



5 DIC. 1978 ES 463766 A1

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

11	NUMERO
21	
22	FECHA DE PRESENTACION
	02. NOV. 1977

PATENTE DE INVENCION

30	PRIORIDADES:	32	FECHA	33	PAIS
31	NUMERO				
	45839/76		4.11.76		G. Bretaña
	28881/77		9.7.77		"

47	FECHA DE PUBLICIDAD	51	CLASIFICACION INTERNACIONAL	62	PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
			C04B,F27B		

64	TITULO DE LA INVENCION
	"UN PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCION DE CEMENTO HIDRAULICO Y PRECURSORES DE CEMENTO"

71	SOLICITANTE (ES)
	TETRONICS RESEARCH AND DEVELOPMENT COMPANY LIMITED (AJH/DMG/2951)

	DOMICILIO DEL SOLICITANTE
	53 Lechlade Road, Faringdon, Oxfordshire, Inglaterra

72	INVENTOR (ES)
	Jozef Kazimierz Tylko

73	TITULAR (ES)

74	REPRESENTANTE
	D. OSCAR DE ELZABURU FERNANDEZ (P.- 67.335)

IFG

5

10

15

20

25

El presente invento se refiere a la producción de cementos hidráulicos. El término cemento hidráulico es utilizado aquí para designar composiciones que fraguan a la forma de una masa sólida cuando se mezclan con una cantidad apropiada de agua. No obstante, el término es utilizado sólo con relación a composiciones compuestas de complejos formados por al menos dos de los compuestos CaO , Al_2O_3 y SiO_2 . Dichas composiciones de cemento pueden incluir también Fe_2O_3 , FeO , MgO y otros óxidos combinados.

El presente invento se refiere también a la pro

ducción de complejos similares, que pueden ser convertidos en cementos hidráulicos por la adición de cantidades apropiadas de activadores alcalinos sin tratamiento térmico adicional. En muchos casos la activación se logra sólo mezclando con cemento portland ordinario.

Aunque el cemento portland es producido en cantidades enormes calcinando material calcáreo (piedra caliza, greda, etc.) con arcillas de aluminosilicato, mezcladas en cantidades apropiadas, es bien sabido que los requisitos teóricos de energía del procedimiento son bastante elevados y el rendimiento térmico global del procedimiento es del orden de 30 a 50%. El cemento portland es utilizado muchísimo más ampliamente en aplicaciones prácticas que cualquier otra composición de cemento hidráulico, pero es bien sabido que existen otras composiciones posibles en el sistema $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ que exhiben satisfactorias características de formación de cemento o que son capaces de hacerlo después de ser mezcladas con cantidades apropiadas de un activador alcalino tal como CaO o cemento portland.

Una composición que exhibe características de formación de cemento tras adición de un activador puede ser considerada como un precursor de cemento hidráulico. Es bien sabido utilizar escoria de alto horno en mezcla con cemento portland ordinario como un cemento hidráulico.

5 En la producción comercial de cemento portland, según se realiza comúnmente, las materias primas de alimentación formadoras de cemento son introducidas en un horno rotatorio inclinado y son tostadas por medio de un combustible carbonoso (o bien carbón agregado a la alimentación o petróleo o gas introducido a través de un quemador por el extremo inferior del horno). El costo de capital implicado en la construcción de un horno rotatorio para cemento es elevado y resulta modesto su rendimiento de utilización del combustible.

10 En el funcionamiento de un horno rotatorio para cemento en la producción de cemento portland se imponen ciertas restricciones por la formación de anillos de clínker sobre las paredes del horno cuando la relación de sílice/alúmina y óxido de hierro desciende por debajo de aproximadamente 2,2 : 1.

20 Ya se ha descrito por los inventores en la patente británica núm. 1.390.351 un reactor de plasma que incluye una pistola de plasma que se mueve orbitalmente y está inclinada en relación con un eje vertical y coopera con un contraelectrodo, usualmente un contraelectrodo con forma de anillo en una región central del reactor, pero que puede ser un fondo o plato conductor del reactor.

25 Otra forma de reactor de plasma que incorpora una o más pistolas de plasma que se mueven orbitalmente al

rededor de un eje vertical y están inclinadas hacia el eje de rotación, ha sido descrita en la patente de los EE.UU., núm. 3.936.586 de los solicitantes. En este reactor de plasma, la pistola o pistolas de plasma es o son dirigidas hacia dentro en dirección al eje y en dirección a una porción opuesta de un contraelectrodo con forma de anillo.

En un reactor de plasma que trabaja según estos principios el movimiento orbital de la pistola de plasma y su inclinación con respecto al eje de órbita da como resultado el establecimiento de un chorro de plasma que traza el lado recto de un cono. Cuando la velocidad orbital de la pistola es del orden de 1.000 revoluciones/minuto es estadísticamente imposible que más de una fracción muy pequeña de partículas sólidas pequeñas que caen bajo fuerza de la gravedad pase a través de la trayectoria del chorro de plasma sin resultar altamente excitadas por los iones, por los electrones o por otras partículas altamente cargadas del plasma o por colisión con dichas partículas excitadas. Como consecuencia de ello el chorro de plasma que se mueve en órbita comunica energía a la materia situada en una extensa región en relación con la trayectoria del chorro primario de plasma y la región de influencia del plasma ha sido expandida. El término "plasma precesivo expandido" ha sido establecido para describir este efecto.

En el aspecto más amplio del invento se puede

5 producir un cemento hidráulico o un precursor de cemento hidráulico haciendo pasar un material de composición química apropiada y en forma desmenuzada apropiada a través de una zona de plasma en un reactor de plasma del tipo antes descrito o construido generalmente para mantener plasma dentro de un espacio extendido dentro de un reactor de plasma. La exposición de una mezcla mineral con composición apropiada a las condiciones de energía muy elevada del plasma da como resultado por lo menos una transformación superficial del material a un estado vítreo o cristalino activo o una conversión completa de las partículas en un cemento hidráulico o precursor de cemento hidráulico cuando están desmenuzadas de modo suficientemente fino.

10

15 Dado que en el método del presente invento el tratamiento térmico del material de alimentación puede tener lugar mientras que las partículas están en suspensión parece improbable que la formación de depósitos duros tales como incrustaciones de clinker en un horno rotatorio, de como resultado dificultades de funcionamiento y por lo tanto la producción de cemento por el método del invento no está sometida a ninguna limitación debida a la relación de sílice/alúmina + óxido de hierro (relación S/R) del material de alimentación sino sólo a la limitación de que el material calcinado deberá tener características de cemento,

20

25 bien sea solo, bien sea tras haber sido mezclado con un

agente activador.

Ya ha sido propuesto por F.P. Glasser en Cement
and Concrete Research (1975), volumen 5, páginas 55-61,
producir cemento portland en un horno de plasma empleando
5 sopletes de plasma estacionarios colocados en la cubierta
de un cuerpo de horno rotatorio de forma cónica generalmen
te invertida. Se alimentó un material de alimentación a
través de una sonda axial en la cubierta. De la descrip-
ción se deduce que el material de alimentación fue lanzado
10 sobre las paredes del cuerpo rotatorio sin contacto efecti
vo con plasma durante su desplazamiento en suspensión. El
plasma actuaba sobre una delgada película de material fun-
dido sobre las paredes del cuerpo de horno rotatorio con
el resultado de que eran muy elevadas las pérdidas de ener-
15 gía a través de la pared del reactor, y que resultaba que
los requisitos de energía para la producción de cemento
eran aproximadamente 10 veces mayores que los requisitos
de un horno convencional para cemento. Además de ello el
producto de clinker que salía del plasma o era grueso, re-
20 quiriendo excesiva energía para ser aislado, o contenía ex
cesivas cantidades de fases vítreas. Los resultados infor
mados fueron tan desfavorables para la utilización de plas
ma que sugirieron la total imposibilidad incluso de utili-
zar un horno de plasma en la producción de cemento.

25 No obstante, se ha encontrado que cuando pasa
material de alimentación de cemento desmenuzado a través

25107

de una zona en que el plasma presente se deriva de un soplete de plasma que se mueve alrededor del eje de la zona y está inclinado alrededor de ella, las partículas de material de alimentación pueden ser convertidas totalmente en cemento o en un precursor de cemento durante el desplazamiento en suspensión, sin quedar fusionadas a partículas más gruesas y sin formación de excesiva cantidad de fase vítrea. Los inventores han sido capaces de lograr la producción de cemento portland ordinario en un reactor de plasma a pequeña escala de este tipo con niveles de consumo de energía sólo escasamente mayores que en un horno rotatorio a gran escala totalmente desarrollado, por lo que el método del invento es indicado como capaz de producir cemento portland con un consumo de energía igual o menor que el de un horno rotatorio convencional para cemento cuando el reactor de plasma es convertido a escala comercial plena.

