

“EL PROTOCOLO DE KIOTO DE LA CONVENCIÓN MARCO DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL CAMBIO CLIMÁTICO. ASPECTOS GENERALES”

D. José Gustavo Mallol Gasch
Instituto de Tecnología Cerámica-AICE

*“Todo cuanto sea conservar el medio es progresar;
todo lo que signifique alterarlo esencialmente, es retroceder.”*

Miguel Delibes, 1974

1. INTRODUCCIÓN

Las evidencias científicas de la existencia de cambios en el clima de la tierra, debidos a causas posiblemente antropogénicas, y sus posibles consecuencias, provocaron, en el seno de las Naciones Unidas, la necesidad de plantear una serie de medidas para intentar luchar contra este fenómeno. Estas medidas se plasmaron, en el año 1997, en el Protocolo de Kioto, cuya entrada en vigor está prevista en el mes de Febrero del año 2005.

En este documento se exponen algunas evidencias del cambio climático, se analizan las posibles consecuencias y causas del mismo y se evalúan las consecuencias de la aplicación del Protocolo, sobre todo para la industria cerámica de Castellón.

2. EL CAMBIO CLIMÁTICO

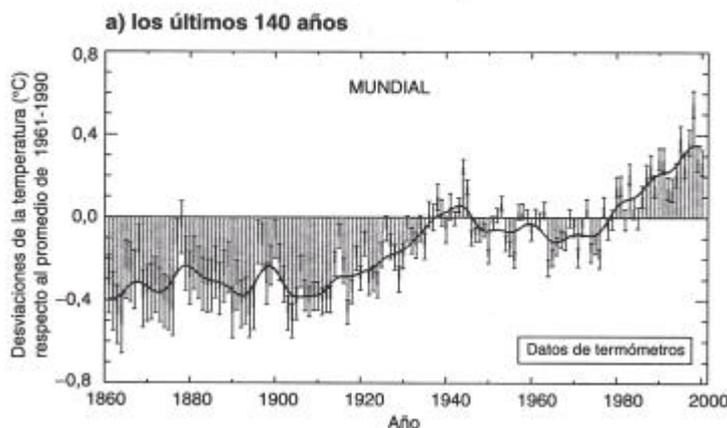
2.1. Evidencias del Cambio Climático

¿Se está produciendo un cambio climático?. Existen muchas evidencias científicas de que sí.

Uno de los organismos con mayor prestigio en el estudio del cambio climático es el Grupo Intergubernamental de Cambio Climático (más conocido

por sus siglas inglesas IPCC). Este grupo, constituido por las Naciones Unidas y la Organización Meteorológica Mundial en 1988 recopila información acerca del conocimiento en el mundo sobre el cambio climático, elaborando informes que ayuden a los políticos en la toma de decisiones.

Variaciones de la temperatura de la superficie de la Tierra en:



Fuente : IPCC

Según el último informe del IPCC, la temperatura media mundial de la superficie de la Tierra ha aumentado en 0,6°C aproximadamente en el siglo XX. En Europa este crecimiento ha sido de 1,2°C. Mundialmente es muy probable que los años noventa hayan sido el decenio más cálido desde que se tienen registros instrumentales de temperatura (1861). El aumento de la temperatura en el siglo XX probablemente haya sido el mayor de todos los siglos en los últimos mil años.

La extensión del hielo y de la capa de nieve ha disminuido. Ha habido una recesión generalizada de los glaciares de montaña en las regiones no polares durante el siglo XX. La extensión del hielo marino en primavera y verano en el hemisferio norte ha disminuido de 10 a 15% desde los años cincuenta. Es probable que haya habido una disminución del 40% en el espesor del hielo marino en el Ártico desde finales del verano hasta principios de la primavera y una disminución considerablemente más lenta en el espesor del hielo marino en invierno.

También se han producido cambios en el nivel del mar, que ha subido en el mundo una media entre 10 y 20 cm durante el siglo XX. Una subida de 20 cm en el Mediterráneo eliminaría todas las playas de la Península Ibérica, que en su mayoría son artificiales. También el régimen de precipitaciones ha sufrido

cambios. En algunas zonas de África y Asia se ha observado un aumento de la frecuencia e intensidad de las sequías en los últimos decenios.

No obstante en los 4600 millones de años de historia de la Tierra las fluctuaciones climáticas han sido muy grandes. En algunas épocas el clima ha sido cálido y en otras frío y, a veces, se ha pasado bruscamente de unas situaciones a otras. La Tierra es muy sensible a los cambios de temperatura, de hecho la diferencia de la temperatura media de la Tierra entre una época glacial y otra, como la actual, es de tan sólo 5 ó 6°C.

Sin embargo, según el último informe del IPCC, algunos aspectos importantes del clima parecen no haber cambiado: algunas zonas del globo no se han calentado en los últimos decenios (zonas del hemisferio sur y Antártico), no parece haber tendencias significativas en la extensión del hielo marino en el Antártico, los cambios mundiales en la intensidad y frecuencia de las tempestades tropicales y extratropicales están dominados por las variaciones interdecenales y multidecenales y no hay tendencias significativas claras en el siglo XX y no hay cambios sistemáticos en la frecuencia de los tornados, días de tormenta o granizadas en las zonas analizadas.

2.2. Consecuencias del Cambio Climático

Los cambios en el clima van a tener, indudablemente, consecuencias en nuestra forma de vida actual. Son especialmente sensibles a estos cambios los recursos hídricos, la agricultura y la silvicultura. Desde el punto de vista geográfico afectará fundamentalmente a las zonas costeras y los sistemas marinos, modificando los actuales asentamientos humanos. Incidirá sobre la salud humana. Modificará los actuales recursos energéticos, la industria, los seguros y otros recursos financieros.

Las consecuencias del cambio en el clima sobre una determinada área no siempre tienen que ser negativas; a veces supondrán una mejora en las actuales condiciones de vida o simplemente una necesidad de adecuación a la nueva situación. Además, la vulnerabilidad de los sistemas humanos varía en función del lugar geográfico, del tiempo y de las condiciones sociales, económicas y ambientales.



Los regímenes de precipitaciones van a verse alterados. Se prevé un aumento del riesgo de inundaciones para muchas zonas como consecuencia del aumento de las precipitaciones fuertes y subida del nivel del mar. Se espera un aumento de sequías en zonas con escasez de agua (sur de Europa y regiones subtropicales). Sin embargo, en algunas zonas con escasez de agua (Asia sudoriental), se espera un aumento de la disponibilidad.

