



ESTUDIO SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LOS
ESTERILES DE CARBON DE HUNOSA

TOMO RESUMEN

PLAN ENERGETICO NACIONAL

OCTUBRE 1981

empresa nacional adaro de
investigaciones mineras, s.a.
enadimsa

TITULO	ESTUDIO SOBRE EL APROVECHAMIENTO DE LOS ESTERILES DE CARBON DE HUNOSA TOMO RESUMEN
CLIENTE	PLAN ENERGETICO NACIONAL
FECHA	OCTUBRE 1981

Referencia: P8/14/201

Departamento: Plantas Mineralúrgicas

TOMO RESUMEN

I N D I C E

	<u>Págs.</u>
1.- INTRODUCCION	1
1.1.- COLABORACIONES	1
1.2.- OBJETO	2
1.3.- ANTECEDENTES	3
1.4.- PLAN DE TRABAJO	4
2.- TOMO I: LA MATERIA PRIMA	6
2.1.- PRODUCCION	6
2.2.- TOMA DE MUESTRAS	7
2.2.1.- Número de tomas elementales	7
2.2.2.- Peso mínimo de las tomas elementales.	7
2.2.3.- Puntos de toma	7
2.2.4.- Toma de muestra	8
2.2.5.- Aparatos a utilizar, etiquetado y transporte	8
2.2.6.- Fiabilidad de la toma de muestras ..	8
2.3.- GRANULOMETRIA	9
2.4.- COMPOSICION MINERALOGICA	10
2.5.- COMPOSICION QUIMICA	11
2.6.- ANALISIS TERMICO	12
2.7.- HUMEDAD	12
2.8.- PLASTICIDAD	12
2.9.- POSIBILIDADES DE UTILIZACION DE LOS ESTERILES	13
2.10- CONCLUSIONES RELATIVAS A LA MATERIA PRIMA ..	14
3.- TOMO II: LADRILLOS	15
3.1.- LA INDUSTRIA LADRILLERA	15
3.2.- TIPOS DE LADRILLO	16

	<u>Págs.</u>
3.3.- TIPOS DE LADRILLOS	17
3.4.- DIMENSIONES DEL LADRILLO	17
3.4.1.- Tolerancia de dimensiones	18
3.4.2.- Tolerancia en la forma	18
3.5.- CARACTERISTICAS GENERALES	19
3.5.1.- Fisuras	19
3.5.2.- Exfoliaciones	19
3.5.3.- Desconchados	19
3.5.4.- Absorción de agua	20
3.5.5.- Dilatación potencial	20
3.5.6.- Eflorescencia	21
3.5.7.- Heladicidad	21
3.5.8.- Color	21
3.5.9.- Resistencia a la compresión	21
3.5.10- Aislamiento térmico	22
3.6.- NORMAS	22
3.7.- PRODUCTOS COMPETIDORES	22
3.8.- PROCESOS DE FABRICACION	23
3.8.1.- Preparación de la pasta	24
3.8.2.- Moldeo de la pasta	25
3.8.3.- Secado	26
3.8.4.- Cocción	27
3.8.5.- Procesos de fabricación en el extranjero	27
3.9.- ANALISIS	28
3.10- PRUEBAS DE LABORATORIO	28
3.10.1.- Pruebas con menudos	30
3.10.2.- Pruebas con granos	33
3.10.3.- Pruebas con finos	33
3.10.4.- Pruebas de ahorro energético	36
3.11- PRUEBAS INDUSTRIALES	37
3.12- ESTUDIO DE MERCADO	37

	<u>Págs.</u>
3.13.- FABRICA DE LADRILLOS	38
3.13.1.- Anteproyecto de fábrica de 145 t/día.	42
3.14.- INVERSIONES	45
3.14.1.- Fábrica de 250 t/día	45
3.14.2.- Fábrica de 145 t/día	45
3.15.- ESTUDIO ECONOMICO-FINANCIERO	46
3.15.1.- Inversiones	46
3.15.2.- Ventas	47
3.15.3.- Costes (M. Pta)	47
3.15.4.- Otros datos	47
3.15.5.- Resultados económicos antes de considerar impuestos	47
3.15.6.- Resultados económicos conside- rando impuestos	48
3.15.7.- Resultados económicos con préstamo ..	49
3.16.- CONCLUSIONES RELATIVAS A LADRILLOS	49
4.- TOMO III: ARIDO LIGERO	53
4.1.- TIPOS DE ARIDO LIGERO	53
4.2.- CLASE DE ARIDO LIGERO	54
4.3.- CARACTERISTICAS GENERALES	54
4.3.1.- Aspecto	54
4.3.2.- Estructura	55
4.3.3.- Color	55
4.3.4.- Resistencia	55
4.3.5.- Absorción de agua	56
4.3.6.- Bases físico-químicas del proceso de expansión	56
4.3.7.- Punto de sinterización	57
4.3.8.- Punto de reblandecimiento	57
4.3.9.- Punto de fusión	57
4.3.10- Punto de fluencia	57
4.4.- NORMAS	57

	<u>Págs.</u>
4.5.- UTILIZACIONES DEL ARIDO LIGERO	58
4.6.- PRODUCTOS COMPETIDORES	58
4.7.- PROCESOS DE FABRICACION	59
4.7.1.- Expansión en horno tubular rotativo ..	60
4.7.2.- Expansión en cinta sinterizadora ...	64
4.7.3.- Expansión en horno vertical	66
4.8.- EXPERIENCIAS REALIZADAS CON ESTERILES DE MINA DE CARBON	67
4.9.- ANALISIS	68
4.10.- PRUEBAS DE LABORATORIO	68
4.10.1.- Gatx-Fuller	68
4.10.2.- Krupp Industrie	69
4.10.3.- F.L. Smidth	70
4.11.- PRUEBAS INDUSTRIALES	73
4.12.- ESTUDIO DE MERCADO	73
4.13.- INVERSIONES Y ESTUDIO ECONOMICO	75
4.14.- CONCLUSIONES RELATIVAS AL ARIDO LIGERO ...	75
 5.- TOMO IV: GRES	 77
5.1.- DEFINICION DE GRES	78
5.2.- TIPOS DE GRES	78
5.3.- CLASES DE GRES	78
5.4.- DIMENSIONES DEL GRES	79
5.4.1.- Tolerancia de dimensiones	80
5.4.2.- Forma	80
5.5.- CARACTERISTICAS GENERALES	80
5.6.- NORMAS	81
5.7.- PRODUCTOS COMPETIDORES	81
5.8.- PROCESO DE FABRICACION	82
5.8.1.- Preparación de la pasta	84
5.8.2.- Moldeo de la pasta	84

	<u>Págs.</u>
5.8.3.- Secado	85
5.8.4.- Cocción	86
5.8.5.- Esmaltado	87
5.9.- ANALISIS	87
5.10.- PRUEBAS DE LABORATORIO	88
5.10.1.- Pruebas con granos y menudos	89
5.10.2.- Pruebas con finos	90
5.11.- PRUEBAS SEMI-INDUSTRIALES	92
5.12.- ESTUDIO DE MERCADO	93
5.13.- FABRICA DE GRES	94
5.14.- INVERSIONES	98
5.15.- ESTUDIO ECONOMICO FINANCIERO	99
5.16.- RESULTADOS ECONOMICOS	100
5.16.1.- Sensibilidades	101
5.17.- CONCLUSIONES RELATIVAS AL GRES	102
6.- TOMO V: OTRAS APLICACIONES	105
6.1.- MATERIALES REFRACTARIOS	105
6.2.- CEMENTO Y AGLOMERANTES	106
6.3.- OBRAS PUBLICAS	107
6.4.- AGRICULTURA Y JARDINERIA	108
6.5.- ALUMINA Y OTROS ELEMENTOS	109
6.6.- APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA	110
6.7.- CONCLUSIONES RELATIVAS A OTRAS APLICACIONES ..	110
7.- CONCLUSIONES	111
7.1.- CONCLUSIONES RELATIVAS A LA MATERIA PRIMA ...	111
7.2.- CONCLUSIONES RELATIVAS A LOS LADRILLOS ...	112
7.3.- CONCLUSIONES RELATIVAS AL ARIDO LIGERO ...	116
7.4.- CONCLUSIONES RELATIVAS AL GRES	117
7.5.- CONCLUSIONES RELATIVAS A OTRAS APLICACIONES .	121

	<u>Págs.</u>
8.- BIBLIOGRAFIA	122
8.1.- BIBLIOGRAFIA GENERAL	122
8.2.- BIBLIOGRAFIA ESPECIFICA	124

1.- INTRODUCCION

Este Estudio sobre el aprovechamiento de los Estériles de los Lavaderos de Carbón de HUNOSA, se ha realizado basándose en distintas propuestas elaboradas, tanto por HUNOSA como por ENADIMSA, ante la problemática que podría presentar la acumulación de los citados estériles.

Debido al contenido en carbón que presentan estos residuos, así como al posible ahorro energético que se tendría en el aprovechamiento de los mismos, la Administración del Estado a través del Plan Energético Nacional (PEN), encargó su realización a ENADIMSA con la colaboración de HUNOSA.

1.1.- COLABORACIONES

En los primeros meses de 1980 se firmó un contrato de colaboración entre HUNOSA y ENADIMSA para la realización de este Estudio.

Los técnicos de estas Empresas han contado con las colaboraciones que se indican a continuación, y que desde aquí queremos agradecer.

En primer lugar a la casi totalidad de los ladrilleros asturianos, que no sólo se interesaron en el tema, sino que también ofrecieron su experiencia en el campo de la cerámica.

Asimismo a Arlita y Arexa, únicos fabricantes en España del árido ligero, que no tuvieron inconveniente en mostrar sus instalaciones y aportar datos de interés en este campo.

En segundo lugar a los organismos públicos y privados, arquitectos, constructores y cuantos otros técnicos que de una manera u otra han mantenido contacto e intercambiado pareceres.

Y finalmente a las siguientes Empresas que han facilitado valiosa información técnica o han colaborado con sus trabajos en el desarrollo de este Estudio:

CERCHAR
CdF INGENIERIE
SURCHISTE
SUREX
ARLITA
F.L. SMIDTH (LECA)
KRUPP IBERICA (POLYSIUS)
EYPROSA (HALDEX)
INSTITUTO DE CERAMICA Y VIDRIO
METRASEIS
MACROMETRICA
VERDES-TC-SERVECO
MAQUICERAM
E.T.S.I.M.O.

1.2.- OBJETO

El objeto del estudio es el aprovechamiento de los estériles de los lavaderos de carbón.

Al iniciarse el estudio se pensaba en la fabricación de

ladrillos y de áridos ligeros como las posibilidades más tangibles en el aprovechamiento de estos estériles y las que presentaban un mayor ahorro energético. Pero conforme se avanzaba en la realización inicial del estudio, se iban descubriendo nuevos campos de aplicación, como pueden ser: Fabricación de gres, de semirrefractarios, de cemento, de aglomerantes hidráulicos, en obras públicas, en agricultura y jardinería, en obtención de alúmina y otros elementos o en el aprovechamiento de la energía calorífica contenida.

Quedó definido el objetivo de este estudio en las aplicaciones que podrían tener mayor interés en cuanto a posibilidades reales de aprovechamiento del estéril y a la vez fuesen, a priori, más factibles económicamente; estas posibilidades son:

- Fabricación de ladrillos.
- Fabricación de árido ligero.
- Fabricación de gres.

Para complementar el estudio no se dejan de recoger el resto de aplicaciones detectadas para los estériles, pero sólo a título indicativo y para que en un futuro, si se considerase conveniente, se dispusiera de unos datos iniciales.

1.3.- ANTECEDENTES

Ya en el año 1977 se estaba preocupado por la, cada vez más creciente, producción de estériles y las dificultades, peligros y problemas que podrían plantear a no largo plazo.

Por ello HUNOSA encargó a ARLITA, en ese año, un estudio para la fabricación de árido ligero y piezas cerámicas a partir de sus estériles. Así como, también en 1977, a la E.T.S.I.M.O.

otro estudio sobre la posibilidad de obtención de cemento y alúmina.

Por su parte, ENADIMSA, en 1977, realizó un estudio técnico-económico sobre el aprovechamiento de los estériles producidos en el lavadero del Nalón.

1.4.- PLAN DE TRABAJO

Fijados los objetivos del estudio en la fabricación de ladrillos, árido ligero y gres, y teniendo en cuenta que los estériles de los lavaderos de carbón se convertían en la materia prima de los procesos a seguir, se vió la necesidad de conocer perfectamente esta materia prima.

Por ello se realiza, en primer lugar, un estudio exhaustivo de los estériles, que comprende:

- El conocimiento de los mismos
- La producción anual de los principales lavaderos
- Un estudio sobre la toma de muestras adecuada, con el objetivo de que éstas sean lo suficientemente representativas para obtener unos análisis y resultados fiables
- Análisis y composición de las muestras representativas
- Dictamen sobre las posibles aplicaciones.

En segundo lugar, se desarrollan ampliamente los aspectos técnicos y económicos de cada una de las posibles utilidades de los estériles objeto de este Estudio.

Y, finalmente, se indican otros usos que podrían darse a los estériles.

Por lo tanto, y para mejor operatividad, el presente Estudio se ha dividido en estos 5 tomos:

- TOMO I : La Materia Prima
- TOMO II : Ladrillos
- TOMO III: Arido ligero
- TOMO IV : Gres
- TOMO V : Otras aplicaciones

De todos ellos se han recopilado los datos de mayor interés en un último TOMO RESUMEN.

2.- TOMO I: LA MATERIA PRIMA

Los estériles de carbón se pueden clasificar en tres tipos:

- Estériles de mina
- Estériles de lavadero
- Estériles de escombreras

Los estériles de lavadero son los que forman la materia prima base de este estudio, estando constituidos por una mayoría de material arcilloso y una minoría de material cuarcífero.

2.1.- PRODUCCION

La producción de estériles de los cinco lavaderos más importantes de HUNOSA, en 1978, es la siguiente:

<u>Lavadero</u>	<u>Producción (t/año)</u>
Batán	700.000
Modesta	780.000
Candín	225.000
Sovilla	415.000
Turón	<u>310.000</u>
	2.430.000

Teniendo el siguiente porcentaje, según tamaños:

<u>Tamaño</u>	<u>Denominación</u>	<u>%</u>
<1	Fino	19,9
1 - 12	Menudo	46,7
12-150	Grano	32,7
>150	Cribado	0,7 (para relleno)

2.2.- TOMA DE MUESTRAS

2.2.1.- Número de tomas elementales

t/día	NUMERO DE TOMAS PARA:	
	Humedad	Otros ensayos incluido o no la humedad
		Cinta transportadora o caída libre
Hasta 1.000	16	16
Hasta 1.600	20	20

2.2.2.- Peso mínimo de las tomas elementales

Se tomarán como mínimo:

<u>Tamaño</u>	<u>Kg</u>
Granos	6,25
Menudos	0,50
Finos	0,20

2.2.3.- Puntos de toma

Los actuales, salvo en los siguientes casos:

- Lavadero de Mieres

- . Los granos a la salida de la cinta que proviene de la máquina de lavado de granos
- . Los menudos a la salida de la cinta que los lleva a las tolvas de estériles
- . Los finos a la salida del canal que va al río

- Lavadero Modesta

- . Los granos en el vertido de las dos cintas que vienen de los tambores de lavado
- . Los menudos a la salida de la cinta que los lleva a las tolvas de estériles
- . Los finos a la salida de la cinta que viene de los filtros de vacío.

2.2.4.- Toma de muestra

La primera muestra se deberá realizar al azar, y el resto a intervalos regulares.

2.2.5.- Aparatos a utilizar, etiquetado y transporte

Se utilizarán los medios adecuados según especifican las normas NF y las precisiones marcadas en nuestro estudio (Ver Anexo Tomo I).

2.2.6.- Fiabilidad de la toma de muestras

La fiabilidad de la toma de muestras se fijó en:

SiO ₂	± 2%
Al ₂ O ₃	± 2%
Fe ₂ O ₃	0,25% (valor absoluto)
Fe ₂ O ₃	10% (valor relativo)
Otros fundentes ...	0,25% (valor absoluto)
Otros fundentes ...	10% (valor relativo)

con la probabilidad de conseguirla en un 95% de los casos.

La fiabilidad obtenida, después de los análisis químicos realizados, ha sido la siguiente:

Al ₂ O ₃	± 2%
SiO ₂	± 2%
Fe ₂ O ₃	± 0,5% y ± 0,75% (valor absoluto)
Na ₂ O	± 0,25%
K ₂ O	± 0,25%
CaO	± 0,25%
MgO	± 0,25%

2.3.- GRANULOMETRIA

La granulometría de las muestras representativas de estériles de los lavaderos de Mieres y Modesta es:

FRACCION DE ESTERIL	TAMICES (mm)	L A V A D E R O	
		MODESTA (%)	MIERES (%)
Granos	> 80	17,1	38,6
	80-50	36,4	8,8
	50-30	11,0	10,2
	30-12	26,9	33,1
	< 12	8,6	9,3
Menudos	> 12	3,2	0,8
	12-8	10,6	9,0
	8-4	21,2	24,0
	4-2	25,8	33,7
	2-0,5	23,6	24,3
	< 0,5	15,6	8,2
Finos (hecho con agua)	> 0,5	24,6	32,1
	0,5-0,2	37,3	49,2
	0,2-0,1	16,2	13,8
	0,1-0,08	4,2	1,7
	< 0,08	17,7	3,2

2.4.- COMPOSICION MINERALOGICA

Los valores medios de los componentes mineralógicos de tectados en los estériles, son los que siguen:

Componentes	%Según tipo de estéril		
	Granos	Menudos	Finos
Caolinita	9,8	14,4	15,6
Clorita	8,4	8,0	9,4
Ilita	46,0	49,6	41,0
Cuarzo	20,0	10,0	5,0
Interestratificados	5,6	8,0	12,0
Otros	10,0	10,0	15,0

2.5.- COMPOSICION QUIMICA

Los valores medios de los componentes químicos son:

Componentes	M O D E S T A			M I E R E S		
	Granos	Menudos	Finos	Granos	Menudos	Finos
Si O ₂	48,86	46,07	42,26	49,57	48,21	43,89
Al ₂ O ₃	22,48	23,83	23,53	20,87	23,49	22,83
Fe ₂ O ₃	6,60	4,89	4,00	7,02	5,63	5,24
K ₂ O	2,96	3,12	2,80	3,08	3,33	3,04
Na ₂ O	0,44	0,43	0,34	0,38	0,40	0,34
Ca O	1,22	1,16	2,13	1,58	1,09	1,81
Mg O	1,48	1,36	1,17	1,48	1,39	1,23
Cr ₂ O ₃	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03	0,03
Mn O	0,07	0,05	0,05	0,06	0,05	0,04
V ₂ O ₅	0,27	0,23	0,23	0,23	0,21	0,22
Ti O ₂	1,17	1,24	1,11	0,98	1,05	1,12
F	0,014	0,016	0,014	0,012	0,015	0,012
P ₂ O ₅	0,19	0,15	s.d.	0,17	0,15	s.d.
Cl	0,11	0,11	0,024	0,005	0,005	0,007
Mn ₂ O ₃	0,06	0,06	0,01	0,11	0,02	0,03
CO ₃ Ca	0,83	0,74	s.d.	0,49	0,22	s.d.
CO ₃ Mg	2,18	1,97	s.d.	2,27	2,16	s.d.
C	5,13	5,34	13,51	4,67	5,87	9,23
SO ₃	0,65	1,53	0,96	1,85	1,48	1,41

2.6.- ANALISIS TERMICO

Los valores obtenidos del poder calorífico, en Kcal/kg , de las muestras representativas es el siguiente:

	Poder calorífico:		Pérdidas por
	<u>Superior</u>	<u>Inferior</u>	<u>Calcinación(%)</u>
- Lavadero Modesta:			
. Granos	658	600	12
. Menudos	829	750	16
. Finos	1.274	1.050	23
- Lavadero de Mieres:			
. Granos	728	650	13,8
. Menudos	691	625	14,1
. Finos	1.147	950	20,2

2.7.- HUMEDAD

Tanto en el lavadero Modesta como en el de Mieres, los es tériles tienen igual valor de humedad:

	<u>Granos</u>	<u>Menudos</u>	<u>Finos</u>
Humedad (%)	10	12,5	25

2.8.- PLASTICIDAD

No se ha podido calcular el índice de plasticidad, pero sí el límite líquido, que da estos valores:

- Lavadero Modesta	- Granos: 29,4
	- Menudos: 24,1
	- Finos: 25,1

- Lavadero de Mieres
- Granos: 21,4
- Menudos: 18,6
- Finos: s.d.