La producción de cemento sometiendo a calcinación alimentaciones normales para cemento portland constituye un aspecto del invento.

La eliminación de la restricción impuesta por la relación S/R en el funcionamiento de un horno rotatorio para cemento, permite emplear materiales no tradicionales en la producción de cementos y precursores de cemento cuando se emplean los métodos del presente invento.

Tanto en el Reino Unido como en muchas otras partes del mundo, se han acumulado ya enormes cantidades de materiales carbonosos que tienen un bajo poder calorífico y que han sido considerados como materiales de desecho (vertederos de minas de carbón) o como antieconómico de someter a tratamiento con el fin de recuperar carbón o hidrocarburos (esquistos de petróleo y arenas de petróleo).

Un objeto de este invento es el de convertir materiales carbonosos de esta clase en cementos hidráulicos, directamente o mediante producción de precursores de cemento, que pueden ser convertidos en cementos hidráulicos mediante adiciones apropiadas de agentes activadores. En ambos tipos de tratamiento se prevee que pueden requerirse sustancias minerales adicionales para ser mezcladas con el material carbonoso antes de tratamiento en una zona de plasma con el fin de obtener una composición química final apropiada del producto.

Los montones de vertederos de minas de carbón representan enormes pilas de material que tienen un poder calorífico definido que la tecnología existente con anterioridad raramente ha sido capaz de llevar a utilización. Los montones de vertederos de minas de carbón son indeseables desde un punto de vista ambiental y deberá ser bien recibida su conversión en productos útiles (acompañado de su eliminación).

El poder calorífico del contenido de carbón de vertederos de minas de carbón es raramente menor de 800KJ/kg y en muchos casos puede ser tan alta como 10.000KJ/kg. Incluso con este último nivel no siempre se ha encontrado como practicable desde el punto de vista económico poder llevar a utilización el contenido de calor disponible. Dado que los requisitos teóricos de calor para la producción de cemento portland a partir de materiales convencionales son del orden de 1.700KJ/kg, se verá que los requisitos de calor para la producción de un cemento hidráulico pueden ser satisfechos totalmente o en gran parte por el poder calorífico de los vertederos de minas de carbón y desde luego el poder calorífico de los vertederos de minas de carbón pueden proporcionar energía térmica utilizable adicional si se desarrollen procedimientos apropiados para la combustión del contenido de carbono (incluyendo los hidrocarburos) de los vertederos de minas de carbón.

En uno de sus aspectos el presente invento comprende hacer pasar vertederos de minas de carbón u otro material que tenga un contenido carbonoso de poder calorífico de al menos 800KJ/kg a través de la zona de plasma de un reactor del tipo ya descrito.

Cuando los vertederos de minas de carbón u otro material carbonoso (solos o en mezcla con otras sustancias) se exponen a condiciones de transferencia de energía de la

5 zona de plasma, hay aparentemente una tendencia a que el contenido de hidrocarburos responde con fuerza casi explosiva de manera que el material carbonoso experimente una cierta desintegración y el contenido de carbono (incluido el contenido de hidrocarburos) sea separado del contenido inorgánico de manera instantánea. Esto permite que el contenido de carbono del material sea quemado, convirtiendo de este modo el material residual en un cemento hidráulico, o precursor de cemento hidráulico, con tal que la composición química del material de alimentación sea correcta para dicha finalidad. Un examen del producto muestra que está esencialmente exento de carbono.

10

15 En una forma del invento, los materiales de alimentación formadores de cemento son suministrados en forma de una corriente constante en un lugar de la región de la pistola de plasma situado junto al extremo superior del reactor y caen a través de la zona de plasma que existe entre la pistola de plasma y un contraelectrodo con forma de anillo y a través de la región de llama trasera que existe por debajo del contraelectrodo. Esto lleva al contenido de carbono de las partículas de alimentación a un estado muy activo, de manera que al menos una parte del contenido de carbono es convertida muy rápidamente en CO cuando las partículas son puestas en contacto con una corriente de

20

25 aire (o de oxígeno) después de salir desde la zona de plas

5 ma. La corriente de aire, parcialmente enriquecida con CO e hidrógeno y que lleva las partículas sólidas, puede ser inyectada luego dentro de una zona de combustión en donde el resto del contenido de carbono y el CO así como el hidrógeno ya desprendidos, son oxidados al menos parcialmente para formar CO₂. La zona de combustión forma parte preferiblemente de un sistema de caldera con recuperación de calor, de manera que la energía térmica así liberada es recuperada y empleada de cualquier manera apropiada. De modo
10 muy conveniente se emplea para la generación de energía eléctrica para el reactor de plasma. El material sólido que ha reaccionado es recuperado desde la corriente gaseosa en forma de cenizas en la caldera de recuperación de calor. Se emplean aparatos conocidos, tales como un separador ciclónico, para la recogida de sólidos finos a partir
15 de los gases de desecho.

En otra forma del invento en que el contraelectrodo está constituido por el fondo del reactor, el material de alimentación que cae a través de la zona de plasma
20 es dejado recogerse como un depósito de escoria al menos parcialmente fundida en el fondo del reactor. A las temperaturas de trabajo implicadas la escoria fundida es suficientemente conductora. Cuando el material inicial tiene un elevado contenido de hierro, (óxido de hierro) (como
25 ocurre frecuentemente con los vertederos de minas de car-

bón) el contenido de carbono del vertedero puede ser empleado para efectuar la reducción de al menos parte del óxido de hierro y consiguientemente se recoge hierro metálico en el fondo del reactor y es sangrado periódicamente. En este sistema también el CO desprendido puede ser quemado en una caldera de recuperación de calor o en otra forma de recuperador de calor.

La escoria fundida es sangrada periódicamente desde el fondo del reactor y, dependiendo de su contenido de carbono remanente, puede ser sometida a un chorro de aire en una cámara separada con el fin de eliminar por combustión cualquier cantidad de carbono remanente. Luego la escoria fundida es enfriada y triturada.

En ambas formas antes descritas del invento el material carbonoso alimentado a la zona de plasma es triturado (tal como lo son desde luego los materiales suministrados a un horno convencional para cemento). Aparentemente es innecesario emplear una trituración excepcionalmente fina y se ha encontrado que es bastante satisfactorio triturar el material para que pase a través de una malla de 300 micras de abertura. Desde luego se puede emplear satisfactoriamente en muchos casos un tamaño de partículas algo más grueso.

Si los vertederos de minas de carbón u otro material carbonoso requieren ser mezclados con otros materia

les, tal como piedra caliza o sílice y/o materiales que lle-
van alúmina, antes de la introducción en el reactor de plas-
ma, es satisfactorio emplear los métodos húmedos o secos co-
nocidos que se emplean comúnmente en la industria del ce-
5 mento.

No obstante se ha encontrado que en muchos ca-
sos la composición química del contenido no carbonoso de
los vertederos de minas de carbón es tal que después de
quemar la materia carbonosa, el material resultante es apro-
10 piado para ser mezclado en una gran proporción con cemento
portland ordinario (o bien producido por utilización del
presente invento o bien en un horno rotatorio convencional).
De este modo, a partir de la bibliografía publicada rela-
cionada con desechos de minas de carbón en el Reino Unido
15 (que se cree que es típico de desechos de minas de carbón
al menos en el Hemisferio Norte), la relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ y
 Fe_2O_3 y FeO está en el margen de aproximadamente 1,8-2,0/1,
con poderes caloríficos acompañantes en el margen de 1.500-
-10.000KJ/kg. En todos los casos, el contenido de CaO y
20 MgO parece estar en el margen de 2,5-4,0% de las cenizas
producidas por combustión completa de los desechos de minas
de carbón. En muchos casos se prefiere agregar más de 10%
de CaO (en forma de grada pulverizada) antes de calcinar
los vertederos de minas de carbón desmenuzados en un reactor
25 de plasma.

Aunque el invento considera principalmente la utilización de materiales de poder calorífico relativamente bajo hasta de 10.000KJ/kg, en algunos casos materiales con elevado poder calorífico tal como hulla o carbón y aceites hidrocarbonados residuales u otros desechos orgánicos, pueden ser incorporados en el material alimentado dentro del plasma.