El rendimiento de las cosechas se verá también alterado. Se espera una reducción general del rendimiento de las cosechas en regiones tropicales y subtropicales, debido al aumento de la temperatura. Por el contrario, en zonas de latitudes intermedias, se espera un aumento del rendimiento de las cosechas por la misma razón.

Los cambios climáticos tendrán influencia sobre el turismo. El aumento de las temperaturas, por ejemplo en el norte de Europa, suavizará el clima en esta áreas, haciéndolas atractivas desde el punto de vista turístico en detrimento de zonas en las cuales empiecen a aparecer fenómenos como las olas de calor (zona Mediterránea). Las mayores temperaturas también afectarán al régimen de nevadas y modificarán el turismo de invierno.

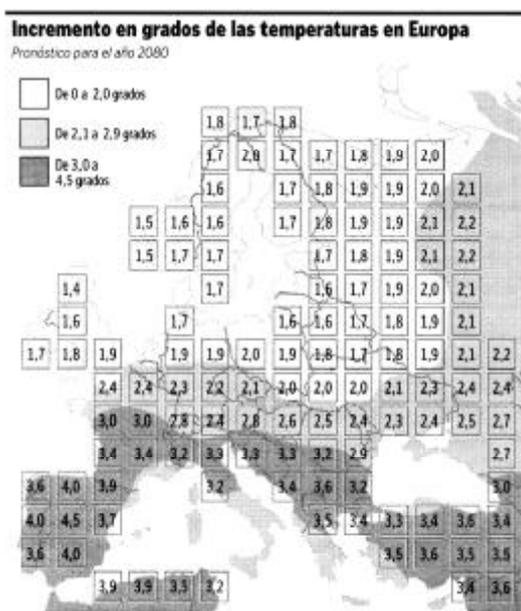


Desde el punto de vista de la salud, se espera un aumento de la mortalidad asociada a olas de calor. Sin embargo, en latitudes medias y altas, se espera una reducción de la mortalidad invernal, debido al aumento de las temperaturas.

Las necesidades energéticas también se verán alteradas. Se prevé un aumento de la demanda de energía para acondicionamiento de locales debido a las mayores temperaturas estivales y, a su vez, una reducción de la demanda de energía para calefacción, debido a mayores temperaturas invernales.

Según el informe del grupo de trabajo II del IPCC “la capacidad de los sistemas humanos de adaptarse y enfrentarse al cambio climático depende de factores tales como la riqueza, la tecnología, la educación, la información, la pericia, la infraestructura, el acceso a los recursos y las capacidades administrativas. Es posible que los países desarrollados y en desarrollo mejoren su capacidad y adquieran nuevas capacidades de adaptación. Tales factores predominan de forma muy variable en las diversas poblaciones y comunidades, y los países en desarrollo, particularmente los menos desarrollados son en general los más desprovistos al respecto. El resultado es que tienen menos capacidad de adaptarse y son más vulnerables a los daños del cambio climático, y asimismo son más vulnerables a las presiones. Esta condición es más grave entre los pueblos más pobres”. Los países más vulnerables son los menos desarrollados, que son los que menos han contribuido al efecto invernadero y los que más necesitarían contaminar según el modelo de desarrollo seguido por los países actualmente desarrollados.

¿Qué va a ocurrir en el futuro?



Nadie lo sabe con absoluta certeza. Las previsiones sobre el clima en el futuro se basan en modelos físicos complejos sobre los que influyen un gran número de variables. Aunque se ha avanzado mucho, sobre todo en capacidad de cálculo y modelación, los márgenes de incertidumbre que se manejan son muy altos, del orden del 60%.

Por todo ello, algunos científicos son escépticos con el cambio climático. Otros admiten el calentamiento de la Tierra pero cuestionan que sea debido a las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Uno de los últimos trabajos publicados por la Agencia Europea del Medio Ambiente pronostica que, de seguir el actual ritmo de emisiones de GEI a la atmósfera, en el año 2080 el incremento de temperaturas en Europa variaría entre los 3,5 °C en la zona Mediterránea (con un máximo de 4,5 °C en Madrid) y los 2° C en la zona norte.

La mayor parte de los científicos están de acuerdo con las conclusiones del IPCC. No se puede asegurar con total certeza que se esté produciendo un calentamiento global y un cambio climático como consecuencia del aumento de gases emitidos por la actividad del hombre a la atmósfera. Pero, como hay importantes sospechas de que sea así, y las consecuencias pueden ser muy graves, lo lógico y prudente es tomar las medidas oportunas para impedir que las emisiones GEI sigan creciendo mientras se sigue estudiando este efecto con gran atención.

2.3. Causas del cambio climático

La teoría más extendida es que el cambio climático está provocado por un aumento de la temperatura de la Tierra debido a que la actividad humana ha provocado la presencia en la atmósfera de elevadas cantidades de gases que provocan el efecto invernadero.

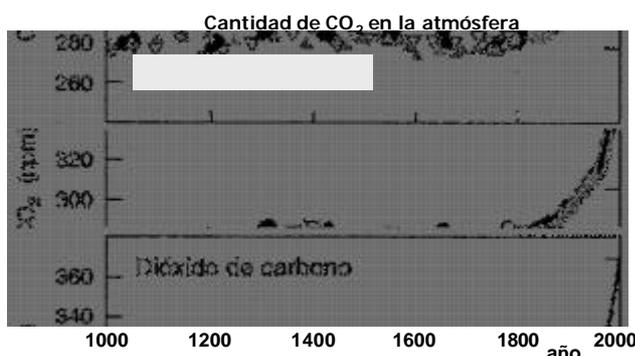
El efecto invernadero es un fenómeno físico muy conocido que se produce en la atmósfera de forma habitual. Consiste en el reflejo en la atmósfera, de parte de la energía que refleja la Tierra procedente del sol. En condiciones normales, la cantidad de energía reflejada por la atmósfera es la adecuada para que la temperatura de la Tierra permita el desarrollo de la vida. Los gases de efecto invernadero hacen que la cantidad de energía reflejada sea mayor y por lo tanto se incremente la temperatura de la Tierra.

Existen muchos gases que provocan el efecto invernadero, pero los más importantes son: el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), los hidrofluorurocarburos (HFC), los perfluorurocarburos (PFC) y el hexafluoruro de azufre (F₆S). La contribución de estos gases al efecto invernadero depende de su naturaleza y de la cantidad de los mismos en la atmósfera. Combinando ambos efectos podemos afirmar que el CO₂ provoca un 75% del efecto invernadero, debido sobre todo a las enormes cantidades de dióxido de carbono que se emiten continuamente a la atmósfera.