2.9.- POSIBILIDADES DE UTILIZACION DE LOS ESTERILES

Tanto del estudio de las composiciones mineralógica y química, como de la documentación recopilada y del resto de los datos obtenidos, se puede decir que los estériles de lavaderos de carbón tienen la posibilidad de utilizarse en numerosas aplicaciones. Entre las principales se pueden citar:

- Fabricación de ladrillos
- Fabricación de árido ligero
- Fabricación de gres
- Fabricación de semirrefractarios
- Fabricación de cemento
- Fabricación de aglomerantes hidráulicos
- Obras Públicas:
 - . relleno de terraplenes
 - . acondicionador o corrector de suelos
 - . decolorante y plastificante
- Obtención de elementos constituyentes (como aluminio)
- Aprovechamiento o utilización de la energía calorífica contenida.

De todas estas posibles utilizaciones de los estériles de lavaderos, y como ya se dijo anteriormente, las que presentaban más factibilidad y hacían pensar en un mayor ahorro energético eran las tres primeras. Por ello esas tres aplicaciones son las que integran el presente estudio.

2.10.- CONCLUSIONES RELATIVAS A LA MATERIA PRIMA

- Los estériles de lavaderos de carbón plantean problemas de variada índole, que en el futuro pueden llegar a ser graves.
- Hay que buscar salida a estos estériles tratando de reducir así su producción.
- Tienen un comportamiento arcilloso.
- El contenido en carbón va aumentando al pasar de la fracción granos a la de menudos, y de ésta a los finos.
- Igual le ocurre al poder calorífico y a las pérdidas por calcinación de las distintas fracciones de estériles.
- Pueden presentar un importante ahorro energético, debido al carbón contenido en ellos.
- Tiene numerosas posibles utilizaciones que habría que estudiar a fondo.

3.- TOMO II: LADRILLOS

Uno de los objetivos del presente estudio es la fabricación de ladrillos a partir de los estériles de lavaderos de carbón, que como se dijo anteriormente, están constituidos en su mayor parte por material arcilloso y en una parte minoritaria por material cuarcífero.

Por los análisis y composición de estos estériles, se puede deducir que:

- La fracción arcillosa de los mismos está formada por ilita, caolinita y marmorillonita principalmente.
- El contenido en alúmina es mayor que en las arcillas usadas normalmente en cerámica.
- El porcentaje de sus componentes calizos y sulfatos no son elevados.
- Los tanto por ciento en fundentes son normales
- El material posee una composición en el tiempo muy homogénea.
- El contenido en carbón es importante, ya que puede producir un considerable ahorro energético.

3.1.- LA INDUSTRIA LADRILLERA

La industria ladrillera y en particular la de la región -

asturiana, está atravesando una crisis como consecuencia de la situación del sector de la construcción. Esta crisis, en Asturias es debido entre otras razones a:

- Gran minifundio de empresas, que lleva a producciones pequeñas con elevados costos.
- Falta de mecanización, por lo que se emplea excesiva mano de obra con los consiguientes rendimientos bajos y mayores costos.
- Escasez de materia prima y falta de calidad y homogeneidad en las arcillas utilizadas, con presencia de cal en las vetas.
- Agotamiento de las canteras próximas a la ubicación de las fábricas.
- Mayor consumo de energía en el secado debido a la climatología asturiana.
- Instalaciones obsoletas con deficiente aislamiento térmico y elevados consumos de energía en la cocción.

El reciente plan de construcción para el periodo 1981-1983 que acaba de aprobar el Gobierno, hace cambiar las perspectivas para la industria ladrillera sacándola de la crisis que atravesaba.

3.2.- TIPOS DE LADRILLO

La norma UNE 67-019-78 define tres tipos de ladrillo:

- Macizo M.- Aquel cuyo volumen de huecos es inferior al 25% del total.
- Perforado P.- Aquel cuyo volumen de huecos es igual o superior al 25% del total.

- Hueco H.- Aquel cuyo volúmen de huecos es igual o superior al 25% del total y cuyas perforaciones no cumplen lo especificado a continuación para los tipos anteriores.

En los ladrillos del tipo M y P ninguna perforación tendrá una superficie mayor de 7 cm^2 .

Si la forma de las perforaciones es rectangular y su dimensión menor es igual o inferior a 16 mm, se admitirá una superficie hueca de 16 cm^2 por taladro.

3.3.- CLASES DE LADRILLO

La norma UNE 67-019-78 define dos clases de ladrillo:

- V.- Para ladrillos utilizados en paramentos o fábricas sin revestir.
- NV.- Para ladrillos utilizados en paramentos o fábricas con revestimiento.

3.4.- DIMENSIONES DEL LADRILLO

La norma UNE 67-019-78 indica que las dimensiones de la fabricación formarán parte de una de las siguientes series (en cm):

- a) 59; 29; 14; 9; 6,5; 4 y 2,8
- b) 49; 24; 11,5; 7,3; 5,2; 4 y 1,5
- c) 39; 19; 9; 4 y 1,5

Las dimensiones varían dependiendo de las zonas donde se fabriquen, observándose que en general no cumplen con la normativa.

3.4.1.- Tolerancia de dimensiones

La norma UNE 67-019-78 considera dos tipos de tolerancias dimensionales para cada una de las tres dimensiones de fabricación de las piezas:

- Tolerancia sobre el valor teórico, definida como el valor máximo de la diferencia entre el valor teórico de una dimensión y el valor medio de la misma. La tolerancia sobre el valor teórico es el siguiente en (mm):

<u>clase</u>	<u>tolerancia</u>
V	± 3
NV	± 6

- Tolerancia de la dispersión, definida como el valor absoluto máximo de la diferencia entre el valor medio de una dimensión y el valor aislado de la misma. La tolerancia de la dispersión es la siguiente (en mm):

<u>Dimensiones modulares</u>	<u>Clase</u>	
	<u>V</u>	<u>NV</u>
> 30 cm	6	7
entre 30 y 10	5	6
≤ 10 cm	3	4

3.4.2. Tolerancia en la forma

La norma UNE 67-019-78 hace la siguiente división:

- Planeidad, definida como desviación máxima de la línea recta en todas las aristas y diagonales. Las flechas máximas toleradas es la siguiente (en mm):

<u>Longitud</u>	<u>Clase</u>	
	<u>V</u>	<u>NV</u>
>30 cm	4	6
≥25 cm	3	5
entre 25 y 12,5	2	3
≤12,5 cm	2	2

- Angularidad, o medida de los ángulos diedros de una pieza. La tolerancia en los valores de los diedros es la siguiente:

<u>Clase</u>	<u>Tolerancia en-° sexag.</u>
V	± 2°
NV	± 4°

3.5.- CARACTERISTICAS GENERALES

Las características y propiedades más importantes que deben reunir los ladrillos son:

3.5.1.- Fisuras

No se admitirán lotes con un número de piezas fisuradas en la muestra superior a 3.

3.5.2.- Exfoliaciones

Son rechazables los lotes en los que aparezca espontáneamente piezas exfoliadas en cualquier magnitud.

3.5.3.- Desconchados

Los desconchados son debidos a nódulos de la cal, piritita o sílice.

La superficie afectada por desconchados en las caras que puedan quedar vistas de los ladrillos de la clase V, no será supe-

rior al 5% del total; mientras que en las de la clase NV, se admite hasta un 15% de su superficie afectada sobre el total.

Se considera superficie afectada la suma de las áreas de los rectángulos circunscritos a los cráteres producidos por el desconchado.

Los desconchados debidos a caliche no deberán producir individualmente superficies afectadas superiores a 2 cm^2 en ningún caso.

3.5.4. Absorción de agua

Se denomina absorción específica del ladrillo, el tanto por ciento, en peso, de agua absorbida expresado en relación al peso del ladrillo desecado. Los valores de absorción media vienen limitados a continuación:

<u>Clase</u>	<u>Absorción (%)</u>
V	≤ 20
NV	≤ 25

3.5.5.- Dilatación potencial

Es la posible dilatación que puede producirse en la parte cerámica de una obra construida por la acción de la humedad. Sus valores máximos son (en mm):

<u>Clase</u>	
<u>V</u>	<u>NV</u>
≤ 1,2	≤ 1,6
≤ 0,3	≤ 0,4

3.5.6.- Eflorescencia

Son manchas blanquecinas que aparecen en las superficies de las construcciones producidas por la cristalización de sales solubles, como sulfatos, carbonatos, cloruros o nitratos.

La clasificación de ladrillos eflorescentes se realiza mediante el ensayo establecido en la norma UNE 7063, y por comparación se les clasifica como "no eflorescido", "ligeramente eflorescido" o "eflorescido".

3.5.7.- Heladicidad

Se define por la pérdida de peso de una probeta que se ensaya, calculada en tanto por ciento del peso inicial de la muestra seca, después de haber sido sometida a 51 ciclos de heladas y deshielos.

Debe obtenerse la clasificación de ladrillos no heladizos.

3.5.8.- Color

El color de los ladrillos depende fundamentalmente del contenido en óxidos (Fe_2O_3 , Al_2O_3 , etc) y de la temperatura de cocción. Para colorear los ladrillos suele utilizarse MnO_2 .

Es deseable que el color de un ladrillo sea uniforme para las construcciones de ladrillo vista.

3.5.9.- Resistencia a la compresión

Las resistencias características mínimas de los ladrillos a la compresión, expresados en daN/cm^2 , es la siguiente:

<u>Resistencia</u>	<u>Mínimo</u>
-	30
Normal	75
Media	150
Alta	300

3.5.10.- Aislamiento térmico

El coeficiente de conductividad es inferior al de las rocas naturales; así por ejemplo, para ladrillos macizos es $\lambda = 0,68$ y para los huecos $\lambda = 0,32$ Kcal/m°C h.

3.6.- NORMAS

De la normativa existente sobre ladrillos cerámicos se seleccionaron las francesas y las españolas, ya que en aquél país utilizan los estériles de lavaderos de carbón para la fabricación de ladrillos.

En el Anexo del tomo II se recogen las normas consultadas.

3.7.- PRODUCTOS COMPETIDORES

La principal utilización dada a los productos que pueden obtenerse partiendo de los estériles de lavaderos de carbón, dentro del campo de la cerámica, es la fabricación de ladrillos tanto de cara vista como de huecos.

Por tanto la mayor competencia que va a encontrar es la del ladrillo cerámico fabricado con arcilla cocida.

Ambos ladrillos, de estériles o de arcilla, tienen todas

sus características y especificaciones iguales, por lo que su competitividad estará en el coste de fabricación y en el precio de venta. Pero al considerar, como debe ser, el mismo precio de venta, la competencia queda marcada únicamente por el coste del proceso de fabricación.

Dentro del proceso de fabricación, la preparación de la materia prima es más barata utilizando arcillas; pero durante los procesos de secado y cocción, utilizando los estériles, hay un ahorro energético superior al 47% debido al contenido en carbón.- El balance de estos conceptos puede hacer que los ladrillos fabricados con los estériles tenga un coste inferior a los fabricados con arcilla.

3.8.- PROCESOS DE FABRICACION

Todos los procesos de fabricación de ladrillos comprenden las mismas fases:

- Preparación de la pasta, partiendo de la materia prima.
- Moldeo de la misma
- Secado de las piezas
- Cocción

En la preparación de la pasta existes dos porcedimientos:

- Vía seca
- Vía húmeda

El moldeo puede realizarse por:

- Extrusión
- Prensado.

El secado de las piezas moldeadas tiene la finalidad de sustraer la humedad que contienen sin alterar sus propiedades. Puede realizarse el secado al aire libre, aunque normalmente se utilizan secaderos artificiales; éstos se clasifican en:

- Secaderos intermitentes
 - . De pisos y suelos calientes
 - . De compartimentos o cámaras
 - . De cámara de humedad
- Secaderos semicontínuos
- Secaderos contínuos o de túnel

En el proceso de cocción existen tres fases: precalentamiento, cocción y enfriamiento. En la industria cerámica se emplean dos tipos de horno para la cocción del producto:

- Hornos contínuos con zona móvil de cochura
 - . Hornos Hoffmann
 - . De gas con llama rasante
 - . Con llama ascendente y descendente
- Hornos contínuos de zona fija de cochura
 - . Horno túnel

3.8.1.- Preparación de la pasta

a) Por vía seca

La materia prima llega conteniendo cierto grado de humedad por lo que en primer lugar se deseca bien en secaderos giratorios o bien en secaderos túnel. Una vez seco, el material se tritura en molino de bolas o barras o en molino de martillos, dependiendo de

la dureza del mismo. A continuación se pasa a una amasadora o mezcladora para homogeneizar la pasta y humedecerla hasta el grado necesario para seguir el proceso.

b) Por vía húmeda

La materia prima se tritura, con una cierta humedad, en unos molinos de rulos o muelas, pasando a unos laminadores que refinan más el material. A continuación se lleva a una amasadora o mezcladora con el mismo objetivo descrito anteriormente.

3.8.2.- Moldeo de la pasta

Tiene por objeto el dar la forma adecuada a la pieza que se quiere fabricar. Puede hacerse:

a) Por extrusión

El moldeo por extrusión se realiza en unas máquinas llamadas galleteras, que pueden trabajar con o sin vacío. Hoy día se utilizan más las galleteras que trabajan en vacío, las cuales, además de homogeneizar la pasta, consiguen la eliminación del aire contenido en la masa.

b) Por prensado

El moldeo por prensado se utiliza cuando se requieren grandes cantidades de los artículos a fabricar. Consiste en ir prensando la pasta en matrices de acero para hacerla salir de la extrusora a través de una boquilla que conforma las piezas deseadas.

Una vez moldeada la pieza es preciso cortarla a la longitud adecuada. Para ello se emplean cortadores, que consisten en unos hilos de acero muy tensados y suficientemente resistentes, - que en su movimiento ascendente y descendente va cortando a la longitud deseada las piezas.

3.8.3.- Secado

El secado tiene por finalidad el quitar la humedad a las piezas moldeadas sin alterar sus propiedades.

a) Secadero intermitente

- De pisos y suelos calientes. Se consigue el calor por medio de tuberías de vapor de agua situadas bajo el suelo.
- De compartimentos o cámaras. Cada compartimento está más caliente que el anterior, desecando las piezas conforme avanzan por las camaras.
- De cámara de humedad. Análogo al anterior. Funciona al regular la temperatura y la humedad del aire circulante.

b) Secadero semicontínuo:

Están provistos de medios manuales de accionamiento para el transporte de las piezas a través de la cámara de secado.

c) Secadero contínuo o túnel:

El material está dispuesto sobre vagonetas, o columnas - de bandejas que van recorriendo el túnel. Este es calentado en toda su longitud por tubos o radiadores. Son los más utilizados.

La velocidad de secado depende de:

- Forma de la pieza
- Temperatura del aire circulante
- Velocidad de circulación del aire
- Contenido de humedad del aire circulante

3.8.4.- Cocción

Las modificaciones que sufre la masa durante la cocción a medida que va elevándose la temperatura son de carácter físico y químico. A 120°C se pierde el agua restante de la desecación. Entre 300 y 400°C se pierde agua de cristalización y empieza la oxidación del carbón que pueda contener la masa. Entre 850 y 900°C se produce la oxidación del carbón. Y en el entorno a los 1.000°C se inicia el reblandecimiento del material.

En el proceso de cocción existen tres fases: precalentamiento, cocción y enfriamiento. Las temperaturas reinantes durante cada fase depende de la materia prima utilizada, y son las que hay que determinar para que el proceso dé los resultados apetecidos.

De los dos tipos de horno que se utilizan en la industria cerámica, el más empleado es el horno túnel. Una descripción de ellos puede verse en el epígrafe 3.1.4. del tomo II.

3.8.5.- Procesos de fabricación en el extranjero

No existen procesos de fabricación diferenciados sustancialmente unos de otros, así como tampoco existen diferentes tecnologías.

Pero atendiendo a la materia prima de la que se parta, si ésta es los estériles de lavaderos de carbón, puede considerarse que en el extranjero hay dos tecnologías: Proceso HALDEX y Proceso SURSCHISTE. Ambas pueden considerarse análogas al estar muy - poco diferenciadas y no presentar diferencias apreciables entre sus procedimientos. Una descripción de los procesos indicados puede verse en el epígrafe 3.3. del Tomo II.

3.9.- ANALISIS

El análisis de la materia prima está desarrollado ampliamente en el Tomo I, recogiendo los principales datos en cuanto a su granulometría, composición mineralógica, composición química, análisis térmico, humedad y plasticidad en el epígrafe 2 de este tomo.

3.10.- PRUEBAS DE LABORATORIO

Las pruebas de laboratorio se realizaron con objeto de determinar las características esenciales de los estériles de lavaderos de carbón en cuanto a su comportamiento como materia prima en la fabricación de ladrillos.

En primer lugar se realizaron pruebas de granulometría para determinar la que fuera más adecuada para la extrusión y moldeo de los estériles.

Las granulometrías probadas fueron:

Granulometría (mm)	% en muestra				
	C	D	E	F	G
3 - 2	2	2	2	-	-
2 - 1	13	8	8	-	-
1 - 0,5	18	20	20	-	-
0,5 - 0,1	42	35	25	50	-
< 0,1	25	35	45	50	100

En segundo lugar se fue variando los contenidos en agua - con objeto de conocer el comportamiento de la masa y conseguir una humedad adecuada y óptima.

En tercer lugar se utilizaron distintos tiempos y procedimientos para el secado, y así se determinaría el más idóneo.

Las pruebas de secado se realizaron en:

- Mufla a 50°C durante 6 horas
- Mufla a 50°C durante 9 horas
- Secadero industrial a 60°C durante 24 horas
- Secadero industrial a 60°C durante 36 horas

Y finalmente durante la cocción se usaron diferentes curvas para determinar la de mejor comportamiento.

La fracción de menudos de los estériles se sometieron a todas estas pruebas de laboratorio, y por los resultados obtenidos se eligieron las dos muestras que los dieron mejor para realizar, con la fracción de granos, los ensayos correspondientes.

3.10.1.- Pruebas con menudos

En la trituración de este estéril para conseguir las mues tras antes indicadas, se dedujo que:

- Debe hacerse con un contenido pequeño de humedad
- Deben eliminarse los molinos de rulos y laminadores, es decir, no pueden seguir la vía húmeda.

En cuanto a la humedad óptima de cada granulometría, se comprobó que:

- Crece de forma casi exponencial al aumentar la cantidad de tamaños menor de 0,1 mm
- Es menor que las obtenidas en las cerámicas asturianas, por lo que habrá menos consumo de agua y menor gasto energético en el secado.

La plasticidad obtenida es sensiblemente igual a la de las arcillas.

Al pasar de la granulometría C a la G se va mejorando la textura, se elimina la repelación, va aumentando la cohesión y el corte de la masa se va mejorando hasta hacerse impecable.

