

# L'impacte del Protocol de Kyoto en el sector ceràmic de la província de Castelló<sup>1</sup>

GUSTAVO MALLOL

Institut de Tecnologia Ceràmica-AICE, Universitat Jaume I

## 1. Introducció

Les evidències científiques de l'existència de canvis en el clima de la terra, deguts a causes possiblement antropogèniques, i les seues possibles conseqüències, van provocar, en el si de les Nacions Unides, la necessitat de plantejar una sèrie de mesures per a intentar lluitar contra aquest fenomen. Aquestes mesures es van plasmar, l'any 1997, en el Protocol de Kyoto (Nacions Unides, 1992; Nacions Unides, 1997), l'entrada en vigor del qual es va produir al febrer de l'any 2005 amb la signatura de Rússia.

En aquest document s'exposen algunes evidències del canvi climàtic, s'analitzen les possibles conseqüències i causes d'aquest i s'avalua l'impacte de l'aplicació del Protocol, sobretot per a la indústria ceràmica de Castelló.

## 2. El canvi climàtic

### 2.1. Evidències del canvi climàtic

S'està produint un canvi climàtic? Hi ha moltes evidències científiques que sí.

Un dels organismes amb major prestigi en l'estudi del canvi climàtic és el Grup Intergovernamental de Canvi Climàtic (més conegut per les seues sigles angleses, IPCC). Aquest grup, constituït per les Nacions Unides i l'Organització Meteorològica Mundial el 1988, recopila informació sobre el coneixement en el món sobre el canvi climàtic i elabora informes que ajuden els polítics en la presa de decisions.

Segons dades de l'IPCC (2001 *a*), la temperatura mitjana mundial de la superfície de la Terra ha augmentat 0,6° C aproximadament en el segle xx. A Europa aquest creixement ha sigut d'1,2° C. Mundialment és molt probable que els anys noranta hagen sigut el decenni més càlid des que es tenen registres instrumentals de temperatura (1861). L'augment de la temperatura en el segle xx probablement haja sigut el major de tots els segles en els últims mil anys.

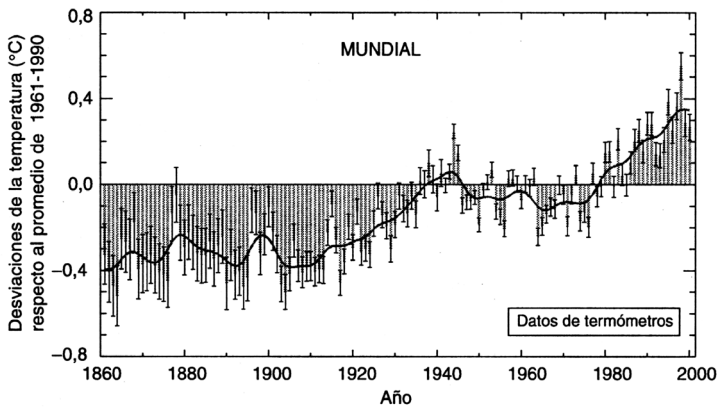
L'extensió del gel i de la capa de neu ha disminuït. Hi ha hagut una recessió generalitzada de les glaceres de muntanya a les regions no polars durant el segle xx. L'extensió del gel marí a la primavera i estiu a l'hemisferi nord ha disminuït de 10 a 15% des dels anys cinquanta. És probable que hi haja hagut una disminució del 40% en la grossària del gel marí a l'Àrtic des de finals de l'estiu fins a principis de la primavera i una disminució considerablement més lenta en la grossària del gel marí a l'hivern.

---

<sup>1</sup> Traducció del castellà del Servei de Llengües i Terminologia (Universitat Jaume I).

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

### a) los últimos 140 años



Font: IPCC.

També s'han produït canvis en el nivell del mar, que ha pujat en el món una mitjana entre 10 i 20 cm durant el segle xx. Una pujada de 20 cm al Mediterrani eliminaria totes les platges de la península Ibèrica, que majoritàriament són artificials. També el règim de precipitacions ha patit canvis. En algunes zones d'Àfrica i Àsia s'ha observat un augment de la freqüència i intensitat de les sequeres en els últims decennis.

No obstant, en els 4.600 milions d'anys d'història de la Terra, les fluctuacions climàtiques han sigut molt grans. En algunes èpoques el clima ha sigut càlid i en altres fred i, a vegades, s'ha passat bruscament d'unes situacions a altres. La Terra és molt sensible als canvis de temperatura, de fet la diferència de la temperatura mitjana de la Terra entre una època glacial i una altra, com l'actual, és de tan sols 5 o 6°C.

No obstant això, segons es recull en els informes de l'IPCC, alguns aspectes importants del clima semblen no haver canviat: algunes zones del globus no s'han calfat en els últims decennis (zones de l'hemisferi sud i Antàrtic), no sembla haver-hi tendències significatives en l'extensió del gel marí a l'Antàrtic, els canvis mundials en la intensitat i freqüència de les tempestats tropicals i extratropicals estan dominats per les variacions interdecennals i multidecennals, no hi ha tendències significatives clares en el segle xx i no hi ha canvis sistemàtics en la freqüència dels tornados, dies de tempestat o granissades a les zones analitzades.

## 2.2. Conseqüències del canvi climàtic

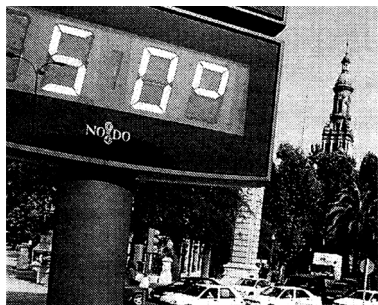
Els canvis en el clima tindran, indubtablement, conseqüències en la nostra forma de vida actual. Són especialment sensibles a aquests canvis els recursos hídrics, l'agricultura i la selvicultura. Des del punt de vista geogràfic, el canvi climàtic afectarà fonamentalment les zones costaneres i els sistemes marins i modificarà els actuals assentaments humans. Incidirà sobre la salut humana. Modificarà els actuals recursos energètics, la indústria, les assegurances i altres recursos financers.

Les conseqüències del canvi en el clima sobre una determinada àrea no sempre han de ser negatives; a vegades suposaran una millora en les actuals condicions de vida o simplement una necessitat d'adequació a la nova situació. A més, la vulnerabilitat dels sistemes humans varia en funció del lloc geogràfic, del temps i de les condicions socials, econòmiques i ambientals.