En la discusión adicional del invento se hace referencia a los dibujos anejos, en los cuales:

- 5
- 10 La figura 1 es una sección vertical esquemática de una forma de aparato para calcinar vertederos de minas de carbón que contienen material desmenuzado;
- La figura 2 es una sección vertical esquemática de otra forma de aparato;
- 15 La figura 3 es un diagrama de procesos que muestra la producción de cemento portland a partir de vertederos de minas de carbón y un material calcáreo, tal como piedra caliza;
- La figura 4 es un diagrama de procesos que muestra la producción de un material del tipo de escoria puzolánica;
- 20 La figura 5 es un diagrama de procesos que ilustra la producción de cemento portland ordinario y aglomerado por reactores de plasma paralelo que emplean vertederos de minas de carbón como materia prima;
- 25 La figura 6 es un diagrama de difracción de rayos X de una alimentación normal para cemento portland (piedra caliza y

1 arcilla) tras pasar a través del reactor de plasma de la figura 1, que muestra el excelente desarrollo de constituyentes cementosos;

5 La figura 7 es un diagrama de difracción de rayos X de una mezcla de 1 : 1 de vertederos de minas de carbón y piedra caliza tras haber pasado a través del reactor de plasma en el sistema de la figura 4, que muestra el desarrollo de fuertes fases vítreas;

10 La figura 8 es un diagrama similar para vertederos de minas de carbón tratado con plasma; y

La figura 9 es un diagrama de fase ternaria $\text{CaO-SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3$.

Es bien sabido en la industria del cemento portland que la acción de formación de cemento es debida grandemente a la presencia de fases hidratables cristalinas que son denominadas comúnmente como la composición abajo mostrada y tienen la siguiente composición aproximada:

C_3S	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
C_2S	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$
C_4AF	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
20 C_3A	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$

Esta terminología será utilizada seguidamente por razones de conveniencia en la discusión del funcionamiento del aparato ilustrado. Se hace referencia también al diagrama XRD de la figura 6 a Alita y Belita. Estas son fases bien conocidas para el técnico en cementos, pero

jamás ha sido determinada su composición exacta. Se cree que éstas tienen, respectivamente, un gran contenido de C_3S y C_2S .

5 En la figura 1 se muestra un reactor para producir materiales puzolánicos y cementosos en suspensión a través de una zona de plasma precesivo expandido. El reactor de plasma comprende una cámara encerrada definida por aislamiento térmico dentro de una envolvente 1. Sobre la parte superior de la envolvente está colocada una estructura
10 ra de soporte 2, que lleva un motor de fluido 3 que está conectado por una propulsión de manivela 4 con una pistola de plasma 5, soportada por una junta esférica en un miembro de base 6 de la estructura 2. La rotación del motor 3 sirve por lo tanto para mover el extremo inferior de la
15 pistola de plasma 5 alrededor del eje vertical del reactor. Durante este movimiento el eje longitudinal de la pistola de plasma es inclinado con relación al eje del reactor y no hay rotación de la pistola de plasma alrededor de su eje, de modo que no provocan problemas la conexión de las
20 mangueras (no mostrada) para suministro de gas y agente refrigerante a la pistola de plasma ni tampoco el cable de abastecimiento eléctrico 7 para la pistola de plasma. La pistola de plasma es dirigida hacia un contraelectrodo de carbono 9 con forma de anillo. Un manantial de energía es
25 conectado entre la pistola de plasma 5 y el contraelectro-

do 9. Una serie de conductos de entrada 8, usualmente en un número de seis a doce, rodean a la pistola de plasma 5 y son abastecidos con material de alimentación desmenuzado procedente de una tolva de alimentación, siendo insuflado el material de alimentación concurrentemente hacia el eje del reactor bajo presión de gas, que puede ser presión de aire.

En su descenso a través de la cámara de alimentación, las partículas de material de alimentación son hechas obtener una velocidad horizontal por razón del movimiento de precesión circulatorio del plasma en la dirección de la flecha A, y esto da como resultado la presencia de una masa turbia de partículas en la región situada alrededor de la parte superior de la columna de plasma 1 que actúa como un escudo de radiación entre el plasma y el aislamiento térmico.

A medida que las partículas de alimentación pasan a través del contraelectrodo 9 y salen de la región característica de llama trasera de plasma que se extiende por debajo del contraelectrodo, son mezcladas muy íntimamente con aire inyectado a través de conductos 10 (se muestran sólo dos de ellos) y el contenido volatilizado de hidrocarburo y el carbono altamente calentado de los vertederos de minas de carbón u otros componentes carbonosos de material de alimentación son oxidados luego rápidamente en la cámara

ra de combustión 11 que se extiende hacia abajo. El material descarbonado desciende en forma de partículas para ser recogido en la región de base 12, desde donde es retirado por un refrigerador de rejilla, indicado esquemáticamente en 14. Esto elimina las partículas calientes para su refrigeración de la manera conocida.

Los gases calientes que probablemente tienen un contenido sustancial de calor y un contenido sustancial de CO no quemado y posiblemente de hidrógeno, son retirados a través de conductos de salida de gases 15 (sólo se muestra uno de ellos) y son suministrados a una etapa de recuperación de calor, que incorpora usualmente una caldera de recuperación de calor que puede rodear a la cámara de combustión.

Un contenido sustancial de partículas sólidas muy finas (o posiblemente gotitas líquidas) es arrastrada por los gases de salida 15 y éstos pueden ser separados, preferiblemente después de combustión de su contenido de CO, en cualquiera de los colectores de polvo conocidos en la técnica.

El enfriamiento de las partículas de producto recogidas en 12 se puede llevar a cabo de diferentes maneras, dependiendo de la naturaleza del producto. Así, si el producto es cementoso, se efectúa la recogida en húmedo, mientras que si es puzolánico se puede efectuar también una re-

cogida en húmedo (en agua). En cualquier caso es posible
ajustar los parámetros de trabajo del reactor, es decir la
velocidad de alimentación, la energía eléctrica y la velo-
5 un producto finamente sinterizado con una cantidad mínima
de pedazos grandes fusionados. Estos últimos, si están pre-
sentes, pueden ser granulados con facilidad por cualquiera
de los métodos conocidos. El sistema tal como se muestra,
está dispuesto de manera tal que aunque reina una atmósfe-
10 ra reductora en la región situada por encima e inmediata-
mente por debajo del contraelectrodo 9, la inyección de
aire en 10 y en otras lumbreras situadas aguas abajo (no
mostradas) son necesarias, harán que el contenido de carbo-
no sea quemado totalmente y se combine con cualquier hierro
15 presente en las fases requeridas tal como C_4AF y otras.
Así, el sistema mostrado en la figura 1 no es apropiado pa-
ra la separación de hierro en forma de hierro metálico.

En el reactor de la figura 2, los mismos núme-
ros de referencia se emplean para identificar las mismas
20 partes que en la figura 1. En este reactor, no obstante,
el contraelectrodo está constituido por un fondo de carbo-
no 19, que también actúa como recipiente colector para el
producto fundido. En este caso la operación se lleva a ca-
bo en condiciones suavemente reductoras para la elimina-
25 ción de hierro desde el material de alimentación por reduc

ción del contenido de óxido de hierro del material de alimentación. El hierro metálico producido forma una capa separada 20 en el fondo y puede ser separado de la capa de escoria 21.

5 En este reactor pueden mantenerse si se requieren condiciones oxidantes suaves siempre que el fondo de carbono 19 esté cubierto por material fundido. No obstante, la utilización principal de este reactor consiste en funcionar en condiciones reductoras que permitan la recogida de metal fundido. Los productos (metal 20 y escoria 21) pueden ser sangrados a través de las piqueras 22 y 23 con todo el reactor puede ser hecho inclinarse para retirar el material fundido por el fondo. Si el reactor es hecho inclinable, puede ser vaciado periódicamente, retirando por colada primero la escoria y luego el metal fundido a través del conducto para salida de gases 24. Cuando la escoria fundida es colada puede ser oxidada adicionalmente por medio de un chorro de aire durante los procesos de granulación.

10

15

20 Además del conducto para salida de gases el reactor ilustrado estará equipado preferiblemente con una o más lumbreras de aire para permitir el mantenimiento de condiciones oxidantes suaves en la zona situada inmediatamente por encima de la capa de escoria fundida 21.

