000 probables.

- En la Zona III - SIERRA CURISCADA, se ha reconocido la capa de caolín en una corrida de 6.000 m. Entre los distintos sectores se estima que han sido explotadas 1.000.000 Tm, con unas reservas seguras de 715.000 Tm.

- En la Zona IV - ARROYO FARANDON, se ha reconocido la capa de caolín a lo largo de 2.800 m, en ambos flancos de una

estructura anticlinal. Entre los distintos sectores se estima que han sido extraídas 660.000 Tm, con unas reservas de 450.000 Tm.

- En la Zona V - BANDUJO, se ha cartografiado la capa de caolín en una corrida de 2.000 m. En esta zona se han extraído unas 25-30.000 Tm. Las reservas estimadas como probables, basadas en datos puntuales, se cifran en 1.000.000 Tm.

- Las Zonas de LA CABRUÑANA y TUNON se consideran negativas. La ausencia de afloramientos de la capa de caolín hace suponer que ésta se encuentra en niveles más profundos del núcleo anticlinal que los aflorantes en ambos casos.

10. RECOMENDACIONES.

- Estudiar la prolongación hacia el noreste de la capa en la zona de Gorfolí, hasta su intersección con el arroyo Molleda en la cota aproximada 180 m. De confirmarse la continuidad se verían ampliadas considerablemente las reservas de esta zona.

- Estudiar la prolongación hacia el noreste de la capa en la zona de Sierra de La Curiscada, ya que el estrechamiento que sufre a partir del arroyo San vicente podría tratarse de un accidente local.

- Completar el estudio de la zona de Bandujo, que permita establecer con más precisión sus reservas.

- Determinar mediante sondeos la existencia de la capa de caolín en las zonas de La Cabruñana y Tuñón.

11. BIBLIOGRAFIA.

- Mapa Geológico de España (MAGNA). E. 1:50.000. Avilés (13) IGME.
- Mapa Geológico de España (MAGNA). E. 1:50.000. Tineo (27) IGME.
- Mapa Geológico de España (MAGNA). E. 1:50.000. Grado (28) IGME.
- Mapa Geológico de España (MAGNA). E. 1:50.000. Proaza (52) IGME.
- Investigación sobre caolines y cuarzo en Asturias. IGME (1.972)
- Estudio tecnológico sobre caolines y arcillas. IGME (1.977)
- Inventario nacional de caolines. IGME (1.984)
- Kaolin tonstein of volcanic ash origin in the lower Ordovician of the Cantabrian Mountains. García Ramos, J.C. Aramburu, C. & Brime, C. (1.984). Trabajos de Geol. Univ. de Oviedo.
- Estudio tecnológico para definición de campos de aplicación del caolín de Asturias. Principado de Asturias D.G.M. (1.985).
- Aplicaciones de los caolines asturianos. Instituto de Fomento Regional. Principado de Asturias. (1.986).

- Investigación de caolines en el Principado de Asturias 1ª fase. IGME (1.987).
- Información recibida de D. Carlos Aramburu procedente de su tesis doctoral. Univ. de Oviedo.
- Información recibida de las empresas mineras que explotan el caolín en Asturias: A. De La Serna, Caolines de La Espina y Excalinsa.