

## Guías Tecnológicas

Directiva 96/61 relativa a la prevención  
y control integrados de la contaminación

### Epígrafe 3.5

Fabricación de materiales  
cerámicos de construcción



**Fundación Entorno**  
Empresa y Medio Ambiente

Ministerio de Industria  
y Energía

  
Miner

## ★ 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Objeto del documento

La presente Guía resume el estudio de prospección tecnológica del sector de fabricación de materiales de construcción cerámicos con objeto de recoger los aspectos más relevantes del Informe Tecnológico de manera que las personas interesadas puedan disponer de un documento de consulta más manejable.

En caso de estar interesado en consultar el documento completo, puede solicitarlo por escrito en:

Fundación Entorno, Empresa y Medio Ambiente  
C/Padilla 17, ático. 28006 - Madrid  
Telf. 91-575 63 94 Fax. 91-575 77 13  
e-mail: administrador@fundacion-entorno.org

### 1.2 Metodología de trabajo

Tras contactar con las diferentes asociaciones empresariales y demás entidades con competencias en los sectores industriales seleccionados, se diseñó la siguiente metodología de trabajo para la elaboración de estos estudios:

**Fase I: Informe Preliminar.** Se realizó un primer informe con el objetivo de definir el ámbito de estudio e identificar las actividades incluidas en cada epígrafe. Ello permitió llevar a cabo para cada sector un informe previo sobre la situación tecnológico-ambiental que serviría de base para el trabajo a realizar directamente con las empresas en una fase posterior. Estos documentos quedaron recogidos en un CD-Rom y fueron distribuidos a las partes interesadas.

**Fase II: Mesas de trabajo.** Con objeto de poder contar con la opinión directa de las empresas, se convocaron distintas reuniones sectoriales de trabajo con el objetivo principal de discutir el contenido del Informe elaborado en la fase anterior. Además, en estas sesiones pudimos proporcionar a las empresas información sobre el desarrollo de los trabajos realizados para la definición de las Mejores Técnicas Disponibles (MTD's) del sector.

**Fase III: Trabajo de campo.** Las jornadas de trabajo y el compromiso adquirido por las organizaciones empresariales, nos ayudaron a contactar con empresas representativas de cada sector para la realización de visitas en las que, con la ayuda de un cuestionario, se recopilaban una serie de datos que pudieron ser comprobados in situ por nuestros asesores. La amplitud y relevancia del estudio requirió que la muestra de empresas a visitar pudiera ser extrapolable a la globalidad del sector, por lo que se diseñaron los siguientes criterios de selección:

Nº CENTROS	TIPO DE COCCIÓN	
	HORNO TÚNEL	HORNO HOFFMAN
VISITADOS	4	1
AFECTADOS(*)	170	28

(\*) Empresas asociadas a HISPALYT. Se estima la existencia de 162 centros más no pertenecientes a esta asociación empresarial. La mayor parte de ellos utilizan proceso de horno Hoffman.

**Fase IV: Informes Tecnológicos.** De acuerdo con las características de cada sector, la información recopilada en las fases anteriores fue analizada y evaluada para la confección del Informe Tecnológico objeto del programa. Para que este documento constituyera una potente herramienta en las negociaciones para la determinación de las MTD's, los informes tecnológicos se diseñaron siguiendo un esquema similar a los documentos de referencia que se elaborarán en el Institute for Prospective Technological Studies (JRC-IPTS). Estos documentos están a disposición del público en formato CD-Rom.

**Fase V: Difusión.** Uno de los objetivos que dan sentido a este proyecto es contar con la opinión directa de los industriales, ya que son pocas las veces en que la negociación preceda la norma. Por ello, además de la edición y distribución gratuita tanto de los Informes Preliminares como de los Finales, se ha participado en diferentes foros profesionales para difundir los resultados del estudio.

**Fase VI: Guías Tecnológicas.** Para que las personas interesadas puedan disponer de una información más manejable y de documentos de discusión para los distintos foros, se han confeccionado las Guías Tecnológicas que resumen los aspectos más significativos del estudio.

