

Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

MAPA DE ROCAS Y MINERALES  
INDUSTRIALES

E. 1/200.000

HOJA 8 (2-2)  
LUGO

Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

MAPA DE ROCAS Y MINERALES  
INDUSTRIALES

E. 1/200.000

HOJA 8 (2-2)  
LUGO

La presente Hoja y Memoria han sido realizadas por **APLICACIONES GEOLOGICAS, S.A. (AGESA)**, bajo normas, dirección y supervisión del I.T.G.E., habiendo intervenido en ella los siguientes técnicos superiores :

\* Dirección y supervisión del Proyecto (I.T.G.E.) :

Paulino Muñoz de la Nava Sánchez

\* Geología de campo y gabinete :

Francisco J. Aizpurua Gómez

José V. Navarro Gascón

Emilia García Romero

\* Petrografía :

M<sup>a</sup> Paz Garbayo Martínez

\* Laboratorios :

E. T. S. de Ing. de Caminos, Canales y Puertos

Universidad de Cantabria

#### **DOCUMENTACION COMPLEMENTARIA**

La siguiente documentación complementaria se encuentra en el I.T.G.E. a disposición de los usuarios de la Hoja :

- Fichas-inventario de explotaciones e indicios
- Mapas de situación de explotaciones e indicios, 1:50.000
- Informes de laboratorio
- Fotografías

El I.T.G.E. agradece, asimismo, cuantas sugerencias y nuevos datos permitan actualizar en futuras ediciones la información contenida en la presente Hoja.

## INDICE

0.- PRESENTACION .....	1
1.- INTRODUCCION Y ANTECEDENTES .....	5
1.1.- SITUACION GEOGRAFICA .....	6
1.2.- ANTECEDENTES .....	8
2.- SINTESIS GEOLOGICO-MINERA .....	10
2.1.- SITUACION GEOLOGICA .....	11
2.2.- ESTRATIGRAFIA .....	12
2.2.1.- Zona Asturoccidental-Leonesa .....	12
2.2.1.1.- Dominio del Navia y Alto Sil .....	12
2.2.1.2.- Dominio del Manto de Mondoñedo .....	13
2.2.1.3.- Dominio del Caurel .....	15
2.2.2.- Autóctono de la Zona Centro-Ibérica .....	15
2.2.2.1.- Dominio del Anticlinorio del "Ollo de Sapo" .....	15
2.2.3.- Zona de Galicia Tras-Os-Montes .....	16
2.2.3.1.- Dominio Esquistoso de Galicia Tras-Os-Montes .....	16
2.2.3.2.- Dominio del complejo de Ordenes .....	18
2.2.4.- Terciario .....	18
2.2.5.- Terciario-Cuaternario .....	20
2.2.6.- Cuaternario .....	21
2.3.- TECTONICA .....	22
2.3.1.- Fases de deformación .....	22
2.3.1.1.- Fases de deformación prehercínicas .....	22
2.3.1.2.- Fases de deformación hercínicas .....	22
2.3.1.3.- Deformación tardihercínica .....	23
2.3.1.4.- Ciclo alpino .....	23
2.3.2.- Estructuras principales de la hoja .....	23
2.4.- ROCAS GRANITICAS .....	25
2.4.1.- Rocas graníticas prehercínicas .....	25
2.4.2.- Rocas graníticas hercínicas .....	26
2.4.2.1.- Granitoides sincinemáticos de emplazamiento relativamente profundo .....	26



2.4.2.2.- Granitoides sincinemáticos de emplazamiento somero .....	27
2.4.2.3.- Granitoides postcinemáticos de emplazamiento somero .....	28
2.5.- MIGNATITAS .....	28
2.6.- ROCAS FILONIANAS .....	29
2.6.1.- Diques de cuarzo .....	29
2.6.2.- Diques de rocas básicas .....	29
2.7.- MINERIA .....	29
2.7.1.- Mineralizaciones de estaño-wolframio .....	29
2.7.2.- Mineralizaciones de hierro y cobre .....	30
2.7.3.- Mineralizaciones de plomo-cinc-plata-antimonio .....	30
2.7.4.- Mineralizaciones de arsénico-oro .....	30
2.7.5.- Mineralizaciones de uranio .....	30
2.7.6.- Lignitos .....	31
<b>3.- DESCRIPCION DE EXPLOTACIONES E INDICIOS .....</b>	<b>32</b>
3.1.- ANFIBOLITA .....	34
3.2.- ARCILLA .....	35
3.3.- ARENA Y GRAVA .....	48
3.3.1.- Arena (Lehms graníticos) .....	49
3.3.2.- Arena y grava .....	50
3.4.- CALIZA .....	52
3.5.- CAOLIN .....	57
3.6.- CUARCITA .....	58
3.7.- CUARZO .....	59
3.8.- DIABASA .....	62
3.9.- DISTEMA .....	64
3.10.-ESQUISTO .....	65
3.11.-GNEIS .....	68
3.12.-GRANITO .....	69
3.12.1.- Granitos para áridos de trituración .....	69
3.12.2.- Granitos ornamentales .....	72
3.13.-MAGNESITA .....	78
3.14.-PIZARRA .....	81
3.15.-SERPENTINA .....	85
3.16.-OTROS .....	89
3.16.1.- Asbestos .....	89

3.16.2.- Granates .....	89
3.16.3.- Ocres .....	89
3.16.4.- Talco .....	89
<b>4.- EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>93</b>
<b>5.- VALORACION MINERO-INDUSTRIAL .....</b>	<b>95</b>
5.1- CONSIDERACIONES GENERALES .....	96
5.2.- ROCAS ORNAMENTALES .....	99
5.3.- ROCAS DE CONSTRUCCION .....	100
5.4.- ARIDOS NATURALES .....	100
5.5.- ARIDOS DE TRITURACION .....	101
5.6.- CEMENTOS .....	102
5.7.- LADRILLERIA .....	102
5.8.- REFRACTARIOS .....	103
5.9.- USOS AGRICOLAS .....	103
5.10- OTROS USOS .....	104
5.11- PRECIOS .....	105
5.11.1.- Mercado nacional .....	105
5.11.2.- Mercado internacional .....	105
<b>6.- RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>106</b>
6.1.- RESUMEN .....	107
6.2.- CONCLUSIONES .....	111
6.3.- RECOMENDACIONES .....	112
<b>7.- BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>113</b>
<b>8.- ANEXOS .....</b>	<b>121</b>
8.1.- LISTADO DE EXPLOTACIONES E INDICIOS .....	122
8.2.- DIRECTORIO DE EMPRESAS EXPLOTADORAS .....	126
8.3.- DIRECTORIO DE CENTROS DE TRANSFORMACION .....	132
8.4.- CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES INDUSTRIALES .....	134
8.4.1.- Andalucita, Sillimanita, Distena (Cianita) .....	134
8.4.2.- Anfibolitas .....	136
8.4.3.- Arcilla común .....	137

8.4.4.- Arenas y gravas .....	139
8.4.5.- Caliza .....	140
8.4.6.- Caolin .....	146
8.4.7.- Cuarzita y arenisca .....	150
8.4.8.- Cuarzo .....	150
8.4.9.- Diabasas y ofitas .....	151
8.4.10. Dolomia .....	152
8.4.11. Dunitas y olivino .....	155
8.4.12. Esquistos .....	156
8.4.13. Gneis .....	157
8.4.14. Granitos .....	157
8.4.15. Magnesita .....	159
8.4.16. Harnol y serpentinita .....	161
8.4.17. Pizarras .....	163
<b>8.5.- USOS Y SECTORES ECONOMICOS DE CONSUMO DE LAS ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES .....</b>	<b>167</b>
8.5.1.- Rocas ornamentales y de construcción .....	167
8.5.2.- Aridos naturales y de machaqueo .....	169
8.5.3.- Cementos .....	174
8.5.4.- Cales .....	177
8.5.5.- Cerámica estructural .....	177
8.5.6.- Refractarios .....	179
8.5.7.- Lozas y porcelanas .....	182
8.5.8.- Vidrio .....	184
8.5.9.- Abrasivos .....	187
8.5.10. Usos agricolas .....	189
8.5.11. Fundentes .....	189

0.- PRESENTACION

## **0.- PRESENTACION**

El sector de las Rocas y Minerales Industriales ha experimentado en los últimos años un considerable desarrollo.

Por un lado, los gustos sociales han variado, habiendo tomado un gran auge en la última década la explotación de las denominadas rocas ornamentales, para ser usadas como revestimientos en la construcción, tanto en interiores como exteriores, suelos y paredes.

De otro lado, las investigaciones tecnológicas en busca de nuevos materiales que sustituyeran ventajosamente a los preexistentes, tanto en calidades y prestaciones como en precios, ha dado como resultado el aprovechamiento de sustancias hasta ahora insuficientemente desarrolladas.

No hay que olvidar, por último, a los productos tradicionales de cantera, los áridos, tanto triturados como naturales que, en numerosas áreas, monopolizan la producción de las rocas industriales. Su extracción responde, habitualmente, a

necesidades puntuales que se adscriben a un marco geográfico concreto y se caracterizan por una gran movilidad con frecuentes abandonos, aperturas de nuevos frentes e, incluso, reactivación de antiguas explotaciones.

Las consecuencias de este incremento en la actividad extractiva no son sólo de índole económica, implicando un riesgo de deterioro ambiental variable. Este problema no es inevitable, siempre y cuando se conduzcan las explotaciones de una forma racional y se proceda a la recuperación del entorno al cesar la extracción.

De estas observaciones se plantea la necesidad de actualizar de una forma permanente el inventario de rocas y minerales industriales, integrando los resultados obtenidos en el transcurso de las numerosas investigaciones sectoriales llevadas a cabo por el I.G.M.E., permitiendo un seguimiento próximo de la evolución del sector y colaborando en el desarrollo ordenado del mismo.

En este sentido se desarrollan (I.G.M.E., 1988) una serie de normas destinadas a actualizar los mapas a escala 1/200.000 ya existentes, las cuales aparecen recogidas en el "Manual de Metodología para la ejecución de los Mapas de Rocas y Minerales Industriales a escala 1:200.000". El principal aporte de estas normas consiste en la presentación gráfica de los resultados en dos mapas diferentes :

- \* Situación de explotaciones e indicios
- \* Recursos

así como un nuevo modelo de ficha-base para cada explotación o indicio registrado, informatizable, y abiertas permanentemente para recoger cuantos resultados de ensayos de caracterización tecnológica se generen o recopilen.

La presente Hoja 1/200.000, n° 8 -"LUGO"- es la primera que se realiza según estas normas. Los resultados en ella obtenidos, así como de la primera serie de hojas a realizar, permitirán la contrastación real en campo del citado manual de metodología, realizándose las oportunas modificaciones en el mismo antes de adoptarlo como modelo definitivo.

**1.- INTRODUCCION Y ANTECEDENTES**



## 1.- INTRODUCCION

### 1.1.- SITUACION GEOGRAFICA

La hoja nº 8 (2-2), "Lugo", del mapa Topográfico Nacional a escala 1/200.000 se encuentra situada en el ángulo NO de la Península Ibérica, quedando delimitada por las coordenadas 8° 31' 10" y 7° 11' 10" de longitud oeste (meridiano de Greenwich), y 43° 20' 4" y 42° 40' 4" de latitud norte.

La división de la misma en hojas 1/50.000 es la siguiente :

45 (5-5) Betanzos	46 (6-5) Guitiriz	47 (7-5) Villalba	48 (8-5) Meira
70 (5-6) Ordenes	71 (6-6) Sobrado	72 (7-6) Lugo	73 (8-6) Castroverde
95 (5-7) El Pino	96 (6-7) Arzúa	97 (7-7) Guntín	98 (8-7) Baralla
121 (5-8) La Estrada	122 (6-8) Golada	123 (7-8) Puertomarín	124 (8-8) Sarria

La totalidad de la hoja pertenece a Galicia, correspondiendo la mitad oriental a la provincia de Lugo y la mitad occidental a las provincias de La Coruña y Pontevedra. Los principales núcleos urbanos en ella comprendidos son : Lugo, Villalba, Meira, Castroverde, Guitiriz, Monterroso, Puertomarín y Sarria (Lugo); Betanzos, Arteixo, Carral, Ordenes, Mellid y Arzúa (La Coruña) y La Estrada (Pontevedra). La hoja 45 comprende, asimismo, parte del término municipal de La Coruña, y la 95 parte del de Santiago de Compostela.

La proximidad de estas 2 grandes poblaciones condiciona notablemente la distribución de la red de carreteras. La principal arteria es la N-VI (Madrid-La Coruña), que atraviesa la mitad superior de la hoja en dirección NO. Otra gran arteria es la autopista A-9 (La Coruña-Santiago de Compostela), que atraviesa de Norte a Sur la mitad occidental de la hoja. Otras importantes vías de comunicación son :

- N-525, Santiago-Zamora
- N-540, Lugo-Portugal, por Orense
- N-550, La Coruña-Vigo
- N-634, Santander-La Coruña, por Villalba
- N-640, Vegadeo-Pontevedra, por Meira y Lugo
- C-540, Betanzos-Lalín
- C-546, Lugo-Orense, por Sarria
- C-547, Lugo-Santiago de Compostela
- C-630, Pravia-Lugo, por Castroverde
- C-641, Lugo-El Ferrol, por Villalba

Hay que citar, asimismo, la proximidad de los puertos de La Coruña y El Ferrol, factor de vital importancia para el comercio exterior de algunas de las sustancias que se extraen en la hoja.

La red hidrográfica se compone, si se exceptúa el Miño, por ríos de corto recorrido que desembocan en las rías altas

(Mandeo y Mero), en las rías bajas (Tambre y Ulla) o se dirigen hacia el Cantábrico (Eo). El río Miño y sus afluentes (Ladra, Támoga) atraviesan, de Norte a Sur, la mitad oriental de la hoja, penetrando posteriormente en la provincia de Orense.

Los principales embalses se sitúan sobre los ríos Miño (Belesar), Ulla (Portodemouros) y Mero (Cécebre).

Los accidentes orográficos más importantes aparecen en el borde SE de la hoja, correspondiendo a las estribaciones de la Sierra del Caurel (1400 m) y a los crestones cuarcíticos de la Sierra de Meira (borde oriental). A excepción hecha de los macizos graníticos, el resto de la hoja presenta una morfología poco abrupta.

El clima es de tipo Atlántico húmedo, con una temperatura media anual de 10-13° C y frecuentes precipitaciones, con un máximo de 1300 mm anuales en el área de El Pino.

## 1.2.- ANTECEDENTES

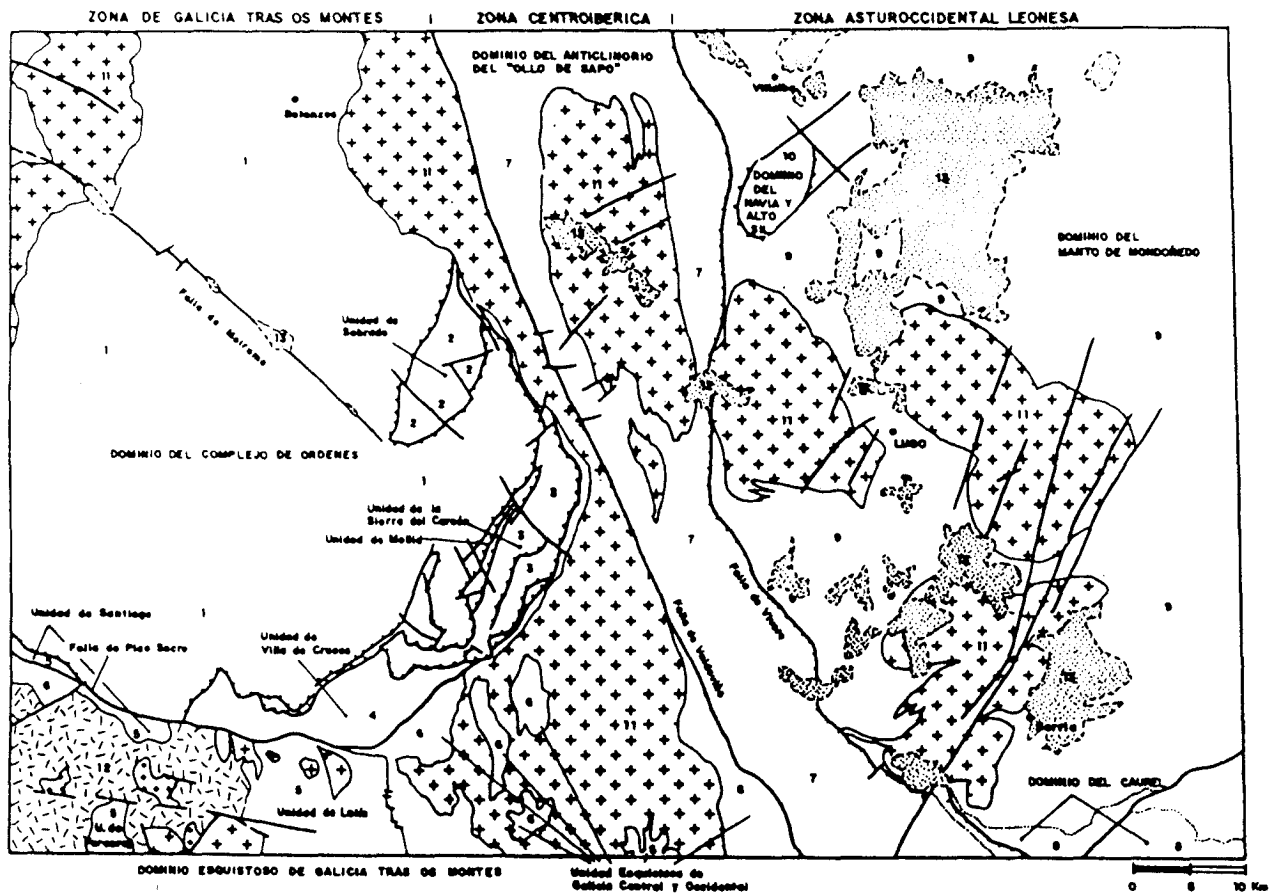
Bajo el estricto punto de vista de las rocas y minerales industriales merecen destacarse los anteriores inventarios (IGME, 1973-a y 1979-b), los Mapas Metalogenéticos y Minero-Metalogénicos (IGME, 1975-a y 1982-a), así como diferentes estudios sectoriales sobre arcillas (IGME, 1984-a y b), magnetitas (DOVAL, 1975; DOVAL et al, IGME, 1978-d), calizas (IGME, 1985-a), pizarras (IGME, 1979-c, 1982-f), granitos ornamentales (IGME, 1987-a), serpentinas y rocas ultrabásicas (IGME, 1984-e), los estudios sobre las cuencas terciarias (BRELL, 1972), y los Catálogos Nacionales sobre Granitos Ornamentales y Pizarras (IGME, 1986-a y b).

Para la realización del Mapa de Recursos se ha tomado como

base el Mapa Geológico de España, E. 1/200.000, hoja 8(Lugo) (IGME, 1982-b), con algunas modificaciones realizadas con el objeto de adaptar la geología al carácter litológico y punto de vista práctico que han de tener estos mapas. La descripción estratigráfica se ha tomado, asimismo, de la Memoria del citado mapa, recogiendo las nuevas denominaciones de zonas del Macizo Ibérico propuestas por Farias et al (en prensa). Para la clasificación y descripción de las rocas graníticas se recogen las ideas expuestas por Bellido et al (1987).

Para los itinerarios de campo se han utilizado las diferentes hojas del Mapa Geológico de España, E. 1/50.000, 2ª Serie, comprendidas dentro de la presente hoja.

## 2.- SINTESIS GEOLOGICO-MINERA



ZONA DE GALICIA TRA-OS-MONTES

\* Dominio del Complejo de Ordenes

- Unidad de Betanzos-Arzúa (1)
- Unidad de Sobrado-Mellid (2)
- Unidad de la Sierra del Careón (3)
- Unidad de Villa de Cruces (4)

\* Dominio Esquistoso de Galicia Tras-Os-Montes

- Unidades de Lalín, Forcarey y Santiago (5)
- Unidad Esquistosa de Galicia Central y Occidental (6)

AUTOCTONO DE LA ZONA CENTRO-IBERICA

\* Dominio del Anticlinorio del "Olló de Sapo" (7)

ZONA ASTUROCCIDENTAL-LEONESA

- \* Dominio del Caurel (8)
- \* Dominio del Manto de Mondoñedo (9)
- \* Dominio del Navia y Alto Sil (10)

ROCAS GRANITICAS (11)

MIGMATITAS (12)

TERCIARIO Y CUATERNARIO (13)

FIGURA 1.- Distribución de Unidades geológicas

## **2.- SINTESIS GEOLOGICO-MINERA**

### **2.1.- SITUACION GEOLOGICA**

La hoja nº 8 (2-2) Lugo (figura 1), se localiza dentro del Macizo Hespérico e incluye 2 de las zonas en que Julivert et al (1972) dividieron a la meseta : Zona Asturoccidental-Leonesa y Zona Centro-Ibérica (Subzona de Galicia media Tras-os-Montes).

Farias et al (1985) describen un nuevo Dominio dentro de la Subzona de Galicia Media Tras-os-Montes, al que denominan Dominio Esquistoso de Galicia Tras-os-Montes, proponiendo asimismo que este Dominio junto con otro, situado por encima en el que agrupan los Complejos con rocas máficas y la banda de Malpica-Tuy, sean considerados como una nueva zona dentro de la Meseta Ibérica a la que denominan Zona de Galicia Tras-os-Montes. Esta zona estaría superpuesta tectónicamente a lo que recientemente (Díaz Balda et al, en prensa) se ha

llamado Autóctono de la Zona Centro Ibérica. El Dominio de los Complejos con rocas máficas y relacionadas está superpuesto tectónicamente al Dominio Esquistoso de Galicia Tras-os-Montes, habiendo sido descrito por Arenas et al (en prensa).

## 2.2.- ESTRATIGRAFIA

### 2.2.1.- Zona Asturoccidental-Leonesa

Se caracteriza estratigráficamente por la facies esquistosa del Precámbrico superior y por la presencia de un Paleozoico bien representado, con un Cámbrico discordante.

Se distinguen 3 dominios en el ámbito de la hoja :

- \* Dominio del Navia y del Alto Sil.
- \* Dominio del Manto de Mondoñedo.
- \* Dominio del Caurel.

#### 2.2.1.1.- Dominio del Navia y Alto Sil

Aparece representado en la ventana tectónica de Monte Carballo, al S de Villalba (Lugo), donde aflora la **Cuarcita de Gistral** (26)\* (Cámbrico inferior). Esta unidad se compone de 1000-1500 m de cuarcitas blancas de grano grueso, muy puras, con intercalaciones de pizarras y esquistos biotíticos. Son equivalentes a la Cuarcita Superior de Cándana, en el dominio del Manto de Mondoñedo.



### 2.2.1.2.- Dominio del Manto de Mondofedo

Presenta las siguientes unidades litoestratigráficas :

\* **Serie de Villalba (30)** (Precámbrico). Serie monótona de pizarras grises o negras, esquistos y areniscas con delgadas intercalaciones de gneises anfibólicos. Presenta dos tramos, inferior y superior, que no se han diferenciado en el Mapa de Recursos. El espesor del tramo inferior supera los 2000 m y el del superior alcanza en algunos puntos los 500 m.

\* **Cuarcita de Cándana (29)** (Cámbrico inferior). Se agrupan aquí, a efectos de simplificación cartográfica, la Cuarcita de Cándana Inferior y Superior.

La Cuarcita de Cándana inferior aparece discordante sobre la Serie de Villalba y se compone de areniscas, cuarcitas y pizarras con un espesor de 200-300 m. La superior presenta alternancias de cuarcitas, areniscas y pizarras con un espesor de 200-300 m. Ambos miembros aparecen separados por las Pizarras de Cándana.

\* **Pizarras de Cándana (28)**. Pizarras verdes y grises con intercalaciones frecuentes de areniscas y carbonatos. Las intercalaciones de carbonatos (27) son de tipo lenticular con espesores de hasta 70 m en la mitad inferior de la hoja.

\* **Capas de Transición (24)** (Cámbrico inferior). Alternancias de pizarras verdes y areniscas rosadas con frecuentes intercalaciones de calizas y dolomías (25) en bancos lenticulares métricos. El conjunto presenta un espesor aproximado de 400 m.

- \* **Caliza de Vegadeo (23)** (Cámbrico inferior-medio). Es un nivel continuo de carbonatos de 100 a 300 m de espesor en el que se distinguen 3 miembros :
  - Pizarras verdes, dolomias y calizas en el inferior.
  - Calizas y dolomias en el medio.
  - Niveles dolomíticos, calcoesquistos y pizarras en el superior.
  
- \* **Capas de Riotorto y Capas de Villamea (22)** (Cámbrico medio-superior-Ordovícico). Ambas unidades han sido agrupadas en la cartografía. Las capas de Riotorto presentan 200 m de pizarras verdes con intercalaciones de areniscas y limolitas. Las Capas de Villamea son alternancias rítmicas de pizarras grises y areniscas, con una potencia de 400-1000 m. Hacia el techo presentan intercalaciones cuarcíticas.
  
- \* **Capas del río Eo (21)** (Ordovícico inferior). Las Capas del río Eo presentan un espesor de 200-350 m y están constituidas por cuarcitas y pizarras, con bancos potentes de cuarcitas en el techo.
  
- \* **Pizarras de Luarca (16)** (Ordovícico inferior). Son una serie monótona, de 200 m de espesor máximo, de pizarras negras o gris azuladas. En su parte superior son frecuentes las intercalaciones de areniscas y cuarcitas.
  
- \* **Capas de la Garganta (15)** (Silúrico). Están constituidas por ampelitas y pizarras con cloritoide limitadas en la base, a veces, por un nivel cuarcítico.

### 2.2.1.3.- Dominio del Caurel

Se hallan aquí representadas la mayor parte de las unidades citadas en el Dominio del Manto de Mondoñedo, con diversas variaciones en sus características y potencia. Así, la Cuarcita Inferior de Cándana aparece muy adelgazada (30-100 m); las Pizarras de Cándana están igualmente adelgazadas, incluyendo niveles carbonatados magnesíticos en el área de Vila de Mouros; la Caliza de Vegadeo presentan una notable disminución de potencia (desde 200 m al E del dominio, a unos 5 m al O); las Capas de la Garganta alcanzan un espesor considerable; las Capas del Río Eo tienen su equivalente en la Cuarcita Armoricana; la Cuarcita Superior de Cándana y las Capas de Riotorto faltan. Aparece una nueva formación : las Calizas de la Aquiana.

- \* **Calizas de la Aquiana (20)** (Ordovicio superior-Silúrico). Son lentejones de caliza bandeada gris y blanca que afloran con un espesor reducido en el borde SE de la hoja; alcanzan un mayor desarrollo en las hojas colindantes.
- \* **Cuarcita Armoricana (17)** (Ordovícico inferior). Son cuarcitas en bancos potentes que alternan con pizarras grises listadas. Su potencia en la hoja no supera los 100 m.

### 2.2.2.- Autóctono de la Zona Centro-Ibérica

#### 2.2.2.1. - Dominio del anticlinorio del "Ollo de Sapo"

Ocupa el sector central de la hoja, atravesándola en dirección NNO-SSE, quedando limitado al O por la falla de Valdoviño, al E por la de Vivero y al SSE por el sinclinal del Sil. Se distinguen las siguientes unidades :

- \* **"Ollo de Sapo"** (19) (Precámbrico) . Constituye el rasgo más característico de este dominio. Presenta 2 tramos, uno inferior constituido por gneises glandulares con megacrístales de feldespato y otro superior formado por gneises microglandulares, cuarcitas feldespáticas y esquistos. Ambos tramos se representan agrupados en la cartografía. El tramo inferior presenta una potencia de 1000 m y el superior oscila entre 0-500 m.
- \* **Pizarras de los Montes** (17) (Ordovícico) : 300 m de pizarras negras y grises con intercalaciones arenosas, discordantes sobre el "Ollo de Sapo".
- \* **Cuarcita Armoricana** (18), **Pizarras de Luarca** (16) y **Capas de la Garganta** (15), con características similares a las descritas en el dominio del Caurel.

### **2.2.3.- Zona de Galicia Tras-os-Montes**

Los materiales de esta zona ocupan la mitad occidental de la hoja, al O de la Falla de Valdoviño. Presenta los siguientes dominios :

- Dominio Esquistoso de Galicia Tras-os-Montes.
- Dominio de los Complejos con rocas máficas y relacionadas, representados en la hoja por el Complejo de Ordenes.

#### **2.2.3.1.- Dominio Esquistoso de Galicia Tras-os-Montes**

Se distinguen las siguientes unidades :

- \* **Unidades de Lalin, Forcarey y Santiago** (Precámbrico-Devónico). En esta hoja sólo aparecen representadas pequeñas áreas de estas unidades. Su característica común es la

abundancia de rocas con plagioclasa, la presencia de capas lenticulares de cuarcita y anfibolita, la existencia de ortogneises blastomiloníticos y la aparición de porfiroblastos de granate.

Las Unidades de Lalín y Forcarey están intensamente inyectadas por granitos de dos micas y pegmatitas. En la cartografía se han diferenciado las siguientes unidades :

- Esquistos, esquistos albiticos y paragneises (12). Son las rocas más abundantes en el dominio. Corresponden a sedimentos pelíticos o arenosos posteriormente metamorfozados. Localmente intercalan cuarcitas micáceas, rocas calcosilicatadas y paraanfibolitas.
  - Anfibolitas oscuras (10). Son cuerpos, generalmente concordantes, intercalados en los metasedimentos de Lalín y Forcarey y en los ortogneises de esta última unidad. Las primeras pueden representar intrusiones estratiformes de rocas básicas y las segundas a enclaves de las anteriores o a diques básicos.
  - Rocas ultramáficas, generalmente serpentinizadas (9). Petrológicamente corresponden a serpentinitas, cloritas y rocas de talco. Están poco representadas.
  - Ortogneises biotíticos (13). Se localizan mayoritariamente en la Unidad de Lalín, presentando 2 variedades, una glandular de grano fino a medio y una de grano fino. En general son leucocráticos y su composición es granítica alcalina.
- \* Unidad Esquistosa de Galicia Central y Occidental (14) (Precámbrico-Devónico). Se extienden los materiales de este dominio en el sector centro sur de la hoja, al E de la falla de Valdoviño. Están constituidos por esquistos

grafitosos y cuarcíticos con intercalaciones de cuarcitas, cuerpos estratiformes de anfibolitas y lechos aislados de metavulcanitas ácidas.

### 2.2.3.2.- Dominio del Complejo de Ordenes

Presenta 4 unidades, cuya característica común es la abundancia de rocas máficas y ultramáficas que, con frecuencia, han sufrido un metamorfismo catazonal :

\* **Unidad de Betanzos-Arzúa** (Precámbrico-Ordovícico). Aflora ampliamente en el sector noroccidental de la hoja. Está constituida por los metasedimentos denominados **Esquistos de Ordenes** (4) y por **ortogneises glandulares** (7) que aparecen en su base e intercalados en pequeños cuerpos intrusivos. En afloramientos de pequeña entidad aparecen asimismo metabasitas en facies anfibolita y granulita (5), rocas ultramáficas serpentinizadas y metagabros (6) :

- **Esquistos de Ordenes.** Son metasedimentos que provienen de rocas naturaleza pelítica y grauváquica. Están afectados por un metamorfismo de grado medio. La litología dominante son esquistos y filitas, si bien también hay metagrauvascas, paragneises, esquistos anfibólicos y metacuarcitas. La potencia deducible para esta unidad es de 2000-3000 m.
- **Ortogneises glandulares.** Afloran ampliamente en el sector oriental del Complejo de Ordenes. Son ortogneises porfídicos a glandulares con megacristales de feldespato potásico o plagioclasa.

\* **Unidad de Sobrado-Mellid** (Precámbrico-Ordovícico). Se incluyen dentro de esta unidad el **Complejo de Sobrado**, el **Complejo de Mellid** y diversos afloramientos aislados situados en el borde del Complejo de Ordenes. Son características de estos complejos las rocas metamórficas de alto grado en facies granulita y eclogita más o menos retrogradadas, que incluyen metabasitas, gneises félsicos, metagabros y rocas ultrabásicas :

- Metabasitas en facies anfibolita y localmente en facies granulita (5). Son rocas oscuras, de aspecto variable, entre las que se han descrito eclogitas, granofelses, granulitas máficas, anfibolitas granatíferas, anfibolitas con epidota y metagabros. Son, en general, bandas con espesores de 1 km a dm, con frecuencia lenticulares, derivadas de "sills" o coladas.
- Gneises félsicos de origen sedimentario y/o volcánico (8). Son gneises esquistosos de grano fino a medio con tonalidades pardas a blanquecinas.
- Rocas ultramáficas, generalmente serpentinizadas (9). Afloran en el núcleo del Complejo de Sobrado y suelen estar íntimamente asociadas a las metabasitas. La fuerte serpentización hace que sean prácticamente iguales a las de la Sierra del Careón.

\* **Unidad de la Sierra del Careón** (Precámbrico-Devónico). Se extiende al SE del Complejo de Ordenes llegando a desaparecer por causas tectónicas. Se compone casi exclusivamente de rocas ultramáficas y máficas metamorfozadas en grados bajo y medio :

- Rocas ultramáficas, generalmente serpentinizadas (9). Los contactos con rocas de otros tipos se caracterizan por una fuerte tectonización, con desarrollo de talcoesquistos, clorititas, actinolitas y anfibolitas.

- Anfibolitas y flasergabros (10). Anfibolitas casi siempre foliadas, de grano medio a grueso. Son frecuentes los flasergabros o gabros en capas con megacristales de anfíbol.
- \* **Unidad de Villa de Cruces (11)** (Precámbrico-Devónico). Se extiende esta unidad al S y E del Complejo de Ordenes. Su forma es lenticular en la cartografía y sus límites corresponden en general a cabalgamientos o fallas. Está formada por esquistos verdes, derivados en gran parte de vulcanitas básicas, esquistos anfibólicos, anfibolitas y localmente rocas más ácidas y esquistos gris oscuros con porfiroblastos de albita y granate. Presentan, localmente, intercalaciones de rocas ultramáficas serpentinizadas.

#### 2.2.4.- Terciario

Los materiales terciarios (3) aparecen representados por arcillas, arenas y gravas, depositados sobre un zócalo de rocas ígneas y metamórficas en cuencas que habitualmente exhiben un marcado origen tectónico.

Las Cuencas de Meirama, Visantofa, Juanceda y Boimorto se alinean sobre la Falla de Meirama, la cual atraviesa el Complejo de Ordenes en dirección NO-SE. Los materiales arcillosos son esencialmente caoliniticos con cantidades menores de illita y montmorillonita. Los niveles arenosos son importantes en las proximidades de los macizos graníticos. Aparecen asimismo niveles ligníticos (Meirama, Juanceda, Boimorto).

Entre las cuencas donde las relaciones morfotectónicas no son tan acusadas hay que citar : Villalba, Pastoriza, Guítiriz y Sarria.



La Cuenca de Villalba ocupa una amplia superficie en el sector noroccidental de la hoja, la Terra Cha. Las arcillas son de carácter ilítico con cantidades menores de caolinita y raramente montmorillonita.

La Cuenca de Guitiriz presenta frecuentes intercalaciones arenosas. Los materiales arcillosos son esmectítico-caoliniticos, apareciendo la illita como accesorio.

La Cuenca de Sarriá presenta 2 miembros individualizados: el superior está constituido por arcillas, arenas y conglomerados. La illita es el mineral dominante, siendo la caolinita accesorio. El miembro inferior está constituido por margas y calizas margosas. La fracción arcillosa del mismo contiene paligorskita, sepiolita, montmorillonita e illita en proporciones variables.

#### **2.2.5.- Terciario-Cuaternario**

Se agrupan bajo esta denominación diferentes materiales de edad probable pliocuaternario (2) que aparecen discordantes sobre los depósitos terciarios o sobre el basamento. Son depósitos continentales, de tipo raña frecuentemente.

#### **2.2.6.- Cuaternario**

Aparece representado por depósitos aluviales y fondos de vaguada, coluviones, terrazas, marismas (rías de Betanzos y de La Coruña) y suelos de alteración. Es de destacar el desarrollo generalizado de lehms ("xiabres") en los diferentes macizos graníticos.

## 2.3.- TECTONICA

La tectónica de la hoja es compleja, tanto por su carácter polifásico como por la diversidad de unidades y dominios afectados.

### 2.3.1.- Fases de deformación

#### 2.3.1.1.- Fases de deformación prehercínicas

Dentro del Complejo de Ordenes han sido citadas fases de deformación prehercínicas, en discusión, afectando a algunas de las unidades. A este tipo de deformaciones podrían corresponder la foliación o foliaciones de las rocas en facies granulita.

En el Dominio del Anticlinorio del "Ollo de Sapo" y en la Zona Asturoccidental-Leonesa las fases prehercínicas son responsables de diferentes discordancias (Precámbrico-Cámbrico, Precámbrico-Ordovícico en el "Ollo de Sapo" y base del Silúrico)

#### 2.3.1.2.- Fases de deformación hercínicas

Se identifican 3 fases de deformación correspondientes a la Orogenia Hercínica :

- Primera fase ( $F_1$ ). Afecta a todos los materiales de hoja, excepto a los granitoides hercínicos, rocas filonianos y depósitos terciarios y cuaternarios. Las estructuras mayores a que da lugar son pliegues volcados y tumbados de amplitud kilométrica, con vergencia al E y charnelas escasamente inclinadas.

- Segunda fase ( $F_2$ ). Se caracteriza por el desarrollo de grandes mantos de corrimiento trasladados hacia el E. Entre las estructuras mayores cabe destacar el cabalgamiento basal del Complejo de Ordenes y sus mantos menores y el Manto de Mondoñedo.
- Fase de replegamiento. Da lugar a grandes pliegues que doblan las estructuras anteriores.

#### **2.3.1.3.- Deformación tardihercínica**

Corresponde al desarrollo de fracturas en dos sistemas conjugados de direcciones NO-SE y NE-SO.

#### **2.3.1.4.- Ciclo alpino**

Los movimientos alpinos se caracterizan por un estilo marcadamente frágil, originando fallas normales que, en general, aprovechan las fracturas tardihercínicas. Se crean como consecuencia de su movimiento cubetas tectónicas que se rellenan de sedimentos terciarios.

#### **2.3.2.- Estructuras principales de la hoja**

La estructura más occidental corresponde al **Complejo de Ordenes** que es un "klippe" de dimensiones regionales. El Complejo está compuesto por 4 unidades superpuestas tectónicamente. Por el E, el Complejo de Ordenes está limitado por los macizos graníticos, intruidos en sus bordes, de Espenuca y Chantada-Taboada. Por el S, en su mayor parte, queda limitado por la **Falla de Pico Sacro**. Esta es una falla normal de plano axial subvertical con el labio N hundido y una componente de desgarro senestro.

El autóctono del Complejo de Ordenes estaría formado por las Unidades de Lalín, Forcarey y Santiago y el Dominio Esquistoso de Galicia Central y Occidental.

La **Falla de Valdoviño** limita por el E a los anteriores dominios. Es una falla de desgarré senestra, con una componente normal (labio O hundido), que baja desde la costa cantábrica con un recorrido de más de 100 km.

El **Anticlinorio del "Ollo de Sapo"** queda limitado por la **Falla de Valdoviño**, al O, y por la **Falla de Vivero**, al E. Es una compleja estructura alargada en dirección NNO-SSE y formada por interferencia de pliegues.

La **Falla de Vivero** limita el Anticlinorio del "Ollo de Sapo" y el **Domo de Lugo** así como la Zona Centro-Ibérica y la Asturoccidental-Leonesa, salvo en el borde sur de la hoja, donde dicho límite se sitúa en el Sinclinal del Sil. Esta falla es una estructura con una longitud superior a 140 km, normal, con el labio E levantado. El plano de falla buza 50-70° al O.

El cabalgamiento del **Manto de Mondoñedo** es, junto con los pliegues tumbados de 1ª fase, la estructura más importante dentro de la Zona Asturoccidental-Leonesa. Su frente aflora al E de la hoja, y su autóctono dentro de la Ventana Tectónica de Monte Carballosa, al S de Villalba.

Las estructuras de replegamiento radiales son importantes al O de la Zona, afectando a los pliegues de 1ª fase, al Manto de Mondoñedo y a la **Falla de Vivero**. La **Falla de Incio** en la esquina SE de la hoja es una falla inversa con componente de desgarré dextra, asociada a los pliegues radiales.

En todo el ámbito de la hoja son importantes las fracturas tardihercínicas. Son fallas subverticales con movimientos en la vertical y horizontal con direcciones N10 a N60 y N90 a N130. Destaca entre ellas la **Falla de Meirana**, que atraviesa el Complejo de Ordenes en dirección N130. Sobre esta falla se han desarrollado diversas cubetas con importantes acumulaciones de materiales arcillosos y lignitos.

Muchas de estas fracturas tardihercínicas aparecen cicatrizadas por filones de cuarzo y diabasa.

## **2.4.- ROCAS GRANITICAS**

### **2.4.1.- Rocas graníticas prehercínicas**

\* **Ortogneises de dos micas (28)**. Se encuentran dentro del área migmatítica y en la parte central de la Unidad de Lalin. En el área migmatítica, estos materiales están fuertemente inyectados por granitos de dos micas y pegmatitas, y su contacto con los materiales que les rodean son siempre muy difusos.

Son rocas de grano medio a fino, con un bandeo muy marcado sobre el que se observa a veces una lineación. En ocasiones encierran glándulas de agregados lenticulares de cuarzo y feldespatos.

Su textura es granuda, algo foliada, alotriomorfa y casi equigranular. Los minerales presentan una débil deformación, tratándose de gneises recristalizados (ortogneis blastomilonítico). Su composición corresponde a la de un granito alcalino.

### 2.4.2.- Rocas graníticas hercínicas

Están ampliamente representadas en el ámbito de la hoja. Para su descripción se adopta la clasificación propuesta por Bellido et al (1987) en la que se utiliza como base las relaciones de los plutones con respecto a las fases de deformación, el nivel de emplazamiento y las características petrológico-mineralógicas más elementales :

GRANITOIDES SINCINEMATICOS	EMPLAZAMIENTO RELATIVAMENTE PROFUNDO	- Dos micas - Inhomogéneos - Biotíticos
	EMPLAZAMIENTO SONERO	
GRANITOIDES POSTCINEMATICOS	EMPLAZAMIENTO SONERO	- Dos micas - Biotíticos

#### 2.4.2.1.- Granitoides sincinemáticos de emplazamientos relativamente profundo

Se caracterizan por encontrarse afectados por las deformaciones de al menos una de las fases tectónicas principales de la Orogenia Hercínica, habiéndose emplazado en condiciones relativamente profundas. Constituyen masas irregulares o alargadas según las estructuras regionales, subconcordantes y mal circunscritas que frecuentemente tienden a formar un sistema complejo de intrusiones en el conjunto encajante.

\* **Granitos de dos micas (32).** Se presentan como cuerpos mal circunscritos con morfología variable, frecuentemente difíciles de delimitar frente a las unidades encajantes. Composicionalmente se trata de granitos del tipo moscovítico-biotítico, con predominio de la moscovita sobre la biotita, tratándose en algunos casos de leucogranitos. Dentro de este grupo se encuentran los Macizos de Román,

Hombreiro, Sarria, San Juan de Muro, Friol, Espenuca, Golada-Palas de Rey, Santiago, ...

- \* **Granitoides inhomogéneos** (33). Las unidades de este grupo se caracterizan por su marcada heterogeneidad. En el ámbito de la hoja están representados por el Conjunto granitoide de La Estrada. En este conjunto son muy importantes las migmatitas, alternando a nivel decimétrico en extensas zonas un leucosoma granitoide y un melanosoma esquistoso o gneisico.
- \* **Granitoides biotíticos** (34). Presentan una morfología variada; por lo general constituyen plutones mal circunscritos bien adaptados a las estructuras regionales, con formas marcadamente alargadas (Chantada-Taboada), semicirculares (Santa Eulalia de Pena) o elíptica (Puebla de Parga). Composicionalmente se trata de granitoides predominantemente biotíticos. La moscovita está casi siempre presente pudiendo ser un constituyente principal (facies granodioríticas-graníticas de los Macizos de Puebla de Parga y Chantada-Taboada).

#### **2.4.2.2.- Granitoides sincinemáticos de emplazamiento somero** (35)

Sus características apuntan a un emplazamiento relativamente somero así como señales de haber sido afectadas por la tercera fase de deformación hercínica. Por sus características, morfología, adaptación a las estructuras, ... ocupan una posición intermedia entre los sincinemáticos profundos y los postcinemáticos someros. Este grupo aparece representado por el Complejo de La Coruña con dos subunidades :

- Macizo de La Silva (Granitoides predominantemente biotíticos).
- Macizo de Orro (Granitos predominantemente moscovítico-biotíticos o moscovíticos).

#### 2.4.2.3.- Granitoides postcinemáticos de emplazamiento somero (36)

Se caracterizan por cortar a las estructuradas generadas por la tercera fase de deformación hercínica. Son de tipo bien circunscrito, mostrando en la mayoría de los casos contactos netos y regulares con morfologías elípticas y subcirculares. Presentan dos tipos en el ámbito de la hoja :

- Granitoides biotíticos : Macizos de Lugo, Neira y Castroverde
- Granitos de dos micas : Macizos de Fontao y Carboeiro.

Las facies principales son de tamaño medio a grueso con textura porfídica como consecuencia de la presencia de megacristales de feldespatos potásicos.

#### 2.5.- MIGMATITAS (37)

Los procesos de migmatización in situ únicamente se manifiestan en el sector SO de la hoja, donde aparecen migmatitas y granitos inhomogéneos que han sido denominados por diversos autores **Grupo de Lage**. Se trata de un conjunto heterogéneo de rocas de origen sedimentario que han registrado un intenso metamorfismo, transformándose en metatexitas y diatexitas.



## 2.6.- ROCAS FILONIANAS

### 2.6.1.- Diques de cuarzo (38)

Son frecuentes en el ámbito de la hoja. Presentan una estrecha relación con la roca granítica, variando sus dimensiones desde decímetros a kilómetros.

### 2.6.2.- Diques de rocas básicas (39)

Su intrusión se relaciona con un período de fracturación posthercínica. Por lo general se trata de diabasas de composición entre diorítica y gabroidea.

## 2.7.- MINERIA

Son numerosos los indicios presentes en la hoja. A continuación se procede a su descripción agrupados en mineralizaciones comunes. Se excluyen de este apartado las Rocas y Minerales Industriales que serán tratados detalladamente en el apartado 3.

### 2.7.1.- Mineralizaciones de estaño-wolframio

Las más importantes se sitúan en el término de Arteixo, en Silleda, Beariz, Fontao y Lamela.

Las primeras se sitúan en el macizo granítico de La Coruña.

Las mineralizaciones de Silleda se definen por la paragénesis ilmenita-casiterita-columbita-wolframita-scheelita, presentándose tanto en filones como en alteraciones tipo greisen.

Las mineralizaciones de Fontao y Lamela están asociadas a "stocks" ácidos.

#### **2.7.2.- Mineralizaciones de hierro y cobre**

Los yacimientos más importantes son los de Fornás, Arinteiro y Bama, donde la mineralización aparece asociada a rocas básicas. La mineralización del yacimiento de Fornás consta de pirrotina, pirita, calcopirita y blenda.

#### **2.7.3.- Mineralizaciones de plomo-cinc-plata-antimonio**

Indicios de cobre-plomo-cinc se encuentran en las pizarras grafitosas silúricas de la región de Guntín.

En la zona de Baralla aparecen anomalías de plomo-cinc asociadas a la Caliza de Vegadeo.

Indicios de antimonio se encuentran asociados a niveles carbonatados de la Formación Cándana al NO de Bolaño y en filones de cuarzo en Zampaño y Pandeiro.