25 Desde luego se entenderá que los reactores de

las figuras 1 y 2 pueden ser hechos variar en la práctica en una gran extensión, pero es esencial que se mantengan condiciones de transferencia de energía asociadas con la presencia del plasma en una zona sustancial en la cámara central del aparato. Aunque no es esencial en el reactor de la figura 2 que el material de alimentación sea puesto en contacto con plasma precesivo expandido mientras está en desplazamiento en suspensión, se prefiere grandemente que esto se logre.

La figura 3 representa esquemáticamente un sistema para la fabricación de cemento hidráulico en que una proporción relativamente grande de piedra caliza está contenida en el material de alimentación, tal como ocurre por ejemplo con el cemento portland ordinario. Vertederos de minas de carbón 31 y piedra caliza beneficiada 32 son triturados en trituradores 33 y 34 y almacenados en silos 35 y 36 respectivamente, y son combinados en un mezclador 37. La materia prima mezclada es secada con los gases recirculados a través del conducto 44 y son triturados adicionalmente aunque por regla general se requiere un grado de finura menor que el que se especifica en un procedimiento ortodoxo) en un triturador-secador 38. Si ha de utilizarse un procedimiento en húmedo o semi-seco para mezclar el vertedero de mina de carbón y piedra caliza un secador por atomización 38a puede reemplazar al triturador-secador 38. La

materia prima mezclada y triturada es transferida al silo 39, desde donde es transportada y mezclada con aire caliente en el conducto 43 antes de entrar en ciclón 40 de precalentador. Aire caliente en el conducto 43 es derivado de un granulador de producto 42. Materia prima arrastrada por aire, previamente calentada entra en un reactor de plasma 41 que puede estar construido tal como se muestra en la figura 1 ó en la figura 2 a través de una pluralidad de conductos circunferencialmente separados a iguales distancias (no mostrados) para formar una cortina cilíndrica de partículas que caen sobre la porción superior del plasma en precisión expandido. Los productos que abandonan el reactor 1 entran en un granulador 42, en donde son granulados con la ayuda de un chorro de aire frío a través del conducto 53 y son transferidos a una etapa de trituración final 51, en donde puede efectuarse la adición de activadores u otros modificadores. Finalmente el producto es transferido al silo 52 para producto. Los gases de salida calientes que abandonan el reactor 1, a través de un conducto 46, pueden ser utilizados de un cierto número de maneras, una de las cuales considera la utilización de una caldera de recuperación de calor 47, acoplada con un generador de electricidad 48. La electricidad generada de esta manera, dependiendo del poder calorífico del vertedero de mina de carbón, puede ser suficiente para el reactor de plasma 41,

mientras que las cantidades evacuadas 20 de la caldera de recuperación de calor pueden ser descargadas a través del conducto 50 para utilización ulterior en operaciones auxiliares. La utilización óptima de la mayor parte de las cantidades de calor evacuadas dependerá de un cierto número de factores, de los cuales los más importantes son: el contenido de carbono del vertedero de mina de carbón u otro manantial carbonoso utilizado; y el tipo de producto producido, es decir que implica cantidades grandes o pequeñas de materia calcárea.

La figura 4, muestra en una manera esquemática simplificada todavía otro aspecto de este invento, a saber la producción de una escoria de reactor de plasma. Cantidades iguales de vertederos de minas de carbón y de piedra caliza (un total de 2,8 toneladas) introducidas en un secador/triturador 61, que es abastecido con aire caliente a través del conducto 67 a partir del enfriador 65. El material de alimentación triturado y secado es alimentado a un reactor de plasma 62, generalmente del tipo ilustrado en la figura 1. Aire para la combustión de carbono e hidrógeno es introducido a través del conducto 63, controlando el potencial de oxidación de los productos. El calor en exceso que resulta de la combustión del contenido carbonoso del vertederos de minas de carbón es dirigido a la caldera de recuperación de calor 64 y la escoria de reactor

de plasma resultante es dirigida al enfriador 65. La escoria obtenida (dos toneladas) en este ejemplo puede ser enfriada por agua, ya que de por sí no es cementoso, sino que requiere la adición de cualquiera de los agentes activadores conocidos. La energía recuperada de la caldera de recuperación de calor 64 es convertida en energía eléctrica en el convertidor de energía 66 y es empleada para el funcionamiento del reactor de plasma 42. Los balances de masa y energía indican que por ejemplo, un vertedero de mina de carbón con un contenido de 20% de carbón, y con una conversión en electricidad no superior al 30%, es posible producir una amplia gama de escorias de reactor de plasma, que proporciona todo el requisito de energía eléctrica del reactor utilizando el contenido de combustible del vertedero.

La figura 5 ilustra otro esquema para la utilización de los poderes caloríficos de vertederos de minas de carbón en la producción de productos útiles. En el esquema de la figura 5, la utilización principal de los vertederos de minas de carbón consiste en la producción de aglomerados relativamente gruesos por medio de un reactor de plasma precesivo expandido y la utilización de la energía suplementaria liberada y la producción de aglomerados para hacer funcionar un reactor de plasma que produce cemento portland ordinario en condiciones esencialmente endotérmicas.

cas a partir de una mezcla 1:4 de vertederos y de piedra caliza. En este sistema la utilización principal de los vertederos de minas de carbón se encuentra en la producción de los aglomerados fusionados para los cuales existe una demanda amplia y creciente en muchas regiones.

En el diagrama de la figura 5 se utilizan en paralelo dos reactores de plasma 73 y 78. El reactor 73 es abastecido con 0,4 toneladas de vertederos de minas de carbón y 1,6 toneladas de piedra caliza triturada y secada en un secador/triturador 71, ayudado por los efluentes de aire caliente procedentes del enfriador de producto 75. Los gases de escape procedentes del reactor de plasma 73 son utilizados en la caldera de recuperación de calor 74 mientras que el producto es enfriado por aire en el enfriador 75 para rendir una tonelada de cemento portland. El reactor de plasma 78 es abastecido con 6,0 toneladas de vertederos de minas de carbón, triturado a tamaño grueso y es tamizado a un tamaño dentro del margen de 1 a 20 milímetros así como secado en un secador/triturador 77, ayudado por gases calientes procedentes del enfriador de productos aglomerados 80, transportados a través del conducto 82. El gran exceso de calor generado de la descarburación del contenido de carbono de vertederos de minas de carbón con poder calorífico apropiado es utilizado en la caldera de recuperación de calor 79, es alimentado a través de la con-

ducción 81, hasta el convertidor de energía 83, mostrado esquemáticamente, conectado en 84 y 85 para suministrar los requisitos de energía de los reactores de plasma 73 y 78.

5 El tamaño de las conexiones mostradas en 76, 81, 84 y 85 se pretende que represente esquemáticamente la distribución de la energía derivada de los vertederos de minas de carbón y recuperarla por el convertidor de energía 23.

10 La extensión real del calor derivado de los vertederos de minas de carbón variará con el tamaño de las partículas gruesas alimentadas al plasma. La mayor parte de los casos las partículas serán descarburadas solo en una capa superficial, dejando las partículas tratadas con una capa superficial de material puzolánico y vítreo, mientras que el núcleo de las partículas quedará virtualmente inalterado. Esto constituye una importante característica del invento y la superficie vítrea de estas partículas de aglomerados relativamente ligeras deberán ser considerados como precursores de cemento. Deberá hacerse observar que esta capa superficial vítrea está esencialmente exenta de carbón de manera que se encuentra en un estado apto para ser activado en un estado cementoso cuando se le pone en contacto con componentes alcalinos de cemento de una mezcla formadora de hormigón.

15

20

25

De acuerdo con el poder calorífico del contenido carbonoso en los vertederos de minas de carbón es posible disponer la relación de productos aglomerado y cemento o precursor de cemento de una manera tal que la energía

5 térmica suplementaria liberada del mineral tratado en los reactores de plasma 73 y 78 procedentes de los vertederos de minas de carbón es suficiente para proporcionar la energía eléctrica necesaria para hacer funcionar los reactores. Aunque existe la posibilidad de proporcionar toda la electricidad requerida por el procedimiento, no siempre es necesario ni desde luego practicable ni económico, utilizarla.

10

Hablando de modo general, el invento crea un procedimiento y un aparato para la fabricación de cuatro

15 grupos distintos de productos que están enumerados según los requisitos de energía ascendentes:

(1) Aglomerados.-- estos requieren un simple desarrollo de suficiente resistencia mecánica por fusión de dicho fusiónamiento apropiado con el desarrollo de la fase

20 gaseosa. En muchos casos, será suficiente una capa superficial del grueso apropiado de dicho vidrio, formado durante el paso a través de plasma. Estos aglomerados no necesitan contener nada de cal, y por lo tanto tienen bajos requisitos de energía.

