

# EVOLUCION Y CARACTERISTICAS DE LOS REFRACTARIOS UTILIZADOS EN LA SIDERURGIA NACIONAL PORTUGUESA

**J. LEAL FERNANDES**  
**A. MOUTINHO**

Siderurgia Nacional Portuguesa, Seixal (Lisboa)

## Resumen

La Siderurgia Nacional Portuguesa consume el 40% de los refractarios producidos en el país. Se recogen la evolución en los últimos diez años de los consumos específicos en los principales tipos de productos refractarios utilizados, así como un análisis de los principales parámetros que influyen en los rendimientos alcanzados. Se señalan igualmente las innovaciones introducidas en los procesos de fabricación. Los consumos específicos por procesos son los siguientes:

Convertidor: 8 kg/t acero líquido (dolomía y magnesita)

Horno eléctrico: 18 kg/t acero líquido (alta alúmina, magnesita, dolomía)

Cucharas: 25 kg/t acero líquido

Artesa colada continua: 5,5 kg/t acero líquido.

## Evolution and characteristics of refractories used in Portuguese National Steelworks

The Portuguese National Steelworks uses about the 40% of the refractories produced in the country. This paper shows the evolution of specific consumptions, in the last ten years, for the main types of products used. There is also an analysis of the main parameters that have an influence in the efficiencies attained. In the same way, innovations introduced in manufacturing processes are mentioned.

Specific consumptions for processes are as follows:

Converter: 8 kg/t molten steel (dolomia and magnesite)

Electric furnace: 18 kg/t molten steel (high alumina, magnesite, dolomia)

Ladled: 25 kg/t molten steel

Continuous casting trough: 5.5 kg/t molten steel.

## Evolution et caractéristiques des produits réfractaires utilisés para la «Siderurgia Nacional Portuguesa»

La «Siderurgia Nacional Portuguesa» consomme 40% des produits réfractaires fabriqués au Portugal. Les auteurs retracent l'évolution, au cours des dix dernières années, des consommations spécifiques des principaux types de produits réfractaires employés et ils analysent les grands paramètres qui influencent les rendements atteints. Ils signalent en outre les innovations introduites dans les procédés de fabrication. Les consommations spécifiques par procédé sont les suivantes:

Convertisseur: 8 kg/t d'acier liquide (dolomie et magnésite)

Four électrique: 18 kg/t d'acier liquide (haute alumine, magnésite, dolomie)

Cuillers: 25 kg/t d'acier liquide

Auge de coulée continue: 5,5 kg/t d'acier liquide.

## Entwicklung und Eigenschaften der in der portugiesischen Hüttenindustrie verwendeten feuerfesten Stoffe

Das Hüttenwerk «Siderúrgica Nacional Portuguesa» verbraucht 40% der im Land hergestellten feuerfesten Stoffe. In der Arbeit wird über die Entwicklung des spezifischen Verbrauchs der wichtigsten Arten dieser Werkstoffe im vergangenen Jahrzehnt berichtet. Ferner werden die Hauptparameter untersucht, die die erzielten Leistungen beeinflussen. Auch die in die Herstellungsverfahren eingeführten Innovationen werden besprochen. Die spezifischen Verbrauchsziffern für die einzelnen Prozesse sind wie folgt:

Konverter: 8 kg/t Stahlschmelze (Dolomitstein und Magnesit)

Elektroofen: 18 kg/t Stahlschmelze (hochgradige Tonerde, Magnesit, Dolomitstein)

Strangguss-Giesspfanne: 5,5 kg/t Stahlschmelze.

## 1. INTRODUCCION

Como es de conocimiento general, la importancia de la industria siderúrgica en la producción cerámica y en la de refractarios en particular es considerable. Así, cerca del 40% del volumen total de refractarios producidos en Portugal son consumidos por la Siderurgia Nacional. Es necesario precisar que, aunque no existan datos específicos para el subsector de la industria de los refractarios, el valor económico del sector cerámico en Portugal se estima cercano al 0,5% del P.N.B.

Estos factores han llevado a plantear en el presente trabajo un estudio sobre la evolución de los consumos específicos en los principales tipos de productos refractarios empleados en la Siderurgia Nacional (Fábrica de Seixal), con especial referencia a lo sucedido en los últimos diez años de funcionamiento, al mismo tiempo que se efectúa un análisis de los principales parámetros que influyen en la evolución de los consumos alcanzados.

Deben destacarse los siguientes aspectos:

1. El estudio está basado en gran medida en la evolución de los consumos de refractarios en la División de Acerías, dado que esta sección es la que repre-

(1) Original recibido en diciembre de 1984.

senta el mayor volumen global (cercano al 80%) de los refractarios consumidos en toda la Fábrica.

2. Lógicamente y por la razón antes citada, los parámetros técnicos principales analizados están relacionados con las características específicas de las principales instalaciones de la acería.
3. Por último se ha intentado dar una panorámica de los consumos globales en la Acería de la Fábrica de Seixal, al mismo tiempo que se muestran las respectivas previsiones con vistas al futuro.

## 2. EVOLUCION DE LOS FACTORES DE CONSUMO

Análisis de las características técnicas que influyen en los consumos:

En la acería los materiales refractarios se encuentran en contacto con metal fundido, escoria líquida y una atmósfera oxidante. Su comportamiento depende fundamentalmente de las reacciones termoquímicas entre cada asociación de dos o tres de las fases mencionadas.

Entre ellas el ataque más agresivo es el que ocasiona la escoria líquida que depende fundamentalmente de los siguientes factores:

- Composición química y mineralógica del refractario
- Composición química de la escoria
- Potencial de  $O_2$  en la atmósfera
- Temperatura de la cara caliente y gradiente térmico en el refractario
- Solubilidad de los constituyentes del refractario en el agente agresivo
- Viscosidad, tensión superficial y mojabilidad del agente agresivo.