#### **2.7.4.- Mineralizaciones de arsénico-oro**

Se localizan a lo largo de la Falla de Valdoviño. El más importante de ellos es el situado en las proximidades de Aranda, donde hay indicios de arsenopirita y calcopirita.

#### **2.7.5.- Mineralizaciones de uranio**

Se distribuyen en el exocontacto del Macizo de Hombreiro.

#### 2.7.6.- Lignitos

El yacimiento de lignito más importante se halla en la Cuenca terciaria de Meirama. Indicios de menor importancia se localizan en las cubetas de Juanceda y Visantofña, todas ellas situadas sobre la Falla de Meirama.

### 3.- DESCRIPCION DE EXPLOTACIONES E INDICIOS

### 3.- DESCRIPCION DE EXPLOTACIONES E INDICIOS

Las Rocas y Minerales Industriales objeto de explotación en la hoja de Lugo son los siguientes :

- |                   |                     |             |
|-------------------|---------------------|-------------|
| - Anfibolita      | - Cuarzo            | - Gneis     |
| - Arcilla         | - Diabasa           | - Granito   |
| - Arenas y gravas | - Distena (cianita) | - Magnesita |
| - Caliza          | - Esquisto          | - Pizarra   |
| - Cuarcita        |                     |             |

Pueden citarse, asimismo, la existencia de indicios de asbestos, caolín, granates, ocres y talco, sin interés industrial.

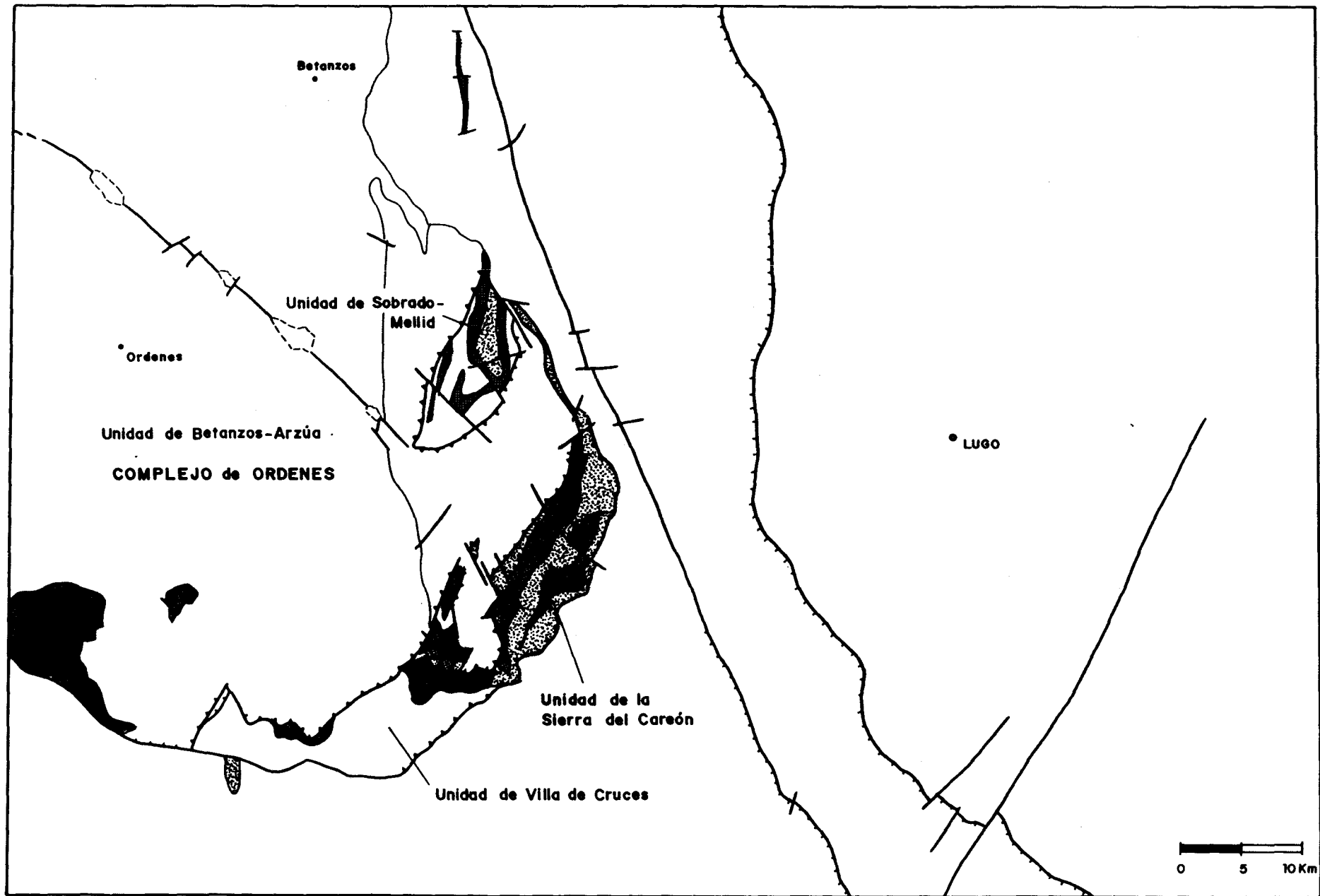


FIGURA 2.- Principales afloramientos de anfibolitas y serpentinas

### 3.1.- ANFIBOLITA (Anf)

La extracción de anfibolita aparece concentrada en el sector suroccidental de la hoja, en los términos municipales de Santiago de Compostela y Mellid, ambos en la provincia de La Coruña (figura 2).

Se han inventariado un total de 5 puntos de extracción, de los cuales 3 son activos y 2 inactivos :

Nº	FORMACION	HOJA 1/50.000	COORDENADAS UTM		ESTADO	RESERVAS
126	(5)	95	541,650	4752,550	Aband.	Bajas
127	"	"	540,850	4748,440	"	Medias
129	"	"	542,850	4743,400	Activa	Altas
137	"	96	580,700	4749,250	"	"
138	"	"	581,800	4750,500	"	"

El punto 126 se sitúa sobre lentejones de anfibolitas intercalados en los Esquistos de Ordenes. La potencia de estos lentejones raramente supera los 10 m, teniendo por tanto, un interés económico reducido.

Los puntos 127 y 129 se sitúan sobre las anfibolitas del Macizo de Santiago. El primero de ellos corresponde a anfibolitas granatíferas de color gris-verdoso, grano fino, bandeadas y con abundancia de fenocristales de granate que, localmente, pueden llegar a constituir gran parte de la masa rocosa. En el punto 129 se explotan anfibolitas s.s., situadas estratigráficamente debajo de los metasedimentos de Ordenes. Son rocas oscuras, de tinte verdoso-azulado, afectadas por una fuerte lineación mineral de los cristales de anfíbol.

Los puntos 137 y 138 se sitúan en las proximidades de Mellid

explotando las anfibolitas granatíferas del Complejo del mismo nombre. La potencia de las mismas puede llegar a superar los 500 m visibles.

La producción total de las 3 explotaciones activas es de 393.700 T/año, que se comercializan como áridos de machaqueo

Los resultados obtenidos en los ensayos efectuados sobre muestras del punto n° 137 pueden considerarse representativos de las anfibolitas del Complejo de Mellid :

Desgaste de Los Angeles	: 14 %
Densidad aparente	: 3,01 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad aparente (s.s.s.)	: 3,02 gr/cm <sup>3</sup>
Densidad real	: 3,04 gr/cm <sup>3</sup>

Estos materiales son aptos para su uso en capas de rodadura, balastos y diferentes tipos de firmes.

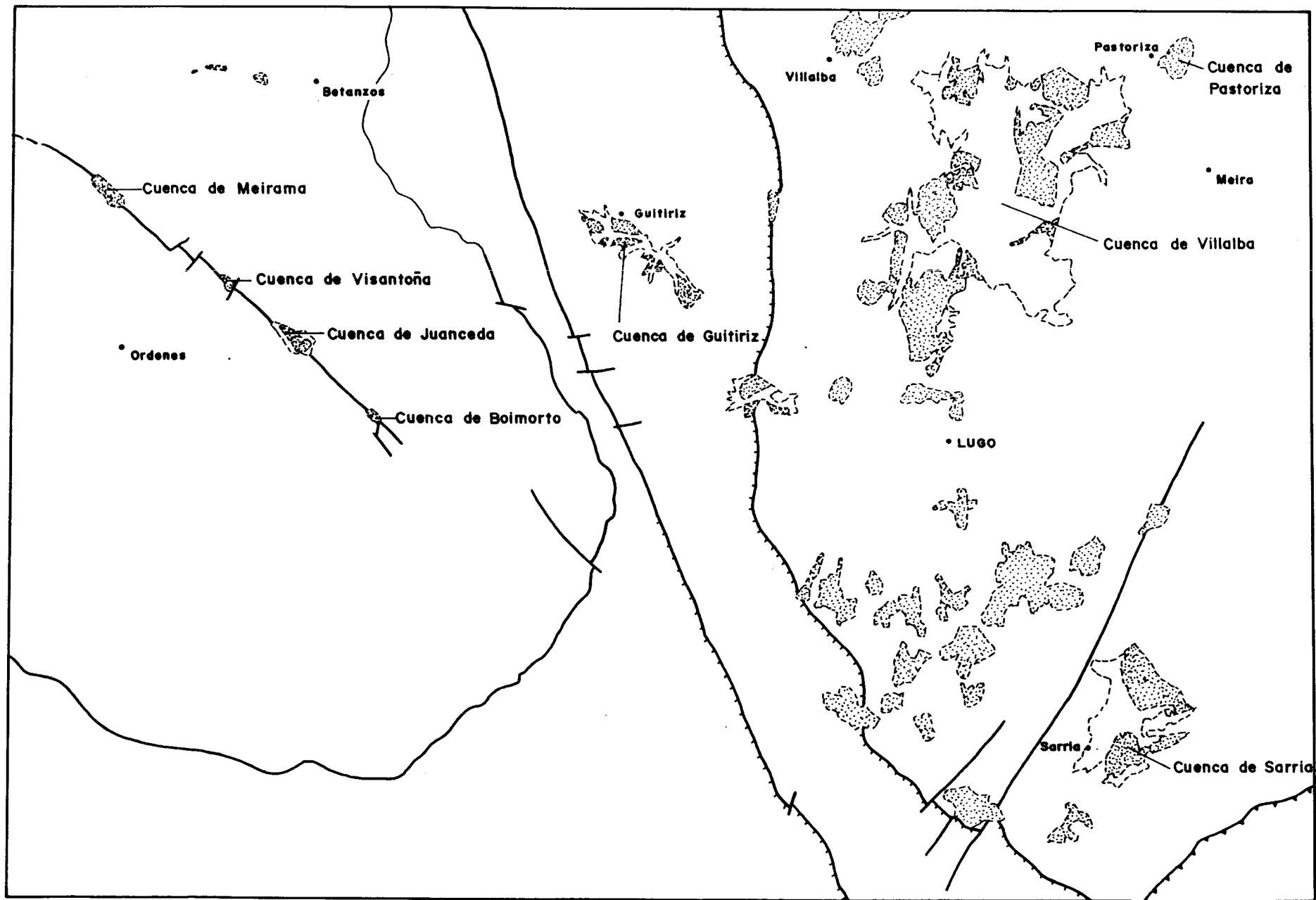
### 3.2.- ARCILLAS (Arc)

Se han inventariado un total de 25 puntos de extracción de arcillas, de los que 14 se encuentran activos actualmente.

Las dimensiones de las explotaciones son medias-pequeñas, presentando como una característica general su explotación intermitente por permanecer inundadas las plazas de cantera gran parte del año, trabajando las industrias cerámicas con los acopios realizados durante el verano.

El consumo de arcillas, destinadas exclusivamente a la fabricación de tejas y ladrillos, puede considerarse sensiblemente superior a 278.000 T/año.





0 5 10 Km

FIGURA 3.- Distribución de los principales afloramientos de arcilla.

Nº	FORMACION	HOJA 1/50,000	COORDENADAS UTM		ESTADO	RESERVAS
13*	(4)	45	555,350	4795,500	Activa	Medias
14*	"	"	557,900	4795,700	Interm.	"
16	(2)	"	557,050	4792,500	Activa	"
29	(3)	"	589,700	4781,100	Aband.	Bajas
53	"	47	614,550	4783,100	Aband.	"
60	"	"	623,000	4787,450	"	Medias
61	(1)	48	624,150	4791,500	"	"
62	(3)	"	626,100	4791,250	Interm.	"
63	"	"	626,400	4790,900	Aband.	"
66	"	"	634,500	4795,700	Interm.	"
67	"	"	635,100	4795,300	Aband.	Bajas
68	"	"	636,750	4795,900	"	"
115	"	70	562,750	4770,750	Interm.	Medias
116	"	"	563,850	4770,550	Activa	Altas
117*	(4)	"	564,150	4768,875	Activa	Medias
118*	"	"	564,750	4767,775	"	Bajas
120	(3)	71	567,850	4765,000	Interm.	Medias
121	"	"	569,400	4765,000	"	"
122*	(4)	"	571,300	4762,600	Activa	"
159	(3)	97	614,300	4743,850	"	"
161	"	123	611,825	4740,600	Aband.	Bajas
162	"	"	611,250	4740,625	"	"
186*	(12)	122	570,950	4728,000	Activa	"
189	(3)	45	547,450	4782,750	Aband-Ind	Altas
190	"	70	557,400	4775,600	Aband.	Medias

\* Los puntos 13, 14, 117, 118, 122 y 186 corresponden a depósitos de alteración desarrollados sobre formaciones esquistosas sin representación cartográfica Esquistos de Ordenes (4) y Unidades de Lalin, Forcarey y Santiago (12).

Los depósitos arcillosos con interés económico pueden ser agrupados, para su descripción, de la siguiente forma (figura 3):

- \* Cuencas terciarias desarrolladas sobre la Falla de Meirama (Meirama, Visantoña, Juanceda, Boimorto).
- \* Cuencas terciarias sin una evidente relación morfotectónica (Guitiriz, Villalba, Pastoriza).
- \* Depósitos pliocuaternarios.
- \* Depósitos cuaternarios de alteración.

De todas las cuencas citadas, actualmente, únicamente existe

actividad en las de Juanceda, Boimorto, Villalba y Pastoriza, así como en algunos afloramientos pliocuaternarios y depósitos cuaternarios de alteración. Existen otras que, como la de Sarria, a pesar de presentar importantes acumulaciones de arcillas no han sido objeto de explotación alguna digna de mención.

#### \* Cuenca de Meirama

Se sitúa en el borde suroccidental de la hoja 1/50000 n° 45 (Betanzos), sobre la Falla de Meirama, constituyendo el relleno del valle del río Barcés y sus afluentes de cabecera en el sector comprendido entre Laracha y Francelos, término municipal de Cerceda (La Coruña).

La cuenca se desarrolla paralelamente a la falla, en su borde occidental, con una longitud de 3000 m y una anchura máxima de 800 m. El espesor de los sedimentos es muy variable, 40-350 m, por estar su fondo compartimentado en bloques irregulares.

Los materiales terciarios (Mioceno superior) que la rellenan aparecen afectados por la litología diferencial de las áreas fuente : granodioritas (N y NO) y Esquistos de Ordenes (S y SE). Están constituidos básicamente por alternancias de arenas, arcillas y arcillas carbonosas con niveles métricos de lignitos intercalados. Los términos más arenosos aparecen preferentemente asociados al borde granítico.

Sobre los materiales miocenos se apoya una serie, pliocuaternaria, de 15-20 metros de potencia constituida por microconglomerados, arenas y arenas arcillosas.

En la actualidad no existe ninguna explotación activa de arcillas, habiendo desaparecido estas por la explotación a cielo abierto de los lignitos, constituyendo las arcillas y

arenas el estéril de la explotación (Punto 189).

Los materiales arcillosos son de naturaleza esencialmente caolinitica (>60%), acompañados por illita y montmorillonita en menores proporciones.

Los resultados de análisis químicos y mineralógicos así como los ensayos tecnológicos realizados sobre arcillas de esta cuenca son los siguientes (IGME, 1984-a):

#### Análisis químico

	Si O <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca O	Ti O <sub>2</sub>	Mn O	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Mg O	PPC
ME-1	64,97	21,48	1,91	1,06	0,80	0,02	0,61		0,11	9,01
ME-2	56,97	25,20	2,24	0,36	1,66	0,02	1,38	0,15	0,20	11,78
ME-3	62,99	21,88	3,35	0,30	1,07	0,06	0,99	0,23	0,15	8,94
ME-4	47,54	20,51	2,09	0,87	0,98	0,07	1,09	0,21	0,16	26,42
ME-5	55,57	24,13	6,06	0,20	1,19	0,04	2,31	0,13	0,38	9,80
ME-6	70,13	19,35	1,18	0,008	0,77	0,05	1,09	0,13	0,05	7,16
ME-7	49,73	32,97	1,26	0,06	1,87	0,05	0,57		0,16	13,31
ME-8	57,15	28,65	1,21	0,005	0,89	0,05	1,33	0,17	0,02	10,52
ME-9	67,16	21,18	1,65	0,009	0,78	0,05	0,90	0,15		8,05

#### Mineralogía - Difracción R-X

	ME-1	ME-2	ME-5	ME-7
Principal	Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo	—
Accesorio	—	—	Feldesp.	Cuarzo
% Filosilic.	Muy alto	Muy alto	Alto	Muy Alto
Principal	Caolinita	Caolinita	Caolinita	Caolinita
Accesorio	Esmectita+Mica	Mica	Mica	Mica

	ME-4	ME-6	ME-7	ME-8	ME-9
Límites Atterberg					
LL-IP-IP	42-36	37-29	41-27	40-31	40-33
IP	6	8	14	9	7

#### Resistencia a flexión (kg/cm<sup>2</sup>)

Seco - 110°C	58	19	12	7	14
Cocidas - 1180°C	—	433	402	286	412

	ME-4	ME-6	ME-7	ME-8	ME-9
Concentr. colaje					
% sol. a 5 poises	54	62	65	57	61
gr SiO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> /100 gr arcilla	1,28	0,75	1,11	0,8	0,96
Zona de baja viscos. (<10 ps)	1,25-	0,72-	1,09-	0,78-	0,70-
gr SiO <sub>3</sub> Na <sub>2</sub> /100 gr arcilla	5,59	0,93	1,52	0,98	1,20
Veloc. formación espesor mm <sup>2</sup> /min	1,5	0,9	1,2	14,2	5,5

Color cocción	1180°C	crema	cr.claro	blanco	blanco	rosa cl.
	1280°C	crema	cr.claro	blanco	blanco	crema
<b>Biancura cocción a 1180°C</b>						
457 m <sup>μ</sup>		42,7	58,4	75,5	73,0	56,0
490 m <sup>μ</sup>		50,3	63,1	79,9	78,3	61,4
50 m <sup>μ</sup>		68,9	76,6	87,9	86,4	76,0
<b>Absorción de agua muestra cocida a 1180°C</b>						
	-Prensada	27,5	18,4	22,3	22,8	19,6
	-Extrusionada	20,5	19,7	18,0	25,1	17,0
<b>Contracción</b>						
	Humedo-Seco	13	11	8	8	11
	Seco-Cocido	10	11	14	9	7

Las muestras ME-4-6-9 no son aptas para cerámica blanca, pudiendo ir su uso dirigido a refractarios. La muestra ME-7 corresponde a una arcilla apta para loza y sanitarios. La muestra ME-8 puede ser utilizada para lozas.

#### \* Cuenca de Visantofña

La Cuenca de Visantofña se sitúa en el sector N de la hoja 1/50.000 n° 70 (Ordenes), en el término municipal de Mesía (La Coruña).

Presenta una longitud de 1500 m y una anchura máxima de 500 m.

Las explotaciones de arcilla han sido importantes en la zona encontrándose en la actualidad abandonadas (punto 190) y permanentemente inundadas. Estas dejaban al descubierto 15 m de arcillas verde-azuladas con débiles intercalaciones arenosas, aunque puede suponerse, por comparación con otras cuencas, una potencia superior (60 m).

La mineralogía de la fracción arcillosa es esmectítica o esmectítico-caolinitica; la illita aparece en pequeñas proporciones como mineral accesorio.

Al SE de la cubeta principal, sobre la misma falla de Meirama, aparecen pequeños afloramientos de similares características. Las explotaciones sobre ellos situadas se encuentran asimismo abandonadas e inundadas.

Los ensayos de caracterización proporcionan los siguientes resultados (IGME, 1984-a) (Punto 190):

#### Análisis químico

	Si O <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mg O	Ca O	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Ti O <sub>2</sub>	Mn O	PPC
VI-1	79,28	9,28	3,64	0,33	0,17	0,83	0,79	1,17	0,03	4,45
VI-2	79,47	10,07	2,64	0,33	0,13	0,47	0,36	1,37	0,05	5,03
VI-3	76,01	10,87	3,41	0,46	0,28	0,64	0,79	1,01	0,03	6,48
VI-4	77,92	10,27	3,57	0,34	0,13	0,46	0,54	1,07	0,07	5,64
* (2 <sup>o</sup> )	50,90	23,07	7,67	0,76	0,54	1,54	0,27	1,21	0,07	13,87
VI-II-1	81,39	8,04	3,35	0,35	0,29	0,50	0,93	1,09	0,06	4,00
VI-II-2	80,78	8,09	3,55	0,41	0,30	0,47	0,81	0,84	0,13	4,61
* (2 <sup>o</sup> )	48,90	19,77	11,40	0,94	0,85	2,06	0,86	0,85	0,34	13,60
VI-II-3	93,30	2,71	1,33	0,48	0,17	0,25	0,44	0,53	0,14	1,01
VI-II-4	72,76	10,95	6,40	0,48	0,20	0,64	0,81	1,12	0,06	6,57

#### Mineralogía - Difracción R-X

	VI-1	VI-2	VI-3	VI-4	VI-II-1	VI-II-2	VI-II-3	VI-II-4
Principal	Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo
Accesorio	Feldesp.	Feldesp.	Fto+Plag	Plag.	Plag.	Plag.	Plag.	Plag.
% Filosilicatos	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Medio	Bajo	Medio
Principal	Esa+Cao	Cao+Esa	Esmect.	Cao+Esa	Esa+Cao	Esmect	Esa+Cao	Esmect.
Accesorio	Mica	Mica	Caolin.			Caolin.		Cao+Mica

#### \* Cuenca de Juanceda

La Cuenca de Juanceda se encuentra situada en el sector SE de la hoja 1/50.000 n° 70 (Ordenes), término municipal de Mesía (La Coruña).

Presenta una forma triangular, sensiblemente alargada según dirección N-130, con una longitud de 4000 m y una anchura máxima de 2000 m.

El relleno terciario (Mioceno medio-Plioceno) tiene un espesor de 45 m, estando constituido por arcillas azuladas y gris verdosas con intercalaciones de gravas y arenas y pequeños niveles de lignitos pardos.

Se encuentran aquí los principales puntos de extracción de las arcillas ligadas a las cubetas de la Falla de Meirama (puntos 115, 116 y 117). Las canteras permanecen inundadas gran parte del año.

La composición de las arcillas es esmectítico-caolinitica, con predominio de las esmectitas en la mayor parte de las muestras. La illita o illita y caolinita aparecen como accesorios.

Los resultados de la caracterización química y mineralógica sobre arcillas del punto 115 (IGME, 1984-b) son :

#### Mineralogía - Difracción R-X

	JC-85-1	JC-85-2	JC-85-3	JC-85-4	JC-85-5	JC-85-6	JC-85-7	JC-85-8	JC-85-9
Caolinita	13	57	30	27	22	40	10	11	14
Nicas	26		69	34		tr			17
Esmectita	57			37	57	50	70	52	65
Cuarzo	3			tr	17	10	20	36	2
Feldespato	tr	43		tr	3		tr	tr	2

#### Análisis químico

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Hg O	Ca O	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	PPC
JC-85-1	60,9	19,2	7,33	0,55	0,23	1,58	0,21	1,18	8,79
JC-85-2	54,6	22,0	6,49	0,95	0,42	0,72	0,17	0,81	13,81
JC-85-3	49,5	27,7	6,61	0,90	0,31	0,88	0,34	0,72	13,12
JC-85-4	50,8	28,1	8,04	0,85	0,16	2,48	0,35	1,21	10,12
JC-85-5	66,2	18,8	4,11	0,67	0,22	1,23	0,78	1,28	6,92
JC-85-6	61,2	19,4	6,7	0,47	0,26	1,42	0,42	0,87	9,28
JC-85-7	73,7	14,0	4,12	0,56	0,12	0,98	0,27	1,65	5,08
JC-85-8	76,1	12,4	3,57	0,59	0,19	0,70	0,35	1,66	5,80
JC-85-9	53,8	22,0	7,40	1,14	0,95	2,54	0,24	0,97	10,66

### \* Cuenca de Boimorto

Se encuentra situada en el ángulo SO de la hoja 1/50.000 n° 71 (Ordenes), término de Boimorto (La Coruña).

La cuenca consta de varios afloramientos arcillosos, de pequeñas dimensiones, en general, y arrosariados según la dirección de la Falla de Meirama, siendo el más importante el de Orros. Se han inventariado 3 puntos (120, 121 y 122), existiendo numerosos puntos dispersos de extracción de arcillas, todos ellos de pequeña entidad e inundados.

Los materiales aflorantes están compuestos por arcillas, arcillas arenosas y arenas con intercalaciones de lignitos y de arcillas lignitíferas. La potencia visible en las explotaciones no supera los 10 m, pudiendo estimarse el espesor total de los sedimentos terciarios en 40 m. El conjunto se encuentra suavemente basculado, buzando 25° al NE.

Los minerales de la arcilla presentes son esmectitas y caolinita, en proporciones similares, apareciendo la illita como accesorio.

Los resultados de la caracterización química y mineralógica de muestras del punto 121 (IGME, 1984-b) proporcionan los siguientes resultados :

#### Análisis químico

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mg O	Ca O	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	PPC
BB-1	70,0	14,0	5,06	1,10	0,49	1,43	0,66	1,20	6,67
BB-2	63,1	20,6	4,43	0,79	0,19	1,22	0,16	1,46	9,09
BB-3	72,0	14,5	4,43	0,58	0,25	1,34	0,55	1,51	5,71
BB-4	57,8	24,2	6,02	0,46	0,07	0,95	0,10	1,37	9,12
BB-5	61,1	19,1	8,82	0,71	0,11	2,10	0,26	1,22	8,59
BB-6	69,5	16,4	3,09	0,60	0,85	0,32	1,10	0,56	7,63
BB-7	65,7	15,8	5,40	0,46	0,24	2,40	0,38	1,25	8,32
BB-8	55,4	21,4	7,15	1,28	0,38	2,34	0,34	0,83	10,88
BB-9	52,9	24,8	6,8	0,86	0,67	0,93	1,21	1,64	10,18
BB-10	77,4	9,7	5,13	0,41	0,24	0,73	0,36	1,28	4,75



**Mineralogía - Difracción R-X**

	BB-1	BB-2	BB-3	BB-4	BB-5	BB-6	BB-7	BB-8	BB-9	BB-10
Caolinita	tr	tr	20	80	tr	8	25	50	20	32
Esmectita	>90	80	tr	10	>90	2		tr		
Nicas			37			19	65	30	76	tr
Cuarzo	5	20	39	10	2	6	9	10	3	56
Feldespato			4			65	tr	10	tr	tr

**\* Cuenca de Guitiriz**

La Cuenca de Guitiriz se encuentra situada al S de Guitiriz, en las hojas 1/50000 n° 46 (Guitiriz) y 71 (Sobrado de los Monjes). Ocupa una superficie aproximada de 4,5 km<sup>2</sup>, drenada por el río Ladroil.

Se ha inventariado un único punto (n° 29) correspondiente a una cantera, actualmente abandonada e inundada, situada en el paraje de El Boedo, término de Guitiriz (Lugo).

La explotación deja al descubierto un espesor de 6 m de depósitos terciarios constituidos por arcillas y arcillas arenosas con niveles de cantos dispersos.

La fracción arcillosa presenta porcentajes similares de esmectita y caolinita. La illita y moscovita aparecen como minerales accesorios.

Las muestras BO-1 y BO-II-1 corresponden al punto 29. Las muestras BO-2 y BO-II-2, 3 y 4 corresponden a otro punto situado 1500 m al S, sobre el río Boedo. Los resultados de los ensayos de caracterización son los siguientes :

## Análisis químico

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mg O	Ca O	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Mn O	PPC
BO-1	71,67	13,15	4,83	0,50	0,11	1,53	0,24	1,06	0,02	6,65
* (12 <sup>u</sup> )	47,22	23,98	9,99	0,75	0,51	2,17	0,21	1,15	0,02	13,83
BO-2	64,25	18,21	4,86	0,48	0,22	1,62	0,38	1,36	0,05	8,53
* (12 <sup>u</sup> )	52,89	23,43	6,48	0,61	0,59	2,06	0,31	1,54	0,06	11,94
BO-II-1	68,75	15,59	4,20	0,41	0,23	1,89	0,20	1,33	0,02	7,32
BO-II-2	82,12	9,70	1,54	0,13	0,005	1,13	0,20	0,92	0,02	4,22
BO-II-3	78,53	11,28	2,16	0,17	0,11	1,35	0,33	1,05	0,02	4,95
* (12 <sup>u</sup> )	50,63	26,05	5,85	0,60	0,31	2,31	0,34	1,38	0,02	12,41
BO-II-4	60,0	20,23	5,63	0,61	0,33	2,10	0,42	1,45	0,02	9,17

## Mineralogía - Difracción R-X

	BO-1	BO-2	BO-II-1	BO-II-2	BO-II-3	BO-II-4
Principal	Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo
Accesorio	Fto.	Fto.	Fto.	Fto.	Fto.	Fto.
% filosilic.	Med-alto	Alto	Med-alto	Bajo	Medio	Med-alto
Principal	Esnectita + caolinita		Caolin.		Esnect. + Caolinita	
Accesorio	Mica	Mica	Mica	Es+mica	Mica	Mica

## \* Cuenca de Villalba-Lugo

Constituye uno de los rasgos geomorfológicos más característicos de la hoja n° 8, dando nombre a una comarca en la provincia de Lugo, la "Terra Cha".

La cuenca de Villalba se extiende ocupando el borde SE de la hoja 1/50.000 n° 47 (Villalba), la mitad SO de la hoja n° 48 (Meira) y parte de las hojas n° 72 (Lugo) y n° 73 (Castroverde).

El relleno terciario de esta cuenca está constituido por una alternancia de arcillas verdes, gris-azuladas, rojas y arenas cuarzofeldespáticas. El conjunto aparece recubierto, normalmente, por depósitos cuaternarios de llanuras aluviales, fondos de vaguada y por las terrazas fluviales del Miño y sus afluentes de cabecera. La potencia total del Terciario es de 40 m.

Se han inventariado 5 puntos de extracción de arcillas (53, 60, 61, 62 y 63) de los que sólo el 62 permanece activo, explotándose en la época de estío por permanecer el resto del año inundado.

Las muestras RA-2 y 3 corresponden al punto 53; RA-9 y 10 al punto 60; RA-12 al punto 61.

#### Análisis químico

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mg O	Ca O	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Na O	PPC
62-1	71,20	15,70	3,25	0,64	0,18	4,30	0,80	0,50	0,03	3,96
RA-2	74,26	13,07	3,96	0,43	0,10	0,19	0,16	0,80	0,03	5,24
RA-3	65,79	18,23	4,12	0,30	0,10	1,91	0,58	0,93	0,06	7,97
RA-9	69,45	13,55	2,46	0,78	2,63	3,83	0,75	0,46	0,07	5,97
RA-12	49,83	22,53	6,65	2,58	0,53	4,45	0,19	0,72	0,04	12,48

#### Mineralogía - Difracción R-X

	Cuarzo	Feldesp.	% Filos.	Ilita	Essect.	Caolinita
62-1	25	15	60	55	10	35
RA-2	Ppal	Acces.	Bajo	Ppal		Ppal.

Límites de Atterberg : LL=40 LP=17 IP=23

#### Variaciones lineales durante la cocción

	110°C	500°C	600°C	700°C	800°C	900°C	1000°C	1050°C	1100°C	1200°C
62-1	-2,74	+0,20	+0,51	+0,51	+0,43	+0,0	-0,43	-1,10	-1,67*	-1,22*

\* Vitrificación

#### \* Cuenca de Pastoriza

La Cuenca de Pastoriza es una pequeña cubeta que, aunque situada junto a la de Villalba, presenta notables diferencias mineralógicas con esta.

Se encuentra situada en el sector N de la hoja 1/50000 n° 48 (Meira), en el término de Pastoriza (Lugo), ocupando una superficie aproximada de 6,5 km<sup>2</sup>.

Se han inventariado en ella 3 puntos de extracción de arcilla (66, 67 y 68) de los que sólo permanece activo el primero de ellos. Este punto, situado en las proximidades de Pastoriza, deja al descubierto 10 m de arcillas y limos arcillosos con una cobertera discordante de gravas de cuarzo con matriz arcillo-arenosa. La caolinita es el mineral principal de la fracción arcillosa, apareciendo la illita como accesorio (Muestras PA-7,9 y 10). El punto 68, situado en el Alto de La Cruz, extremo oriental de la cubeta, deja al descubierto 4 m de arcillas plásticas rojizas. Sobre ellas, discordantemente, aparecen un nivel ferruginoso y 3 m de arenas caoliníferas (Muestras PA-2,3,4 y 5). El punto 67 es una pequeña explotación situada en el sector S de la cubeta, paraje de Corredoira (Muestra PA-1).

#### Mineralogía - Difracción R-X

	PA-1	PA-2	PA-4	PA-5	PA-6	PA-7	PA-8	PA-9	PA-10
Principal	Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo	Cuarzo	Qz+Fto	Cuarzo
Accesorio	Fto.	Fto.	Fto.	Fto.	Fto.	Fto.	Plag.	Fto.	Fto.
% Filossilic.	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Alto	Medio	Alto	Medio	Medio
Principal	Caolin.	Caolin.	Caolin.	Ilita	Caol+Ver.	Caolin.	Caolin.	Caolin.	EsM+Caol+Il.
Accesorio	Ilita+Moscovita		Ilita		Ilita	Moscov.	Ilita	Ilita	

#### Análisis químico

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mg O	Ca O	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Mn O	PPC
PA-1	80,0	11,31	1,09	0,26	0,03	2,67	0,21	0,15	0,05	4,10
" (12 <sup>μ</sup> )	48,53	29,82	3,31	0,76	0,28	1,72	0,09	0,19	0,06	15,14
PA-2	64,7	21,25	1,66	0,78	0,12	2,69	0,08	1,41	0,05	7,24
" (12 <sup>μ</sup> )	52,5	29,13	2,38	0,06	0,18	4,17	0,92	1,08	0,05	9,46
PA-3	66,1	20,59	1,76	0,02	0	1,86	0,56	1,52	0,05	7,46
PA-4	71,2	16,80	1,70	0,59	0,34	1,84	0,03	1,49	0,02	5,97
PA-5	60,9	17,78	6,83	1,14	0,04	3,48	0,04	0,92	0,06	8,71
PA-6	52,9	24,25	4,94	0,40	0,09	1,36	3,41	0,67	0,02	11,96
PA-7	59,0	18,76	6,95	2,19	0,30	3,68	0,43	1,20	0,06	7,37
" (12 <sup>μ</sup> )	51,03	24,8	2,38	2,43	0,32	4,58	0,16	0,54	0,05	9,38
PA-8	64,1	19,99	2,12	2,37	0,18	1,79	0,13	1,12	0,05	8,04
" (12 <sup>μ</sup> )	53,06	28,21	2,81	0,08	0,29	2,80	0,78	0,93	0,06	10,91
PA-9	73,5	12,30	2,10	0,37	0,17	2,29	4,13	0,82	0,09	4,16
PA-10	61,8	16,65	4,51	1,12	0,32	3,59	4,02	1,16	0,02	6,76
" (12 <sup>μ</sup> )	47,60	25,40	7,83	1,80	0,27	4,87	0,03	1,04	0,02	11,04

### \* Depósitos pliocuaternarios

Los depósitos pliocuaternarios presentan un amplio desarrollo superficial en el extremo suroccidental de la hoja 1/50000 n° 97 (Guntín) y 123 (Puertomarín). Han sido inventariados 3 puntos en este área (159, 161 y 162) de los que sólo el 159 permanece activo, abasteciendo a la fábrica de tejas y ladrillos situada en las proximidades de Puertomarín.

Otro punto de explotación de estos materiales (16) se encuentra situado a la salida del puente del Embalse del Cécebre, término de Cambre, hoja 1/50000 n° 45 (Betanzos).

#### Análisis químico

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mg O	Ca O	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Mn O	PPC
159-1	67,5	15,6	5,28	1,70	0,26	3,90	0,92	0,65	0,28	3,61

#### Mineralogía - Difracción R-X

	Cuarzo	Feldesp.	Filosil.	Espect.	Illita	Caolinita
159-1	40	tr	55	15	70	15

Límites de Atterberg : LL=30 LP=20 IP=10

#### Variaciones lineales durante la cocción:

	550°C	600°C	700°C	800°C	900°C	1000°C	1050°C	1100°C	1200°C	1300°C
159-1	+0,17	+0,55	+0,75	+0,65	+0,50	+0,40	-0,23	-1,90*	-1,80*	Fundido

\* Vitrificación

### \* Depósitos cuaternarios de alteración

Este tipo de depósitos está ampliamente representado en todo el ámbito de la hoja, estando especialmente desarrollados sobre los materiales esquistosos y pizarrosos.

Su espesor suele ser muy desigual, siendo función del grado de penetración de los procesos de alteración.

Sobre los Esquistos de Ordenes se han inventariado 2 puntos activos (13 y 14), situados en los parajes de Raposeira, término de Oleiros, y Espiritu Santo, término de Bergondo, ambos en la provincia de La Coruña, hoja 1/50000 n° 45 (Betanzos). Explotan niveles potentes de arcillas procedentes de la alteración del sustrato.

Un tercer punto (186) explota los depósitos de alteración desarrollados sobre los Esquistos de la Unidad de Lalín, en el paraje de Monte Cerquedo, término de Lalín (Pontevedra), en la hoja 1/50000 n° 122 (Golada).

#### Análisis químico

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Mg O	Ca O	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Mn O	PPC
13-1	64,7	16,30	6,2	0,98	0,02	2,10	0,22	1,04	0,01	7,68
186-1	44,0	20,10	19,6	0,75	0,10	1,01	0,23	5,6	0,20	9,20

Límites de Atterberg :    13-1    LL-LP-IP = 52-42-10  
                                   186-1    LL-LP-IP = 48-42-6

#### Variaciones lineales durante el secado y cocción

Secado a 110°C    13-1 : +0,69%    186-1 : -0,56%

Cocción	500°C	600°C	700°C	800°C	900°C	1000°C	1050°C	1100°C	1200°C	1300°C
13-1	0,0	-0,15	-0,26	-0,46	-0,67	-1,18	-1,44	-2,10	-4,20	-10,0
186-1	-0,67	-0,85	-1,10	-1,43	-2,20	-2,64	-3,80	-4,50	-5,45	-9,99

### 3.3.- ARENAS Y GRAVAS (Are, Are-Grv)

Para la descripción de estas sustancias se ha preferido dividir las en dos grupos :

- Lehms graníticos
- Arenas y gravas fluviales

### 3.3.1.- Arenas (Lehms graníticos) (Are)

Las explotaciones de arenas de alteración del sustrato granítico ("lehms graníticos"), denominadas localmente "xiabres" se extienden por toda la hoja, en todos los macizos graníticos existentes. La mayor parte de ellas son de tipo artesanal, intermitentes, extrayéndose el material según necesidades locales. No suele existir registro minero de las mismas en las Jefaturas Provinciales de Minas.

De todos los puntos reconocidos se han seleccionado 22, alguno de los cuales no representa a una única cantera, sino a un conjunto de pequeñas explotaciones próximas entre sí. De estos 21 puntos, sólo 7 permanecen activos o intermitentes :

N°	FORMACION	HOJA 1/50.000	COORDENADAS UTM		ESTADO	RESERVAS
7	(35)	45	543,500	4787,700	Aband.	Medias
78	(36)	72	618,200	4771,800	"	"
80	"	"	617,750	4770,775	"	Bajas
85	"	98	638,300	4760,550	"	Altas
86	"	73	636,100	4765,300	"	Bajas
89	"	"	634,250	4766,900	Interm.	Medias
91	"	"	631,850	4763,350	Activa	Medias
92	"	"	631,350	4762,400	Aband.	Bajas
93	"	"	631,000	4762,450	Activa	Medias
94	"	"	630,225	4764,425	"	"
98	"	72	619,350	4765,050	Aband.	"
99	"	73	621,400	4764,050	"	Bajas
106	(32)	97	616,350	4760,400	"	Medias
107	"	"	614,525	4760,040	Activa	"
108	"	"	614,050	4757,850	"	"
111	"	72	604,600	4766,550	Aband.	Bajas
153	(36)	98	623,325	4746,475	"	"
154	"	"	624,250	4746,375	"	"
155	"	"	629,200	4745,500	Activa	"
166	(32)	124	625,150	4732,100	Aband.	"
177	(34)	123	596,075	4737,575	"	"
187	(32)	122	575,900	4730,600	"	"

A pesar de existir "lehms" en todos los macizos, su desarrollo es especialmente importante en el interior de la hoja. Las explotaciones se concentran asimismo en los macizos interiores y especialmente en los macizos de Lugo, Castroverde, Hombreiro y S. Julián.

Sólo se dispone de los datos de producción correspondientes a los puntos 89, 91, 94 y 108, totalizando 93.000 T/año, de las que 50.000 corresponden al punto 91.

Estos materiales, utilizados habitualmente para revocos de ladrillos, son aptos, una vez tamizados, para su uso en hormigones.

El "lehm" del punto 78 procede de la alteración de los granitos de grano grueso del Macizo de Lugo, con fenocristales de feldespato de 10-35 mm. Se ha estudiado la concentración de feldespatos según variaciones granulométricas, dando los siguientes resultados :

#### Granulometría

	+9,52mm	+4,76	+2,36	+1,19	+0,59	+0,297	+0,149	+0,074	-0,074
78-1	2,3 %	19,2	28,8	20,3	10,1	5,7	6,3	2,1	5,2

#### Mineralogía (78-1)

	Muestra total	Fracción fina	Fracción media	Fracción gruesa
Filosilicatos	5 %	10	--	--
Cuarzo	20	30	35	25
Feldespato	75	60	75	75

#### 3.3.2.- Arena y grava (Are-Grv)

Se han inventariado 11 puntos de extracción de gravas y arenas ( 8 activos y 3 inactivos) que totalizan una producción de 452.000 T/año :



N°	FORMACION	HOJA 1/50.000	COORDENADAS UTH		ESTADO	RESERVAS
15	(2)	45	556,100	4793,725	Activa	Medias
17	"	"	558,800	4792,650	Aband.	Bajas
22	"	"	562,900	4786,750	Activa	Medias
47	(3)	72	605,100	4778,950	"	Altas
54	"	47	615,800	4783,150	"	"
55	"	"	616,000	4782,900	"	"
64	"	48	629,350	4793,250	Aband.	Bajas
90	(1)	73	632,700	4764,100	Interm.	Medias
97	"	72	619,500	4765,400	"	Bajas
119	(4)	70	559,700	4765,100	Activa	Medias
145	(3)	97	606,950	4750,000	Aband.	Bajas

Los puntos 22, 97 y 119 se disponen sobre unidades no representadas en la cartografía

El principal área de extracción (180.000 T/año) corresponde al paraje de Quintán, término de Cambre (La Coruña), hoja 1/50.000 n° 45 (Betanzos), donde se explotan una serie de afloramientos pliocuaternarios que se disponen a lo largo del río Mero. Se trata de gravas y gravas arenosas, mal clasificados y con un alto índice de redondeamiento (Puntos 15 y 17) que recubren a los esquistos de la Serie de Ordenes.

El espesor de formación en explotación es de 10 m.

En el punto 22, situado en el paraje de Casa de Porto, término de Oza de los Ríos, igualmente sobre la hoja n° 45, se explota un depósito cuaternario formado por gravas y cantos con intercalaciones arcillosas métricas.

Los puntos 54 y 55, con una producción conjunta de 95000 T/año, se sitúan en el paraje Bestar, término de Cospito (Lugo), hoja 1/50.000 n° 47 (Villalba), explotando las gravas superiores de los depósitos terciarios de la Cuenca de Villalba.

Otro punto de importancia (n° 47), con una producción anual de 65.000 T, corresponde a las terrazas cuaternarias de la

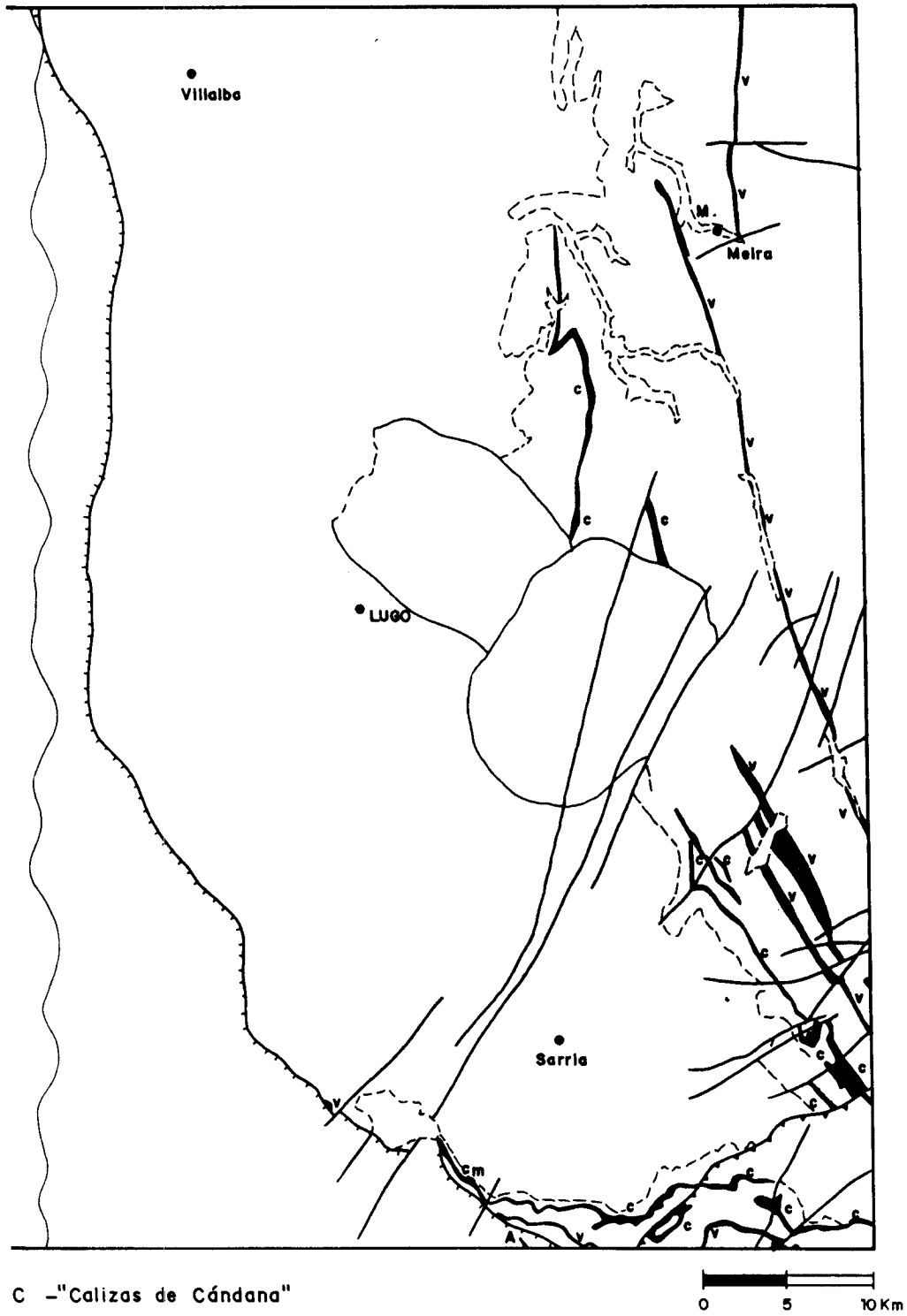
confluencia de los ríos Ladra y Parga, en el término de Begonte (Lugo), hoja 1/50000 nº72 (Lugo). Los depósitos presentan una potencia de 7 m y están constituidos por cantos cuarcíticos, subangulosos, con matriz arenosa. Los cantos de cuarzo de tamaños más gruesos, seleccionados manualmente, se destinan a la exportación, para su uso en ferroaleaciones.