Els règims de precipitacions es veuran alterats. Es preveu un augment del risc d'inundacions per a moltes zones com a conseqüència de l'augment de les precipitacions fortes i pujada del nivell del mar. S'espera un augment de sequeres en zones amb escassetat d'aigua (sud d'Europa i regions subtropicals). No obstant això, en algunes zones amb escassetat d'aigua (Àsia sudoriental), s'espera un augment de la disponibilitat.

El rendiment de les collites es veurà també alterat. S'espera una reducció general del rendiment de les collites en regions tropicals i subtropicals, a causa de l'augment de la temperatura. Al contrari, en zones de latituds intermèdies, s'espera un augment del rendiment de les collites per la mateixa raó.



Els canvis climàtics tindran influència sobre el turisme. L'augment de les temperatures, per exemple al nord d'Europa, suavitzarà el clima en aquesta àrees i les farà atractives des del punt de vista turístic en detriment de zones en les quals comencen a aparèixer fenòmens com les onades de calor (zona mediterrània). Les majors temperatures també afectaran el règim de nevades i modificaran el turisme d'hivern.

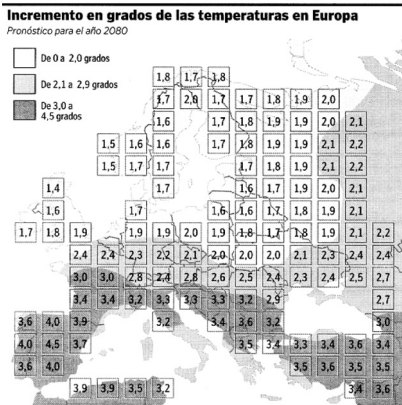
Des del punt de vista de la salut, s'espera un augment de la mortalitat associada a onades de calor. No obstant això, en latituds mitjanes i altes, s'espera una reducció de la mortalitat hivernal, a causa de l'augment de les temperatures.

Les necessitats energètiques també es veuran alterades. Es preveu un augment de la demanda d'energia per a condicionament de locals a causa de les majors temperatures estivals i, al seu torn, una reducció de la demanda d'energia per a calefacció, a causa de majors temperatures hivernals.

Segons l'informe del grup de treball II de l'IPCC (2001 b),

[...] la capacitat dels sistemes humans d'adaptar-se i enfrontar-se al canvi climàtic depèn de factors com ara la riquesa, la tecnologia, l'educació, la informació, la perícia, la infraestructura, l'accés als recursos i les capacitats administratives. És possible que els països desenvolupats i en desenvolupament milloren la seua capacitat i adquirisquen noves capacitats d'adaptació. Tals factors predominen de forma molt variable en les diverses poblacions i comunitats, i els països en desenvolupament, particularment els menys desenvolupats, són en general els més desproveïts respecte d'això. El resultat és que tenen menys capacitat d'adaptar-se i són més vulnerables als danys del canvi climàtic, i així mateix són més vulnerables a les pressions. Aquesta condició és més greu entre els pobles més pobres.

Els països més vulnerables són els menys desenvolupats, que són els que menys han contribuït a aquest efecte hivernacle i els que més necessitarien contaminar segons el model de desenvolupament seguit pels països actualment desenvolupats.



Què ocorrerà en el futur? Ningu ho sap amb absoluta certesa. Les previsions sobre el clima en el futur es basen en models físics complexos sobre els quals influeixen un gran nombre de variables. Encara que s'ha avançat molt, sobretot en capacitat de càlcul i modelació, els marges d'incertesa que es manegen són molt alts, de l'ordre del 60%.

Per tot això, alguns científics són escèptics amb el canvi climàtic. Altres admeten l'escalfament de la Terra però qüestionen que siga a causa de les emissions de gasos d'efecte hivernacle (GEH).

Un dels últims treballs publicats per l'Agència Europea del Medi Ambient pronostica que, si segueix l'actual ritme d'emissions de GEH a l'atmosfera, l'any 2080 l'increment de temperatures a Europa variaria entre els 3,5° C a la zona Mediterrània (amb un màxim de 4,5° C a Madrid) i els 2° C a la zona nord.

La major part dels científics estan d'acord amb les conclusions de l'IPCC. No es pot assegurar amb total certesa que s'estiga produint un escalfament global i un canvi climàtic com a conseqüència de l'augment de gasos emesos per l'activitat de l'home a l'atmosfera. Però, com que hi ha importants sospites que siga així, i les conseqüències poden ser molt greus, el lògic i prudent és prendre les mesures oportunes per a impedir que les emissions de GEH continuen creixent mentre es continua estudiant aquest efecte amb gran atenció.

### 2.3. Causes del canvi climàtic

La teoria més estesa és que el canvi climàtic està provocat per un augment de la temperatura de la Terra pel fet que l'activitat humana ha provocat la presència a l'atmosfera d'elevades quantitats de gasos que provoquen l'efecte hivernacle.

L'efecte hivernacle és un fenomen físic molt conegut que es produeix a l'atmosfera de forma habitual. Consisteix en el reflex a l'atmosfera de part de l'energia que reflecteix la Terra procedent del sol. En condicions normals, la quantitat d'energia reflectida per l'atmosfera és l'adequada perquè la temperatura de la Terra permeta el desenvolupament de la vida. Els gasos d'efecte hivernacle fan que la quantitat d'energia reflectida siga major i per tant s'incrementa la temperatura de la Terra.

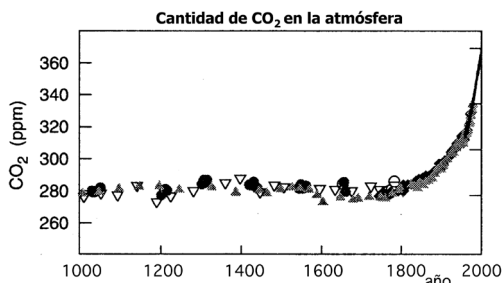
Hi ha molts gasos que provoquen l'efecte hivernacle, però els més importants són: el diòxid de carboni ( $\text{CO}_2$ ), el metà ( $\text{CH}_4$ ), òxid nítrós ( $\text{N}_2\text{O}$ ), els hidrofluorurocarburs (HFC), els perfluorurocarburs (PFC) i l'hexafluorur de sofre ( $\text{SF}_6$ ). La contribució d'aquests gasos a aquest efecte hivernacle depèn de la seua naturalesa i de la quantitat d'aquests a l'atmosfera. Combinant ambdós efectes podem afirmar que el  $\text{CO}_2$  provoca un 75%

de l'efecte hivernacle, degut sobretot a les enormes quantitats de diòxid de carboni que s'emeten contínuament a l'atmosfera.