### 1.3 Estructura de la Guía

1. **Introducción.** Presentación, objetivos, metodología, estructura del documento.
2. **La Industria del sector en España.** Visión general del estado de la industria en España, actividades e instalaciones afectadas por la Directiva.
3. **Descripción general del proceso productivo.** Diagrama de flujo y descripción de los problemas medioambientales.
4. **Características especiales del proceso productivo.** Descripción detallada de las etapas críticas desde el punto de vista medioambiental.
5. **Criterios de selección de las MTD's.** Aspectos a tener en cuenta para la selección de las MTD's, tomando como referencia la capacidad productiva marcada y los anexos III y IV de la Directiva.
6. **Técnicas disponibles.** Resumen de las técnicas productivas con relevancia a la hora de definir las MTD's y evaluación general de las mismas.
7. **Técnicas disponibles para el control de emisiones.** Resumen de las técnicas correctivas y evaluación general de las mismas.
8. **Mejores Técnicas Disponibles.** Resumen de la información agrupando las diferentes técnicas estudiadas.
9. **Técnicas emergentes.** Resumen de las técnicas en desarrollo para un nivel de control de la contaminación igual o superior al actualmente en uso.
10. **Conclusiones y recomendaciones.** Consecuencias de la aplicación de las MTD's en cada una de las actividades, valoración económica y recomendaciones para facilitar el cambio tecnológico.

### 1.4 Entidades participantes

Las entidades que han colaborado en la realización de este estudio han sido la Asociación Española de Fabricantes de Ladrillos y Tejas de Arcillas Cocidas (HISPALYT), la Confederación Empresarial Española del Vidrio y la Cerámica (EV) y la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio (SECV).

Además han participado otras instituciones como el Instituto de Tecnología Cerámica (ITC) y la Asociación Valenciana de Empresarios de Cerámica (AVEC).



## 2. LA INDUSTRIA DE LA FABRICACIÓN DE MATERIALES CERÁMICOS DE CONSTRUCCIÓN EN ESPAÑA

### 2.1 Panorama general del sector

Las empresas fabricantes de materiales para la construcción se distribuyen por todo el Estado español, no existiendo zonas de gran concentración, salvo en Toledo y Barcelona donde se genera el 25% de la producción.

La producción aumentó en 1996 algo más del 3% calculándose en unos 15,5 millones de toneladas, con un total de 10.600 trabajadores.

El 40% de la producción corresponde a ladrillos comunes con poca exigencia de calidad, con precios de 3.000 ptas/T.

Esta actividad está sufriendo una reestructuración continua que se ve reflejada en una reducción del número de empresas y trabajadores. No obstante, la capacidad productiva se incrementa gracias a la incorporación de tecnologías modernas. Se estima que el número de empresas se estabilizará en una cifra próxima a 200.

En cuanto a la inversión en bienes de equipo fue de 11.000 MPts (Informe Industria Española) en 1996. El comercio español mantiene un saldo negativo para España con exportaciones por valor de 970 MPts, frente a las importaciones por valor de 1.770 MPts, de los que 1.400 corresponde a tejas.

### 2.2 Actividades e instalaciones afectadas por la Directiva 96/61

La industria cerámica está encuadrada en la división 26 (Industrias de otros productos minerales no metálicos) de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE 93) y en concreto, el sector de fabricación de ladrillos y tejas corresponde a la división 26.4. (Fabricación de ladrillos, tejas y productos de tierras cocidas para la construcción).

El número de centros afectados por la aplicación de la IPPC asociados a Hispalyt asciende a 198. Se estima que existen otras 162 empresas afectadas, que no se encuentran asociadas. En la tabla siguiente, se recoge su distribución geográfica:

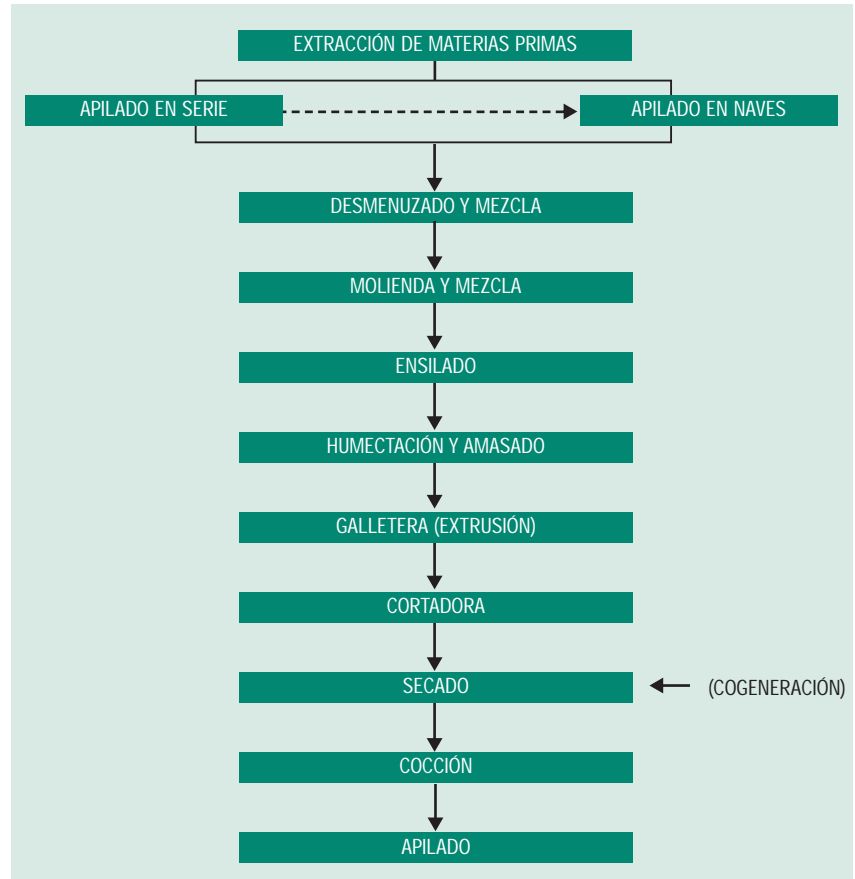
LOCALIZACIÓN	Nº DE CENTROS AFECTADOS
ANDALUCÍA	38
ARAGÓN	7
ASTURIAS	8
BALEARES	3
CATALUÑA	19
CANTABRIA	2
CASTILLA-LA MANCHA	42
CASTILLA-LEÓN	13
EXTREMADURA	3
GALICIA	14
LA RIOJA	10
MADRID	5
MURCIA	1
NAVARRA	4
C.VALENCIANA	29
TOTAL	198



### 3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO PRODUCTIVO

#### 3.1 Diagrama de proceso

En este apartado se recoge el diagrama de proceso general correspondiente al sector de fabricación de ladrillos, tejas y similares. Apuntar que en la fabricación de tejas, la subetapa de conformado se realiza por prensado en lugar de por extrusión.



#### 3.2 Problemática medioambiental

A continuación se exponen para cada etapa la principal problemática medioambiental, destacando en verde aquellas que hacen necesaria la implantación de MTD's.

ETAPA	PROBLEMÁTICA MEDIOAMBIENTAL	AFECCIÓN
MOLIENDA	C. ATMOSFÉRICA C. AGUAS C. RESIDUOS C. RUIDO	Partículas Sólidos en suspensión Restos inertes Molesta
PRENSADO	C. AGUAS C. RESIDUOS	Sólidos en suspensión Inertes
SECADO	C. ATMOSFÉRICA C. RESIDUOS	Partículas y gases Inertes
COCCIÓN	C. ATMOSFÉRICA C. RESIDUOS C. TERMICA	Partículas y gases Inertes Irrelevante



## 4. CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DEL PROCESO PRODUCTIVO

Este capítulo recoge las características más relevantes de las etapas de proceso que han sido analizadas en el estudio con especial dedicación, dado su impacto ambiental y para cuya reducción se recomienda la aplicación de las MTD's.

Estas técnicas se recomiendan fundamentalmente para la etapa de cocción (objeto de la Directiva) y considerando genéricamente los tipos de hornos más característicos.