En el secado de midió la retracción lineal de cada muestra con estos resultados:

Tipo de secado	Muestra				
	C	D	E	F	G
Estufa 50°C 6 horas	1,3	2,1	2,6	3	3,5
Estufa 50°C 9 horas	1,3	2,1	2,6	3	3,5
Secadero 60°C 36 horas	1,3	2,2	2,6	3	3,5
Secadero semicont. 60°C	1,3	2,2	2,6	3	3,5

- La contracción es la misma dentro de cada granulometría independientemente del sistema utilizado.
- La contracción aumenta al aumentar el contenido de tamaños menores de 0,1 mm.
- Durante la manipulación de probetas había roturas en las granulometrías C, D y E, mientras que en las F y G no existía.
- Una vez cocidas las muestras a diferentes temperaturas se observó:
 - El color varía del rosa pálido al marrón oscuro según aumentaba la temperatura.
 - El sonido es más metálico en las cocidas a mayor temperatura.
 - A bajas temperaturas aparece "corazón negro" (insuficiente combustión del carbón), no existiendo a temperaturas más elevadas y empleando mayor tiempo de cocción.
 - Cocinando a temperaturas superiores a 1.025°C la contracción es del 6%. (importante), siendo ésta del 4% (aceptable) a temperaturas menores.

- La pérdida de peso varía entre 14 y 16% (normal)
- La resistencia a la compresión aumenta al aumentar la temperatura de cocción en cada granulometría.
- La resistencia a la compresión aumenta al aumentar el porcentaje de tamaños menores de 0,1 mm, excepto en la muestra E.
- A temperaturas superiores a 980°C las resistencias son más altas que las obtenidas con las arcillas.
- La absorción de agua disminuye, en cada granulometría, con el aumento de temperatura.
- En todas las muestras la absorción a temperaturas altas es muy pequeña.

Resumiendo, se puede indicar:

- Los estériles de menudos sirven para la fabricación de ladrillos.
- Las características de estos ladrillos mejoran, en general, a las de los fabricados con arcillas.
- La granulometría que inicialmente parece la más adecuada es la F; es decir, la compuesta por un 50% de tamaños entre 0,5 y 0,1 mm y un 50% de tamaños menores de 0,1 mm.
- La temperatura de cocción más adecuada está comprendida entre 980 y 1.000 °C.
- La fabricación debe dirigirse a ladrillos "cara vista" y ladrillos especiales para fachadas.

3.10.2.- Pruebas con granos

Dados los resultados obtenidos con la fracción de menudos de los estériles, con los granos únicamente se realizaron pruebas con las granulometrías F y G.

Los resultados obtenidos fueron sensiblemente iguales que en el caso anterior. El color de las probetas, en este caso, es rojo con cierta tonalidad oscura.

La contracción en la cocción es de 4,7% a 1.025°C y 1,3 % a 920°C.

La pérdida de peso es de 15,4 y 15,3% respectivamente.

Todas las conclusiones indicadas para el ensayo con la fracción de menudos son aplicables a estas pruebas de granos; es decir, los estériles de granos sirven para la fabricación de ladrillos, teniendo éstos características superiores, en general, a las de los fabricados con arcilla.

3.10.3.- Pruebas con finos

En este caso se realizaron dos tipos de pruebas:

- Con estériles sólo
- Mezclando estériles y arcillas

Las pruebas realizadas en el primer caso dieron resultados negativos.

En el segundo caso se mezcló arcilla con porcentajes del 20,30 y 40% de estériles y se utilizó arcilla sola para que sirviera de referencia.

No se realizó ningún tipo de molienda con los estériles finos por ser su granulometría de origen inferior a 0,5 mm.

La humedad de la arcilla baja bruscamente en cualquier mezcla de estéril fino utilizada, siendo menor cuanto mayor sea la proporción de finos en la mezcla.

La plasticidad de la pasta formada es sensiblemente igual en todos los casos.

No existe variación destacable en la textura, ni aparecieron grietas; presenta buena cohesión y fácil corte.

El secado se realizó, en todos los casos, en un secadero industrial a 50°C durante 24 horas.

- La retracción en la arcilla es bastante superior a la de las mezclas.
- La retracción disminuye al aumentar el porcentaje en finos; aún así es superior a las obtenidas en las pruebas de menudos.
- No existen rotura de probetas por manipulación.

La cocción se realizó a 920 y 1.020°C, observándose:

- El color en todas las muestras es rojo.

- El sonido es más metálico en las cocidas a mayor temperatura.
- Aparece "corazón negro" (insuficiente combustión del carbón) - en las cocidas a menor temperatura, no existiendo en las probetas cocidas a mayor temperatura y empleando mayor tiempo.
- La contracción es prácticamente la misma en todos los casos.
- Las pérdidas de peso aumentan al aumentar los porcentajes de mezcla.
- La resistencia disminuye al aumentar los porcentajes de mezcla
- Para una misma muestra la resistencia aumenta con la subida de temperatura.
- La absorción aumenta al aumentar los porcentajes de la mezcla.
- Para una misma muestra la absorción disminuye al subir la temperatura.

En resumen, se puede indicar:

- Los estériles de finos no sirven para la fabricación de ladrillos.
- Los estériles de finos, mezclados con arcilla, sirven para la fabricación de ladrillos.
- La mezcla que inicialmente parece la más idónea es la de un 20% de finos y un 80% de arcilla.
- La temperatura de cocción más adecuada está comprendida entre 980 y 1.000 °C
- Las características finales de los ladrillos son similares a las de los obtenidos con arcilla sola.

3.10.4.- Pruebas de ahorro energético

Dados la escasez de medios y las limitaciones que existían en laboratorio, el objetivo de estas pruebas fue la estimación - cualitativa del ahorro energético. Por tanto los resultados no son suficientemente fiables, a escala laboratorio, y tan sólo deben considerarse a título orientativo. Además únicamente se midieron en el proceso de cocción.

Los resultados de las pruebas realizadas fueron:

Cocción	Material	Consumo (Kw)	Peso del material (g)
920 °C	ninguno	14	-
	arcilla	15	1.695,32
	granos	12	1.691,95
1.025 °C	ninguno	36	-
	menudos	32	1.826,55
	granos	32	1.971,68
	arcilla	36	1.724,40
	AF 20	34,5	1.758,23
	AF 30	33,5	1.763,50
	AF 40	33	1.786,02

- Existe ahorro energético durante la cocción
- El ahorro energético es mayor a 920°C
- Con estériles de menudos y granos se obtiene el mismo ahorro energético.
- Al aumentar la proporción de finos aumenta el ahorro de energía.
- El consumo de energía es unas 2,5 veces mayor al cocer a 1.025 °C.

3.11.- PRUEBAS INDUSTRIALES

Para las pruebas industriales se utilizaron los estériles de menudos con la siguiente granulometría:

<u>Granulometría mm</u>	<u>%</u>
0,5 - 0,1	10
0,1 - 0,08	9
< 0,08	81

El agua de amasado es del 16-18%.

El secado se realizó en 19 horas, quedando un 12% de agua residual. El ciclo de secado se reduce en un 67% aproximadamente.

La cocción se efectuó en un horno túnel, durante 51 horas, a una temperatura de 1.000 °C y con aumento de paso de aire.

El ahorro energético calculado en las pruebas es del 47,44%.

Para un mejor control del tiempo de combustión del carbón se estima que el porcentaje de carbón en los estériles no debería superar el 3,5%.

El ciclo de cocción debe alargarse, especialmente en la fase de precalentamiento.

3.12.- ESTUDIO DE MERCADO

Del estudio de mercado se sacan los siguientes datos:

- La demanda media de viviendas es de 18.658 al año, que podría aumentar debido al plan de construcción aprobado por el Gobierno.
- La capacidad de producción anual de la fábrica de ladrillos debe estar comprendida, como mínimo, entre 80.000 y 100.000 t.a.
- La fabricación de ladrillos debe dirigirse al tipo de cara vista, ya que no se fabrica en Asturias.
- La incidencia del transporte en el coste debe tenerse presente:
 - . Si el material a transportar es el estéril, no debe sobrepasarse los 30/35 Km, ni un precio de 557 Pta/t puesto en destino.
 - . Si el transporte es de producto terminado, su coste incide en un 29-30% sobre el precio unitario, que viene a representar un incremento de 1 a 1,50 Pta/unidad para distancias próximas a los 100 Km.
- Si la calidad de los ladrillos es similar a la de los fabricados con arcilla tendrán buena acogida.

3.13.- FABRICA DE LADRILLOS

El diseño de la fábrica de ladrillos está realizado a nivel de anteproyecto y pensando en la utilización de los estériles de granos, ya que esta fracción, inicialmente, es la que presenta más seguridad en el correcto funcionamiento de todas y cada una de las fases del proceso de fabricación.

La ubicación de la fábrica será la zona del Polígono Industrial de Riaño (Langreo), con una superficie de unos 35.000 m²

Está diseñada para una capacidad de producción de 90.000 t/año, que equivale a 250 t/día.

La pieza base a fabricar es el ladrillo cara vista.

Se trabaja 5 días por semana en dos turnos de 8 horas.

La preparación de la materia prima consta de:

- un molino lanzador que reduce los tamaños de llegada, que oscilan entre 12 y 150 mm.
- un desmenuzador-homogeneizador que efectúa la molienda, propiamente dicha de la materia prima.
- un tamiz que separa la granulometría apta para seguir el proceso, de la que no lo es.
- un molino pendular que moltura la granulometría rechazada por el tamiz.
- unos depósitos de reserva de materia prima molturada, que tienen como misión el independizar la línea de fabricación de la zona de molturación, así como de servir de regulador y dosificador de los tamaños de la materia prima allí almacenada.
- una amasadora-extrusora donde se mezcla, amasa, humedece y homogeneiza la materia prima molturada.
- monobloc, donde se completa el amasado y se procede a la extrusión en vacío moldeándose una barra continua de barro.

- un cortador de barra que deja a la longitud deseada el ladrillo
- unas vagonetas donde se depositan los ladrillos verdes
- un transbordador hidráulico de entrada al secadero.

Instalación de secado:

El secado del material cargado sobre vagonetas de horno túnel se realiza circulando éstas a lo largo de dos túneles de secado.

Las características de las vagonetas son: 2,8 m de longitud; 5,68 m de ancho y 820 mm alto del piso de carga.

Las características del secadero son:

Longitud total	.....	62,6 m
Ancho total	.....	14,2 m
Ancho interior	.....	5,8 m
Altura total	.....	7,0 m
Altura útil de secado	...	1,8 m

Y sus condiciones de trabajo:

Ciclo de secado	.....	48 horas
Humedad de moldeo	.....	18%
Humedad residual	.....	3 a 4 %
Agua a evaporar	.....	1.600 Kg/hora
Capacidad calorífica de la recuperación del horno.		1.450.000 Kcal/h
Caudal de aire	.....	76.000 m ³ /h
Temperatura del aire a la entrada	.....	120 °C

Cocción del material:

EL horno-túnel para la cocción del material se divide en cuatro zonas: Cámara de entrada, zona de precalentamiento, zona de cocción y zona de enfriamiento.

Las vagonetas empleadas en el horno son las mismas que las usadas en el secadero. Dentro del horno habrá 44 vagonetas, quedando 42 de reserva. El número total de vagonetas (horno + secadero) es de 131.

Las características del horno son:

Longitud total	.....	126,9 m
Ancho total	.....	7,5 m
Ancho útil	.....	5,6 m
Altura total	.....	3,46 m
Altura útil	.....	1,72 m
Distancia entre filas de alimentación	.....	1,40 m
Filas de boquillas de alimentación	.....	35
Boquillas por fila	.....	6

Y sus condiciones de trabajo:

Ciclo de cocción	.....	60 h
Grupos de quemadores	...	10
Grupos de enfriamiento rápido	.....	4
Temperatura máxima	....	1.100 °C

El proceso de fabricación está totalmente mecanizado.

El secadero aprovecha el aire caliente del horno.

El personal necesario es de 27 personas.

Los consumos anuales calculados son los siguientes:

- Energía eléctrica	.....	4,8 M. de Kwh
- Materia prima	.....	115.000 t
- Agua	.....	119.600 m ³
- Combustible	.....	3.504 t
- Carburante	.....	399.600 l

3.13.1.- Anteproyecto de fábrica de 145 t/día

También se ha realizado el diseño de una fábrica de ladrillos, a nivel de anteproyecto, con una producción de 145 t/día - en la que se utilizaría como materia prima los estériles de grano.

La pieza base a fabricar es el ladrillo cara vista.

Se trabaja 5 días por semana en un turno de 8 horas efectivas.

La preparación de la materia prima consta de los mismos elementos que en el caso anterior.

Instalación de secado:

El secado del material cargado sobre vagonetas de horno túnel se realiza circulando éstas a lo largo de dos túneles de secado.

Las características de las vagonetas son: 2,8 m de longitud, 4,58 m de ancho y 790 mm alto del piso de carga.

Las características del secado son:

longitud total	.....	48,6 m
Ancho total	.....	12,0 m
Ancho interior	...	4,7 m
Altura total	....	7,0 m
Altura útil de secado.		1,8 m

Y sus condiciones de trabajo:

ciclo de secado	....	48 horas
humedad de moldeo	...	18%
humedad residual	....	3 a 4%
agua a evaporar	....	960 Kg/h
capacidad calorífica de la recuperación - del horno	.....	870.000 Kcal/h
caudal de aire	.....	46.000 m ³ /h
temperatura del aire a la entrada	.....	120 °C

Cocción del material:

Igual que en el caso anterior el horno túnel para la cocción del material se divide en cuatro zonas: cámara de entrada, zona de precalentamiento, zona de cocción y zona de enfriamiento.

Las vagonetas utilizadas en el horno son las mismas que las del secadero. Dentro del horno habrá 33 vagonetas, quedando 30 de reserva. El número total de vagonetas (horno + secadero) es de 97.

Las características del horno son:

Longitud total	.....	93,3 m
Ancho total	.....	6,4 m
Ancho útil	.....	4,5 m
Altura total	.....	3,39 m
Altura útil	.....	1,72 m
Distancia entre filas de alimentación	.....	1,40 m
Filas de boquillas de alimentación	.....	25
Boquillas por fila	....	6

Y sus condiciones de trabajo :

Ciclo de cocción	.....	60 horas
Grupos de quemadores	....	6
Grupos de enfriamiento rápido	.....	3
Temperatura máxima	.....	1.100 °C

El proceso de fabricación está totalmente mecanizado.

El secadero aprovecha el aire caliente del horno.

El personal necesario es de 18 personas.

Los consumos anuales calculados son los siguientes:

Energía eléctrica	.....	3,1 M. de Kwh
Materia prima	.....	66.950 t
Agua	.....	69.384 m ³
Combustible	.....	3.504 t
Carburante	.....	326.725 l.

3.14.- INVERSIONES

Las inversiones han sido calculadas con un amplio margen de seguridad económica tanto para la fábrica de 250 t/día - de capacidad, como para la de 145 t/día.

3.14.1.- Fábrica de 250 t/día

El total de inversiones para esta fábrica es de - 610.532.000 Pta, desglosadas de la siguiente manera:

<u>Conceptos</u>	<u>Miles Pta</u>	<u>% sobre total</u>
- Terrenos y estudios previos	17.750	2,9
- Edificios y obras civiles	66.300	10,9
- Maquinaria, equipos e instalaciones .	317.466	52,0
- Instalación eléctrica	14.700	2,4
- Instalación de agua	1.500	0,2
- Talleres y recambios	3.000	0,5
- Laboratorio y oficinas	3.500	0,6
- Vehículos	26.000	4,3
- Gastos montaje y puesta en marcha ..	48.526	7,9
- Otros gastos	56.290	9,2
- Imprevistos	55.500	9,1

3.14.2.- Fábrica de 145 t/día

Si la capacidad de la fábrica es de 145 t/día, el total de la inversión asciende a 531.085.000 Pta, siendo su desglose:

<u>Conceptos</u>	<u>Miles Pta</u>	<u>% sobre total</u>
- Terrenos y estudios previos	16.000	3,0
- Edificios y obras civiles	59.600	11,2
- Maquinaria, equipos e instalaciones.	266.576	50,2
- Instalación eléctrica	14.700	2,8
- Instalación de agua	1.500	0,3
- Talleres y recambios	3.000	0,6
- Laboratorio y oficinas	3.500	0,7
- Vehículos	26.000	4,9
- Gastos montaje y puesta en marcha ..	42.619	8,0
- Otros gastos	53.290	10,0
- Imprevistos	44.300	8,3

3.15.- ESTUDIO ECONOMICO-FINANCIERO

También en el estudio económico-financiero se han seguido criterios conservadores en el sentido de mantener un - cierto margen de seguridad económica. Así, al calcular la producción diaria únicamente se han considerado productivos 360 - días y se redondearon por defecto el número de unidades producidas. De igual manera se consideraron las cifras de 40%, 70% y 90% como las del alcance de producción del primer, segundo y resto de años respectivamente.

Los datos para calcular los resultados económicos fueron los siguientes:

3.15.1.- Inversiones

<u>Año</u>	<u>M. Pta</u>
0	335
1	140
2	90
3	45,5

3.15.2.- Ventas

<u>Año</u>	<u>Producción (Unidades)</u>	<u>Precio medio Unidad (Pta)</u>	<u>M. Pta</u>
0	-	-	-
1	9.576.000	7	67,0
2	33.515.000	7	234,6
Restantes	43.091.000	7	301,6

3.15.3.- Costes (en M. Pta)

	<u>1^{er} Año</u>	<u>Restantes</u>
Mano de obra	20,1	40,2
Gastos variables	42,2	84,5
Gastos fijos	<u>10,0</u>	<u>20,0</u>
TOTAL COSTES	72,3	144,7

3.15.4.- Otros datos

- Capacidad de producción 250 t/d
- Vida de la fábrica 20 años
- Amortización 15 años (=40,7 M. Pta/año)
- Valor residual 10% de inversión total
(=61,1 M. Pta)
- Impuesto 34% de beneficio bruto
- Tasa de descuento 15%

3.15.5.- Resultados económicos antes de considerar impuestos

- Tasa Interna de Retorno 21,5%
- Valor Actual Neto 239,4 M. Pta
- Plazo de Recuperación de la
Inversión 9 años
- Sensibilidad al precio de venta:

Sensibilidad:	-15	-10	-5	5	10	15
T.I.R. (%)	14,8	17,1	19,3	23,6	25,6	27,7
V.A.N. (M.Pta)	5,6	76,0	157,7	321,0	402,7	484,3
P.R.I. (años)	>20	14	11	8	7	7

- Sensibilidad al costo:

Sensibilidad:	-15	-10	-5	5	10	15
T.I.R. (%)	24,8	23,7	22,6	20,3	19,2	18,1
V.A.N. (M.Pta)	365,8	323,6	281,5	197,2	155,1	112,9
P.R.I. (años)	8	8	9	10	11	13

- Sensibilidad a la inversión:

Sensibilidad:	-15	-10	-5	5	10	15
T.I.R. (%)	24,9	23,7	22,5	20,5	19,6	18,8
V.A.N. (M.Pta)	322,0	294,5	266,9	211,8	184,3	156,7
P.R.I. (años)	8	8	9	10	11	12

3.15.6.- Resultados económicos considerando impuestos

- Tasa Interna de Retorno 16,1%
- Valor Actual Neto 39,4 M. Pta
- Plazo de Recuperación de la
Inversión 16 años
- Sensibilidad al precio de venta:

Sensibilidad:	-15	-10	-5	5	10	15
T.I.R. (%)	11,1	12,8	14,5	17,7	19,2	20,7
V.A.N. (M.Pta)	-125,2	-70,3	-15,5	94,3	148,8	202,7
P.R.I. (años)	>20	>20	>20	13	11	10

- Sensibilidad al costo:

Sensibilidad:	-15	-10	-5	5	10	15
T.I.R. (%)	18,6	17,8	16,9	15,3	14,4	13,5
V.A.N. (M.Pta)	124,4	96,6	68,3	10,5	-18,3	-47,2
P.R.I. (años)	12	13	14	19	>20	>20

- Sensibilidad a la inversión:

Sensibilidad:	-15	-10	-5	5	10	15
T.I.R. (%)	18,7	17,7	16,9	15,4	14,7	14,1
V.A.N. (M.Pta)	111,5	87,5	63,0	15,4	-8,6	-32,7
P.R.I. (años)	12	13	14	19	>20	>20

3.15.7.- Resultados económicos con préstamo

Financiación:	Bancaria	P.E.N.
T.I.R. (%)	17,6	22,0
V.A.N. (M.Pta)	62,0	138,1
P.R.I. (años)	15	10

3.16.- CONCLUSIONES RELATIVAS A LADRILLOS

- Los estériles de lavaderos de carbón son utilizables en la fabricación de ladrillos.