### 2.3.1. $CO_2$ i efecte hivernacle

El diòxid de carboni no és un gas tòxic, ja que tots els éssers humans el produeixen quan respiren i és a més indispensable perquè les plantes realitzen la funció clorofíl·lica. El diòxid de carboni comença a ser un problema quan es produeix en grans quantitats.

El  $CO_2$  es desprèn quan es realitza la combustió de qualsevol combustible fòssil (fusta, gasoil, fuel oli, gasolines, gas natural, butà, etc.). En efecte, quan un combustible



Font: IPCC

fòssil es crema es produeix una reacció química en la qual es desprèn diòxid de carboni, vapor d'aigua i calor. El calor és el producte que interessa d'aquesta reacció per a transformar-lo en energia mecànica (vehicles) o elèctrica (centrals termoelèctriques); per a aplicacions industrials (producció de materials ceràmics, fabricació de ciment, etc.) o, simplement, per a utilitzar-lo en la vida quotidiana (calfar les llars, cuinar, etc.).

Les elevades necessitats d'energia, degudes sobretot a la revolució industrial i el seu posterior desenvolupament, han propiciat l'ús indiscriminat de combustibles fòssils com a font d'energia, i amb això que la quantitat de diòxid de carboni a l'atmosfera s'haja incrementat pràcticament de forma exponencial en els últims 200 anys.

No obstant això, no tots els combustibles fòssils produeixen la mateixa quantitat de diòxid de carboni quan es cremen; així, per exemple, el gas natural emet un 35% menys de  $CO_2$  que el fuel o el gasoil. Per tant, en aquests moments, als criteris habituals de disponibilitat, preu o adequació tecnològica, per a triar el combustible més adequat per a una aplicació han d'afegir-se, i cada vegada amb major importància, els requeriments mediambientals.

## 3. El protocol de Kyoto

El futur del planeta ha d'observar-se amb cautela però amb esperança. La tecnologia, el canvi en els hàbits i en certs plantejaments econòmics ha d'aportar, sens dubte, les solucions als problemes del canvi climàtic. No obstant això, les evidències científiques aconsellen començar a aplicar el possible remei ja, o pot ser massa tard. L'instrument que ha de permetre la implantació dels mecanismes de lluita contra el canvi climàtic és el Protocol de Kyoto.

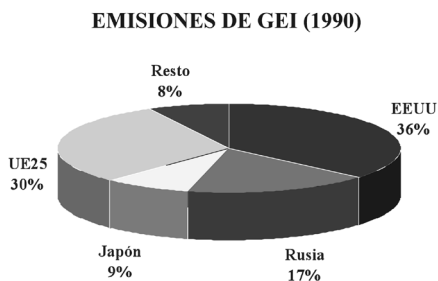
El Protocol de Kyoto té el seu origen en la Convenció de les Nacions Unides (Nacions Unides, 1992) sobre el canvi climàtic que va tenir lloc l'any 1992 a Nova York. Les intencions manifestades pels països participants en aqueixa convenció es van concretar, a la ciutat japonesa de Kyoto l'any 1997, en el text del Protocol de Kyoto (Nacions Unides, 1997).

El Protocol de Kyoto suposa el compromís per part dels països amb major nivell de desenvolupament en aqueix moment (inclosos en l'annex I de l'esmentat protocol), de reduir en el període 2008-2012 el nivell d'emissió dels GEH almenys un 5,2% respecte al de 1990.

El Protocol de Kyoto entraria en vigor als 90 dies que es complisquen dues condicions: que el signen almenys 55 dels estats participants en la Convenció de les Nacions Unides sobre canvi climàtic i que les emissions dels països firmants suposen almenys el 55% de les emissions de diòxid de carboni dels països inclosos en l'annex I del Protocol de Kyoto l'any 1990.

### 3.1. El Protocol de Kyoto en el món

L'any 1990 les emissions de CO<sub>2</sub> dels països inclosos en l'annex I del Protocol de Kyoto es repartien tal com es mostra a la <sup>2</sup>figura adjunta.



A l'octubre del 2004, Rússia va ratificar el Protocol de Kyoto, amb la qual cosa es compleixen les dues condicions perquè entre en vigor en tot el món. El mes de febrer de l'any 2005 el Protocol de Kyoto va entrar efectivament en vigor en haver transcorregut 90 dies des que Rússia va presentar la seua ratificació en les Nacions Unides.

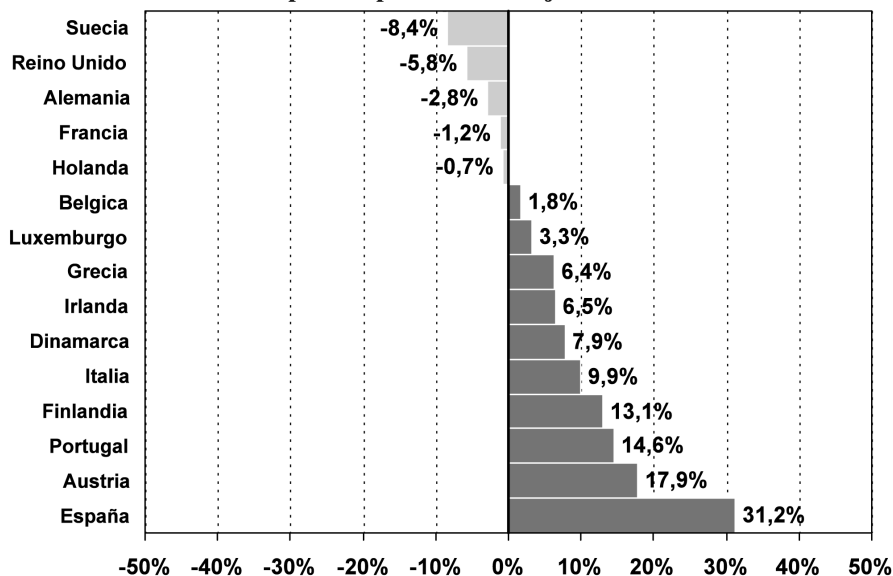
Dels països inclosos en l'annex I del Protocol de Kyoto, Austràlia, Croàcia, Mònaco, Liechtenstein i Estats Units no l'han ratificat. Aquest últim país és el major emissor de GEH a l'atmosfera, amb el 36% del total de les emissions l'any 1990.