En el punto 119, situado en el paraje de S. Mauro, término de Frades (La Coruña) se explota un cuaternario indiferenciado, con una producción de 95.000 T/año.

Otros puntos de extracción corresponden a depósitos aluviales diversos (nº 90, 97). En el punto 85, situado en el paraje de Riomol, término de Castroverde (Lugo), se ha señalado un área donde afloran numerosos depósitos fluviales arenosos, bien clasificados, con un alto potencial de recursos. Otro área con posible interés es la constituida por los depósitos aluviales y terrazas del río Tambre en el ángulo NO de la hoja nº 95 (El Pino), término de El Trazo (La Coruña).

#### **3.4.- CALIZA (Clz)**

La producción global de calizas es de 1.294.600 T anuales procedentes de 8 explotaciones activas situadas sobre la Formación "Caliza de Vegadeo" (puntos 69, 148, 151 y 174) y en los niveles carbonatados intercalados en la Formación "Pizarras de Candana" (puntos 75, 152 y 164). En el punto 173 se explota una antigua escombrera de calizas y pizarras, con un volumen de extracción de 75.000 T/año.



C -"Calizas de Cándana"

C<sub>m</sub>-Magnesitas

V -"Caliza de Vegadeo"

A -"Caliza de La Aquiana"

FIGURA 4.- Principales afloramientos de calizas

N°	FORMACION	HOJA 1/50.000	COORDENADAS UTM		ESTADO	RESERVAS
69	(23)	48	635,250	4789,100	Intern.	Altas
70	"	"	636,650	4786,550	Aband.	"
71	"	"	636,550	4785,950	"	Medias
75	(27)	73	631,300	4777,900	Activa	Altas
76	(23)	"	640,600	4774,650	Aband.	Bajas
87	(27)	"	635,500	4767,250	"	Medias
88	"	73	634,850	4768,850	"	"
147	(23)	98	641,350	4749,250	"	Altas
148	"	"	644,150	4748,300	Activa	"
149	"	"	644,600	4747,125	Aband.	"
150	"	124	644,900	4743,875	"	"
151	"	"	646,100	4743,550	Activa	"
152	(27)	"	647,275	4736,150	"	"
160	"	123	616,625	4741,675	Aband.	Bajas
163	"	"	615,500	4734,200	"	Altas
164	"	"	615,800	4733,275	Activa	Medias
173	"	124	638,000	4730,250	"	"
174	"	"	624,750	4726,100	"	Altas

Las calizas de Cándana son calizas grises, muy recristalizadas que afloran en el extremo oriental de la hoja en niveles lenticulares, intercalados en las pizarras de la Serie de Cándana (Cámbrico) (figura 4).

Presentan acusadas variaciones de potencia, desde 25 m en la hoja 1/50000 n°48, a 50 m en las proximidades de Castroverde, hoja n° 73, llegando a 60-70 m en las hojas 98 y 124.

En el área de Baralla, hoja 98, afloran 60 m de dolomías marmóreas y niveles lenticulares, de potencia variable, de calizas y dolomías intercaladas en los esquistos y pizarras sericíticas de la Serie de Cándana media.

En la hoja 124 la potencia máxima (70 m) se alcanza al E de la misma; son calizas grises con laminaciones paralelas que, hacia la base y en ocasiones también a techo, presentan intercalaciones de pizarras verdes, calcoesquistos y niveles

dolomíticos. En el S y hacia el O el espesor disminuye gradualmente (40 m en Mao), al tiempo que se presenta un progresivo enriquecimiento en magnesio que se traduce en la aparición de un nivel explotable de magnesita en el extremo suroccidental de la hoja (Ver magnesita en 3.13.).

La principal explotación de este tipo de caliza (punto 152), con una producción anual de 400.000 T, se ubica en el término de Triacastela (Lugo), hoja 1/50000 n° 124. El material es utilizado, junto con el procedente de la escombrecera explotada en el punto 173, para fabricación de cemento en la fábrica situada en Oural (Sarría).

#### Análisis químico

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	PFC
152-1	0,55	0,32	0,03	0,65	54,7	0,01	43,86

Las Calizas de Cándana son asimismo utilizados para hormigones (punto 164) y áridos para carreteras (punto 75). En el punto 160 fueron explotadas como roca ornamental.

La Formación "Calizas de Vegadeo" aflora, igualmente, de N a S, en el extremo oriental de la hoja (figura 4), según directrices hercínicas. En la hoja 1/50.000 n° 48, presenta una potencia media de 80 m, y está constituida por 60 m de calizas y dolomías muy recristalizadas, de tonos gris-oscuros, bien estratificadas, con 20 m de pizarras y areniscas en la base.

Petrográficamente se trata de calizas de grano grueso, con textura granoblástica y calizas y dolomías de grano fino con textura en mosaico. Son frecuentes los granos de cuarzo. Desde el punto de vista de metamorfismo se encuentran dentro de la zona de la biotita.

La potencia aumenta hacia el S, alcanzando 100 metros en las hojas n° 73 y 98, presentando con frecuencia procesos de karstificación.

En la hoja n° 124 puede distinguirse un miembro inferior y medio, aflorante en el extremo NE y constituido por 65-80 m de alternancias de calizas gris-claras, en bancos de hasta 10 m, pizarras verdes, areniscas, calcoesquistos, dolomías amarillas o marrones y pizarras dolomíticas. El miembro superior se encuentra bien representado en la hoja. En la zona NE, sobre el tramo antes descrito, aparecen bancos de calizas grises y dolomíticos, con una potencia de 60-70 m. Sobre ellos se disponen 5 m de niveles dolomíticos y calcoesquistos. Las variaciones de potencia son muy acusadas hacia el O, donde queda reducida a 15 m con un notable aumento del contenido en MgO.

La principal explotación (punto 148), con una producción de 400.000 T/año, se sitúa en el paraje de Piñeira, término de Baralla, en la hoja 1/50.000 n° 98. El material extraído es utilizado como árido de trituración para carreteras y hormigones. En el resto de los puntos, las calizas tienen un uso similar, excepto en el 174, donde se emplean en la fabricación de marmolinas.

Los resultados de los análisis realizados son los siguientes:

**Aridos gruesos (148-1)**

* Coeficiente de forma	0,16-0,20
* Absorción de agua	1,5-2,20
* Absorción de agua	0,82
* Estabilidad ante SO <sub>4</sub> Na <sub>2</sub>	0,5
* Desgaste Los Angeles (148-1)	B = 18,3%

**Aridos finos (148-1)**

* Compuestos de azufre	0,01 % SO <sub>4</sub>
* Peso específico	2,85
* Peso específico real	2,80-2,85
* Equiv. de arena	91-94
	C=18,8%

## Análisis químico

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	HgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	PPC
69-1	4,08	0,20	1,36	----	9,16	30,75	0,04	0,03	44,58
70-1	3,07	0,03	0,38	----	0,54	53,41	0,03	0,02	42,52
76-1	1,45	0,15	0,16	----	0,23	54,5	0,40	0,00	42,89
148-1	10,3	1,1	-----	0,7	12	35,3	----		40,30

Los afloramientos calcáreos de Galicia han sido estudiados (IGME, 1985-a), con el objeto de conocer sus posibles usos como correctores de suelos en agricultura. Se ofrecen a continuación los resultados obtenidos dentro de esta hoja :

	70-1	71-1	87-1	88-1	150-1	150-2	152-1	174-1
Ca %	34,3	36,0	39,0	38,1	13,9	23,9	35,9	36,7
Hg %	0,37	0,61	0,99	1,08	17,0	13,6	0,31	0,16
P %	0,0018	0,032	0,053	0,127	0,0043	0,0005	0,0003	0,0043
Cd (ppm)	61	---	---	---	---	49	---	---
Pb (ppm)	36	---	24	---	---	23	---	36
Cr (ppm)	---	---	---	---	---	---	---	6
Valor neutralizante	56	52,9	55,4	37,5	55,7	56	53,2	55,7
Solub. carbónica	60,62	34,37	37,5	51,5	33,75	23,75	48,75	62,5
CO <sub>2</sub> Ca equivalente	94	89,4	94	85,9	87,3	96	85,9	91,0

En líneas generales, al margen de su uso como áridos de machaqueo, ambas formaciones presentan tramos aptos para su uso en cementos, cales, fundentes y corrección de suelos.

La formación Calizas de La Aquiana no presenta afloramientos importantes en el ámbito de la hoja. Son, no obstante, explotadas en hojas colidantes. Los niveles carbonatados intercalados en las Capas de Transición, presentan poca potencia para ser explotados industrialmente.

### 3.5.- CAOLIN (Kao)

Aunque no existen explotaciones activas de caolín en la hoja, hay que citar la presencia de niveles ricos en caolinita, alternando con arcillas caolinitico-iliticas, arenas y lignitos en el relleno terciario de la Cuenca de Meirama. Los ensayos tecnológicos realizados sobre alguno de estos niveles (IGME, 1984-a; ver muestras ME-7-7 en 3.2.) revelan su aptitud para ser utilizados en lozas y porcelanas.

Niveles ricos en caolinita aparecen, igualmente, en las cuencas de Visantña, Juanceda, Boimorto, Villalba, Pastoriza, ..., sin interés como caolines.

El punto nº 25 (X=577,450 Y=4785,500), situado en el paraje de Monte Salgueiro, término de Aranga (La Coruña), hoja 1/50.000 nº 47, corresponde a un afloramiento de arenas caoliníferas donde la caolinización se ha desarrollado aprovechando una fractura sobre los granitos de dos micas del Macizo de Espenuca. La potencialidad del recurso puede calificarse como baja.

Los análisis realizados sobre muestras de este punto proporcionan los siguientes resultados :

#### Granulometría

Fracción arena : 59 %      Fracción limo : 27 %      Fracción arcilla : 14 %

#### Análisis químico (fracción fina)

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO <sub>2</sub>	PPC
25-1	50,6	33,4	0,60	0,26	0,13	1,37	0,18	0	0	11,2

#### Mineralogía - Difracción R-X

	Filos.	Cuarzo	Feldesp.	Ilita	Caolinita
25-1	90	10	tr	tr	95



### 3.6.- CUARCITA (Cua)

No existe en la actualidad ninguna explotación activa de esta sustancia, si se exceptúa el punto 51 en el que se aprovechan los coluviones desarrollados sobre la Cuarcita de Gistral, apareciendo la cuarcita fragmentada y empastada en matriz arcillosa.

Nº	FORMACION	HOJA 1/50.000	COORDENADAS UTH		ESTADO	RESERVAS
35	(17)	47	598,900	4781,050	Aband.	Medias
49	(26)	47	609,000	4785,200	"	Altas
50	"	47	609,125	4784,950	"	"
51	"	47	609,075	4786,400	Activa	Bajas
143	(17)	97	601,300	4748,850	Aband.	Medias
176	(14)	123	599,875	4740,075	"	Medias

El punto 176 se sitúa sobre niveles cuarcíticos intercalados en los esquistos.

La presencia de niveles de cuarcita se restringe a la mitad oriental de la hoja, Zona Asturoccidental-Leonesa y Dominio del Anticlinorio del "Ollo de Sapo". Dentro de la primera, los paquetes de mayor importancia corresponden a la ya citada Cuarcita de Gistral (Dominio del Navia y Alto Sil), Cuarcita de Cándana y Capas del Río Eo (Dominio del Manto de Mondoñedo) y a la Cuarcita Armoricana (Dominio del Caurel). Esta última aparece asimismo bien representada dentro del Dominio del Anticlinorio del "Ollo de Sapo".

La Cuarcita de Gistral aflora en la ventana tectónica de Monte Carballosa, en los términos municipales de Villalba y Begonte (Lugo), hoja 1/50.000 nº 47 (Villalba). Esta es la única zona donde la explotación de cuarcitas ha tenido cierta importancia (puntos 49, 50 y 51). Se trata de un tramo cuarcítico feldespático, de unos 100 m de espesor que descansa discordante sobre las micacitas de la Serie de Alba.

La Cuarcita de Candana Superior (Cámbrico inferior) aflora en una banda longitudinal desde el NE de Meira (Hoja 48) hasta Baralla (Hoja 98). Presenta dos tramos: uno inferior, constituido por alternancias de pizarras y cuarcitas, con un espesor de 110 m, y otro superior, de 120 m de potencia, constituido por bancos potentes de cuarcita y ortocuarcitas separadas por niveles de pizarras y areniscas. Suelen marcar acusados resaltes topográficos.

Las Capas superiores del Río Eo (Ordovícico) están constituidas por potentes bancos de cuarcitas separados por delgados niveles de cuarcitas y pizarras. Sus afloramientos se extienden en bandas longitudinales adosadas a la mitad superior del borde oriental de la hoja.

La formación "Cuarcita Armoricana" (Ordovícico), equivalente a las Capas del Río Eo, está constituida por ortocuarcitas blancas en bancos potentes que alternan con pizarras grises listadas y areniscas. Presenta una potencia de 100 a 150 m. Sus afloramientos, frecuentemente verticalizados, se extienden de norte a sur de la hoja en el Dominio del Anticlinorio del "Ollo de Sapo".

### 3.7.- CUARZO (Qu)

La producción total de cuarzo es de 240.000 T/año, procedente de 3 puntos activos, dos de ellos situados sobre el filón de la Falla del Pico Sacro y el tercero en los depósitos aluviales del río Ladra.

Nº	FORMACION	HOJA 1/50.000	COORDENADAS UTH		ESTADO	RESERVAS
48	(1)	47	605,650	4780,900	Activa	Altas
57	(38)	47	617,152	4786,789	Aband.	Medias
59	"	47	619,000	4786,700	"	Bajas
142	"	97	599,850	4754,750	"	"
178	"	121	547,600	4738,000	Activa	Altas
179	"	121	552,600	4736,500	"	"

Los filones de cuarzo están ampliamente representados en toda la hoja, cicatrizando, habitualmente, fracturas tardías y originando resaltes topográficos característicos. Sus dimensiones son muy variables, desde metros a kilómetros.

De todos ellos, el más espectacular es el filón de la Falla del Pico Sacro. Con una corrida superior a 8.500 m y una anchura máxima de 300 m, aflora en el NO de la hoja 1/50.000 nº 121, desde el Pico Sacro (X=545,366 Y=4739,752) en el término de Boqueijón (La Coruña), con dirección N-110, hasta Cira (X=553,575 Y=4736,500), término de Silleda (Pontevedra).

La Falla del Pico Sacro es una falla normal, tardihercínica o poshercínica, con cierta componente horizontal, que ha sufrido un probable rejuvenecimiento. Separa los esquistos y paragneises del borde sur del Complejo de Ordenes del área migmatizada y con numerosas inyecciones graníticas situada al S.

El cuarzo es de color blanco, con matriz sacaroidal de grano fino. Microscópicamente presenta una marcada textura en mortero con cuarzoes muy ondulados y dentados.

Sobre este filón existen 2 canteras activas: Mina Serrabal (178) y El Castillo (179), con una producción de 180.000 y 40.000 T/año, respectivamente.

El punto 178 se sitúa en el límite de los términos de Boqueijón y Vedra (La Coruña). El frente de explotación tiene una longitud de 2.500 m; la anchura del mismo es muy variable, oscilando entre 12-45 m para el cuarzo de alta calidad. Este es machacado, clasificado, lavado y estriado manualmente, siendo sometido a controles periódicos de calidad (análisis químico, comportamiento térmico). Es utilizado para producción de silicio-metal y ferroaleaciones; el mercado es tanto internacional como nacional. El cuarzo de baja calidad

es comercializado como árido de machaqueo (320.000 T/año).

El punto 179 se sitúa en el paraje de Castro, término de La Estrada (Pontevedra), presentando 3 frentes de extracción de dimensiones medias. El destino de la producción es similar al descrito para el punto 178.

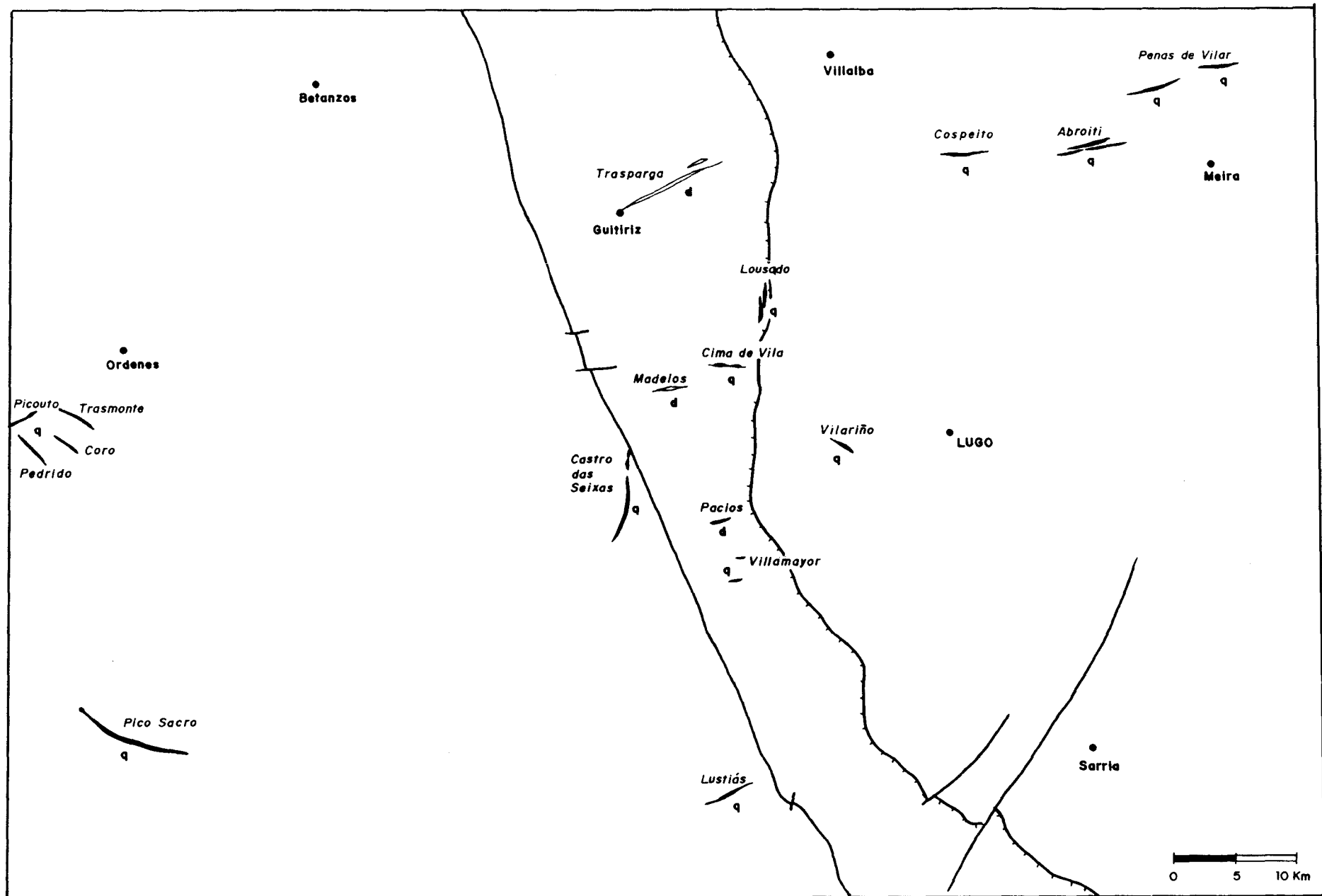
#### Análisis químico

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
178-1	99,7	0,24	0,04	0,05	---	0,012	---	---	---
179-1	99,4	0,20	0,04	0,0025	---	0,02	---	---	---
179-2	99,2	0,12	0,04	0,00	0,04	0,08	0,01	0,02	0,44
179-3	78,0	12,20	1,10	---	0,85	0,03	0,10	3,84	3,13

(La muestra 179-3 corresponde a productos de alteración de color verdoso observados en las labores de preparación de frentes. La difracción de R-X proporciona, para esta muestra, valores similares de cuarzo y filosilicatos -principalmente caolinita-. El color puede ser debido a la alteración de posibles menas metálicas).

Se ofrece a continuación una relación de los principales diques presentes en la hoja (ver figura 5):

PARAJE	HOJA	TERMINO (PROVINCIA)	COORDENADAS	DIRECCION	CORRIDA	ROCA CAJA
Peña de Cospeito	47	Cospeito (Lugo)	605,650 4780,900	N-90	2000 m	Esquistos
Vértice Abroiti	48	Castro de Rey (Lugo)	628,713 4784,604	N-80	3000 m	Cuarc+Piz.
"	"	"	626,800 4786,900	N-80	5500 m	"
Peñas de Vilar	"	Pastoriza (Lugo)	634,350 4792,500	N-70	2000 m	Pizarras
"	"	"	639,300 4794,450	N-90	>3000 m	Pizarras
Trasmonte	70	Oroso (La Coruña)	545,550 4764,000	N-115	3000 m	Esquistos
Pedrido	"	Trazo (La Coruña)	540,900 4761,900	N-120	>2000 m	"
Coro de La Peña	"	"	544,960 4761,341	N-120	1500 m	"
Picouto	"	"	541,083 4764,926	N-70	1500 m	"
Lousado	72	Begonte (Lugo)	601,350 4773,850	N-180	2x1000 m	Esquistos
Cima da Vila	"	Friol (Lugo)	599,375 4769,075	N-90	1000 m	Granito
Vilaríño	"	Lugo	608,550 4769,075	N-110	2500 m	"
Castro das Seixas	96	Palas de Rey (Lugo)	590,300 4756,000	N-005	>5000 m	"
Villamayor	97	Guntín (Lugo)	599,850 4754,750	N-180	>50 m	Pizarras
Lustiás	123	Taboada (Lugo)	599,450 4733,800	N-60	>4000 m	Granito



q - Cuarzo d- Diabasa

FIGURA 5.- Principales filones de cuarzo y diabasa

El laboreo realizado sobre estos filones es muy escaso, existiendo labores de pequeña entidad en los de Peña de Cospeito (puntos 57 y 59), Trasmonte y Villamayor (punto 142).

Los análisis químicos muestras altos contenidos en  $\text{SiO}_2$  y relativamente bajos en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  :

	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{TiO}_2$	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	$\text{K}_2\text{O}$	$\text{Na}_2\text{O}$	PPC
57-1	99,5	0,12	0,09	0,00	0,02	0,05	0,02	0,02	0,13
142-1	98,9	0,29	0,17	0,00	0,01	0,19	0,02	0,01	0,38

Al margen del cuarzo filoniano, se explotan con tal fin los depósitos aluviales del río Ladra (punto 48), en el paraje de Fuente de Vilar, término de Begonte (Lugo). Los cantos de cuarzo son clasificados, lavados y estriados manualmente, siendo destinada la producción a ferroaleaciones y silicio-metal. Un análisis químico representativo del concentrado comercial es el siguiente :

	$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{TiO}_2$
48-1	98,7	0,20	0,01	0,005

### 3.8.- DIABASA (Dia)

Los filones de diabasa se presentan cicatrizando fracturas tardihercínicas que se disponen transversalmente a las estructuras (figura 5).

En la actualidad no existen explotaciones activas; sin embargo, la extracción de estos materiales revistió cierta importancia, especialmente en el área de Trasparga (Puntos 30 a 34), siendo utilizados como rocas ornamentales y conocidos como "granitos verdes".

Nº	FORMACION	HOJA 1/50.000	COORDENADAS UTM		ESTADO	RESERVAS
30	(39)	46	591,750	4782,950	Aband.	Bajas
31	"	"	591,900	4782,850	"	"
32	"	"	592,350	4782,950	"	"
33	"	47	594,900	4784,200	"	"
34	"	"	595,500	4784,750	"	"
141	"	97	597,900	4756,100	"	"

El filón de Trasparga constituye el dique más importante de toda la hoja. Presenta una corrida superior a 8 km, con dirección N-70, extendiéndose desde Guitiriz (X=590,325 Y=4782,175) hasta Porto Novo (X=597,550 Y=4785,650), en el término municipal de Guitiriz (Lugo), en las hojas 1/50.000 nº 46 y 47. La anchura descubierta en los frentes de explotación es de 15-25 m.

El punto 141 se sitúa sobre el filón de Pacios, término municipal de Friol (Lugo), en la hoja 1/50.000 nº97. Presenta una corrida de 1.200 m, N-80 y una anchura de 15-25 m.

En ambos casos, la diabasa presenta una marcada disyunción en bolos que aparecen inmersos en lehm granítico o en los suelos de alteración de la roca caja, siendo difícil la extracción de bloques de gran tamaño para su uso como roca ornamental, razón por la cual debieron paralizarse las explotaciones.

Son rocas muy compactas, de tonos verdosos, con textura diabásica o subofítica, holocristalina, tendencia equigranular, subidiomórfica de grano medio. Los minerales principales (puntos 30 a 34) son plagioclasa y piroxeno (clinopiroxeno y ortopiroxeno). Los opacos, clorita y cuarzo se presentan como accesorios, y, como minerales secundarios, clorita, sericita y carbonatos. En el punto 141, los minerales principales son plagioclasa y augita. Como accesorios se

presentan opacos, clinozoisita-piamontita, carbonatos, óxidos y cuarzo. Entre los secundarios aparecen sericita, saussurita, clorita y clinozoisita-piamontita.

Un tercer dique con posible interés se sitúa en el paraje de Madelos (X=594,450 Y=4767,300), en el término de Friol (Lugo), hoja 1/50.000 nº 72. Presenta una corrida de 2000 m, N-80 y una anchura variable de 15-25 m.

### 3.9.- DISTENA o CIANITA (Dis)

Aunque la distena aparece en la hoja asociada a diques de cuarzo lechoso, en íntimo intercrecimiento con este, el mineral explotado se encuentra en forma de cantos englobados en suelos y coluviones desarrollados sobre los Esquistos de Ordenes y en depósitos fluviales. Los indicios se presentan dispersos en los términos municipales de El Pino y Touro (La Coruña), Villa de Cruces (Pontevedra) y en el aluvial del río Ulla, en las hojas 1/50.000 nº 95 y 121.

La extracción se efectúa mediante calicatas de mediana profundidad (2-5 m) y posterior estrío manual. El estéril (75-85 %) es utilizado para rellenar nuevamente las zanjas de extracción, minimizándose con este procedimiento el posible impacto ambiental.

El mineral así obtenido es lavado y clasificado, previa trituración de tamaños mayores de 150 mm.

La producción anual (punto 130) se cifra en 638 T/año, procedentes del área de Arca y Gonzar, en el término municipal de El Pino, siendo transportada a Oviedo para su calcinación y posterior utilización en la fabricación de productos refractarios para la industria siderúrgica. La baja cifra de producción citada es consecuencia, más que de la



propia potencialidad del recurso, de los problemas de demanda, derivados de la crisis siderúrgica.

Los análisis efectuados sobre muestra estriada manualmente proporcionan los siguientes resultados :

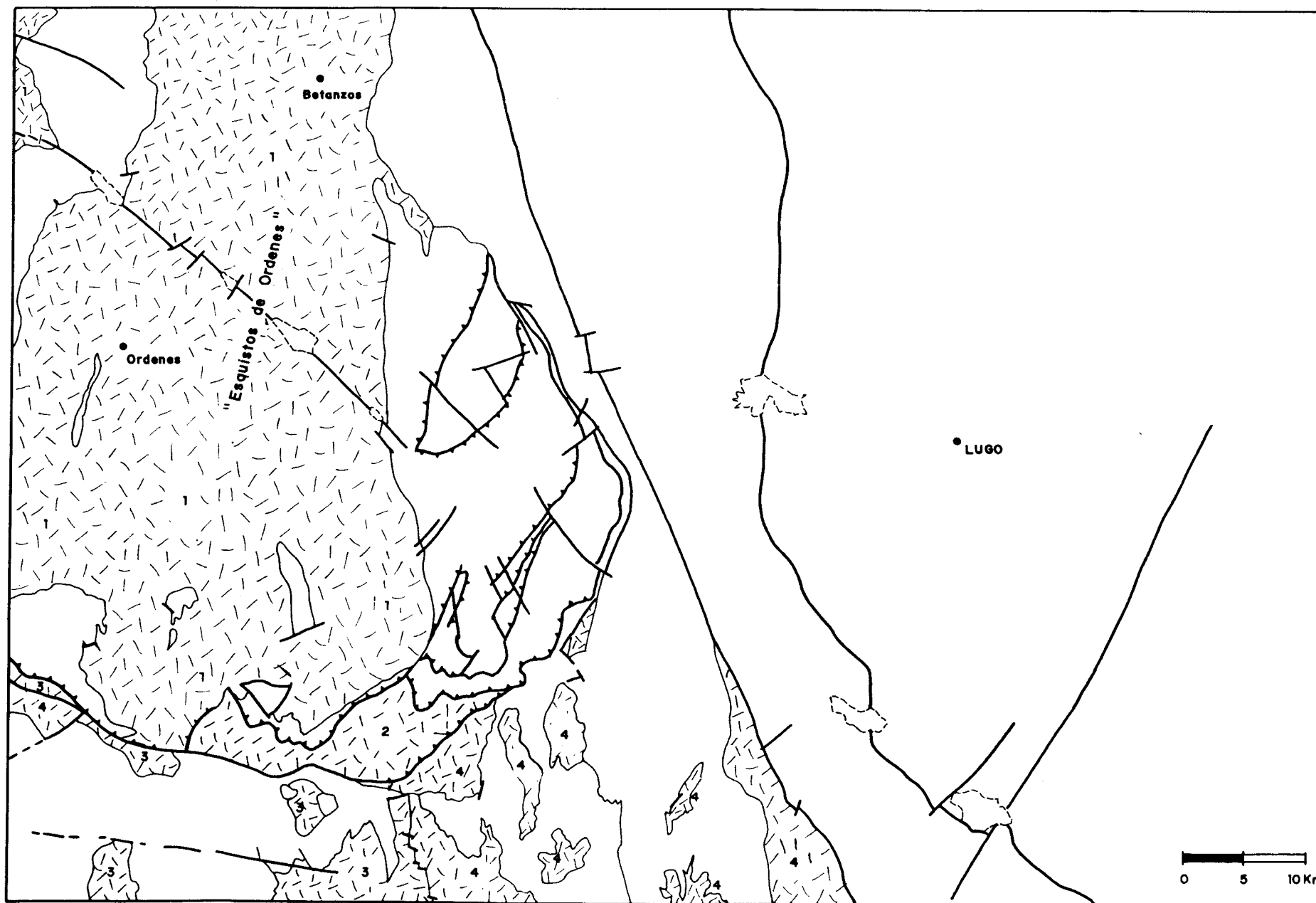
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	PPC
130-1	38,2	57,3	1,05	0,20	0,07	1,92	0,50	1,17

Contenido en Distena = ± 90 %; resto = Filosilicatos

### 3.10.- ESQUISTOS (Esq)

Los esquistos constituyen la litología predominante en grandes áreas de la hoja de Lugo (figura 6), especialmente en el sector occidental, ocupado por el Dominio del Complejo de Ordenes y, dentro del mismo, por la Unidad de Betanzos-Arzúa, en la que se ubican la mayor parte de las explotaciones, activas e inactivas, inventariadas:

Nº	FORMACION	HOJA 1/50.000	COORDENADAS UTM		ESTADO	RESERVAS
10	(4)	45	552,350	4780,900	Intern.	Medias
11	"	70	550,350	4777,250	Activa	Altas
12	"	"	550,250	4775,550	"	Medias
18	"	45	563,750	4797,800	Aband.	Altas
20	"	"	565,200	4792,750	"	"
21	"	"	564,200	4790,600	"	"
123	"	70	542,500	4765,150	"	Medias
131	"	96	559,400	4754,450	Intern.	Altas
132	"	95	558,900	4753,200	Aband.	"
133	"	96	567,100	4753,750	"	"
134	"	"	567,850	4749,500	"	"
135	"	95	566,200	4744,900	"	"
144	(15)	97	605,300	4749,450	Intern.	Medias
146	(30)	"	611,150	4754,000	Aband.	"



- 1- Esquistos de Ordenes
- 2- Unidad de Villa de Cruces
- 3- Unidades de Lalín, Forcarey y Santiago
- 4- Unidad Esquistosa de Galicia Central y Occidental

FIGURA 6.- Principales afloramientos de esquistos

Los afloramientos de la Unidad de Betanzos-Arzúa, ocupan la mayor parte de la superficie de las hojas 1/50.000 n° 45, 70, y 95, estando, asimismo, bien representados en las hojas n° 46, 71, 96 y 122.

La Unidad de Betanzos-Arzúa, está constituida, esencialmente, por los denominados Esquistos de Ordenes, que afloran masivamente, y por ortogneises glandulares (extremo sur-oriental). En afloramientos de menor entidad aparecen también metabasitas en facies anfibolita y granulita, rocas ultramáficas serpentinizadas y metagabros.

Los Esquistos de Ordenes son metasedimentos muy monótonos provenientes de rocas pelíticas y grauváquicas que han sufrido un metamorfismo de grado medio-alto. La litología dominante son esquistos y filitas, presentándose también metagrauvas, paragneises, esquistos anfibólicos y meta-cuarcitas.

Los esquistos representan a los sedimentos con mayor grado de metamorfismo. Son de naturaleza cuarcítica, con frecuentes exudaciones de cuarzo. La asociación mineral más característica dentro de ellos es :

Qz + Moscov ± Biot ± Clorita ± Granate ± Plag ;

entre los accesorios aparecen turmalina, circón, rutilo, apatito, opacos, esfena y epidota.

Las filitas representan a las rocas con menor grado de metamorfismo. Son ricas en cuarzo y se caracterizan por la siguiente asociación mineralógica :

Qz + Clorita + Moscov ± Biot ± Granate ± Alb ± Fto K

Hay que citar, en el borde SO de la hoja nº 95, la existencia de un área donde los esquistos aparecen afectados por frecuentes inyecciones graníticas.

La potencia estimada es de 2.000-3.000 m, pudiendo considerarse que su potencial es muy alto. Hay que considerar, no obstante, como una característica general, el importante desarrollo de suelos sobre estos materiales que, en algunos puntos son explotados para la extracción de arcillas.

Los esquistos aparecen representados en otros dominios geológicos (Unidad Esquistosa de Galicia Central y Occidental, Dominio del Manto de Mondoñedo -Serie de Villalba-,...).

La Unidad Esquistosa de Galicia Central y Occidental está formado por esquistos micáceos y cuarcíticos que presentan frecuentes cuerpos estratiformes de anfibolitas e intercalaciones de cuarcitas negras. Los materiales esquistosos componen una serie muy monótona con variaciones microscópicas, función del grado de metamorfismo sufrido.

En las zonas de menor metamorfismo, los materiales pelíticos son esquistos con moscovita y clorita, sin biotita o está en pequeños cristales dispersos. Son blandos, de grano fino, color gris o marrón claro y brillo satinado. Cuando el grado de metamorfismo es mayor, aumenta el tamaño de grano y presentan porfiroblastos de biotita, granate o estaurolita. Su potencia puede estimarse superior a 2.000 m. Aparecen muy intruidos por rocas graníticas. Los afloramientos de este dominio se sitúan en el sector central de la hoja nº 122 y el borde suroccidental de la nº 123.

La producción total de esquistos es de 127.800 T/año, repartidas en cinco puntos activos, de los que sólo el 11 y 12 extraen volúmenes de roca importantes. Los esquistos son

comercializados en la región como árido de trituración, suministrando valores de desgaste en el Coeficiente de Los Angeles de 20-23%, mostrando una degradación granulométrica muy pequeña en el procesado. La mayor de todas las explotaciones inventariadas, actualmente abandonada, es la 135, situada en el término de Villa de Cruces (Pontevedra), hoja 1/50.000 nº 95. El material extraído fue utilizado para la construcción de la escollera del embalse de Portodemouros.

### 3.11.- GNEIS (Gne)

Los principales afloramientos de gneises corresponden al Dominio del Anticlinorio del "Ollo de Sapo". Este se encuentra en la parte central de la hoja, atravesándola en dirección NNO-SSE, quedando limitado al E por la Falla de Vivero, y al O por la Falla de Valdoviño. El rasgo más característico es la formación porfiroide "Ollo de Sapo".

En esta, según el tamaño de grano se diferencian dos tramos, uno inferior, constituido por gneises glandulares con megacristales del feldespato potásico (3-7 cm), y otro superior constituido por gneises microglandulares. No se han diferenciado en la cartografía.

El primero presenta una matriz de color gris verdoso a marrón, compuesta por mica blanca, cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa, clorita y biotita, que engloba a cristales mayores de cuarzo, feldespato y plagioclasa.

La facies microglandular no presenta megacristales de feldespato. Están compuestos por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, biotita, clorita y mica blanca. Como accesorios aparecen apatito, circón, turmalina y opacos.

Están escasamente explotados. Sólo se ha inventariado una cantera abandonada (punto nº140, X=597,400 Y=4758,150), situada en el paraje de Fontedelo, término de Friol, hoja 1/50.000 nº 97.

En el Complejo de Ordenes se ha señalado otra cantera, también abandonada (nº 125, X=540,550 Y=4757,700), situada en el paraje de Quintans, término de Santiago de Compostela, hoja 1/50.000 nº 95. Son gneises migmatíticos que corresponden a las áreas de mayor intensidad de metamorfismo de los Esquistos de Ordenes.

### 3.12.- GRANITO (Gr)

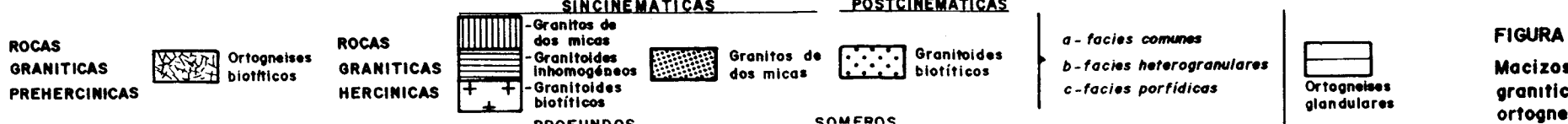
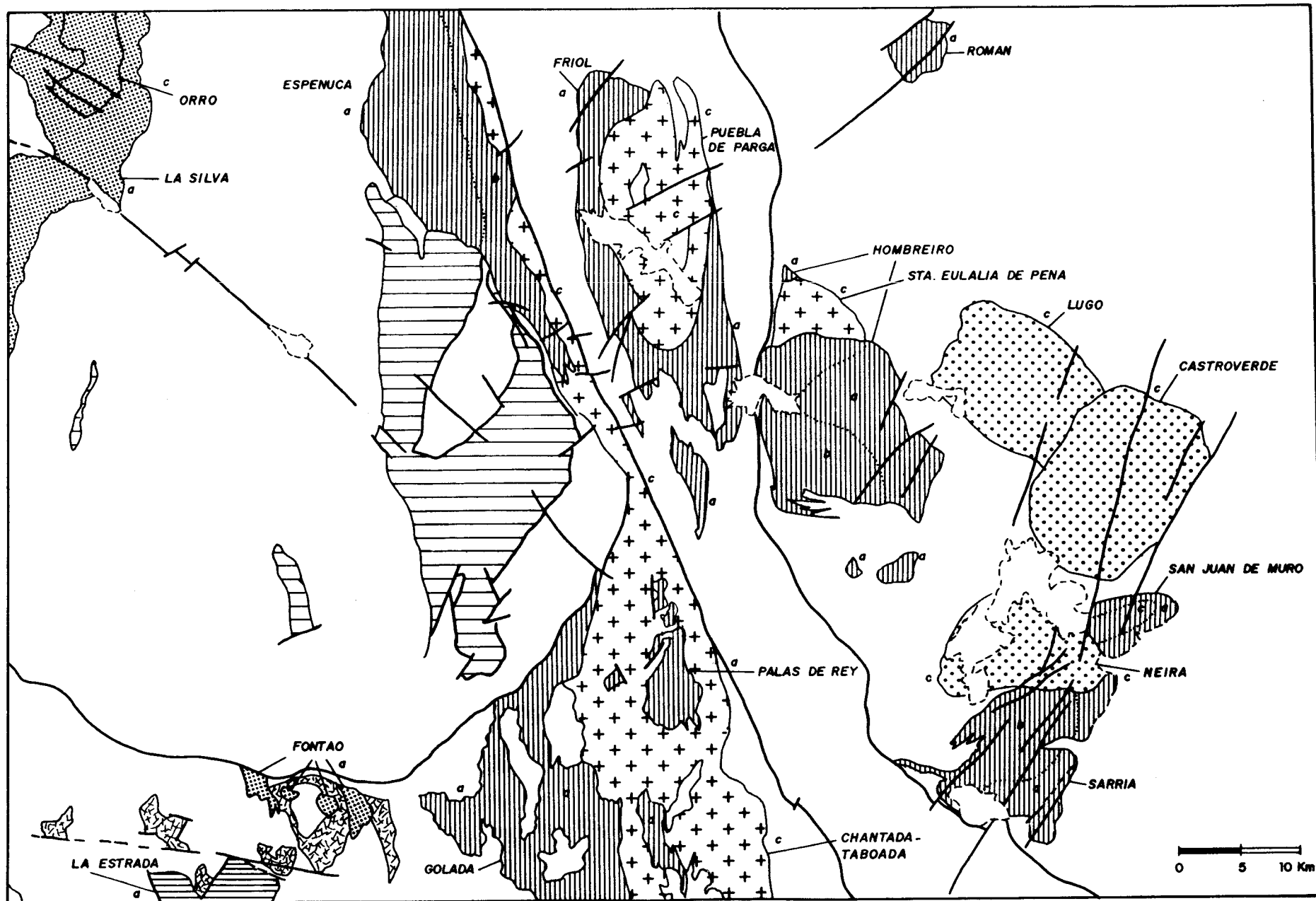
Se han inventariado un total de 43 explotaciones de granitos de las cuales 26 se encuentran en actividad. De éstas, 13 se dedican a la obtención de bloques comerciales para corte y pulido y uso en ornamentación; las 13 restantes comercializan el granito como árido de trituración.

La producción total es de 1.632.790 T/año de las que el 99 % (1.619.100 T) corresponden a los áridos de trituración, frente al 1 % restante (13690 T) que representa a los granitos ornamentales.

#### 3.12.1.- Granitos para áridos de trituración

En la actualidad se aprovechan con este fin los ortogneises biotíticos prehercánicos, granitos sincinemáticos de dos micas y granitoides biotíticos postcinemáticos de emplazamiento somero.

Los puntos recogidos en el inventario se reparten por todos los macizos graníticos presentes en la hoja (figura 7). Los



**FIGURA 7.-**  
**Macizos graníticos y ortogneises**

centros más activos, sin embargo, aparecen concentrados en el Complejo de La Coruña, Macizos de Espenuca, Lugo-Castroverde y Unidad de Lalin.

Pueden considerarse, asimismo, recursos potenciales medios los estériles procedentes de las canteras de granitos ornamentales (Ver 3.12.2.).

El total de puntos inventariados es de 28 :

Nº	FORMACION	HOJA 1/50.000	COORDENADAS UTM		ESTADO	RESERVAS
1	(35)	45	539,200	4794,600	Activa	Altas
2	"	"	541,200	4792,700	Aband.	Bajas
3	"	"	541,400	4792,700	"	Medias
4	"	"	542,900	4795,850	Activa	Altas
5	"	"	544,200	4797,300	"	"
6	"	"	548,250	4796,925	Aband.	"
8	"	"	543,850	4786,900	Activa	"
9	"	"	547,700	4788,850	Aband.	Bajas
19	(32)	46	571,250	4794,200	Activa	Medias
23	"	"	568,750	4787,650	Interm.	Altas
24	"	"	568,950	4788,200	Aband.	Bajas
26	"	"	577,350	4784,400	Activa	Altas
27	"	71	578,500	4779,900	Aband.	Bajas
52	"	47	613,650	4793,450	"	Medias
95	(36)	73	627,500	4764,200	Activa	Altas
100	"	"	621,650	4763,200	"	"
105	"	98	624,950	4757,800	"	Medias
109	(32)	97	610,750	4761,050	Aband.	Bajas
110	"	72	611,600	4768,400	"	"
124	(7)	70	545,000	4763,075	"	"
128	(13)	95	540,050	4743,050	"	"
156	(32)	124	628,975	4741,050	"	Altas
157	"	"	629,500	4740,600	"	"
158	"	"	629,250	4738,950	"	"
175	(34)	123	598,500	4741,950	"	"
184	(31)	121	564,550	4729,900	Activa	Medias
185	(31)	122	564,550	4729,900	"	Altas
188	(32)	"	573,650	4724,600	"	Medias

El reparto de la producción según tipos de granito y macizos es el siguiente :



	Ortogneis biotítico	Granitos de dos micas		Granitoides biot. postcin. someros	TOTAL
		Sincin.prof	Sincin.someros		
La Coruña (La Silva y Orro)			740.000 T		740.000 T
Espenuca		250.600 T			250.600 T
Lugo				325.000 T	325.000 T
Castroverde				65.000 T	65.000 T
Unidad de Lalín	217.500 T	21.000 T			238.500 T
Total .....					1.619.000 T

El principal centro de producción corresponde al Complejo granítico de La Coruña (Macizos de La Silva y Orro), situado en el ángulo noroccidental de la hoja, término municipal de Arteixo, en las proximidades de La Coruña capital.

El resto de los centros de producción se distribuyen en el eje La Coruña-Lugo, a lo largo de la carretera N-VI y en el eje Santiago-Lalín, a lo largo de la carretera N-640.

El Coeficiente de Desgaste de Los Angeles proporciona los siguientes valores para los diferentes tipos graníticos ensayados :

Ortogneises biotíticos	18 %
Granitos sincinemáticos profundos de dos micas	41-47 %
Granitos sincinemáticos someros de dos micas	34 %
Granitoides postcinemáticos someros biotíticos	38-43 %

Estos resultados, moderadamente altos, con excepción de los ortogneises, aconsejan el uso de estos materiales como sub-bases granulares, zahorras artificiales y recebos. Únicamente los ortogneises reúnen las condiciones mínimas de calidad exigidas para su uso como balastos o capas de rodadura.

Los granitos del punto 100 (postcinemáticos someros, biotíticos), utilizados para hormigones presentan las siguientes propiedades :

Resistencia media a compresión	1120 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a flexotracción	144 "
Desgaste de los Angeles	38-43 %
Coefficiente de forma	0,20-0,23
Peso específico	2,62-2,63 gr/cm <sup>3</sup>
Absorción de agua	0,4-0,6 %
Estabilidad ante SO <sub>4</sub> Na <sub>2</sub>	< 2 %
Estabilidad ante SO <sub>4</sub> Mg <sub>2</sub>	< 2 %

### 3.12.2.- Granitos para usos ornamentales

A pesar de la abundancia de macizos graníticos en toda la hoja, pocas áreas reúnen las condiciones necesarias de fracturación, calidad, ...

La producción total, que se concentra exclusivamente en la provincia de Lugo, es de 13.690 T/año. No toda ella se destina al corte pulido, dedicándose una pequeña parte a la elaboración de piezas especiales, esculturas, etc...