. Los finos únicamente pueden aprovecharse mezclados con arcilla, en una proporción del 20% de finos y 80% arcilla.

. Los menudos podrían presentar problemas durante el ciclo de cocción en hornos ya existentes. Se solucionarían variando la curva del ciclo de cocción y realizando control térmico, así como también mezclándolos con arcilla.

- . Los granos parecen los más adecuados para la fabricación de ladrillos, también es necesario el control térmico.
- El contenido en carbón de los estériles debe ser inferior al 3,5-4% a la entrada del material en el horno de cocción (podría incrementarse esa cifra en instalaciones de nueva construcción)
- . Con los finos no se consigue este porcentaje como no sea con la mezcla indicada
 - . Con los menudos puede conseguirse, aunque con el peligro de que aparezca "corazón negro" si no se controla la temperatura de cocción; se evitaría con mayor número de huecos en los ladrillos o alargando el precalentamiento
 - . Con los granos sí se consigue; necesitan control térmico.
- Antes de triturar los estériles es aconsejable secarlos.
 - La granulometría que parece la idónea para todo el proceso es la siguiente: 50% de tamaños entre 0,5 y 0,1 mm, y 50% de tamaños menores de 0,1 mm.
 - La temperatura de cocción oscila entre 980 y 1.025° C.
 - Los ladrillos obtenidos utilizando estériles tienen mejores características, en general, que los fabricados con arcillas.
 - El ahorro energético puede cifrarse mayor del 47%.
 - La producción mínima de la fábrica debe ser de 250 t/d que viene a representar unas 90.000 t/año.

- Además de ladrillos cara vista, pueden fabricarse otros tipos de ladrillos, en especial los hueco y doble hueco.
- La inversión para una fábrica de 250 t/d es de 610,5 M. Pta, cifra que podría reducirse.
- Los ingresos anuales han sido calculados muy bajos respecto a las posibilidades reales.
- Con la inversión, los costes y las producciones previstas - con amplio margen de seguridad económica, se han obtenido:

. Sin considerar impuestos:

T.I.R. 21,5%
 V.A.N. 239,4 M. Pta
 P.R.I. 9 años

. Considerando impuestos:

T.I.R. 16,1%
 V.A.N. 39,4 M. Pta
 P.R.I. 16 años

. Con financiación:

	<u>Bancaria</u>	<u>P.E.N.</u>
T.I.R.	17,6%	22,0%
V.A.N.	62,0 M.Pta	138,1 M.Pta
P.R.I.	15 años	10 años

- En el caso de no considerar conveniente el montaje de una fábrica de ladrillos, existen otras opciones:

. Venta del producto a precios comprendidos entre 175 Pta/t (mínimo) y 250 Pta/t (máximo).

. Asociación con uno o varios ceramistas de la zona.

- El interés creciente mostrado por los ceramistas, la escasez de arcillas adecuadas en la zona, la seguridad de abastecimiento de materia prima, la realidad demostrada de fabricación de ladrillos y el ahorro energético conseguido en las pruebas industriales, son factores a tener presente antes de tomar una decisión definitiva en el sentido de montar o no una fábrica nueva en la región, ya sea por cuenta propia o en asociación.
- HISPALYT (Asociación Nacional de Fabricantes de Ladrillos) enterada del proyecto, está interesada en ampliarlo a todo el territorio nacional.
- No se ha considerado en el estudio económico-financiero del Tomo Resumen una fábrica de 145 t/d, ya que se dice que la producción mínima ha de ser de 250 t/d. Por otro lado, la T.I.R. sale 7,8% sin tener en cuenta impuestos, lo que la hace autoeliminar.
- Los resultados económicos reales son superiores a los calculados para una fábrica de 250 t/día de producción por:
 - . Han sido calculados con amplio margen de seguridad económica.
 - . Incluyen en costes anuales 17,3 M. Pta en concepto de compra de la materia prima, que al ser propiedad de HUNOSA le representa un beneficio neto anual.
 - . Utilizan 115.431 t/año de estériles, ahorrando los costes que les produciría el tener que almacenarlos.

4.- TOMO III: ARIDO LIGERO

Otro de los objetivos del presente estudio es la fabricación de árido ligero a partir de los estériles de lavaderos de carbón.

El árido ligero se puede definir como aquel producto, natural o artificial, que debido a su estructura porosa presenta un peso específico muy inferior al árido normal.

A partir de 1938-1939 comenzó a fabricarse arcilla expandida en Europa, apareciendo en los países nórdicos debido a la dureza del clima y a las propiedades aislantes del producto. A partir de entonces la industria del árido ligero extendió su aplicación a otros materiales; así, se expandieron pizarras, escorias, esquistos pizarrosos y cenizas volantes, consiguiéndose áridos ligeros de calidad análoga a los de arcilla expandida.

4.1.- TIPOS DE ARIDO LIGERO

Según su origen se clasifican en:

- Materiales minerales no tratados térmicamente
- Materiales minerales tratados térmicamente
- Residuos industriales no tratados
- Residuos industriales tratados
- Productos orgánicos con partículas de material plástico

Según su utilización posterior serán: árido ligero para

- Hormigón estructural
- Hormigón para elementos prefabricados
- Hormigón aislante

4.2.- CLASE DE ARIDO LIGERO

Según granulometrías pueden ser:

- Arido grueso, entre 10 y 20 mm
- Arido ligero medio, entre 3 y 10 mm
- Arido ligero fino, o arena ligera, inferior a 3 mm

Según densidades aparentes:

- Densidad entre 250 y 450 Kg/m³
- Densidad entre 450 y 650 Kg/m³
- Densidad entre 650 y 850 Kg/m³

4.3.- CARACTERISTICAS GENERALES

Las características más importantes del árido ligero son:

4.3.1.- Aspecto

Dados la amplitud de orígenes y los procesos de fabricación, la forma externa del árido ligero es muy variada, pudiéndose agrupar en cuatro a categorías según el mineral de procedencia; éstas son:

- Exfoliada
- Redondeada
- Angulosa
- Irregular angulosa

4.3.2.- Estructura

La estructura celular de los granos de árido ligero debe presentar poros, en todo el volúmen del grano, finos y muy dispersos que no deben alcanzar en su totalidad a la superficie exterior.

Esta estructura le da gran resistencia y ligereza.

4.3.3.- Color

El color es variable dependiendo casi exclusivamente del proceso de fabricación y de la procedencia de la materia prima.

4.3.4.- Resistencias

En líneas generales se admite como buenas las resistencias de los granos que presentan los siguientes valores:

<u>Densidad aparente</u> <u>(Kg/m³)</u>	<u>Resistencia</u>
400 - 450	50 ± 5
500 - 550	60 ± 5
600 - 650	90 ± 5
> 700	>100 ± 5

a) Resistencia al choque. Fragilidad

Evalúa la degradación del producto durante su manipulación y almacenamiento.

b) Resistencia a la congelación y descongelación

En general resisten bien los ciclos de congelación y descongelación.

4.3.5.- Absorción de agua

El agua absorbida puede medirse en peso o en volúmen:

- En peso, viene dada por la fórmula:

$$\frac{\text{Peso de muestra húmeda} - \text{Peso de muestra seca}}{\text{Peso de muestra seca}} \times 100$$

- En volúmen, viene dado por:

Absorción de agua en peso x Densidad aparente del grano

4.3.6.- Bases físico-químicas del proceso de expansión

Para que se produzca la expansión de la materia prima es imprescindible que se cumplan las condiciones:

- Mediante calentamiento debe alcanzarse una temperatura a la cual la materia prima se encuentre en un estado piropástico de viscosidad ventajosa.
- A la vez ha de formarse la suficiente cantidad de gas en la materia prima que sea capaz de hincharla en su estado piropástico.

La viscosidad óptima se alcanza entre 1.120 y 1.180°C, - siendo aconsejable no pasar de 1.140°C ya que se produciría la fusión del material.

4.3.7.- Punto de sinterización

Es la temperatura a la que se produce una adherencia de las partículas del grano.

4.3.8.- Punto de reblandecimiento

Es la temperatura a la que se observan los primeros indicios de reblandecimiento de la materia.

4.3.9.- Punto de fusión

Es la temperatura a la que se funde la materia en una masa semicircular.

4.3.10.- Punto de fluencia

Es la temperatura a la que se funde totalmente la materia.

4.4.- NORMAS

En la actualidad se está estudiando la forma de redactar unas normas españolas específicas para el árido ligero que recoja las características principales del producto, así como los ensayos a realizar según las utilizations posteriores que se den al mismo.

Por lo tanto, no existen normas españolas referentes al árido ligero, ni siquiera a nivel de anteproyecto.

En Francia, Italia, Inglaterra, USA y Alemania sí existen normas sobre el árido ligero, que han sido recogidas en el Anexo del Tomo III.

4.5.- UTILIZACIONES DEL ARIDO LIGERO

La utilización más frecuente que se da en España al árido ligero es en la fabricación de bloques ligeros, preferentemente en cerramientos de edificios y naves y en particiones o tabiques. Todas estas utilizaciones se realizan con hormigón ligero.

Las utilizaciones más comunes del árido ligero, se pueden clasificar en tres sectores:

- Aislamiento
- Hormigón ligero aislante
- Hormigón ligero estructural

Los productos que vienen empleándose con más profusión son:

- Piedra pómez y puzolanas
- Vermiculitas, perlitas, arcillas expandidas, vidrio celular, fibras minerales y fibra de vidrio.
- Escorias de alto horno
- Materiales plásticos

4.6.- PRODUCTOS COMPETIDORES

Las principales utilizaciones dadas al árido ligero son los prefabricados de hormigón ligero y la utilización directa como aislante térmico y acústico.

Por tanto, los productos competidores en cuanto a prefabricados son:

- Prefabricados con hormigón normal y hormigón de escorias o puzolanas.
- Productos cerámicos, como bovedillas, casetones, placas aligeradas y ladrillos.

- Placas armadas para forjados.
- Piezas de poliestireno.

Y en cuanto a su aplicación directa como aislante:

- Perlita
- Vermiculita
- Puzolana
- Piedra pómez
- Poliestireno molido
- Escorias
- Placas aislantes
- Espumas de poliuretano
- Fibra de vidrio
- Corcho

En general se puede decir que los productos competidores son más baratos que el árido ligero, por lo tanto debe tenderse a mejorar las características técnicas del producto final así como obtener este producto con el mayor grado de homogeneidad posible, tanto en tamaños como en densidades.

4.7.- PROCESOS DE FABRICACION

Los procesos empleados para la obtención de árido ligero son todos muy similares, diferenciándose unos de otros en el procedimiento utilizado en la expansión de la materia prima para la inclusión de gases en el producto que provoquen el hinchamiento del gránulo.

Existe tres tecnologías diferenciadas para el proceso de expansión:

- Expansión en horno tubular rotativo
- Expansión en cinta de sinterización
- Expansión en horno vertical

En la fabricación de árido ligero pueden diferenciarse - dos etapas, que a su vez se componen de diversas fases:

- Etapa de preparación mecánica
 - . Trituración
 - . Secado
 - . Molienda fina
 - . Granulación
- Etapa de tratamiento térmico
 - . Fase de secado
 - . Fase de descarbonización
 - . Fase de expansión
 - . Fase de enfriamiento

4.7.1.- Expansión en horno tubular rotativo

Utilizando en la expansión horno tubular rotativo existen tres variaciones según se utilice el procedimiento seguido por LECA, por POLYSIUS o por SUREX.

4.7.1.1.- Proceso LECA

Aunque normalmente no ha utilizado los estériles de lavaderos de carbón en la fabricación de árido ligero, ha realizado algunos ensayos con este material, con resultados positivos. Llegaron a la conclusión de que de por sí los estériles no expanden, pero añadiendo o modificando alguno de sus componentes podría ha

cerse expandir.

En la preparación de la materia prima, el material se tritura en dos etapas; en la primera alcanza el tamaño entre 30 y - 40 mm, y en la segunda se llega a 400 micras. A la salida añaden entre 0,5 y 1% de fuel para mejorar su expansión.

La granulación de la pasta preparada en pequeños cilindros de longitud igual a su diámetro, se realiza a través de una granuladora que conforma pequeñas esferas ovoideas. Hoy día se efectúa a la entrada del horno precalentador por medio de una cortina de cadenas interiores.

El tratamiento térmico tiene lugar en el horno tubular rotativo, dividido en tres secciones de distinta velocidad de rotación e inclinación. La 1^a sección, de precalentamiento, realiza el secado a una temperatura de 200-230°C. La 2^a sección, de des-carbonización, elimina el carbono por oxidación lenta a 600°C. - En la 3^a sección se realiza la expansión y sinterización de los gránulos a 1.100°C.

Después se enfría el material expandido hasta 60°C.

Como combustible se utiliza una mezcla de carbón (70-75%) y fuel (30-25%) que se inyecta por unos quemadores desplazables en todas direcciones y con llama regulable.

El material frío es seleccionado por tamaños entre 5 y 25 mm que es el empleado como árido ligero de densidad a granel de 250 Kg/m³.

4.7.1.2.- Proceso POLYSIUS.

Tampoco ha utilizado los estériles de lavaderos de carbón en la fabricación de árido ligero, pero actualmente están desarrollando pruebas con estériles de carbón encaminadas a la eliminación del carbón y posterior uso del producto resultante.

La arcilla de la que parten tienen un contenido en humedad del 28-30%, sometiéndola a una trituración en dos etapas; en la primera alcanza el tamaño entre 30 y 40 mm, y en la segunda se llega a 5 mm.

La granulación de la pasta preparada en pequeños cilindros de longitud igual a su diámetro, se realiza en un plato granulador (que a veces prescinden de él) una vez bañado en arena o cal las "bolitas" preparadas. Este baño tienen por objeto el evitar que posteriormente se pegue a las paredes del horno el producto.

El tratamiento térmico se efectúa en un horno tubular rotativo dividido en dos secciones de distinta velocidad de rotación e inclinación. La primera sección, de precalentamiento, realiza el secado a una temperatura de 400-500°C. En la segunda sección del horno se produce la expansión llegando a 1.100°C.

En este proceso no existe la fase de descarbonización, pero en parte se realiza en la primera sección del horno debido a las altas temperaturas que allí se alcanzan.

Después se enfría el material obtenido hasta 100-120°C.

Como combustible se utiliza un aceite de 9.800 Cal/Kg que es, en Alemania, un 20% más económico que el fuel. Se inyecta a través de quemadores desplazables en todas direcciones y con llama regulable.

El material frío es seleccionado en tres granulometrías: 0-3 mm, 3-7 mm y 7-15 mm. La densidad aparente oscila entre 430 Kg/m³ (de las granulometrías más gruesas) y 750 Kg/m³ (de las más finas).

4.7.1.3.- Proceso SUREX

Es el único proceso donde se utiliza como materia prima el estéril de carbón. Tanto los ensayos de laboratorio como a escala de planta piloto y semi-industrial, dieron resultados favorables para la obtención de árido ligero. No ocurrió igual al pasar la producción a la escala industrial, que aunque empezó a funcionar terminó en un fracaso. Actualmente se investiga las causas del fracaso y empiezan a vislumbrarse soluciones.

En la preparación de la materia prima se parte de unos estériles de carbón, con una granulometría de 80 mm y un poder calorífico de 400-450 termias/t, que se tritura en dos etapas; en la primera se alcanza un tamaño de 30 mm, y en la segunda se llega hasta 800 micras. Se añade agua hasta alcanzar un 10% de humedad.

La granulación de la pasta preparada se realiza subiendo la humedad al 12% y formando pequeños cilindros de longitud igual

a su diámetro que pasan por una granuladora que conforma pequeñas esferas ovoideas; luego los gránulos se secan.

El tratamiento térmico se efectúa en un horno tubular rotativo dividido en cuatro secciones de distinta velocidad de rotación e inclinación. En la primera sección, de precalentamiento, se eleva la temperatura a 800°C. En la segunda sección, de descarbonación, se realiza ésta en atmósfera oxidante, llegando la temperatura a 1.000°C. En la tercera sección de preexpansión mediante aporte de gas natural se inicia la expansión, llegando a los 1.200°C. Y en la cuarta sección es donde se produce la definitiva expansión de la materia prima y su sinterización mediante aportación de gas natural hasta alcanzar una temperatura de 1.400°C.

Después se enfría el material en lecho fluidificado. El combustible utilizado es gas natural que se inyecta a través de un quemador situado en la zona de expansión.

El material frío se almacena para su uso posterior, ya que el producto se moldea al tamaño que se va a fabricar.

4.7.2.- Expansión en cinta sinterizadora.

Utilizando una cinta de sinterización para el proceso de expansión de la materia prima únicamente existe un procedimiento. Puede variar la etapa de preparación mecánica dependiendo del tipo de materia prima que se utilice, pero la etapa de tratamiento térmico es la misma en cualquier caso.

Este procedimiento es el proceso HALDEX.

La materia prima utilizada puede ser, o bien una mezcla de distintas granulometrías de los estériles, o bien añadiendo a esta mezcla ciertos porcentajes de arcilla u otros componentes de manera que faciliten la expansión del material.

Si la materia prima tiene un contenido en carbón superior al 10-15%, siguen un proceso del que obtienen:

- Carbón
- Materia prima para la industria cerámica
- Materia prima para la industria cementera
- Materia prima para la fabricación de árido ligero
- Material para relleno de minas

Pero si el contenido en carbón es inferior al 10%, consideran secundaria la recuperación de éste, y durante el proceso obtienen:

- Carbón	.....	10%
- Estériles	.....	90%
. Para industria cementera ..		10%
. Para industria cerámica ..		10%
. Para árido ligero		10%
. Para relleno de minas ...		60%

Actualmente utilizan los estériles mezclados con arcilla en distintos porcentajes y con adición de ciertos productos favorecedores de la expansión de la materia prima, pero realizan investigaciones con objeto de utilizar únicamente los aditivos expansivos.

En la preparación de la materia prima parten del material que les llega del proceso anterior con una granulometría entre 0-70 mm y un poder calorífico residual de 400-700 Kcal/Kg. Se

realiza una trituración y clasificación, en circuito cerrado, para obtener un producto de 10 mm de tamaño máximo.

La granulación se realiza en un tambor granulador que conforma el material, con adición de agua, en gránulos de 10 mm.

El tratamiento térmico se efectúa en una cinta sinterizadora que en su cabeza se ceba la combustión por medio de quemadores de gas a la temperatura de 1.000°C. En la primera parte el producto se seca, y más adelante se calcina debido al contenido en carbón del estéril y al aire que se aspira por debajo de la cinta. Tras una molienda y enfriamiento del material sinterizado se clasifica en tres tamaños: 10-20 mm, 5-10 mm y 0-5 mm. La densidad a granel del producto obtenido está entre 500 y 900 Kg/m³.

4.7.3.- Expansión en horno vertical

Con este procedimiento no han utilizado nunca, hasta el momento, los estériles como materia prima. La expansión en horno vertical, que algunos autores llaman proceso en lecho fluidificado, se lleva a cabo por circulación de aire y gases combustibles en el interior del horno, que es vertical.

La preparación de la materia prima es análoga a las anteriores, consta de una doble trituración con secado intermedio para llegar a la granulación en plato granulador.

La alimentación del horno vertical se hace con cargas sucesivas.