25 (2) Tipo de cuerpos CCP (cenizas de combustible

pulverizadas) puzolánicas. Que contienen por regla general sólo una pequeña cantidad de CaO (1-15%) en el producto y por lo tanto requieren una pequeña cantidad de energía para convertir en la etapa de CaO el contenido original de CaCO₃ de piedra caliza o greda. Estos cuerpos consisten igualmente de modo principal en aluminosilicatos y en algunos silicatos de hierro, pero pueden comprender también solo sílice, por ejemplo arena con alguna pequeña cantidad de óxido de hierro. Se puede añadir material calcáreo o este puede estar ya presente en cantidad suficiente. Los productos son de estructura vítrea.

(3) Tipos de cuerpos de escoria puzolánicas. Estos son también vítreos, y en realidad están asociadas siempre con la estructura vítrea buenas propiedades puzolánicas (estos se aplica también a PFA puzolánico) y la cristalinidad no trae consigo propiedades puzolánicas. Los cuerpos del tipo de escoria requieren generalmente más cantidades de CaO en el producto (de 25 a 46%) y por lo tanto su formación requiere más energía para convertir CaCO₃ en CaO que la que se requiere para la producción de CGP puzolánico.

(4) Cuerpos de cemento portland. Estos cuerpos son en sí cementosos y todos sus componentes cementosos son cristalinos. Su formación global es mucho más endotérmica debido a los grandes requisitos de CaO que son de apro

ximadamente 60 a 70% de CaO en el producto.

Deberá mencionarse que la fabricación de cuerpos cementosos con un contenido de CaO en el producto de 50-60% es antieconómica a causa de que no son cementosas algunas de las fases que se formarán a partir de dichas composiciones. En el diagrama ternario simplificado CaO-SiO₂-Al₂O₃, el presente invento extiende la técnica de producir cuerpos puzolánicos y cementosos a regiones mucho más amplias que lo que es practicable con hornos rotatorios convencionales. Las limitaciones de tecnología ortodoxa son debidas a la incapacidad de los hornos rotatorios de tratar alimentaciones con una relación de sílice muy alta o muy baja. La relación de sílice es definida como

$$\frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

Dado que el presente invento trata la alimentación en sus pensión, estas limitaciones son superadas.

La figura 6 muestra el diagrama de difracción de rayos X tratando una alimentación convencional de piedra caliza/ arcilla para la producción de cemento portland en un reactor de plasma de precesión expandido. La figura 6 muestra el desarrollo de fases altamente cristalinas con todos los componentes necesarios para un comportamiento cementoso típico del cemento portland y sólo un contenido de

cal no combinada residual muy pequeño. La figura 7 muestra por otro lado el contenido altamente vítreo de la escoria puzolánica formada por el tratamiento con plasma de un vertedero de mina de carbón y piedra caliza con sólo picos de cuarzo α cristalino muy insignificantes. Esto es tal como se desea para una escoria puzolánica para mezclarse con cemento portland o con otro activador. La figura 8 muestra el desarrollo de fase vítrea que resulta del tratamiento con plasma de vertedero de mina de carbón puro con los picos característicos debidos a mullita y cuarzo α .

Todos los tres antedichos diseños de difracción de rayos X fueron obtenidos tratando las respectivas materias de alimentación en suspensión.

La composición de la alimentación y del producto de las figuras 8 y 7 es indicada en la siguiente Tabla:

%	100% de vertedero de mina de carbón		50% de vertedero de mina de carbón. 50% de Piedra caliza	
	<u>Alimentación</u>	<u>Producto</u>	<u>Alimentación</u>	<u>Producto</u>
SiO ₂	48,8	56,4	31,3	42,8
Al ₂ O ₃	23,9	30,8	13,3	20,1
Fe ₂ O ₃	3,2	4,5	2,6	3,3
CaO	1,4	1,9	22,4	28,5
MgO	1,2	3,9	1,0	2,7
*PPI	16,0	-	25,0	0,2
**ID	<u>5,5</u>	<u>2,5</u>	<u>4,4</u>	<u>2,4</u>
	100,0	100,0	100,0	100,0
	=====	=====	=====	=====

* Pérdida por ignición

** Indeterminado.

La siguiente Tabla demuestra los resultados obtenidos cuando el producto B de la figura 7 y el producto A de la figura 8 fueron mezclados con cemento portland ordinario en el porcentaje indicado y se compararon con las propiedades obtenidas cuando se añadieron en las mismas proporciones escoria de alto horno convencional y CCP puzolánico convencional.

	<u>RESISTENCIA A LA COMPRESION MN/m²</u>		<u>PUZOLANICIDAD (LEA)</u> [*]	
	<u>PRISMA DE MORTERO I.S.O. CURADO A 20°C.</u>		<u>PRIMA ISOCURADO A 180°C Y A 50°C.</u>	
	<u>20°C</u>		<u>18°C</u>	<u>50°C</u>
	<u>7 DIAS</u>	<u>28 DIAS</u>	<u>7 DIAS</u>	<u>7 DIAS</u>
CEMENTO PORTLAND TESTIGO	40,3	60,1	41,7	38,8
A			SUSTITUCION DE	
SUSTITUCION DE 20%	30,0	53,2	40%	24,7
CCP TESTIGO				
20% DE SUSTITUCION	32,0	50,4	"	22,8
B				
50% DE SUSTITUCION	20,0	61,9	"	26,9
ESCORIA TESTIGO				
50% DE SUSTITUCION	26,0	64,0	"	31,8

* F.M. Lea "The Chemistry of Concrete and Cement" página 449.

El tratamiento de materiales de alimentación en materiales precesivos expandidos puede ser aplicado en la industria del cemento de modo de una variedad de diferentes maneras. En particular la utilización de vertederos de minas de carbón y otros materiales carbonosos de bajo poder calorífico proporciona la posibilidad de utilizar un margen mucho más amplio de materiales locales anteriormente considerados sólo como desechos o relativamente inútiles. El reactor de plasma puede ser utilizado como un sustituto de un horno rotatorio convencional y debido a su pequeño tamaño puede ser instalado en donde un horno existente requiere sustitución.

En la otra alternativa los gases de escape procedentes de un reactor de plasma que produce material puzolánico y que tiene un poder calorífico residual elevado pueden ser suministrados y quemados en un sistema de horno rotatorio convencional.

La figura 9 muestra la composición de materiales cementosos y materiales puzolánicos que pueden ser producidos de acuerdo con el presente invento. En esta figura el área A muestra la composición preferida y típica de un cemento tipo portland. La zona B circundante muestra las composiciones de materiales cementosos que pueden ser producidos de acuerdo con el presente invento. Algunos materiales cementosos que caen dentro de esta zona no pueden ser pro-

ducidos en un horno rotatorio convencional para cemento ya que la relación de sílice/alúmina provocaría la formación de incrustaciones sobre las paredes del horno.

5 La zona C muestra la composición de materiales puzolánicos preferidos mientras que la zona circundante D muestra otros materiales puzolánicos útiles que pueden ser traducidos mediante la utilización de plasma precesivo expandido de acuerdo con el invento.

10 La zona E muestra la composición de cementos con alto contenido de alúmina que pueden ser producidos por utilización del invento.

15 Se entenderá que en este diagrama se ignoran componentes distintos de CaO , SiO_2 y Al_2O_3 . No obstante, en composiciones de cemento de la práctica puede estar presente hasta 6% mg o, 6% de óxidos de hierro y hasta el 10% de otros materiales (TiO_2 , MnO etc).

20 No obstante el contenido mínimo de CaO para la formación de materiales del tipo de cemento portland hidráulico es 58% de CaO y el máximo es de 72% y para materiales puzolánicos el contenido máximo de CaO es de 55%.

25 Se han efectuado muchos intentos de utilizar combustibles de baja calidad en la fabricación de cemento pero dichos intentos han limitado su utilización debido a problemas debidos a contaminación con cenizas del clínquer de cemento. La recuperación de la energía térmica en el

reactor de plasma supera este problema. Los gases de escape procedentes del reactor son abastecidos convenientemente al calcinador súbito en que la piedra caliza de la alimentación de cemento es calcinada para formar CaO , antes de entrar en el horno rotatorio para cemento.