2.3.1. CO₂ y efecto invernadero

El dióxido de carbono no es un gas tóxico, ya que todos los seres humanos lo producen cuando respiran y es además indispensable para que las plantas realicen su función clorofílica. El problema del dióxido de carbono es cuando aparece en grandes cantidades.

El CO₂ se desprende cuando se produce la combustión de cualquier combustible fósil (madera, gasóleo, fuel óleo, gasolinas, gas natural, butano,



Fuente : IPCC

etc.). En efecto, cuando un combustible fósil se quema se produce una reacción química en la cual se desprende dióxido de carbono, vapor de agua y calor. El calor es el producto que interesa de esta reacción para transformarlo en energía mecánica (vehículos) o eléctrica

(centrales termoeléctricas); para aplicaciones industriales (producción de materiales cerámicos, fabricación de cemento, etc.) o, simplemente, para utilizarlo en la vida cotidiana (calentar los hogares, cocinar, etc.).

Las elevadas necesidades de energía, debidas sobre todo a la revolución industrial y su posterior desarrollo, han propiciado el uso indiscriminado de combustibles fósiles como fuente de energía y, con ello que la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera se haya incrementado prácticamente de forma exponencial en los últimos 200 años.

Sin embargo, no todos los combustibles fósiles producen la misma cantidad de dióxido de carbono cuando se queman, así por ejemplo, el gas natural emite un 35% menos de CO₂ que el fuel óleo o el gasóleo. Por tanto, en estos momentos, a los criterios habituales de disponibilidad, precio o adecuación tecnológica, para elegir el combustible más adecuado para una aplicación deben añadirse, y cada vez con mayor importancia, los requerimiento medioambientales.

3. EL PROTOCOLO DE KIOTO

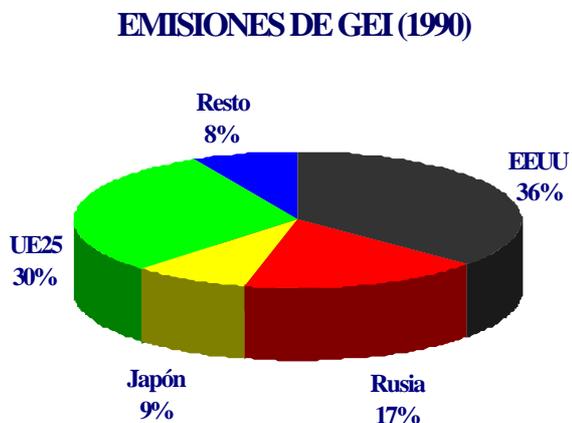
El futuro del planeta debe observarse con cautela pero con esperanza. La tecnología, el cambio en los hábitos y en ciertos planteamientos económicos debe aportar, sin duda, las soluciones a los problemas del cambio climático. No obstante, las evidencias científicas aconsejan empezar a aplicar el posible remedio ya, o puede ser demasiado tarde. El instrumento que debe permitir la implantación de los mecanismos de lucha contra el cambio climático es el Protocolo de Kioto.

El Protocolo de Kioto tiene su origen en la Convención de Naciones Unidas sobre el cambio climático que tuvo lugar en el año 1992 en Nueva York. Las intenciones manifestadas por los países participantes en esa Convención se concretaron, en la ciudad japonesa de Kioto en el año 1997, en el texto del Protocolo de Kioto.

El Protocolo de Kioto supone el compromiso por parte de los países con mayor nivel de desarrollo en ese momento (incluidos en el anexo I del citado Protocolo), de reducir en el periodo 2008-2012 el nivel de emisión de los GEI, al menos en un 5,2 % respecto al de 1990.

El Protocolo de Kioto entraría en vigor a los 90 días de que se cumplan dos condiciones: que lo firmen al menos 55 de los estados participantes en la Convención de las Naciones Unidas sobre cambio climático y que, las emisiones de los países firmantes supongan al menos el 55% de las emisiones de dióxido de carbono de los países incluidos en el anexo I del Protocolo de Kioto en el año 1990.

3.1. El Protocolo de Kioto en el mundo



En el año 1990 las emisiones de CO₂ de los países incluidos en el anexo I del Protocolo de Kioto se repartían tal y como se muestra en la figura adjunta.

En Octubre de 2004, Rusia ratificó el Protocolo de Kioto, con lo cual se cumplen las dos condiciones para que entre en vigor en todo el mundo. El mes de Febrero del año 2005 el Protocolo de Kioto entrará efectivamente

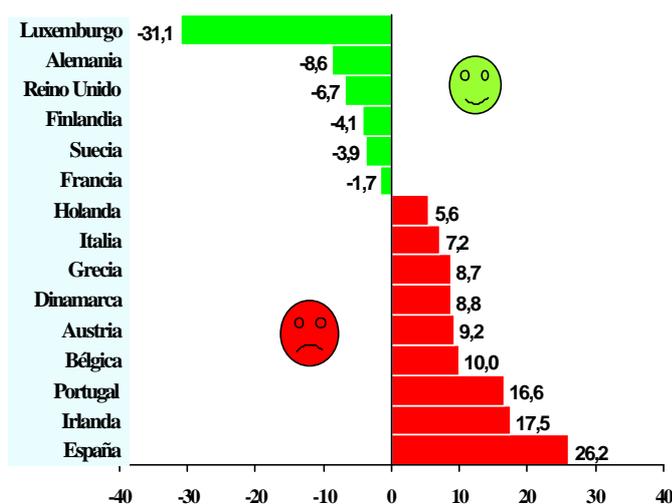
en vigor al haber transcurrido 90 días desde que Rusia presentó su ratificación en las Naciones Unidas.

De los países incluidos en el Anexo I del Protocolo de Kioto, Australia, Croacia, Mónaco, Liechtenstein y Estados Unidos no lo han ratificado, siendo este último el mayor emisor de GEI a la atmósfera, con el 36% del total de las emisiones en el año 1990.

3.2. El Protocolo de Kioto en Europa

Según el Protocolo de Kioto, el esfuerzo de reducción de las emisiones de GEI no será el mismo en todos los países sino que dependerá del nivel de desarrollo de cada país. Así, los países con alto nivel de desarrollo deberán reducir en mayor medida las emisiones que los países en niveles de desarrollo menores; incluso estos últimos pueden aumentar de manera controlada sus emisiones para permitir su desarrollo.

Distancia de cada país respecto de los objetivos de Kioto en el año 2000



Concretamente a los países de la Unión Europea se les exige un mayor esfuerzo, teniendo que reducir sus emisiones de GEI en un 8% con respecto a los niveles de 1990. En la Decisión del Consejo 2002/358/CE, se establece el compromiso cuantificado de cada país de la UE en cuanto a la limitación de las emisiones de GEI, compromiso que

en el año 2000 se había cumplido de manera desigual por los diferentes países.