### 3.2. El Protocol de Kyoto a Europa

Segons el Protocol de Kyoto, l'esforç de reducció de les emissions de GEH no ha de ser el mateix en tots els països sinó que dependrà del nivell de desenvolupament de cada país i marcarà objectius de reducció únicament per als 15 països que integren la Unió Europea fins a l'any 2004 (UE-15). Així, els països amb més alt nivell de desenvolupament hauran de reduir en major grau les emissions que els països en nivells de desenvolupament menors; fins i tot aquests últims poden augmentar de manera controlada les seues emissions per a permetre el seu desenvolupament.

Concretament, als 15 països de la Unió Europea que formen la UE-15 el Protocol de Kyoto exigeix una reducció global de les seues emissions de GEH per al període 2008-2012 d'un 8% respecte als nivells de 1990. En la Decisió del Consell 2002/358/CE, s'estableix el compromís quantificat de cada país de la UE quant a la limitació de les emissions de GEH, compromís que l'any 2004 s'havia complert de manera desigual pels diferents països.

Entre 1990 i 2004 les emissions de GEI en la UE-15 es van reduir un 0,9%. Com que aquest valor es troba encara lluny del 8% (objectiu per al període 2008-2012), cada país ha de presentar a la Comissió plans de reducció per a poder assolir-lo. A més, poden emprar-se

**Distancia de cada país respecto de los objetivos de Kioto en el año 2004**

els mecanismes de flexibilitat. Els mecanismes de flexibilitat són instruments, previstos pel Protocol de Kyoto, que han de permetre als països complir els seus compromisos al menor cost possible i són tres: el comerç de drets d'emissió, l'aplicació conjunta i el mecanisme per a un desenvolupament net.

### 3.3. El protocol de Kyoto a Espanya

Segons la Decisió del Consell 2002/358/CE, a Espanya se li permet que les seues emissions en el període 2008-2012 siguin un 15% majors a les de l'any 1990. En realitat, fins a l'any 2004 havien augmentat un 46,2%, per la qual cosa han de dissenyar-se plans especials que permeten aconseguir l'objectiu esperat.

Per a això el govern va elaborar, basat en la Directiva 2003/87/CE de comerç d'emissions, el primer Pla Nacional d'Assignació de Drets d'Emissió (RD 1866/2004) que fixa les emissions de cada sector industrial en el període 2005-2007 per a, en aquest període, estabilitzar les emissions de GEH en les del període 2000-2002. Aquest Pla va entrar en vigor l'1 de gener del 2005.

La Comissió Europea ha aprovat aquest mateix any el segon Pla Nacional d'Assignació de Drets d'Emissió (RD 1370/2006 i RD 1030/2007) per al període 2008-2012. L'objectiu sobre el qual s'ha construït aquest Pla és que les emissions globals de gasos d'efecte hivernacle a Espanya no superen més d'un 37% les de 1990 com a mitjana anual 2008-2012. Aquest 37% ha d'aconseguir-se a través de la suma del 15%, objectiu de creixement per a Espanya sobre les emissions de 1990, d'un 2% addicional a través de l'absorció pels embornals i de l'adequació de l'equivalent a un 20% en crèdits de carboni procedents dels mecanismes de flexibilitat previstos en el Protocol de Kyoto.

### 3.4. El protocol de Kyoto a Castelló. Incidència sobre el sector ceràmic

A la província de Castelló el Pla Nacional d'Assignació de Drets d'Emissió afecta principalment les empreses de generació elèctrica, refineria i algunes empreses de les que conformen el sector ceràmic. Concretament, de les empreses que conformen el sector ceràmic el Pla afecta les que produeixen frites i algunes de les que fabriquen taulells ceràmics i pols atomitzada.

#### 3.4.1. El Protocol de Kyoto i les empreses fabricants de frites ceràmiques

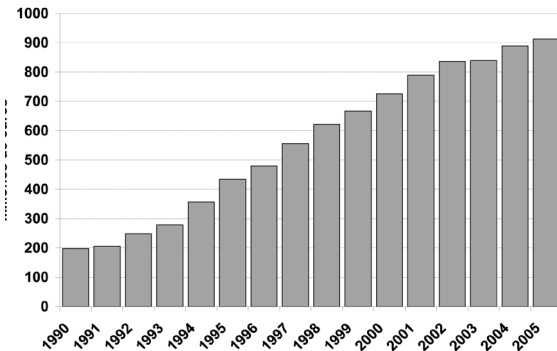
L'any 2005 el sector de fabricació de frites ceràmiques, integrat per unes 20 empreses, va emetre a l'atmosfera 0,58 milions de tones de CO<sub>2</sub>, la qual cosa va suposar el 0,13% del total de les emissions de diòxid de carboni a Espanya durant aqueix any.

En el període de 1990 a 2005, les emissions de CO<sub>2</sub> en aquest sector industrial han crescut un 164%, principalment a causa de l'espectacular augment de la producció que fa que, en aquests moments, Espanya siga el país líder en el món en aquest tipus de productes.

Les frites s'obtenen per fusió a temperatures de l'ordre dels 1500° C, d'una mescla de matèries primeres de naturalesa inorgànica. El diòxid de carboni s'emet fonamentalment

durant el procés de fusió de les matèries primeres per a donar lloc a les frites. El procés de fabricació de frites va patir una reconversió tecnològica en la dècada dels 80 i principis dels 90, propiciada per la construcció del gasoducte a Castelló. Aquesta mesura va propiciar la reconversió de forns discontinus que empraven fuel com a combustible, als actuals forns continus en què s'utilitza gas natural. L'adopció d'aquesta mesura va suposar importants beneficis tecnològics (augment de la qualitat de la frita, possibilitat d'augmentar la temperatura

Evolución de la facturación del sector de frites



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

de fusió, etc.), econòmics (reducció dels consums, augment de la producció, etc.) i mediambientals (disminució de les emissions de sofre, reducció de les emissions de diòxid de carboni, etc.).