El tratamiento térmico se realiza por chorro de gases de combustión que irrumpe por el centro de la cámara de combustión alcanzando al material. Lo arrastra hacia arriba hasta que el empuje de expansión del gas es menor que la fuerza de gravedad, entonces el material cae a la base de la cámara y se repite la operación con nuevos chorros de gas. El tiempo de combustión es de 40 segundos y el de expansión de 1 minuto. Se alcanza una temperatura de 1.300°C.

Una vez sinterizado el producto se lleva a una clasificación por tamaños.

4.8.- EXPERIENCIAS REALIZADAS CON ESTERILES DE MINA DE CARBON

Actualmente se obtiene con éxito árido ligero a partir de los estériles de carbón en Polonia y Hungría siguiendo el proceso HALDEX. El producto final se obtiene a partir de la trituración de una masa sinterizada, siendo su densidad a granel de 500 - 900 Kg/m³.

En Francia pusieron a punto un proceso en horno rotativo capaz de producir árido ligero de cualquier granulometría y densidad a partir de 300 Kg/m³, pero no funciona a escala industrial.

En España, HUNOSA, en colaboración con ARLITA y F.L. SMIDTH, realizó una valoración de los estériles para estudiar su posible fabricación en horno tubular rotativo, dando como resultado que el material es apto, previa mezcla con arcilla y fundente de óxido ferroso, para fabricar árido ligero.

También en España ENADIMSA, en colaboración con TATABANYA, efectuó una primera evaluación de los estériles de HUNOSA,

encontrando al material apto para fabricar árido ligero análogo al obtenido en Polonia.

4.9.- ANALISIS

El análisis de la materia prima está desarrollado ampliamente en el Tomo I, recogiendo los principales datos en cuanto a su granulometría, composición mineralógica, composición química, análisis térmico, humedad y plasticidad en el epígrafe 2 de este tomo.

4.10.- PRUEBAS DE LABORATORIO

Los datos aportados por los análisis muestran que se trata de un material similar a la arcilla, que, en principio, puede suministrar los gases necesarios para la expansión y aportar una energía calorífica a los procesos de fabricación. Por tanto, se realizaron pruebas de laboratorio con el objetivo de determinar las características de la materia en cuanto a su comportamiento con respecto a la fabricación de árido ligero.

La representación de los componentes de cada tipo de estéril en el diagrama de Riley, se encuentra fuera de la zona teórica de expansión; por lo que es necesario la adición de sustancias que hagan posible la expansión de la mezcla que se obtenga.

Las pruebas de laboratorio se realizaron en:

4.10.1.- Gatz-Fuller

Utilizaron horno mufla eléctrico con el material seco y también con el material de los estériles de granos pelletizados, llegando a las siguientes conclusiones:

- Los estériles de granos son los más adecuados para la fabricación de árido ligero.
- El mejor árido ligero conseguido en las pruebas de laboratorio fue de 490 Kg/cm^3 en tamaño de 6,3 mm.
- El contenido en calor de todos los materiales probados es mayor que el necesario para la producción de árido ligero.
- Se recomienda el método de sinterización o el de lecho fluidificado, previa molienda y pelletización del producto, para obtener el uso más eficiente del valor calorífico.

Sin embargo las pruebas realizadas por VEIT DENNER, de Alemania, en lecho fluidificado son negativas; y las llevadas a cabo con el proceso HALDEX, con cinta sinterizadora, dan un producto de elevada densidad para los condicionantes de mercado en España.

4.10.2.- Krupp Industrie

Las pruebas de laboratorio se realizaron con las fracciones de granos y menudos ya que los finos están muy alejados del campo de materiales con facultad de expandir.

Se realizaron, en primer lugar, ensayos de expansión en microscopio con calefacción aportando a los estériles arenisca silícea y arenisca ferruginosa, también se ensayaron mezclas de granos (50% del lavadero de Mieres y 50% del Modesta), de menudos (50% de Mieres y 50% de Modesta) y una mezcla del 25% de granos y menudos de los dos lavaderos. Los resultados fueron negativos.

Y por último se realizó un ensayo en horno mufla con gránulos a los que se sometieron al tratamiento térmico en tres fases de choque: Secado en estufa a 200°C durante 20 minutos. - Precalentamiento en horno mufla a 600°C durante 10 minutos. Y vitrificación en una segunda mufla con distintos márgenes de temperaturas y tiempos.

Tras estos ensayos se llegó a las siguientes conclusiones:

- Los estériles de lavaderos por sí solos no sirven para la fabricación de árido ligero.
- Los estériles de grano son más adecuados que los menudos.
- Si se utilizan los menudos deben mezclarse con los granos.
- No se aconseja mezcla con finos.
- Con los gruesos podría lograrse árido ligero de densidad a granel superior a 600 g/l, sin aportaciones ni descarbonación.
- Con aportaciones adecuadas es posible corregir el comportamiento de fusión con respecto a su capacidad de expansión.
- Mediante un tiempo de calentamiento más prolongado puede suprimirse una fase separada de descarbonización.
- No se puede fabricar árido ligero de densidad a granel de 350 g/l o menores.

4.10.3.- F.L. Smidth

Las pruebas de laboratorio se realizaron con las fracciones de granos y menudos ya que los finos están muy alejados del

campo de materiales con facultad de expandir.

Se realizaron numerosas pruebas con distintas mezclas - de las dos fracciones de estériles con los aditivos enviados - en proporciones variables, dando en todos los casos resultados negativos en cuanto a las densidades requeridas.

Se midió la resistencia del módulo moliendo una mezcla de menudos y caliza en proporciones de 85,3 y 14,7%, respectivamente, hasta 90 micras con rechazo del 3,5%. Resultado: Resistencia media o baja.

Para las pruebas de hinchamiento se mezclaron arcilla - ferruginosa (76,4%) y estériles de granos (23,6%) y se molieron hasta 90 micras con residuo del 20%. Dió una densidad a granel de 1,26 a 0,99 gr/cm³, en horno eléctrico. Puede mejorarse en horno rotativo, pues en planta piloto bajó la densidad a 0,575 gr/cm³.

Las pruebas de sinterización se hicieron mezclando los granos de los lavaderos de Modesta y Mieres con caliza en distintas proporciones, que molidas a 90 micras con residuo entre 3 y 9% dieron los siguientes resultados:

- Mezcla de 86,2% de estériles y 13,8% de caliza

Precalentada a 950°C durante 1 hora y sinterizada a 1.150°C - durante 15 minutos, dió una resistencia a la compresión entre 400 y 550 Kp/cm² y una densidad a granel en 1,0 y 1,2 gr/cm³.

- Mezcla de 85,3% de estériles y 14,7% de caliza

Igual que antes.

- Mezcla de 85% de estériles y 15% y mezcla de 85,5 % estériles y 14,5% caliza

Realizadas en horno piloto al llegar a 750°C, subiendo a 1150 °C en 30-45 minutos, se obtuvieron densidades de 0,825 y 0,770 gr/cm³.

Se realizó la última prueba con una mezcla de estéril y polvo LD (resíduo de las acerías) en distintas proporciones . Los resultados, en cuanto a densidades específicas, fueron:

Mezcla (%) Polvo : Estéril	Densidades específicas (gr/cm ³) a tempe_raturas		
	1.150°C	1.200°C	1.225°C
25 : 75	0,90	0,71	0,56
20 : 80	0,70	Pegajoso y hueco	Pegajoso y hueco
15 : 85	0,98	" "	" "

La densidad a granel es de 0,350 gr/cm³ y el grado de expansión 2 (excelente).

Realizadas las pruebas, se llega a las siguientes conclusiones:

- Los estériles de lavaderos de carbón por sí solos no sirven para la fabricación de árido ligero.
- Los estériles de granos son más adecuados que los menudos.
- Los estériles de finos no son utilizables, ni mezclados con las otras fracciones de estériles.

- Con mezclas adecuadas puede conseguirse densidades superiores a $0,500 \text{ gr/cm}^3$.
- El aditivo más adecuado es el polvo LD (residuo de acerías), con este aditivo se consiguen densidades a granel de $0,350 \text{ gr/cm}^3$.

4.11.- PRUEBAS INDUSTRIALES

La demora de la ejecución de las pruebas anteriores han impedido la realización de las industriales, pero por los resultados obtenidos en las primeras y la experiencia en este campo de F.L. Smidth (firma seleccionada para la realización de las segundas) existen fundadas esperanzas de que las pruebas industriales sean positivas e incluso que se logren densidades a granel muy próximas o inferiores a $0,4 \text{ gr/cm}^3$.

4.12.- ESTUDIO DE MERCADO

Del estudio de mercado se obtienen los siguientes datos:

- La demanda media de viviendas puede considerarse de 18.702 - al año.
- La capacidad de producción anual de la fábrica de árido ligero a construir debe ser del orden de $100.000 \text{ m}^3/\text{año}$.
- El grado de utilización de la fábrica no debe ser en ningún caso inferior al 70%.
- El árido ligero a obtener debe tener una forma redondeada.
- Es preferible la fabricación de densidades bajas, inferiores a 400 Kg/m^3 .

- El precio de venta del producto obtenido no debe superar actualmente las 1.800 Ptas/m³.
- La incidencia del transporte en el coste debe tenerse presente, ya que puede variar entre el 10 y el 35% sobre el precio de venta según distancias. Estos incrementos hoy día pueden cifrarse de la siguiente forma:

<u>Distancia (Km)</u>	<u>Incremento (%)</u>
30	10
100	16
200	23
400	35

- El color del producto final no tiene repercusiones en cuanto a la aceptación del árido ligero.
- La homogeneidad de tamaños y características, dentro de cada tamaño y densidad, es un factor primordial.
- En USA y Canadá el 71% de las plantas de árido ligero utilizan horno rotativo en el proceso de expansión, el 7% utilizan parrilla de sinterización, y el resto (22%) fabrican árido - ligero partiendo de materias primas no arcillosas.
- En Europa del Este la mayoría de las plantas utilizan hornos rotativos.
- La falta de normativa española sobre el producto hace que su introducción en el mercado sea muy lenta.
- El cierre en 1981 de las dos instalaciones de Aridos Ligeros, S.A. (ARLITA), hace ampliar la zona de mercado potencial ,

abriendo nuevas perspectivas a la posibilidad de montar una nueva fábrica.

4.13.- INVERSIONES Y ESTUDIO ECONOMICO

No han sido realizadas las pruebas industriales, como se indicaba en el epígrafe 4.11, y por lo tanto no se puede estimar la inversión necesaria para hacer frente a los procesos de fabricación, en sus distintas etapas.

Al desconocer la inversión y la magnitud de la fábrica, tampoco se ha realizado el estudio económico.

F.L. Smidth, firma encargada de la realización de un anteproyecto, ante los últimos resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio y debido a su experiencia en el campo, tiene la esperanza, casi la certeza, de que los resultados a escala industrial van a ser positivos. Basándose en esos resultados y en los datos económicos enviados por HUNOSA, han estimado que para obtener una rentabilidad del 25%, durante 10 años de funcionamiento de la fábrica de árido ligero de densidad a granel próxima a 350 Kg/m^3 , el precio de venta del producto terminado sería de 1.630 Ptas/m^3 .

La estimación del precio del árido ligero fué calculada a pesetas variables y con una tasa de inflación media del 10,5% anual.

4.14.- CONCLUSIONES RELATIVAS AL ARIDO LIGERO

- La fracción de granos de los estériles de lavaderos de carbón son utilizables, en la fabricación de árido ligero, mezclados con polvo LD (residuo de las acerías).

- La fracción de finos no son utilizables
- La fracción de menudos podrían utilizarse, pero son mucho más numerosos los problemas que plantearían que las ventajas.
- La mezcla más idónea es la compuesta por 25% de polvo LD y 75% de estéril.
- La temperatura de expansión está próxima a 1.225°C , consiguiéndose árido ligero de densidad a granel de $0,350 \text{ gr/cm}^3$.
- Debe tenderse al montaje de una fábrica con capacidad de producción de $100.000 \text{ m}^3/\text{año}$, ampliable a $150.000 \text{ m}^3/\text{año}$.
- El producto a fabricar sería de tamaños 3-8 mm y 8-16 mm, con densidades $0,350 - 0,400 \text{ Kg/dm}^3$ y $0,500 - 0,700 \text{ Kg/dm}^3$.
- Se estima una rentabilidad del 25%, en 10 años de funcionamiento, para un precio de venta de 1.630 Pta/m^3 .
- El precio máximo del árido ligero, según el estudio de mercado, es de 1.800 Pta/m^3 .
- La posibilidad de montaje de una fábrica actualmente se ve favorecida por el cierre de ARLITA.
- La inexistencia de normativa española es un inconveniente.
- Un factor a tener en cuenta es el ahorro que representa no tener que almacenar en escombreras el estéril utilizado en el proceso.

5.- TOMO IV: GRES

El tercer y último objetivo del presente estudio es la fabricación de gres a partir de los estériles de lavaderos de carbón.

Por los análisis y composición de estos estériles, se puede deducir que:

- La fracción arcillosa de los mismos está formada por illita, caolinita y montmorillonita principalmente.
- El contenido en alúmina es superior al de las arcillas normalmente utilizadas en cerámica.
- Tienen un contenido en óxido de potasio muy interesante.
- Los porcentajes del resto de fundentes son normales.
- El material posee una composición en el tiempo muy homogénea.
- El contenido en carbón es importante, ya que puede producir un considerable ahorro energético.

Estas características hacen pensar que los estériles de lavaderos de carbón sean un buen material para la fabricación de productos de gres.

5.1.- DEFINICION DE GRES

Aunque no existe normativa española que defina el producto, tradicionalmente se da el nombre de gres a un tipo de artículos de arcilla caracterizados por un alto grado de vitrificación, lo que hace que tenga unas resistencias mecánicas y químicas muy altas y una porosidad muy baja; es decir, tiene una pasta muy dura y densa y casi impermeable.

El Comité Europeo de Normalización, en su proyecto EN 87, define al gres como placas delgadas fabricadas a partir de arcillas, silicatos, fundentes, colorantes y otras materias primas, que normalmente son utilizadas como revestimiento de suelos, paredes o fachadas. Pueden ser esmaltados, sin esmaltar o engobados y son incombustibles e inalterables a la luz.

5.2.- TIPOS DE GRES

El proyecto de norma EN 87 define tres tipos de gres según el procedimiento de moldeo:

- Moldeado A.- Baldosas extruídas, que se subdividen en: baldosas extruídas dobles y baldosas extruídas simples.
- Moldeado B.- Baldosas prensadas en seco.
- Moldeado C.- Baldosas coladas.

5.3.- CLASES DE GRES

El proyecto de norma EN 87 define tres clases de gres según la absorción de agua:

- Grupo I.- Baldosas con baja absorción de agua $\leq 3\%$

- Grupo II.- Baldosas con absorción de agua media, que se subdivide en:
 - .Grupo II a, cuando $3\% < \text{Absorción} \leq 6\%$
 - .Grupo II b, cuando $6\% < \text{Absorción} \leq 10\%$
- Grupo III.- Baldosas con elevada absorción de agua, $> 10\%$

5.4.- DIMENSIONES DEL GRES

En España las medidas más usuales de fabricación son:

<u>Placas rectangulares</u>	<u>Placas cuadradas</u>
10 x 20 cm	20 x 20 cm
15 x 30 cm	25 x 25 cm
20 x 30 cm	30 x 30 cm

El proyecto de norma EN 87 se refiere únicamente a baldosas rectangulares, sin embargo establece que las dimensiones de las baldosas no rectangulares se definirán por la del rectángulo más pequeño en el que se puedan circunscribir. A este efecto establece:

- Dimensiones modulares: Comprenden los azulejos y pavimentos cerámicos basados en el módulo M (M = 100 mm), 2M, 3M y 5M y también sobre sus múltiplos o submúltiplos, excepto para los azulejos de superficie menor de 9.000 mm^2 que se regirán por normas particulares en elaboración.
- Dimensiones no modulares: Son dimensiones de azulejos y pavimentos cerámicos habituales en el comercio de países miembros del Comité Europeo de Normalización.

5.4.1.- Tolerancia de dimensiones

Las tolerancias admitidas en las dimensiones están elaborándose para cada producto por el Comité Europeo de Normalización.

5.4.2.- Forma

Tanto la forma como la tolerancia en la forma están en fase de elaboración de norma EN.

En ellas se consideran: planeidad, angularidad y aspecto

5.5.- CARACTERISTICAS GENERALES

Las características y propiedades más importantes que debe reunir el gres para pavimento y revestimiento son:

- Aristas vivas
- Caras planas
- Uniformidad de color
- Masa homogénea
- Grano fino
- Ausencia de fisuras, hendiduras, abultamientos o manchas
- No romperse con facilidad
- Buena cocción
- No ser heladizos
- Absorción de agua muy reducida
- Resistencias altas a la compresión y flexión
- Resistencia a la abrasión
- Resistencia al choque térmico
- Color homogéneo

En el caso del gres únicamente se citan en este tomo RESUMEN las características y propiedades más importantes, ya que al estar en fase de elaboración, por parte del Comité Europeo de Normalización, las normas que delimiten y definan estas características, no se ha considerado conveniente describirlas - faltando los valores en que deben considerarse aptos como gres los productos fabricados.

5.6.- NORMAS

No existen normas españolas que regulen y definan los diferentes tipos de gres, ni sus características, ni los métodos de ensayo; aunque hay normas para tuberías de gres.

Las normas consultadas (NF, UNI, proyecto EN y BS) se recogen en el anexo del tomo IV; en el epígrafe 2.11 del citado tomo se realiza una comparación de la normativa existente.

5.7.- PRODUCTOS COMPETIDORES

Si al hablar de los ladrillos se decía que su fabricación es la principal utilización que se podía dar a los productos a obtener partiendo de los estériles de lavaderos de carbón, dentro del campo de la cerámica, la fabricación de gres, una vez realizadas las pruebas de laboratorio y los ensayos industriales, ha pasado a ocupar el lugar preferente.

La fabricación de gres debe dirigirse al gres extrusionado dedicado a pavimentos y revestimientos, por tanto la mayor competencia que va a encontrar es la del gres prensado por su perfección de acabado y por la mayor variedad de tonalidades y formas que puede adquirir, ya que el extrusionado tiene limitaciones en estas características.

También, como es natural, se encuentran todos aquellos que son competidores del gres en sí, como son: azulejos, parquet, terrazos, mármoles, etc. (en interiores) y ladrillos cara vista, mármoles y baldosas de cemento (en exteriores).

El producto final obtenido, tanto partiendo de estériles como de arcilla, reúnen las mismas características y especificaciones, su competitividad estará en el coste de fabricación y en el precio de venta.

Como los estériles contienen carbón uniformemente repartido en toda su masa, parece presentar ventajas económicas cifradas en el ahorro energético durante el proceso de fabricación; por tanto el coste sería menor y repercutiría en un posible menor precio de venta.

5.8.- PROCESO DE FABRICACION

Todos los procesos de fabricación de gres, al igual que los seguidos en el resto de industrias cerámicas, comprenden las mismas fases:

- Preparación de la pasta, partiendo de la materia prima
- Moldeo de la misma
- Secado de las piezas
- Cocción

La preparación de la pasta puede realizarse por dos procedimientos:

- Vía seca
- Vía húmeda

En el moldeo se emplean, principalmente:

- Prensado
- Extrusionado

El secado de las piezas moldeadas de gres hay que realizarlo con máximo cuidado para evitar deformaciones o agrietamientos. La finalidad del secado es sustraer la humedad contenida en las piezas sin alterar sus propiedades. Aunque puede realizarse un secado natural, al aire libre, en la industria del gres no se utiliza por las razones arriba indicadas; el secado artificial es el empleado en la fabricación de gres, clasificándose de la siguiente forma:

- Secaderos intermitentes
- Secaderos semicontínuos
- Secaderos contínuos

Los últimos son los usados normalmente en la actualidad.