Entre 1990 y 2000 las emisiones de GEI se redujeron en Europa un 3,3 %. Como el objetivo para el periodo 2008-2012 es del 8%, para poderlo alcanzar deben aplicarse los llamados mecanismos de flexibilidad. Los mecanismos de flexibilidad son instrumentos, previstos por el Protocolo de Kioto, que deben permitir a los países cumplir sus compromisos al menor coste posible y son tres: el comercio de derechos de emisión, la aplicación conjunta y el mecanismo para un desarrollo limpio.

En estos momentos el único de los mecanismos de flexibilidad que está regulado es el de comercio de los derechos de emisión, según la Directiva 2003/87/CE. Según esta Directiva los gobiernos establecerán la cantidad máxima de GEI que pueden emitir los sectores industriales. Se crea un mercado de comercio de derechos de emisión en el cual, si las emisiones reales son menores a las asignadas, las empresas pueden vender sus derechos sobrantes a otras que hayan tenido que aumentar sus emisiones (ampliaciones, baja eficiencia energética, etc.). En el caso de que las emisiones sean superiores a los derechos asignados o comprados en el mercado, la Directiva establece las correspondientes sanciones.

3.3. El protocolo de Kioto en España

Según la Decisión del Consejo 2002/358/CE a España se le permite que sus emisiones en el periodo 2008-2012 sean un 15% mayores a las del año 1990. En realidad hasta el año 2002 habían aumentado en un 36,9% por lo que deben aplicarse los mecanismos de flexibilidad.

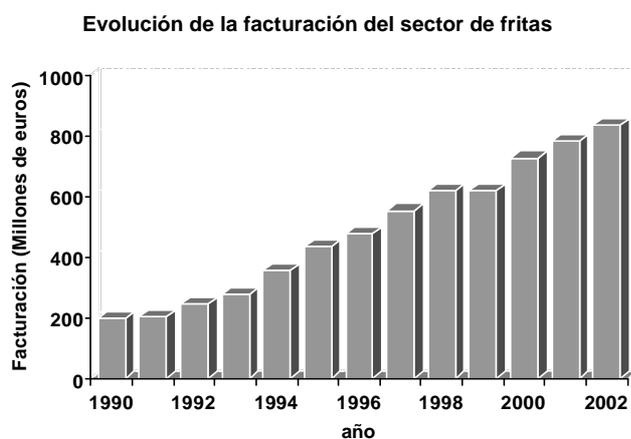
Para ello el gobierno ha elaborado, basado en la Directiva 2003/87/CE de comercio de emisiones, el Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión (RD 1866/2004) que fija las emisiones de cada sector industrial en el periodo 2005-2007 para, en este periodo, estabilizar las emisiones de GEI en las del periodo 2000-2002. Este Plan entrará en vigor el 1 de Enero de 2005. Posteriormente se elaborará un nuevo Plan para el periodo 2008-2012, en el que las emisiones no deben sobrepasar en más de un 24% las de 1990. La diferencia entre este 24% y el 15% fijado como máximo de crecimiento, se supone va a ser posible conseguirla mediante la aplicación de los otros dos mecanismos de flexibilidad previstos en el Protocolo de Kioto.

3.4. El protocolo de Kioto en Castellón. Incidencia sobre el sector cerámico.

En la provincia de Castellón el Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión afecta principalmente a las empresas de generación eléctrica, refinería y algunas empresas de las que conforman el sector cerámico. Concretamente de las empresas del sector cerámico el Plan afecta, para el periodo 2005-2007, a las empresas que producen fritas y algunas de las que fabrican polvo atomizado.

3.4.1. El Protocolo de Kioto y las empresas fabricantes de fritas cerámicas

En el año 2002 el sector de fabricación de fritas cerámicas, integrado por unas 20 empresas, emitió a la atmósfera 600.000 toneladas de CO₂, lo que supuso el 0,15% del total de las emisiones de dióxido de carbono en España durante ese año.



En el periodo 1990 a 2002, las emisiones de CO₂ en este sector industrial han crecido en un 173%, debido principalmente al espectacular aumento de la producción que hace que, en estos momentos, España sea el país líder en el mundo en este tipo de productos.

Fuente : Asociación Nacional de Fabricantes de Fritas, Esmaltes y Colorantes Cerámicos (ANFFECC)

Las fritas se obtienen por fusión a temperaturas del orden de los 1500 °C, de una mezcla de materias primas de naturaleza inorgánica. El dióxido de carbono se emite fundamentalmente durante el proceso de fusión de las materias primas para dar lugar a las fritas. El proceso de fabricación de fritas sufrió una reconversión tecnológica en la década de los 80 y principios de los 90, propiciada por la construcción del gaseoducto en Castellón. Esta medida propició la reconversión de hornos discontinuos que empleaban fuel óleo como combustible, a los actuales hornos continuos en los que se utiliza gas natural. La adopción de esta medida supuso importantes beneficios tecnológicos (aumento de la calidad de la frita, posibilidad de aumentar la temperatura de fusión, etc.), económicos (reducción de los consumos, aumento de la producción, etc.) y medioambientales (disminución de las emisiones de azufre, reducción de las emisiones de dióxido de carbono, etc.).

El Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión prevé una asignación de derechos de emisión para este sector industrial de 1.890.000 toneladas de CO₂ para el trienio 2005-2007, cubriendo un 96% de la demanda sectorial de emisiones para este periodo y permitiendo un crecimiento de las emisiones del 13% respecto al año 2002.

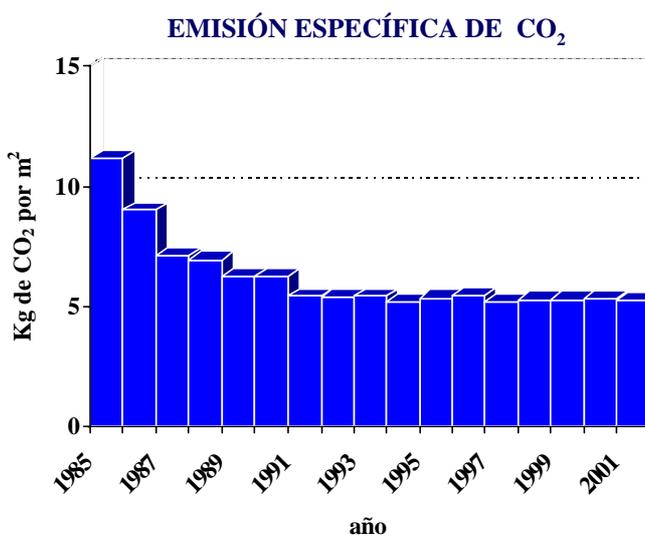
3.4.2. El Protocolo de Kioto y las empresas fabricantes de baldosas cerámicas

En el año 2001 el sector de fabricación de baldosas cerámicas, integrado por unas 260 empresas, emitió a la atmósfera 3.600.000 toneladas de CO₂, lo que supuso el 0,9% del total de las emisiones de dióxido de carbono en España durante ese año.