El Pla Nacional d'Assignació de Drets d'Emissió ha assignat uns drets d'emissió mitjans anual per al període 2008-2012 de 0,624 milions de tones de CO<sub>2</sub>, i va reduir un 9% els drets d'emissió mitjans concedits en el primer Pla Nacional d'Assignació per al període 2005-2007, però augmentant les emissions anuals mitjanes permeses un 7% respecte a les de l'any 2005 (0,58 milions de tones de CO<sub>2</sub>).



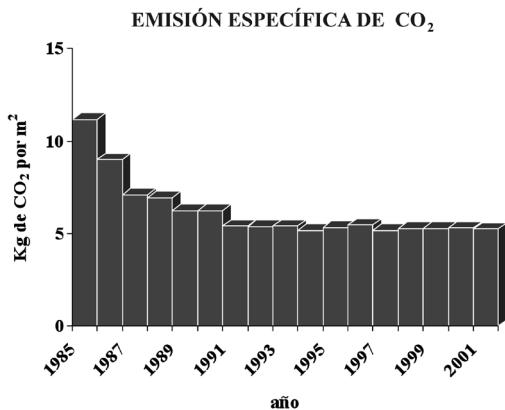
### 3.4.2. El Protocol de Kyoto i les empreses fabricants de taulells ceràmics

L'any 2004 el sector de fabricació de taulells ceràmics, integrat per unes 260 empreses, va emetre a l'atmosfera 3,66 milions de tones de CO<sub>2</sub>, la qual cosa va suposar el 0,9% del total de les emissions de diòxid de carboni a Espanya durant aqueix any.

En el període de 1990 a 2004, les emissions de CO<sub>2</sub> en aquest sector industrial van créixer un 146%, degut principalment a l'espectacular augment de la producció (184%), que fa que, en aquests moments, Espanya siga el segon país productor en el món de taulells ceràmics, després de Xina.

Igual que en el cas anterior, aquest sector industrial va viure durant la dècada dels 80 i principis dels 90 una important reconversió tecnològica propiciada per la disponibilitat de gas natural a la província. Aquest fet va canviar el procés de producció i el va fer més eficient tècnicament, econòmicament i mediambientalment (Enrique, 1996 *a*; Enrique, 1996 *b*; Enrique, 1996 *c*).

Encara que els canvis en el procés durant aquests anys van ser nombrosos (incorporació de l'atomització, ús de premses hidràuliques, utilització de sistemes de cogeneració, etc.),



Font: Institut de Tecnologia Ceràmica.

el més important va ser l'experimentat per l'etapa de cocció. Els antics forns de canals van ser substituïts pels actuals forns monoestrat de corrons en què, a causa de l'ocupació de gas natural com a combustible, els gasos de combustió poden posar-se en contacte directe amb el producte, sense minvar la seua qualitat, reduint el consum energia i la durada dels cicles de cocció i, conseqüentment, les emissions específiques de diòxid de carboni a l'atmosfera.

De fet, les emissions específiques de diòxid de carboni a l'atmosfera han passat d'11,2 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> en la dècada dels 80 utilitzant fuel i forns de canals, als actuals 5,3 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. S'ha reduït per l'efecte combinat del canvi tecnològic i de combustible més d'un 50% (Timellini, 1993). Cal destacar que, des de fa uns anys, les emissions específiques de diòxid de carboni s'han estabilitzat entorn dels 5,5 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, ja que no s'han produït canvis tecnològics rellevants que incidisquen sobre el consum d'energia. Si bé a principis dels noranta les emissions específiques eren un poc majors encara utilitzant la mateixa tecnologia, el domini d'aquesta ha fet que les emissions s'hagen reduït sensiblement i finalment, s'hagen estabilitzat.

L'estabilització de l'emissió específica de diòxid de carboni en els últims anys indica que s'està utilitzant la millor tecnologia disponible des del punt de vista energètic i per tant la que, en aquest moment, produeix unes menors emissions de diòxid de carboni per unitat de producte. Aquesta situació indica que, si no es produeix un canvi tecnològic que l'altere, el marge actual de disminució de les emissions de diòxid de carboni és bastant reduït.

Durant el procés de fabricació de taulells la meitat de les emissions de diòxid de carboni es produeix en la cocció, mentre que l'assecat per atomització de les suspensions, amb un 40% de les emissions, i l'assecat dels suports, amb un 10%, es reparteixen la resta.

El Pla Nacional d'Assignació de Drets d'Emissió únicament preveu l'assignació de drets per a 36 instal·lacions fabricants de taulells; 8 d'aquestes estan afectades per la seua capacitat d'enfornat i la resta per disposar d'instal·lacions de combustió amb una potència tèrmica superior a 20 MW tèrmics, generalment atomitzadors que disposen de sistemes de cogeneració. La resta de les instal·lacions (assecadors, forns i atomitzadors sense cogeneració) es considera que no estan afectades per la Directiva 2003/87/CE, per diverses raons, per la qual cosa no se'ls van assignar drets d'emissió per al període 2005-2007 ni per al segon període (2008-2012). Amb aquestes premisses, el Pla Nacional d'Assignació de Drets d'Emissió preveu una assignació de drets d'emissió mitjana anual per a aquest sector industrial d'1,419 milions de tones de CO<sub>2</sub> per al període 2008-2012.

### ***3.4.3. Possibilitats de reducció de les emissions de CO<sub>2</sub> en el sector ceràmic***

L'emissió de diòxid de carboni va unida a la combustió de combustibles fòssils.

Pareix que el futur de les empreses ceràmiques passa, ineludiblement, per afrontar els nous reptes energètics; el compliment del Protocol de Kyoto és només una part del repte, ja que els problemes de disponibilitat dels combustibles fòssils (escassetat, conflictes polítics, etc.) estan provocant un augment dels seus preus i per tant dels costos de producció, reduint els marges de beneficis.

Cal reduir el consum energètic del procés de fabricació.

Les possibilitats de reducció poden agrupar-se en tres grans línies: adopció de mesures d'estalvi d'energia conegudes en els processos actuals, foment de la cogeneració i accions de I+D que propicien la implantació de tecnologies més netes i eficients.

#### ***3.4.3.1. Accions d'estalvi d'energia en els processos actuals***

Hi ha algunes accions, la majoria conegudes i que han sigut aplicades en el passat, que poden permetre reduir el consum d'energia en els processos actuals. L'eficàcia d'aquestes accions depèn, en gran manera, del punt inicial de partida; el percentatge mitjà de reducció del consum que es pot aconseguir amb aquestes mesures no anirà més enllà d'un valor entre el 5% i el 10%.