En el proceso de cocción existen tres fases: precalentamiento, cocción y enfriamiento. Según el tipo de moldeo seguido, se utilizan los siguientes tipos de horno para la cocción del producto:

- Horno de rodillos (moldeo por prensado) que pueden ser: monoestrato, diestrato o multiestrato.
- Horno túnel (moldeo por extrusionado)

El gres puede ser esmaltado o no según su uso y características. Este esmaltado puede tener lugar antes de la cocción, si se utiliza el proceso de monococción, o después de la primera cocción si el proceso es de bicocción.

5.8.1.- Preparación de la pasta

a) Por vía seca

Cuando el moldeo va a ser por prensado se suele usar este método de preparación de la pasta. Inicialmente se realiza una pre-molienda a la que se adicionan las diferentes materias primas para conseguir la mezcla adecuada al producto a fabricar. A continuación se añade agua y se muele hasta un tamaño inferior a 70 micras, introduciendo la chamota en el molino cuando la mezcla está a punto de ser molida con objeto de que las partículas de ésta tengan mayor tamaño. La papilla conseguida se lleva a los atomizadores donde se seca el material y se producen gránulos redondeados, de tamaños entre 50 y 400 micras, que tienen un agujero para mantener la humedad interior similar a la exterior.

b) Por vía húmeda

En este caso el moldeo es por extrusionado. La operación de molienda es similar al descrito por vía seca, pero sin proceder al secado del material y añadiendo agua solamente hasta conseguir la humedad adecuada para el moldeo. A continuación se lleva el producto a unas mezcladoras o amasadoras con el fin de homogeneizar y humedecer la pasta.

5.8.2.- Moldeo de la pasta

Tiene por objeto el dar la forma adecuada a la pieza que se quiere fabricar, puede hacerse:

a) Por prensado

La pasta preparada se moldea en prensas hidráulicas dotadas

con matrices de acero, que conforman las piezas a fabricar, dejando las superficies lisas. Una vez moldeada la pieza, que salen de la prensa de una en una, se llevan al secadero.

b) Por extrusionado

El moldeo por extrusión se realiza en unas máquinas llamadas galleteras que trabajan en vacío, las cuales además de homogeneizar la pasta, consiguen la eliminación del aire contenido en la masa. La salida del producto a través de la galletera es en forma de cinta continua, por lo que se corta al tamaño deseado por medio de aparatos cortadores. La extrusión puede ser: simple o doble.

5.8.3.- Secado

El secado tiene por finalidad el quitar la humedad de las piezas moldeadas sin alterar sus propiedades. EN la fabricación de gres esta operación debe hacerse con un cuidado máximo, ya que podría cuasar deformaciones o agrietamientos.

La velocidad del secado depende:

- La forma del producto
- La temperatura del aire circulante
- La velocidad de circulación del aire
- El contenido de humedad del aire circulante

La desecación artificial es la utilizada en las fábricas de gres; los secaderos utilizados pueden ser:

a) Intermitentes

- De pisos y suelos calientes. Se consigue el calor por medio de tuberías de vapor de agua situadas bajo el suelo.

- De compartimentos o cámaras. Cada compartimento está más caliente que el anterior, desecando las piezas conforme avanzan por las cámaras.
- De cámara de humedad. Análogo al anterior. Funciona al regular la temperatura y la humedad del aire circulante.

b) Semicontínuos

Están provistos de medios manuales de accionamiento para el transporte de las piezas a través de la cámara de secado.

c) Contínuos

El material está colocado sobre cintas o bandejas que van recorriendo el secadero en ciclos que dependen de la humedad contenida en las piezas y de la humedad adecuada para la salida de ellas.

5.8.4.- Cocción

Las modificaciones que sufre la masa durante la cocción conforme se va elevando la temperatura son de carácter físico y químico. A 120°C se pierde el agua restante de la desecación. Entre 300 y 400 °C se pierde el agua de cristalización y empieza la oxidación del carbón contenido en la masa. Entre 850 y 900 °C se produce la oxidación del carbón. Y en el entorno de los 1.000 °C se inicia el reblandecimiento del material.

En el proceso de cocción existen tres fases: precalentamiento, cocción y enfriamiento. Las temperaturas reinantes durante cada fase depende de la materia prima utilizada, y son las que hay que determinar para que el proceso dé los resultados apetecidos. Para la cocción del gres se suelen utilizar combustibles de alto

poder calorífico (fuel-oil, gas o carbón).

Los tipos de horno que se emplean en la fabricación de gres dependen del proceso seguido anteriormente: si es el de prensado, se utilizan hornos de rodillos; y si es por extrusionado, los hornos túnel. Ambos tipos de horno se describen en el epígrafe 3.6.3. del tomo IV.

5.8.5.- Esmaltado

En caso de fabricar gres esmaltado, éste puede tener lugar antes de la cocción (proceso de monococción) o después de la primera cocción (proceso de bicocción).

Tiene lugar de forma automática, colocando el esmalte sobre la superficie de la pieza de gres a una temperatura inferior a 100°C.

En el caso de monococción es necesario que esmalte y pieza tengan el mismo coeficiente de dilatación térmica, mientras que con el proceso de bicocción no es necesario.

A veces es preciso añadir otros aditivos que mejoren las características de los esmaltes y otras sustancias ligantes, estabilizadoras, fijantes, defloculantes o tixotrópicas.

5.9.- ANALISIS

El análisis de la materia prima está ampliamente desarrollado en el Tomo I, recogándose en el epígrafe 2 de este tomo las principales características de la misma.

5.10.- PRUEBAS DE LABORATORIO

Las pruebas de laboratorio se realizaron después de concluidas las específicas para la fabricación de ladrillos, y como en éstas su objetivo era el determinar las características esenciales - de los estériles de lavaderos de carbón en cuanto a su comportamiento como materia prima en la fabricación de gres.

Basados en las pruebas de ladrillos únicamente se ensayaron las siguientes granulometrías:

Granulometría (mm)	% en muestra	
	F	G
0,5 - 0,1	50	-
< 0,1	50	100

La humedad del trabajo es 13,5% para las muestras F y 17,7% para las G.

La cocción se realizó en horno industrial de gres salado a 1.200 °C y dieron estos resultados:

	<u>F</u>	<u>G</u>
- Retracción en el secado (%)	3,-	3,5
- Retracción en la cocción (%)	6,7	7,8
- Pérdida de peso en la cocción (%)	14,3	-
- Resistencia a la compresión (Kg/cm ²)	554	397
- Absorción de agua (%)	0,75	0,37

El moldeo por prensado y producto blanco se realizó con probetas de 5 x 5 cm de cada tipo de estéril. Una vez cocidas en horno industrial a 1.250 °C durante 3 horas, se midió la retracción -

dando un 8%. Las piezas obtenidas no eran perfectas por no ser idóneas ni la mezcla usada, ni el prensado, ni el ciclo de cocción.

5.10.1.- Pruebas con granos y menudos

Se utilizaron las granulometrías F y G indicadas anteriormente:

a) Por extrusionado

La humedad de amasado fué del 18%. Una vez secas las probetas, se cocieron en horno eléctrico a 1.000 y 1.050 °C, con subida de temperatura de 3°C/min.

b) Por prensado

Las probetas de 6 x 6 x 0,4 cm se moldearon con una humedad del 4% y con una presión de 250 Kg/cm². Después se cocieron a 1.000, 1.050 y 1.100 °C.

Realizadas las pruebas, se puede decir:

- Las piezas prensadas poseen una textura más abierta que las extruidas.
- Sinterizan a temperaturas próximas a los 1.150 °C
- Se produce fácilmente "corazón negro"
- Las resistencias a la flexión son bajas
- La resistencia mecánica disminuye sistemáticamente en las probetas extruidas al aumentar la temperatura.
- En las prensadas se dan casos de aumento de resistencia mecánica al crecer la temperatura.
- La textura que produce el prensado es más favorable que la producida por la extrusión.

- Es conveniente mezclar estos materiales con sustancias no plásticas, a ser posible térmicamente inertes.
- La velocidad de aumento de temperatura debe moderarse
- Es necesario controlar la temperatura durante la cocción

5.10.2.- Puebas con finos

Para determinar las características de moldeo se determinaron los límites de Atteberg, dando los siguientes valores:

- Límite líquido 28,0
- Límite plástico ... 17,0
- Índice de plasticidad 11,0

que al quedar fuera de la zona característica de buen comportamiento a la extrusión, hizo buscar diversas fórmulas de trabajo, para poder adicionar chamota.

La arcilla plástica añadida tiene la siguiente composición:

<u>Si O₂</u>	<u>Al₂O₃</u>	<u>Fe₂O₃</u>	<u>Ti O₂</u>	<u>Ca O</u>	<u>Mg O</u>	<u>Na₂O</u>	<u>K₂ O</u>	<u>P.R.</u>
51,1	32,5	1,0	1,1	0,2	0,2	0,3	2,1	11,5

con un límite líquido de 57 y un límite plástico de 24.

Las fórmulas empleadas y los resultados obtenidos fueron:

Fórmula	Teórico		Real	
	L. líquido	L.plástico	L. líquido	L.plástico
<u>Fórmula 1:</u>	37	18,5	33	17,5
Finos 70%				
Arcilla plástica ... 30%				
<u>Fórmula 2:</u>	32	17	27,5	18,07
Finos 50%				
Arcilla plástica ... 30%				
Chamota 20%				
<u>Fórmula 3:</u>	-	-	33	23,7
Finos 60%				
*Arcilla BH 20%				
Chamota 20%				

* Arcilla BH.- Arcilla blanca, con valores: L. líquido 78, L. Plástico 30,75 e índice plasticidad 47,25.

Una vez realizadas todas las pruebas, se puede decir:

- Pueden realizarse materiales prensados con un 60% de contenido de estériles finos.
- La obtención de productos extruidos es posible si la instalación industrial que se monte cumple los requisitos necesarios para la manipulación de productos fácilmente deformables en húmedo.
- Para obtener productos gresificados hay que añadir chamota en una proporción del 20%, aproximadamente.
- El ciclo de cocción mínimo, para espesores de pared de 15 mm, es de 36 horas.

- Para productos prensados con espesores de 20 mm, el ciclo de cocción deberá ser de 48 horas como mínimo.
- La cocción debe realizarse siempre en atmósfera oxidante.
- La temperatura de cocción debe alcanzar los 1.200°C para llegar a porosidades inferiores al 3%.

5.11.- PRUEBAS SEMI-INDUSTRIALES

Para las pruebas semi-industriales se utilizaron los estériles de finos formando parte de la fórmula 3 indicada en 5.10.2. Aunque estas pruebas estaban dirigidas al moldeo por extrusionado, también se realizaron pruebas de moldeo por prensado.

Con las piezas extruidas y prensadas se obtuvieron en el secado algunas imperfecciones, debidas a una incorrecta preparación previa por carecerse de los medios adecuados tanto antes como después del secado.

La cocción de las piezas, prensadas y extruidas, se hicieron en un horno intermitente de 2 m³ dotado de quemadores de gas-oil. Se alcanzaron los 1.200 °C en un ciclo de 44 horas.

Con estas pruebas se llegó a las conclusiones:

- La cocción a 1.200 °C no es suficiente para eliminar el "corazón negro" de las piezas prensadas de tamaño 220 x 110 x 65 mm.
- El espesor máximo de las piezas, según estas pruebas, ha de ser de 25 a 30 mm.
- El ciclo es suficiente para la cocción de baldosas separables.

- Para obtener un producto de aspecto más gresificado habría que cocer con atmósfera estiquiométrica o levemente reductora en la fase final de la cocción (entre 1.100 y 1.200 °C).
- No se determinó el ahorro energético por variar el ciclo normal de cocción del horno utilizado.

Las características de los productos obtenidos, sin las condiciones óptimas de fabricación y por lo tanto mejorables, son:

Ensayo	Ladrillo prensado	Baldosa extruida
Contracción secado (%)	-	3,79
Pérdida peso cocción (%)	14,26	15,64
Contracción cocción (%)		6,74
- Longitudinal	2,72	
- Transversal	3,12	
Absorción de agua (%)	7,02	3,07

5.12.- ESTUDIO DE MERCADO

Del estudio de mercado se sacan los siguientes datos:

- El número de fabricantes de gres actualmente es de 30.
- En Castellón están más del 50% de estos fabricantes.
- En 1980 la producción de gres alcanzó 15.040.000 m²/año.
- El gres prensado representa el 90,3% de la producción, y el extrusionado el 9,7%.
- El valor de la producción en 1980 es de 7.745 M. Pta.
- Para el consumo interior se destinó en 1980 un 76,7% de la producción.

- Un 55% de la demanda es del Sector de la Construcción.
- Se utilizó en pavimentación más del 90%.
- El precio medio es superior a 1.200 Pta/m².
- Más del 71% del volumen importado corresponde a gres prensado y esmaltado. Un 24,4% a prensado y extruido sin esmaltar, y el 4,4% a otros productos (ladrillos, tejas y similares).
- La tonelada importada se pagó a 37.978 Pta.
- La tonelada exportada se cobró a 28.115 Pta.
- La comercialización está básicamente en manos de distribuidores mayoristas (95%).
- La distribución geográfica de capacidad de compra es:

Cataluña y Baleares	...	31%
Levante	.....	19%
Madrid	.....	17%
Zona Centro	.....	12%
Zona Sur	.....	8%
Zona Norte	.....	7%
Resto	.....	6%
- El coste del transporte es asumido por el consumidor final.
- Las previsiones de producción para 1985 se cifran en unos 26 M. m².
- La capacidad óptima de una nueva fábrica es de unos 1.200 m²/día, con posibilidad de alcanzar los 1.500 m²/día.
- El momento presente resulta idóneo para acceder al mercado, sobre todo al de pavimentación y revestimiento de gres extrusionado.

5.13.- FABRICA DE GRES

El diseño de la fábrica de gres está realizado a nivel de ..

anteproyecto y pensando en la utilización de los estériles de finos, ya que esta fracción es la que presenta más problemas de almacenamiento y ha dado resultados positivos tanto en los ensayos previos como en la prueba semi-industrial.

La ubicación de la fábrica será la zona del Polígono Industrial de Riaño (Langreo), con una superficie de unos 20.000 m².

Está diseñada para una capacidad de producción de 2.000 m²/día, utilizando para ello las siguientes materias primas:

- Estériles 13.500 t/año
- Chamota 4.500 "
- Arcilla plástica 4.500 "

La pieza base a fabricar es la baldosa de 30 x 30 x 1,5 cm, aunque también se pueden fabricar baldosas de 10 x 20 y 20 x 20 y ladrillos prensados, tanto esmaltadas como sin esmaltar.

Se trabaja 5 días por semana en un turno de 8 horas y los sábados en un turno de 4 horas, para la recepción de la materia prima, preparación de la misma, moldeo, almacenamiento y expedición; mientras que para el secado y cocido se tendrá secuencia continua todos los días del año, incluso fiestas y vacaciones.

La recepción normal de las materias primas se realizará en unas tolvas dosificadoras. La arcilla pasará a una cepilladora vertical de donde se unirá a los finos y chamota para seguir el proceso a través de un alimentador de tamiz donde se mezcla y desmenuza. Luego irá a un silo rotativo de homogeneización de 25 t de capacidad, produciéndose la maduración de la mezcla durante tres días.

De aquí se pasa al conjunto amasadora-extrusora donde se moldea la pasta con adición de agua si fuera necesaria. El moldeo consta de las siguientes máquinas:

- amasadora de doble eje
- extrusora en vacío
- contador automático, de cortes múltiples
- cabina aerográfica para esmaltar las piezas
- carros de secadero, donde se depositan las piezas verdes
- cargador automático

Instalación de secado:

Se ha previsto un secadero bicanal modular donde se produce el secado del material por medio del calor recuperado del horno, auxiliado con el aporte energético de un pequeño generador de calor.

Las dimensiones del secadero son:

Longitud	....	74,67 m
Ancho interior	..	4,36 m
Altura	.....	4,50 m

El secadero va equipado con 100 carros, de los cuales 78 estarán en su interior, de 2,62 m de largo, 3,86 m de ancho y 0,645 m de alto.

Cocción del material:

Se ha previsto un horno túnel modular, de fuego directo hasta 1.300 °C de temperatura, en quemadores de gas.

Los carros empleados en el horno son los mismos que los usados en el secadero. Dentro del horno habrá 27 carros.

Las dimensiones del horno son:

Longitud total	.....	74,67 m
Ancho máximo	.....	5,73 m
Altura máxima	.....	4,50 m

y sus condiciones de funcionamiento:

Ciclo de cocción	.....	48 horas
Servicio	.....	1 carro cada 106 minutos
Carros al día	.....	13,54
Temperatura máxima	..	1.300°C

El horno tunel modular se divide en las siguientes zonas:

- De entrada. Un módulo de 2,92 m de longitud
- De tiro. Tres módulos con una longitud de 8,48 m
- De precalentamiento. Siete módulos, longitud 18,34 m
- De fuego. Seis módulos, longitud 15,72
- De temple. Un módulo de 2,62 m de longitud
- De enfriamiento rápido. Un módulo de 2,62 m de longitud
- De enfriamiento. Ocho módulos, longitud 20,96 m
- De salida. Un módulo de 3,01 m.

Un total de 64 quemadores forman el equipo de combustión, de los que 28 irán equipados de sistemas de seguridad contra fallo de llama por encontrarse por debajo de los 700°C. Disponen de 5 grupos de control automático.

El personal necesario es de 26 personas.

Los consumos anuales calculados son los siguientes:

- Energía eléctrica	.....	1,5 M. Kwh
- Materia prima:		
. Estériles finos	.....	13.500 t
. Chamota	.....	4.500 t
. Arcilla plástica	.....	4.500 t
. Esmalte	.....	0,5 Kg/m ²
- Agua	.....	3.350 m ³
- Carburante	.....	271.200 t
- Combustible	.....	894 t

5.14.- INVERSIONES

Para una fábrica de gres con una capacidad de producción - de 2.000 m²/día, se ha calculado, con amplio margen de seguridad económica, una inversión total de 444,3 M. Pta desglosadas de la siguiente manera:

CONCEPTO	M. PTA	%
- Terrenos y estudios previos	13,0	2,9
- Edificio y obras civiles	45,0	10,1
- Maquinaria, equipo e instalación	213,7	48,1
- Instalación eléctrica	14,5	3,3
- Instalación de agua	1,5	0,3
- Instalación de gas	3,0	0,7
- Talleres y recambios	3,0	0,7
- Laboratorio y oficinas	6,0	1,4
- Vehículos	22,0	5,0
- Montaje y puesta en marcha	43,7	9,8
- Otros gastos	38,9	8,7
- Imprevistos	40,0	9,0
T O T A L	444,3	100,-

5.15.- ESTUDIO ECONCOMICO - FINANCIERO

Se han realizado inicialmente cuatro estimaciones de la rentabilidad variando la producción anual de la fábrica considerada (capacidad de producción 2.000 m²/día). En el primer caso se ha previsto una producción de 1.200 m²/d, siendo la vida de la fábrica de 20 años; en el segundo caso la producción se aumentó a 1.500 m²/d, manteniendo 20 años de vida de la fábrica; y en los casos - tercero y cuarto la producción es de 2.000 m²/d, mientras que la vida de la fábrica se la hizo variar en 20 y 30 años respectivamente.

El precio de venta del producto fabricado se ha fijado en 700 Pta/m², cantidad bastante inferior a la real.

La amortización media se ha tomado de una duración de 13 años y no se ha considerado ningún tipo de impuesto.

Los resultados obtenidos en estos cuatro casos han sido los siguientes:

Producción (m ² /d)	Vida fábrica (años)	Rentabilidad (%)
1.200	20	19,3
1.500	20	32,0
2.000	20	36,4
2.000	30	36,4

En los dos últimos casos se mantiene la rentabilidad, y al ser más normal considerar 20 años como la vida de una fábrica, - así como tratar desde un principio alcanzar la máxima productivi

dad ya que el diseño de la fábrica lo permite sin ningún tipo de problemas, el estudio económico-financiero se completará en estas condiciones.