Tal como ya se ha indicado, el procedimiento puede ser utilizado también para producir cemento y precursores de cemento a partir de materiales de alimentación que tengan un elevado contenido de hierro y es ventajoso para producir metal utilizable como subproducto así como eliminar hierro, u óxido de hierro indeseables desde el producto.

15

20

25

25107

REIVINDICACIONES

5

10

15

20

25

1ª.- Un procedimiento para la producción de cemento hidráulico y precursores de cemento que comprende alimentar un material desmenuzado dentro de una zona de plasma precesivo expandido en un reactor de plasma del tipo en que al menos una pistola de plasma se mueve orbitalmente alrededor de un eje vertical y es dirigida oblicuamente a dicho eje de órbita vertical hacia un contraelectrodo opuesto, permitir que dicho material desmenuzado descienda a través de la zona de plasma y recoger el material que sale desde dicha zona de plasma, caracterizado porque dicho material tiene un contenido sustancial de sílice o alúmina y cuando está totalmente calcinado tiene una relación de $\text{CaO} : \text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3$ indicado por las zonas sombreadas de la figura 9 y tiene un contenido de CaO menor de 55% o en el margen de 58-72%, conteniendo dicho material en el estado calcinado hasta 6% de MgO, hasta 6% de óxido de hierro y hasta 10% de otros materiales.

2ª.- Un procedimiento de acuerdo con la reivin-



5 dicación 1ª, caracterizado porque dicho material desmenuza
do incorpora una proporción sustancial, o consiste enteramente
en, un material mineral que aparece en la naturaleza
que tiene un contenido carbonoso que tiene un poder calorí
fico disponible.

3ª.- Un procedimiento de acuerdo con la reivin
dicación 2ª, caracterizado además porque dicho material
que aparece en la naturaleza son vertederos de minas de
carbón derivado de operaciones de beneficio de carbón.

10 4ª.- Un procedimiento de acuerdo con la reivin
dicación 2ª, caracterizado además porque dicho material
que aparece en la naturaleza es esquisto de petróleo o are
na de petróleo.

15 5ª.- Un procedimiento de acuerdo con una cual
quiera de las reivindicaciones 1ª a 4ª, caracterizado ade
más porque se incorpora en el material desmenuzado una pro
porción de carbón, aceites hidrocarbonados residuales u
otros residuos orgánicos.

20 6ª.- Un procedimiento de acuerdo con una cual
quiera de las reivindicaciones 2ª a 5ª, caracterizado ade
más porque el material desmenuzado es puesto en contacto
con una corriente de gas que contiene oxígeno mientras to
davía está en forma finamente dividida después de salir de
la zona de plasma.

25 7ª.- Un procedimiento de acuerdo con las reivin

5 dicaciones 2ª a 6ª, caracterizado además porque el material desmenuzado es recogido en un depósito de escoria fundida en el fondo del reactor y porque dicha escoria es puesta en contacto con gas que contiene oxígeno subsiguientemente a la retirada desde el reactor.

10 8ª.- Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2ª a 7ª, caracterizado además porque efluentes gaseosos procedentes del contacto del material tratado con plasma son puestos en contacto adicionalmente con gas que contiene oxígeno con el fin de recuperar poderes calóricos.

15 9ª.- Un procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2ª a 8ª, caracterizado además porque el material desmenuzado tratado con plasma y/o el efluente gaseoso desde el mismo es hecho reaccionar con un gas que contiene oxígeno en un sistema de caldera de recuperación de calor.

20 10ª.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9ª, caracterizado además porque la energía recuperada de la combustión del material carbonoso es empleada para generar electricidad con el fin de hacer funcionar el reactor de plasma.

25 11ª.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2ª, caracterizado además porque el material que aparece en la naturaleza es triturado a partículas de tama

ño de aglomerados en el margen de 1 a 20 milímetros y es hecho pasar a través de una zona de plasma en condiciones que forman una capa superficial vítrea sobre dichas partículas.

5

12ª.- Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11ª, caracterizado además porque las partículas de tamaño de aglomerados de material de vertederos de minas de carbón son puestas en contacto en forma de suspensión con gas que contiene oxígeno al salir de la zona de plasma del reactor de plasma.

10

13ª.- Un procedimiento para la producción de cemento hidráulico y precursores de cemento.

15

Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

Esta Memoria consta de treinta y ocho hojas escritas a máquina por una sola cara.

20

Madrid, 02 NOV 1977

P.A.

Oscar de Elzaburu
Por Poder.