Algunes d'aquestes accions no suposen més que prestar atenció a alguns paràmetres especialment sensibles als consums d'energia (contingut en sòlids de les suspensions en l'atomitzador, durada dels cicles de cocció, etc.).

Encara que en la bibliografia existent apareixen moltes d'aquestes accions (IPEAE, 1990), a continuació es nomenaran les considerades més interessants.

a) Mantenir el més alt possible el contingut en sòlids de les suspensions en l'atomitzador.

El contingut en sòlids de la suspensió que s'alimenta a l'àtomitzador té un gran impacte sobre el consum energètic d'aquest i ha de mantenir-se el més alt possible (Blasco, 1986). Accions com ara descalcificar l'aigua, optimitzar els desfloculants o tenir especial atenció en la preparació de la dissolució del desfloculant en aigua (en el cas que s'empren desfloculants sòlids) són de vital importància ja que l'augment del contingut en sòlids en un 1%, suposa al voltant del 5% d'estalvi energètic i el mateix percentatge de reducció de les emissions de CO<sub>2</sub> i increment de la producció.

b) Emprar variadors de freqüència als motors elèctrics de gran potència.

Habitualment els motors elèctrics utilitzats en alguns equips treballen a una potència constant i superior a la necessària. Per exemple, la velocitat dels molins discontinus de boles, utilitzats en la preparació de les suspensions per a l'àtomitzador i els esmalts, és constant durant tota la mòlta. Alguns estudis (Nasseti, 1992) demostren que la variació de la velocitat del molí augmenta l'eficàcia de la mòlta i redueix el seu consum energètic i el temps de mòlta.

En molts casos el cabal dels gasos es modifica augmentant la pèrdua de càrrega en les conduccions (xemeneies) mitjançant vàlvules, etc., la qual cosa incrementa el consum elèctric del ventilador. La utilització de variadors de freqüència que modifiquen la velocitat dels ventiladors en funció de les necessitats redueix el seu consum energètic i augmenta la seua vida útil (Mallol, 2002).

c) Optimitzar el cabal i la temperatura de l'aire de combustió dels cremadors del forn.

Normalment el cabal de l'aire de combustió que s'alimenta als cremadors és massa elevat. Segons diversos treballs realitzats per l'Institut de Tecnologia Ceràmica (Enrique, 1998; Blasco, 1993) la disminució del cabal de l'aire de combustió va poder reduir el consum del forn en valors entre el 10 i el 20%, depenent de les condicions inicials, mantenint la qualitat del producte (cor negre, «punxats», etc.) i el funcionament correcte del cremador. Així mateix, la temperatura de l'aire de combustió ha de ser elevada, per a reduir el consum dels cremadors.

d) Optimitzar la corba de pressions del forn.

La correcta distribució de les pressions a l'interior del forn (Blasco, 1992; Enrique, 1995), mantenint el màxim de pressió a la zona de refredament, afavoreix el moviment dels gasos calents des de la zona de refredament a la zona de cocció i pot reduir el consum del forn al voltant del 5%.

e) Recuperació de gasos calents entre màquines tèrmiques.

Per les xemeneies del forn es perd aproximadament el 50% de l'energia alimentada a aquest. És una pràctica habitual aprofitar els gasos calents de la xemeneia de refredament del forn per a alimentar l'assecador de producte esmaltat utilitzat en algunes plantes, a l'entrada del forn.

En el passat algunes empreses recuperaven els gasos calents de la xemeneia de refredament del forn a l'assecador dels suports dels taulells o en l'àtomitzador. Potser aquest tipus de pràctiques puguen arribar a ser novament interessants des del punt de vista econòmic i mediambiental.

f) Utilització d'oxigen com a comburent en els forns de frites

L'ocupació d'oxigen com a comburent als forns de frites (oxicombustió) redueix les emissions de CO<sub>2</sub> aproximadament un 40% i permet aconseguir majors temperatures de flama, encara que requereix cremadors i refractaris especials i de modificacions en el disseny dels forns.

g) Accions de control automàtic de procés en etapes tèrmiques

Qualsevol acció que permeta controlar de manera automàtica una màquina tèrmica reduirà els temps de posada en marxa, augmentarà la producció i la qualitat del producte i redundarà en una disminució del consum d'energia i de les emissions de diòxid de carboni. Aquestes qüestions són d'especial importància en l'atomitzador, on la utilització d'un llaç per a controlar de forma automàtica la humitat de la pols atomitzada produïda permet disminuir el seu consum.

h) Manteniment de les instal·lacions i conscienciació del personal

El rendiment energètic d'una màquina tèrmica està directament relacionat amb el seu estat físic. El deteriorament del refractari, la presència de clavills, etc., augmenten la pèrdues de calor i, per tant, el consum energètic. És necessari planificar i dur a terme un manteniment periòdic d'aquest tipus d'instal·lacions.

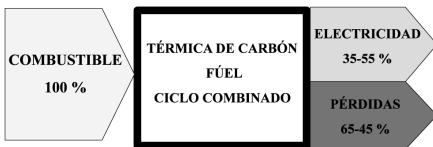
Tan important com el manteniment de les instal·lacions és la conscienciació del personal de les empreses en un tema tan crític com és l'estalvi d'energia: control del cabal dels cremadors, manteniment de la corba de pressions en el forn, reposició de llana refractària al forn, eliminació de peces trencades en forns i assecadors, etc.

### 3.4.3.2. Foment de les instal·lacions de cogeneració

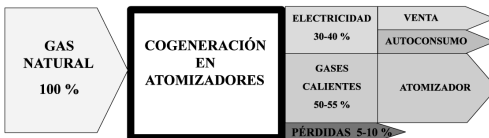
Un capítol a banda mereix l'ocupació d'instal·lacions de cogeneració per a l'obtenció d'energia elèctrica i tèrmica a causa del seu interès des del punt de vista de la reducció de les emissions de diòxid de carboni.

L'energia elèctrica pot ser generada per diferents tecnologies, les quals presenten nivells diferents d'emissions de CO<sub>2</sub>. L'any 2006 el 44% de l'electricitat produïda a Espanya es va obtenir amb tecnologies que no produeixen emissions de CO<sub>2</sub> (nuclear (22%), hidràulica (11%) i energies renovables (11%)). El 56% restant es produeix en centrals termoelèctriques (tèrmiques de carbó, fuel, cicles combinats de gas natural i instal·lacions de cogeneració), amb diferents nivells d'emissió de CO<sub>2</sub> en funció de la tecnologia i del combustible utilitzat.