N°	FORMACION	HOJA	COORDENADAS		ESTADO	RESERVAS
		1/50.000	UTM			
36	(32)	71	589,100	4778,750	Activa	Bajas
37	(34)	"	591,700	4777,750	Aband.	"
38	"	"	591,675	4777,700	"	"
39	"	"	591,000	4776,900	Activa	"
40	"	"	591,300	4776,650	"	"
41	"	"	593,150	4776,600	"	"
42	"	72	593,600	4776,250	"	"
43	"	71	593,100	4776,225	"	"
44	"	"	592,100	4775,500	"	"
45	"	"	592,100	4775,100	"	"
46	"	"	591,550	4774,250	"	"
79	(36)	72	619,000	4772,200	"	"
81	"	"	618,600	4770,300	"	"
82	"	73	621,400	4771,000	"	"
83	"	"	624,175	4769,300	"	"
96	"	"	624,500	4763,000	"	"
112	(32)	72	598,750	4764,000	Aband.	"
113	"	"	598,600	4763,550	Activa	"

En líneas generales, las explotaciones se caracterizan por

presentar dimensiones medias-pequeñas y sobre todo por una excesiva atomización y concentración, que incide negativamente sobre sus posibilidades de expansión o apertura de nuevos frentes.

La extracción se efectúa en 3 áreas, con diferentes tipos y variedades comerciales de granitos :

- Macizo de Friol : Granitoides de dos micas sincinemáticos de emplazamiento relativamente profundo.
- Macizo de Puebla de Parga : Granitoides biotíticos sincinemáticos de emplazamiento relativamente profundo
- Macizo de Lugo : Granitoides biotíticos con megacristales postcinemáticos de emplazamiento somero.

#### \* Macizo de Friol

El Macizo granítico de Friol se sitúa en el Dominio del Anticlinorio del "Ollo de Sapo", en el sector SE de la hoja 1/50.000 nº 72 (Lugo), ocupando parte del término de Friol.

Son granitos moscovítico-biotíticos con predominio de la moscovita sobre la biotita. Presenta dos facies claramente distintas a nivel textural, atribuibles a diferentes pulsos magmáticos ("facies normal", de grano medio-grueso, con tendencia porfídica por la presencia de megacristales de feldespatos potásico y "facies Mariz", de grano medio-fino y textura equigranular).

Las relaciones entre el granito de Friol y el de Puebla de Parga son complejas, observándose en la zona de contacto apófisis, enclaves, rocas híbridas, ... ocasionadas por la intrusión del primero cuando no se encontraba consolidado el Macizo de Puebla de Parga. Los contactos con las otras rocas encajantes son netos, con tendencia a intruir a favor de las

estructuras preexistentes con frecuentes apófisis, sills, diques,...

Presentan normalmente estructuras de foliación definidas por las micas, coincidente con las estructuras deformativas. Estas parecen responder a la tercera fase hercínica. Las microzonas de cizalla tienen unadirección que fluctúa entre N10° y N25° en el E y N175° y N10° en el oeste con buzamientos subverticales.

A pesar de la tradición granitera de la zona, en la actualidad permanece activa una única cantera (punto 113) que explota los granitos leucocráticos de grano medio a grueso en el área del Monte Los Castrelos. El frente activo es de tamaño medio, destacando el gran volumen de roca desechada en las labores de saneamiento del mismo y los problemas de fracturación que obligan a frecuentes cambios en los bancos. Se han señalado con el n° 112 otras 4 explotaciones, abandonadas, de pequeña entidad y situadas en la misma zona.

Con el punto n° 36 se han designado un conjunto de explotaciones artesanales, situadas en la localidad de Villadonega, término municipal de Guitiriz, donde se elaboran pequeñas piezas ornamentales y bordillos y postes para construcción.

#### \* Macizo de Puebla de Parga

El Macizo de Puebla de Parga ocupa el núcleo del anticlinal de Guitiriz, Dominio del Anticlinorio del "Ollo de Sapo", en los términos municipales de Guitiriz y Friol, en los sectores NE y NO de las hojas 1/50.000 n° 71 (Sobrado) y 72 (Lugo), respectivamente.

Se han inventariado en este macizo 8 explotaciones activas (puntos n° 39 a 46) y 2 abandonadas (puntos 37 y 38), situadas en el área de Parga y Miraz.

Las explotaciones, muy concentradas y próximas entre sí, con frentes de poca altura y de dimensiones medias, aprovechan los bolos y afloramientos de las granitoides sincinemáticos biotíticos.

Son facies de megacristales, de textura granuda, alotriomorfa de grano medio a grueso, siendo poco o nada porfídicas en las facies de transición al Macizo de Friol. El porfidismo aparece concentrado en bolsadas y bandas irregulares.

Mineralógicamente están constituidas por plagioclasas, poco alteradas a sericita y saussurita, microclina, cuarzo, biotita, moscovita y minerales accesorios. La moscovita puede llegar a ser un constituyente principal

Las unidades con megacristales muestran estructuras de flujo con una clara orientación preferente, paralelas a las estructuras deformativas y al eje longitudinal del macizo, apuntando a un emplazamiento sincinemático.

El macizo de Puebla de Parga aparece afectado por la tercera fase de deformación hercínica apareciendo fábricas de origen tectónico en el margen oriental con microzonas de cizalla de orientación NNE-SSO y buzamiento subvertical.

Son característicos del macizo los enclaves microgranudos así como los xenolitos de la roca encajante que adquieren dimensiones cartografiables.

Se explotan 2 variedades comerciales, muy similares entre sí : **San Román** y **Gris Parga**.

- La variedad San Román es una roca gris clara, granuda, de tamaño de grano medio, compacta y de fractura irregular. Microscópicamente presenta una textura granuda alotriomorfa de grano medio (2-4 mm) con escasa alteración.

- La variedad Gris Parga es de color gris claro, granuda, de tamaño de grano medio. Microscópicamente presenta una textura holocristalina, heterogranular, alotriomorfa de grano medio, con grandes cristales de feldespatos potásicos.

#### \* Macizo de Lugo

Se extiende este macizo al N de Lugo capital, ocupando el extremo oriental y occidental de las hojas 1/50.000 nº 72 (Lugo) y 73 (Castroverde), respectivamente.

Se trata de un macizo bien circunscrito, elipsoidal, formado por granitoides biotíticos porfídicos postcinemáticos de emplazamiento somero, claramente intrusivo sobre el encajante (dominio del Manto de Mondoñedo). Presenta un zonado que se manifiesta mediante facies de borde así como heterogeneidades en el sector oriental donde aparecen leucogranitos biotítico-moscovíticos de grano fino, leucogranitos de grano fino con dos micas y fenocristales de cuarzo redondeados y facies heterogranulares.

Las facies principales poseen textura porfídica como consecuencia de la presencia de megacristales de feldespatos potásicos. El feldespatos suele presentar tonalidades rosáceas y asalmonadas.

Aparece afectado por una fracturación tardihercínica, presentando una red de fracturas NE-SO y NO-SE que han favorecido la meteorización.

Las explotaciones se sitúan sobre bolos aislados y pequeños afloramientos sobre la masa de "lehm".

Se han inventariado 4 canteras activas situadas en el área de S. Claudio, término de Outeiro de Rey y Lugo (puntos 79

y 81) y en el área de Benade-Teixeiro, término de Lugo (puntos 82 y 83).

Los frentes de cantera son de pequeñas dimensiones, con un potencial medio bajo. El grado de mecanización es medio.

Son granitos porfídicos, de grano grueso, y están formados por cuarzo, megacristales de feldespato potásico, plagioclasas y biotita. Como componentes secundarios aparecen sericita, y clorita. Entre los minerales accesorios están circón, rutilo, apatito y opacos.

Se han catalogado 3 variedades comerciales : **Rosa Delta, Rosa Lugo y Perla Kaxigal.**

- La variedad Rosa Delta es de color rosado, tamaño de grano grueso, granuda. Microscópicamente presenta textura granuda hipidiomorfa de grano grueso (10-35 mm para los feldespatos y plagioclasas; 3-8 mm para el cuarzo y la biotita). Las alteraciones son escasas.
- La variedad Perla Kaxigal es de color gris rosado, tamaño de grano medio a grueso, compacta y de fractura irregular. Microscópicamente presenta textura granuda hipidiomorfa de grano grueso (hasta 35 mm en feldespatos; 2,5-3,5 mm en cuarzos y biotitas). Las alteraciones son escasas.
- La variedad Rosa Lugo es de color rosado, tamaño de grano grueso, granuda. Presenta textura holocristalina, heterogranular, alotriomorfa, de grano grueso, con grandes cristales de feldespato potásico. La microfracturación es bastante moderada, afectando sobre todo al cuarzo.

A continuación se resumen las características físico-mecánicas de las variedades comerciales explotadas en el ámbito de la hoja de Lugo (IGME, 1986-a) :

	SAN ROMAN	GRIS PARGA	ROSA DELTA	PERLA KAXIGAL	ROSA LUGO
Peso específico	2,63 gr/cc	2,63	2,67	2,46	2,64
Coefficiente de absorción	0,28 %	0,37	0,36	0,48	0,43
Resist. a la compresión	952 Kg/cm <sub>2</sub>	999	957	928	1010
Resist. a la flexión	72 Kg/cm <sub>2</sub>	64	187	187	56
Resist. al desgaste	1,93 mm		0,058	0,04	
Resist. al impacto	60 cm	63	65	70	58
Módulo de beladividad	0,05 %	0,04	0,1	0	0,03
Choque térmico	Ligera alter.	Sin alter.	Sin alter.	Sin alter.	Sin alter.

- - - - -

Hay que citar, por último, dentro de los granitos ornamentales una pequeña explotación (punto nº 136, X=579,800 Y=4744,700), abandonada y situada en el paraje de Choren, término de Santiso (La Coruña), hoja 1/50.000 nº 96. En este lugar se extrajeron bloques de un ortogneis glandular enclavado en el complejo de Ordenes. Las placas pulidas obtenidas sobre esta roca son muy vistosas, aunque la decoloración sufrida tras el choque térmico es notable. Sin embargo, el principal problema que presentan es la rápida variación lateral de color y textura, lo cual impide su explotación industrial como roca ornamental.

### 3.13.- MAGNESITA (Mag)

Los afloramientos de magnesita se sitúan en el paraje de Pacios, término municipal de Incio (Lugo), en el ángulo suroccidental de la hoja 1/50.000 nº 124 (Sarría) (figura 4).

La explotación principal (puntos 170 y 171) se encuentra en la localidad de Pacios -Magnesitas de Rubián, S.A.-. Intermitentemente han sido explotados otros puntos del afloramiento, actualmente inactivos :



Nº	FORMACION	HOJA 1/50.000	COORDENADAS UTM		ESTADO	RESERVAS
167	(27)	124	623,725	4729,850	Aband.	Bajas
168	"	"	624,250	4729,050	"	"
169	"	"	624,800	4728,200	"	"
170	"	"	628,000	4728,600	"	Altas
171	"	"	628,000	4728,600	Activa	"

La magnesita explotable se sitúa en los niveles carbonatados (Caliza de Cándana) intercalados en las Pizarras de Cándana (Cámbrico inferior) y a los que pasa por cambio lateral de facies, presentando una morfología de cuerpos estratiformes. Estratigráficamente se diferencian 4 tramos litológicos :

- Pizarras superiores
- Pondais (3 niveles de magnesita de 2-5 m)
- Pizarras grises intermedias.
- Capa principal de magnesita.

El nivel de magnesita más inferior (en explotación), presenta una potencia máxima de 16 m. El nivel superior, denominado por los mineros "nivel satélite", presenta una potencia máxima de 7 m, aunque en la mayor parte de los casos no sobrepasa los 2 m.

La extensión reconocida del yacimiento va ligada al frente del afloramiento, 6,5 km.

Las fallas son los accidentes más importantes del yacimiento compartimentándole en 4 bloques geológicos. Constituyen, asimismo, una vía de penetración de agua y asiento de procesos de karstificación. Estos procesos originan a veces estructuras con anchuras máximas de 2-3 m, a través de las cuales se puede alcanzar a ver el nivel de pizarras de techo.

El relleno de las mismas se compone de materiales silíceos con alto contenido en óxidos de hierro.

La explotación inicial a cielo abierto (Punto 170) ha sido abandonada procediéndose a la explotación subterránea (punto 171) mediante el método de cámaras con pilares corridos que, además de minimizar el impacto ambiental, permite un mayor aprovechamiento de las reservas al facilitar el acceso a zonas más profundas, así como una mayor flexibilidad en el control de las leyes.

Las reservas seguras, con ley de corte de 82% MgO en productos, son superiores a 4.000.000 T. La recuperación prevista es superior al 50%.

El material arrancado sufre el siguiente procesado en planta de tratamiento situada a 2 km de la mina :

- Trituración primaria, hasta obtener tamaños inferiores a 200 mm.
- Trituración secundaria, hasta obtener tamaños inferiores a 25 mm.
- Calcinación en hornos rotativos a 900-1000° C.

El mineral abandona el proceso casi completamente descarbo-natado, con una pérdida al fuego < 2%.

La magnesita calcinada se comercializa en 5 productos diferentes según grados de pureza y granulometría :

- Gritty	84-86% MgO	0-2 mm
- Granos	77-80% MgO	2-5 mm
- Pellets	68-70% MgO	2-5 mm
- Polvo "G"	84-86% MgO	( 150 μ
- TBH (Subproducto)	67-73% MgO	( 150 μ

La producción es de 54.000 T anuales, destinándose, esencialmente, al mercado internacional.

Los concentrados vendibles presentan la siguiente composición química, según leyes :

Ley	85	80	72	70
SiO <sub>2</sub>	6	9	8	8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2	2	2	2
CaO	3	4	3	4
MgO	85	80	72	70
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	3	3	3
PPC	1	2	12	13

El análisis de la magnesita en cantera presenta la siguiente composición química :

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	MgO	CaO	PPC
2,18	0,43	1,19				45,8	0,34	49,77

### 3.14.- PIZARRA (Piz)

Las formaciones pizarrosas son muy abundantes en la mitad oriental de la hoja, especialmente en el área cubierta por el Dominio del Manto de Mondoñedo (Serie de Villalba, Pizarras de Cándana, Capas de Transición, Capas de Riotorto y Villamea, Capas del Río Eo, Pizarras de Luarca,...) y en menor grado en el dominio del Caurel y en el del Anticlinorio del Ollo de Sapo.

La pizarra aparece incorporada, como elemento de techado, a la vivienda rural lucense; en consecuencia, son muy numerosos y dispersos los puntos donde se ha extraído este



FIGURA 8.- Principales afloramientos de pizarras y esquistos pizarrosos

material, tratándose en la mayor parte de los casos de explotaciones sin interés por su carácter artesanal y sus pequeñas dimensiones. No obstante, hay que citar la existencia de dos áreas en las que esta actividad tiene carácter industrial: el término de Pol (Lugo), donde se explota la variedad comercial "Verde Lugo" y, con menor interés, la localidad de Buratay, término de Lugo, donde realmente no se explotan pizarras sino esquistos pizarrosos. La producción anual total es de 2815 T.

Los puntos de extracción incluidos en el inventario son los siguientes :

Nº	FORMACION	HOJA 1/50.000	COORDENADAS UTM		ESTADO	RESERVAS
56	(30)	72	617,500	4778,600	Aband.	Bajas
58	"	47	617,850	4788,100	"	Medias
65	(28)	48	630,750	4797,850	Intern.	Altas
72	"	"	634,000	4781,300	Activa	"
73	"	73	635,275	4780,050	Aband.	Medias
74	"	"	633,200	4779,100	Activa	"
77	(30)	72	612,300	4774,600	Intern.	Bajas
84	(22)	"	643,600	4764,400	Aband.	"
101	(30)	98	621,125	4761,400	Activa	Altas
102	"	"	621,300	4761,150	"	"
103	"	"	621,125	4761,400	"	"
104	(30)	"	621,575	4759,700	Aband.	"
165	(17)	123	614,400	4725,800	"	Medias
172	(30)	124	633,625	4729,900	"	"
173	(28)	"	638,000	4730,250	Activa	"

De todas las posibles formaciones con interés, centraremos nuestra atención en las dos que corresponden a los centros de producción antes citados: Serie de Villalba y Pizarras de Cándana (variedad Verde Lugo) (figura 8).

La Serie de Villalba aflora extensamente en la mitad oriental de la hoja, desde Villalba, al norte, hasta Samos, al sur. Los afloramientos aparecen jalonados por los distintos

macizos graníticos así como por los depósitos terciarios.

Es una serie muy monótona en la que pueden distinguirse 2 tramos :

- Tramo superior. presenta una potencia estimada de 2000 m. Está constituido por alternancias de pizarras grises y areniscas o siltitas verdosas y blanquecinas de composición grauváquica o subgrauváquica. Cuando el metamorfismo alcanza la isograda de la biotita, las rocas son esquistos biotíticos oscuros. Son características las intercalaciones de gneises anfibólicos.
- Tramo superior. Formado por pelitas grises o negras, localmente ampelíticas, alternando rítmicamente con limolitas. Presentan capas lenticulares de areniscas y cuarcitas. En las áreas donde el metamorfismo ha sido más intenso, este tramo se compone de esquistos moscovíticos, brillantes, con silicatos de aluminio, granates y estaurolita. Su potencia llega a alcanzar 500 m. Aflora únicamente al S del Domo de Lugo.

Los puntos de extracción nº 56, 77, 101, 103 y 104, corresponden a esta serie. Son explotaciones de dimensiones pequeñas donde se extraen pizarras mosqueadas y esquistos pelíticos, utilizados para techados, suelos, vallas y sillería. El principal área de extracción se sitúa en la localidad de Buratay, término de Lugo, al SE de la capital, si bien la mayor parte de las explotaciones se encuentran abandonadas.

Los principales afloramientos de las Pizarras de Cándana se localizan en una ancha banda de dirección N-S que atraviesa el sector central de las hojas 1/50.000 nº 48 y 73. Esta banda se adelgaza notablemente en las hojas nº 96 y 124, aflorando al O de la estructura de Baralla. En la hoja 124 están, asimismo, representadas en su sector meridional,

dentro del Dominio del Caurel.

La potencia de esta formación es de 450-500 m. En la base aparecen 50 m de pizarras gris verdosas, homogéneas, sobre las que reposan 35 m de pizarras negras ampelíticas. En su tramo medio aparecen bancos de caliza de potencia variable (15-40 m), ya descritos en el apartado 3.4.-, cuarcitas y pizarras. En su tramo superior, se distinguen 100 m de pizarras negras ampelíticas, 40 m de pizarras gris-oscuras a gris-verdosas, alternando con siltitas y 200 m de pizarras verdes a gris-verdosas, muy homogéneas, con abundantes cristales de pirita. Este último tramo presenta asimismo alguna intercalación calcárea de poco espesor.

La variedad comercial "Verde Lugo" (puntos nº 65, 72, 73 y 74), explotada en los términos de Pol y Pastoriza, hojas nº 48 y 73, es una pizarra de color verde a gris-verdoso, con superficies algo estriadas y bandeadas y frecuentes inclusiones de cristales macroscópicos de pirita. Al microscopio están constituidas por sericita, cuarzo, clorita y biotita. En los términos más arenosos aumenta la proporción de cuarzo y plagioclasas. Entre los accesorios figuran carbonatos, turmalina y opacos.

Las características físico-mecánicas de esta variedad son las siguientes (IGME, 1986-b):

Peso específico : 2,79 gr/cm<sup>3</sup>  
 Absorción de agua : 1,08 %  
 Resist. a la flexión : 300-400 kg/cm<sup>2</sup>  
 Resist. a las heladas : No se observan alteraciones  
 Resist. a los cambios térmicos : Alteración y decoloración superficial  
 Resist. a los ácidos : Alteraciones notables  
 Contenido en carbonatos : 1,0 %  
 Uso recomendado : Pizarras para cubiertas, en ambientes sin contaminación atmosférica

Hay que citar, por último, el punto 173, situado en el paraje de Souto, Incio (Lugo) donde se explota una antigua escombrera de pizarras y calizas de grandes dimensiones. El

material es utilizado para producción de cemento en la planta de Oural (Lugo).

### 3.15.- SERPENTINA (Srp)

La producción de serpentina es de 433.000 T/año, procedentes de 5 explotaciones activas situadas en las provincias de La Coruña y Pontevedra. Son explotaciones de tamaño medio-grande, concentrándose más de la mitad de la producción citada en un sólo punto (183) :

Nº	FORMACION	HOJA 1/50.000	COORDENADAS UTH		ESTADO	RESERVAS
28	(9)	71	579,400	4774,500	Aband.	Altas
114	"	"	585,800	4765,500	Activa	"
139	"	96	585,700	4749,650	Aband.	Medias
180	"	121	553,100	4736,200	Activa	Bajas
181	"	"	555,450	4736,800	"	"
182	"	"	558,250	4735,550	"	Altas
183	"	"	558,650	4733,700	"	"

Los principales afloramientos explotados corresponden a las Unidades de Sobrado y Mellid y a los cuerpos serpentinizados situados al sur del río Deza (figura 2).

La Unidad de Sobrado se encuentra situada en la hoja 1/50.000 nº 71, al S de la localidad de Teijeiro. Las serpentinas afloran en el núcleo de un antiforme, en una banda de 1.500 m de anchura, dirección N-S y 10 km<sup>2</sup> de superficie.

Son peridotitas total o parcialmente serpentinizadas, de color verde oscuro a negro y aspecto homogéneo, aunque ocasionalmente muestran bandeado. Están muy fracturadas.

Es frecuente encontrar crisotilo recristalizado y venas de asbestos, así como láminas de talco a favor de fracturas.



Sólo se ha señalado un único punto de extracción, inactivo, en este complejo (punto 28), situado en el término de Curtis (La Coruña).

La Unidad de Mellid engloba un conjunto de rocas básicas, tipo peridotita, y/o serpentinita y anfibolita, junto con algunos metasedimentos.

Las peridotitas se encuentran muy serpentinizadas. Son rocas formadas inicialmente por olivino, ortopiroxeno y anfíboles, lo que hubiese permitido clasificarlas como wehrlitas, harzburgitas o incluso dunitas. Los minerales secundarios originados en el proceso de serpentización (antigorita, crisotilo, clorita, anfíbol, talco y carbonatos) enmascaran la composición inicial de la roca.

Los principales afloramientos de esta unidad se extienden en una banda de dirección NNO-SSE, en la mitad oriental de la hoja 1/50000 nº 71, continuándose en una banda más amplia, con dirección NNE-SSO, al E de Mellid, en la hoja nº 96. En general, originan zonas de relieve acusado.

Con frecuencia se encuentran cabalgando sobre las anfibolitas, apareciendo en el límite de ambas formaciones un tramo de espesor variable (0,5-2,5 m) de esquistos con clorita y talco.

La potencia estimada para esta formación es de 200-250 m. Su aspecto en campo es masivo, color verde-grisáceo a verde-oscuro, muy fracturadas.

Sólo existe en la actualidad una única explotación activa en este complejo (punto 114), situada en las proximidades de Aldeas Pías, término de Sobrado de Los Monjes (La Coruña). En el punto 139, situado al SE del vértice Castro, término de Santiso (La Coruña), se han señalado una serie de

antiguas explotaciones, de poca entidad, dedicadas posiblemente a la extracción de asbestos.

El principal área de extracción de serpentinas se sitúa en la provincias de Pontevedra, hoja 1/50.000 nº 121, en la zona de confluencia de los ríos Deza y Ulla, en el área migmatítica situada al sur de la Unidad de Villa de Cruces.

Los puntos 180 y 181, situados en la margen izquierda y derecha del río Deza, términos de Silleda y Villa de Cruces, explotan pequeños cuerpos aislados de serpentina. Son explotaciones con unas posibilidades limitadas de expansión lateral. El mayor afloramiento, y las mayores explotaciones, aparecen en el paraje de Campo Marzo, al S del río Deza, en el término de Silleda. En esta zona, en el punto 183 se extraen anualmente 250.000 T. El punto 182 corresponde a una explotación en preparación cuyas instalaciones podrán procesar 1.000-1.500 m<sup>3</sup> diarios. Existen, asimismo, diversas explotaciones abandonadas en las proximidades. En este área, la serpentina aparece afectada por frecuentes inyecciones graníticas.

Son rocas de color verde oscuro a negro, con fractura conoidal. Suelen estar muy diaclasadas. Al microscopio se observa una composición de serpentina, clorita y opacos, con relictos de olivino y/o piroxeno. como accesorios aparecen espinelas y carbonatos.

La práctica totalidad de la producción es comercializada como áridos triturados, utilizados como balastos, pavimentos en carreteras, ...; sólo un pequeño porcentaje, procedente del punto 181, es utilizado para marmolinas.

Los ensayos de caracterización proporcionan los siguientes resultados:

	114-1	121-1	121-3	180-1	183-1
Coef. Los Angeles	17 %	12-13	14	13,5	13,1
Coef. Pulim. acelerado			0,55		0,45
Adhesividad al betún					10

En un estudio realizado para conocer los posibles aprovechamientos industriales de las serpentinas y rocas ultrabásicas de Galicia (IGME, 1984-e) se selecciona el área comprendida entre Basadre, término de Golada -Pontevedra- y Vacariza, término de Palas de Rey -Lugo-, en la hoja nº 96.

En este área, de unos 12 km<sup>2</sup> de superficie y perteneciente a la Unidad de Mellid, aparece una facies harzburgítica homogénea, potencialmente apta para su empleo en siderurgia.

Son rocas masivas, compactas y duras, de color gris negro, grano fino y fractura irregular. Presentan al microscopio una estructura homogénea y textura holocristalina. Su contenido en serpentina es > 90 %. La muestra PO-1 procede de las proximidades de Basadre, y la LU-1 de las proximidades de Vacariza. Los ensayos efectuados confirman que se trata de serpentinas tipo  $\alpha$ -antigorita, aptas para su uso en alto horno. Los resultados obtenidos son los siguientes :

#### Análisis químico

	Fe <sub>t</sub>	Fe <sup>++</sup>	CaO	MgO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Pb	Zn	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	PPC
LU-1	6,02	3,04	1,02	39,45	36,15	1,81	0,044	0,010	0,036	0,013	10,0
PO-1	5,95	2,76	0,50	38,93	35,70	1,44	0,044	0,011	0,032	0,013	11,3

$$I_B = \frac{\text{CaO} + \text{MgO}}{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3}$$

$$\text{LU-1} = 1,07$$

$$\text{PO-1} = 1,06$$

**Decrepitación**

Granulometría	PO-1	LU-1	PO-1	LU-1	PO-1	LU-1
	Temp. Inicial		600°C		900°C	
40-20 mm	42,22	46,88	43,74	47,42	47,92	50,79
20-15	34,76	31,48	33,93	31,20	30,02	28,41
15-12,5	15,34	13,68	14,96	15,58	14,80	12,70
12,5-10	7,68	7,96	7,37	5,80	6,25	7,34
10-5					0,66	0,59
5-3					0,17	0,07
(3					0,18	0,10
Total	100	100	100	100	100	100
(<10 mm					1,01	0,76

	PO-1	LU-1
Reblandecimiento	1400°C	1400°C
Fusión	1480°C	1480°C
Fluidez	1500°C	1500°C

**3.16.- OTROS****3.16.1.- Asbestos (Asb)**

Los presencia de asbestos dentro de las rocas serpentinizadas carece de interés económico. El único punto donde parecen haber sido objeto de explotación, actualmente abandonado, es el nº 139, situado en el contacto entre serpentinas y anfibolitas, en la Sierra del Careón (ver 3.15.)

**3.16.2.- Granates (Gra)**

Las anfibolitas granatíferas han sido objeto de estudio (IGME, 1985-b) con el fin de conocer las posibilidades de recuperación de los granates. En este sentido, el área con mayor potencial se sitúa en la zona de Arinteiro, en los términos de El Pino y Touro (La Coruña), hoja 1/50000 nº 95. Los granates se presentan, como minerales principales, en formas arriñonadas de tamaños decimétricos a centimétricos. Como minerales accesorios aparecen sericita, biotita y

plagioclasas. Los estudios de recuperación no dieron resultados positivos.

### 3.16.2.- Ocres (Ocr)

Sobre el Mapa de Explotaciones e Indicios, se han señalado una serie de puntos correspondientes, la mayor parte de ellos, a antiguas minas de óxidos de hierro.

Estos puntos se distribuyen, de N a S, en bandas situadas en el borde oriental de la hoja, dentro del Dominio del Manto de Mondoñedo, sobre las "Pizarras de Luarca" y, en menor grado, sobre las "Capas del Río Eo".

Están formados por hematites y limonita, en granos microscópicos o agregados submicroscópicos, con disposición rítmica coloidal. La limonita se presenta por alteración de la hematites, pudiendo ser el mineral principal. Ocasionalmente aparece magnetita.

### 3.16.3.- Talco (Tal)

No existen explotaciones de este mineral, si bien los indicios del mismo son frecuentes, apareciendo asociado a fracturas sobre las rocas serpentinizadas de los complejos de rocas ultrabásicas

En las Unidades de Sobrado y Mellid (IGME, 1984-c), el talco rellena fracturas de aspecto esquistoso, junto con tremolita y clorita, en bandas de calcoesquistos dentro de las peridotitas serpentinizadas (ver 3.14.), reflejando contactos tectónicos.

El principal indicio se sitúa en el paraje de Casas de

Bayuca, término de Curtis (La Coruña), hoja 1/50.000 n° 71. Se trata de un material con bastantes impurezas y poca potencia, no apto para el mercado. Mineralógicamente está compuesto por talco, con proporciones menores de clorita.

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	PPC
63,19	1,59	5,14	24,02	0,01	0,03	0,02	0,12	5,36
62,81	1,42	5,46	24,60	0,01	0,02	0,02	0,05	5,28

Otros indicios de talco aparecen en la mayor parte de las explotaciones de serpentinas. Así, en el punto 114, situado en el paraje de Aldeas Pias, término de Sobrado, hoja 1/50.000 n° 71, el talco, junto con clorita, rellena fracturas de pequeña entidad :

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	PPC
56,18	1,50	5,83	28,79	0,11	0,03	0,02	0,05	8,67

En el Complejo de Mellid, las serpentinas se encuentran cabalgando sobre las anfibolitas. En el contacto entre ambas aparece un tramo de 0,5-2 m de potencia de esquistos con talco y clorita. Carece, asimismo, de interés económico.

#### **4.- EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL**

#### 4.- EVALUACION DEL IMPACTO AMBIENTAL

Para cada una de las explotaciones inventariadas se ha efectuado una valoración del impacto ambiental, teniendo en cuenta sus efectos sobre los siguientes aspectos :

- Visibilidad y alteración del paisaje
- Contaminación atmosférica
- Vegetación
- Aguas superficiales
- Aguas subterráneas
- Ruido
- Vibraciones por voladuras

En líneas generales, el principal impacto registrado es de carácter visual y paisajístico. En ninguna de las canteras activas situadas en las proximidades de núcleos urbanos, carreteras nacionales, comarcales o locales, se han establecido pantallas visuales con objeto de minimizarlo (Puntos 1, 4, 5, 26, 48, 54, 55, 97, 119, 137, 138, 180, 181, 182, 183,...).



Los efectos sobre el paisaje son notables en las explotaciones de graveras (Puntos 15, 54, 55, 119, ...), donde el movimiento de tierras afecta a grandes superficies de terreno, con profusión de frentes y balsas de decantación.

Un impacto visual especial tiene lugar en las explotaciones de anfibolitas (Puntos 137 y 138), por el color rojizo intenso de los suelos sobre ellas desarrollados.

La contaminación atmosférica (polvo, gases) es escasa. Los efectos del polvo procedente de las plantas de trituración de áridos están minimizados por las frecuentes lluvias. Los únicos puntos de emisión de gases considerados son la fábrica de cementos de Oural (Sarría), la planta de calcinación de magnesita (Sarría), y los diferentes hornos de cocción de tejas y ladrillos. Igualmente, las únicas fuentes de ruido se sitúan en las plantas de trituración de áridos.

Los efectos de vibraciones por voladuras deben ser considerados en el área de Parga, término de Guitiriz (Lugo), donde existe una gran concentración de canteras de granitos ornamentales (Puntos 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45 y 46).

En lo referente a impactos sobre agua superficial, hay que mencionar la existencia de numerosas canteras de arcilla que están inundadas temporal o permanentemente, por carecer de drenajes, con la consecuente presencia de aguas estancadas. Dada la naturaleza habitualmente impermeable del sustrato rocoso no se consideran los efectos sobre posible contaminación de acuíferos.

Por último, hay que señalar que en ninguna de las canteras abandonadas inventariadas se han realizado labores de restauración del suelo y/o vegetación; se produce, sin embargo, una recuperación natural del paisaje.

**5.- VALORACION MINERO-INDUSTRIAL**

## 5.- VALORACION MINERO-INDUSTRIAL

### 5.1.- CONSIDERACIONES GENERALES

Durante el período 1.985-1.986, según los últimos datos publicados en la Estadística Minera de España de 1.987, la variación de la producción minera española es netamente favorable a las rocas industriales, las cuales presentan un incremento del 14,9 %, frente al 2,8% de los minerales no metálicos y descensos del 23,8 y 12,1 %, en los metálicos y productos energéticos, respectivamente.

El reparto de la producción entre las principales sustancias, durante 1.986, fue el siguiente:

- Caliza .....	38,7 %
- Pizarra .....	13,3 %
- Granito .....	10,3 %
- Mármol .....	6,5 %
- Yeso .....	3,5 %
- Arcilla .....	3,2 %
- Sílice y arenas silíceas	2,6 %
- Otros .....	21,9 %

En lo referente al comercio exterior de minerales -excluyendo hidrocarburos y uranio- el déficit se situó, en 1.986, en 97.700 MP, siendo el sector de las rocas industriales el único que presentó un saldo positivo: +17.894 MP, frente a -15.991 MP de los minerales no metálicos, -42.931 MP de los metálicos y -56.669 MP de los productos energéticos.

Los principales productos minerales exportados fueron :

- Pizarras .....	8.589 MP
- Granito .....	7.532 MP
- Potasas .....	5.952 MP
- Sepiolita-Attapulgita .	5.034 MP
- Mármol .....	4.055 MP
- Sulfato sódico .....	2.946 MP

Estas seis sustancias significaron el 54,5 % del valor total de las exportaciones españolas de sustancias minerales.

Respecto a la reciente integración española en la CEE, hay que señalar que, en lo referente a extracción de minerales en el ámbito de la comunidad, España ocupa el primer lugar en espato-flúor, sepiolita, pirita y sulfato sódico; el segundo lugar en cianita, magnesita y mica; el tercero en potasa y talco; el cuarto en asfalto, bentonita, caolín y feldespatos y el sexto en barita y cloruro sódico.

Centrándonos en Galicia, esta comunidad contribuyó, durante 1.986, con un 13,5 % del valor de la producción minera nacional, a través de las extracciones de lignito, cobre, plomo, cinc, pizarras, granitos, caolines y otros.

Por provincias, el valor de la producción se repartió de la siguiente forma (miles pts):

	Prod. energéticos	Min. metálicos	Min. no metálicos	Prod. de cantera	Total
LA CORUÑA	32.738.792	1.809.112	1.285.052	2.003.453	37.836.409
LUGO		3.386.389	1.703.003	3.142.926	8.232.318
ORENSE				4.465.642	4.465.642
PONTEVEDRA			296.289	2.706.540	3.002.829

Restringiéndonos a los minerales y rocas industriales, el reparto por provincias fue el siguiente :

	LA CORUÑA	LUGO	ORENSE	PONTEVEDRA
Andalucita	3.304			
Caolín:				
Arc. refract.	217.000		59.190	
Caolín lavado	107.668	51.229		
Cuarzo	72.000	103.000		60.973
Feldespato		39.112		
Magnesita :				
Calcinada		54.719		
Turba		14.816		
Arcilla	350.325	160.875	62.000	138.000
Caliza	30.680	1.570.058	192.000	
Cuarcita		59.975		
Granito	5.239.994	998.623	561.749	2.165.121
Pizarra	324.108	43.744	173.609	237.600
Serpentina				413.153
Otros	261.100	210.338	463.300	346.340

la hoja 1/200.000 n° 8, comprende parte de las provincias de La Coruña, Lugo y Pontevedra. La producción de rocas y minerales industriales durante 1.987 fue de 5.397.203 T, con la siguiente distribución por sustancias:

- Anfibolita :	393.700 T
- Arcilla :	280.000 T
- Arena y grava :	545.000 T
- Caliza :	1.294.600 T
- Cuarzo :	560.000 T
- Distena (cianita):	638 T
- Esquisto :	127.800 T
- Granito :	1.632.790 T
- Pizarra :	2.815 T
- Serpentina :	433.000 T
- Otros :	75.000 T

Esta producción se ha distribuido según sectores industriales en la siguiente forma :

- Rocas ornamentales:	13.690 T
- Rocas de construcción:	2.815 T
- Aridos naturales:	545.000 T
- Aridos de trituración:	3.788.200 T

- Cementos:	475.000 T
- Ladrillería:	277.860 T
- Refractarios:	638 T
- Usos agrícolas:	54.000 T
- Otros:	240.000 T

## 5.2.- ROCAS ORNAMENTALES

Las únicas explotaciones activas con esta finalidad corresponden a los granitos de los macizos de Guitiriz, Friol y Lugo. La producción se reparte en una docena de canteras, concentradas la mayor parte de ellas en el área de Parga (Macizo de Puebla de Parga-Lugo). Las explotaciones se caracterizan por sus pequeñas dimensiones y una excesiva atomización con proliferación de denominaciones comerciales para los granitos explotados (San Román, Gris Parga, Rosa Lugo, Rosa Delta, Perla Kaxigal,...).

El sector de rocas ornamentales cuenta, no obstante, con una óptima infraestructura industrial. En el término de Guitiriz (Lugo) se encuentra la factoría INGEMARGA, uno de los mayores centros nacionales de corte y pulido de rocas. Otros centros, con menor importancia son los de Marmolera Gallega, S.A., y Grayser S.L. La proximidad de los puertos de la Coruña y Vigo puerto de La Coruña facilita la salida al exterior de estos materiales.

Otras sustancias que, en algún momento, han sido explotadas como rocas ornamentales, son las diabasas, calizas marmóreas, serpentinas y ortogneises. De todas ellas, tan sólo las diabasas han registrado alguna actividad digna de mención. Por el tipo de afloramientos que presentan, la disyunción en bolos y la inherente dificultad para obtener bloques de dimensiones comerciales hace que hoy día carezcan de interés. Las calizas y serpentinas son utilizadas, en cambio, en marmolinas.

### 5.3.- ROCAS DE CONSTRUCCION

Nuestro interés se centra en este sector en las pizarras utilizadas para techados y suelos.

Los amplios afloramientos de pizarras presentes en la hoja contrastan con el bajo volumen de producción que registra este material, intensamente explotado en otras regiones. Los materiales de mejor calidad proceden de la Formación "Pizarras de Cándana", donde se extrae la variedad comercial denominada "Verde Lugo" (Términos de Pol y Pastoriza -Lugo). Menor interés y posibilidades presentan los esquistos pizarrosos de la "Serie de Villalba", explotados, preferentemente, en las proximidades de Lugo.

La pizarra, como elemento de techado de la arquitectura popular ha sido objeto de frecuente extracción artesanal. En la actualidad este tipo de actividad está en franco retroceso.

### 5.4.- ARIDOS NATURALES

Los áridos naturales constituyen el segundo sector en importancia dentro de la hoja. Las 545.000 T anuales producidas se reparten de la siguiente forma :

- Arenas de lehms graníticos : 93.000 T
- Arenas y gravas fluviales : 452.000 T

Las reservas de arenas de lehms pueden considerarse inagotables y aparecen repartidas por toda la hoja. Su extracción presenta como único problema el diseño de las explotaciones al variar tanto vertical como lateralmente el grado de alteración de los granitos. Este tipo de arenas son frecuente objeto de explotación artesanal, por lo que su volumen de extracción puede elevarse considerablemente.

### 5.5.- ARIDOS DE TRITURACION

Los aridos triturados constituyen el 70 % del volumen total de rocas extraídas en la hoja.

Se explotan con este fin diversos tipos de granitos (ortogneises biotíticos prehercínicos, granitoides sincinemáticos de dos micas y granitoides biotíticos postcinemáticos), calizas de las formaciones "Calizas de Vegadeo" y "Caliza de Cándana", esquistos ("Esquistos de Ordenes"), serpentinas y anfibolitas de las Unidades de Sobrado, Mellid y Lalín, así como parte del cuarzo que se extrae del filón de la Falla del Pico Sacro.

Desglosados por sustancias, la producción se reparte de la siguiente forma :

- Granitos (incluidos ortogneises):	1.619.100 T
- Calizas:	894.600 T
- Serpentinas:	433.000 T
- Anfibolita:	393.700 T
- Cuarzo:	320.000 T
- Esquistos:	127.800 T

Estos áridos son utilizados como zahorras, subbases granulares, capas de rodadura, balastos, hormigones, escolleras, etc ... Al margen de las calidades específicas de cada tipo de roca hay que señalar, dentro de los granitos, una degradación granulométrica que afecta al 20 % del volumen de la roca triturada, consecuencia de su carácter granular, que no se presenta en ninguna otra roca.

Hay que citar, por último, la posibilidad de aprovechamiento que presentan los estériles de las explotaciones de granitos ornamentales en los Macizos de Friol y Puebla de Parga.



### 5.6.- CEMENTOS

La actividad en este sector está ligada a la presencia, en la localidad de Oural, término de Sarria (Lugo), de la fábrica de cementos COSMOS. El material utilizado procede de la formación "Caliza de Cándana", de la que se extraen 400.000 T anuales. Al mismo tiempo se aprovecha una antigua escombrera de pizarra y caliza con una producción de 75.000 T anuales.

### 5.7.- LADRILLERIA

No explotándose arcillas de calidades aptas para lozas o porcelanas, el total de la producción se canaliza hacia el sector de tejas y ladrillos.

Las explotaciones se extienden, esencialmente, en la mitad norte de la hoja. El principal centro actual, tanto en extracción como en fabricación, es el área de Juanceda y Boimorto. Otros centros de importancia se sitúan en Cambre, Visantofña y Puertomarín. Como característica general, las plazas de cantera permanecen inundadas gran parte del año, efectuándose acopios durante el período de verano.

Aproximadamente un tercio de las fábricas de ladrillos existentes en la hoja se encuentran abandonadas, permaneciendo activas 11. La mitad de éstas poseen instalaciones excesivamente anticuadas, con una producción muy reducida.

Las arcillas presentan una composición muy variable : caolínico-ilítica, ilítico-caolínica, ilítico-esmectítica ...

Los principales centros de consumo potencial se sitúan fuera de la hoja, aunque muy próximos a ella : La Coruña y Santiago de Compostela. Dentro de la hoja, el principal centro de consumo es Lugo.

### 5.8.- REFRACTARIOS

La distena extraída en el área de El Pino (La Coruña), es empleada en la fabricación de productos refractarios, entrando dentro de la categoría de "refractarios del grupo de la sillimanita o refractarios de muy alto contenido en alúmina". Es enviada a Oviedo para su calcinación y utilización dentro de la industria siderúrgica.

La producción que se cita para este mineral, 638 T/año, puede catalogarse como testimonial, viéndose afectada tanto por la crisis del sector siderúrgico, sujeto a reconversión, como por el peculiar tipo de yacimiento (cantos dispersos en coluviones).

Hay que citar, asimismo, dentro del sector de productos refractarios, la existencia de numerosos afloramientos de arcillas caoliníferas que podrían ser aptas para este fin.

### 5.9.- USOS AGRICOLAS

La producción de magnesita calcinada es de 54.000 T/año, correspondiendo la totalidad de la producción a Magnesitas de Rubián. La planta de calcinación se encuentra a corta distancia de la mina. El material es comercializado, según granulometrías y contenido en MgO, en 5 productos distintos (Gritty, Granos, Pellets, Polvo "G" y TBH).

El mercado es esencialmente exterior, embarcándose a través del puerto de Marín, siendo utilizado como aditivo en nutrición animal y en fertilizantes. Hay que señalar que, dentro de las magnesitas de grado agrícola, Magnesitas de Rubián es el líder europeo; como contrapartida, el mercado nacional es muy reducido.

Las reservas seguras, con ley de corte de 82 % MgO superan los 4.000.000 T.

Dentro de este sector hay que citar, asimismo, la aptitud que presentan algunos afloramientos de las calizas de las formaciones "Calizas de Vegadeo" y "Calizas de Cándana" para ser utilizados como correctores de suelos en agricultura, aunque en la actualidad, es muy pequeño el volumen de producción utilizado en este sector.

#### 5.10.- OTROS USOS

Consideraremos aquí el cuarzo de alta calidad utilizado en la producción de silicio-metal y ferrosilicio.

La extracción de cuarzo se centra en el filón de la Falla del Pico Sacro y con menor importancia en algunos depósitos aluviales, registrándose una producción de 560.000 T/año; sin embargo sólo 240.000 T reúnen los requisitos de pureza y calidad que le hacen apto para el uso antes citado, comercializándose el resto como áridos de trituración. La mayor parte de la producción sale al exterior, hacia los países nórdicos, a través del puerto de La Coruña.

El resto de los diques de cuarzo existentes en la hoja, algunos de los cuales presenta contenidos en óxidos de hierro aceptables, parece insuficientemente investigado, y aunque no se alcanzarán las reservas del filón del Pico Sacro, puede ser interesante llevar a cabo un estudio más detallado.

## 5.11.- Precios

### 5.11.1.- Mercado nacional

Arcilla común .....	50 pts/T
Aridos naturales .....	650-800 pts/T
Aridos triturados .....	700-850 pts/T
Zahorras artificiales .....	600 pts/T
Cuarzo .....	3000-4000 pts/T
Distena .....	10.000 pts/T
Granito ornamental (bloques) ..	20.000 pts/m <sup>3</sup>
Pizarra (placa 32x22 cm) .....	86 pts/unidad

### 5.11.2.- Mercado internacional

Magnesita calcinada (grado agrícola) CIF .....	100 lbs/T
Cianita (USA) 59-62 % Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 35-325 Tyler mesh, cruda/calcinada, lotes de 18 T, CIF .....	90-115 lbs

Fuente de información: Industrial Minerals, Enero de 1.988.

## 6.- RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 6.- RESUMEN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1.- RESUMEN

Las rocas y minerales industriales actualmente objeto de explotación en la hoja 1/200.000 n° 8 (Lugo) son :

- |                     |              |
|---------------------|--------------|
| - Anfibolita        | - Esquistos  |
| - Arcilla común     | - Granito    |
| - Arenas y gravas   | - Magnesita  |
| - Caliza            | - Pizarra    |
| - Cuarzo            | - Serpentina |
| - Distena (cianita) |              |

Otras sustancias que han sido aprovechadas, si bien en la actualidad no existen explotaciones activas son :

- Asbestos
- Caolín
- Cuarcita
- Diabasa
- Gneis
- Ocres
- Talco

De estas últimas, tan sólo las cuarcitas, diabasas, gneises y, en menor grado, los caolines tienen una presencia significativa.

Se han inventariado 190 explotaciones de las que 93 se encuentran en actividad (se incluyen aquí las explotadas intermitentemente) en Enero de 1.988. La distribución geográfica de estas explotaciones aparece reflejada en el "Mapa de Explotaciones e Indicios".

Las explotaciones se reparten, según sustancias, de la siguiente forma :

	Activas	Abandonadas	Total
Anfibolita	3	2	5
Arcilla común	14	11	25
Arena y grava	15	18	33
Caliza	8	10	18
Caolín	-	1	1
Cuarcita	1	4	5
Cuarzo	3	3	6
Diabasa		6	6
Distena	1	-	1
Esquistos	5	9	14
Gneis	-	4	4
Granito	28	18	46
Magnesita	1	4	5
Pizarra	7	7	14
Serpentina	5	2	7
Total	91	99	190

La extracción se efectúa siempre a cielo abierto excepto en el punto nº 171 (magnesita), donde se realiza mediante minería subterránea.