En el periodo 1990 a 2001, las emisiones de CO₂ en este sector industrial crecieron en un 142%, debido principalmente al espectacular aumento de la producción (185%), que hace que, en estos momentos, España sea el segundo país productor en el mundo de baldosas cerámicas, junto con Italia y tras China.

Al igual que en el caso anterior, este sector industrial vivió durante la década de los 80 y principios de los 90, una importante reconversión tecnológica propiciada por la disponibilidad de gas natural en la provincia. Este hecho cambió el proceso de producción, haciéndolo más eficiente técnica, económica y medioambientalmente.

Aunque los cambios en el proceso durante estos años fueron numerosos (incorporación de la atomización, uso de prensas hidráulicas, utilización de sistemas de cogeneración, etc.) el más importante fue el experimentado por la etapa de cocción. Los antiguos hornos de canales fueron sustituidos por los actuales hornos monoestrato de rodillos en los que, debido al empleo de gas natural como combustible, los gases de combustión pueden ponerse en contacto directo con el producto, sin mermar su calidad, reduciendo el consumo energía y la duración de los ciclos de cocción y, consecuentemente, las emisiones específicas de dióxido de carbono a la atmósfera.



De hecho las emisiones específicas de dióxido de carbono a la atmósfera han pasado de 11,2 kg de CO₂/m² en la década de los 80 utilizando fuel óleo y hornos de canales, a los actuales 5,3 kg de CO₂/m², reduciéndose por el efecto combinado del cambio tecnológico y de combustible, en más de un 50%.

Hay que destacar que, desde hace unos años, las emisiones específicas de dióxido de carbono se han estabilizado entorno a los 5,5 kg de CO₂/m², ya que no se han producido cambios tecnológicos relevantes que incidan sobre el consumo de energía. Si bien a principios de los noventa las emisiones específicas eran un poco mayores aún utilizando la misma tecnología, el dominio de la misma ha hecho que las emisiones se hayan reducido sensiblemente y finalmente, se hayan estabilizado.

La estabilización de la emisión específica de dióxido de carbono en la última década indica que se está utilizando la mejor tecnología disponible desde el punto de vista energético y por tanto la que, en este momento, produce unas menores emisiones de dióxido de carbono por unidad de producto. Esta situación indica que, de no producirse un cambio tecnológico que la altere, el margen actual de disminución de las emisiones de dióxido de carbono es bastante reducido.

Durante el proceso de fabricación de baldosas la mitad de las emisiones de dióxido de carbono se produce en la cocción, mientras que la atomización de las suspensiones, con un 40% de las emisiones, y el secado de los soportes, con un 10%, se reparten el resto.

El Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión únicamente prevé la asignación de derecho para las empresas de atomización que dispongan de sistemas de cogeneración de más de 20 Mw térmicos. El resto de las instalaciones (secaderos, hornos y atomizadores sin cogeneración) se considera no están afectadas por la Directiva 2003/87/CE, por diversas razones por lo que no se les asigna derechos de emisión para el periodo 2005-2007. Con estas premisas el Plan Nacional de Asignación de Derechos de Emisión prevé una asignación de derechos de emisión para este sector industrial de 2.556.000 toneladas de CO₂ para el trienio 2005-2007.

3.4.3. Posibilidades de reducción de las emisiones de CO₂ en el sector cerámico

La emisión de dióxido de carbono va unida a la combustión de combustibles fósiles.

Parece ser que el futuro de las empresas cerámicas pasa, ineludiblemente, por afrontar los nuevos retos energéticos; el cumplimiento del Protocolo de Kioto es sólo una parte del reto, ya que los problemas de disponibilidad de los combustibles fósiles (escasez, conflictos políticos, etc.) están provocando un aumento de sus precios y por lo tanto de los costes de producción, reduciendo los márgenes de beneficios.

Hay que reducir el consumo energético del proceso de fabricación.

Las posibilidades de reducción pueden agruparse en tres grandes líneas: adopción de medidas de ahorro de energía conocidas en los procesos actuales, fomento de la cogeneración y acciones de I+D que propicien la implantación de tecnologías más limpias y eficientes.

3.4.3.1. Acciones de ahorro de energía en los procesos actuales

Existen algunas acciones, la mayoría conocidas y que han sido aplicadas en el pasado, que pueden permitir reducir el consumo de energía en los procesos actuales. La eficacia de estas acciones depende, en gran medida, del punto inicial de partida; el porcentaje medio de reducción del consumo que se puede alcanzar con estas medidas no irá más allá de entre el 5 y el 10%.

Algunas de estas acciones no suponen más que prestar atención a algunos parámetros especialmente sensibles a los consumos de energía (contenido en sólidos de las suspensiones en el atomizador, duración de los ciclos de cocción, etc.).

Aunque en la bibliografía existente aparecen muchas de estas acciones, a continuación se nombrarán las consideradas más interesantes.

Mantener lo más alto posible el contenido en sólidos de las suspensiones en el atomizador

El contenido en sólidos de la suspensión que se alimenta al atomizador tiene un gran impacto sobre el consumo energético del mismo y debe mantenerse lo más alto posible. Acciones como descalcificar el agua, optimizar los defloculantes o tener especial cuidado en la preparación de la disolución del defloculante en agua (en el caso de que se empleen defloculantes sólidos) son de vital importancia ya que el aumento del contenido en sólidos en un 1%, supone alrededor del 5% de ahorro energético y el mismo porcentaje de reducción de las emisiones de CO₂ e incremento de la producción.

Emplear variadores de frecuencia en los motores eléctricos de gran potencia

Habitualmente los motores eléctricos utilizados en algunos equipos trabajan a una potencia constante y superior a la necesaria. Por ejemplo, la velocidad de los molinos discontinuos de bolas, utilizados en la preparación de las suspensiones para el atomizador y los esmaltes, es constante durante toda la molienda. Algunos estudios demuestran que la variación de la velocidad del molino aumenta la eficacia de la molienda, reduciendo su consumo energético y el tiempo de molienda.