#### CENTRALES TERMOELÉCTRICAS



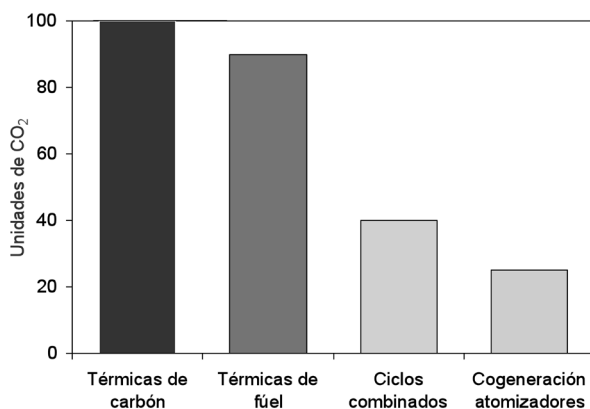
#### RENDIMIENTO GLOBAL 35-55%



Els sistemes de cogeneració són centrals termoelèctriques el rendiment global de les quals és superior al 90%, pel fet que s'instal·len en llocs on és possible aprofitar els gasos residuals després de la generació d'energia elèctrica. El rendiment global de la resta de les centrals termoelèctriques és molt menor que el de les instal·lacions de cogeneració. Les centrals de cycle combinat a gas, amb el 53%, són les segones després dels sistemes de cogeneració. Això significa que els sistemes de cogeneració emeten respecte a les altres centrals termoelèctriques una menor quantitat de  $\text{CO}_2$ , i a més el seu consum de combustible és també menor.

En el sector ceràmic existeixen 80 instal·lacions de cogeneració amb una potència elèctrica instal·lada de 275 MW elèctrics. Totes utilitzen com a combustible gas natural amb el qual, juntament amb l'elevat rendiment de la instal·lació (ja que els gasos calents s'aprofiten en l'àtomitzador), permeten reduir un 75% les emissions de  $\text{CO}_2$  per kWh produït respecte al fabricat en centrals de carbó i fuel i en un 40% les d'una central de cycle combinat.

### Emisiones de $\text{CO}_2$ para producir la misma cantidad de electricidad



En l'actualitat la instal·lació de sistemes de cogeneració en plantes ceràmiques s'ha frenat degut fonamentalment a dues causes. D'una banda, els nivells de creixement de la producció de taulells ceràmics, i per tant la necessitat de pols atomitzada, han disminuït en els últims dos anys, amb la qual cosa s'instal·len menys atomitzadors i les possibilitats d'emprar sistemes de cogeneració són més baixes.

Per un altre costat, la rendibilitat d'aquestes instal·lacions ha descendit dràsticament en els últims anys, a causa del fort increment del preu del gas natural i a la pràctica estabilització del preu de venda de l'energia elèctrica cogenerada que s'aboca a la xarxa. Aquesta evolució dels preus ha minvat la rendibilitat de les instal·lacions de cogeneració, i ha desanimat les empreses a adoptar aquests sistemes.

Afavorir els cicles combinats, les emissions de  $\text{CO}_2$  dels quals són menors que les de les centrals tèrmiques de carbó i fuel, és una política encertada. En la mateixa línia han d'afavorir-se els sistemes de cogeneració, les emissions de  $\text{CO}_2$  dels quals són encara menors que les dels cicles combinats, i per això es converteixen en un instrument ideal per a assolir els objectius del Protocol de Kyoto. Han de crear-se els instruments necessaris (incentius, modificació del preu de venda de l'energia elèctrica sobrant en funció del preu del gas, etc.) per a afavorir la implantació de sistemes de cogeneració en aquells processos productius on siga possible, i en el ceràmic ho és.

### 3.4.3.3. Accions de I+D que propicien la implantació de tecnologies més netes i eficients.

Hi ha una altra sèrie de possibles accions que podríem anomenar “de futur” l'aplicació de les quals no és tan immediata però que no poden perdre's de vista a l'hora d'avaluar les diferents possibilitats de reducció de les emissions de CO<sub>2</sub>. Aquestes accions requereixen un major esforç, ja que la seua eficàcia no està contrastada en aquest moment, però, d'altra banda, poden ser font d'innovació i suposar modificacions importants en l'actual forma de desenvolupar-se els processos productius.

Encara que hi ha moltes possibilitats, a continuació es resumeixen les que semblen més viables a mitjà termini.

#### a) Augmentar el contingut en sòlids de les suspensions de l'atomitzador

El límit per a incrementar el contingut en sòlids de les suspensions és la seua viscositat i tixotropia; si s'aconsegueix reduir-les, serà possible augmentar la quantitat de sòlids. Es coneix que la viscositat dels líquids disminueix amb la temperatura i la tixotropia amb l'aplicació de forces de cisalla (moviment, agitació, etc.). Calfar la suspensió pot reduir la seua viscositat i permetre augmentar els sòlids. D'altra banda, injectar sòlids prèviament mòlts en la conducció d'alimentació a l'atomitzador, quan la suspensió està en moviment i la seua tixotropia és menor, podria augmentar el seu contingut en sòlids.

#### b) Utilitzar líquids més volàtils que l'aigua en l'atomitzador

L'aigua presenta molts avantatges per a l'atomització: és un líquid relativament abundant, accessible per a la major part de les empreses, relativament barat, fàcil de manejar, innoce per al medi ambient, etc. No obstant això, presenta l'inconvenient de tenir una elevada calor latent d'evaporació (2500 kJ/kg). Això significa que, per a evaporar 1 quilo d'aigua, fa falta una energia semblant a l'emprada en la cocció d'1 quilo de taulells (3000 kJ/kg). La utilització d'altres líquids, amb menor calor latent d'evaporació, reduiria el consum energètic d'aquesta etapa de producció.

#### c) Utilitzar altres mecanismes d'assecat dels suports

En altres sectors industrials s'utilitzen altres mecanismes per a l'assecat de peces ceràmiques, per exemple microones. Es considera interessant contemplar la possibilitat d'emprar altres procediments d'assecat (microones, radiofreqüència, etc.) més selectius, si no com a substitutius del sistema actual, sí com a complementaris, per a reduir el consum d'energia i, per tant les emissions de CO<sub>2</sub>.