### 4.1 Horno Túnel

#### Etapa: Cocción

CONSUMOS	CARACTERIZACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Materias primas	Pieza conformada Arcilla	Alta	Empleo de diferentes tipos de arcilla
Materias secundarias	Orujillo Poliestireno Dióxido manganeso	Baja	Mejora estética y ahorro energético
Energía	G.N., Gasóleo Fuelóleo, Coque Biomasa	160-346 kcal/T 4-15 kWh/T	Se utiliza mayoritariamente GN

EFEECTO M.A.	ASPECTO M.A.	CARACT.	CANTIDAD	TRATAMIENTO ACTUAL	OBSERVACIONES
Residuos	Sólido	Inerte	2-4%	Relleno y/o reutilización	Además restos refractarios y rodillos
C. Atmosférica	Partículas y gases	SS, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> F y FH, Cl y CIH	N.D.	Ninguno	Depura solo partículas
C. Sonora	Ventiladores	Molesta	Baja	No necesario	-
C. Térmica(*)	Gases calientes	Tª 950°C	-	No necesario	Efecto irrelevante

(\*) Se emiten gases a temperaturas muy inferiores por la chimenea de aspiración de aire de enfriamiento.

### 4.2 Horno Hoffman

#### Etapa: Cocción

CONSUMOS	CARACTERIZACIÓN	CANTIDAD	OBSERVACIONES
Materias primas	Pieza conformada Arcilla	Alta	Empleo de diferentes tipos de arcillas
Materias secundarias	Orujillo	Baja	Excedentes agrícolas algunas zonas
Energía	Mezcla de coque petróleo y orujo	486 kcal/kg 4,3 kWh/kg	-

EFEECTO M.A.	ASPECTO M.A.	CARACT.	CANTIDAD	TRATAMIENTO ACTUAL	OBSERVACIONES
Residuos	Sólido	Inerte	2-4%	No necesario	Además restos de refractarios sobre producto cocido
C. Atmosférica	Partículas y gases	SS, SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , F y FH, Cl y CIH, CO <sub>2</sub>	N.D.	Ninguno	-
C. Sonora	Ventiladores	Molesta	Media	Ninguno	-
C. Térmica	Gases calientes	Tª 850°C	Bajo	No necesario	-



## 5. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE MTD'S

El primer criterio ha sido la limitación de la aplicación de la Directiva al epígrafe 3.5, en cuanto al tamaño de las instalaciones afectadas, que no deben superar alguno de estos dos condicionantes:

- Capacidad de producción superior a 75 T/día
- Capacidad de horneado de más de 4 m<sup>3</sup> y de más de 300 kg/m<sup>3</sup> de densidad de carga por horno.

El segundo criterio ha sido definir los principales parámetros contaminantes del sector. En la mayor parte de las factorías visitadas, el principal impacto se debe a las emisiones atmosféricas originadas en los hornos de cocción que descargan flúor, cloro, dióxido de azufre contenidos en las materias primas y trazas de NO<sub>x</sub>, CO y metales. La problemática más acuciante la constituye la eliminación de los haluros existentes en algunas de las materias primas, puesto que son difícilmente sustituibles.

Asimismo, se han considerado algunos de los criterios recogidos en el anexo IV de la Directiva, como:

- Uso de técnicas que produzcan poco residuos.
- Recuperación y reciclado de sustancias generadas y utilizadas en el proceso y de los residuos cuando proceda.
- Avances técnicos y evolución de los conocimientos científicos.
- Carácter, efectos y volumen de las emisiones de que se trate.
- Eficacia energética del proceso.
- Plazo que requiere la implantación de una MTD.

Sin embargo, conviene recordar que existen otros factores limitantes en la aplicación de las MTD's propuestas en este estudio, que no se han considerado para definir los criterios de selección. Estos factores son de tipo económico, técnico y geográfico. De forma genérica se pueden aportar algunos impedimentos que afectarían a la aplicación de la propuesta:

- Instalación de empresas en zonas que no permitan reutilizar sus residuos.
- Pequeño valor añadido de algunos productos que dificultaría la implantación de las MTD's debido al excesivo incremento de sus costes operativos.
- Problemática que plantearía en algunos casos la implantación de equipos por limitación física.
- Imposibilidad de sustitución de algunas materias primas que contienen sustancias no deseables dentro del proceso productivo.
- Imposibilidad técnica de implantación de algunas medidas depuradoras por la necesidad previa de adecuar el proceso productivo.

## ★ 6. TÉCNICAS DISPONIBLES

En este apartado se presentan tablas que resumen de forma comparativa las diferentes técnicas productivas utilizadas para las etapas relevantes a la hora de definir las MTD's.