Si se añaden a estos factores las características físicas y de textura del refractario (porosidad, permeabilidad, forma y dimensión de los poros, etc.), se tiene el conjunto de variables de las que depende el comportamiento en servicio de cada tipo de material empleado.

Las exigencias del proceso imponen a los refractarios, en estas instalaciones, unas condiciones de trabajo muy severas. Debido a la naturaleza de las escorias formadas y a las altas temperaturas existentes, solamente pueden utilizarse refractarios básicos en los revestimientos de los hornos.

En las instalaciones auxiliares, cucharas y material para la colada se utilizan refractarios del sistema  $SiO_2-Al_2O_3$ , desde los materiales siliciosos a los refractarios de alta alúmina, con contenidos en  $Al_2O_3$  del 40 al 80%.

### 2.1. Evolución de los factores de consumo en las instalaciones LD y horno eléctrico

En estas instalaciones el comportamiento de los refractarios básicos, plantea los siguientes problemas:

- Recristalización de la periclasa con formación de grietas profundas que se rellenan de material líquido.
- Desplazamiento de la fase silicatada hacia el exterior de la cara caliente del refractario, lo que puede conducir a la pulverización del material.
- Formación de fases líquidas como consecuencia de la reacción entre el silicato dicálcico existente en los refractarios de dolomita o magnesita y compuestos de hierro, que pueden provocar la destrucción del material.

Como forma de obviar la destrucción acelerada del refractario, consecuencia fundamentalmente de la porosidad, estos materiales se emplean normalmente crudos y alquitranados o cocidos e impregnados con alquitrán. De esta manera se asegura la existencia de un cierto porcentaje de carbono durante la utilización del material, lo que conduce a una mejoría significativa en la resistencia del material.

#### 2.1.1. CONVERTIDOR

El revestimiento de estas instalaciones es de dolomía alquitranada con o sin forro, el fondo y la piqueta de sangría son de magnesita (tabla I). En la figura 1 se presenta la evolución de los consumos de estos materiales de 1979 a 1983.

#### 2.1.2. HORNO ELECTRICO

El revestimiento de estas instalaciones puede dividirse en:

Paredes: Dolomía alquitranada, con paneles de magne-

TABLA I  
DURACION MEDIA DE LOS REVESTIMIENTOS DEL CONVERTIDOR Y HORNO ELECTRICO.  
(N° DE COLADAS)

INSTALACION	AÑO										
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
CONVERTIDOR	386	340	318	406	388	389	365	337	241	268	363 (*)
HORNO ELECTRICO CUBAS	135	138	111	98	87	109	133	137	106	92	106 (*)
HORNO ELECTRICO BOVEDAS	142	112	91	82	90	114	117	103	87	81	100 (*)

\* Hasta noviembre de 1983.

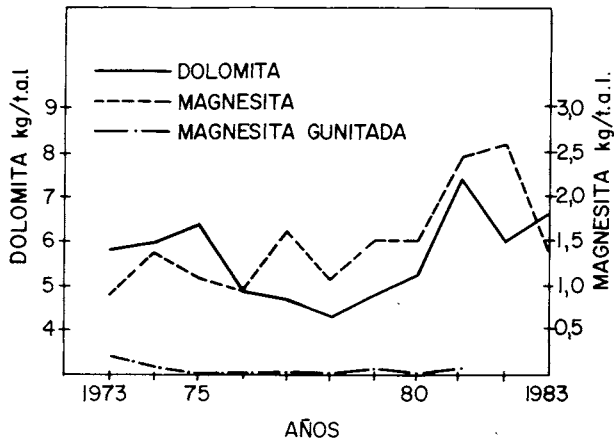


Fig. 1.—Evolución de los consumos específicos de refractarios básicos en los convertidores.

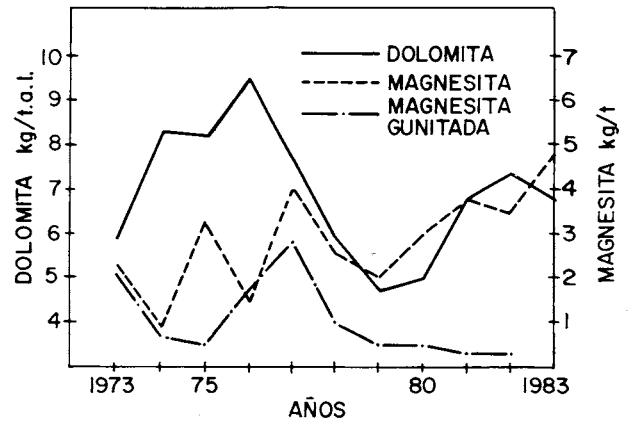


Fig. 2.—Evolución de los consumos específicos de refractarios en los hornos eléctricos de arco (H.E.A.).

sita en los puntos calientes Línea de Escorias. Magnesita alquitranada intercalada con magnesita con carbono. (tabla II).

La figura 2 representa la evolución de estos consumos en los últimos diez años.

En la figura 3 se presenta la evolución de los consumos de material de alta alúmina empleado en las bóvedas del horno eléctrico (tabla III).

El material empleado en la zona central es un hormigón o material apisonado.

Es de destacar que los valores registrados en las tablas son medias obtenidas a partir de diferentes suministradores, teniendo que destacar que en algunos casos estas variaciones pueden ser significativas.