En muchos casos el caudal de los gases se modifica aumentando la pérdida de carga en las conducciones (chimeneas) mediante válvulas, etc., lo cual incrementa el consumo eléctrico del ventilador. La utilización de variadores de frecuencia que modifiquen la velocidad de los ventiladores en función de las necesidades, reduce su consumo energético y aumenta su vida útil.

Optimizar el caudal y la temperatura del aire de combustión de los quemadores del horno

Normalmente el caudal del aire de combustión que se alimenta a los quemadores es demasiado elevado. Según diversos trabajos realizados por el ITC la disminución del caudal del aire de combustión puede reducir el consumo del horno en valores entre el 10 y el 20%, dependiendo de las condiciones iniciales, manteniendo la calidad del producto (corazón negro, “pinchados”, etc.) y el correcto funcionamiento del quemador. Asimismo la temperatura del aire de combustión debe ser elevada, para reducir el consumo de los quemadores.

Optimizar la curva de presiones del horno

La correcta distribución de las presiones en el interior del horno, manteniendo el máximo de presión en la zona de enfriamiento, favorece el trasiego de gases calientes desde la zona de enfriamiento a la zona de cocción y puede reducir el consumo del horno alrededor del 5%.

Recuperación de gases caliente entre máquinas térmicas

Por las chimeneas del horno se pierde aproximadamente el 50% de la energía alimentada al mismo. Es una práctica habitual aprovechar los gases calientes de la chimenea de enfriamiento del horno para alimentar al secadero de producto esmaltado utilizado en algunas plantas, a la entrada del horno.

En el pasado algunas empresas recuperaban los gases calientes de la chimenea de enfriamiento del horno en el secadero de los soportes de las baldosas o en el atomizador. Quizás este tipo de prácticas puedan llegar a ser nuevamente interesantes desde el punto de vista económico y medioambiental.

Utilización de oxígeno como comburente en los hornos de fritas

El empleo de oxígeno como comburente en los hornos de fritas (oxicombustión) reduce las emisiones de CO₂ en aproximadamente un 40% y permite alcanzar mayores temperaturas de llama, aunque requiere de quemadores y refractarios especiales y de modificaciones en el diseño de los hornos.

Acciones de control automático de proceso en etapas térmicas

Cualquier acción que permita controlar de manera automática una máquina térmica reducirá los tiempos de puesta en marcha, aumentará la producción y la calidad del producto, redundando en una disminución del

consumo de energía y de las emisiones de dióxido de carbono. Estas cuestiones son de especial importancia en el atomizador, donde la utilización de un lazo para controlar de forma automática la humedad del polvo atomizado producido permite disminuir su consumo.

Mantenimiento de las instalaciones y concienciación del personal

El rendimiento energético de una máquina térmica está directamente relacionado con su estado físico. El deterioro del refractario, la presencia de grietas, etc., aumentan la pérdidas de calor y, por lo tanto, el consumo energético. Es necesario planificar y llevar a cabo un mantenimiento periódico de este tipo de instalaciones.

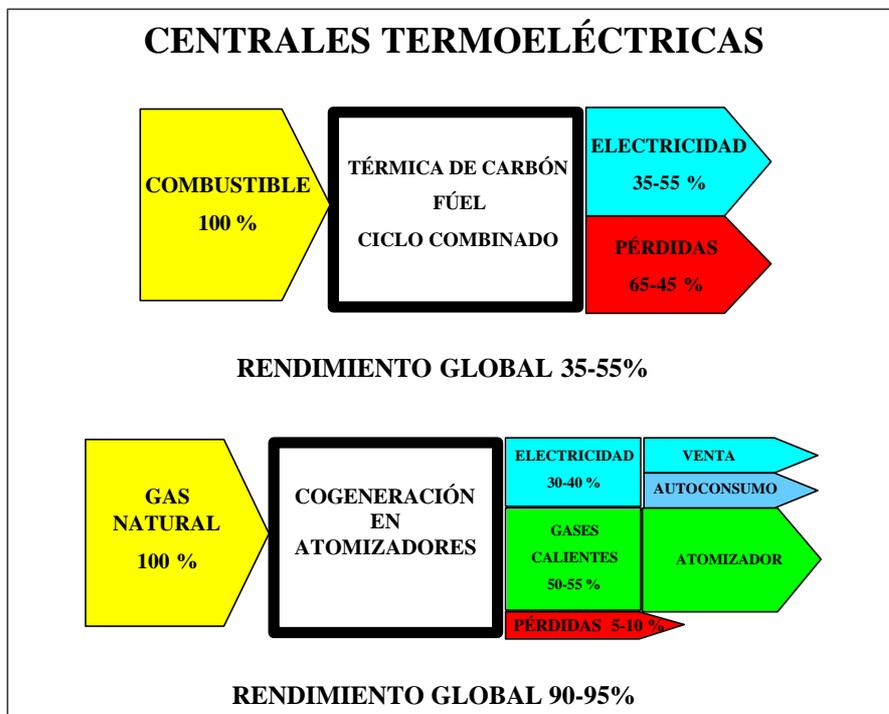
Tan importante como el mantenimiento de las instalaciones es la concienciación del personal de las empresas en un tema tan importante como el ahorro de energía: control del caudal de los quemadores, mantenimiento de la curva de presiones en el horno, reposición de lana refractaria en el horno, eliminación de piezas rotas en hornos y secaderos, etc.

3.4.3.2. Fomento de las instalaciones de cogeneración

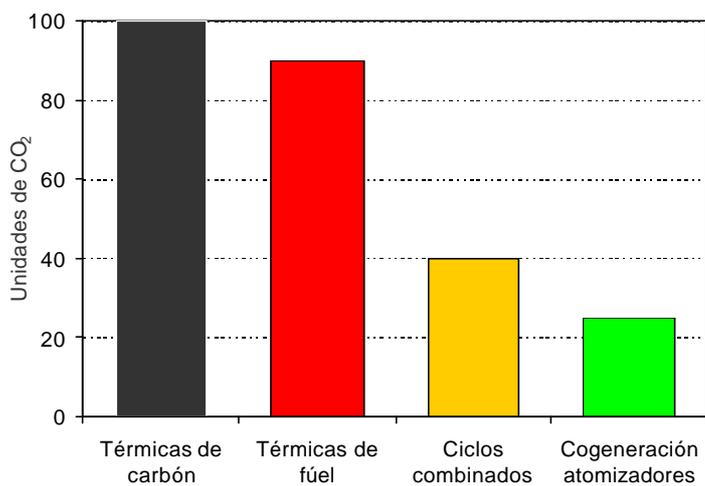
La energía eléctrica puede ser generada por diferentes tecnologías, algunas de las cuales presentan niveles distintos de emisiones de CO₂.