#### d) Eliminar el procés d'assecat

La utilització d'additius amb efecte plastificant i que aporten resistència mecànica a les peces és habitual en la fabricació de ceràmiques tècniques. Aquests additius han de mantenir la capacitat de la pols per a ser moldejada (plasticitat) i conferir a la peça la suficient resistència mecànica per a ser decorada. Només d'aquesta manera serà possible eliminar l'aigua i, per tant, la tradicional operació d'assecat dels suports.

*e) Utilitzar substàncies que presenten reaccions de descomposició exotèrmiques*

El 50% de les emissions de CO<sub>2</sub> es produeixen durant la cocció com a conseqüència de la combustió del gas natural. L'ús de substàncies en els suports capaços de cedir calor durant la seua descomposició a les temperatures de cocció, reduiria les necessitats tèrmiques del procés de cocció i per tant les emissions de diòxid de carboni.

*f) Dissenyar forns que aprofiten millor els gasos calents*

En l'actualitat per la xemeneia de refredament del forn es perd pràcticament el 30% de l'energia aportada a aquest. Si la corba de pressions a l'interior del forn és l'adequada, aquest corrent és fonamentalment aire calent que podria ser aprofitat, per exemple, com a aire de combustió, la qual cosa reduiria el consum dels cremadors. Hi ha alguns fabricants de forns que estan realitzant nous dissenys per a precalfar l'aire aprofitant les pèrdues de calor del forn a través de les parets.

*g) Emprar sistemes d'absorció*

Les màquines tèrmiques presenten, en general, rendiments molt baixos. Més del 75% de l'energia tèrmica aportada per a fabricar taulells es perd, fonamentalment, per les xemeneies. És a dir, en aquest procés l'energia tèrmica sobrant és molt elevada. D'altra banda, les necessitats de refrigeració de les empreses han augmentat. Cada vegada els períodes en què és necessari refredar importants àrees són majors i, a més, per necessitats sobretot d'imatge, aquestes àrees han augmentat (exposicions, oficines, etc.). Hi ha una tecnologia que podria unir aquestes dues realitats: els sistemes d'absorció. Els sistemes d'absorció permeten, a partir d'aigua calenta a 120° C (fàcil de calfar i sense cost a partir de les emissions de les xemeneies) obtenir aire fred a 7° C, per a utilitzar-lo en els sistemes de refrigeració.

*h) Utilitzar cremadors regeneratius*

Aquesta acció podria ser interessant per als forns de fabricació de frites. Els cremadors regeneratius permeten calfar un llit ceràmic a partir dels gasos de combustió que ixen per la xemeneia, i utilitzar aquesta calor per a precalfar l'aire de combustió. Els estalvis d'energia obtinguts són entre el 30 i el 35%.

*i) Usar energies alternatives*

La utilització d'energies alternatives en el sector ceràmic és en l'actualitat pràcticament nul·la. Si bé les energies alternatives difícilment podran substituir completament els combustibles fòssils en el procés ceràmic, es pot pensar en la possibilitat de complementar-los en algunes aplicacions. En aquesta línia, el ITC participa juntament amb ALICER en un projecte del Pla Nacional de I+D del Ministeri de Medi Ambient per a estudiar la viabilitat tècnica d'emprar energia solar en els processos de fabricació de frites i taulells ceràmics.

**BIBLIOGRAFIA**

- BLASCO, A. i altres (1992): «Optimización de las condiciones de funcionamiento en hornos monoestrato (I). Curva de presiones», *Técnica Cerámica*, 206, 585-593.
- BLASCO, A. i altres (1986): «Measures to Save Spray Dryer Energy in Wall and Floor Tile Plants», *Interbrick*, 2(4), 30-33.
- BLASCO, A. i altres (1993): «Optimización de las condiciones de funcionamiento en hornos monoestrato (II). Caudal de aire de combustión», *Técnica Cerámica*, 218, 716-729.
- ENRIQUE, J.E. i altres (1995): «Improving energy efficiency in single-deck kilns by optimization of the process variables», *Cfi Ber. DKG*, 72(5), 255-260.
- ENRIQUE, J.E. i altres (1996a): «Aspectos energéticos y medioambientales de la fabricación de baldosas cerámicas», *Técnica Cerámica*, 247, 557-565.
- (1996b): «Influencia de la evolución tecnológica sobre el consumo energético en la fabricación de baldosas cerámicas», *Cerámica Información*, 222, 3-12.
- (1996c): «Evolución de los consumos de energía térmica y eléctrica en el sector de baldosas cerámicas», *Técnica Cerámica*, 246, 466-477.
- ENRIQUE, J.E. i altres (1998): «Racionalización de energía en hornos de cocción de baldosas cerámicas», *Cerámica y cristal*, 124, 21-32.
- IPCC. GRUPO INTERGUBERNAMENTAL DE EXPERTOS SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO (2000): «Informe especial del IPCC. Escenarios de emisión. Resumen para responsables de políticas».
- (2001a): «Tercer informe de evaluación. Cambio Climático 2001. La base científica. Resumen del grupo de trabajo I para responsables de políticas y resumen técnico».
- (2001b): «Tercer informe de evaluación. Cambio Climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resumen del grupo de trabajo II para responsables de políticas y resumen técnico».
- IPEAE. CONSELLERÍA DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO. GENERALITAT VALENCIANA (1990): «Ahorro energético en el sector azulejero», València.
- MALLOL, G. i altres (2002): «Estudio de la operación de secado de los soportes de las baldosas cerámicas en secaderos verticales», *Técnica Cerámica*, 304, 805-817.
- NACIONES UNIDAS (1992): «Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático», Nova York, 9 de maig de 1992.
- (1997): «Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas», Kioto, 11 de desembre de 1997.
- NASSETTI, G. i C. PALMONARI (1992): «Optimización de la molienda en húmedo mediante la aplicación de inverter en los molinos de tambor», *Qualicer 92: Congreso Mundial de la Calidad del Azulejo y del Pavimento Cerámico*, Castelló, Cámara Oficial de Comercio Industria y Navegación, 221-227.
- TIMELLINI, G. i A. BLASCO (1993): «Energy Consumptions and carbon Dioxide Emissions in the Ceramic Tile Sector: Italy and Spain», *Ceram. Acta*, 5(1/2), 41-50.