Las innovaciones introducidas en el LD son las siguientes:

TABLA II  
DURACIONES MEDIAS ANUALES DE LAS CUCHARAS DE ACERO Y ARRABIO

INSTALACION	AÑO											
	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	
ARRABIO	—	—	—	—	183	162	151	123	112	99	83	
CUCHARA	—	—	—	—	33	30	34	33	33	28	31	
COLADA CONTINUA	—	—	—	—	9,6	9,6	10,3	10,7	10,4	9,9	10,3	

TABLA III  
CONSUMO ESPECIFICO POR INSTALACION DIVISION DE ACERIA

INSTALACION	SISTEMA SiO <sub>2</sub> - Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			BASICOS		TOTAL Kg./t.a.l.
	SILICIOSO	SILICO-ALUMINOSO	ALTA-ALUMINA	DOLOMITE	MAGNESITA.	
CONVERTIDOR				6,6	1,4	8,0
HORNO ELECTRICO-CUBAS				17,0	4,0	21,0
HORNO ELECTRICO-BOVEDAS			4,4			4,4
COLADA CONTINUA	18,4	4,0				22,4
CUCHARA COLADA FUENTE	7,4					7,4
CUCHARA ARRABIO	4,5					4,5
MATERIAL COLADA FUENTE	1	11,5				11,5
MATERIAL COLADA CONTINUA		5,6				5,6

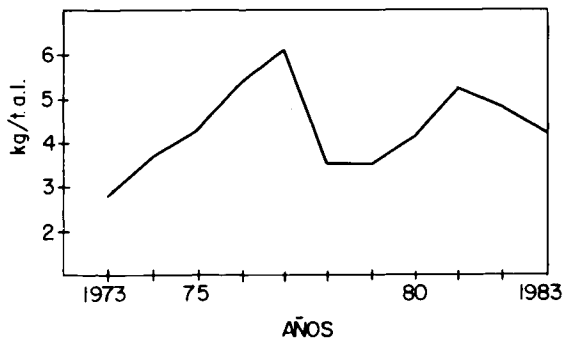


Fig. 3.—Variación en el consumo específico de refractarios de alta alúmina en las bóvedas de H.E.A.

Cambio de los convertidores (blindaje y revestimiento) en 1982 lo que obliga a analizar la evolución de los consumos en dos periodos fundamentales.

En el primero, hasta 1982, se produce un estancamiento en los consumos hasta 1980, con excepción de 1974 y 1975. En 1981 y 1982, en gran parte como consecuencia del envejecimiento de la instalación (deformaciones mecánicas en el blindaje) los consumos aumentaron.

A partir de diciembre de 1982, crecen comparativamente los consumos específicos respecto al primer periodo pero es debido al mayor volumen de refractario empleado en el diseño original del revestimiento.

En el caso del horno eléctrico, los nuevos factores introducidos son:

- Aumento de la potencia de 12 MVA a 32 MVA a partir de 1973.
- Modificación del revestimiento refractario, concretamente en las paredes, pasando de magnesita-cromo a dolomita, reforzando los puntos calientes con magnesita-carbono y cambiando la línea de escorias de electrofundidos a magnesita-carbono.

Estas innovaciones se traducen en la obtención de unos consumos específicos muy favorables en el trienio 1978-1980. Los consumos actuales, si bien son superiores a los del trienio indicado, son inferiores a los obtenidos al comienzo de la puesta en marcha del horno de ultra alta potencia.

En el caso de las bóvedas los parámetros que justifican los consumos indicados son:

- Evolución en la calidad del revestimiento utilizado. Se empleó bauxita en el periodo 1973-1976, a partir de 1977 se ensaya silimanita, para volver finalmente a bauxita.
- Modificación del diseño de la bóveda como consecuencia de la introducción del horno UHP.
- Sucesivas experiencias con materiales no conformados en la zona central de la bóveda.
- Alteración en el sistema de los economizadores utilizados en la refrigeración de los anillos de los electrodos.

### 2.1.3. DURACION MEDIA DE LOS REVESTIMIENTOS EN CONVERTIDOR Y HORNO ELECTRICO

En la tabla I se presenta la duración media de los

revestimientos de estas instalaciones, a lo largo del periodo analizado.

### 2.1.4. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL DESGASTE DE LOS REVESTIMIENTOS DEL CONVERTIDOR EN EL HORNO ELECTRICO

Las principales causas del desgaste son:

- a) Química, entre las que destaca la corrosión por las escorias.
- b) Termomecánicas
- c) Tensiones diversas.

a) La corrosión por la escoria es muy importante y depende de:

— La basicidad de la escoria, cuanto más baja mayor es el ataque; este factor es aplicable tanto al LD como a los paneles del horno eléctrico.

En el caso de las instalaciones de L.D. la fig. 4, presenta la evolución del índice de basicidad, (relación  $\text{CaO}/\text{SiO}_2$ ) de una escoria durante el proceso de soplado.

Se indica también el valor típico de basicidad obtenido al fin del soplado.

En el caso de la Siderurgia Nacional la experiencia indica que es negativo iniciar el proceso con una agresividad excesiva y terminarlo con valores medios del orden de 3-3, 4. Este comportamiento, al inicio de la operación, se debe sobre todo al tipo de arrabio (% Si) y a la reactividad de la cal añadida.