5.16.- RESULTADOS ECONOMICOS

Para el cálculo de los resultados económicos se han considerado los siguientes datos:

- Capacidad de producción de la fábrica: 2.000 m²/día
- Vida de la fábrica: 20 años
- Inversión: 444,3 M. Pta
- Precio de venta del gres: 700 Pta/m²
- Producciones:
 - . 1^{er} año : 50%, durante 6 meses = 167.500 m²/año
 - . 2^a año : 75% = 502.500 m²/año
 - . Resto años : 100% = 670.000 m²/año
- Coste anual : 204,5 M. Pta
- Amortización (13 años): 33,4 M. Pta/año
- Impuestos: Se han considerado dos casos: el primero sin impuestos, y el segundo pagando un 34% de impuestos sobre el beneficio bruto.

En el cálculo del Valor Actual Neto (V.A.N.) y del Período de Recuperación de la Inversión (P.R.I.) se ha tomado, como en el caso de los ladrillos, una tasa de descuento del 15%.

Con estos valores, que han sido tomados con amplio margen de seguridad económica, se obtienen los siguientes valores:

a) Sin considerar impuestos ni financiación:

- T.I.R. = 38,7%
- V.A.N. = 740,4 M. Pta
- P.R.I. = 5 años

b) Considerando impuestos, sin financiación:

- T.I.R. = 29,3 %
- V.A.N. = 406,9 M. Pta
- P.R.I. = 6 años

c) Con impuestos y financiación del 50%:

Financiación:	<u>Bancaria</u>	<u>PEN</u>
- T.I.R.	38,4%	46,2%
- V.A.N.	423,6 M.Pta.	480,0 M. Pta
- P.R.I.	5 años	4 años

5.16.1.- Sensibilidades

Al dar una rentabilidad tan alta, las sensibilidades al precio de venta, costo e inversión, solamente se exponen para el caso de considerar impuestos y sin financiación; se miden por los mismos parámetros anteriores, pero en este caso del gres se consideraran variaciones porcentuales del ± 10 , ± 20 y ± 30 .

Los resultados obtenidos para las sensibilidades son:

Sensibilidad	T.I.R. (%)	V.A.N. (M.Pta)	P.R.I. (años)
1.- Venta			
- 30	10,5	- 113,8	> 20
- 20	17,4	64,5	13
- 10	23,4	235,7	8
+ 10	34,8	575,5	5
+ 20	40,1	743,2	5
+ 30	45,3	910,9	4
2.- Coste			
- 30	39,0	685,1	5
- 20	35,8	592,7	5
- 10	32,5	500,2	6
+ 10	25,9	310,9	7
+ 20	22,5	214,9	9
+ 30	19,1	118,9	11
3.- Inversión			
- 30	38,6	510,3	5
- 20	34,8	475,8	5
- 10	31,8	441,4	6
+ 10	27,1	372,4	7
+ 20	25,3	337,9	8
+ 30	23,6	303,5	8

5.17.- CONCLUSIONES RELATIVAS AL GRES

- 1^a.- Los estériles de lavaderos de carbón son utilizables en la fabricación de gres, pero mezclados con arcilla y chamota.
- 2^a.- Las fracciones de granos y menudos necesitan un tratamiento previo a la extrusión más intenso que la fracción de finos.

- 3^a.- Las pruebas de laboratorio dan como granulometrías más idóneas: 50% de tamaños entre 0,5 y 0,1 mm y 50% inferiores a 0,1 mm. También la del 100% de tamaños menores de 0,1 mm.
- 4^a.- La humedad de trabajo para la primera granulometría es del 13,5% y para la segunda de 17,7%.
- 5^a.- Pueden elaborarse materiales prensados con un 60% de estériles finos, 20% de arcilla y 20% de chamota.
- 6^a.- Podrían elaborarse materiales extruidos si la instalación industrial cumple los requisitos necesarios para la manipulación de productos fácilmente deformables en húmedo.
- 7^a.- El ciclo de cocción mínimo es de 36 horas para espesores - del producto de 15 mm, y de 48 horas para 20 mm.
- 8^a.- La zona de precalentamiento debe alargarse para que la combustión del carbón contenido sea más lenta.
- 9^a.- La zona del horno con temperaturas entre 500 y 700°C debe tener atmósfera fuertemente oxidante; mientras que entre las temperaturas 1.100 a 1.200°C ha de ser reductora.
- 10^a.- La temperatura de cocción debe alcanzar los 1.200°C para - asegurar porosidades inferiores al 3%.
- 11^a.- La producción de una fábrica de gres nueva tiene que ser - del orden de 2.000 m²/día
- 12^a.- Los productos a fabricar serán baldosas de 10 x 20, 20 x 20 y 30 x 30 cm, pudiendo estar o no esmaltadas.
- 13^a.- Todos los cálculos para el estudio económico-financiero - han sido tomados con amplio margen de seguridad económica.

14^a.- Los resultados económicos obtenidos para una fábrica de -
2.000 m²/día de producción y 20 años de vida han sido:

- Sin considerar impuestos ni financiación:

T.I.R. = 38,7 %
V.A.N. = 740,4 M. Pta
P.R.I. = 5 años

- Considerando impuestos y sin financiación:

T.I.R. = 29,3%
V.A.N. = 406,9 M. Pta
P.R.I. = 6 años

- Con financiación:

	<u>Bancaria</u>	<u>PEN</u>
T.I.R.	= 38,4%	46,2%
V.A.N.	= 423,6 M.Pta	480,0 M.Pta
P.R.I.	= 5 años	4 años

15^a.- En los resultados económicos se incluyen 2 M. Pta/año, cos
to dado a los estériles, que al ser propiedad de HUNOSA -
son en realidad beneficio neto anual.

16^a.- No se ha considerado el ahorro que representa no tener que
almacenar en escombreras las 13.500 t/año de estériles uti
lizables en la fábrica.

17^a.- Los resultados son positivos desde los puntos de vista de
factibilidad tecnológica, estudio de mercado y viabilidad
económica.

6.- TOMO V: OTRAS APLICACIONES

Aunque, como ya se ha dicho en el epígrafe 1.2. de este Tomo, el objetivo principal del estudio es el aprovechamiento de los estériles de los lavaderos de carbón dirigido principalmente a las posibles utilizaciones que presentaban una mayor factibilidad, tanto técnica como económicamente, no se ha querido omitir estas otras aplicaciones que a continuación se enumeran y describen sucintamente con el pensamiento de que en un futuro pudieran ser el inicio de una investigación profunda.

Con la elaboración del Tomo V se ha pretendido dejar constancia de que existen otras aplicaciones que pudieran ser, al menos, tan importantes como las indicadas en los tomos anteriores. De esta manera se recoge una información mínima que pueda servir como iniciación de futuras investigaciones dirigidas a estas "otras aplicaciones" que en un momento dado pasen a ser del máximo interés.

6.1.- MATERIALES REFRACTARIOS

Los refractarios tienen como propiedad común el resistir las elevadas temperaturas a que han de someterse sin que se produzca su destrucción prematura.

Entre los materiales refractarios están: silicatos de alúmina, sílice, alúmina, caliza, magnesita, cromita, carbono y algunos metales.

La arcilla refractaria es el material que más se utiliza en la fabricación de productos refractarios, teniendo la propiedad de no fundirse a temperaturas inferiores a 1.580° C.

La composición química de los estériles, en sus compuestos principales (SiO_2 y Al_2O_3), entra dentro de la composición de una arcilla refractaria; sin embargo el resto de sus compuestos, especialmente el Fe_2O_3 , salen fuera de la citada composición, pero se puede solucionar con adición de materiales que compensen los excesos correspondientes.

Por lo tanto los estériles de lavaderos de carbón son utilizables como sustituyentes de la arcilla, por lo menos en alguna proporción, para la fabricación de productos refractarios o semirrefractarios.

El uso de los estériles tiene la ventaja del contenido en carbón repartido uniformemente en su masa, ya que se podría reducir el consumo energético de estos procesos que generalmente son muy elevados.

Tanto Francia como España, han fabricado ladrillos semirrefractarios partiendo de los estériles.

6.2.- CEMENTO Y AGLOMERANTES

La fabricación de cemento comprende dos fases: obtención de clinker y adición de un reactivo de fraguado.

La materia prima utilizada es:

- Caliza, con un 80% de carbonato cálcico
- Materias ricas en sílice (cuarcitas)
- Arcillas
- Materias ricas en hierro, si la arcilla no contiene - suficiente.

Las arcillas empleadas tienen por misión aportar SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 .

La composición química de los estériles contiene estas sustancias en cantidades similares a las de las arcillas, aunque presenten ciertos inconvenientes. Sin embargo la utilización de los estériles tendría dos ventajas importantes: ahorro de combustible, por el contenido en carbón y su poder calorífico, y una reducción de la humedad de trabajo en vía humedad.

Por lo tanto los estériles de lavaderos de carbón son utilizables como sustituyentes de la arcilla, por lo menos en alguna proporción, para la fabricación del clinker de cemento.

El uso de los estériles tiene la ventaja del contenido en carbón repartido uniformemente en su masa, ya que se podría reducir el consumo energético de estos procesos que generalmente son muy elevados.

6.3.- OBRAS PUBLICAS

En la construcción de carreteras, ferrocarriles y presas, se emplean grandes cantidades de material granulado debido al movimiento de tierras que requieren estos trabajos.

El material granulado empleado debe cumplir características exigentes en parte de los trabajos en obras públicas, como es en bases, subbases y capas de coronación; pero en cambio en núcleo y cimientos de terraplenes, las exigencias son más fáciles de conseguir.

En Francia, Bassin du Nord y Pas-de-Calais, desfiguran el paisaje formando montones de unos 60 m con los estériles, que con el paso del tiempo se transforman en esquistos rojos

debido al calentamiento, inflamación y combustión de los montones en contacto con el aire.

Parte de estos esquistos rojos, una vez triturados y clasificados, fueron utilizados en la decoración de espacios verdes, en revestimiento de plazas públicas, aceras y aparcamientos. Y antes de formar montones se utilizaron también en acondicionamiento de factorías, subcapas y terraplenes de autopistas y en trabajos del ferrocarril minero.

En Alemania también han sido utilizados, sin tratamiento posterior, en la construcción de carreteras, terraplenes y diques o para rellenar terrenos hundidos. Actualmente estudian y realizan pruebas para determinar las características que puedan tener, una vez tratados, para su uso posterior.

Por lo tanto los estériles de lavaderos de carbón son utilizables como materia prima en:

- Relleno de terraplenes
- Bases y subbases de carreteras
- Balastro para ferrocarril
- Núcleo y drenaje de presas

Pero tienen más posibilidades reales de utilización los estériles rojos, ya que no contienen materia orgánica debido a la autocombustión que han sufrido.

6.4.- AGRICULTURA Y JARDINERIA

Debido al material orgánico y a alguno de los componentes de los estériles de lavaderos de carbón, cabe pensar en su utilización como acondicionador y corrector de ciertos tipos de tierras haciéndolas más útiles para el mejor desarrollo de su vegetación.

También puede embellecerse el paisaje realizando en las escombreras plantaciones de algún tipo de árboles o plantas que, además, darían algún valor a las tierras perdidas.

El contenido en carbón aportaría calor, a veces necesario, al suelo, así como el contenido en sustancia minerales las aportaría también.

Tanto en Francia como en Polonia se han realizado ensayos de puesta de vegetación en escombreras. Plantas herbáceas y algún tipo de árboles dieron resultados positivos, así como cosechas de centeno, avena y papatas fertilizantes.

La investigación sería relativamente fácil de realizar, ya que bastaría seleccionar un campo o vivero experimental donde se mezclase la tierra con distintas proporciones de estériles. El tiempo se encargaría de indicar los resultados y definir el óptimo porcentaje según tipo de plantación.

6.5.- ALUMINA Y OTROS ELEMENTOS

El aluminio es el metal más abundante en los estériles de los lavaderos de carbón. Se obtiene por electrólisis de su óxido Al_2O_3 . Otros elementos de posible obtención serían el titanio o vanadio.

En Francia, Alemania, Polonia, Rusia y otros países industrializados están investigando la obtención de alúmina a partir de los estériles de carbón, pero sin resultados importantes aunque se espera conseguir, en un plazo no muy largo, resultados positivos.

Parece ser que existe un proceso industrial nuevo para la obtención de la alúmina, pero es más triunfalista que realista.

6.6.- APROVECHAMIENTO DE LA ENERGIA

Ya se ha visto en los procesos de fabricación descritos en los epígrafes 3, 4 y 5 que es posible el aprovechamiento de la energía contenida en los estériles de los lavaderos de carbón, aprovechamiento traducido en un ahorro energético tanto en los procesos de secado como de cocción, debido al contenido en carbón uniformemente repartido en su masa.

Actualmente, y aparte de los casos anteriores, se está investigando la posibilidad de aprovechar la energía contenida en los estériles, sobre todo de los finos que poseen un poder calorífico superior a 1.000 kcal/kg, en países como Francia , Alemania y Rusia.

6.7.- CONCLUSIONES RELATIVAS A OTRAS APLICACIONES

- Los estériles de los lavaderos de carbón pueden tener otras muchas aplicaciones.

- Entre las posibles utilizaciones están:
 - . Fabricación de semirrefractarios
 - . Fabricación de cemento
 - . Fabricación de aglomerantes hidráulicos
 - . Obras públicas
 - . Agricultura y jardinería
 - . Obtención de elementos constituyentes (Aluminio)
 - . Aprovechamiento de la energía calorífica contenida

- Algunas de estas posibles utilizaciones podría ser interesante desarrollar.

7.- CONCLUSIONES

En cada uno de los epígrafes de este TOMO RESUMEN se han recogido resumidamente, los aspectos de mayor interés concernientes a las distintas aplicaciones o utilizaciones que inicialmente se consideraron como las posibilidades más tangibles para el aprovechamiento de los estériles de los lavaderos de carbón de HUNOSA.

La selección de las tres opciones consideradas, ladrillos, árido ligero y gres, se realizó teniendo en cuenta la viabilidad tecnológica de fabricación, así como el posible ahorro energético durante los procesos seguidos debido al contenido en carbón de la materia prima.

Los análisis y ensayos realizados para cada caso son indicativos de la factibilidad de fabricación tanto de ladrillos, como de árido ligero y gres.

Conjugando los resultados obtenidos en el estudio de mercado para cada producto con el estudio económico-financiero de los mismos, se ha llegado a unas conclusiones que, aunque se incluyen al final de su epígrafe correspondiente, se resumen a continuación.

7.1.- CONCLUSIONES RELATIVAS A LA MATERIA PRIMA

1a) Los estériles de lavaderos de carbón plantean problemas de

variada índole, que en el futuro pueden llegar a ser graves.

2a) Estos estériles tienen un comportamiento arcilloso.

3a) El contenido en carbón de los estériles aumenta al pasar de la fracción "granos" a la de "menudos", y de ésta a la de "finos".

4a) El poder calorífico y las pérdidas por calcinación tienen un comportamiento análogo al anterior en las distintas fracciones de estériles.

5a) Pueden presentar un importante ahorro energético debido al contenido en carbón, que se encuentra uniformemente repartido en los estériles de lavadero.

6a) Existen numerosas posibles utilizaciones de los estériles que habría que estudiar a fondo.

7.2.- CONCLUSIONES RELATIVAS A LOS LADRILLOS

1a) Los estériles de lavaderos de carbón son utilizables en la fabricación de ladrillos.

. Los "finos" únicamente pueden aprovecharse mezclados con arcilla. La mezcla más adecuada es: 20% estériles y 80% arcilla.

. Los "menudos" podrían presentar problemas durante el ciclo de cocción en hornos ya existentes, pero tiene solución variando la curva del ciclo de cocción y realizando controles térmicos adecuados. También se solucionaría mezclándolos con arcilla.

- . Los "granos" parecen los más adecuados para la fabricación de ladrillos.
- 2a) El contenido en carbón de los estériles debe ser inferior al 3,5 - 4% a la entrada en el horno de cocción. Podría aumentarse esa cifra en instalaciones de nueva construcción.
- . Con los "finos" no se consigue este porcentaje como no sea con la mezcla indicada.
 - . Con los "menudos" puede conseguirse, aunque con el peligro de que aparezca "corazón negro" si no se controla la temperatura durante la cocción. Se evitaría el "corazón negro" con mayor número de huecos en los ladrillos y/o alargando el ciclo de precalentamiento del horno.
 - . Con los "granos" se consigue, siendo necesario un control térmico durante la cocción.
- 3a) Durante la fase de preparación de la materia prima es preciso secar los estériles antes de su trituración.
- 4a) La granulometría que ha dado mejores resultados en todas las fases de fabricación es la siguiente: 50% de tamaños - comprendidos entre 0,5 y 0,1 mm y 50% de tamaños menores de 0,1 mm.
- 5a) Durante la fase de secado se consigue un ahorro energético que no ha sido evaluado, dependiendo de la mayor o menor utilización de los gases calientes procedentes del horno de cocción.
- 6a) La temperatura de cocción más adecuada oscila entre 980° y 1.025° C.

- 7a) El ahorro energético durante la fabricación de ladrillos - en una fábrica ya existente, y por lo tanto no la ideal, es del orden del 47,5%.
- 8a) Los ladrillos obtenidos utilizando los estériles tienen mejores características, en general, que los fabricados con arcilla.
- 9a) La producción mínima de la fábrica debe cifrarse en 250 t/día.
- 10a) Debe tenderse a la fabricación de ladrillos "cara vista" o al ladrillo doble hueco.
- 11a) Con amplio margen de seguridad económica se han calculado, para una fábrica de 250 t/d:

. Inversión total	610,5	MP
. Costes anuales	144,7	MP
. Ventas anuales (90% de capacidad productiva)	301,6	MP

- 12a) Los resultados económicos, partiendo de estos datos, son los siguientes:

. Sin considerar impuestos ni financiación

T.I.R.	=	21,5 %
V.A.N.	=	239,4 MP
P.R.I.	=	9 años

. Considerando impuestos y sin financiación

T.I.R.	=	16,1 %
V.A.N.	=	39,4 MP
P.R.I.	=	16 años

. Con financiación e impuestos

		<u>Bancaria</u>	<u>PEN</u>
T.I.R.	=	17,6 %	22%
V.A.N.	=	62 MP	138,1 MP
P.R.I.	=	15 años	10 años

13a) En el caso de no considerar conveniente el montaje de una fábrica de ladrillos, partiendo de los estériles de lavaderos de carbón, en la Región asturiana, podría optarse:

. Venta directa del material a un precio: mínimo de 175 - pts/t y máximo de 520 pts/t.

. Asociación con uno o varios ceramistas de la zona.

14a) El interés creciente mostrado por algunos ceramistas asturianos durante la elaboración del estudio, la escasez de arcilla adecuada en la zona, la seguridad de abastecimiento de estériles, la realidad demostrada de fabricación de ladrillos y el ahorro energético conseguido, han de tenerse muy en cuenta antes de tomar una decisión definitiva en el sentido de montar o no una fábrica nueva en la región.

15a) Los resultados económicos reales son superiores a los que se indican anteriormente para una fábrica de 250 t/día de producción, ya que:

. Han sido calculados con un amplio margen de seguridad económica.

. Incluyen en costes anuales 17,3 MP en concepto de compra de la materia prima, siendo en realidad esta cifra un beneficio neto anual para HUNOSA ya que no le cuestan los estériles, los posee.

- . No se considera el ahorro que representa la utilización de 115.431 t/año en la fábrica, en lugar de tener que al macenarlas en escombreras con los consiguientes gastos de: Creación y montaje de escombrera, transporte de esté riles a la misma, mantenimiento y vigilancia de escomb ras.