25

25107

MPB.-

HOJA DE LEYENDAS FIGS. 6, 7 y 8

A = Alita

B = Belita

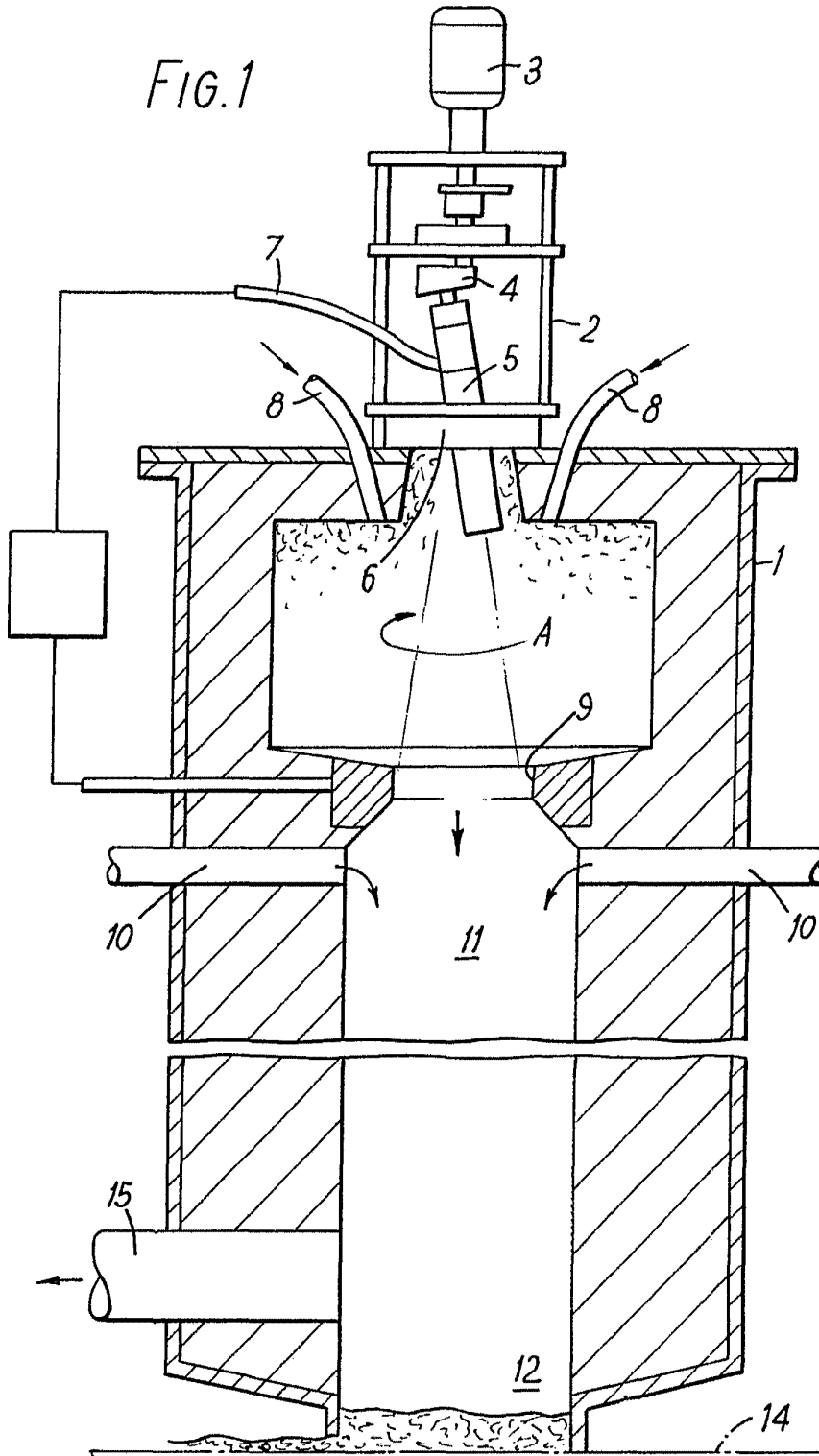
CaS = Silicato de calcio

C = Cuerdo

M = Mulita

67335

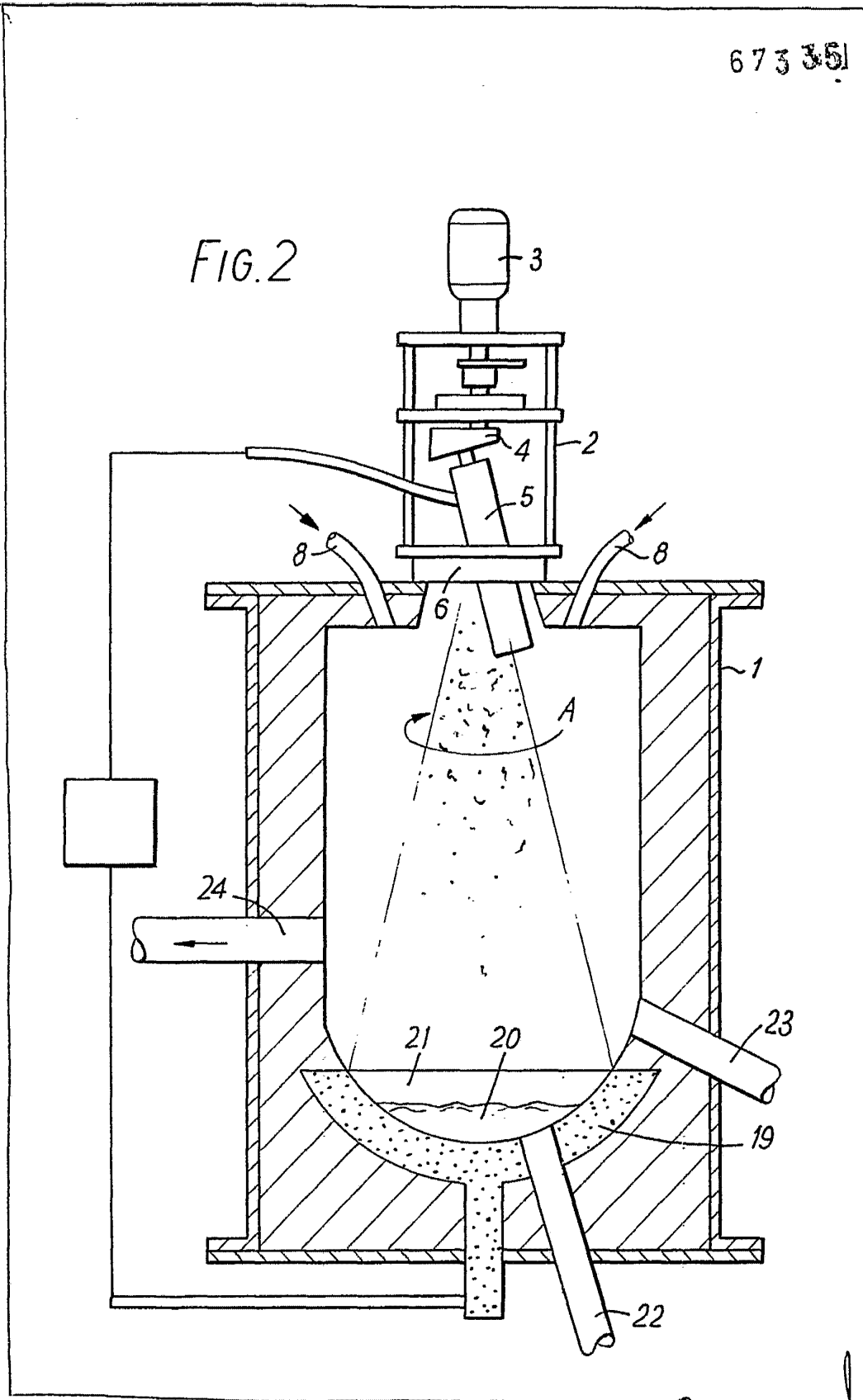
FIG. 1



Copyright by Tetronics
Inc. 1967
[Signature]

673351

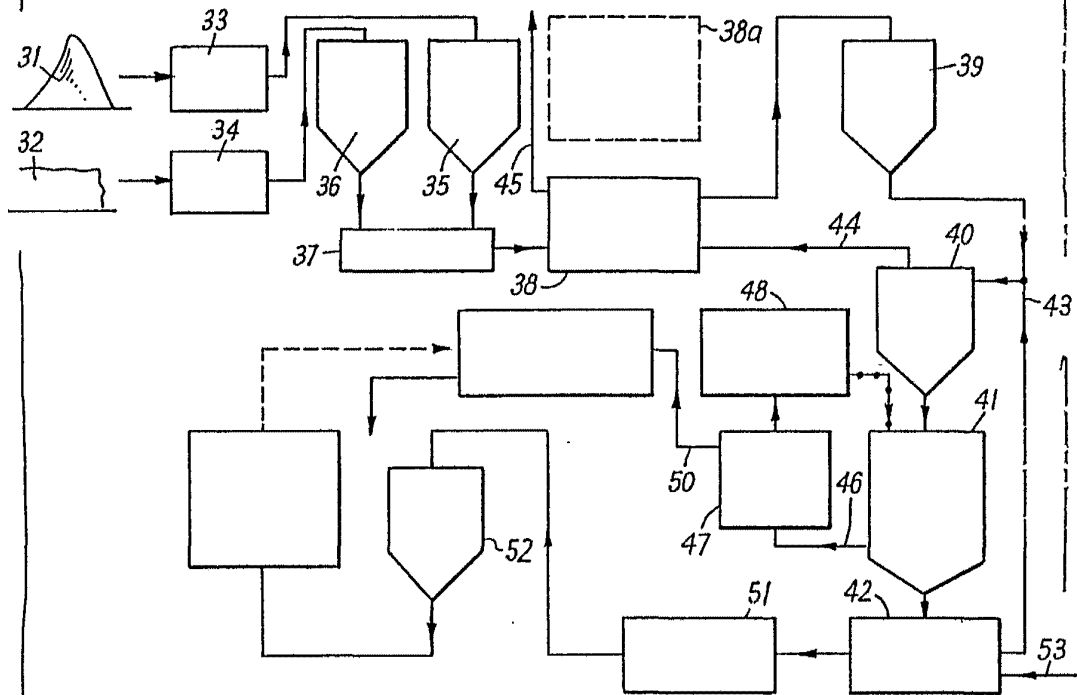
FIG. 2



Oscar de Elizaburu
Por Poder

67335

FIG.3



Oscar de Elizaburu
Pat. Feder.