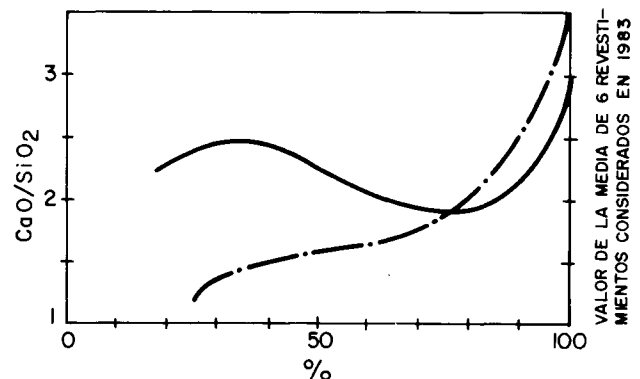


Fig. 4.—Variación de la basicidad de la escoria del L.D. en el transcurso del soplado.

En el horno eléctrico, la escoria presenta valores de basicidad superiores a 3 durante la mayor parte del tiempo de afinado, lo que se traduce en una agresividad menor frente al revestimiento.

El tipo de ataque depende de las características químicas de las escorias. En el caso de las escorias ácidas, el plano correspondiente a la isoterma de  $1600^\circ\text{C}$  del diagrama  $\text{CaO-MgO-SiO}_2$  (fig. 5), permite deducir las siguientes consecuencias:

— Una escoria de bajo índice de basicidad, para una relación  $\text{CaO}/\text{SiO}_2 = 1$  en ausencia de otros constituyentes ( $\text{Fe}$ ,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), puede disolver hasta un 25% de  $\text{MgO}$ .

En el caso de que refractarios que contienen  $\text{CaO}$  (dolomita o dolomita enriquecida), ésta reacciona con la escoria para formar silicatos dicálcicos que, con la magnesita residual, forman una película compacta que recu-

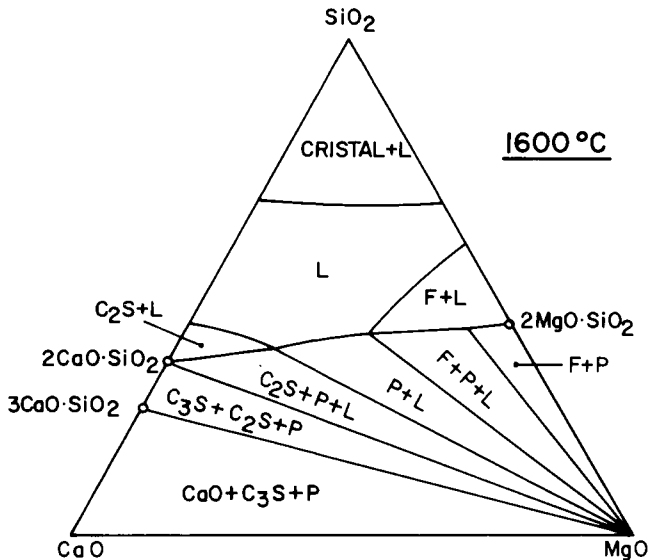


Fig. 5.—Plano correspondiente a la isoterma de 1.600°C, en el sistema CaO-MgO-SiO<sub>2</sub>, empleado para analizar la evolución de la escoria.

bre los granos de refractario y al mismo tiempo impiden la penetración de las fases líquidas regresivas.

Las escorias básicas se caracterizan por tener un índice de basicidad y un contenido en FeO elevados. El contenido en MgO es a su vez más bajo y su acción corrosiva frente al revestimiento está, sobretodo, ligada a su contenido en FeO.

De manera genérica puede asegurarse que, en el caso del LD, es al inicio de la operación de soplado cuando la acción corrosiva de la escoria es más fuerte. En este caso cuanto mayor es el contenido en FeO es de prever un grado de ataque superior. A título de ejemplo en la fig. 6 puede constatar la evolución del contenido en FeO de una escoria de LD durante el mes de noviembre de 1982. El mecanismo de corrosión del refractario por FeO, está basado en la acción que ejerce el carbono presente en el refractario y que tiene como objetivos reducir el óxido de hierro de la escoria al estado metálico, aumentar la temperatura del acero líquido, así como limitar la penetración de este en el interior del material refractario. Cuanto más oxidante sean las condiciones de operación, tanto más importante es esta reacción.

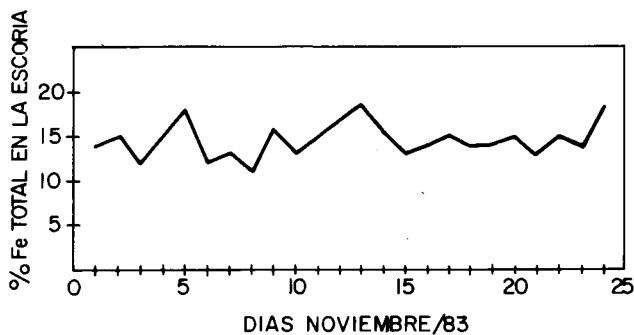


Fig. 6.—Variación del contenido de FeO de la escoria del L.D.

La fig. 7 presenta la influencia del contenido en FeO en la escoria sobre el comportamiento en servicio de los revestimientos de dolomita o magnesita.