La producción total de rocas y minerales industriales, siempre según datos referidos a Enero de 1.988, asciende a 5.397.203 T anuales.

Los principales sectores de consumo de las sustancias explotadas son :

- Rocas ornamentales :	13.690 T
- Rocas de construcción (techados) :	2.815 T
- Aridos naturales :	545.000 T
- Aridos de trituración :	3.788.200 T
- Cementos :	475.000 T
- Ladrillería :	277.860 T
- Refractarios :	638 T
- Usos agrícolas :	54.000 T
- Silicio metal y ferroaleaciones	240.000 T

La orientación industrial de las diferentes formaciones geológicas presentes en el ámbito de la hoja de Lugo se resume en la siguiente tabla, codificadas según sectores y subsectores industriales :

#### **Anfibolita**

- Lentejones en Esquistos de Ordenes : 04
- Unidad de Santiago : 04
- Unidades de Sobrado y de Mellid : 04

#### **Arcilla**

- Coluv. y dep. de alteración cuat. : 09
- Depósitos pliocuaternarios : 09
- Cuencas terciarias :
  - Meirama : 09-10-11
  - Visantofña, Juanceda, Boimorto : 09
  - Guitiriz : 09
  - Villalba : 09
  - Pastoriza : 09
  - Otras cuencas : 09

#### **Arena y gravas**

- Lehas graníticos : 03
- Depósitos cuaternarios : 03-(22)
- Depósitos pliocuaternarios : 03
- Depósitos terciarios : 03

#### **Caliza**

- Caliza de Cándana : 04-06-17-18
- Caliza de Vegadeo : 04-06-17-18
- Capas de transición : (04)

#### **Caolín**

- Terciario de Meirama : 10-11
- Terciario de Pastoriza : 10
- otros caolines : 10-11

#### **Cuarcita**

- Cuarcita de Gistral : 04-10-15
- Cuarcita de Cándana : 04
- Capas del Río Eo : 04
- Cuarcita Armoricana : 04

#### **Cuarzo**

- Aluvial río Ladra : 22-03
- Filón del Pico Sacro : 22-04-(12)
- Otros filones : (22)-(04)



**Diabasa**

- Filones de Trasparga : 4-02-(01)

**Distena**

- Coluv. Esquistos de Ordenes : 10-(22)

**Esquistos**

- Esquistos de Ordenes : 04-02
- U. Villa de Cruces : 04
- U. de Lalín : 04
- D. Esquistoso de Galicia C. y Occ. : 04
- Serie de Villalba : 02-04

**Gneis**

- Olló de Sapo : 04-(01)

**Granito :**Prehercánicos

- Ortogneises biot.: 04

Granitoides sincinemáticos

- Espenuca : 04
- Golada-Palas de Rey : 04
- Friol : 01-02-04
- Román : 04
- Hombreiro : 04
- S. Juan de Muro : 04
- Sarria : 04
- La Estrada : 04
- La Coruña : 04-(02)
- Chantada-Taboada : 04
- Puebla de Parga : 01-02-04
- Sta. Eulalia de Pena : 04

Granitoides postcinemáticos

- Lugo : 01-02-04
- Castroverde : 04
- Neira : 04

01-Rocas ornamentales	09-Ladrillería	17-Usos agrícolas
02-R. de construcción	10-Refractarios	18-Fundentes
03-Aridos naturales	11-Lozas y porcelanas	19-Arenas de moldeo
04-Aridos de machaqueo	12-Vidrio	20-Aislantes
05-Aridos ligeros	13-Pigmentos	21-Min. decorativos
06-Cementos	14-Ind. química	22-Otros (ferroaleac,...)
07-Cales	15-Abrasivos	
08-Yesos	16-Cargas, filtros y absorbentes	

(Distribución de usos según sectores y subsectores industriales)

## 6.2.- CONCLUSIONES

La extracción de rocas y minerales industriales cubre un abanico relativamente amplio de sustancias; no obstante, el uso de las mismas aparece claramente polarizado hacia el sector de la construcción, abarcando los áridos el 80 % de la producción total de la hoja. Dentro de estos, los áridos de machaqueo constituyen el subsector más importante, con una producción anual de 3.788.200 T. con tal fin se aprovechan anfibolitas, calizas, cuarzo, esquistos, granitos, y serpentinas, correspondiendo los mayores volúmenes de extracción a granitos y calizas.

Entre las peculiaridades de la hoja, hay que señalar :

- \* La explotación de las calizas correspondientes a las formaciones "Calizas de Cándana" y "Calizas de Vegadeo", constituye un elemento netamente diferenciador con respecto a otras hojas de Galicia, donde esta sustancia no aparece.
- \* Otro carácter que puede ser, asimismo, considerado como diferenciador es la presencia de serpentinas y anfibolitas dentro del Complejo de Ordenes.
- \* Dentro de los minerales industriales, hay que señalar la existencia de un importante yacimiento de cuarzo filoniano, del que se extrae cuarzo apto para obtención de silicio metal y ferrosilicio. De igual forma hay que señalar la presencia en la hoja de uno de los principales yacimientos españoles de magnesita.
- \* Por último, hay que destacar la nula incidencia de los caolines, al contrario de lo que sucede en el resto de las hojas de Galicia.

### 6.3.- RECOMENDACIONES

Dentro de las posibles actuaciones a seguir, con vistas a obtener un conocimiento más completo de las posibilidades de la hoja 1/200.000 n° 8, parece aconsejable realizar estudios sectoriales en las siguientes áreas :

- \* Pizarras para techados. En este sentido, la formación "Pizarras de Cándana" (variedad "Verde Lugo") ofrece, a priori, buenas posibilidades, no correspondiéndose el actual volumen de extracción con la potencialidad de la hoja.
  
- \* Cuarzo filoniano. Existen en la hoja numerosos indicios de cuarzo filoniano con una calidad aceptable aunque, evidentemente, sin alcanzar el volumen de reservas que actualmente ofrece el Filón del Pico Sacro. Sería interesante la realización de estudios de detalle de los diferentes filones existentes, con vistas a la obtención de cuarzo de alta calidad.

## 7.- BIBLIOGRAFIA

## 7.- BIBLIOGRAFIA

ARENAS, R.; FARIAS, P.; GALLASTEGUI, G.; GIL, J.I.; GONZALEZ, F.; KLEIN, E.; MARQUINEZ, J.; MARTIN, L.M.; MARTINEZ, J.R.; ORTEGA, E.; DE PABLO, J.G.; PEINADO, M. y RODRIGUEZ, L.R. (1988). Características geológicas y significado de los dominios que componen la Zona de Galicia Tras-Os-Montes. II Congreso Geol. de España, Granada. Vol. Simposios, pp 75-84.

BELLIDO, F.; GONZALEZ, F.; KLEIN, E.; MARTINEZ, J.R. y PABLO, J.G. (1987). Las rocas graníticas del norte de Galicia y occidente de Asturias. Memorias IGME, T. 101, 157 pp.

BRELL, J.M. (1972). Estudio litoestratigráfico del Terciario del Oeste de Asturias y Galicia. Tesis Doctoral. Univ. Complutense de Madrid.

BRELL, J.M. y DOVAL, M. (1974). Un ejemplo de correlación litoestratigráfica aplicada a las cuencas terciarias de NW de la Península. Est. Geológicos, vol. XXX, 631-638.

CALLEJA, L. et al (1986). Conductividad térmica en Rocas Ornamentales de Galicia. I Congreso Esp. de Geología (Segovia). T-III, 401-413.

DIAZ BALDA, M.A.; VEGAS, R. y GONZALEZ LODEIRO, F. (en prensa). Structure of the Autochthon of the Central Iberian Zone. Hercynica.

DOVAL, M. (1975). Estudio del yacimiento de magnesita de Incio (Lugo). Tesis Doctoral. Univ. Complutense de Madrid.

DOVAL, M.; BRELL, J.M. y GALAN, E. (1977). El yacimiento de magnesita de Incio (Lugo-España). Bol. Geol. y Min. T-LXXXVIII-1, 50-64.

FARIAS, P.; GALLASTEGUI, G.; GONZALEZ, F.; MARQUINEZ, J.; MARTIN, L.M.; MARTINEZ, J.R.; DE PABLO, J.G. y RODRIGUEZ, L.R. (en prensa). Aportaciones al conocimiento de la litoestratigrafía y estructura de Galicia Central. Anais da Facultade de Ciencias. Univ. do Porto (Portugal).

GALAN HUERTOS, E. (1972). Caolines españoles. Geología, mineralogía y génesis. Tesis Doctoral. Univ. Complutense de Madrid.

GRIFFITHS, J. (1985). Spain's industrial minerals. Ind. Minerals, 217, 23-63.

I.G.M.E. (1973)

a- Mapa de Rocas Industriales, escala 1/200.000. Hoja nº8 (Lugo).

b- Estudio económico y tecnológico para explotación y aprovechamiento de las rocas industriales. Especificaciones y clasificaciones de las rocas industriales. Tomo II. Arenas y gravas.

**I.G.M.E. (1974)**

- a- Estudio económico y tecnológico para la explotación y aprovechamiento de las Rocas Industriales. Especificaciones y clasificaciones. Tomo IV. Rocas calcáreas sedimentarias. Tomo V. Dunita y olivino. Tomo VII. Aridos de machaqueo.
- b- (1974c) PNAMPM. Programa de investigación de rocas industriales. Monografía de rocas para la siderurgia. Proyecto nº 8.

**I.G.M.E. (1975).**

- a- Mapa metalogenético de España, escala 1/200.000, hoja nº8 (Lugo).
- b- Mapa Geológico de España, E. 1/50.000, 2ª Serie. Hoja 47 (Villalba).
- c- Mapa Geológico de España, E. 1/50.000, 2ª Serie. Hoja 72 (Lugo).
- d- Estudio económico y tecnológico para explotación y aprovechamiento de las rocas industriales. Especificaciones y clasificaciones de las rocas industriales. Tomo X. Arcillas. Tomo XII. Magnesita.
- e- Monografías de rocas industriales. Rocas silicoaluminosas.
- f- Monografías de rocas industriales. Asbestos, talco y pirofilita.

**I.G.M.E. (1976)**

- a- Mapa Geológico de España, E. 1/50.000, 2<sup>a</sup> Serie. Hoja 98 (Baralla).
- b- Mapa Geológico de España, E. 1/50.000, 2<sup>a</sup> Serie, Hoja 97 (Guntín).
- c- Estudio económico y tecnológico para explotación y aprovechamiento de las rocas industriales. Especificaciones y clasificación de las rocas industriales. Tomo I. Rocas ornamentales.

**I.G.M.E. (1978)**

- a- Mapa Geológico de España, E. 1/50.000, 2<sup>a</sup> Serie, Hoja 73 (Castroverde).
- b- Mapa Geológico de España, E. 1/50.000, 2<sup>a</sup> Serie, Hoja 95 (El Pino).
- c- Mapa Geológico de España, E. 1/50.000, 2<sup>a</sup> Serie, Hoja 96 (Arzúa).
- d- Estudio de las magnesitas españolas. Explotación y tratamiento.

**I.G.M.E. (1979)**

- a- Mapa Geológico de España, E. 1/50.000, 2<sup>a</sup> Serie, Hoja 98 (Meira).
- b- Actualización y mejora del Archivo de Rocas Industriales de Galicia.



- c- Proyecto de investigación de pizarras en el NO de la Península Ibérica.

**I.G.M.E. (1980)**

- a- Mapa Geológico de España, E. 1/50.000, 2ª Serie. Hoja 124 (Sarria).
- b- Programa nacional de Investigación de Arcillas.

**I.G.M.E. (1981)**

- a- Mapa Geológico de España, E. 1/50.000, 2ª Serie. Hoja 45 (Betanzos).
- b- Mapa Geológico de España, E. 1/50.000, 2ª Serie, Hoja 46 (Guitiriz).
- c- Mapa Geológico de España, E. 1/50.000, 2ª Serie, Hoja 70 (Ordenes).
- d- Mapa Geológico de España, E. 1/50.000, 2ª Serie, Hoja 71 (Sobrado de Los Monjes).
- e- Proyecto de normativa de granitos como rocas ornamentales y de revestimiento.
- f- Estudio sobre normativa de pizarras para revestimiento.

**I.G.M.E. (1982)**

- a- Mapa minero-metalogénico de Galicia, escala 1/400.000.
- b- Mapa geológico de España, escala 1/200.000. Hoja nº 8 (Lugo).

- c- Mapa Geológico de España, E. 1/50.000, 2<sup>a</sup> Serie, Hoja 121 (La Estrada).
- d- Mapa Geológico de España, E. 1/50.000, 2<sup>a</sup> Serie, Hoja 122 (Golada).
- e- Mapa Geológico de España, E. 1/50.000, 2<sup>a</sup> Serie, Hoja 123 (Puertomarín).
- f- Estudio de la catalogación y mejora de la producción y comercialización de las pizarras del NO de España.
- g- Proyecto de normativa de mármoles y calizas ornamentales.

#### **I.G.M.E. (1984)**

- a- Exploración y caracterización de las arcillas de las cuencas terciario-cuaternarias de Galicia.
- b- Estudio de caracterización y aplicaciones de las arcillas en siete cuencas terciario-cuaternarias de Galicia.
- c- Inventario nacional del talco.
- d- Inventario nacional de caolines
- e- Exploración de serpentinas y rocas ultrabásicas para su aprovechamiento como roca ornamental o industrial. Zonas de Galicia y Andalucía.

#### **I.G.M.E. (1985)**

- a- Caracterización y posibilidades de las calizas en Galicia como correctores de suelos para agricultura.

- b- Investigación de granates para usos industriales en España.

**I.G.M.E. (1986)**

- a- Granitos de España.
- b- Pizarras de España.

**I.G.M.E. (1987)**

- a- Potencial básico de granitos ornamentales de La Coruña, Lugo y Orense.

**I.G.M.E. (1988)**

- a- Manual de Metodología de los Mapas de Rocas y Minerales Industriales, escala 1:200.000.

**KUZVART, M. (1984).** Industrial Mineral and Rocks. Developments in Economic Geology, 18. Elsevier. Checoslovaquia, 454 pp.

**LEFOND, S.J. (edit.) (1983).** Industrial Minerals and Rocks. Society of Mining Engineers. AIME. New York, 2 vol, 1446 pp.

**LUNAR, R (1977).** Mineralogénesis de los yacimientos de hierro del NO de la Península. Mem. IGME, 90, 211 pp.

**MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA (1987).** Estadística Minera de España - 1986.

**SANTANACH, P.; BALTUILLE, J.M.; CABRERA, LL.; MONGE, C.; SAEZ, A. y VIDAL-ROMANI, J.R. (1988).** Cuencas terciarias gallegas relacionadas con corredores de fallas direccionales. II Congreso Geol. de España (Granada). Vol. Simposios, pp 123-133.

8.- ANEXOS

## 8.1.- LISTADO DE EXPLOTACIONES E INDICIOS

Nº	SUSTANCIA	HOJA 1:50.000	COORDENADAS UTM		PROVINCIA	MUNICIPIO	ESTADO	UNIDAD GEOL.	USO ACTUAL
001	Granito	45	539,200	4794,600	La Coruña	La Coruña	Activa	35	04
002	Granito	45	541,200	4792,700	La Coruña	Arteixo	Aband.	35	--
003	Granito	45	541,400	4794,500	La Coruña	Arteixo	Aband.	35	--
004	Granito	45	542,900	4795,800	La Coruña	Arteixo	Activa	35	04
005	Granito	45	544,200	4797,300	La Coruña	Arteixo	Activa	35	04
006	Granito	45	548,250	4796,925	La Coruña	Culleredo	Aband.	35	--
007	Arena	45	543,500	4787,800	La Coruña	Laracha	Aband.	35	--
008	Granito	45	543,850	4786,900	La Coruña	Laracha	Activa	35	04
009	Granito	45	544,700	4788,850	La Coruña	Culleredo	Aband.	35	--
010	Esquisto	45	552,350	4780,900	La Coruña	Carral	Interm.	4	04
011	Esquisto	70	550,350	4777,250	La Coruña	Ordenes	Activa	4	04
012	Esquisto	70	550,250	4775,550	La Coruña	Ordenes	Activa	4	04
013	Arcilla	45	555,350	4795,500	La Coruña	Oleiros	Activa	2	09
014	Arcilla	45	557,900	4795,700	La Coruña	Cambre	Interm.	2	09
015	Grava-Arena	45	556,100	4793,725	La Coruña	Cambre	Activa	2	03
016	Arcilla	45	557,050	4792,500	La Coruña	Cambre	Activa	2	09
017	Grava-Arena	45	558,800	4792,650	La Coruña	Abegondo	Aband.	2	--
018	Esquisto	45	563,750	4797,800	La Coruña	Bergondo	Aband.	4	--
019	Granito	46	571,250	4794,200	La Coruña	Paderne	Activa	32	04
020	Esquisto	45	565,200	4792,750	La Coruña	Betanzos	Aband.	4	--
021	Esquisto	45	564,200	4790,600	La Coruña	Betanzos	Aband.	4	--
022	Grava-Arcilla	45	562,900	4786,750	La Coruña	Oza	Activa	2	03
023	Granito	46	568,750	4787,650	La Coruña	Coirós	Interm.	32	04
024	Granito	46	568,950	4788,200	La Coruña	Coirós	Aband.	32	--
025	Caolin-Arena	46	577,450	4785,500	La Coruña	Aranga	Indicio	32	--
026	Granito	46	577,350	4784,400	La Coruña	Aranga	Activa	32	04
027	Granito	71	578,500	4779,900	La Coruña	Aranga	Aband.	32	--
028	Serpentina	71	579,400	4774,500	La Coruña	Curtis	Aband.	9	04
029	Arcilla	46	589,700	4781,100	Lugo	Guitiriz	Aband.	3	--
030	Diabasa	46	591,750	4782,950	Lugo	Guitiriz	Aband.	39	--
031	Diabasa	46	591,900	4782,850	Lugo	Guitiriz	Ind.	39	--
032	Diabasa	46	592,350	4782,950	Lugo	Guitiriz	Aband.	39	--
033	Diabasa	47	594,900	4784,200	Lugo	Guitiriz	Aband.	39	--
034	Diabasa	47	595,500	4784,750	Lugo	Guitiriz	Aband.	39	--
035	Cuarcita	47	598,900	4781,050	Lugo	Guitiriz	Abando.	17	--
036	Granito	71	589,100	4778,750	Lugo	Guitiriz	Activa	32	02
037	Granito	71	591,700	4777,750	Lugo	Guitiriz	Aband.	34	--
038	Granito	71	591,675	4777,700	Lugo	Guitiriz	Aband.	34	--
039	Granito	71	591,000	4776,900	Lugo	Guitiriz	Activa	34	01-02
040	Granito	71	591,300	4776,650	Lugo	Guitiriz	Activa	34	01
041	Granito	71	593,150	4776,600	Lugo	Guitiriz	Activa	34	01
042	Granito	72	593,600	4776,250	Lugo	Friol	Activa	34	02-01
043	Granito	71	593,100	4776,225	Lugo	Friol	Activa	34	01
044	Granito	71	592,100	4775,500	Lugo	Friol	Activa	34	01
045	Granito	71	592,100	4775,100	Lugo	Friol	Activa	34	01-02
046	Granito	71	591,550	4774,250	Lugo	Friol	Activa	34	02-01
047	Grava-Arena	72	605,100	4778,950	Lugo	Begonte	Activa	1	03-22
048	Cuarzo-Grava	47	605,650	4780,900	Lugo	Begonte	Activa	1	22-03
049	Cuarcita	47	609,900	4785,200	Lugo	Begonte	Aband.	26	--

Nº	SUSTANCIA	HOJA 1:50.000	COORDENADAS UTM		PROVINCIA	MUNICIPIO	ESTADO	UNIDAD GEOL.	USO ACTUAL
050	Cuarcita	47	609,125	4784,950	Lugo	Begonte	Aband.	26	--
051	Cuarcita	47	609,075	4786,700	Lugo	Villalba	Activa	26	04
052	Granito	47	613,650	4793,450	Lugo	Villalba	Aband.	32	--
053	Arcilla	47	614,550	4783,100	Lugo	Cospeito	Aband.	3	--
054	Grava-Arena	47	615,800	4783,150	Lugo	Cospeito	Activa	3	03
055	Grava-Arena	47	616,000	4782,900	Lugo	Cospeito	Activa	3	03
056	Pizarra	72	617,500	4778,600	Lugo	Outeiro	Aband.	30	--
057	Cuarzo	47	617,152	4786,789	Lugo	Cospeito	Aband.	38	--
058	Pizarra	47	617,850	4788,100	Lugo	Cospeito	Aband.	30	--
059	Cuarzo	47	619,000	4786,700	Lugo	Cospeito	Aband.	38	--
060	Arcilla	48	623,000	4787,450	Lugo	Cospeito	Aband.	3	--
061	Arcilla	48	624,150	4791,500	Lugo	Abadin	Aband.	3	--
062	Arcilla	48	626,100	4791,250	Lugo	Cospeito	Interm.	3	09
063	Arcilla	48	626,400	4790,900	Lugo	Cospeito	Aband.	3	--
064	Grava	48	629,350	4793,250	Lugo	Pastoriza	Aband.	1	--
065	Pizarra	48	630,750	4797,850	Lugo	Pastoriza	Interm.	28	02
066	Arcilla	48	634,500	4795,700	Lugo	Pastoriza	Interm.	3	09
067	Arcilla	48	635,100	4795,300	Lugo	Pastoriza	Aband.	3	--
068	Arc-Cao-Are	48	636,750	4795,900	Lugo	Pastoriza	Aband.	3	--
069	Caliza	48	635,250	4789,100	Lugo	Pastoriza	Interm.	23	04
070	Caliza	48	636,650	4786,550	Lugo	Pastoriza	Aband.	23	--
071	Caliza	48	636,550	4785,950	Lugo	Pastoriza	Aband.	23	--
072	Pizarra	48	634,000	4781,300	Lugo	Pol	Activa	28	02
073	Pizarra	73	635,275	4780,050	Lugo	Pol	Aband.	28	--
074	Pizarra	73	633,200	4779,100	Lugo	Pol	Activa	28	02
075	Caliza	73	631,300	4779,900	Lugo	Pol	Activa	27	04
076	Caliza	73	640,600	4774,650	Lugo	Baleira	Aband.	23	--
077	Pizarra	72	612,300	4774,600	Lugo	Rabade	Interm.	30	02
078	Arena	72	618,200	4771,800	Lugo	Outeiro	Aband.	36	--
079	Granito	72	619,000	4772,200	Lugo	Outeiro	Activa	36	01
080	Arena	72	617,750		Lugo	Outeiro	Aband.	36	--
081	Granito	72	618,600	4770,300	Lugo	Lugo	Activa	36	01
082	Granito	73	621,400	4771,000	Lugo	Lugo	Activa	36	01
083	Granito	73	624,175	4769,300	Lugo	Lugo	Activa	36	01-02
084	Pizarra	73	643,600	4764,400	Lugo	Baleira	Aband.	21	--
085	Arena	98	638,300	4760,550	Lugo	Castroverde	Aband.	36	--
086	Arena	73	636,100	4765,300	Lugo	Castroverde	Aband.	36	--
087	Caliza	73	635,500	4767,250	Lugo	Castroverde	Aband.	27	--
088	Caliza	73	634,850	4768,850	Lugo	Castroverde	Aband.	27	--
089	Arena	73	634,250	4766,900	Lugo	Castroverde	Interm.	35	03
090	Arena-Grava	73	632,700	4764,100	Lugo	Castroverde	Interm.	1	03
091	Arena	73	631,850	4763,350	Lugo	Castroverde	Activa	35	03
092	Arena	73	631,350	4762,400	Lugo	Castroverde	Aband.	35	--
093	Arena	73	631,000	4762,450	Lugo	Castroverde	Activa	35	03
094	Arena	73	630,225	4764,425	Lugo	Castroverde	Activa	36	03
095	Granito	73	627,500	4764,200	Lugo	Lugo	Activa	35	04
096	Granito	73	624,500	4763,000	Lugo	Lugo	Activa	35	02
097	Arena	72	619,500	4765,400	Lugo	Lugo	Interm.	1	03
098	Arena	72	619,350	4765,050	Lugo	Lugo	Aband.	35	--
099	Arena-Grava	73	621,400	4764,050	Lugo	Lugo	Aband.	35	--

Nº	SUSTANCIA	HOJA 1:50.000	COORDENADAS UTM		PROVINCIA	MUNICIPIO	ESTADO	UNIDAD GEOL.	USO ACTUAL
100	Granito	73	621,650	4763,200	Lugo	Lugo	Activa	35	04
101	Pizarra	98	621,125	4761,400	Lugo	Lugo	Activa	30	02
102	Pizarra	98	621,300	4761,150	Lugo	Lugo	Activa	30	02
103	Pizarra	98	621,125	4761,400	Lugo	Lugo	Activa	30	02
104	Pizarra	98	621,575	4759,700	Lugo	Lugo	Aband.	30	--
105	Granito	98	624,950	4757,800	Lugo	Corgo	Activa	35	04
106	Arena	97	616,350	4760,400	Lugo	Lugo	Aband.	32	--
107	Arena	97	614,525	4760,400	Lugo	Lugo	Activa	32	03
108	Arena	97	614,050	4757,850	Lugo	Lugo	Activa	32	03
109	Granito	97	610,750	4761,050	Lugo	Lugo	Aband.	32	--
110	Granito	72	611,600	4768,400	Lugo	Outeiro	Aband.	32	--
111	Arena	72	604,600	4766,550	Lugo	Friol	Aband.	32	--
112	Granito	72	598,750	4764,000	Lugo	Friol	Aband.	32	--
113	Granito	72	598,600	4763,550	Lugo	Friol	Activa	32	01
114	Serpentina	71	585,800	4765,500	La Coruña	Sobrado	Activa	9	04
115	Arcilla	70	562,750	4770,750	La Coruña	Mesía	Interm.	3	09
116	Arcilla	70	563,850	4770,550	La Coruña	Mesía	Activa	3	09
117	Arcilla	70	564,150	4768,875	La Coruña	Mesía	Activa	3	09
118	Arcilla	70	564,750	4767,775	La Coruña	Frades	Activa	3	09
119	Grava-Arena	70	559,700	4765,100	La Coruña	Frades	Activa	1	03
120	Arcilla	71	567,850	4765,000	La Coruña	Boimorto	Interm.	3	09
121	Arcilla	71	569,400	4765,000	La Coruña	Boimorto	Interm.	3	09
122	Arcilla	71	571,300	4762,600	La Coruña	Boimorto	Activa	3	09
123	Esquisto	70	542,500	4765,150	La Coruña	Tordoya	Aband.	4	--
124	Ortogneis	70	545,000	4763,075	La Coruña	Trazo	Aband.	7	--
125	Gneis	95	540,550	4757,700	La Coruña	Santiago C.	Aband.	4	--
126	Anfibolita	95	541,650	4752,550	La Coruña	Santiago C.	Aband.	5	--
127	Anfibolita	95	540,500	4784,400	La Coruña	Santiago C.	Aband.	5	--
128	Granito	95	540,050	4743,050	La Coruña	Santiago C.	Aband.	13	--
129	Anfibolita	95	542,850	4743,400	La Coruña	Santiago C.	Activa	5	04
130	Distena	95	552,090	4750,280	La Coruña	El Pino	Activa	4	10
131	Esquisto	96	559,400	4754,450	La Coruña	Arzúa	Interm.	4	04
132	Esquisto	95	558,900	4753,200	La Coruña	El Pino	Aband.	4	--
133	Esquisto	96	567,100	4753,750	La Coruña	Arzúa	Aband.	4	--
134	Esquisto	96	567,850	4749,500	La Coruña	Arzúa	Aband.	4	--
135	Esquisto	95	566,200	4744,900	Pontevedra	Villa C.	Aband.	4	--
136	Ortogneis	96	579,800	4744,700	La Coruña	Santiso	Aband.	7	--
137	Anfibolita	96	580,700	4749,250	La Coruña	Mellid	Activa	5	04
138	Anfibolita	96	581,800	4750,500	La Coruña	Mellid	Activa	5	04
139	Serpentina	96	585,700	4749,650	La Coruña	Mellid	Aband.	9	--
140	Gneis	97	597,400	4758,150	Lugo	Friol	Aband.	19	--
141	Diabasa	97	597,900	4756,100	Lugo	Friol	Aband.	39	--
142	Cuarzo	97	599,850	4754,750	Lugo	Guntin	Aband.	38	--
143	Cuarcita	97	601,300	4748,850	Lugo	Monterroso	Aband.	17	--
144	Esquisto	97	605,300	4749,450	Lugo	Guntin	Interm.	15	04
145	Are-Arcilla	97	606,950	4750,000	Lugo	Guntin	Aband.	30	--
146	Esquisto	97	611,150	4754,000	Lugo	Guntin	Aband.	30	--
147	Caliza	98	641,350	4749,250	Lugo	Baralla	Aband.	23	--
148	Caliza	98	644,150	4748,300	Lugo	Baralla	Activa	23	04
149	Caliza	98	644,600	4747,125	Lugo	Baralla	Aband.	23	--

Nº	SUSTANCIA	HOJA 1:50.000	COORDENADAS UTM		PROVINCIA	MUNICIPIO	ESTADO	UNIDAD GEOL.	USO ACTUAL
150	Caliza	124	644,900	4743,875	Lugo	Láncara	Aband.	23	--
151	Caliza	124	646,100	4743,550	Lugo	Becerreia	Activa	23	04
152	Caliza	124	647,275	4736,150	Lugo	Triacastela	Activa	27	04
153	Arena	98	623,325	4746,475	Lugo	Páramo	Aband.	32	--
154	Arena	98	624,250	4746,375	Lugo	Páramo	Aband.	32	--
155	Arena-Granito	98	629,200	4745,500	Lugo	Láncara	Activa	32	03
156	Granito	124	628,975	4741,050	Lugo	Sarria	Aband.	30	--
157	Granito	124	629,500	4740,600	Lugo	Sarria	Aband.	30	--
158	Granito	124	629,250	4738,950	Lugo	Sarria	Aband.	30	--
159	Arcilla	97	614,300	4743,850	Lugo	Guntín	Activa	3	09
160	Caliza	123	616,625	4741,675	Lugo	Páramo	Aband.	27	--
161	Arcilla	123	611,825	4740,600	Lugo	Portomarin	Aband.	3	--
162	Arcilla	123	611,250	4740,625	Lugo	Portomarin	Aband.	3	--
163	Caliza	123	615,550	4734,200	Lugo	Paradela	Aband.	27	--
164	Caliza	123	615,800	4733,275	Lugo	Paradela	Activa	27	04
165	Pizarra	123	614,400	4725,800	Lugo	Saviñao	Aband.	17	--
166	Arena	124	625,150	4732,100	Lugo	Sarria	Aband.	32	--
167	Magnesita	124	623,725	4729,850	Lugo	Incio	Aband.	27	--
168	Magnesita	124	624,250	4729,050	Lugo	Incio	Aband.	27	--
169	Magnesita	124	624,800	4728,200	Lugo	Incio	Aband.	27	--
170	Magnesita	124	628,000	4728,600	Lugo	Incio	Aband.	27	--
171	Magnesita	124	628,000	4728,600	Lugo	Incio	Activa	27	17
172	Pizarra	124	633,625	4729,900	Lugo	Incio	Aband.	30	--
173	Piz.-Caliza	124	638,000	4730,250	Lugo	Incio	Activa	Escombr.	06
174	Caliza	124	624,750	4726,100	Lugo	Samos	Activa	23	04
175	Granito	123	598,500	4741,950	Lugo	Monterroso	Aband.	34	--
176	Cuarcita	123	599,875	4740,075	Lugo	Monterroso	Aband.	14	--
177	Arena	123	596,075	4737,575	Lugo	Monterroso	Aband.	34	--
178	Cuarzo	121	547,600	4738,000	La Coruña	Vedra-Boqu.	Activa	38	22-04
179	Cuarzo	121	552,600	4736,500	Pontevedra	La Estrada	Activa	38	22-04
180	Serpentina	121	553,100	4736,200	Pontevedra	Silleda	Activa	9	04
181	Serpentina	121	555,450	4736,800	Pontevedra	Villa C.	Activa	9	04
182	Serpentina	121	558,250	4735,550	Pontevedra	Silleda	Activa	9	04
183	Serpentina	121	558,650	4733,700	Pontevedra	Silleda	Activa	9	04
184	Ortogneis	121	564,550	4729,900	Pontevedra	Silleda	Activa	31	04
185	Ortogneis	122	569,900	4732,950	Pontevedra	Lalin	Activa	31	04
186	Arcilla	122	570,950	4728,000	Pontevedra	Lalin	Activa	1	09
187	Arena	122	575,900	4730,600	Pontevedra	Lalin	Aband.	32	--
188	Granito	122	573,650	4724,600	Pontevedra	Lalin	Activa	32	04
189	Arc.-Caolin	45	547,450	4782,750	La Coruña	Cerceda	Indicio	3	--
190	Arcilla	70	557,400	4775,600	La Coruña	Mesia	Aband.	3	--



## 8.2.- DIRECTORIO DE EMPRESAS EXPLOTADORAS

## PROVINCIA DE LA CORUÑA

SUSTANCIA	EMPRESA EXPLOTADORA DOMICILIO	TELEFONO	COORDENADAS UTM	USO
Anfibolita	ARIDOS Y CONTRATAS (ARCONSA) Paseo de Ronda, 33 -La Coruña	-227468-	542,850 4743,400	Aridos
Anfibolita	CANTERAS DEL ARENAL S.L. Muimenta- Lalin- Pontevedra		580,700 4749,250	Aridos
Anfibolita	ANTONIO LOPEZ PARADELA Rua de Castelao, 65 -Lugo-	-220768-	581,800 4750,500	Aridos
Arcilla	MONTERO RIOBOO, S.L. Gándara, s.n.-Cambre- La Coruña	-661264-	555,350 4795,500 562,750 4770,750	Tejas y ladrillos Tejas y ladrillos
Arcilla	CERAMICA EL MESON, S.A. Espiritu Santo -Cambre- La Coruña	-662201-	557,900 4795,700	Tejas y ladrillos
Arcilla	JESUS SANCHEZ VEEA Vilanova-Boimorto -La Coruña-	-500524-	563,850 4770,550	Tejas y ladrillos
Arcilla	CERAMICA DE ALBIJOY Albijoy -Mesia- La Coruña	-687040-	564,150 4768,875	Tejas y ladrillos
Arcilla	CERAMICAS FELPETE, S.A. Casas Canto do Balo -Boimorto- La Coruña		567,850 4765,000	Tejas y ladrillos
Arcilla	JESUS SANCHEZ VEEA Boimorto - La Coruña	-500524-	569,400 4765,000	Tejas y ladrillos
Arcilla	TEJAS Y LADRILLOS VEEA S.L. Boimorto -La Coruña	-500025-	571,300 4762,600	Tejas y ladrillos
Cuarzo	ERIMSA Avda. Fernández Latorre, 5-9 -La Coruña	-512202-	547,600 4738,000	Silicio metal y ferroaleaciones
Distena	MANUEL OJEA BLANCO Rua Castelao, 49 -Carballino- Orense	-270494-	552,090 4750,280	Refractarios
Esquisto	CONSTRUCCIONES WALDO, S.L. Salgueiriños, 15 -Santiago- La Coruña		559,400 4754,450	Aridos
Esquisto	NICANOR VIDAL CAÑAS El Paraiso, 68 - Ordenes- La Coruña	-680882-	552,350 4780,900 550,250 4775,550	Aridos Aridos
Esquisto	ARIDOS REBOIRA Directorio, 12 - Ordenes- La Coruña	-681557-	550,350 4777,250	Aridos

SUSTANCIA	EMPRESA EXPLOTADORA DOMICILIO	TELEFONO	COORDENADAS UTM	USO
Granito	PREFHORVISA Marqués de Figueroa, 36 - La Coruña		539,200 4794,600	Aridos
Granito	ARENAS Y GRAVAS, S.L. Rua Nueva, 25 (Carballo)- La Coruña	-700895-	542,900 4795,850	Aridos
Granito	JOSE H. FERNANDEZ VILA Avda. Fdez. Latorre-Ed. Apolo II-La Coruña		544,200 4797,300	Aridos
Granito	MARTIN CORTES CACHAFEIRO Tabeayo- Carral- La Coruña	-670656-	543,850 4786,900	Aridos
Granito	HEREDEROS DE JOSE SEIJO LOPEZ Ribera, 72 -Betanzos- La Coruña	-773098-	571,250 4794,200	Aridos
Granito	DANIEL LOPEZ VAZQUEZ Espenuca -Coiros- La Coruña	-771966-	568,750 4787,650	Aridos
Granito	ARIAS HNOS CONSTRUCCIONES, S.A. Paseo de Ronda, 56 - La Coruña	-259150-	577,350 4784,400	Aridos
Grava	GRAVERAS DEL BARCES, S.L. Reboredo, s.n. -Carral- La Coruña		556,100 4793,725 562,900 4786,750	Aridos Aridos
Grava	MARCELINO GARCIA CASTRO Barbaos - La Coruña	-690069-	559,700 4765,100	Aridos
Serpentina	GRUPO MINERO LA UNION Ronda General Sanjurjo, 8 -Lugo-	-221128-	585,800 4765,500	Aridos

#### PROVINCIA DE LUGO

SUSTANCIA	EMPRESA EXPLOTADORA DOMICILIO	TELEFONO	COORDENADAS UTM	USO
Arcilla	CERAMICA PUERTOMARIN,S.A. Cortapezas, s.n. -Puertomarin- Lugo	-545004-	614,300 4743,850	Tejas y ladrillos
Arcilla	ORLANDO IGLESIAS Muimenta- Cospeito- Lugo		626,100 4791,250	Tejas y ladrillos
Arcilla	CERAMICA BRITONIO, S.A. Pastoriza - Lugo	-349017-	634,500 4795,700	Tejas y ladrillos
Arena	JOSE SAA MARTINEZ San Antonio,6 -Monterroso- Lugo	-377255-	632,700 4764,100	Aridos

SUSTANCIA	EMPRESA EXPLOTADORA DOMICILIO	TELEFONO	COORDENADAS UTM	USO
Arena	FORNIAS Y TORRES San Payo, s.n. -Castroverde- Lugo	-312191-	631,850 4763,350	Aridos
Arena	MANUEL BESTEIRO TRASHORRAS Gracian -Castroverde- Lugo		631,000 4762,450	Aridos
Arena	MANUEL LAMAS TEIJEIRO Valle Inclán, 6 -Narón- La Coruña		630,225 4764,425	Aridos
Arena	SILVINO ABUIN -Villaestevez- Lugo		614,525 4760,400	Aridos
Arena	JOSE RAMOS Carretera Madrid s/n -Lugo-		614,050 4757,850	Aridos
Arena	HERNANOS DONCEL Puebla de San Julian -Láncara- Lugo		629,200 4745,500	Aridos
Caliza	JOSE SANJURJO LOZANO Avda. Tierra Llana, s.n.-Villalba-Lugo	-510211-	635,250 4789,100	Aridos
Caliza	EXCANSÁ Ruiz de Alda, 3 -Lugo	-224852-	631,300 4777,900	Aridos
Caliza	CANPESA Avda. de Madrid, 7 -Lugo-	-224712-	644,150 4748,300	Aridos
Caliza	MANUEL GONZALEZ ZAERA San Julian de la Vega -Sarria- Lugo	-530900-	646,100 4743,550	Aridos
Caliza	MARMOLES DE LOZARA Ctra. a Lózara, km 1 -Samos- Lugo	-546020-	624,750 4726,100	Marmolinas
Caliza	CEMENTOS COSMOS Oural -Sarria- Lugo		647,275 4736,150	Cementos
Caliza	HORMIGONES LUCENSES, S.A. (HORLUSA) Avda. de La Coruña, 168 - Lugo	-242619-	615,800 4733,275	Aridos
Cuarzo	ERIMSA Fernández Latorre, 5-9 -La Coruña	-239147-	605,650 4780,900	Silicio metal y ferroaleaciones
Diabasa	RAMIRO, S.A. Las Carneiras -Vigo- Pontevedra	-298300-	591,900 4782,850	Ornamental
Esquistos	ANTONIO LOPEZ PARADELA Rua de Castelao, 65 - Lugo	-220768-	605,300 4749,450	Aridos
Granito	Varios explotadores Villadonega, s.n.-Guitiriz- Lugo		589,100 4778,750	Construcción

SUSTANCIA	EMPRESA EXPLOTADORA DOMICILIO	TELEFONO	COORDENADAS UTM	USO
Granito	MANUEL MALLO MALLO 2ª Travesía de Fingoy - Lugo		591,000 4776,900	Ornamental
Granito	INGEMARGA, S.A. Ctra.Camp.Militar de Parga -Guitiriz- Lugo Apdo. Correos 3 -Guitiriz-	-370018-	591,300 4776,650 593,150 4776,600 619,000 4772,200 618,600 4770,300 621,400 4771,000	Ornamental Ornamental Ornamental Ornamental Ornamental
Granito	JOSE VAZQUEZ PEREZ Avda. de La Coruña, 40 -Monterroso- Lugo	-377282-	593,600 4776,250	Ornamental
Granito	JESUS ARMESTO BUSTO Rosal, 4 y 6 - Lugo	-224240-	593,100 4776,225	Ornamental
Granito	BENIGNO MOREIRAS MORANDEIRA Miraz -Friol- Lugo	-389402-	592,100 4775,500 591,550 4774,250	Ornamental Ornamental
Granito	MARHOLERA CALLEGA, S.A. Obispo Aguirre, 13 - Lugo		592,100 4775,100 624,175 4769,300	Ornamental Ornamental
Granito	HERMANOS YANEZ, S.A. Ronda de Las Mercedes, 19		627,500 4764,200	Aridos
Granito	LUIS COLLARTE RODRIGUEZ Alameda del Concejo, 7 -Orense		624,500 4763,300	Construcción
Granito	PREBETONG LUGO, S.A. Avda. de Madrid, 7 -Lugo	-224712-	621,650 4763,200	Aridos
Granito	ARIDOS LUCENSES S.A. (ARLUSA) San Martin de Guillar -Otero de Rey- Lugo	-390401-	624,950 4757,800	Aridos
Granito	VICTOR VILLAR CASTINEIRAS Cruce, 34 -Lugo-	-242314-	598,600 4763,550	Ornamentales
Grava	ANTONIO LOPEZ PARADELA Castelao, 65 -Lugo	-220766-	605,100 4778,950	Aridos, otros
Grava	JOSE DONDEL BANDE Puebla de S. Julián, 3 -Láncara- Lugo		615,800 4783,150	Aridos
Grava	ARIBES, S.L. General Mola, 82 - Villalba- Lugo		616,000 4782,900	Aridos
Magnesita	MAGNESITAS DE RUBIAN, S.A. Montalbán, 3-5 - Madrid		628,000 4728,600	Agrícolas

SUSTANCIA	EMPRESA EXPLOTADORA DOMICILIO	TELEFONO	COORDENADAS UTM	USO
Pizarra	INDUSTRIAS LUGO, S.A. (INLUSA) Bretoña -Pastoriza- Lugo		630,750 4797,850	Construcción
Pizarra	IBEROITALIANA DE PIZARRAS Vega de Sil, s.n. -Sobradelo de Valdeorras- Orense	-335148-	634,000 4781,300	Construcción
Pizarra	MANUEL GACIO VAL Avda. Buenos Aires, 4 -Mondoñedo- Lugo	-345191-	633,200 4779,100	Construcción
Pizarra	LUIS DIAZ DIAZ Heroes de Falange, 12 -Rábade- Lugo	-390184-	612,300 4774,600	Construcción
Pizarra	AMADOR VAZQUEZ PRIETO Buratay-Bóveda - Lugo	-224001-	621,125 4761,400	Construcción
Pizarra	JOSE TRASEIRA FERREIRO Boveda-Musa - Lugo	-224019-	621,300 4761,150	Construcción
Pizarra	VARIOS EXPLOTADORES Buratay -Lugo-		621,125 4761,400	Construcción
Pizarra y Caliza	CEMENTOS COSMOS, S.A. San Salvador -Vigo- Pontevedra		638,000 4730,250	Cementos

#### PROVINCIA DE PONTEVEDRA

SUSTANCIA	EMPRESA EXPLOTADORA DOMICILIO	TELEFONO	COORDENADAS UTM	USO
Arcilla	CERAMICA DE SELLO, S.L. Sello -Lalín- Pontevedra	-780574-	570,950 4728,000	Tejas y ladrillos
Cuarzo	NORSIL, S.A. Ronda de Outeiro, 95-1 -La Coruña	-298266-	552,600 4736,500	Silicio metal y ferroaleaciones
Granito	CANTERAS DEL ARENAL, S.L. Arenal, s.n. -Lalín- Pontevedra	-780823-	573,650 4724,600	Aridos
Ortogneis	CANTERAS DE ROSENDE Buenos Aires, 81 -Lalín- Pontevedra	-781081-	564,550 4729,900	Aridos
Ortogneis	CANTERAS DEL ARENAL, S.L. Arenal, s.n. -Lalín- Pontevedra	-780823-	569,900 4732,950	Aridos
Serpentina	MARTINEZ MONTES E HIJOS, S.L. Cacheiras -Teo- La Coruña		553,100 4736,200	Aridos

SUSTANCIA	EMPRESA EXPLOTADORA DOMICILIO	TELEFONO	COORDENADAS UTM	USO
Serpentina	MARMOLES PUENTELEDOSMA Puenteledosma -Villa de Cruces- Pontevedra	-584021-	555,450 4736,800	Aridos
Serpentina	MINAS DE BANDEIRA. S.A. (MIBASA) Bandeira -Silleda- Pontevedra	-584025-	558,250 4735,550	Aridos
Serpentina	EXPLOTACION MINERA DE CAMPOMARZO Bandeira -Silleda- Pontevedra	-584146-	558,650 4733,700	Aridos

## 8.3.- DIRECTORIO DE CENTROS DE TRANSFORMACION (\*)

## PROVINCIA DE LA CORUÑA

SUSTANCIA	PROCESO	PRODUCTO FINAL	EMPRESA DOMICILIO	TELEFONO
Arcilla	Cocción	Tejas y ladrillos	CERAMICA FELPETE Casa Canto do Balo -Boimorto- La	
Arcilla	Cocción	Tejas y ladrillos	CERAMICA DE ALBIJOY	-687040-
Arcilla	Cocción	Tejas y ladrillos	CONSTRUCCIONES ROCHA Quintela -Oza de los Rios- LA CORUÑA	-792063-
Arcilla	Cocción	Tejas y ladrillos	CERAMICA EL MESON Espíritu Santo s/n -Cambre-	-662201-
Arcilla	Cocción	Tejas y ladrillos	MONTERO Y RIOBOO, S.L. Gándara, s/n -Cambre-	-661244-
Arcilla	Cocción	Tejas y ladrillos	TEJAS Y LADRILLOS VEEA, S.L. Boimil, s/n -Boimorto-	-500025-
Arcilla	Cocción	Tejas y ladrillos	VEEA TABOADA Boimorto	-500503-

## PROVINCIA DE LUGO

SUSTANCIA	PROCESO	PRODUCTO FINAL	EMPRESA DOMICILIO	TELEFONO
Arcilla	Cocción	Tejas y ladrillos	ORLANDO IGLESIAS Muimenta -Cospeito	
Arcilla	Cocción	Tejas y ladrillos	CERAMICA PUERTOMARIN S.A. Cortapezas, s/n -Puertomarin-	-545004-
Arcilla	Cocción	Tejas y ladrillos	CERAMICA BRITONIA S.A. Pastoriza s/n	-349017-
Granito y otros	Corte y pulido	Placas y losas	INGEMARGA	
Granito y otros	Corte y pulido	Placas y losas	MARHOLERA GALLEGA c/ Obispo Aguirre, 13 -Lugo-	-220550-

(\*) : No se incluyen las plantas de machacado de áridos situadas a pie de cantera

SUSTANCIA	PROCESO	PRODUCTO FINAL	EMPRESA DOMICILIO	TELEFONO
Granito y otros	Corte y pulido	Placas y losas	GRAYSER Km 516 N-VI -Lugo-	-213435-
Magnesita	Calcinación	Magnesita calcinada	MAGNESITAS DE RUBIAN Incio -Sarria-	-426211- Télex 86115 MGRU E
Caliza y pizarra	Calcinación	Cemento	CEMENTOS COSMOS Oural -Sarria-	
Caliza	Trituración	Harmolinas	MARMOLES DE LOZARA km 1 ctra. a Lózara -Samos-	-546020-

PROVINCIA DE PONTEVEDRA

SUSTANCIA	PROCESO	PRODUCTO FINAL	EMPRESA DOMICILIO	TELEFONO
Arcilla	Cocción	Tejas y ladrillos	CERAMICA DE SELLO, S.L. Sello -Lalin-	-780574-



## 8.4.- CARACTERISTICAS Y ESPECIFICACIONES INDUSTRIALES

### 8.4.1.- Andalucita, Sillimanita, Distena (Cianita)

La familia de minerales de la andalucita, que incluye andalucita, sillimanita y distena (cianita), son silicatos aluminicos anhidros ( $Al_2O_3 \cdot SiO_2$ ).