FIG.-6

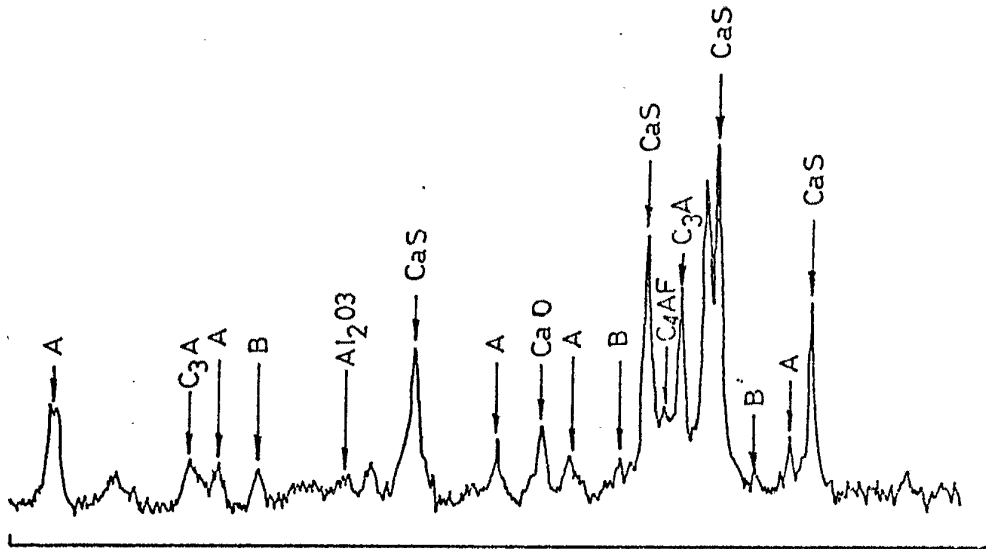
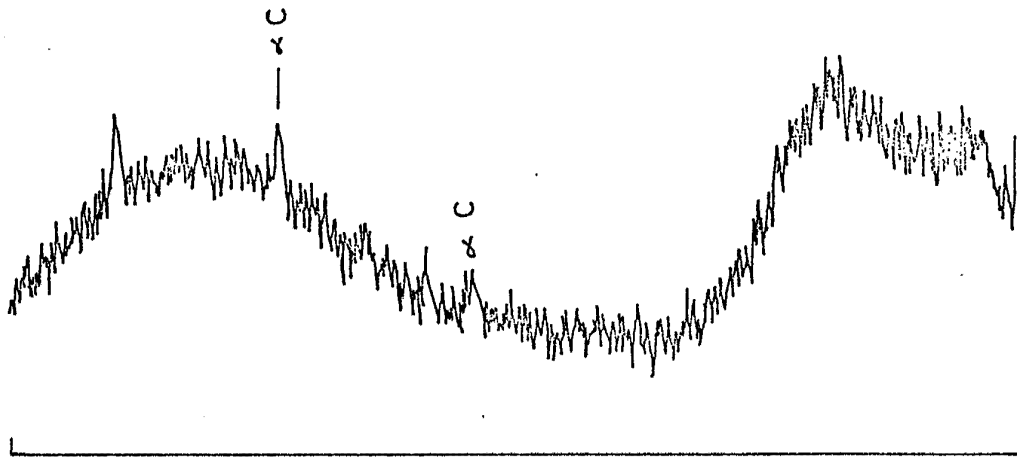
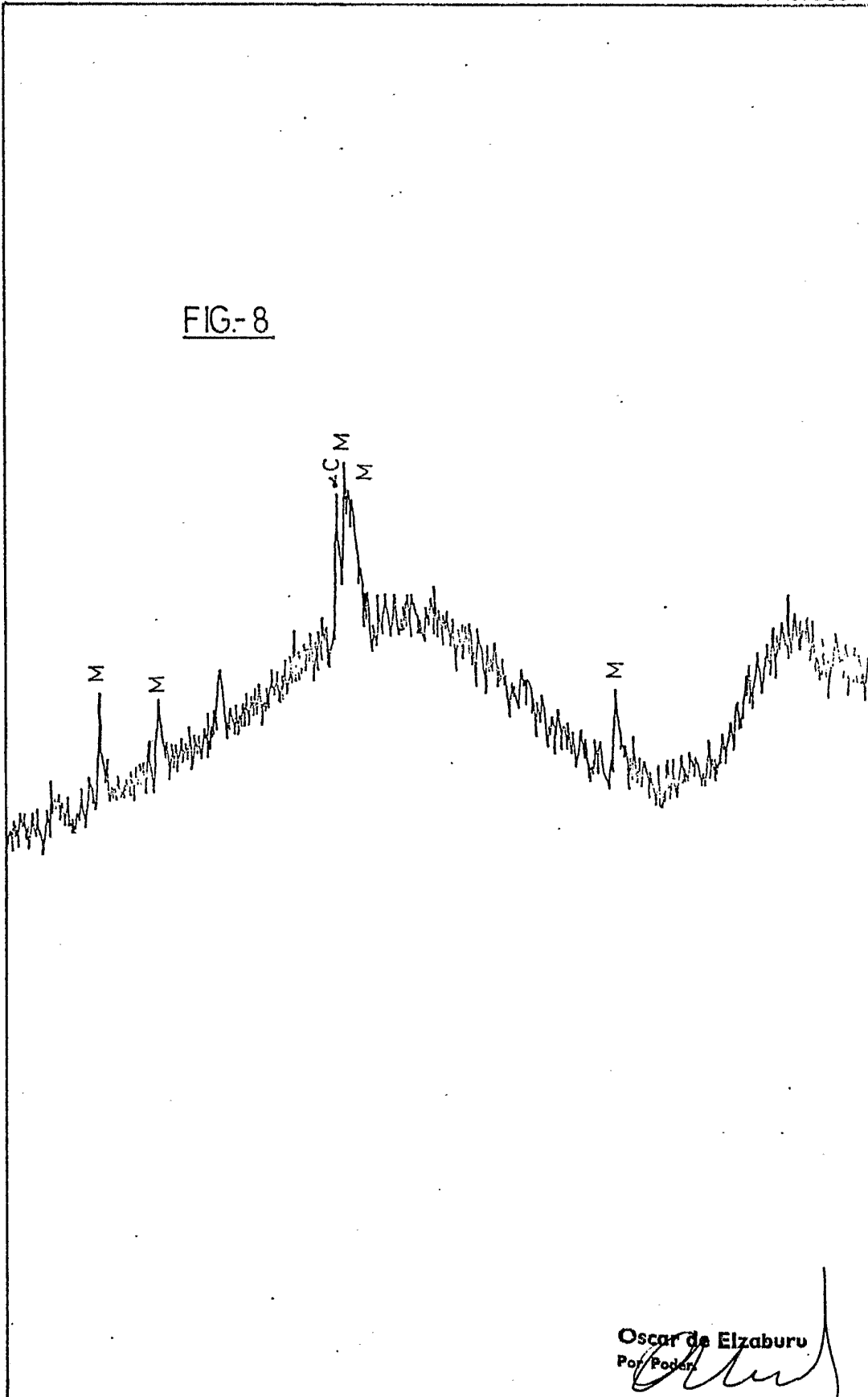


FIG.-7



Oscar de Elizabeth
For Paper.

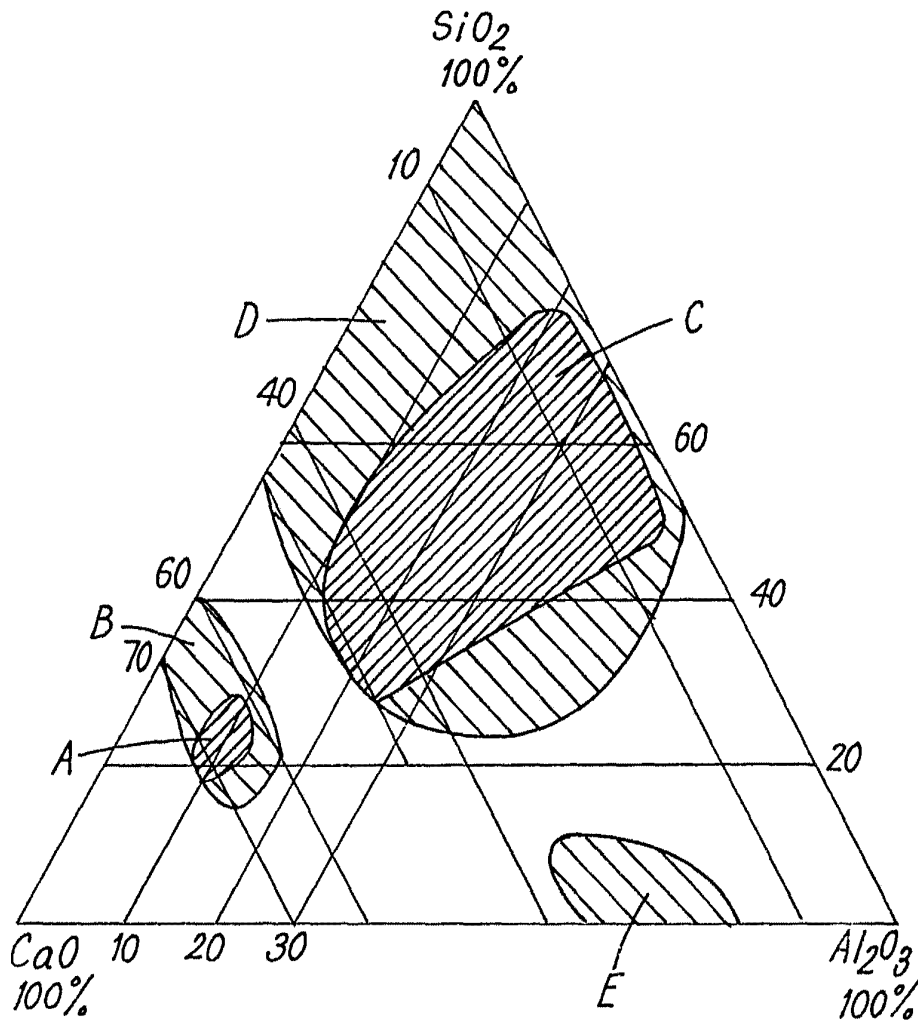
FIG.- 8



Oscar de Elzaburu
Por Poder

673351

FIG. 9



Oscar de Elzaburu
Por Fedr.