La utilización de excesivas cantidades de fundentes,

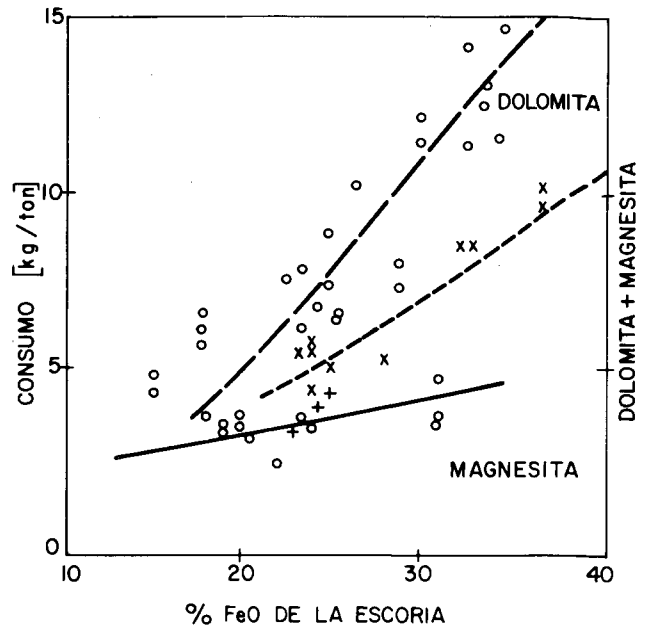


Fig. 7.—Relación entre el contenido de FeO en la escoria y el consumo de refractarios en el L.D.

espato fluor en el caso del LD, favorece la corrosión por la escoria y deben ser limitadas. En la Siderurgia Nacional Seixal, se emplean valores medios de 2-3 kg/t.a.l. (tonelada acero líquido).

En la fig. 8 puede observarse la evolución, en 1982, de las adiciones de espato flúor.

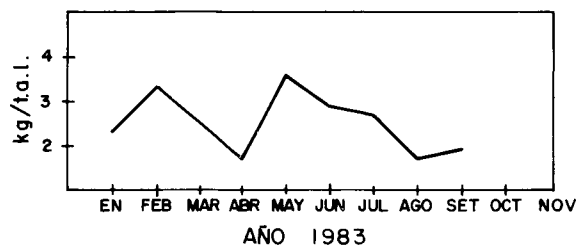


Fig. 8.—Evolución del consumo de espato flúor por tonelada de acero líquido.

b) Solicitaciones termomecánicas.

Son debidas a los choques térmicos originales por las paradas, las condiciones de la chatarra (granulometría y humedad) o el impacto mecánico provocado por las operaciones de carga. Este último factor es especialmente importante en el horno eléctrico.

El fenómeno de los choques térmicos es el factor predominante en el desgaste observado en los revestimientos de alta alúmina de las bóvedas del horno eléctrico, asociadas a los problemas de transferencia de calor provocados por los calentamientos excesivos en la zona de los anillos de los electrodos. Para evitar este efecto se utilizan economizadores refrigerados por agua.

El mecanismo de desgaste de los refractarios bauxíticos de la bóveda está basado en el ataque por los vapores de CaO y FeO de la mullita existente en el refractario, con la formación simultánea de compuestos muy refractarios (hercinita, hexaluminato cálcico y anortita). Estas fases cristalinas están acompañadas a la temperatura de trabajo por fases líquidas, lo que se traduce en el desgaste del refractario.

c) En el horno eléctrico es necesario, además, considerar factores adicionales que no existen en el LD, tales como

— Regulación de los electrodos. La exactitud del arco, su intensidad, así como la distancia del electrodo a la pared del revestimiento, son factores a tener en cuenta para la obtención de un desgaste adecuado del revestimiento. Es esta una operación que requiere gran experiencia en la observación y mantenimiento de los equipos eléctricos y que permite regular los electrodos de manera que se consuma menores consumos de energía eléctrica y de refractarios.

En la fig. 9 se presenta la evolución del consumo de electrodos durante 1983. El consumo de O<sub>2</sub> incide principalmente sobre la agresividad con que actúa el baño frente a los materiales de magnesita de la línea de escorias.

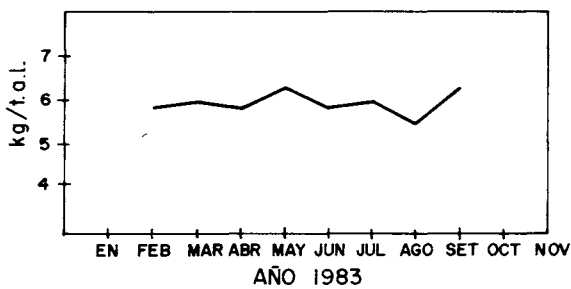


Fig. 9.—Consumo de electrodos en el horno eléctrico de arco 1983.

La fig. 10 indica la evolución del consumo de O<sub>2</sub> en la instalación del horno eléctrico durante 1982.

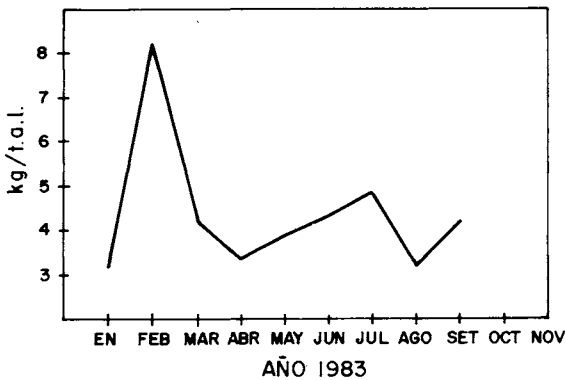


Fig. 10.—Evolución del consumo de O<sub>2</sub> en el horno eléctrico de arco.

## 2.2. Evolución de los factores de consumo en las instalaciones de colada y cucharas

Los refractarios empleados en las cucharas son refractarios siliciosos no conformados. Desde el punto de vista químico estos materiales sufren los mayores ataques como consecuencia del ataque de los fundentes y de los contenidos elevados en FeO que fluidifican la escoria.

Desde el punto de vista termomecánico presentan una baja resistencia a la abrasión y erosión. No obstante, al no presentar juntas son menores los problemas de infiltración por acero y arrabio líquidos.

Las arenas siliciosas presentan una refractariedad incluso más baja, lo que puede traducirse en:

— Una mayor ventaja, ya que en condiciones normales de funcionamiento, sinterizan y vitrifican con mucha facilidad, formando una capa que impide la penetración en el revestimiento del acero o la escoria.