Son minerales típicamente metamórficos que aparecen en rocas metamórficas de todo el mundo.

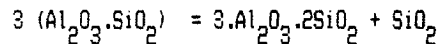
Se forman por: Metamorfismo de contacto, metamorfismo regional en rocas ricas en alúmina, cristales grandes e inclusiones en pegmatitas desilicificadas, metasomatitas aluminicas, filones y venas de cuarzo.

La andalucita, también aparece, secundariamente, en arenas de playa y aluviales, como mineral pesado.

#### Composición

Para obtener un producto comercial final, se ha de partir de concentraciones de los minerales del grupo de la andalucita de, al menos el 15-20% en roca dura, pudiendo ser del 10% en arenas aluviales o de playa.

El producto vendible, la mullita, se obtiene a partir de la siguiente reacción, calentando a  $1.595^{\circ}C$ .



$$100\% \text{ Andalucita} = 88\% \text{ Mullita} + 12\% \text{ Cristobalita}$$

Una composición mineralógica y química típica de estas sustancias puede ser la de la distena sueca (en cuarcita) :

Elemento	%	Mineral	%
$Al_2O_3$	15-25	Distena	25-40
$SiO_2$	70-80	Cuarzo	55-70
$TiO_2$	0,2-0,7	Rutilo	0,3-0,7
$Fe_2O_3$	0,8-2	Oxidos de Fe/Ti, Pirita, moscovita y fosfatos aluminicos	3-4
$K_2O$	0,1-0,4		
$P_2O_5$	0,1		

para obtener producto vendible de las siguientes características:

$Al_2O_3$	$SiO_2$	FeHCl	$TiO_2$	CaO	$K_2O$	$Na_2O$	Fe	Total	P	S	MgO	P.F.
59,8	35,8	0,15	0,64	0,2	0,02	0,008		1,3	0,34	0,02	0,20	0,43

Propiedades físicas, químicas y tecnológicas

Mineral	Comp. qca.	Dureza	P. Especif.	Incremento Vol. al calentar %	Procesado
Andalucita	$Al_2O_3 \cdot SiO_2$	7-7,5	3,1-3,2	3	Calentamiento a 1300-1540°C, originando mullita (estable hasta 1810°C)
Sillimanita	63,2% $Al_2O_3$	7	3,2-3,25	7-8	
Distena	36,8% $SiO_2$	C=4,5 ab=7	3,5-3,6	16	

Las especificaciones industriales para su uso principal (refractarios) son:

Estados Unidos

$Al_2O_3$  >56%      CaO <0,1%  
 $SiO_2$  <42%      MgO >0,1%  
 $TiO_2$  <1,2%      Alcalis combinados <0,3%  
 $Fe_2O_3$  (soluble) <1%

Europa

$Al_2O_3$  52-62%       $Fe_2O_3 + FeO$  1-2%       $K_2O + Na_2O$  1-1,5%  
 $TiO_2$  <1%      CaO + MgO 1-1,5%

La granulometría ha de ser menor de 0,4 mm.

Explotabilidad, explotación y procesado

El grupo de minerales de la andalucita se explota mayoritariamente a cielo abierto, empezando a ser rentables las explotaciones a partir de leyes del 15-20% de  $SiO_2 \cdot Al_2$  (en todas sus variedades).

Los métodos de explotación varían en función de la naturaleza del depósito: si se encuentran como minerales pesados en arenas aluviales o arenas de playa se extraen mediante dragas, flotando posteriormente los sedimentos y separando los minerales mediante separadores magnéticos. Si se encuentran en materiales consolidados (cuarcitas, esquistos, etc.), se extrae mediante métodos convencionales (voladuras y machaqueo en cantera), posteriormente sufre un nuevo machaqueo en planta, separación por flotación, secado del concentrado y separación magnética de alta intensidad, para reducir el hierro soluble a menos del 1%.

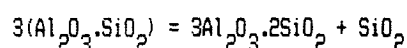
Usos y especificaciones

Las especificaciones que se han ido incluyendo en los apartados anteriores, dependen, sin embargo, de los consumidores de este grupo de minerales (industrias de refractarios), pues cualquier pequeña desviación de las calidades requeridas, puede llegar a hacer inaceptable el producto.

Los usos más extendidos de este grupo de minerales, tanto material de cantera, como producto calcinado (mullita), son la fabricación de morteros refractarios, cementos refractarios, moldes y mezclas plásticas refractarias.

Los materiales cerámicos adquieren gran resistencia mecánica, poder aislante y refractariedad cuando se les añade distena o sillimanita en lugar de cuarzo, puesto que cuando se funden se convierten en mullita ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ), mineral fibroso similar a la sillimanita. La nueva sustancia cerámica obtenida es capaz de aguantar temperaturas más elevadas que las chamotas.

La mullita, como se ha comentado más arriba, se obtiene calentando a  $1595^\circ\text{C}$  estos silicatos aluminicos, produciéndose la reacción:



La mullita, además de dotar de refractariedad al producto, le proporciona un bajo coeficiente de dilatación y, por tanto, resistencia al choque térmico. Tiene conductividad media, alta resistencia a la compresión y, a altas temperaturas, resistencia alta a la corrosión.

Se puede producir sillimanita sintética fundiendo caolín lavado, al que se añade la alúmina.

### Ensayos

Sobre material de cantera:

- Análisis petrográfico
- Análisis mineralógico
- Análisis químico
- Granulometría

Ensayos semiindustriales:

- Separación y concentración de menas
- Análisis químico del concentrado
- Cono pirométrico equivalente

### NORMATIVA

Las Normativas UNE son muy numerosas en el sector de los materiales refractarios. Para mayor información se remite al apartado 8.5.6.: Refractarios.

#### 8.4.2.- Anfibolitas

Las anfibolitas son rocas metamórficas, de tonos verdes oscuros, constituidas esencialmente por la asociación de hornblendas con una plagioclasa cálcica. Son el resultado de un metamorfismo regional de intensidad media a elevada de rocas ígneas básicas y de rocas sedimentarias; por tanto, según la composición de la roca originaria y el grado del metamorfismo, la asociación mineralógica fundamental hornblenda-plagioclasa está acompañada por otros minerales. Las anfibolitas se pueden clasificar en ortoanfibolitas y paraanfibolitas, pero esta distinción no es siempre sencilla y debe hacerse teniendo en cuenta sus relaciones de yacimiento con otras rocas metamórficas, además de su composición.

Las anfibolitas tienen textura esquistosa poco manifiesta, porque, en general, los minerales micáceos (biotita) no abundan; la esquistosidad se debe a la orientación preferencial de los prismas de hornblenda.

En las anfibolitas de grado metamórfico elevado es frecuente el bandeo constituido por la alternancia de pequeños niveles esencialmente anfibólicos con otros de plagioclasas.

Usos

Debido fundamentalmente a su coloración, las anfibolitas se usan como roca de ornamentación, roca de sillería y revestimientos; son utilizadas así mismo como áridos de machaqueo.

Análisis y ensayos

Para determinar la aptitud de las anfibolitas respecto al empleo a que se destinen, es necesario conocer un conjunto de propiedades físicas, químicas y mecánicas que pueden evaluarse mediante los ensayos siguientes:

- Análisis químico y petrográfico
- Loseta pulita
- Absorción y peso específico
- Resistencia a las heladas
- Resistencia a compresión simple
- Resistencia a la flexión
- Resistencia al desgaste por rozamiento
- Resistencia al choque
- Coeficiente de dilatación lineal térmica
- Módulo elástico
- Microdureza Knoop

Normativa

No existe una normativa específica para estas rocas. Ver normas generales para Rocas Ornamentales en 8.5.1 y Áridos en 8.5.2.

8.4.3.- Arcilla común

Se incluyen dentro de esta denominación general aquellos materiales arcillosos cuyos usos, como consecuencia de su composición mineralógica, se dirigen al campo de la cerámica estructural, alfarería y áridos ligeros obtenidos en procesos industriales de expansión de arcillas.

Son rocas sedimentarias compuestas esencialmente por minerales de la arcilla (ilita, caolinita, clorita, esmectitas,..) siendo su composición más frecuente de tipo ilitico o ilitico-caolinitico. Entre las impurezas que suelen presentar aparecen cuarzo, carbonatos, óxidos diversos, feldespatos, materia orgánica y sulfuros.

Propiedades físicas

La propiedad más importante de las arcillas es su plasticidad al ser mezcladas con agua y la posibilidad de ser moldeadas. Esta propiedad no es exclusiva de las arcillas, pudiendo producirse también por la presencia de coloides orgánicos o geles inorgánicos.

El valor cuantitativo de la plasticidad en una pasta arcillosa va a depender de una serie de factores:

- Tamaño de partículas
- Capacidad de cambio de la arcilla
- Naturaleza de los iones adsorbidos
- Cantidad de agua en la pasta
- Naturaleza de los iones contenidos en el agua de amasado

### Usos y especificaciones

El principal uso de estos materiales arcillosos se da en el campo de la cerámica de construcción: (Tejas, ladrillos, tubos, ... baldosas), alfarería tradicional, lozas groseras y medias, azulejos y gres (ver 8.5.5.:Cerámica estructural).

Son asimismo utilizadas en manufactura de cementos (Ver 8.5.3.:Cementos) y en la producción de áridos ligeros -arcillas expandidas-.

No existe normativa oficial sobre las materias primas utilizadas en la elaboración de los productos cerámicos antes citados, primando, en general, criterios económicos.

\* Dentro de la cerámica estructural pueden tomarse las siguientes pautas:

- Arcillas de naturaleza ilitica o ilitico-caolinítica
- Contenidos en esmectitas (10-15% para evitar una excesiva plasticidad y problemas de contracción en el secado.
- Arena silicea en proporción variable: hasta 30-40%, actuando como desgrasante.
- Ausencia de carbonatos en granos, siendo tolerable la calcita muy fina ((15%).
- Elementos colorantes:
  - 5-10% de  $Fe_2O_3$  para tonalidades rojizas
  - 3-10% de  $TiO_2$  en presencia de  $Fe_2O_3$ : tonalidades amarillentas.
  - 0,5-4%  $MnO_2$  en presencia de  $Fe_2O_3$ : tonalidades ocre.

El color aparece asimismo afectado por otros factores tales como:

- Temperatura de cocción
- Grado de vitrificación
- Contenido en  $Al_2O_3$ ,  $CaO$  y  $MgO$
- Composición de los gases liberados durante la cocción
- Impurezas no deseables:
  - $SO_4Ca$  (4%
  - $NaCl$  (1,5%
  - $Na_2SO_4$  (0,4%
  - $MgSO_4$  (1%
- \* El uso de estas arcillas en lozas queda restringido a las lozas de baja calidad (lozas groseras y medias) -ver 8.5.7.:Lozas y porcelanas-, requiriéndose arcillas semirrefractarias con relaciones de contenido caolín/otras arcillas, altas. Para grés se utilizan arcillas ilitico-caoliníticas (1/1) con contenidos en  $Fe_2O_3$  (15%. El objetivo en este sector es obtener pastas cerámicas capaces de obtener impermeabilidad por cocción, sin necesidad de esmaltes o cubiertas vidriadas, así como alta resistencia al ataque por ácidos.

\* Para la producción de arcillas expandidas son utilizados materiales con ilita, clorita, esmectita, vermiculitas. La presencia de caolinita es un factor limitante por su carácter refractario. ((40%).

Interesan arcillas con contenido elevado en materia orgánica y óxidos de hierro para poder liberar el gas necesario para la expansión:

Materia orgánica: 0,5 - 2%  
 $Fe_2O_3$  : >3%

Asimismo no hay restricciones importantes respecto a la presencia de granos carbonatados, yeso y pirita ((2%)).

\* En la manufactura de cemento, las arcillas son utilizadas como fuente de alúmina y sílice. Prácticamente todas las arcillas son aptas para este uso, primando consideraciones económicas.

#### Ensayos

- Análisis químico
- Granulometría
- Difracción de R-X, A.T.D.
- Límites de Atterberg
- Contracción lineal
- Márgenes de cocción y resistencias a compresión
- Color de cocción

#### **8.4.4.- Arenas y Gravas**

Se incluyen en este grupo aquellas rocas detríticas no consolidadas que por su granulometría, independientemente de su naturaleza litológica, pueden ser clasificadas como arenas o gravas.

Son los áridos naturales por excelencia, que se extraen de terrazas fluviales, lechos de ríos, rañas, ... mediante medios mecánicos convencionales.

La denominación por tamaños más usual es la siguiente:

- Morro.....		)	100	mm
- Grava gruesa .....	50	a	100	mm
- Grava media .....	40	a	60	mm
- Grava menuda .....	30	a	50	mm
- Gravilla gruesa .....	20	a	40	mm
- Gravilla media .....	15	a	30	mm
- Gravilla menuda .....	15	a	25	mm
- Garbancillo .....	7	a	15	mm
- Arena gruesa .....	2	a	5	mm
- Arena media .....	0,5	a	2	mm
- Arena fina .....	0,1	a	0,5	mm
- Filler o polvo .....	0,005	a	0,08	mm

Para mayor información sobre ensayos, usos y especificaciones se remite al apartado 8.5.2. Áridos

#### 8.4.5.- Caliza

Las calizas son rocas sedimentarias de origen químico, detrítico u organógeno, con más del 95% de carbonato cálcico, generalmente en forma de calcita ( $\text{CO}_3\text{Ca}$ ).

##### Usos y especificaciones

Poseen un amplísimo mercado, teniendo una importante demanda en las más variadas aplicaciones industriales. Por lo general los factores que condicionan su aplicación, no son sólo los de calidad, sino que tienen gran importancia los de orden económico. Debido a la abundancia de materiales sustitutivos y a la capacidad de adaptación de muchos procesos industriales a las características de la materia prima disponible, las calizas se encuentran a menudo en competencia con otros productos.

Del mismo modo en muchas ocasiones se prefiere una caliza de peor calidad que la teóricamente aconsejable para el proceso debido a que la relación calidad/precio puede llegar a justificar tal elección.

La demanda, así mismo, se ve fuertemente condicionada por la influencia del transporte, que limita enormemente la distancia a donde pueden llegar estos materiales, salvo en casos muy determinados de calidad muy especial.

Las calizas se utilizan en un gran número de sectores y aplicaciones industriales, aunque los sectores de la construcción y aglomerantes se reparten un 58,2% y un 38,6% respectivamente del tonelaje total extraído en España.

Debido a este gran número de procesos industriales en que entran a formar parte las especificaciones son muy diversas, basándose en sus cualidades químicas o físicas según el uso al que se destinen.

##### \* Construcción

Las dos formas esenciales de utilización de la Caliza en construcción son los áridos de trituración y la piedra tallada y pulida para ornamentación o sillería.

Como roca ornamental, comercialmente se asimila al mármol, por lo cual ha de cumplir todas las especificaciones exigidas a este material, siendo su campo de utilización el mismo.

Respecto a su uso como material triturado, además de la solidez, son importantes la resistencia a la abrasión, la dureza y la estabilidad química, así como la absorción de agua, el peso específico y la granulometría.

Las especificaciones se refieren fundamentalmente a la presencia de sustancias perjudiciales, como pueden ser los terrones de arcilla, yesos, piritas y rocas friables o porosas en exceso.

##### \* Fabricación de cemento

En la industria cementera se denominan calizas a aquellas rocas carbonatadas cuya riqueza en carbonato cálcico supera el 75-85%.

Las calizas son las materias primas que entran en mayor proporción en el crudo (75-90%) o mezcla de materias primas que dan lugar a un cemento, siendo su quimismo determinante en el resto de las materias primas adicionales o correctores.

A título orientativo exponemos una tabla con las limitaciones analíticas de las calizas para la fabricación de cemento :

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Alcalis	SO <sub>3</sub>	S <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>
< 13	< 6	< 3	> 45	< 3,5	< 1	< 0,7	< 0,3	< 0,1

Para mayor información ver el apartado 8.5.3.:Cementos.

\* Fabricación de cal

Para la fabricación de cal no existen especificaciones precisas respecto de las características de la caliza como materia prima.

La presencia de Magnesio, Hierro, Azufre y materias orgánicas tiene una gran importancia en la naturaleza del producto final.

La norma UNE 41-066 clasifica las cales como:

\* Cales aéreas:

- Cal dolomítica (cal gris) = MgO > 5%
- Cal grasa = MgO < 5%
- Cal viva
- Cal apagada, en polvo o en pasta

\* Cales hidráulicas:

- De bajo contenido en magnesia: MgO < 5%
- De alto contenido en magnesia: MgO > 5%

La norma UNE-41-067 clasifica la cal aérea como:

	CaO+MgO	CO <sub>2</sub>	Residuo tamiz UNE	
			0,2	0,08
- Cal aérea I	90%	5%	5%	10%
- Cal aérea II	60	5	15	-

La norma UNE-41-068 clasifica la cal hidráulica como:

	SiO <sub>2</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Residuos		Resist. Compres.
		Tamiz 0,2	Tamiz 0,08	
- Cal hidráulica I	20%	5%	20%	50 kg/cm <sup>2</sup>
- Cal hidráulica II	15	10	-	30
- Cal hidráulica III	10	10	-	15

CO<sub>2</sub> <5% para las tres calidades.



Para que una caliza sea de buena calidad se requiere unas propiedades físicas referidas al tipo de cristalinidad que hagan que durante la calcinación no tenga tendencia a decrepitar. En cuanto a su calidad química, se prefieren calizas con un alto contenido en Carbonato Cálcico, pero teniendo en cuenta que es necesaria la presencia de más de un 5% en arcillas para obtener cales hidráulicas. La composición química apta del material viene regida por el índice hidráulico.

El índice hidráulico es la proporción de los compuestos de Sílice, Aluminio y Hierro presentes en las arcillas en forma de silicatos y el Magnesio y Calcio de caliza expresados en porcentaje en peso de los óxidos correspondientes.

De este índice hidráulico depende fundamentalmente el tiempo de fraguado, pudiéndose clasificar las cales según el cuadro siguiente:

Naturaleza de productos	Índice Hidráulico	% Arcilla en la caliza primitiva	Tiempo de fraguado
Cal grasa	0,0 -0,1	0,0- 5,3	-
Cal débilmente hidráulica	0,1 -0,16	5,3- 8,2	16-30
Cal medianamente hidráulica	0,16-0,31	8,2-14,8	10-15
Cal propiamente hidráulica	0,31-0,42	14,8-19,1	5-9
Cal eminentemente hidráulica	0,42-0,5	19,2-21,8	2-4
Cal límite, cemento lento	0,5 -0,65	21,8-26,7	1-12
Cemento rápido	0,65-1,20	26,7-40,0	5-15

\* Papel y pulpa de papel

La caliza se emplea en la manufactura de pulpa de papel por medio del proceso del sulfito, en el cual el carbonato reacciona con el dióxido de azufre para obtener el bisulfito de calcio, que se utiliza como digestor de madera en la Torre del sistema Jønsen.

Un análisis típico de caliza para papel es el siguiente:

CO <sub>3</sub> Ca .....	96%
CO <sub>3</sub> Mg .....	4% máximo
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	<1%
SiO <sub>2</sub> .....	<1%
Materia orgánica .....	0%

Libre de piritas y escamas de micas y grafito.

Tamaño mínimo 6 cm.

\* Cargas blancas

La caliza, finamente pulverizada, tiene una importante aplicación como cargas inórganicas en numerosas industrias, exigiéndose que el material tenga un buen color blanco y una granulometría adecuada, tamaños de 200 mallas o más.

Los sectores en los que utilizan son:

- \* Cerámica
- \* Insecticidas
- \* Pinturas y pigmentos
- \* Papel
- \* Caucho
- \* Baldosas y pigmentos
- \* Papel
- \* Caucho
- \* Baldosas acústicas
- \* Asfaltos
- \* Productor de calafateado
- \* Papel de fumar
- \* Cosméticos
- \* Lapiceros
- \* Explosivos
- \* Alimentación
- \* Cubiertas de suelos
- \* Gravas y aceites
- \* Colas
- \* Cueros
- \* Linóleos
- \* Pulimentos de metales
- \* Jabón y detergentes
- \* Pasta dentrífica
- \* Tintas blancas
- \* Aislamientos de cables eléctricos

\* Vidrio

La caliza se emplea, bien en crudo o bien calcinada, como constituyente en el baño de vidrio, actuando como fundente, si bien el aporte de óxido de calcio aumenta la estabilidad química y mecánica del vidrio.

En general se exige que la caliza contenga un mínimo del 98% de Carbonato de Calcio y Magnesio, siendo muy importante la limitación de los óxidos de Hierro y materia orgánica que no deben exceder del 0,035% y 0,1% respectivamente. Los óxidos de Manganeso, Plomo, Azufre y Fósforo deben ser mantenidos al mínimo, sin que en ningún caso excedan del 0,1%. El residuo insoluble en ClH, incluyendo la Sílice debe ser menor del 1%.

Un análisis medio de Caliza empleado por Cristalería Española es el siguiente:

CaO .....	55,0%
MgO.....	0,2%
SiO <sub>2</sub> .....	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,1%
Insoluble en ClH .....	1,1%
Pérdida al fuego .....	43,6%

La granulometría debe ser tal que el material sea de tamaño inferior a 2 mm y no se presenten finos en cantidades importantes. (Ver apartado 8.5.8: Vidrio).

#### \* Metalurgia

La caliza se emplea en la metalurgia del hierro y de los metales no férreos, principalmente como fundente, aunque también se puede emplear, por sus características químicas, para que participe específicamente en una reacción química, como es el caso del proceso Bayer de obtención del Aluminio.

En general las especificaciones requeridas para las calizas en metalurgia son:

CO <sub>3</sub> Ca+CO <sub>3</sub> Mg .....	97,0%
S .....	0,1%
P .....	0,02%
SiO <sub>2</sub> .....	1,0%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	1,5%

#### \* Tratamiento de azúcares

La caliza se emplea para purificar el zumo de la remolacha azucarera. Se precisa para esto una caliza muy pura, con las siguientes características:

CO <sub>3</sub> Ca .....	96-97,0%
SiO <sub>2</sub> .....	1,0% máximo
CO <sub>3</sub> Mg .....	4,0% "
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,5% "

#### - Desulfuración de los gases de combustión

El azufre se puede eliminar antes, durante o después de la combustión. El procedimiento más generalmente utilizado es la eliminación del azufre en los gases de salida. Este proceso puede llevarse a cabo por vía seca o húmeda. El más empleado es el de vía húmeda, en el que la caliza actúa como reactivo absorbente en forma de carburo de calcio y en mezclas y lechadas de cal o caliza.

Las principales exigencias en cuanto a la calidad de la caliza se refieren a la calidad química, reactividad y contenido en residuos insolubles.

CO <sub>3</sub> Ca .....	85-95,0%
CO <sub>3</sub> Mg .....	0-5,0%
Inertes .....	5,0% máximo

\* Calizas como correctores de suelos en agricultura

El efecto de la adición de encalantes al suelo viene determinado por:

- Ca o Mg que se aportan; suele expresarse como elementos (Ca, Mg), como óxidos (CaO, MgO) o como carbonato de calcio equivalente (C.C.E.).

C.C.E. calcita	= 100
C.C.E. magnesita	= 118
C.C.E. dolomita	= 108,6

- Elementos metálicos pesados que se aportan indeseadamente, Pb, Hg, Cd, Cr, ...
- Granulometría: afecta a la rapidez de la neutralización y a la homogeneidad de su disposición sobre el terreno.
- Valor neutralizante: número que representa la cantidad de CaO que tendría la misma capacidad de neutralización que 100 Kg del producto considerado.
- Rapidez del efecto neutralizante. Los productos cálcicos presentan una neutralización rápida y los magnésicos más lenta y duradera. Se mide por la solubilidad carbónica: % de producto disuelto en una solución saturada de gas carbónico.

Como valores generales se puede tomar:

C.C.E.	) 80%
V.N.	) 45%
Solub. carbónica	) 45%

No existe normativa española al respecto, pudiendo tomarse como referencia las normas francesas (NF-U-44-001, 44-001, 44-173 y 44-174).

A continuación se ofrecen datos obtenidos sobre calizas de la Formación "Calizas de Vegadeo". (I.G.M.E. 1985-f).

Ca	Mg	P	Cr	Pb	Cd	S.C.	C.C.E.	V.N.
%	%	%	(ppm)	(ppm)	(ppm)			
34,3	0,37	0,0018	-	36	61	60,62	94	56
36,7	0,16	0,0043	6	36	-	62,5	91,0	55,7

Ensayos generales sobre calizas

Los ensayos preliminares más utilizados son:

- Análisis químico completo
- Comportamiento ante la calcinación
- Reactividad

Con posterioridad dependiendo del campo de utilización se realizan otros ensayos como el de blancura, alcalinidad, residuo insoluble, etc.

En el caso de su utilización en ornamentación los ensayos son más específicos, realizándose ensayos de pulido, choque térmico y todos los normalizados que aparecen detallados en el apartado 8.5.1.: Rocas ornamentales.

#### Normativa

Ver normativa general de áridos en 8.5.2., cementos en 8.5.3., cales en 8.5.4.

Otras normas para distintos ensayos son :

- UNE-70-94-55 Método para la determinación de la humedad en cales y calizas.
- UNE-70-95-55 Método para la determinación del anhídrido silícico y del residuo insoluble, de los óxidos de aluminio y hierro, del óxido de calcio y del óxido de magnesio en cales y calizas.
- UNE-70-96-55 Método para la determinación del anhídrido sulfúrico en cales y calizas.
- UNE-70-97-55 Determinación del azufre total en cales y calizas.
- UNE-70-98-55 Determinación del óxido manganeso en cales y calizas.
- UNE-70-99-56 Determinación de la pérdida por calcinación, del contenido en anhídrido carbónico y del agua total en cales y calizas.
- UNE-73-52-75 Determinación de sodio en minerales de hierro, escorias y calizas mediante la técnica de absorción atómica.
- UNE-73-53-75 Determinación de potasio en minerales de hierro, escorias y calizas.
- UNE-73-58-78 Determinación de plomo en minerales de hierro, escorias y calizas, mediante la técnica de absorción atómica.
- UNE-73-59-78 Determinación del cobre en minerales de hierro, escorias y calizas, mediante la técnica de absorción atómica.
- UNE-73-59-78 Determinación de cinc en minerales de hierro, escorias y calizas.
- ASTM D75-79 Ensayo a la abrasión Los Angeles.
- ASTM D 3-18 Resistencia al impacto.
- ASTM C88-61 Resistencia a los agentes atmosféricos.

Como se menciona para el caso de las dolomías, para muchos de los usos no existen normativas en España, estando en estudio el proyecto de normativa realizado por el I.G.M.E., en el que se incluyen además de las ya citadas, las siguientes:

- Calizas para purificación de azúcares.
- Calizas para alimentación animal.

#### **8.4.6.- Caolín**

Los caolines son rocas caracterizadas por un significativo contenido de minerales de la familia de las Kanditas:

- Caolinita, nacrita y dickita
- Haloisita y metahaloisita

La caolinita, caolinita + haloisita y haloisita son los principales componentes de los depósitos comerciales, a los que acompañan cantidades variables de cuarzo, feldespatos, micas, otras arcillas, alunita, óxidos de hierro y titanio, etc.

Los yacimientos, a grandes rasgos, pueden ser de dos tipos:

- Primarios, desarrollados "in situ" mediante meteorización en clima tropical húmedo, por alteración hidrotermal o por acción de solfataras.

Las principales rocas que al caolinizarse pueden proporcionar concentraciones explotables son: Rocas graníticas s.l., rocas metamórficas gneísicas, rocas volcánicas ácidas, areniscas grauváquicas y arcósicas y pizarras sericiticas.

- Secundarios, en los que el material original ha sufrido un proceso de transporte y posterior sedimentación. En este grupo se incluyen los caolines sedimentarios s.s., arenas caoliníferas, "ball clays", "fireclays" y "flint clays".

El término "ball clay" alude a arcillas caoliníferas muy plásticas, fácilmente dispersables en agua y color blanco en cocción, si bien su color natural es oscuro. Presentan un buen módulo de ruptura.

El término "fireclay" presenta distintas acepciones. La más amplia incluye en este grupo a las arcillas de cocción no blanca y fusión superior a 1.520°C.

Los "flint clays" o caolines pétreos son arcillas duras, masivas, no plásticas y con fractura concoidea. Están constituidas por caolinita muy pura y cristalizada en tamaños de partícula extremadamente finos. Son arcillas refractarias de alto grado.

#### Composición y propiedades

La caolinita es un silicato aluminico hidratado, de fórmula  $2\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{H}_2\text{O}$
46,5	39,5	14

La distribución y forma de las partículas en apilamientos de placas microscópicas pseudo hexagonales de la caolinita, son algunas de las características que controlan sus propiedades reológicas. La estructura cristalina es resistente al ataque químico por lo que se convierte en una carga blanca de alto interés industrial. Otras propiedades de interés son:

- Blancura, afectada por la presencia de óxidos.
- No toxicidad
- Tamaño de partículas (63  $\mu$ )
- Superficie específica
- Poder cubriente
- Refractariedad
- Poder absorbente y adherente

#### Explotación y procesado

La mayor parte de los depósitos de Caolín se encuentran cerca de la superficie, por lo que su extracción se realiza a cielo abierto, con medios mecánicos convencionales, si bien en algunos casos se utilizan métodos hidráulicos removiendo el material con chorros de agua y extrayendo la suspensión por bombeo. En explotaciones subterráneas la extracción suele realizarse por el método de cámaras y pilares.

Aunque el caolín natural puede ser utilizado directamente (refractarios), el caolín comercial de alta calidad se obtiene por vía húmeda con los siguientes pasos habituales:

- Dispersión
- Eliminación de la fracción gruesa (>44  $\mu$ )
- Separación por fracciones por centrifugación
- Deslaminación de las fracciones gruesas y posterior fraccionamiento por centrifugación.
- Separación de impurezas por flotación, floculación o separación magnética.
- Tratamiento químico para aumentar blancura
- Filtración (eliminación de agua y sales solubles) hasta conseguir una concentración del 60% en sólidos.
- Secado y pulverizado, o formación de barbotinas de alta concentración en caolín (70% en sólidos) o calcinación.
- Envasado

#### Usos y especificaciones

Se utiliza este material en numerosos procesos industriales, siendo los principales los siguientes:

- Fabricación de papel, como cargas
- Cerámica fina y refractarios
- Industria del Caucho
- Plásticos
- Cargas en pinturas
- Cementos blancos
- Etc.

Algunas especificaciones más utilizadas en estos sectores son:

- Cargas en Papel
  - \* Índice de blancura superior al 80%
  - \* Granulometría, un 50% mínimo menor de 2 micras
- Cerámica
  - \* Índice de blancura mayor del 80%
  - \* Porcentaje de  $Fe_2O_3+TiO_2$  menor del 1% en porcelana
  - \* Porcentaje de  $Fe_2O_3+TiO_2$  menor del 3% en gres
- Industria del Caucho
  - \* Porcentaje de volátiles del 2% máximo
  - \* Porcentaje de materias solubles del 3% máximo
  - \* Pérdida al fuego 6-14%
  - \* Porcentaje de Cu de 0,005% máximo
  - \* Porcentaje de Mn de 0,05% máximo
- Pinturas
  - \* Porcentaje de volátiles del 2% máximo
  - \* Porcentaje de materias solubles del 0,5% máximo
  - \* Pérdida al fuego 10-14%
- Cargas blancas
  - \* Índice de blancura mayor del 85%
  - \* Viscosidad Brookfield 600 cp
  - \* Granulometría 75% mínimo menor de 2 micras

Ensayos

Los ensayos más comunes son los siguientes:

- Análisis químico y difracción de R-X sobre muestra total, fracción (64 μ, (20 μ, (2 μ.
- Granulometría
- Abrasividad
- Blancura y amarilleamiento
- Viscosidad Brookfield
- Poder defloculante
- Velocidad de formación de espesor
- Resistencia mecánica en seco y cocido
- Absorción de agua
- Contracción

Normativa

No existe ningún tipo de normativa en nuestro país referente al Caolín (Ver apartados 8.5.6.:Refractarios y 8.5.7.:Lozas y porcelanas).

Un Caolín tipo, producido por Caosil, utilizado en la fabricación de papel, presenta las siguientes características:

## Granulometría

> 53 micras .....	0,057%
> 10 micras .....	13%
< 2 micras .....	53%

## Análisis mineralógico

Caolín .....	93%
Cuarzo .....	5%
Mica .....	2%

## Propiedades de aplicación

Abrasión .....	10,3 mg
Blancura .....	87,9%
Brillo .....	91,1%

Caolín cerámico

## Análisis mineralógico

Caolín .....	87%
Cuarzo .....	9%
Mica .....	4%

## Propiedades de aplicación

Blancura después de cocción a 1180°C .....	92,5%
Absorción .....	22,8%
Contracción .....	3,7%

## Granulometría

>53 micras .....	1,2%
>10 micras .....	24 %
< 2 micras .....	44 %



#### 8.4.7.- Cuarcita y Arenisca

Las cuarcitas son, en su acepción más general, rocas metamórficas, formadas casi exclusivamente por cuarzo. Derivan habitualmente del metamorfismo sobre areniscas y en menos ocasiones tienen un origen metasomático.

Existe una total gradación entre areniscas y cuarcitas, función del grado de metamorfismo sufrido.

##### Usos

- La cuarcita es considerada como un abrasivo silíceo natural de grado intermedio, siendo utilizada en muelas abrasivas, molinos de bolas, etc...
- Como árido natural o árido de machaqueo.
- La cuarcita es utilizada asimismo en manufactura de refractarios de sílice y metalurgia.
- Las areniscas son utilizadas fundamentalmente como abrasivos y como roca de construcción.

##### Ensayos

- Petrografía
- Análisis químicos
- Ensayos para áridos y refractarios

##### Normativa

Ver normativa general para áridos (8.5.2.), refractarios (8.5.6.) y rocas de construcción (8.5.1.).

#### 8.4.8.- Cuarzo

El cuarzo,  $\text{SiO}_2$ , es el más abundante de todos los minerales en la naturaleza y aparece ampliamente distribuido como constituyente de numerosas rocas ígneas, metamórficas, sedimentarias, ..., masivo, en diques y filones, cristalizado, etc.

Existe una gran variedad de formas del cuarzo:

- \* Variedades cristalinas: cristal de roca, amatista, cuarzo rosado, cuarzo ahumado, cuarzo citrino, cuarzo lechoso, ojo de gato, cuarzo rutilado, venturina, ...
- \* Variedades criptocristalinas:
  - Fibrosas: Calcedonia, cornalina, ágata, ónice, heliotropo, ...
  - Granulares: Sílex y pedernal, jaspe, ...

##### Composición y propiedades

Si	O	Dureza	Peso Esp.	Índice de Refracción
46,7	53,3	7	2,65	1,54-1,55

Entre todos los minerales, el cuarzo es el más próximo a un compuesto químico puro, presentando propiedades físicas constantes.

El cuarzo, también conocido como  $\alpha$ -Cuarzo o cuarzo bajo, es uno de los seis polimorfos conocidos de sílice, estable por debajo de  $573^{\circ}\text{C}$ .

Entre las propiedades más interesantes del cuarzo figuran la piroelectricidad y piezoelectricidad.

#### Usos

La mayor parte del cuarzo consumido en la industria (vidrio -ver especificaciones en apartados 8.5.8. abrasivos, arenas de moldeo, filtros, ...) procede de depósitos sedimentarios (arenas, gravas, areniscas, ...) así como de cuarcitas y son descritos por separado.

- El cuarzo masivo, procedente de depósitos pegmatíticos, venas, etc. cumple los requisitos de pureza para ser utilizado en manufactura de vidrios especiales, vidrio en general y es asimismo utilizado para productos refractarios, procesos metalúrgicos. (Manufactura de silicio metálico, ferroaleaciones ...), etc.
- Los cristales de cuarzo de alta calidad son utilizados en electrónica (osciladores piezoeléctricos, etc.). Deben estar libres de defectos estructurales, maclas, impurezas o inclusiones. El uso de cristales naturales ha sido crecientemente suplantado por cuarzo sintético.

En óptica es utilizado en lentes para microscopios petrográficos, espectroscopia, etc.

- Las variedades cristal de roca (inoloro), amatista (púrpura-violeta), ahumado (pardo-oscuro a negro), rosado, citrino (amarillo), venturina (cuarzo con escamas de oligisto o mica), ..., son utilizadas como gema. En general las variedades criptocristalinas y especialmente el ágata son apreciadas como minerales ornamentales.
- Las diferentes variedades de cuarzo son utilizadas como abrasivos de grado intermedio.

#### Ensayos

- Análisis químico y mineralógico

#### 8.4.9.- Diabasas y Ofitas

Las diabasas son rocas de composición mineralógica idéntica a la de los gabros, es decir, formadas esencialmente por plagioclasas y piroxenos, en particular augita, pero de yacimientos filonianos o subvolcánicos. Las diabasas se caracterizan por su estructura ofítica, que consiste en un entrecruzado de cristales aplanados de plagioclasa en cuyos intersticios se encuentran piroxenos en grandes placas que incluyen cristales de plagioclasa.

El término "ofita" se aplica a las rocas volcánicas básicas asociadas a fenómenos de diapirismo pero que petrológicamente corresponden a diabasas con textura ofítica.

#### Propiedades y usos

Su compacta textura hace de las diabasas una roca muy dura, tenaz, y muy resistente a la alteración. Son rocas duras, pero debido a la ausencia de cuarzo o a su muy pequeña proporción, no resultan abrasivas a la maquinaria.

Poseen una densidad de 2,8 a  $3,1 \text{ gr/cm}^3$ , resistencia a compresión alta ( $1800-2500 \text{ Kp/cm}^2$ ) y conductibilidad térmica de  $500 \text{ a } 560 \times 10^5 \text{ cal/s/cm}$ .

Su utilización fundamental se efectúa en el campo de los áridos de trituración (agregados de hormigón, carreteras, balasto); modernamente se aplican como agregados de alta densidad en blindajes de hormigón de reactores nucleares. También se pueden utilizar, aunque es poco frecuente, como roca de construcción (ornamental, sillería, revestimientos).

#### Análisis y ensayos

Ensayos habituales en rocas ornamentales y áridos.

#### Normativa

Ver normativa general en apartados 8.5.1.:Rocas ornamentales y 8.5.2.:Aridos.

#### **8.4.10.- Dolomía**

Las dolomías son rocas compuestas fundamentalmente de dolomita, carbonato doble de Calcio y Magnesio, cuya fórmula es  $(\text{CO}_3)_2\text{CaMg}$ , con un contenido de 54,3% de  $\text{CO}_3\text{Ca}$  y 45,7% de  $\text{CO}_3\text{Mg}$ .

Generalmente se encuentra asociado a la Caliza, con la que forma una serie de transición continua, con la siguiente distribución:

Dolomía	90%	10%
Dolomía calcárea	50-90%	10-50%
Caliza dolomítica	10-50%	50-90%
Caliza magnesiana	5-10%	90-95%
Caliza	5%	95%

El porcentaje de  $\text{MgO}$  tiene una influencia decisiva en la mayoría de las aplicaciones, requiriéndose en general un 20% de  $\text{MgO}$ .

Las dolomías poseen un amplio mercado en las más variadas aplicaciones industriales. Se aprovechan tanto sus propiedades físicas como químicas o ambas conjuntamente.

#### Usos y especificaciones

El campo de utilización de las dolomías es muy amplio y variado y, por tanto, las especificaciones varían de acuerdo al uso al que se destina el producto.

Los sectores que mayor volumen de dolomía utilizan actualmente, son el de la construcción, fundamentalmente como árido de trituración, con un porcentaje próximo al 66% del tonelaje total extraído, el de la fabricación de vidrio y como fundente en procesos siderúrgicos.

Aunque como ya se ha dicho el mayor porcentaje en este sector corresponde a los áridos de trituración, también se utiliza la dolomía como roca ornamental, incluyéndose en la denominación comercial de mármol y por tanto debiendo cumplir las especificaciones exigidas para este material para sus distintos usos tanto en interiores como en exteriores.

- Por lo que respecta a los áridos, utilizados generalmente en la fabricación de hormigón, las especificaciones son muy diversas y a menudo no demasiado estrictas, prestándose siempre especial atención a la presencia de sustancias perjudiciales tales como terrones de arcilla, yeso, piritas, feldespatos y rocas friables y porosas en exceso. (Ver apartado 8.5.2.).

- En la fabricación del vidrio la dolomía entra a formar parte del baño de vidrio, bien en crudo o bien calcinada, actuando como fundente. La materia prima ha de ser de gran pureza y homogeneidad en su composición y sin elementos considerados como perjudiciales. (Ver apartado 8.5.8.).

Aunque hay distintas especificaciones para los distintos tipos de vidrios, ya sean planos, generalmente incoloros, o verdes y especiales, las especificaciones generalmente exigidas en España se pueden resumir en las exigidas por Cristalería Española:

SiO <sub>2</sub> .....	0,3% máximo
MgO .....	20,49% + 0,4%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,13% máximo
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,3% máximo
CaO .....	32,68% + 0,4%
Humedad .....	2,0% máximo
Pérdida al fuego .....	47,31% + 0,3%
Retenido en tamiz de 2 mm .....	1,5% máximo
Retenido en tamiz de 0,1 mm ...	88% máximo

Un análisis medio de una dolomía empleada por esta empresa es el siguiente:

CaO .....	32,5%
MgO .....	20,5%
SiO <sub>2</sub> .....	0,3%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,28%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	0,12%
Pérdida al fuego .....	47,2%
Insoluble en ClH .....	0,75%

- La dolomía como refractario se utiliza en tres formas: dolomía cruda, calcinada o calcinada a muerte (Ver apartado 8.5.6.:Refractarios).

Se exige que la dolomía contenga más del 20% de carbonato de Magnesio, menos del 0,05% de Azufre y menos del 2% de Sílice, siempre en tamaños menores de 2 cm.

La forma más utilizada es la dolomía a muerte, también denominada tostada o sinterizada, que se utiliza en el tapizado de hornos altos y en crisoles de fusión de metales no férreos.

Las especificaciones para los tres tipos de dolomía son las siguientes:

	Dolomía cruda	Dolomía calcinada	Dolomía tostada
$\text{CO}_3\text{Mg}$	>20%	>20%	>35%
$\text{SiO}_2$	< 2%	< 2%	< 1%
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$	-	-	< 1,5%
S	< 0,05%	-	-
Tamaño	< 2 cm	< 2 cm	< 1 cm

### Ensayos

Los análisis y ensayos tecnológicos básicos que se utilizan para la caracterización y estudio de las dolomías son:

- Análisis químico completo, mediante el cual se determinan porcentajes tales como  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , S,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  que son consideradas como impurezas en numerosos procesos industriales. También se determinan los porcentajes de CaO y MgO, fundamentales para determinar su posible utilización.
- Comportamiento ante la calcinación, que determina la tendencia del material a decrepitar, con la consiguiente formación de finos y producción de interferencias en los procesos industriales.
- La reactividad, que da una idea general de sus propiedades como producto acabado, calculando el porcentaje de CaO y MgO útil.
- En el sector de la construcción se determinan fundamentalmente la resistencia al desgaste, mediante el ensayo Los Angeles, la resistencia a la meteorización con el ensayo de heladicidad, siendo también utilizados generalmente la determinación de la porosidad, la densidad y la capacidad de absorción de agua.

Para ciertas aplicaciones se requieren ensayos especiales, si los preliminares han sido satisfactorios. Entre estos se encuentran el de Alcalinidad, Blancura, Determinación del residuo insoluble en ácido, muy importante en el sector del vidrio.

### Normativa

Actualmente no existe ningún tipo de Norma española para la dolomía, guiándose las distintas industrias que la utilizan bien por normativa extranjera o bien por especificaciones propias de las distintas industrias.

Recientemente se ha realizado por I.G.M.E. un borrador de Normas UNE para Calizas y Dolomías en el que se recogen las siguientes propuestas:

- Dolomías para refractarios
- Calizas y Dolomías para espolvoreo de minas de Carbón
- Calizas y Dolomías para cargas blancas, Cerámica
- Calizas y Dolomías para refractarios
- Calizas y Dolomías para cargas blancas, Caucho
- Dolomías para fabricación de papel
- Calizas y Dolomías para vidrio
- Calizas y Dolomías para corrección de suelos

Ver normativas generales en apartados: 8.5.2: Áridos, 8.5.6: Refractarios y 8.5.8: Vidrio.

#### 8.4.11.- Dunitas y Olivino

La dunita es una roca ultrabásica compuesta por más del 95% de olivino, y cuya composición química corresponde a un silicato de magnesio y hierro. Puede suceder que una dunita sea exclusivamente silicato de hierro (fayalita) o silicato de magnesio (forsterita), existiendo mezclas de ambas en todas las proporciones. El olivino con más del 15% de fayalita y menos del 85% de forsterita es inutilizable en la industria ya que el aumento del contenido de hierro disminuye sus propiedades refractarias.

##### Usos y aplicaciones

Las dunitas pueden utilizarse como sustitutivo de la dolomía en el horno alto y como aditivo en los procesos de sinterización; debe contener más del 30% de MgO y poca agua de hidratación. También pueden utilizarse en el campo de los áridos de trituración e incluso como roca ornamental.

El olivino conoce aplicaciones como fundente en siderurgia, arena de moldeo (fundiciones de latón, bronce, aluminio y magnesio), refractarios (ladrillos de forsterita), aislante eléctrico, pastas de forsterita vitrificada y pastas de bajas pérdidas.

##### Análisis y ensayos

La información básica sobre utilización y calidad siderúrgica de las dunitas viene dada por los siguientes ensayos:

- Análisis químico
- Granulometría
- Caracterización termogravimétrica (análisis termogravimétrico).

La caracterización completa de una dunita a utilizar como carga directa en horno alto precisa (CENIM):

- Granulometría
- Composición química
- Decrepitación en atmósfera oxidante
- Degradación a baja temperatura (DBT)
- Reductibilidad estática
- Reductibilidad dinámica (LINDER)
- Abrasividad (tambor MICUM)
- Análisis termogravimétrico
- Hinchamiento
- Porosidad
- Temperatura de reblandecimiento
- Temperatura de fusión

Como aditivo en sinterización precisa (CENIM):

- Contenido en hierro total
- Producción unitaria de sinter útil en  $T/m^2/24$  h
- Consumo específico de coque en Kg/T sinter útil
- Dureza en tambor ASTM 6,35 mm
- % de S en sinter
- % de F en sinter
- Degradación en caliente y en frío y medida del índice de resistencia respectiva.