### Etapa: Cocción

ASUNTO A EVALUAR		H. TUNEL	HOFFMAN
Consumo de materiales	Aire ambiente (Nm <sup>3</sup> /T)	2.900-5.300	7.500
Consumo de energía	Térmica (kcal/kg)	165-340	486
	Eléctrica (kWh/T)	4-15	4,3
Emisiones	A la atmósfera (Nm <sup>3</sup> /T)	1.500-2.900	5.900
	Ruido	Moderado	
Generación de residuos	Sólidos	Ref.usados	
Influencia en la calidad del producto	Ladrillos	Normal	
	Tejas	Normal	No
	Bobedillas	Normal	No
	Bloques cerámicos	Normal	No
Costes	Inversiones	Alto	Bajo
	De operación	Medio	Bajo
	Total	Alto	Bajo
Experiencias anteriores	Años de mercado	>20	
	Nº de aplicaciones conocidas	>100	

## ★ 7. TÉCNICAS DISPONIBLES PARA EL CONTROL DE EMISIONES

A continuación se evalúan las técnicas disponibles para controlar los efectos medioambientales de las empresas en el área de la contaminación atmosférica y concretamente en la etapa de la cocción que es objeto de la aplicación de las MTD's.

Las condiciones de partida para definir la implantación de una medida de depuración son:

- Datos de partida de emisión: 200 ppm (0,2 Kg/T) de flúor, 50 ppm de cloro y 400 ppm de SO<sub>2</sub>.
- Combustible: gas natural
- Horno utilizado: H. Túnel

### Tipo de contaminación: Flúor total, cloro y dióxido de azufre

TÉCNICA	ETAPA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	COSTE		OBSERV.
			INV. (Mpts)	OPER.(Pts/T)	
Filtro de mangas con bicarbonato	Cocción	Rendimiento:99% Caudal:45.000 Nm <sup>3</sup> /h Energía eléctrica:3,75 kWh/T	22	225	Se utilizan en algunas empresas pero sin adición de reactivos
Electrofiltro con bicarbonato		Rendimiento:99% Caudal:45.000 Nm <sup>3</sup> /h Energía eléctrica:1,5 kWh/T	52	184	No se aplica normalmente



## ★ 8. MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES

El objeto de este apartado es definir para la etapa de proceso más relevante (cocción) las mejores técnicas disponibles desde la óptica medioambiental.

### 8.1 Horno Túnel

ETAPA	PROBLEMA M.A.	MTD's	% Reducción	Límites de emisión legislados	Observaciones
Cocción	Partículas	Filtro mangas con adición de bicarbonato	99%	Partículas: 150 mg/Nm <sup>3</sup> F: 80 mg/Nm <sup>3</sup> Cl: 230 mg/Nm <sup>3</sup> ClH: 460 mg/Nm <sup>3</sup> SO <sub>2</sub> : 4.300 mg/Nm <sup>3</sup> CO: 500 ppm	La problemática más relevante es la emisión de fluor y cloro. Algunas empresas disponen de filtros de mangas
	Flúor total				
	Cloruros				
	HCl	Electrofiltro con adición de bicarbonato			
	SO <sub>2</sub>				
CO					

Nota: RD 833/1975 que desarrolla la Ley 38/1972 de Protección del Ambiente Atmosférico. Existe una propuesta de modificación del citado Decreto en el Ministerio de Medio Ambiente que propone la inclusión de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> para el sector de cerámica.

### 8.2 Horno Hoffman

ETAPA	PROBLEMA M.A.	MTD's	% Reducción	Límites de emisión legislados	Observaciones
Cocción	Partículas	Sustitución de combustible	(1)	Partículas: 150 mg/Nm <sup>3</sup> F: 80 mg/Nm <sup>3</sup> Cl: 230 mg/Nm <sup>3</sup> ClH: 460 mg/Nm <sup>3</sup> SO <sub>2</sub> : 4.300 mg/Nm <sup>3</sup> CO: 500 ppm	La problemática más importante es la utilización de coque y carbón. Algunas empresas no producen todo el año.
	Flúor total				
	Cloruros				
	HCl	Sustitución por horno túnel			
	SO <sub>2</sub>				
CO					

Nota: RD 833/1975 que desarrolla la Ley 38/1972 de Protección del Ambiente Atmosférico. Existe una propuesta de modificación del citado Decreto en el Ministerio de Medio Ambiente que propone la inclusión de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> para el sector de cerámica.