— Una desventaja cuando entre los fundentes exista una presencia significativa de elementos alcalinos. En este caso la refractariedad puede bajar de tal forma que, a las temperaturas de trabajo, la cantidad de fase líquida sea elevada conduciendo al desgaste acelerado del material refractario.

### 2.2.1. CUCHARAS DE ARRABIO Y ACERO

El revestimiento de las cucharas es fundamentalmente un pisé de arena siliciosa, con ladrillos siliciosos en la línea de escorias y fondos de cuchara. Solamente en algunos paneles de las cucharas para colada continua el fondo es de material silicoaluminoso del 32-36% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (anexos IV y V).

El gráfico de la fig. 11 presenta la evolución de los consumos de material refractario en las cucharas de arrabio. Se indica el consumo total: pisé más ladrillo crudo y prensado.

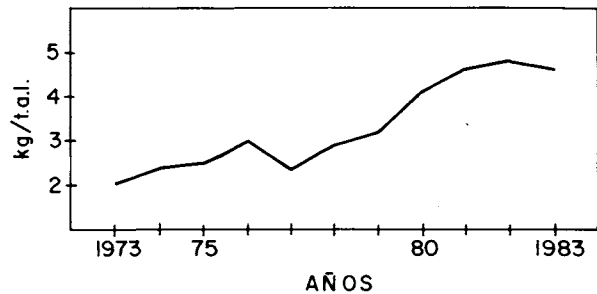


Fig. 11.—Consumo específico de refractario en las cucharas de transporte de arrabio.

Las figs. 12 y 13 indican respectivamente los consumos de materiales refractarios en las cucharas de colada y colada continua respectivamente.

La evolución de los consumos en estas instalaciones conduce a las siguientes apreciaciones:

#### Cucharas de arrabio

Las irregularidades en la marcha del horno-alto, provocadas por la aparición de incrustaciones y pegotes

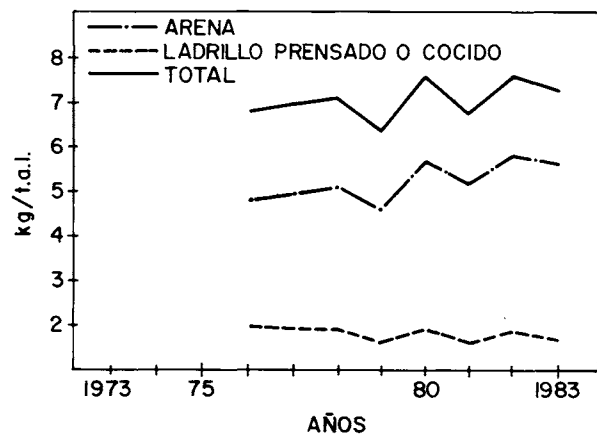


Fig. 12.—Evolución del consumo específico de refractario en la cuchara de transporte de acero.

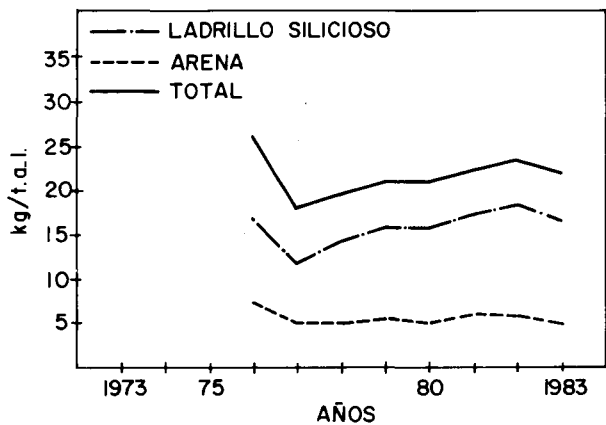


Fig. 13.—Evolución del consumo específico de refractario en la artesa de colada continua.

debidos a los álcalis y que se acentuaron a partir del inicio de la segunda campaña (1974/1975), provocaron sucesivos enfriamientos en el crisol, originados por la caída del material que se desprendía repentinamente de la zona baja de la cuba, produciendo así oscilaciones continuas en la temperatura del arrabio obtenido.

Este fenómeno se estabilizó en el periodo transcurrido entre 1977 y 1979, habiéndose agravado de nuevo a partir de 1980, lo que se ha traducido en:

- Roturas constantes de las cajas de refrigeración y de tuberías, provocando entradas de agua en el interior del horno.
- Tres roturas de crisol (entre 1979 y 1980)

Se originó igualmente una disminución en la vida de las cucharas, aumentando el consumo específico de material refractario.

Los valores obtenidos en 1983, indican una mejoría relativa respecto al período inmediatamente anterior. No obstante, por razones debidas a la marcha del horno-alto, que produce arrabios con 0,135% de azufre, es necesario recurrir a la adición de grandes cantidades de sosa, lo que introduce grandes cantidades de álcalis en el arrabio, aumentando de esta forma la agresividad del arrabio en relación al revestimiento refractario de las cucharas.

#### Cucharas de acero. Artesa de colada

Se ha observado una variación en el consumo de  $\pm 10\%$ , que se corresponde con una disminución correlativa en la vida de los revestimientos. Este fenómeno es debido a:

- Existencia de un desgaste preferencial en la línea de escorias.
- Discontinuidad en el servicio de las cucharas, por perforaciones en el sistema buza-tapón o por penetración de acero entre la buza y el portabuzas.
- Alteraciones frecuentes en la calidad del refractario suministrado.
- Aparición puntual de agujeros en los paneles, originados por un secado deficiente y que conduce a una retirada de servicio prematura de la cuchara.