Los ensayos de caracterización del olivino como arena de moldeo son los siguientes:

- Análisis mineralógico y químico
- Granulometría y degradación granulométrica
- Gases en termobalanza
- Refractariedad (puntos de reblandecimiento y de fusión)

Como refractario (ladrillos de forsterita), se tienen los siguientes análisis y ensayos (recogidos en Norma UNE-61-027-75).

#### Ensayos químicos

- Análisis químico
- Humedad higroscópica
- Humedad total
- Resistencia al ataque químico
- Determinación de las sales solubles

#### Ensayos físicos

- Granulometría
- Superficie específica
- Densidad real, aparente y de empaquetamiento
- Porosidad total y porosidad abierta
- Capacidad de absorción de agua
- Permeabilidad a los gases

#### Ensayos mecánicos

- Resistencia a compresión en frío
- Resistencia a flexión en frío
- Resistencia a tracción en frío
- Resistencia a la abrasión
- Ensayo de adherencia
- Refractariedad bajo carga constante y temperatura creciente
- Ensayo de fluencia
- Refractariedad (C.P.E.)
- Resistencia a los cambios bruscos de temperatura
- Dilatación térmica lineal reversible
- Variación permanente de dimensiones
- Contracción de secado
- Conductividad térmica

Para mayor información se remite al apartado 8.5.6: Refractarios

#### **8.4.12.- Esquistos**

Bajo el término "esquisto" se engloba un conjunto muy variado de rocas en cuanto a su composición mineralógica, cuyo denominador común lo constituye el hecho de tratarse de rocas formadas por metamorfismo regional de distinto grado, muy esquistosas, por lo general con lineación y en ellas los granos son lo suficientemente grandes para permitir la identificación macroscópica de los minerales componentes. El bandeado por segregación es, en general, prominente.

#### Usos

Tanto su composición mineralógica y química como la laminación que ofrecen, que permite su disgregación en placas, marcan las variadas aplicaciones de estos minerales. Así, se utilizan en la industria de la construcción como roca de sillería y revestimiento, generalmente de carácter rústico; en la industria del cemento y derivados; en ladrillería y como aislante. En el campo de los áridos pueden utilizarse como áridos de compactación previo estudio de sus propiedades (forma, tamaño de partículas,

alterabilidad, etc.).

#### Análisis y ensayos

- Estudio petrográfico
- Análisis mineralógico
- Análisis químico

#### Normativa

Ver normas generales para Rocas ornamentales en apartado 8.5.1. y áridos en 8.5.2.

#### **8.4.13.- Gneis**

Son rocas producidas por metamorfismo regional de grado elevado, constituidas esencialmente por cuarzo y feldespatos con cantidades menores de micas y minerales ferromagnésicos; su esquistosidad es discontinua y muy mal definida. En ellos es característica la separación de los componentes siálicos (cuarzo y feldespatos) de los ferromagnésicos (biotita, piroxenos y anfíboles), en pequeños niveles lenticulares de color alterno claro y oscuro, paralelos a la esquistosidad de la roca.

#### Propiedades y usos

Los gneis presentan fisibilidad irregular, según superficies más separadas que los esquistos. Su peso específico oscila entre 2,5 y 2,7 T/m<sup>3</sup>; su resistencia a la compresión simple puede variar entre, aproximadamente 800 y 3300 Kp/cm<sup>2</sup> y su conductibilidad térmica es del orden de 400 x 10<sup>-5</sup> cal/s/cm.

La utilización industrial de los gneises se efectúa fundamentalmente en el campo de las rocas de construcción (roca ornamental, roca de sillería, revestimientos) y en el de los áridos (hormigón, carreteras, balasto).

#### Análisis y ensayos

Los análisis y ensayos a realizar según el uso que se pretenda dar al gneis, son análogos a los enumerados anteriormente para otras rocas industriales. Ver apartados 8.6.1.:Rocas ornamentales y 8.6.2.:Aridos

#### **8.4.14.- Granitos**

Los granitos, en sentido amplio, constituyen una familia de rocas ígneas intrusivas formadas, fundamentalmente, por feldespatos alcalinos y cuarzo. No obstante, la denominación comercial de granito, en particular el granito ornamental, abarca un conjunto de rocas mucho más extenso. Así, la norma UNE-22-170-85 engloba bajo la denominación de granito "el conjunto de rocas ígneas compuestas por diversos minerales, que se explotan generalmente en forma de bloques de naturaleza coherente y se utilizan en la construcción para decoración, es decir, se aprovechan sus cualidades estéticas una vez elaboradas con procedimientos tales como aserrado, pulido, labrado, esculpido, etc."

Bajo el punto de vista comercial, los granitos ornamentales pueden dividirse en dos grandes grupos, en función de la proporción de minerales máficos o félsicos presentes:

- Granitos claros (granitos, adamellitas, granodioritas, sienitas).
- Granitos oscuros (gabros, dioritas, incluso rocas volcánicas).



Usos

Las aplicaciones del granito se encuentran en el campo de las rocas de construcción y en el de los áridos. Como piedra de construcción puede utilizarse en revestimientos, interiores o exteriores, peldaños, pavimentos, sillares, bordillos, adoquines, monumentos, etc. El granito fragmentado se utiliza como árido (hormigones, agregados asfálticos, finos de carreteras), balasto, escolleras, rellenos.

Análisis y ensayos

Los ensayos a realizar en estas rocas dependen del destino comercial que se pretenda darles; según se utilicen en el campo de las rocas ornamentales o de construcción o en el de los áridos se tiene:

Roca de construcción (revestimientos, pavimentos, sillería)

Ver ensayos generales para rocas ornamentales en apartado 8.4.1.

El resultado de estos ensayos permite determinar el comportamiento de cada material, por lo que sus características indican su aplicación óptima. La importancia de los ensayos más relevantes según la aplicación de que se trate se indica en el cuadro siguiente:

	A	B	C	D	E
M. Volúmica	XX	XX	XX	X	X
Absorción	XX	X	XX	X	X
R. Compresión	XX	X	XX	X	XX
R. Flexión	XX	X	XX	XX	XXX
R. Choque	X		XXX	XX	XXX
R. Heladas	XXX	X	XXX	X	XX
R. Desgaste	X	X	XXX	XX	XXX
Choque Térmico	XXX	X	XXX	X	XX

A .....	Revestimientos Exteriores
B .....	Revestimientos Interiores
C .....	Pavimentos Exteriores
D .....	Pavimentos Interiores
E .....	Peldaños
XXX .....	Muy importante
XX .....	Importante
X .....	Poco importante

Fuente: I.G.M.E. Granitos de España

Aridos

Ver ensayos generales para áridos en apartado 8.5.2.

Normativa

Ver normativas para Rocas Ornamentales en apartado 8.5.1. y para Aridos en apartado 8.5.2.

**8.4.15.- Magnesita**

Es la principal fuente natural de magnesia ( $MgO$ ). Químicamente es carbonato magnésico ( $MgCO_3$ ), apareciendo en la naturaleza bajo dos formas:

- Magnesita cristalina o macrocristalina.
- Magnesita criptocristalina, amorfa o masiva.

La magnesita cristalina se forma comúnmente en asociación con dolomías por procesos de reemplazamiento de calizas.

La magnesita amorfa aparece como producto de alteración de rocas ultrabásicas, fundamentalmente serpentinitas, y, cuando se ha producido una alteración completa, tiende a ser muy pura e importante comercialmente.

Además de estas formas, principales fuentes de obtención de magnesia ( $MgO$ ), ésta también se obtiene industrialmente de las aguas del mar y las salmueras.

Las impurezas más usuales que contiene la magnesita natural son: Carbonato cálcico, óxidos de hierro, sílice, alúmina y boro, que en parte van a condicionar sus exigencias, usos y especificaciones industriales.

La magnesita natural suele comercializarse bajo dos calidades diferentes:

- Magnesita calcinada o magnesita cáustica (óxido de magnesio con pequeñas cantidades de  $CO_2$ ). Utiliza como material de base ambas magnesitas (cristalina y amorfa) calcinadas a temperaturas entre  $700^{\circ}C$  y  $1000^{\circ}C$ .
- Magnesita calcinada "a muerte", magnesita sinterizada o clinker de magnesia. Su material base es exclusivamente la variedad cristalina que, calcinada entre  $1500^{\circ}$  y  $2000^{\circ}C$ , adopta una estructura similar al óxido de magnesio natural (muy escaso), la periclasa, cuyo punto de fusión es de  $2.800^{\circ}C$ , siendo por tanto un buen refractario.

Propiedades físicas, químicas y tecnológicas

<u>Composición Química</u>	<u>Tipos minerales</u>	<u>Dureza</u>	<u>Densidad aparente</u>
Mg CO <sub>3</sub> (47,8% MgO, 52,2% CO <sub>2</sub> )	Cristalina	3,5-4	3,02
	Masiva	3,5-5	2,9-3,0

<u>Procesos</u>	<u>Producto</u>	<u>Demanda tecnológica</u>
1. Calcinación 700-1.000 <sup>o</sup> C	Magnesita calcinada	MgO ) 43 % CaO ( 4,5%
2. Calcinación 1.500 <sup>o</sup> -2.000 <sup>o</sup> C	Magnesita calcinada "a muerte"	MgO ) 43 % CaO ( 2,5% SiO <sub>2</sub> ( 2 %

Usos y especificaciones

El principal uso de la magnesita es la preparación de magnesita calcinada y magnesita calcinada a muerte, como productos para utilización directa en la industria, en forma de magnesia, ya que funde a elevada temperatura, tiene una elevada densidad aparente y mayor dureza que el carbonato magnésico.

Los usos principales para magnesitas cáusticas, preparadas a partir de magnesitas naturales son en agricultura (nutrición animal y fertilizantes) construcción (cementos magnésicos y aislantes), procesamiento de pulpa de papel y refractarios básicos, dedicándose las altas calidades a la industria química, farmacéutica y endurecimiento de cauchos.

La magnesita calcinada "a muerte" se utiliza para la fabricación de ladrillos refractarios para la siderurgia y en instalaciones de manufacturado de ácido sulfúrico.

Las magnesias para materiales refractarios han de cumplir, como mínimo las siguientes especificaciones:

- Alto contenido en MgO (>95%)
- Bajo contenido en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (<1%)
- Relación CaO/SiO<sub>2</sub> >2
- Altas densidades aparentes (>3,4 gr/cm<sup>3</sup>)
- Bajo contenido en Boro

Las nuevas tecnologías, no obstante, consideran muy ambiguos estos parámetros dados para la magnesia y las exigencias actuales de la industria, las han dividido en dos grados, cuyos parámetros medios para MgO derivados de magnesitas naturales son los siguientes:

Magnesitas de primer grado

<u>MgO</u>	<u>CaO</u>	<u>SiO<sub>2</sub></u>	<u>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u>	<u>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u>	<u>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u>	<u>CaO/SiO<sub>2</sub></u>	<u>Dens. aparente</u>	<u>Porosidad</u>	<u>Tamaño grano</u>
>97	2	0,55	0,65	0,04	<0,01	3,66	3,42	<2,5%	0,5-4 mm

Magnesias de segundo grado a partir de magnesitas criptocristalinas \*

<u>MgO</u>	<u>CaO</u>	<u>SiO<sub>2</sub></u>	<u>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u>	<u>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u>	<u>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u>	<u>CaO/SiO<sub>2</sub></u>	<u>Dens. aparente</u>
91,5-	1,5-	1,25-	0,08-	0,04-			
					(0,01	0,36-1,7	3,3-3,45
96,6	2,2	5,5	0,072	0,25			

Magnesias de segundo grado a partir de magnesitas macrocristalinas \*

<u>MgO</u>	<u>CaO</u>	<u>SiO<sub>2</sub></u>	<u>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u>	<u>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u>	<u>B<sub>2</sub>O<sub>3</sub></u>	<u>CaO/SiO<sub>2</sub></u>	<u>Dens. aparente</u>
87-	0,8-	0,5-	0,4-	0,15-			
					(0,01	0,22-4,8	3,15-3,40
98	3,1	5,8	8	1,6			

\* Fuente: Industrial Minerals, Febrero 1987

Análisis a realizar sobre magnesitas naturales

- Análisis químico con determinación de MgO, SiO<sub>2</sub>, CaO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Co<sub>2</sub>.
- Análisis mineralógico con determinación de magnesita, dolomita, calcita y cuarzo.
- Calcinación "a muerte" de la magnesita para estudio de calidades.
- A.T.D. y A.T.G.

Normativa

Ver normativa general de productos refractarios en apartado 8.5.6.

**8.4.16.- Mármol y Serpentinita**

Se define el Mármol como una roca metamórfica, constituida por un mosaico de cristales de Calcita (CO<sub>3</sub>Ca) y/o Dolomita ((CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CaMg), presentando a menudo otros minerales metamórficos en proporciones variables.

Esta sería la definición en sentido estricto, sin embargo en sentido comercial el término es mucho más amplio, ya que se incluyen también otra serie de materiales como son las Serpentinitas, las Falsas A-gatas, el Onice, algunas calizas y el travertino.

El más importante en volumen son las Serpentinitas, rocas que se generan por la hidratación de rocas olivínicas (Peridotitas generalmente). El aspecto de este material es muy variado por la heterogeneidad que presenta debido a su propia génesis. Como roca ornamental es muy apreciado, si bien presenta algunas restricciones en cuanto a su uso respecto al mármol, por las características de algunos de sus componentes, que presentan escasa dureza.

### Usos

El principal uso del mármol es en Ornamentación, en el sector de la construcción, además de otros marginales como áridos, cargas, etc., en cuyo caso se trata como si fuese una caliza normal.

Si se dejan aparte las aplicaciones en construcción como sillares, actualmente en desuso, su aplicación se puede resumir en:

- \* Revestimientos
- \* Pavimentos, solería
- \* Peldaños
- \* Rodapiés
- \* Funerarios

También es muy utilizado en elaboración de monumentos, estatuas y otros productos artesanales.

Los usos de la Serpentina son prácticamente los mismos que los del Mármol, si bien se restringe un poco su utilización en exteriores, debido a las características mencionadas anteriormente de alguno de sus componentes.

### Extracción y Tratamiento

Dado el uso específico al que se destina la mayor parte del material, la extracción requiere unas técnicas especiales con el fin de obtener grandes volúmenes de roca sin fragmentar.

De este modo, en cantera, la extracción se efectúa en bancadas superpuestas, realizándose los cortes de la roca con hilo helicoidal, generalmente, o bien con baterías de taqueo neumáticos, procurando evitar el uso de explosivos convencionales.

Una vez obtenido el bloque en cantera, el dimensionamiento se realiza con martillo neumático. Ya con las medidas adecuadas, en el taller, se efectúa el corte primario mediante telares o sierras circulares, obteniéndose tableros, que en sucesivas operaciones se pulen y fragmentan en piezas standard según el destino final del producto.

### Ensayos y especificaciones

Los ensayos preliminares más utilizados son:

- Análisis químico
- Estudio petrográfico
- Prueba de pulido
- Heladicidad

El resto de los ensayos son los habituales en rocas ornamentales (Ver apartado 8.5.1.)

Como ejemplo de los valores medios para este tipo de material, una de las variedades más conocidas como es el Blanco Macael ofrece los siguientes resultados:

- Masa volúmica aparente ..... 2,72 gr/cm<sup>3</sup>
- Absorción de agua ..... 0,16 %
- Porosidad aparente ..... 0,60 %
- Resistencia a la compresión ..... 803,9 Kg/cm<sup>2</sup>
- Resistencia a la flexión ..... 211,9 Kg/cm<sup>2</sup>
- Resistencia al desgaste ..... 0,36 mm

- Resistencia al choque ..... 45 cm<sup>2</sup>
- Microdureza Knoop ..... 140,4 Kg/mm<sup>2</sup>

#### 8.4.17.- Pizarras

Comercialmente, el término pizarra designa una roca microcristalina que se origina por metamorfismo regional, de baja temperatura y presión media o alta, cuya principal característica es la fisilidad, es decir, la propiedad de exfoliarse con facilidad paralelamente a una orientación plana. La composición mineralógica cuenta con sericita, clorita y cuarzo como minerales fundamentales, en tanto que los accesorios y secundarios pueden ser múltiples (rutilo, pirita, plagioclasas, turmalina, etc.).

Las propiedades esenciales de las pizarras, que condicionan sus usos son: fisilidad, finura de grano, baja porosidad, dureza, inalterabilidad, etc.

La explotación de los yacimientos de pizarra suele efectuarse a cielo abierto, aunque en los últimos años se han iniciado labores subterráneas.

En cantera se arrancan grandes bloques o rachones, que se transportan al taller para ser elaborados. En éste se cortan en bloques menores, de los que se obtienen por exfoliación las placas que luego son recortadas a tamaños y formas comerciales. Este es el proceso habitual seguido en la utilización de la pizarra para cubiertas.

#### Usos y aplicaciones

La utilización de las pizarras se realiza en tres formas:

- Bloques: Se fabrican con ellos tejas, baldosas, mesas de jardín, mesas de billar, peldaños, etc.
- Grava: Se utiliza para la fabricación de telas aislantes e impermeables, piedras artificiales (terrazos), áridos ligeros para hormigón etc.
- Polvo: Se puede utilizar como material de relleno en distintos campos (gomas, plásticos, pinturas, aislantes, etc.)

#### Análisis y ensayos

Respecto a los estudios y ensayos a realizar con las pizarras a utilizar en la industria de la construcción puede distinguirse entre determinaciones a efectuar sobre el yacimiento y ensayos con material elaborado.

Entre los primeros cabe considerar:

- Estudio petrográfico
- Grado de fisilidad

Para determinar las propiedades fisicomecánicas de las pizarras para cubiertas elaboradas es necesario efectuar los siguientes ensayos:

- Peso específico aparente
- Absorción de agua
- Resistencia a las heladas
- Resistencia a los cambios térmicos
- Resistencia a los ácidos
- Contenido de carbonatos
- Resistencia a la flexión

Las pizarras destinadas a solados u otros usos pueden someterse a los siguientes ensayos:

- Resistencia a la compresión
- Resistencia al desgaste por rozamiento
- Resistencia al choque

Las pizarras para cubiertas deben cumplir unas especificaciones que se recogen en la Norma UNE 22-201.

El cuadro siguiente refleja la importancia de los principales ensayos de caracterización de la pizarra en función de la utilización a que se destine.

UTILIZACION	1	2	3	4	5	6	7	8
PIZARRAS PARA CUBIERTAS (Tejados y fachadas)	***	***	***	***	***	-	-	-
LOSAS PARA PAVIMENTOS EXTERIORES	**	*	***	*	*	***	**	**
LOSAS PARA PAVIMENTOS INTERIORES	*	-	-	*	*	***	**	**
PLACAS PARA REVESTIMIENTOS EXTERIORES	**	*	***	**	*	-	-	**
PLACAS PARA REVESTIMIENTOS INTERIORES	*	-	-	*	**	-	-	**
BLOQUES PARA MUROS, COLUMNAS, ETC	***	*	**	-	-	***	-	-

1: Absorción de agua. 2: Resistencia a las heladas. 3: Resistencia a los cambios térmicos. 4: Resistencia a los ácidos. 5: Resistencia mecánica a la flexión. 6: Resistencia mecánica a la compresión. 7: Resistencia al desgaste por rozamiento. 8: Resistencia al choque. \*: Poco importante. \*\*: Importante. \*\*\*: Muy importante.

Fuente: I.G.M.E. Pizarras de España.

#### Especificaciones

Como se indicaba anteriormente, las pizarras para cubiertas, aplicación de mayor interés de estas rocas, deben cumplir unas especificaciones que se recogen en la Norma UNE 22-201.

Puede distinguirse entre especificaciones de tipo general y comercial y otras relativas a las propiedades físicas, que se determinan mediante los ensayos antes citados :

#### Origen y composición

- \* Las pizarras de una misma partida procederán del mismo yacimiento salvo que expresamente se hayan aceptado otros términos.
- \* Las pizarras no tendrán contenido en materia carbonosa y/o arcilla superior al 1%, ni carbonatos en proporción superior al 10%.

#### Dimensiones y curvatura

- \* Los fabricantes indicarán las dimensiones y tolerancias admisibles en cada tipo de productos.
- \* En ningún caso las placas presentarán espesores de  $\pm 50\%$  del "espesor nominal" correspondiente a su partida.
- \* Las placas de pizarra no tendrán una curvatura superior al 1,5%.

(Las pizarras con mayor curvatura pueden ser elementos para aplicaciones especiales).

#### Color y aspecto externo

- \* Las pizarras de una misma partida tendrán un color uniforme, aunque pueden admitirse ligeras variaciones en los tonos propios del material.
- \* No presentarán nudos que sobresalgan más de la mitad del espesor de las placas.
- \* Las huellas o estrias no podrán tener una profundidad superior a la mitad del espesor de las placas.
- \* Las placas de pizarras no presentarán imperfecciones ni roturas que manifiestamente dañen su solidez.
- \* Las pizarras no deberán mostrar defectos achacables al labrado (bordes mal cortados, rotura de esquinas, exfoliación defectuosa, etc.).

#### Inclusiones

- \* Las inclusiones de minerales metálicos (en granos agregados o bandas) en ningún caso atravesarán las placas.
- \* Se conocerá la composición mineralógica de las inclusiones observables en la superficie de las placas.

#### Características físicas y alterabilidad

- \* El peso de las placas no mostrará variaciones superiores al 10% respecto del "peso nominal" que le corresponda a la partida.
- \* El peso específico aparente no será inferior a  $2,6 \text{ gr/cm}^3$  (UNE 22-191).
- \* Las placas de pizarra no tendrán un grado de absorción de agua superior al 3% (UNE 22-191).
- \* Las pizarras secas y sin haber sufrido ningún proceso de alteración no podrán tener un módulo de rotura a flexión inferior a  $290 \text{ Kg/cm}^2$  (UNE 22-195).
- \* Las pizarras embebidas en agua no mostrarán alteraciones visibles apreciables ni un módulo de rotura inferior en un 20% respecto a las secas.
- \* Las pizarras no presentarán alteraciones importantes ni pérdidas de peso superior al 3% del ensayo de resistencia a las heladas (UNE 22-193).
- \* Las pizarras después de sometidas al ensayo de resistencia a las heladas mostrarán un módulo de rotura no inferior en un 20% al de las secas.



\* Las pizarras con más del 5% de carbonatos tendrán un espesor nominal no inferior a 5 mm.

Para otras aplicaciones en la construcción deberán cumplir las especificaciones que se exigen en las normas generales o en las particulares para cada caso.

#### Normativa

Ver normas generales para rocas ornamentales en apartado 8.5.1. y para áridos en 8.5.2.

## 8.5.- USOS Y SECTORES ECONOMICOS DE CONSUMO DE LAS ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES

### 8.5.1.- Rocas Ornamentales y de Construcción

Aunque la mayor parte de las rocas pueden ser utilizadas como tales, su inclusión definitiva en este grupo depende de dos factores, el segundo de los cuales es muy variable y subjetivo:

- Composición y comportamiento físico-químico
- Estética

Las principales rocas utilizadas son:

\* **GRANITOS.** Desde el punto de vista comercial se incluyen aquí un amplio grupo de rocas ígneas con textura granular o gneílica visible:

- Granitos s.s., granodioritas, adamellitas, ...
- Sienitas, sienitas nefelínicas, monzonitas, monzosienitas.
- Basaltos, basanitas, nefelinitas, ...
- Gabros s.s., gabros olivínicos, troctolitas, noritas, anortositas, diabasas ...
- Pórfidos y lamprófidios
- Fonolitas, Tefritas, ...
- Harzburgitas, Wehrlitas, Lertzolitas, ...
- Gneises y migmatitas

Comercialmente, las rocas de color oscuro son denominadas como "granitos negros" (basaltos, gabros, ...)

\* **MARMOLES.** Desde el punto de vista comercial se incluyen:

- Mármoles s.s.
- Calizas mármóreas, calizas ornamentales, conglomerados y brechas calcáreas
- Travertinos
- Serpentininitas
- Falsas ágatas, ónice

\* **ARENISCAS**

\* **PIZARRAS**

Su uso principal es la fabricación de placas delgadas (3 a 6 mm) para cubiertas, aunque también se utilizan losas algo más gruesas (10-30 mm) para revestimientos y solados, e incluso pequeños bloques para mampostería. Las pizarras de grano fino se utilizan preferentemente para cubiertas, mientras que las pizarras de grano grueso, pizarras arenosas y limolitas tienen su aplicación en los otros usos constructivos; en estos últimos también se utilizan en ocasiones otras rocas fácilmente exfoliables: areniscas esquistosas de grano fino, esquistos e incluso calizas tableadas, las cuales, a veces, también se comercializan bajo el nombre genérico de pizarras.

Valores mínimos y acotación de resultados de las rocas utilizadas para pavimentos sillares y columnas.

	Peso Específico	% Absorción Agua	Resistencia Compresión	Resistencia Flexión	Resistencia Heladas	Resistencia Agentes Químicos
Granito	2,5	(1,4	)1300	) 80	Buena	Buena
Mármol	2,5	(1,6	) 500	) 70	Baja	Atacable
Arenisca	2,4	(4,5	) 250	) 50	Baja	Baja
Cuarcita	2,6	(1,3	)1300	) 90	Muy buena	Muy buena
Caliza	2,0	(2,0	) 400	) 70	Baja	Atacable
Pizarra	2,5	(1,8	) 800	)300	Buena	Buena

Valores mínimos y acotación de resultados de las rocas utilizadas para revestimientos.

	Densidad	Absorción Agua	Resistencia Compresión	Resistencia Flexión
Granito	2,5	(1,4	)800	)80
Mármol	2,5	(0,75	)500	)70
Caliza	2,0	(3,0	)400	)70

Valores mínimos de pizarras para cubiertas, según UNE 22-201-85.

Peso espec. Aparente	Absorción Agua	Módulo de Rotura a Flexión	Resistencia Heladas
)2,6	(3%	)290	(3%

Al margen de normativas oficiales, es aconsejable realizar estudios de fracturación en el yacimiento (determinación de tamaño de bloque), oxidaciones e índices de deterioro.

Normativa UNE

Las normas UNE son muy detalladas para granitos, mármoles y pizarras. No obstante, los ensayos que se citan pueden hacerse extensibles al resto de las rocas contempladas:

- 7-067-54 Determinación del peso específico de los materiales pétreos.
- 7-068-53 Ensayo de compresión de adoquines de piedra
- 7-069-53 Ensayo de desgaste por rozamiento, en adoquines de piedra
- 7-070-53 Ensayo de heladicidad en adoquines de piedra.
- 22-170-85 **Granitos Ornamentales.** Características generales
- 22-171-85 Idem. Tamaño de grano
- 22-172-85 Idem. Absorción y peso específico aparente
- 22-173-85 Idem. Resistencia al desgaste por rozamiento
- 22-174-85 Idem. Resistencia a las heladas
- 22-175-85 Idem. Resistencia a la compresión
- 22-176-85 Idem. Resistencia a la flexión
- 22-177-85 Idem. Módulo elástico
- 22-178-85 Idem. Microdureza Knoop
- 22-179-85 Idem. Resistencia al choque
- 22-180-85 **Mármoles y Calizas Ornamentales.** Características generales
- 22-181-85 Idem. Clasificación
- 22-182-85 Idem. Absorción y peso específico aparente
- 22-183-85 Idem. Resistencia al desgaste por rozamiento
- 22-184-85 Idem. Resistencia a las heladas
- 22-185-85 Idem. Resistencia a la compresión
- 22-186-85 Idem. Resistencia a la flexión
- 22-187-85 Idem. Módulo elástico
- 22-188-85 Idem. Microdureza Knoop
- 22-189-85 Idem. Resistencia al choque
- 22-190-85 **Pizarras Ornamentales (Placas y losas).** Generalidades
- 22-191-85 Idem. Absorción y peso específico aparente
- 22-192-85 Idem. Resistencia al desgaste por rozamiento
- 22-193-85 Idem. Resistencia a las heladas
- 22-194-85 Idem. Resistencia a la compresión
- 22-195-85 Idem. Resistencia a la flexión
- 22-196-85 Idem. Resistencia al choque
- 22-197-85 Idem. Resistencia a los cambios térmicos
- 22-198-85 Idem. Resistencia a los ácidos
- 22-199-85 Idem. Calcimetría
- 22-200-85 Idem. Curvatura de superficie
- 22-201-85 Pizarras ornamentales. Pizarras para cubiertas

**8.5.2.- Aridos naturales y de machaqueo****Aridos para hormigones**

\* **Aridos finos.** Se define como árido fino a emplear en hormigones el material granular compuesto por partículas duras y resistentes, del cual pasa por el tamiz 4 (ASTM) un mínimo del 90%, en peso.

- **Granulometría.** La curva granulométrica estará comprendida dentro de los límites que se señalan a continuación:

Tamiz ASTM		
	Obras de fábrica	Pavimentos rígidos
1/4"	100	-
4	9-100	100
8	80-100	65-85
16	50-85	40-60
30	25-60	15-40
50	10-30 (*)	6-23
100	2-10 (*)	1-8
200	0-5	0-2

Los límites 10 y 2 pueden reducirse, respectivamente, a 5 y 0 si el hormigón tiene una dosificación de cemento superior a 300 Kg/m<sup>3</sup>, o a 250 Kg/m<sup>3</sup> si se emplea un aireante.

La fracción comprendida entre cada dos tamices consecutivos de la serie indicada no podrá rebasar el 45%, en peso, del total del árido fino. El módulo granulométrico deberá estar comprendido entre 2,3 y 3,1.

- Terrones de arcilla. Su cantidad será inferior al 1% en peso.
  - Material retenido por el tamiz 50 ASTM y que flota en un líquido de peso específico 2, debe ser inferior a 0,5% en peso.
  - Compuestos de azufre, expresado en SO<sub>2</sub> y referidos al árido seco, inferiores al 1% en peso.
- El árido fino estará exento de cualquier sustancia que pueda reaccionar perjudicialmente con los álcalis que contenga el cemento.
- Materia orgánica. No se utilizarán aquellos áridos finos que presenten una proporción de materia orgánica, expresada en ácido tánico, superior al 0,05%.
  - Estabilidad al sulfato sódico o magnésico. Las pérdidas serán inferiores respectivamente al 10% y 15% en peso.
- \* Aridos gruesos. Se define como árido grueso a emplear en hormigones la fracción de lo que queda retenido en el tamiz 4 ASTM con un mínimo del 70% en peso.
- Granulometría. El tamaño máximo del árido no será inferior a 13 mm (tamiz 1/2" ASTM).

El árido grueso cumplirá las siguientes limitaciones granulométricas :

Tamaño Máximo	Cernidos ponderales acumulados máximos (%)			
	Tamiz 4	Tamiz 8	Tamiz 16	Tamiz 200
> 2"	5	-	-	1
1 1/2"	10	5	-	1
1"	10	5	-	1
3/4"	15	5	-	1
1/2"	30	10	5	1

La mitad del tamaño máximo corresponderá a un cernido ponderal acumulado superior al 85%.

- Terrones de arcilla. Su cantidad será inferior al 0,25% en peso.
- Partículas blandas. Su contenido será inferior al 5% en peso.

El árido grueso estará exento de cualquier sustancia que pueda reaccionar perjudicialmente con los álcalis que contenga el cemento.

- Estabilidad al sulfato sódico o magnésico. Las pérdidas serán inferiores, respectivamente, al 12% y 18% en peso.
- Desgaste Los Angeles. El coeficiente de calidad medido por este ensayo será inferior a 40 para el árido grueso.

#### Aridos para tratamientos con ligantes bituminosos, por penetración

##### a) Ligantes bituminosos viscosos.

###### \* Aridos gruesos

Además de una composición granulométrica, que se especifica en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales del M.D.P.U, se tienen las siguientes prescripciones, que también se considerarán en puntos sucesivos:

- Desgaste Los Angeles. El coeficiente de calidad será inferior a 40.
- Estabilidad al  $SO_4Na_2$  o  $SO_4Mg$ . Pérdidas menores respectivamente, al 16% y 24% en peso.
- Adhesividad. Porcentaje ponderal de árido totalmente envuelto superior al 75% siempre que en el 25% restante no haya más del 15% del total que presente caras totalmente descubiertas.

###### \* Aridos finos

Además de la composición granulométrica, su aptitud en esta utilización viene determinada por las siguientes especificaciones:

- Desgaste Los Angeles. Coeficiente inferior a 40.
- Estabilidad al  $SO_4Na_2$  o  $SO_4Mg$ . Pérdidas menores al 12% y 18% en peso respectivamente.

##### b) Ligantes bituminosos fluidos

###### \* Aridos gruesos

La calidad del árido viene definida por las siguientes especificaciones, además de su granulometría.

- Desgaste Los Angeles. Coeficiente inferior a 40.
- Estabilidad al  $SO_4Na_2$  ó  $SO_4Mg$ . Pérdidas menores al 16% y 24% en peso, respectivamente.
- Adhesividad. Condiciones análogas al apartado a).

\* Aridos finos. Además de la granulometría, debe cumplir:

- Desgaste Los Angeles. Coeficiente inferior a 40.
- Estabilidad al  $SO_4Na_2$  o  $SO_4Mg$ . Pérdidas menores, respectivamente, al 12% y 10% en peso.
- Adhesividad. Medida por el ensayo Riedel-Weber, coeficiente superior a 4.

c) Mezclas bituminosas en frío

\* Aridos gruesos (fracción de la que queda retenida en el tamiz 8 ASTM o más del 85% en peso).

Los parámetros que disponen la calidad del árido en este uso deben cumplir:

- Desgaste Los Angeles. Coeficiente inferior a 35 para capas de regularización, de base o intermedias y a 30 para capas de rodadura.
- Estabilidad al  $SO_4Na_2$  o  $SO_4Mg$ . Pérdidas inferiores, respectivamente, al 12% y 18% en peso.
- Adhesividad. Análogas condiciones que en el apartado a).

\* Aridos finos (fracción de la que queda retenida en el tamiz 8 ASTM con un máximo del 15% en peso).

Los parámetros que definen la calidad deben cumplir:

- Estabilidad al  $SO_4Na_2$  o  $SO_4Mg$ . Pérdidas inferiores al 12% y 18% en peso respectivamente.
- Adhesividad. Coeficiente superior a 4 (ensayo Riedel-Weber).

d) Mezclas bituminosas en caliente

\* Aridos gruesos (Fracción retenida en el tamiz 8 ASTM).

- Desgaste Los Angeles. Coeficiente menor de 30 para capas de regularización, o de base e inferior a 25 para capas intermedias o de rodadura.
- Estabilidad al  $SO_4Na_2$  o  $SO_4Mg$ . Pérdidas inferiores al 12% y 18% en peso respectivamente.
- Coeficiente de pulido acelerado. Mayor de 0,45 para capas de autopistas o carreteras de tráfico pesado y mayor de 0,40 para el resto de vías.
- Adhesividad. Porcentaje del árido totalmente envuelto, después del ensayo de inmersión en agua, superior al 95%.

\* Aridos finos (Fracción que pasa por el tamiz 8 ASTM y retenida por el 200 ASTM).

- Estabilidad al  $SO_4Na_2$  o  $SO_4Mg$ . Pérdidas inferiores al 12% y 18% en peso respectivamente.
- Adhesividad. Coeficiente superior a 4, medido en el ensayo Riedel-Weber.

Aridos para bases de carreteras

## a) Bases de macadam

\* Aridos gruesos. Además de la composición granulométrica debe cumplir:

- Coficiente Los Angeles. Inferior a 35.
- Estabilidad al  $SO_4Na_2$  o  $SO_4Mg$ . Pérdidas menores del 16% y 24% en peso respectivamente.

## b) Bases grava-cemento

Aparte de las características granulométricas debe cumplir:

- Coficiente Los Angeles. Inferior a 40
- Estabilidad al  $SO_4Na_2$  o  $SO_4Mg$ . Pérdidas inferiores al 16% y 25% en peso respectivamente.
- Terrones de arcilla. Menor del 2% en peso.
- Materia orgánica. Menor del 0,05% (expresada en ácido tánico).
- Plasticidad. La fracción cernida por el tamiz 40 ASTM debe cumplir: límite líquido menor de 25 e índice de plasticidad menor de 6.
- Equivalente en arena, superior a 30.

INDICES DE CALIDAD DE LOS VALORES QUE SE OBTIENEN CON LOS  
ENSAYOS NORMALIZADOS MAS CARACTERISTICOS

ENSAYOS/COMPORTAMIENTO	MALO	REGULAR	BUENO	EXCELENTE
% de absorción de agua	>3	3-2	2-1	<1
% de pérdida por acción del sulfato magnésico	>24	24-15	15-6	<6
Coficiente de desgaste Los Angeles	>40	40-30	30-20	<20
Coficiente de pulimento acelerado	<0,35	0,35-0,45	0,45-0,55	>0,55

Tomado de SALINAS, J.L.

Subbases granulares

Además de las características granulométricas, debe cumplir:

- Desgaste Los Angeles. Coficiente inferior a 50.



- CBR. Mayor de 20.
- Plasticidad. La fracción cernida por el tamiz 40 ASTM, debe poseer: límite líquido menor de 25 e índice de plasticidad menor de 6.

### Balasto de ferrocarriles

Las especificaciones relativas a la calidad del árido vienen dadas por:

- Coefficiente de desgaste Los Angeles. En cualquiera de las granulometrias ensayadas, inferior a 30, si bien en casos excepcionales puede admitirse hasta 35.
- Estabilidad al sulfato magnésico: pérdidas inferiores al 10% en peso.

### Normativa UNE

- 7-050-53 Cedazos y tamices de ensayos.
- 7-073-54 Determinación de impurezas ligeras en las arenas empleadas en los materiales de construcción.
- 7-082-54 Determinación aproximada de la materia orgánica en arena para hormigones o morteros.
- 7-083-54 Determinación del peso específico y de la absorción en gravas y arenas.
- 7-084-54 Determinación de la humedad superficial de gravas y arenas.
- 7-088-55 Determinación de la compactación en los áridos para morteros y hormigones.
- 7-133-58 Determinación de terrones de arcilla en áridos para la fabricación de morteros y hormigones.
- 7-134-58 Determinación de partículas blandas en áridos gruesos para hormigones.
- 7-135-58 Determinación de finos en áridos utilizados para la fabricación de hormigones.
- 7-136-58 Estabilidad de áridos frente a disoluciones de sulfato sódico o sulfato magnésico.
- 7-137-58 Ensayo químico para determinar la reactividad de los áridos utilizados en la fabricación de hormigones, con los álcalis de cemento.
- 7-139-58 Análisis granulométrico de áridos
- 7-140-58 Determinación de los pesos específicos y absorción de agua en áridos finos.
- 7-151-59 Ensayo del recubrimiento de áridos con emulsiones asfálticas.
- 7-238-71 Determinación de coeficiente de forma del árido grueso empleado en la fabricación de hormigones.
- 7-244-71 Determinación de partículas de bajo peso específico que puede contener el árido utilizado en hormigones
- 7-245-71 Determinación de los compuestos de azufre contenidos en los áridos.
- 7-324-76 Determinación del equivalente de arena
- 7-438-78 Determinación en los áridos, del material que pasa por el tamiz 0,080 UNE 7-050.
- 41-110-58 Toma de muestras de los áridos empleados en la fabricación de hormigones.
- 41-111-58 Áridos finos para hormigones.
- 41-112-58 Áridos gruesos para hormigones.

### 8.5.3.- Cementos

Las materias primas utilizadas normalmente en la fabricación del cemento son:

- Calizas o componentes fundamentales
- Correctores o componentes secundarios
- Añadidos

La mezcla, tras un proceso de molienda y homogeneización, de calizas y correctores se denomina crudo.

El crudo, calcinado a elevadas temperaturas (1400-1450°C), y enfriado con relativa rapidez, da lugar al clinker.

Por fin, la mezcla íntima, con una determinada finura, de clinker y yeso en una proporción aproximada de 95:5 se denomina cemento.

En el apartado calizas ya se han comentado las características que estos materiales deben tener para que sean aptos para la fabricación de cementos.

Entre los materiales correctores los más importantes son :

Material	Aporta
Arenas	$\text{SiO}_2$
Cenizas de pirita	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
Mineral de hierro	$\text{Fe}_2\text{O}_3$
Caolines	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$
Bauxitas	$\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$
Arcillas, pizarras, esquistos	$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$

El material arcilloso es la segunda materia prima en importancia a entrar a formar parte de un crudo (10-25%). Sus limitaciones analíticas suelen fluctuar entre los valores siguientes :

%	
$\text{SiO}_2$	50-65
$\text{Al}_2\text{O}_3$	9-22
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	4-8
CaO	0,5-10
MgO	0,5-10
Alcalis	2,0-4,5
$\text{SO}_3$	0,5-4,0
S	<1
Cl	<0,3

Los añadidos son aquellos materiales naturales o industriales que, en determinadas proporciones y molidos conjuntamente con el clinker, no perjudican el normal comportamiento del cemento resultante, pudiendo aportar alguna calidad posterior adicional o mejorar algunas de las características que ya posee.

Existen dos tipos de adiciones :

- Adiciones hidráulicamente activas (adiciones activas) : Poseen propiedades hidráulicas latentes, como las escorias siderúrgicas, o son capaces de fijar la cal de los cementos (puzolanas).

- Adiciones inertes, que sin perturbar el fraguado, el endurecimiento o la estabilidad del cemento, introducen alguna mejora que favorezca a este (adherencia, plasticidad, blancura, rendimiento de pastas, etc...)

Entre las adiciones activas, las más utilizadas son :

a- Escorias siderúrgicas. La adición de estas escorias en los cementos especiales fluctúa entre el 20 y el 8 % en peso.

b- Puzolanas. Bajo este nombre se designan los siguientes materiales :

- Rocas volcánicas (riolitas, andesitas, etc...)
- Rocas sedimentarias (diatomeas)
- Cenizas volantes
- Arcillas activadas

Se incluyen a continuación las expresiones frecuentemente empleadas para caracterizar crudos y una tabla de valores límite normalmente aceptados para componentes minoritarios :

A- Módulo de silicatos :

$$MS = \frac{\%SiO_2}{\%Al_2O_3 + \%Fe_2O_3}$$

Los valores límites del módulo de silicatos se sitúan entre 1,2 y 4,0, oscilando los valores de utilización entre 2,4 y 2,7.

B- Módulo de fundentes :

$$MF = \frac{\%Al_2O_3}{\%Fe_2O_3}$$

Los valores de utilización de esta relación se sitúan entre 1,5 y 3,0.

C- Módulo hidráulico :

$$MH = \frac{\%CaO}{\%SiO_2 + \%Al_2O_3 + \%Fe_2O_3}$$

Los valores de esta relación deben estar comprendidos entre 1,7 y 2,2.

D- Grado de saturación ó standar de cal :

Es la cantidad de CaO que se puede combinar con la SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> del crudo en condiciones normales de cocción y enfriamiento. El grado de saturación máximo teórico es 100%.

En la práctica industrial es muy difícil obtener clinkers sin cal libre, es decir, con el standar de cal en crudo del 100 %, por lo que se fija generalmente entre el 94 y 98%

	VALOR MAX. EN CRUDO	VALOR MAX. EN CLINKER
MnO	0,022	0,036
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,012	0,002
Cl	0,012-01	0,05
S <sup>=</sup>	0,3	
$\frac{SO_3}{K_2O + 0,5 Na_2O}$	0,8-1,0	
$\frac{K_2O + Na_2O \text{ expr. como } Na_2O}{MgO}$	1,0	2,0
	(2,0-2,2	

#### 8.5.4.- Cales

Según la norma UNE 41-066, cales son todos los productos de variada composición química y aspecto físico procedentes de la calcinación de rocas calcáreas (calizas, dolomías, margas, ...) y que se clasifican en dos grupos fundamentales:

- \* Cal aérea: material aglomerante constituido fundamentalmente de óxido o hidróxido de calcio y que amasada con agua tiene la propiedad de endurecerse únicamente en el aire, por acción del CO<sub>2</sub>.

Puede ser:

- Dolomítica o gris si contiene más del 5% de MgO
- Grasa si el contenido en MgO es < 5%
- Viva compuesta prácticamente por CaO y capaz de apagarse con agua
- Apagada compuesta por hidróxido cálcico

- \* Cal hidráulica: es el material aglomerante, pulverulento e hidratado que se obtiene calcinando calizas que contienen sílice y alúmina, a una temperatura casi de fusión, para que se forme CaO libre necesario para permitir su hidratación y al mismo tiempo deje cierta cantidad de silicatos de calcio deshidratados que dan al polvo sus propiedades hidráulicas. Se diferencian de las aéreas, además, en que son capaces de endurecer en agua. Pueden ser de alto o bajo contenido en magnesia, si la cantidad de MgO, sobre muestra calcinada, excede o no del 5%.

#### 8.5.5.- Cerámica estructural

El término de cerámica estructural agrupa principalmente los siguientes materiales utilizados en el sector de la construcción:

- Ladrillos: macizos, huecos ordinarios o de calidad
- Tejas
- Bovedillas

El material natural utilizado es la arcilla común, fundamentalmente illítica -esmectítica-, caolinítica, con cantidades variables de cuarzo, carbonato cálcico, feldespatos, óxidos de hierro y otras impurezas.

La marcha analítica a adoptar es la siguiente:

- Análisis químico, con expresión de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$  y  $\text{MgO}$
- Análisis mineralógico por difracción de Rayos-X
- Análisis granulométrico
- Límites de Atterberg
- Temperatura y margen de cocción con expresión de la contracción lineal a distintas temperaturas.
- Resistencias a compresión de productos acabados

Las principales especificaciones industriales son las siguientes:

#### Ladrillo macizo

$\text{Fe}_2\text{O}_3$  < 5%  
 $\text{SO}_4$   $\text{Co}_3$  < 5%  
 Sílice libre < 10%

El índice plástico ha de estar comprendido entre 25 y 35.

#### Ladrillo hueco, Tejas y Bovedillas

La cantidad de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ha de estar comprendida entre el 5 y el 10%. El resto de las especificaciones son iguales que para el ladrillo macizo.

#### Normativa

La normativa española hace referencia únicamente a productos de fábrica.

- 7-058-52 Método de ensayo de la resistencia del grés al ataque por agentes químicos.
- 7-062- Ensayo de heladicidad en los ladrillos de arcilla cocida
- 7-063-53 Ensayo de eflorescencia en los ladrillos
- 7-191-62 Ensayo de permeabilidad de las tejas de arcilla cocida
- 7-192-62 Determinación de la resistencia a la intemperie de las tejas de arcilla cocida.
- 7-193-62 Determinación de la resistencia a la flexión de las tejas de arcilla cocida
- 7-193-77 IR Método de ensayo para la medida de la resistencia a la flexión de tejas
- 7-268-73 Determinación de la succión de los ladrillos
- 7-312-77 Método de ensayo para la medida de la resistencia a la flexotracción del material constituyente de grandes piezas cerámicas.
- 7-318-77 Determinación de la dilatación potencial de materiales cerámicos por tratamiento con agua caliente.
- 7-319-77 Medida de la resistencia a la flexión de piezas en vano de bovedillas cerámicas.
- 67-019-84 IR Ladrillos de arcilla cocida para la construcción. Características y usos.
- 67-024-78 Tejas cerámicas
- 67-026-84 Ladrillos de arcilla cocida. Determinación de la resistencia a la compresión.
- 67-027-84 Idem. Determinación de la absorción de agua
- 67-028-84 Idem. Ensayo de heladicidad

### 8.5.6.- Refractarios

El término refractario se usa para definir los materiales generalmente no metálicos usados para soportar altas temperaturas. También refractariedad se puede definir como la capacidad de mantener un grado de identidad físico-química deseado a altas temperaturas en el entorno y condiciones de uso requeridos.

La capacidad de alcanzar y soportar altas temperaturas es básica para clasificar un material como refractario, aunque, además, estos materiales deben resistir no sólo altas temperaturas, sino otras fuerzas destructivas como abrasión, impacto, choque térmico, ataque químico, alto nivel de carga, etc.

Las diversas aplicaciones industriales de los refractarios, implican una gran variedad de combinaciones y grados en las citadas fuerzas destructivas, con lo que son bastantes los materiales que se pueden considerar refractarios.

Los tipos primarios de ladrillos refractarios incluyen ladrillos de silicatos aluminicos (a base de "fireclay" y alúmina), ladrillos básicos (magnesia y cromo, solos o combinados en distintas proporciones), de sílice, aislantes, y refractarios especiales (carbono, carburo de silicio, óxido de circonio, etc.). Los ladrillos, se moldean en crudo y son tratados a altas temperaturas antes de usarlos, aunque no en todos los casos, como los de dolomía, por ejemplo. Los ladrillos también se clasifican en función de sus dimensiones y sus formas. La forma típica es la de un prisma rectangular de dimensiones: 288,6 x 114,3 x 63,5 mm o 228,6 x 114,3 x 76,2 mm.

#### Tipos y Clases de Refractarios

La norma UNE 61-001-75 clasifica los materiales refractarios por su composición química, atendiendo a su componente característico. Otras normas UNE, demasiado prolijas para ser aquí expuestas, desarrollan las características generales de cada grupo que se define a continuación.

1. Refractarios de muy alto contenido en alúmina: Contienen más del 56% de  $Al_2O_3$  y se subdividen en:

- Productos de corindón
- Productos fabricados a base de Hidróxido de Aluminio (Bauxita y otros).
- Productos del grupo de la sillimanita (fabricados a partir de sillimanita, andalucita o distena).
- Productos de mullita sintética
- Productos de alúmina pura

2. Refractarios de alto contenido en alúmina: Contienen más del 45% y menos del 56% de  $Al_2O_3$  y se fabrican a partir de los materiales del grupo 1 o con arcillas enriquecidas en alguno de ellos.

3. Refractarios aluminosos: contienen más del 30% y hasta el 45% de  $Al_2O_3$  y se subdividen en:

- Refractarios aluminosos entre el 43 y 45% de  $Al_2O_3$
- Refractarios aluminosos entre el 41 y 43% de  $Al_2O_3$
- Refractarios aluminosos entre el 39 y 41% de  $Al_2O_3$
- Refractarios aluminosos entre el 35 y 39% de  $Al_2O_3$
- Refractarios aluminosos entre el 30 y 35% de  $Al_2O_3$

Las materias primas de estos son las arcillas y caolines refractarios. (Ver 4.7. Arcillas refractarias).

4. Refractarios silicoaluminosos: Contienen del 10 al 30% de  $Al_2O_3$ , siendo el resto fundamentalmente  $SiO_2$ . Se fabrican a partir de arcillas ricas en sílice libre contenida naturalmente o añadida.

5. Refractarios de semisilíce: Contienen menos del 10% de  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y el resto es fundamentalmente sílice hasta un máximo del 93%. Se dividen en:
  - Refractarios de semisilíce propiamente dichos, que se fabrican a partir de arenas arcillosas o de mezclas de arcillas y cuarzos en las proporciones adecuadas.
  - Productos siliciosos naturales: obtenidos por tallado de areniscas bajas en fundentes y con suficiente cohesión.
6. Refractarios de sílice: Contienen más del 93% de  $\text{SiO}_2$  y se fabrican a partir de materiales silíceos.
7. Refractarios básicos: Se dividen en:
  - Refractarios de magnesia: Contienen más del 80% de  $\text{MgO}$ . La materia prima fundamental es la magnesia sinterizada preparada a partir de carbonatos magnésicos, brucita o hidróxidos de magnesio obtenidos de agua marina.
  - Refractarios de magnesia-cromo: Obtenidos por mezclas de magnesia y cromita. Contienen del 5 al 18% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .
  - Refractarios de cromo-magnesia: Contienen entre el 18 y 32% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .
  - Refractarios de Forsterita. Su constituyente principal es el ortosilicato magnésico ( $\text{SiO}_2\text{MgO}$ ) y pueden obtenerse a partir de olivino o por síntesis a partir de materiales siliciosos y magnesianos.
  - Refractarios de dolomía. Productos obtenidos a partir de dolomía sinterizada, estabilizados y semiestabilizados.
  - Refractarios de espinela
  - Refractarios de cromita. Contienen más del 32% de  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ .
8. Refractarios que contienen Carbono.
  - Refractarios a base de coque o antracita. Están obtenidos a base de coque de petróleo, de coque metalúrgico, o de antracita, aglomerados con alquitrán de coquería.
  - Refractarios a base de grafito. Se preparan con arcilla a la que se añade no más de un 30% de grafito.
9. Refractarios a base de carburo de silicio. Contienen más del 50% de  $\text{CSi}$ .
- 10 Refractarios que contienen circonio:
  - Refractarios a base de óxido de circonio ( $\text{ZrO}$ ). Utilizan el material circona como materia prima.
  - Refractarios a base de silicato de circonio ( $\text{ZrOSiO}_2$ ). Utilizan el mineral circón como materia prima.

## 11 Refractarios especiales.

- Refractarios a base de carburos: Obtenidos de Carburo de circonio (ZrC), de Tántalo (TaC), Boro (BC), Titanio (TiC), etc.
- Refractarios a base de Nitruros: ZrN, BN, AlN, etc.
- Productos a base de Boruros: CrB
- Productos a base de Siliciuros: MoSi<sub>2</sub>, WSi<sub>2</sub>, etc.
- Productos a base de óxidos altamente refractarios: obtenidos a partir de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, BeO, ThO<sub>2</sub> y, prácticamente puros, el CaO, MgO y Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.
- Cermets: Compuestos metalocerámicos.

En los productos donde el compuesto principal es la Alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), aunque era habitual clasificarlos considerando el conjunto Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + TiO<sub>2</sub> (Alúmina comercial), en la actualidad el TiO<sub>2</sub> se fija sólo en las especificaciones de calidad.

### Normas UNE para Materiales refractarios

- 61-001-75 Definición y clasificación por su composición química.
- 61-002-75 Clasificación por su conformación
- 61-003-75 Toma de muestra de materiales con forma
- 61-004-75 Toma de muestra de materiales sin forma
- 61-005-75 Comprobación de formas y dimensiones. Tolerancias. Criterios de aceptación y rechazo.
- 61-006-75 Defectos internos. Criterios de aceptación y rechazo.
- 61-007-75 Productos refractarios aislantes con forma. Clasificación y división
- 61-008-75 Ensayos de Materiales refractarios
- 61-009-75 Características generales de los refractarios de muy alto contenido en alúmina. Refractarios de corindón.
- 61-010-75 Características generales de los refractarios de muy alto contenido en alúmina fabricados a base de un hidróxido de aluminio.
- 61-011-75 Características generales de los refractarios de muy alto contenido en alúmina. Productos del grupo de la sillimanita.
- 61-012-75 Características generales de los refractarios de muy alto contenido en alúmina. Productos de mullita sintética.
- 61-013-75 Características generales de los refractarios de alto contenido en alúmina.
- 61-014-75 Características generales de los refractarios aluminosos. Refractarios de 43 a 45% de alúmina.
- 61-015-75 Características generales de los refractarios aluminosos. Refractarios de 41 a 43% de alúmina.
- 61-016-75 Características generales de los refractarios aluminosos. Refractarios de 39 a 41% de alúmina.
- 61-107-75 Características generales de los refractarios aluminosos. Refractarios de 35 a 39% de alúmina.
- 61-018-75 Características generales de los refractarios aluminosos. Refractarios de 30 a 35% de alúmina.
- 61-019-75 Características generales de los refractarios silicoaluminosos.
- 61-020-75 Características generales de los refractarios de semisílice.
- 61-021-75 Características generales de los refractarios de sílice.
- 61-022-75 Características generales de los refractarios de magnesia cocidos.
- 61-023-75 Características generales de los refractarios de magnesia-cromo cocidos.



- 61-024-75 Características generales de los refractarios de magnesia-cromo aglomerados químicamente.
- 61-025-75 Características generales de los refractarios de cromo-magnesia cocidos.
- 61-026-75 Características generales de los refractarios de cromo-magnesia aglomerados químicamente.
- 61-027-75 Características generales de los refractarios de forsterita.
- 61-028-75 Características generales de los refractarios de dolomía.
- 61-029-75 Características generales de los refractarios de cromita.
- 61-030-75 Características generales de los refractarios de carbono.
- 61-031-75 Características generales de los refractarios de carburo de silicio.
- 61-032-75 Densidad real.
- 61-033-75 Densidad aparente, absorción de agua y porosidad abierta.
- 61-034-75 Densidad aparente y porosidad abierta de materiales hidratables.
- 61-035-75 Porosidad total.
- 61-036-75 Permeabilidad al aire
- 61-037-75 Resistencia a la compresión en frío
- 61-038-77 Refractariedad bajo carga constante y temperatura creciente. Método convencional.
- 61-039-77 Resistencia a la flexión en frío
- 61-040-77 Variación permanente de dimensiones
- 61-041-77 Resistencia a los cambios bruscos de temperatura (choque térmico)
- 61-042-77 Refractariedad (ensayo de resistencia piros cópica)
- 61-043-79 Superficie específica con el permeabilímetro Blaine
- 61-044-77 Ataque por monóxido de carbono
- 61-045-77 Aislantes conformados. Densidad aparente
- 61-046-77 Resistencia a la flexión en caliente

#### 8.5.7.- Lozas y porcelanas

Bajo este epígrafe se agrupan productos tan diversos como porcelanas de mesa, porcelana sanitaria, azulejos, loza de mesa, porcelana electrocerámica, baldosas de gres, gres sanitario, etc., es decir productos que se podrían denominar en conjunto "cerámica fina".

Estos productos se obtienen por cocción de una pasta compuesta generalmente por materias plásticas, fundentes y desengrasantes; en general, para la formación de la pasta se necesitan entre 5 y 10 materias primas o componentes, cuya mezcla, en las cantidades precisas, permite obtener las características deseables (en general, blancura, resistencia mecánica, floculación, dilatación, etc.).

Las arcillas nobles no son más que una parte de la pasta que va a dar lugar a la cerámica fina.

La composición media de las pastas, con sus correspondientes temperaturas de cocción, para cerámicas finas viene reseñada en la tabla siguiente:

Producto		% Materiales Plásticos		% Materiales desengrasantes		% Materiales Fundentes		Temperatura de Cocción (°C)
		Arcilla Noble	Caolín	Sílice	Chamota	Feldespatos	Caliza Dolomía	
Lozas	Feldespática	25-30	25-30	25-35	-	10-20	-	1250-1300
	Calcárea	25-30	25-30	20-40	-	-	<30	1000-1100
Vitrificados	Vajilla	10	30-35	20-40	-	15-40	-	1210-1300
	Sanitarios	25	25	20-25	-	25-30	-	-
Gres Sanitario		35-45	5-15	-	40-50	<10	-	1200-1300
Porcelana dura		5-10	45-50	10-30	-	15-40	<5	1350-1400

Fuente: Guide de Prospection des matériaux de carrière (B.R.G.M., 1983) La materia prima fundamental, la arcilla, ha de cumplir las siguientes especificaciones:

Caolinita: entre el 50 y el 80%

Si el producto ha de ser blanco:  $Fe_2O_3$  << 2%;  $TiO_2$  << 2%

Presencia de cuarzo: hasta el 25%

Para grés: Feldespato + illita + calcita: hasta el 25%

Esmectitas (<5%), haloisita, materia orgánica para mejorar las propiedades reológicas.

Ausencia total de yeso y de sales solubles

Granulometría <100 micras todos los elementos.

Los análisis a realizar para todas las muestras que se tomen son:

- Granulometría: determinación de elementos superiores a 40 micras
- Calcimetría
- Análisis mineralógico por difracción de rayos-X.
- Análisis químico con determinación de  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $CaO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$ .

En algunas muestras:

- Ensayo de cocción a 1000, 1100, 1200 y 1300°C sobre pasta normal y definición de la pérdida al fuego, color, absorción de agua, contracción lineal, resistencia mecánica y resistencia pirosclópica.

Para algunas porcelanas especiales, como las electrotécnicas, el contenido en  $Al_2O_3$  ha de ser del 33%, con una pérdida al fuego entre el 11 y el 13% y un contenido máximo de  $Fe_2O_3$  del 0,5%.

La granulometría ha de ser tal que el 65% sea menor de 10  $\mu$ , mientras que el 35% restante sea menor de 40  $\mu$ .

Módulo de rotura en verde 15 Kg/cm<sup>2</sup>.

Contracción de secado 6-9%

Contracción de seco a cocido 17-21%

Las especificaciones medias del análisis químico de la arcilla son las siguientes:

	Porcelana Sanitaria	Porcelana de Mesa
SiO <sub>2</sub>	46-48%	50%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	37-38%	34%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,7-0,78%	0,5%
TiO <sub>2</sub>	0,06-0,07%	0,1%
MgO	0,15-0,24%	
CaO	0,08-0,1%	3%
K <sub>2</sub> O+Na <sub>2</sub> O	1,5-2%	3%
Silice libre	< 5%	< 5%

Fuente: I.G.M.E. (1981) Actualización del Inventario de Rocas Industriales.

Para cualquier tipo de porcelanas, la relación caolín/arcillas diversas >5 y aprox. 1 para lozas.

#### 8.5.8.- Vidrio

Dentro de la industria del vidrio se incluyen sectores muy variados: Vidrio plano, envases de vidrio, vidrio óptico, vidrios especiales, fibra de vidrio, ..., cada uno de los cuales presenta sus propios requisitos en cuanto a materias primas y especificaciones.

##### - Materias primas

Los principales materiales utilizados son:

	<u>Oxido o elemento</u>
Arena silícea.....	SiO <sub>2</sub>
Carbonato sódico.....	Na <sub>2</sub> O
Caliza y dolomía.....	CaO, CaO + MgO
Feldespato, aplita, sienita nefelínica	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Na <sub>2</sub> O+K <sub>2</sub> O
Boratos.....	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Sulfato sódico.....	SO <sub>3</sub> +Na <sub>2</sub> O
Yeso.....	SO <sub>3</sub> +CaO
Barita.....	SO <sub>3</sub> +BaO
Fluorita.....	F <sub>2</sub>
Arsénico.....	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Cromita férrica.....	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Piritas de hierro.....	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +S
Nitrato sódico.....	Na <sub>2</sub> O
Selenio.....	Se
Carbono.....	C

De todos ellos, los vidrios de sílice-sosa-cal constituyen el volumen más importante de la producción, donde el  $\text{SiO}_2$  es el agente formador de vidrio,  $\text{Na}_2\text{O}$  actúa como fundente y  $\text{CaO}$  ó  $\text{CaO}+\text{MgO}$  actúa como material estabilizante.

La alúmina imparte resistencia y durabilidad, inhibe la desvitrificación y aumenta la viscosidad durante el proceso de fabricación.

El  $\text{B}_2\text{O}_3$  proporciona resistencia a choques térmicos y a ataques químicos.

Los sulfatos promueven la fusión y actúan fijando los procesos.

El resto de los óxidos o elementos actúan como modificadores.

### Especificaciones

Los principales requisitos hacen referencia a composición química y granulometría.

#### - Composición

Dentro de todos los componentes químicos, el contenido en óxidos de hierro es el que presenta mayores restricciones, especialmente en vidrios transparentes.

La presencia de impurezas refractarias (sillimanita, distena, andalucita, caolín, zircón, ...) se traduce en la formación de "piedras" o inclusiones sólidas indeseables, al no obtenerse la fusión de estos minerales.

#### - Granulometría

La distribución granulométrica es otro factor crítico que afecta a la fusibilidad de los materiales, especialmente en la arena silícea, feldespato, sienita nefelínica, aplita, ..., debiendo eliminarse las partículas gruesas (límite máximo: 30 mesh); las partículas demasiado finas deben ser asimismo eliminadas (límite mínimo: 100 mesh).

El conjunto de materiales a emplear en la fabricación de un vidrio debe presentar uniformidad granulométrica al objeto de obtener mezclas homogéneas.

Las principales especificaciones aparecen resumidas en la siguiente tabla :

Principales especificaciones

	<u>Composición química</u>	<u>Granulometría</u>
Arena silícea para vidrio incoloro	SiO <sub>2</sub> > 99,5 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 0,003-0,008 Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 0,0003 - 0,0006 TiO <sub>2</sub> < 0,003	+ 20 mesh - 0  + 30 mesh - 1% max.  - 100 mesh - 15% max.
Arena silícea para vidrio laminado	SiO <sub>2</sub> > 96 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 0,1 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : 0,2-1,6	
Vidrio coloreado	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 0,1-0,3	
Carbonato sódico	Na <sub>2</sub> O > 57,25 NaCl < 0,5 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 0,005	+ 16 mesh - 0 + 30 mesh - 3% max. - 200 mesh - 3% max.
Caliza	CaO > 55 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +FeO < 0,035 Mat. orgánica < 1,0 Humedad < 2,0 MnO, PbO, P <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , S < 0,1	+ 16 mesh - 1% max. + 20 mesh - 15% max. - 100 mesh - 20% max.
Feldespatos	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > 19 Alcalis > 11 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 0,1	+ 16 mesh - 0 + 20 mesh = 1% max. - 100 mesh - 25% max.
Sienita nefelínica	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > 22 Alcalis > 13 SiO <sub>2</sub> < 62 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 0,1	+ 30 mesh - 0 + 40 mesh - 3,5% max. - 100 mesh - 35% max.
Aplita	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > 22  Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 0,1	+ 16 mesh - 0 + 20 mesh - 2 max. + 30 mesh - 20 max. - 100 mesh - 30 max.
Sulfato sódico	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> > 99 NaCl < 0,2 Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 0,002	+ 16 mesh - 0 + 20 mesh - 1 max. + 30 mesh - 2 max. - 100 mesh - 54 max.
Yeso	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < 0,25	+ 16 mesh - 0 + 20 mesh - 0,5% max. + 30 mesh - 12% max. - 100 mesh - 25% max.

Normativas

BS-2975 Specifications for silica sand for colourless glass  
 BS-3108 Specifications. Limestone for colourless glass  
 BS-3674 Specification for sodium Carbonate (Technical Grades)

UNE 43-501-84 Fibra de vidrio, vidrio textil. Terminología  
 UNE 43-603- Vidrio, nomenclatura y terminología. Cristal. Vidrio Sonoro  
 UNE 43-751- Ensayos de vidrio. Materias primas. Análisis granulométrico.

**8.5.9.- Abrasivos**

Se consideran como abrasivos aquellos minerales o rocas que pueden ser utilizados para pulir, desbastar, moler, raspar, limpiar mecánicamente, etc., otros materiales sólidos.

Las propiedades físicas de interés en estas sustancias son: dureza, fragilidad, granulometría y forma de los granos, tipo de fractura, pureza, etc. La variabilidad en estos parámetros condicionará los posibles campos de aplicación de los distintos abrasivos.

Principales abrasivos naturales

- \* Dureza superior (H)7)
  - Diamante
  - Corindón
  - Esmeril
  - Granate
  - Estaurolita
  
- \* Dureza media (H = 5,5-7)
  - Calcedonia
  - Sílex
  - Cuarzo
  - Cuarcita
  - Arenisca
  - Arena silicea
  - Basalto
  - Feldespato
  - Granito
  - Perlita
  - Pumita, etc.
  
- \* Dureza inferior (H (5,5)
  - Apatito
  - Calcita
  - Arcilla
  - Diatomita
  - Dolomita
  - Oxidos de hierro
  - Caliza
  - Talco
  - Trípoli

La progresiva introducción de abrasivos artificiales (Carburo de silicio, alúmina, carburo de boro, nitruro de boro, carburo de tungsteno, diamante artificial, ...) ha desplazado del mercado a los abrasivos naturales de alto grado con excepción hecha del granate y el diamante.

La industria consume materiales abrasivos en tres formas:

\* Granos sueltos

Se emplea una amplia gama de minerales: arena silícea, corindón, granate, sílex, ...

Para chorros de arena se requiere, en general, una dureza >7, siendo importantes la resistencia al impacto, peso específico, uniformidad granulométrica, ...

Gradación de arenas silíceas para "chorros de arena" en Canadá	Núm. 1	20-35 mesh
	Núm. 2	10-28
	Núm. 3	6-10
	Núm. 4	4-8

Los materiales abrasivos granulares son fundamentalmente utilizados para manufactura de otros productos abrasivos: papeles, telas, aglomerados, ...

\* Aglomerados

Se utilizan habitualmente granos con una rígida granulometría, de corindón, esmeril, y abrasivos artificiales de alto grado. Las características de los mismos vienen definidas en UNE-16-305-75.

La aglomeración se obtiene habitualmente mediante vitrificación, aunque también puede realizarse mediante resinas, caucho, ...

\* Papeles y telas abrasivas

Se utilizan en este sector: granate, cuarzo, sílex, ..., para lijado de materiales de dureza media. Para metales se utilizan abrasivos artificiales: alúmina, carburo de silicio, ...

\* Abrasivo en polvo, para jabones y productos de limpieza.

Se utilizan habitualmente materiales de dureza inferior ( $H = 3-5$ ): feldespato, pumita, trípoli, diatomita, caolín, ...

El tamaño de grano es extremadamente fino: 100-325 mesh o superior.

Normativa UNE

La normativa es escasa en lo referente a materias primas, refiriéndose habitualmente a herramientas abrasivas industriales.

16-162-82 Definición y designación de los abrasivos aplicados

16-300-75 Definición, designación, gama de medidas y perfiles de los productos abrasivos aglomerados (150 R/525)

16-326 a 328 Rollos de tela y papel abrasivo (150-3366 a 3368)

16-330-81 Hojas de abrasivo aplicado (150/015-2235)

16-331-82 Discos abrasivos (150/015-3017)

16-332-80 Piedras al aceite. Dimensiones

### Otras normativas

BS 871-1981 Abrasive papers and cloths

ANSI-B 74.2-1982 Grading of abrasive microgits

74.4-1977 Test for bulk density of abrasive grains

74.5-1974 Test for capillarity of abrasive grains

17.6-1977 Procedure for sampling of abrasive grains

74.8-1977 Friability of abrasive grains; ball mill test

74.18-1977 Grain of coated abrasive products, specification for grading of certain abrasives

74.19-1980 Abrasive grains. Test for determining magnetic content of abrasive.

### 8.5.10.- Usos agrícolas

- Correctores de suelos

En el capítulo de corrección de suelos, las principales sustancias utilizadas son los carbonatos: Caliza, calcita, mármol, etc. Aparte del  $\text{Ca}^{++}$  y  $\text{Mg}^{++}$  que se aportan como nutrientes, el principal factor a evaluar es el valor neutralizante y la solubilidad carbónica.

Como valores generales se pueden tomar :

Carbonato de calcio equivalente (C.C.E.)	) 80%
Valor neutralizante (V.N.)	) 45%
Solubilidad carbónica	) 45%

No existe normativa española al respecto, pudiendo tomarse como referencia las normas francesas (NF-U-44-001, 44-001, 44-173 y 44-174)

### 8.5.11.- Fundentes

Se pueden clasificar en básicos, neutros y ácidos, dentro de la metalurgia, en función de la naturaleza ácida o básica de sus soluciones en agua o, más directamente, por el hecho de que reaccionarán con componentes metálicos (ácidos o básicos) que se liberan del material que se está fundiendo, formando una escoria igualmente fusible.

Para que un producto natural sea considerado fundente, no debe reaccionar con cantidades apreciables del metal que se está fundiendo, pero sí con sus impurezas.

Los fundentes más comúnmente utilizados en la industria metalúrgica son las calizas, sílice y fluoritas.

La Caliza es el fundente básico más común en la metalurgia, tanto ferrosa como no ferrosa.

La Caliza se descompone a altas temperaturas en  $\text{CaO}$  y  $\text{CO}_2$ , y al ser básica reacciona bien con menas de cobre y plomo, ácidas en su mayoría. El óxido de calcio disminuye el peso específico y la temperatura de fusión de la escoria; además, si se mezcla con óxido de hierro, hace más fluida la escoria, con su consiguiente descenso del punto de fusión.

El óxido de calcio en forma de cal, es muy empleado en la industria del acero.



La Silice es uno de los fundentes más baratos y más utilizados industrialmente, en forma de arena, grava, cuarzo, areniscas y cuarcitas. Los silicatos, sin embargo no son convenientes debido a que es frecuente que contengan hornblenda, micas o feldespatos.

La silice es el fundente ácido más característico y normalmente se emplea en metalurgia para contrarrestar la basicidad de la cal si se ha utilizado con exceso.

La Fluorita se considera como un fundente neutro y se utiliza para dotar de inferior punto de fusión y de mayor viscosidad a las escorias.

En la tabla adjunta, se pueden observar composiciones medias de los principales fundentes, datos tomados de la Asociación Estadounidense del Acero.

%	Caliza	Cal	Dolomía	Dolomía Calcinada	Fluorita
CaCO <sub>3</sub>	95,06	-	54,74	-	12,25
MgCO <sub>3</sub>	0,54	0,76	39,61	-	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,70	0,93	0,43	1,57	1,00
SiO <sub>2</sub>	1,73	2,55	0,74	1,53	4,65
S	0,049	0,07	0,026	0,037	1,00
CaF <sub>2</sub>	-	-	-	-	81,0
P	0,020	0,03	0,006	0,009	-
H <sub>2</sub> O	1,70	-	4,00	-	-
DCa	-	81,36	-	-	-
DMg	-	-	-	56,35	-
Ppc	-	14,00	-	1,60	-

Además, son impurezas no deseables en los fundentes los óxidos de cinc, bario, magnesio y manganeso.

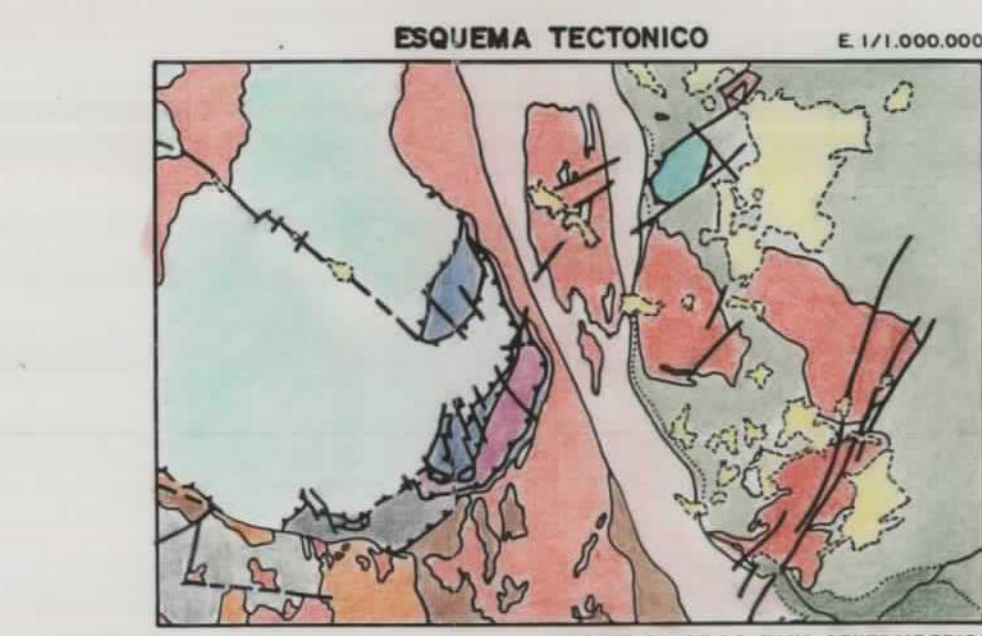
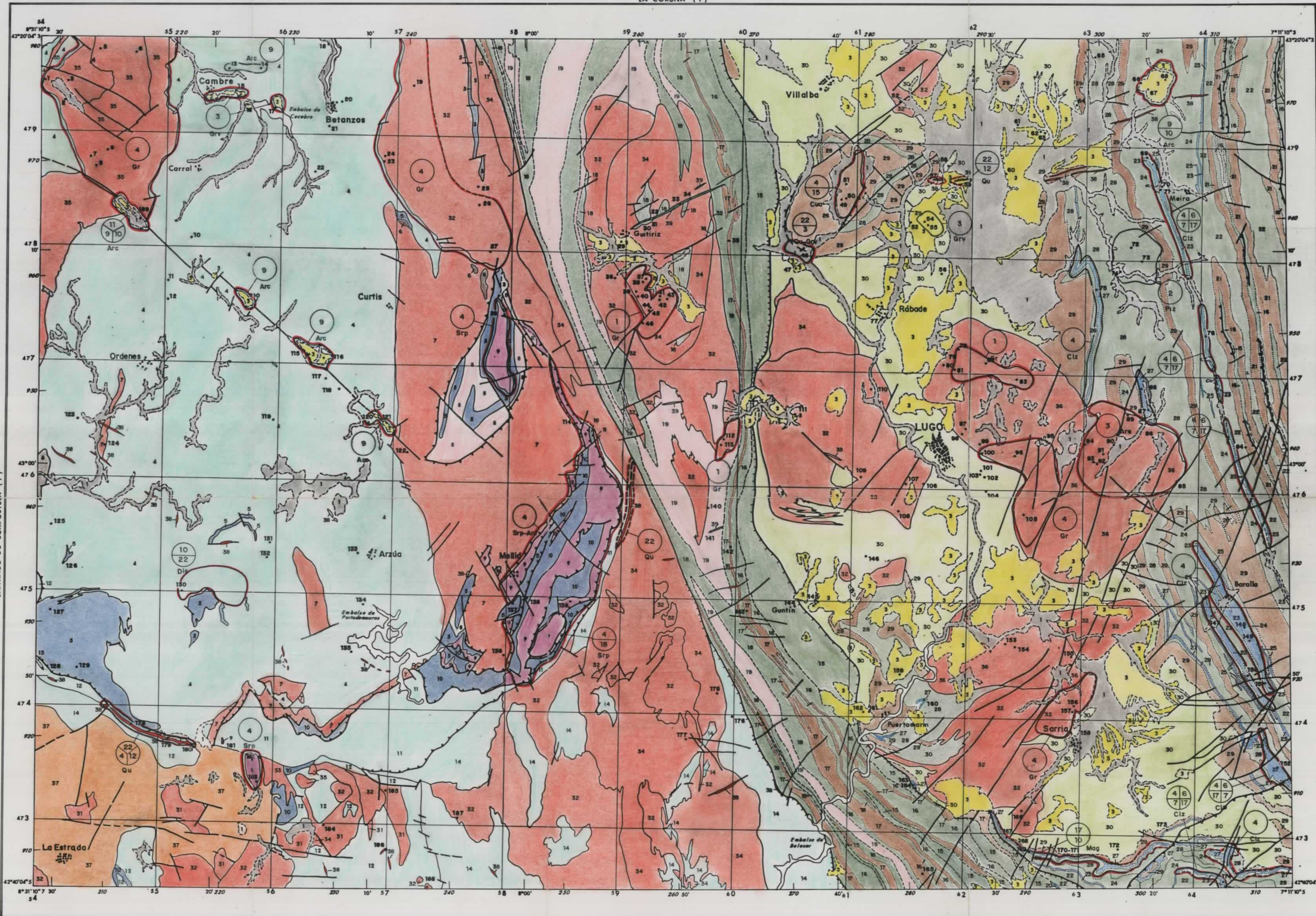


# MAPA DE ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES E. 1:200.000 RECURSOS

Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

**LEYENDA**

CUATERNARIO	1	1	Gravas, arcillas y arenas
TERCIARIO	2	2	Gravas y arenas
ZONA DE GALICIA TRAS OS MONTES	3	3	Arcillas, gravas y arenas
DOMINIO DEL COMPLEJO DE ORDENES			
Unidad de Betanzos-Arzua			
PRECAMBRICO-ORDOVICICO	4	4	ESQUISTOS DE ORDENES. Esquistos, metagrauwacas y paragneiss
	5	5	Metabasitos en facies anfibolito o granulito
<b>Rocas intrusivas</b>			
	6	6	Metagabros
	7	7	Orthogneiss glandulares
Unidad de Sobrado-Mellid			
PRECAMBRICO-DEVONICO	8	8	Metabasitos en facies anfibolito o granulito
	9	9	Gneiss fásicos de origen sedimentario y/o volcánico
	10	10	Rocas ultramáficas, generalmente serpentinizadas
Unidad de la Sierra del Careon			
PRECAMBRICO-DEVONICO	11	11	Rocas ultramáficas, generalmente serpentinizadas
	12	12	Anfibolitos
Unidad de Villa de Cruces			
PRECAMBRICO-DEVONICO	13	13	Esquistos verdes, esquistos anfibólicos. Esquistos grises
DOMINIO ESQUISTOSO DE GALICIA TRAS OS MONTES			
Unidades de Lalín, Forcarey y Santiago			
PRECAMBRICO-DEVONICO	14	14	Rocas ultramáficas, generalmente serpentinizadas
	15	15	Anfibolitos
	16	16	Esquistos, esquistos anfibólicos y paragneiss
	17	17	Orthogneiss biotíticos
Unidad Esquistosa de Galicia Central y Occidental			
PRECAMBRICO-DEVONICO	18	18	Esquistos micáceos, grafitosos y cuarzíticos
AUTOCTONO DE LA ZONA CENTROIBERICA			
DOMINIO DEL ANTICLINORIO DEL "OLLO DE SAPO"			
SILURICO	19	19	Pizarras : CAPAS DE LA GARGANTA
	20	20	Pizarras grises : PIZARRAS DE LUARCA
ORDOVICICO INF.	21	21	CUARCITA ARMORICANA
	22	22	Pizarras negras : PIZARRAS DE LOS MONTES
PRECAMBRICO	23	23	Gneiss glandulares : OLLO DE SAPO
ZONA ASTUROCCIDENTAL LEONESA			
DOMINIO DEL CAUREL, MANTO DE MONDONEDO, NAVIA Y ALTO SIL			
SILURICO	24	24	Pizarras grises : CAPAS DE LA GARGANTA
	25	25	Pizarras grises : PIZARRAS DE LUARCA
ORDOVICICO	26	26	CUARCITA ARMORICANA
	27	27	Calizas grises : CALIZA DE LA AQUIANA
	28	28	Cuarzitas, pizarras y areniscas : CAPAS DEL RIO EO
	29	29	Pizarras con intercalaciones arenosas y cuarzíticas : CAPAS DE VILLAMEA
	30	30	Pizarras y areniscas : CAPAS DE RIOTORO
	31	31	Calizas y dolomías : CALIZA DE VEGADEO
	32	32	Pizarras y areniscas con niveles carbonatados (25) : CAPAS DE TRANSICION
	33	33	Cuarzitas blancas : CUARCITA DE GISTRAL
	34	34	Calizas, dolomías y magnesita : CALIZA DE CANDANA
	35	35	Pizarras y areniscas : PIZARRA DE CANDANA
	36	36	Cuarzitas, pizarras y areniscas : CUARCITA DE CANDANA
	37	37	Pizarras, cuarzitas y esquistos : SERIE DE VILLALBA
ROCAS GRANITICAS PREHERCINICAS	38	38	Orthogneiss biotíticos
ROCAS GRANITICAS HERCINICAS	39	39	Granitos de dos micas
SINCINEMATICAS	40	40	Granitoides inhomogéneos
	41	41	Granitoides biotíticos
POSTCINEMATICAS	42	42	Granitoides biotíticos y/o moscovíticos
MIGMATITAS	43	43	Granitoides biotíticos en facies porfíricos
ROCAS FILONIANAS	44	44	Metatexitas, diatexitas y granitoides inhomogéneos
	45	45	Cuarzo
	46	46	Diabosos



**ESQUEMA TECTONICO** E. 1/1.000.000

ZONA DE GALICIA TRAS OS MONTES	DOMINIO DEL ANTICLINORIO DEL "OLLO DE SAPO"
D. DEL COMPLEJO DE ORDENES	ZONA ASTUROCCIDENTAL LEONESA
UNIDAD DE BETANZOS-ARZUA	DOMINIO DEL CAUREL
UNIDAD DE SOBRAADO-MELLID	DOMINIO DEL MANTO DE MONDONEDO
UNIDAD DE LA SIERRA DEL CAREON	DOMINIO DEL NAVIA Y ALTO SIL
UNIDAD DE VILLA DE CRUCES	ROCAS GRANITICAS PREHERCINICAS
D. ESQUISTOSO DE GALICIA TRAS OS MONTES	ROCAS GRANITICAS HERCINICAS
UNIDADES DE LALIN, FORCAREY Y SANTIAGO	SINCINEMATICAS
UNIDAD ESQU. DE GALICIA CENTRAL Y OCC.	POSTCINEMATICAS
	MIGMATITAS
	ROCAS FILONIANAS
	TERCIARIO Y CUATERNARIO

**SIMBOLOGIA**

SUSTANCIA	CLAVE	SUSTANCIA	CLAVE	SUSTANCIA	CLAVE
Anfibolito	Anf	Cuarzo	Qu	Granito	Gr
Arcilla común	Arc	Diatena	Dia	Grava	Grv
Arena	Are	Diabasa	Diá	Magnesita	Mag
Caliza	Ciz	Esquisto	Esq	Pizarra	Piz
Coque	Koc	Gneis	Gne	Serpentino	Srp

**SIGNOS CONVENCIONALES**

.....	Contacto normal o concordante	
-----	Contacto discordante	
-----	Contacto intrusivo	
-----	Falla normal y/o desgarro	
-----	Falla normal con indicación de hundimiento	
-----	Falla inversa	
-----	Cobalamiento	
190	Número de explotación o índice	
	Litotecto o mineralotecto comprobado	
	Litotecto o mineralotecto posible	
	USOS	
	Ciz - SUSTANCIA	

BASE GEOLOGICA : I.G.M.E., 1981

ORENSE (17)

Escala 1:200000  
Proyección U.T.M. Elipsoide Hayford  
Altitudes referidas al nivel medio del mar en Alicante  
Longitudes referidas al meridiano de Greenwich. Datum Europeo

USO	Nº	USO	Nº
Rocas ornamentales	1	Vidrio	12
Rocas de construcción	2	Pigmentos	13
Aridos naturales	3	Industria química	14
Aridos de machaqueo	4	Abrasivos	15
Aridos ligeros	5	Cargas, filtros, absorbentes	16
Cementos	6	Agrícolas	17
Cales	7	Fundentes	18
Yesos	8	Arenas de moldeo	19
Ladrillería	9	Aislantes	20
Refractarios	10	Minerales decorativos	21
Lozas y porcelanas	11	Otros	22

**REFERENCIA MAPA MILITAR E. 1:50.000**

45	46	47	48
70	71	72	73
95	96	97	98
121	122	123	124

**REFERENCIA MAPA NACIONAL E. 1:50.000**

6-5	6-6	7-5	6-5
6-6	6-6	7-6	6-6
6-7	6-7	7-7	6-7
6-8	6-8	7-8	6-8

**COORDENADAS**

Geográficas	7°11' 10" S
U.T.M.	24
Lambert	240

**DIVISION ADMINISTRATIVA**

1	La Coruña
2	Lugo
3	Pontevedra



NORMAS, DIRECCION Y SUPERVISION : I.T.G.E., 1988  
AGESA : J. J. Aizpuru Gómez, J. V. Navarro Gascón  
E. García Romero  
Director y supervisor del Proyecto : P. Muñoz de La Nava



MAPA DE ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES  
E. 1:200.000  
SITUACION DE EXPLOTACIONES E INDICIOS

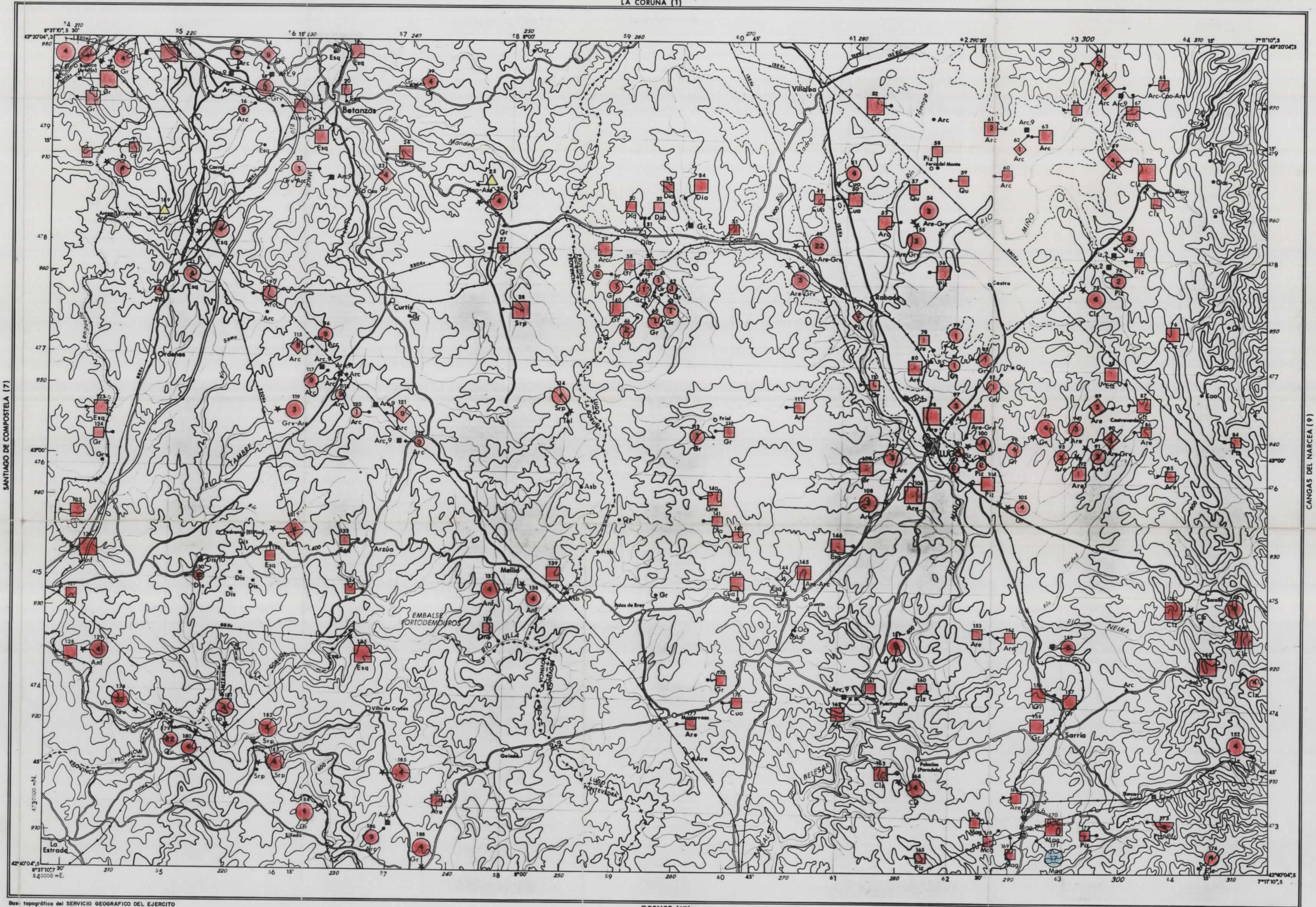
Instituto Tecnológico  
Geominero de España

LUGO

8  
2-2

**SIMBOLOGIA**

SUSTANCIA	CLAVE
Anfibolita	Anf
Arcilla comun	Arc
Arena	Are
Asbestos	Asb
Caliza	Clz
Caolin	Kao
Cuarcita	Cua
Cuarza	Qu
Diabasa	Dia
Distena	Dis
Esquisto	Esq
Gneis	Gne
Granito	Gr
Grava	Grv
Magnesita	Mag
Ocres	Ocr
Pizarra	Piz
Serpentina	Srp
Talco	Tal



USO	Nº	USO	Nº
Rocas ornamentales	1	Vidrios	12
Piedras de construcción	2	Pigmentos	13
Aridos naturales	3	Química	14
Aridos de machaqueo	4	Abrasivos	15
Aridos ligeros	5	Cargas, absorbentes, filtros	16
Cementos	6	Agricultura (fertilizantes)	17
Cales	7	Fundentes	18
Yesos	8	Arenas de moldeo	19
Cerámica estructural	9	Aislantes	20
Refractarios	10	Decorativos	21
Lozas y porcelanas	11	Otros	22

ESTACION Nº ESTACION OBSERVADA  
 USO ACTUAL  
 SUSTANCIA INVENTARIADA

**ESTADO ACTUAL DE LAS EXPLOTACIONES E INDICIOS**

ACTIVA		INDICIO	
INTERMITENTE		DEPOSITO ARTIFICIAL	
INACTIVA		ESTACION DE OBSERVACION	

**TAMAÑO DE LAS EXPLOTACIONES**

PEQUEÑO	MEDIANO	GRANDE

**METODOS DE EXPLOTACION**

CIELO ABIERTO	
SUBTERRANEA	
OTROS	

**REFERENCIA MAPA MILITAR E. 1:50.000**

5-5	6-5	7-5	8-5
5-6	6-6	7-6	8-6
5-7	6-7	7-7	8-7
5-8	6-8	7-8	8-8

**REFERENCIA MAPA NACIONAL E. 1:50.000**

45	46	47	48
70	71	72	73
95	96	97	98
121	122	123	124

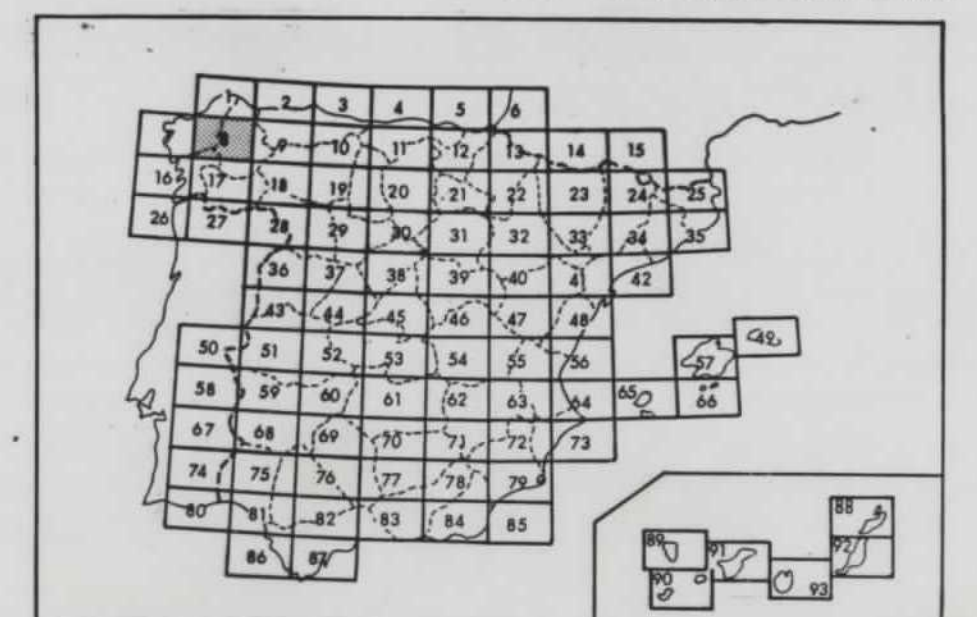
Escala 1:200.000  
 0 5 10 15 20 25 km  
 Proyección U.T.M. Elipsoide Hayford  
 Altitudes referidas al nivel medio del mar en Alicante  
 Longitudes referidas al meridiano de Greenwich. Datum Europeo

**COORDENADAS**

Geográficas 3°11'10",6  
 U.T.M. 57  
 Lambert 250

**DIVISION ADMINISTRATIVA**

1.-La Coruña  
 2.-Lugo  
 3.-Pontevedra  
 4.-Océano Atlántico



Normas, dirección y supervisión: I.T.G.E., 1988  
 P.J. Alzupura Gómez, J.V. Navarro Gascon  
 AGESEA E. García Romero  
 Director y supervisor del Proyecto: P. Muñoz de La Nava