En España el 47% de la electricidad se fabrica con tecnologías que no producen emisiones de CO₂ (nuclear (30%), hidráulica (10%) y energías renovables (7%)). El 53% restante se produce en centrales termoeléctricas (térmicas de carbón, fuel, ciclos combinados de gas natural e instalaciones de cogeneración), con diferentes niveles de emisión de CO₂ en función de la tecnología y del combustible utilizado.

Los sistemas de cogeneración son centrales termoeléctricas cuyo rendimiento global es superior al 90%, debido a que se instalan en lugares donde es posible aprovechar los gases residuales tras la generación de energía eléctrica. El rendimiento global del resto de las centrales termoeléctricas es mucho menor que el de las instalaciones de cogeneración, siendo las centrales de ciclo combinado a gas, con el 53%, las segundas tras los sistemas de cogeneración. Ello significa que los sistemas de cogeneración emiten con respecto a las demás centrales termoeléctricas una menor cantidad de CO₂, siendo además su consumo de combustible también menor.



Emisiones de CO₂ para producir la misma cantidad de electricidad



En el sector cerámico existen 80 instalaciones de cogeneración con una potencia eléctrica instalada de 275 Mw eléctricos. Todas utilizan como combustible gas natural con lo que, junto al elevado rendimiento de la instalación (ya que los gases calientes se aprovechan en el atomizador), permiten reducir en un 75% las emisiones de CO₂ por kw-h producido respecto al fabricado en centrales de carbón y fuel y en un 40% las de una central de ciclo combinado. Es decir, para producir la misma electricidad en una central de carbón se emiten 100 unidades de CO₂, en una de ciclo combinado 40 y con un sistema de cogeneración, como los de los atomizadores, sólo 25.

En la actualidad la instalación de sistemas de cogeneración en plantas cerámicas se ha frenado debido fundamentalmente a dos causas. Por una parte los niveles de crecimiento de la producción de baldosas cerámicas, y por lo tanto las necesidades de polvo atomizado, han disminuido en los últimos dos años, con lo cual se instalan menos atomizadores y las posibilidades de emplear sistemas de cogeneración son más bajas.

Por otro lado la rentabilidad de estas instalaciones ha descendido drásticamente en los últimos 5 años. La rentabilidad de un sistema de cogeneración está directamente relacionada con el cociente entre el precio de venta de la energía eléctrica cogenerada que se vierte a la red y el precio del gas natural. En los últimos cinco años, el precio del gas natural ha experimentado un crecimiento medio del 50%. Sin embargo, el precio de venta de la energía eléctrica cogenerada, en el mismo periodo de tiempo, ha crecido únicamente en un 4 %. Esta evolución de los precios ha menguado en un 31% la rentabilidad de las instalaciones de cogeneración, desanimando a las empresas a adoptar estos sistemas.

Favorecer los ciclos combinados, cuyas emisiones de CO₂ son menores que las de las centrales térmicas de carbón y fuel, es una política acertada. En la misma línea deben de favorecerse los sistemas de cogeneración, cuyas emisiones de CO₂ son aún menores que las de los ciclos combinados, convirtiéndose en un instrumento ideal para alcanzar los objetivos del Protocolo de Kioto. Deben de crearse los instrumentos necesarios (incentivos, modificación del precio de venta de la energía eléctrica sobrante en función del precio del gas, etc.) para favorecer la implantación de sistemas de cogeneración en aquellos procesos productivos donde sea posible, y el cerámico lo es.

3.4.3.3. Acciones de I+D que propicien la implantación de tecnologías más limpias y eficientes

Existen otra serie de posibles acciones que podíamos llamar “de futuro” cuya aplicación no es tan inmediata pero que no pueden perderse de vista a la hora de evaluar las diferentes posibilidades de reducción de las emisiones de

CO₂. Estas acciones requieren un mayor esfuerzo, puesto que su eficacia no esté contrastada en este momento, pero, por otro lado, pueden ser fuente de innovación y suponer modificaciones importantes en la actual forma de desarrollarse los procesos productivos.

Aunque existen muchas posibilidades, a continuación se resumen las que parecen más viables a medio plazo.

Aumentar el contenido en sólidos de las suspensiones del atomizador

El límite para incrementar el contenido en sólidos de las suspensiones es su viscosidad y tixotropía; si se consigue reducirlas, será posible aumentar la cantidad de sólidos. Se conoce que la viscosidad de los líquidos disminuye con la temperatura y la tixotropía con la aplicación de fuerzas de cizalla (movimiento, agitación, etc.). Calentar la suspensión puede reducir su viscosidad y permitir aumentar los sólidos. Por otro lado, inyectar sólidos previamente molidos en la conducción de alimentación al atomizador, cuando la suspensión está en movimiento y su tixotropía es menor, podría aumentar su contenido en sólidos.

Utilizar líquidos más volátiles que el agua en el atomizador

El agua presenta muchas ventajas para la atomización: es un líquido relativamente abundante, accesible para la mayor parte de las empresas, relativamente barato, fácil de manejar, inocuo para el medio ambiente, etc.. Sin embargo presenta el inconveniente de tener un elevado calor latente de evaporación (2500 kJ/kg). Esto significa que, para evaporar 1 kilo de agua, hace falta una energía similar a la empleada en la cocción de 1 kilo de baldosas (3000 kJ/kg). La utilización de otros líquidos, con menor calor latente de evaporación, reduciría el consumo energético de esta etapa de producción.

Utilizar otros mecanismos de secado de los soportes

En otros sectores industriales se utilizan otros mecanismos para el secado de piezas cerámicas, por ejemplo microondas. Se considera interesante contemplar la posibilidad de emplear otros procedimientos de secado (microondas, radiofrecuencia, etc.) más selectivos, si no como sustitutivos del sistema actual, sí como complementarios, para reducir el consumo de energía y, por tanto las emisiones de CO₂.

Eliminar el proceso de secado

La utilización de aditivos con efecto plastificante y que aporten resistencia mecánica a las piezas es habitual en la fabricación de cerámicas técnicas. Estos aditivos deben mantener la capacidad del polvo para ser moldeado (plasticidad) y conferir a la pieza la suficiente resistencia mecánica para ser decorada. Sólo de esta manera será posible eliminar el agua y, por tanto, la tradicional operación de secado de los soportes.