#### Colada continua

Los comentarios a efectuar son semejantes al caso de las cucharas de colada, agravándose la situación por:

- utilización de inyección de gas por el fondo desde 1982
- fabricación de aceros bajos en carbono
- utilización de temperaturas de colada más altas.

#### 2.2.2. DURACION MEDIA DE LOS REVESTIMIENTOS DE LAS CUCHARAS

En la tabla II se presentan los rendimientos medios de los diversos tipos de cuchara durante el periodo 1973-1983.

#### 2.2.3. INSTALACIONES DE COLADA

Los materiales refractarios utilizados en la colada en fuente con silicoaluminosos de 28-33%  $Al_2O_3$ . Para la colada continua el material empleado es silicoaluminosos del 42-44%  $Al_2O_3$ .

En las fig. 14 y 15 se recogen los consumos de ambas instalaciones.

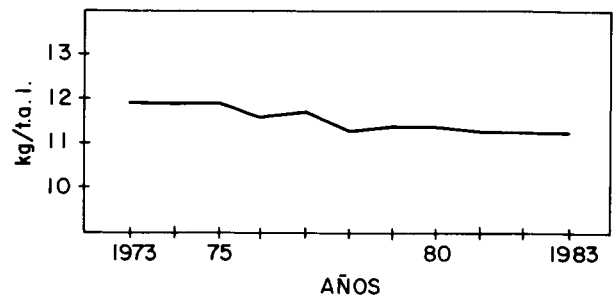


Fig. 14.—Variación del consumo de refractario en la instalación de colada en fuente.

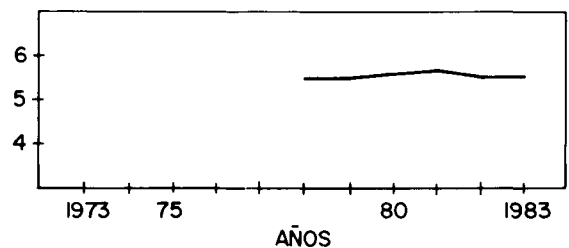


Fig. 15.—Variación del consumo de refractario en colada continua.

#### 2.2.4. PRINCIPALES CARACTERISTICAS TECNICAS QUE CONDICIONAL LOS CONSUMOS DE AMBAS INSTALACIONES

Las principales causas de desgaste tanto en las cucharas de arrabio como en las de acero son:

- a) Químicas
- b) Técnicas

a) La corrosión por la escoria es la más importante desde el punto de vista químico. En el caso de las cucharas de arrabio y acero influyen:

- Contenido en álcalis; se han llegado a registrar

valores del 22-25% de alcalis en la escoria de las cucharas de arrabio.

- Contenido en Fe total, alcanzándose valores del 17% Fe total en las escorias de las cucharas de acero.
- Índice de basicidad en la escoria, que oscila entre el 0,3 de las escorias de arrabio hasta valores superiores a tres en las cucharas de acero. La adición de fundentes (cal, sosa, etc.) es en la mayor parte de las veces responsable de la agresividad de las escorias frente al revestimiento.

b) Las variables térmicas más importantes son:

- temperatura del arrabio y del acero
- tiempos de permanencia del material en las cucharas
- ciclo de operación de la cuchara, es decir, intervalo de tiempo transcurrido entre dos cargas consecutivas
- influencia del sistema de secado y calentamiento de las cucharas (tipo de quemadores, características del caudal, presión y tipo de combustible empleado) sobre la temperatura de la cara caliente de la cuchara y sobre el contenido en humedad del material a su entrada en servicio.

### 3. CONSUMO GLOBAL ACTUAL Y PERSPECTIVAS DE EVOLUCION FUTURA

#### 3.1. Instalaciones existentes

##### 3.1.1. SITUACION ACTUAL

En las tablas IV y V se reflejan los consumos específicos por instalaciones, así como el consumo global por grandes grupos de material refractario.

TABLA IV  
CONSUMO ANUAL MEDIO EN LA ACERIA

MATERIAL			
CALIDAD		CONSUMO (TON.)	(%)
SISTEMA SiO <sub>2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SILICIOSO	5500	32,1
	SILICO-ALUMINOSO	5300	30,9
	ALTA-ALUMINA	650	3,8
	SUB-TOTAL	11420	66,8
BASICOS	DOLOMITA	4400	25,6
	MAGNESITICO	1300	7,6
	SUB-TOTAL	5700	33,2
TOTAL		15150	100

TABLA V  
CONSUMO DE REFRACTARIOS EN LA FABRICA DE SEIXAL. INSTALACIONES FUTURAS  
CONSUMOS ANUALES PREVISTOS (t.)

CALIDAD DE REFRACTARIO	INSTALACION	AÑOS							
		1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993
SISTEMA SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TUNDISH	1600	3400	4500	4500	4250	4000	4000	4000
	CUCHARAS-TORPEDO	315	675	900	950	1000	1000	900	900
	PLACAS DE CORREDERA	70	150	200	200	225	225	225	225
	TAPONES POROSOS	50	120	160	160	180	180	180	180
	SUB-TOTAL	2050	4345	5760	5890	5655	5405	5305	5305
BASICOS	CUCHARAS DE COLADA CONTINUA (Dolomita)	1500	3200	4250	4250	4000	4000	3850	3850
	CONVERTIDORES { DOLOMITA LBE MAGNESITA	1400	3000	4000	4000	3600	3600	3600	3600
		350	750	1000	1000	900	900	900	900
SUB-TOTAL	3250	6950	9250	9250	8500	8500	8350	8350	
OTROS	BUZAS DE SILICATO DE ZIRCONIO	28	60	65	80	80	80	80	80
	POLVOS DE COBERTURA	200	450	600	600	600	600	600	600
	MASA TAPIQUERAS	470	1000	1350	1350	1350	1350	1350	1350
	MASAS-CONDUCCION ARRABIO	250	525	700	700	700	700	700	700
	PLACAS ARTESA (CONJUNTOS)	1900	3200	3800	4500	4500	4500	4500	4500
	SUB-TOTAL	948	2035	2715	1730	2730	2730	2730	2730
	TOTAL	6248	13330	17725	17870	17135	16635	16385	16385

NOTA:

No se considera la fabricación de acero vía horno eléctrico.