7.3.- CONCLUSIONES RELATIVAS AL ARIDO LIGERO

- 1a) De los estériles de lavaderos de carbón la fracción de "granos" es utilizable en la fabricación de árido ligero, pero mezclado con polvo L.D. (residuo de las acerías).
- 2a) La fracción de "finos" son totalmente desechables.
- 3a) La fracción de "menudos" podría ser utilizable, aunque pre senta mayores problemas que ventajas.
- 4a) La mezcla que ha dado mejores resultados ha sido: estériles de "granos" en un 75% y polvo L.D. en un 25%.
- 5a) La temperatura de expansión está próxima a 1.225 \circ C.
- 6a) El proceso elegido es el de expansión en horno tubular ro tativo.
- 7a) Puede obtenerse árido ligero de densidad a granel 0,350 g/cm³; y por consiguiente, superiores.
- 8a) La producción mínima de la fábrica debe cifrarse en 100.000 m³/año, ampliable a 150.000 m³/año.
- 9a) El producto a fabricar debe ser de tamaños 3 a 8 y 8 a 16 mm, con densidades de 0,35 a 0,4 y de 0,5 a 0,7 kg/dm³ res

pectivamente.

10a) Se ha estimado en 1.630 pts/m³ el precio de venta del producto fabricado con densidad de 350 kg/m³, para obtener una rentabilidad del 25% calculado a pesetas variables y con una tasa de inflación del 10,5% anual.

11a) El estudio de mercado señalaba como tope superior de venta 1.800 pts/m³.

12a) En el estudio económico no se tienen en cuenta:

- . El ahorro que representa para HUNOSA la utilización de los estériles en la fábrica, en lugar de almacenarlos en escombreras.
- . El beneficio anual que resulta de "venderse" su propio material para la fabricación de árido ligero.
- . La estimación realizada del precio de venta es a pesetas variables.

13a) Al cerrar las dos fábricas de árido ligero de ARLITA el momento podría ser ideal para abrir una nueva por no tener prácticamente competencia.

14a) La inexistencia de normativa española es un inconveniente.

7.4.- CONCLUSIONES RELATIVAS AL GRES

1a) Los estériles de lavaderos de carbón son utilizables en la fabricación de gres, pero mezclados con arcilla y chamota.

2a) Las fracciones de "granos" y "menudos" de los estériles -

precisan un tratamiento previo, durante la fase de preparación de la materia prima, más intenso que la fracción de "finos".

- 3a) La granulometría que ha dado mejores resultados en todas las fases de fabricación ha sido de un 50% de tamaños comprendidos entre 0,5 y 0,1 mm y un 50% de tamaños menores de 0,1 mm.
- 4a) Pueden fabricarse materiales prensados con un contenido en "finos" del orden del 60%, siendo esta proporción función de las características de las arcillas utilizadas en la mezcla; los contenidos en arcilla y chamota de la mezcla - vienen a ser el 20% para cada material.
- 5a) Pueden fabricarse materiales extruidos si la instalación - industrial se la equipa con elementos de manipulación de productos fácilmente deformables en húmedo.
- 6a) Es necesario el uso de chamota, aproximadamente un 20%, para obtener productos gresificados.
- 7a) Durante la fase de secado se consigue un ahorro energético que será mayor o menor según utilización de los gases calientes procedentes del horno de cocción.
- 8a) El ciclo de cocción mínimo es de 36 horas si el espesor de pared del producto es de 15 mm, y de 48 horas si es de 20 mm o mayores.
- 9a) La zona de precalentamiento debe ser más larga de la que normalmente se tiene en hornos convencionales; así podrá realizarse una lenta combustión del carbón contenido en los estériles.

- 10a) La curva de cocción entre 500 y 700° C debe tener un control adecuado, siendo en esta zona del horno la atmósfera fuertemente oxidante.
- 11a) La temperatura de cocción debe alcanzar los 1.200° C para asegurar porosidades inferiores al 3%; la atmósfera en esta zona del horno debe ser reductora.
- 12a) El ahorro energético durante la fabricación de gres es importante, aunque no se ha podido evaluar en las pruebas semi-industriales.
- 13a) El combustible más adecuado para la fabricación de gres es el gas.
- 14a) Las baldosas de gres obtenidas utilizando los estériles - tienen iguales sus características a las fabricadas con arcillas.
- 15a) La producción de la fábrica debe cifrarse en 2.000 m²/día.
- 16a) Debe tenderse a la fabricación de baldosas de gres, esmaltadas o sin esmaltar, de tamaños normalizados.
- 17a) Con amplio margen de seguridad económica se han calculado, para una fábrica de 2.000 m²/día:
- | | | | |
|-------------------|-------|-------|----|
| . Inversión total | ..... | 444,3 | MP |
| . Costes anuales | ..... | 240,5 | MP |
| . Ventas anuales | ..... | 469,0 | MP |
- 18a) Los resultados económicos, partiendo de estos datos, son los siguientes:

- . Sin considerar impuestos ni financiación

T.I.R. = 38,7 %
 V.A.N. = 740,4 MP
 P.R.I. = 5 años

- . Considerando impuestos y sin financiación

T.I.R. = 29,3 %
 V.A.N. = 406,9 MP
 P.R.I. = 6 años

- . Con financiación e impuestos

	<u>Bancaria</u>	<u>PEN</u>
T.I.R. =	38,4 %	46,2 %
V.A.N. =	423,6 MP	480,0 MP
P.R.I. =	5 años	4 años

19a) Los resultados económicos reales son algo superiores a los que se indican anteriormente para una fábrica de 2.000 m²/día de producción y 20 años de vida, ya que:

- . Han sido calculados con un amplio margen de seguridad económica.
- . Incluyen en costes anuales 2,0 MP en concepto de compra de materia prima correspondiente a los estériles, siendo esta cifra un beneficio neto anual para HUNOSA ya que es poseedora de los estériles y no le cuesta nada.
- . No se considera el ahorro que representa la utilización de 13.500 t/año en la fábrica, en lugar de tener que al macenarlas en escombreras con los gastos que se derivan de ello.

7.5.- CONCLUSIONES RELATIVAS A OTRAS APLICACIONES

- 1a) Los estériles de lavaderos de carbón son utilizables en otras muchas aplicaciones.
- 2a) Entre las posibles utilizaciones están:
- . Fabricación de semirrefractarios
 - . Fabricación de cemento
 - . Fabricación de aglomerados hidráulicos
 - . Obras públicas
 - . Agricultura y jardinería
 - . Obtención de elementos constituyentes (Aluminio)
 - . Aprovechamiento de la energía calorífica contenida
- 3a) Alguna de estas posibles utilizaciones puede resultar interesante su investigación y desarrollo.
- 4a) La utilización de los estériles, en cualquier caso, supone un ahorro importante para HUNOSA, ya que se evitaría la creación de escombreras con los gastos que ello origina y los problemas que plantean.

8.- BIBLIOGRAFIA

La documentación bibliográfica obtenida que ha sido consultada en la elaboración de los distintos tomos del estudio del aprovechamiento de los estériles de lavaderos de carbón, se indica seguidamente, ordenada de la siguiente manera:

- Bibliografía general. Cuando contiene más de un tema.
- Bibliografía específica. Cuando el tema referido es específico de una de las materias desarrolladas en el estudio; que a su vez se separa en:
 - a) Materia prima
 - b) Cerámica
 - c) Arido ligero
 - d) Otras aplicaciones

8.1.- BIBLIOGRAFIA GENERAL

- LA VALORISATION DES CENDRES VOLANTES ET DES SCHISTES HOUILLERS DANS LE BASSIN DU NORD ET DU PAS-LE-CALAIS.
Por MM. Hanquez y Boutry.
Annales des Mines - Marzo 1971.
- POSIBILIDADES DE TRATAR LAS MATERIAS PRIMAS CON COMPONENTES QUE FORMEN GASES PARA HACER MATERIALES DE CONSTRUCCION CERAMICA (Traducción).
Por G. Piltz
Ziegelindustrie n° 5, 1972.

- EL APROVECHAMIENTO DE ESTERILES DE LAVADERO Y DE MINA (Traducción).
Por Dieter Leininger y Theo Schieder
Glückauf n° 19 - 1975.
- UTILISATION DES SOUS-PRODUITS DU CHARBON ET AUTRES MATERIAUX (1976).
- LAS UTILIZACIONES DE LOS ESQUISTOS CARBONIFEROS EN LA CONSTRUCCION.
Por G. Vie (1976).
- UTILISATION DES SOUS-PRODUITS DU CHARBON ET AUTRES MATERIAUX (1977).
- VALORISATION DES REJETS SOLIDES DE L'INDUSTRIE HOUILLERE.
Por R. Chauvin y G. Delannoy
Industrie Minérale - Abril, 1977.
- VALORISATION DES STERILES.
Commission des Communautés Européennes (1978).
- NOUVEAUX PROCESSES DE VALORISATION DU CHARBON
Por H. Knaltz y H. Plogman
Commission des Communautés Européennes (1979).
- AHORRO DE ENERGIA EN LAS INDUSTRIAS CERAMICAS
Por A. Fombella.
Bol. Soc. Esp. Cerámica y Vidrio, Vol. 19, n° 4.
- AHORRO Y ENERGIA POR EL EMPLEO DE NUEVAS COMPOSICIONES CERAMICAS.
Por A. Estrada y J. Espinosa de los Monteros
Bol. Soc. Esp. Cerámica y Vidrio, Vol. 19, n° 1.

- LES SCHISTES HOUILLERS, SOURCE DE MATERIAUX POUR LA CONSTRUCTION ET LE GENIE CIVIL.

Por R. Chauvin

Publications Techniques, N° 1 - 1980.

- NUEVOS DESARROLLOS EN EL APROVECHAMIENTO DE ESTERILES DE PREPARACION (Traducción).

Por Rolf Köhling y Dieter Leininger.

8.2.- BIBLIOGRAFIA ESPECIFICA

a) Materia prima:

- PRES DE LENS, AU COEUR DU BASSIN MINIER. UNE EXPLORATION DE STERILES DE MINES.

L'équipement mécanique - CARRIERES ET MATERIAUX - Noviembre, 1971.

- UTILISATION DES DECHETS PROVENANT DE L'EXTRACTION ET DE LA CONSUMMATION DU CHARBON.

Commission Economique por l'Europe. Junio 1975.

- VALORISATION DES TERRILS.

Anales de Minas de Bélgica. Abril 1979.

- PROYECTO DE PROGRAMA DE UN COLOQUIO SOBRE UTILIZACION DE ESTERILES PROCEDENTES DE LA EXPLOTACION Y LA PREPARACION DEL CARBON (Informe R.F. Alemana)

Naciones Unidas. CEE, Septiembre 1980.

b) Cerámica:

- SOBRE LA APTITUD DE LOS ESTERILES DEL LAVADO DE CARBON COMO MATERIA PRIMA PARA LA FABRICACION DE LADRILLOS (1^a parte) - (Traducción).

Por G. Pilz y E. Hilker

Ziegelindustrie, n° 12, 1973.

- ENSAYOS A ESCALA INDUSTRIAL DE ADICIONES DE ESTERILES DE LA VADERO EN VARIAS FABRICAS DE LADRILLOS (Traducción).

Por G. Pilz

Ziegelindustrie, n° 6, 1975.

- LOS CARROS DE HORNO TUNEL DE BAJA MASA TERMICA (LOWTHERMASS)

Por L. Martín Lázaro.

Bol. Soc. Esp. Cerámica y Vidrio, Vol. 14, núms. 1, 2 (1975)

- EFLORESCENCIAS EN LADRILLOS DE CONSTRUCCION.

Por A. García Verduch.

- EL HORNO TUNEL EN LA INDUSTRIA LADRILLERA.

c) Arido Ligero:

- POSSIBILITES DE POMPAGE DES BETONS LEGERS DE STRUCTURE.

Por M. Darcel.

- BETONS DE GRANULATS LEGERS.

Por M. Lugez.

Int. Tec. Batiment et des Travaux Publics.

- DES SCHISTES EXPANSES POUR LE BETON LEGER.

- LES SCHISTES HOUILLERS, MATIERE PREMIERE POUR LA FABRICATION DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION ALLEGES NOVEAUX.
Por P. Guillón y R. Chauvin.
- UNE USINE MODERNE DE PRODUCTION DE GRANULATS LEGERS DE SCHISTES EXPANSES.
- ETUDE D'UNE TERRE GONFLANTE - AGREGATS LEGERS.
Por M. Alviset.
- UNFORSUCHUNGEN UBER DEN BLAHPROZEB BEI TONEN.
Por W. Schellmann y H. Pastabend.
Die Ziegelindustrie (1963).
- DAS SELAS-VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG VON BLAHGRANULAT UND SEINE VERWENDUNG.
Die Ziegelindustrie (1966).
- FABRICATION INDUSTRIELLE DE L'ARGILE EXPANSEE.
Por J.C. Cuband y M. Murat.
Silicates Industriels - Mayo 1968.
- UNTERSUCHUNGEN AN TONEN, TONSCHIEFERN UND SCHLACKEN AUF IHRE EIGENSCHAFTEN ZUR HERSTELLUNG VON BLAHPRODUKTEN.
Por F. Möller.
Tonind Ztg n° 12, 1968.
- DAS BLAHVERMOGEN DES UNTERLOQUITZER DACHSCHIEFERS.
Por H. Hoffmann.
Silikattechnik, 1969.

- LA PRODUCCION Y UTILIZACION DE GRANULOS DE ARCILLA EXPANDIDA EN LA LITERATURA DEL RAMO.
Por H. Schmidt
Die Ziegelindustrie n° 21/22 - Noviembre, 1970.

- TRANSFORMATION DES SCHISTES HOUILLERS EN MATERIAUX DE CONS
TRUCTION: BRIQUES ET BLOCS.
Annales des Mines, Marzo 1971.

- TRANSFORMATION DES SCHISTES HOUILLERS EN GRANULATES LEGERS -
POUR BETONS ET AUTRES AGGLOMERES.
Annales des Mines, Marzo 1971.

- FABRICATION D'AGREGATS LEGERS A PARTIR DE STERILES DE TRIA
GE-LAVOIR.
Por G. Toubeau (1971).

- EXPANSION NATURAL Y CONTROLADA DE LAS ARCILLAS DILATADAS PA
RA LA PRODUCCION DE ARIDOS LIGEROS.
Por P. Newmann-Venevese.
Intercceram, Junio 1971. Vol. 20, n° 2.

- CONTRIBUCION A LA DETERMINACION DE LAS PROPIEDADES EXPANSI-
VAS DE LAS MATERIAS PRIMAS CERAMICAS.
Por H. Lehmann y H. Diettrich.
Tenindustrie-Zeitung n° 9, Septiembre 1971.

- INVESTIGACIONES DE LABORATORIO PARA LA APRECIACION DE LAS AR
CILLAS DILATADAS.
Por W. Schellmann y H. Fastabend.
Ziegelindustrie n° 2, 1972.

- BETONS DE GRANULATS LEGERS.
Por C.E.B.T.P.
Services Communs de St. Rémy, Febrero 1973.

- LES SCHISTES HOUILLERS, MATIERE PREMIERE POUR LA FABRICATION DE MATERIAUX DE CONSTRUCTION NOUVEAUX.
Por E. Hanquez, C. Boutry y R. Chauvin.
6^a Conferencia Internacional sobre la Preparación Mecánica - de los Carbones, Marzo 1973.

- FABRICATION DE GRANULATS LEGERS A PARTIR DES SCHISTES HOUI-
LLERS EN PROVENANCE DES LAVOIRS.
Por E. Hanquez, C. Boutry y R. Chauvin, Marzo 1973.

- EMPLEO DE LOS RECHAZOS DE LA PREPARACION DEL CARBON COMO ARI-
DOS PARA LA FABRICACION DE MATERIALES DE CONSTRUCCION (Tra-
ducción).
Por F. Stolze.
Aufbereitungs-Tecnik, n° 2, 1974.

- GRANULATS POUR BETONS LEGERS.
Fiche d'information n°. SSUS-10.
C.E.B.T.P. - L.C.P.C., 1975.

- RECOMMANDATIONS PROVISOIRES POUR L'UTILISATION DES BETONS DE
GRANULATS LEGERS.
Annales d l'Intitut technique du batiment et des travaux pu-
blics. Marzo 1976.

- GRANULATS LEGERS DE SCHISTE HOUILLER EXPANSE.
Surex - Marzo 1976.

- POSIBILIDADES DE INFLUIR EN EL PROCESO EXPANSIVO.
Por R. Peck.
Fried, Krupp GMBH - Septiembre, 1977.

- UNE METHODE DE MESURE DE LA RESISTANCE UNITAIRE DES GRANULATS LEGERS D'ARGILE ET DE SCHISTE EXPANSES.
Por M. Albenque y T. Fontaine.
Essais et Mesures n° 367. Diciembre 1978.

- ARIDOS LIGEROS DE ARCILLA Y ESQUISTOS EXPANDIDOS.
Leca Trading Concesion AIS (1980).

- INDUSTRIAL PROSPECTS AND OPERATIONAL EXPERIENCE WITH 32 mtpd STATIONARY ALUMINA CALCINER.
Por B.E. Raahauge y J. Nickelsen.
F.L. Smidth y Co. A/S Copenhaguen, Denmark. Febrero, 1980.

- NUEVOS MATERIALES TERMOAISLANTES DE CONSTRUCCION Y REFRACTARIOS DE GRAN CONSUMO (Traducción).
Por A.P. Mierkin.
Escuela Técnica Superior de Ingenieros Civiles de Moscú. Junio 1981.

- POUR LE DEVELOPPEMENT DES BETONS DE GRANULATS LEGERS.
Carrieres et Materiaux, n° 194. Junio-Julio, 1981.

d) Otras aplicaciones:

- A LA RECHERCHE DU CHARBON PERDU
Energie.

- ESTERILES DE LAVADERO EN LA CONSTRUCCION DE PRESAS Y TERRA
PLENES (Traducción).
Por G. Aunen y V. Stahlmann.

- EVALUATION OF TECHNOLOGY FOR THE RECOVERY OF METALLURGICAL -
GRADE ALUMINA FROM COAL ASH.
Por J.A.Eisele y D.J. Bauer.
Bureau of Mines - Información Circular 8.791.

- UTILIZACION DE LOS ESTERILES DEL CARBON HULLA COMO MATERIAL
DE RELLENO PARA LA CONSTRUCCION DE CARRETERAS (Traducción).
Recomendaciones BAST - Marzo 1971.

- ESTERILES Y SUBPRODUCTOS INDUSTRIALES EN LAS CONSTRUCCIONES
DE OBRAS Y CARRETERAS (Traducción).
Por R. Floss y A. Toussaint.
Strasse und Autobahn, n° 8 - 1976.

- PRODUCCION DE CONCENTRADOS DE ALUMINA PARTIENDO DE ESTERILES
DE CARBON QUE CONTENGAN CAOLINITA (Traducción).
Institute of Combustible Minerals - Diciembre, 1977.

- LA RECUPERATION DE COMBUSTIBLES POUR CENTRALES ELECTRIQUES A
PARTIR D'ANCIENS TERRILS DANS LE BASSIN HOULLIER DU NORD ET
DU PAS-DE-CALAIS.
Industrie Minerale, Julio 1978.

- DETERMINATION DES LIMITES D'UTILISATION ROUTIERE DES SCHIS
TES HOULLERS ROUGES.
Laboratorio Central des ponts et chaussées - 1978.

- LA VALORISATION DES MINERAIS ALUMINEUX.
Por Ch. Crussard.
Annales des Mines - Junio 1979.

- TRATAMIENTO Y APROVECHAMIENTO DE ESTERILES DE FLOTACION EN
LA REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA (Traducción).
Por D. Leininger.
Glückauf n° 10 - 1979.

- L'UTILISATION ROUTIERE DES SCHISTES HOUILLERS.
Por E. Hanquez, M. Berthe y B. Noël.
Revue générale des routes et des aérodromes - Junio 1980