Utilizar sustancias que presenten reacciones de descomposición exotérmicas

El 50% de las emisiones de CO₂ se producen durante la cocción como consecuencia de la combustión del gas natural. El empleo de sustancias en los soportes capaces de ceder calor durante su descomposición a las temperaturas de cocción, reduciría las necesidades térmicas del proceso de cocción y por lo tanto las emisiones de dióxido de carbono.

Diseñar hornos que aprovechen mejor los gases calientes

En la actualidad por la chimenea de enfriamiento del horno se pierde prácticamente el 30% de la energía aportada al mismo. Si la curva de presiones en el interior del horno es la adecuada, esta corriente es fundamentalmente aire caliente que podría ser aprovechado, por ejemplo, como aire de combustión, reduciendo el consumo de los quemadores. Existen algunos fabricantes de hornos que están realizando nuevos diseños para precalentar el aire aprovechando las pérdidas de calor del horno a través de las paredes.

Emplear sistemas de absorción

Las máquinas térmicas presentan, en general, rendimientos muy bajos. Más del 75% de la energía térmica aportada para fabricar baldosas se pierde, fundamentalmente por las chimeneas. Es decir, en este proceso la energía térmica sobrante es muy elevada. Por otra parte las necesidades de refrigeración de las empresas han aumentado. Cada vez los periodos en los que es necesario enfriar importantes áreas son mayores y, además, por necesidades sobre todo de imagen, estas áreas han aumentado (exposiciones, oficinas, etc.). Existe una tecnología que podría aunar estas dos realidades: los sistemas de absorción. Los sistemas de absorción permiten, a partir de agua caliente a 120°C (fácil de calentar y sin coste a partir de las emisiones de las chimeneas) obtener aire frío a 7°C, para utilizarlo en los sistemas de refrigeración.

Utilizar quemadores regenerativos

Esta acción podría ser interesante para los hornos de fabricación de fritas. Los quemadores regenerativos permiten calentar un lecho cerámico a partir de los gases de combustión que salen por la chimenea, y utilizar este calor para precalentar el aire de combustión. Los ahorros de energía obtenidos son de entre el 30 y el 35%.

Usar energías alternativas

El empleo de energías alternativas en el sector cerámico es en la actualidad prácticamente nulo. Si bien las energías alternativas difícilmente podrán sustituir completamente a los combustibles fósiles en el proceso cerámico, cabe pensar en la posibilidad de complementarlos en algunas aplicaciones. En esta línea el ITC participa junto con ALICER en un proyecto del

Plan Nacional de I+D del Ministerio de Medio Ambiente para estudiar la viabilidad técnica de emplear energía solar en los procesos de fabricación de fritas y baldosas cerámicas.

4. BIBLIOGRAFÍA

- (1) Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Nueva York, 9 de mayo de 1992.
- (2) Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas. Kioto, 11 de diciembre de 1997.
- (3) Decisión del Consejo 2002/358/CE
- (4) Directiva 2003/87/CE
- (5) Real Decreto Ley 5/2004
- (6) Real Decreto 1866/2004
- (7) IPCC. Grupo Intergubernamental de expertos sobre cambio climático. Tercer informe de evaluación. Cambio Climático 2001. La base científica. Resumen del grupo de trabajo I para responsables de políticas y resumen técnico.
- (8) IPCC. Grupo Intergubernamental de expertos sobre cambio climático. Tercer informe de evaluación. Cambio Climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen del grupo de trabajo II para responsables de políticas y resumen técnico.
- (9) IPCC. Grupo Intergubernamental de expertos sobre cambio climático. Informe especial del IPCC. Escenarios de emisión. Resumen para responsables de políticas.
- (10) Ahorro energético en el sector azulejero. IPEAE. Conselleria de Industria, Comercio y Turismo. Generalitat Valenciana. 2ª edición, 1990.
- (11) ENRIQUE, J.E.; MALLOL, G.; MONFORT, E.; CANTAVELLA, V. Racionalización de energía en hornos de cocción de baldosas cerámicas. *Cerám. cristal*, 124, 21-32, 1998.
- (12) BLASCO, A.; ENRIQUE, J.E.; MALLOL, G.; MONFORT, E. Optimización de las condiciones de funcionamiento en hornos monoestrato (II). Caudal de aire de combustión. *Técnica Cerámica*, 218, 716-729, 1993.
- (13) BLASCO, A.; CARDA, L.; MALLOL, G.; MONFORT, E. Optimización de las condiciones de funcionamiento en hornos monoestrato (I). Curva de presiones. *Técnica Cerámica*, 206, 585-593, 1992.

- (14) ENRIQUE, J.E.; BLASCO, A.; MONFORT, E.; MALLOL, G. Improving energy efficiency in single-deck kilns by optimization of the process variables. *Cfi Ber. DKG*, 72(5), 255-260, 1995.
- (15) TIMELLINI, G.; BLASCO FUENTES, A. Energy Consumptions and carbon Dioxide Emissions in the Ceramic Tile Sector: Italy and Spain. *Ceram. Acta*, 5(1/2), 41-50, 1993.
- (16) NASSETTI, G.; PALMONARI, C. Optimización de la molienda en húmedo mediante la aplicación de inverter en los molinos de tambor. En: *Qualicer 92 : Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico*. Castellón: Cámara Oficial de Comercio Industria y Navegación, 1992, p. 221-227,
- (17) BLASCO FUENTES, A.; FELÍU MINGARRO, C.; MONZÓ FUSTER, M.; ENRIQUE NAVARRO, J.E. Measures to Save Spray Dryer Energy in Wall and Floor Tile Plants. *Interbrick*, 2(4), 30-33, 1986.
- (18) MALLOL, G.; MEZQUITA, A.; LLORENS, D.; JARQUE, J.C.; SAHÚN, J.; VALLE, F. Estudio de la operación de secado de los soportes de las baldosas cerámicas en secaderos verticales. *Técnica Cerámica*, 304, 805-817, 2002.
- (19) ENRIQUE, J.E.; MALLOL, G.; PÁRAMO, M.; SALVÁ, E. Aspectos energéticos y medioambientales de la fabricación de baldosas cerámicas. *Técnica Cerámica*, 247, 557-565, 1996.
- (20) ENRIQUE, J.E.; MALLOL, G.; PÁRAMO, M.; SALVÁ, E. Influencia de la evolución tecnológica sobre el consumo energético en la fabricación de baldosas cerámicas. *Cerámica Información*, 222, 3-12, 1996.
- (21) ENRIQUE, J.E.; MALLOL, G.; PÁRAMO, M.; SALVÁ, E. Evolución de los consumos de energía térmica y eléctrica en el sector de baldosas cerámicas. *Técnica Cerámica*, 246, 466-477, 1996.