### 3.1.2. PERSPECTIVAS FUTURAS

En el convertidor se ha conseguido un desgaste más homogéneo a lo largo de la campaña, así como una disminución del consumo específico, lo que se ha traducido en un aumento de las duraciones medias de la campaña. Para conseguirlo se ha trabajado no solo variando la geometría del revestimiento, aumentando espesores en las zonas más difíciles, sino cambiando también la calidad del revestimiento. En este sentido, se espera que la sustitución de la dolomita alquitranada por dolomita temperizada, con el refuerzo en muñones de dolomita enriquecida con magnesita, podría permitir estabilizar el costo del revestimiento en unas cifras inferiores.

En cuanto al horno eléctrico, dadas las circunstancias actuales, la relación costo/rendimiento parece adecuada. En instalaciones con bóvedas refrigeradas se plantea la hipótesis de utilizar magnesita o magnesita-cromo en las cubas y alumina-cromo en las bóvedas.

En las cucharas, fundamentalmente en las de colada continua, es imprescindible efectuar alteraciones en el

revestimiento actual a fin de conseguir una mayor economía en el consumo.

En las circunstancias actuales, ni siquiera los materiales más baratos, pisés siliciosos, permiten hacer campañas rentables cuando se intenta producir aceros de determinadas calidades, por ejemplo bajos en carbono. Así, en cifras de 1983 los costos de material refractario por tonelada de acero líquido, rondan los 420 esc. Como solución se plantea utilizar revestimientos bien de alta mínima o dolomita.

### 3.2. Instalaciones previstas

En la fase de estudio para la instalación de una nueva fábrica con capacidad global de un millón de toneladas de acero al año, proyecto en suspenso actualmente, se preveían los consumos de refractarios recogidos en la tabla V, procedentes tanto de la experiencia de plantas de tamaño semejante, como de la experiencia propia de la Siderurgia Nacional.

# PUBLICACIONES EDITADAS POR LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CERAMICA Y VIDRIO

## Materiales Refractarios y Siderurgia

(Jornadas de Arganda del Rey, 4-5 mayo 1984)

CONTENIDO:

### I. Experiencias y perspectivas de la utilización de materiales refractarios en la industria siderúrgica.

D. Ernesto Badía Atucha, Jefe de obras y refractarios de Altos Hornos de Vizcaya, y D. Ignacio Larburu Ereño: *Refractarios para hornos altos en AHV.*

D. Gabino de Lorenzo y D. Francisco Egea Molina: *Revestimientos refractarios en Horno Alto de ENSIDESA.*

D. Jesús María Valerio, de S.A. Echevarría: *Cucharas de tratamiento secundario de acero.*

D. Jesús Valera, ENSIDESA-Veriña: *Evolución de la duración de revestimientos en las acerías de ENSIDESA.*

D. J.A. Pérez Romualdo, Jefe de Colada Continua de Altos Hornos del Mediterráneo: *Refractarios en cucharas de acero y colada continua de slabs.*



### II. Investigaciones en el campo de materiales refractarios en el Instituto de Cerámica y Vidrio.

Prof. Dr. Salvador de Aza, Director del ICV: *El Instituto de Cerámica y Vidrio. Estructura y objetivos.*

D. Emilio Criado Herrero: *El sector español de refractarios y la industria siderúrgica. Evolución y perspectivas.*

Dr. Francisco José Valle Fuentes: *Tendencias en el análisis de materiales refractarios.*

Dr. Serafín Moya Corral: *Materiales cerámicos tenaces basados en mullita-circón.*

Dra. Pilar Pena Castro: *Materiales refractarios basados en circón.*

D. Angel Caballero Cuesta: *Evolución de las propiedades refractarias y termomecánicas de las bauxitas.*

Dr. Rafael Martínez Cáceres: *Cementos refractarios.*

160 PAGINAS      PRECIO: 4.500 PESETAS

## Vocabulario para la Industria de los Materiales Refractarios

ISO/R 836-1968



CONTENIDO:

### I. Terminología general.

### II. Materias primas y minerales.

### III. Fabricación.

### IV. Tipos de refractarios.

### V. Los hornos y la utilización de productos refractarios:

- Metalurgia.
- Industria del coque y gas.
- Generadores de vapor. Calderas.
- Industria vidriera.
- Cales y cementos.
- Cerámica.

### VI. Características y métodos de ensayo.

- Contiene 4 índices alfabéticos en castellano, francés, inglés y ruso; con un código numérico que permite la localización de cada uno de los términos en los otros tres idiomas.
- Incorpora más de 1.100 términos relativos a la industria de refractarios e industrias consumidoras.

190 PAGINAS, 50 FIGURAS.

PRECIO: 4.500 PESETAS

La reserva de ejemplares y los pedidos deben dirigirse a: SOCIEDAD ESPAÑOLA DE CERAMICA Y VIDRIO  
Ctra. Valencia, Km. 24,300  
ARGANDA DEL REY (Madrid)