(1) Se pasaría a la problemática planteada para los hornos túnel

## ★ 9. TÉCNICAS EMERGENTES

### 9.1 Filtros cerámicos para la limpieza de gases calientes contaminados

Estos equipos se utilizan para efectuar la limpieza de gases a temperaturas superiores a 1.000°C. La eficacia filtrante se puede considerar para partículas muy próxima al 100%, aunque la limpieza del filtro no está resuelta en la actualidad. El consumo energético se encuentra por debajo del requerido para precipitadores electrostáticos y filtros granulares.



## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 10.1 Problemática medioambiental y carencias tecnológicas

El sector cerámico engloba actividades productivas con dos características principales que condicionan básicamente sus afecciones del medio ambiente: el uso de materias primas no metálicas y la utilización de procesos térmicos a elevadas temperaturas.

Así, los aspectos medioambientales más relevantes a considerar, son:

- En general, carecen de los requisitos necesarios para efectuar el muestreo de gases y partículas y por tanto de información relativa a los niveles de emisión.
- Las emisiones de partículas y dióxido de azufre han disminuido por la sustitución de los combustibles clásicos por el gas natural. En la fabricación de materiales de construcción su utilización alcanza el 70%.
- Las emisiones más relevantes son: flúor, cloro y dióxido de azufre procedentes de las materias primas y trazas de NO<sub>x</sub>, CO y SO<sub>2</sub> que dependen del combustible utilizado.
- En general carecen de instalaciones de depuración salvo para reducir las emisiones de polvo.
- Respecto a la contaminación generada por los vertidos industriales, en la fabricación de materiales de construcción no plantean problemas significativos por no generarse efluentes del proceso.
- En cuanto a la generación de residuos hay que señalar que se reutilizan como materias primas en el propio proceso de fabricación o bien son recicladas como chamotas o vendidos como subproductos a otras industrias.
- La contaminación originada por ruido y olores tiene un carácter puntual que normalmente no traspasa los umbrales del recinto industrial.

En el aspecto tecnológico conviene citar la creciente implantación de la cogeneración con gas natural.

### 10.2 Inversiones necesarias

En este apartado se recogen las inversiones necesarias para eliminar las emisiones atmosféricas de los contaminantes más relevantes generados en la etapa de cocción.

#### Horno Túnel

ETAPA	PROBLEMA M.A.	MTD's	Coste unitario	Nº empresas susceptibles de cambios	INVERSIÓN
Cocción	Partículas	Filtro de mangas con bicarbonato	22 Mpts	172	3.800 MPts
	Fluoruros Cloruros	Electrofiltro con bicarbonato	52 Mpts		8.900 MPts

#### Horno Hoffman

En la actividad de materiales de construcción hay que destacar la creciente utilización del gas natural en detrimento de otros combustibles más contaminantes. Sin embargo todavía se alcanzan altos niveles de producción (de aproximadamente 25%) con hornos Hoffman, de peor rendimiento energético. A título orientativo, la sustitución de uno de estos hornos por un horno túnel que utilice gas natural como combustible y tenga una producción aproximada de 120.000 T/año, se estima en 1.000 MPts.

### 10.3 Recomendaciones y actuaciones previstas

Aunque la problemática medioambiental se encuentra bastante localizada y en vías de solución por las asociaciones profesionales, conviene efectuar las siguientes recomendaciones para cada una de las actividades:

- Implantación de los sistemas de depuración propuestos y la adecuación de las chimeneas para efectuar las correspondientes tomas de muestras.
- La posible sustitución de los hornos Hoffman debería contemplarse desde la perspectiva socio-económico-medioambiental, mediante un Plan Director que conjugase los aspectos sociales (zonas deprimidas, p.ej. Bailén), el aspecto beneficioso que supone la reutilización de un residuo como el coque y el coste económico de la transformación.
- Sustitución del fuelóleo en 225 centros fabriles por gas natural.

Según el último calendario, los trabajos para la determinación a nivel europeo de las MTD's del sector cerámico tienen previsto comenzar en el año 2001 y corresponden al Grupo de Trabajo Técnico número 12.

Colaboran:



SOCIEDAD ESPAÑOLA  
DE  
CERÁMICA Y VIDRIO



Ejecución Técnica:

