



(11) **MX 2013008234 A**

(12)

## SOLICITUD de PATENTE

(43) Fecha de publicación: **09/01/2015** (51) Int. Cl: **C04B 7/06** (2006.01)  
**C04B 7/02** (2006.01)  
(22) Fecha de presentación: **09/07/2013**  
(21) Número de solicitud: **2013008234**

(71) Solicitante:  
**CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO  
TECNOLÓGICO EN ELECTROQUÍMICA, S.C  
Parque Tecnológico Querétaro 76703 PEDRO  
ESCOBEDO Queretaro MX**

(72) Inventor(es):  
**FRANCISCO ESTRADA ARREOLA  
Parque Tecnológico Querétaro S/N PEDRO  
ESCOBEDO Queretaro 76703 MX  
JOSÉ DE JESÚS PÉREZ BUENO**

(74) Representante:  
**CLAUDIA RÍOS ÁLVAREZ  
Camino a los Olvera No.44 Corregidora Queretaro  
76904 MX**

(54) Título: **MATERIAL LIGERO DE CENIZA VOLANTE DE TIPO CONCRETO CELULAR.**

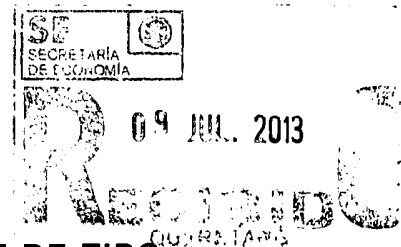
(54) Title: **LIGHT MATERIAL OS FLY ASH OF THE CELLULAR CONCRETE TYPE.**

(57) Resumen

Esta invención describe a un material novedoso de ceniza volante, de peso ligero capaz de disminuir las cargas muertas, vinculado principalmente al ramo de la construcción a partir del residuo industrial denominado cenizas volantes. En el método de obtención no es necesario incorporar aire retenido, agente químico (agente espumante) o algún agregado de peso ligero (densidad < 0.1 kg/cm<sup>3</sup>). El material ligero de ceniza volante se deriva de un tratamiento térmico, en un amplio rango de temperaturas (entre 100 - 1400 °C) a una composición cementante de ceniza volante, integrada por un residuo industrial, como la ceniza volante y una solución química alcalina de sílice en condiciones alcalinas pH > 7 a través del proceso sol-gel. Este material ligero de ceniza volante tiene una resistencia a la compresión superior a 100 kg/cm<sup>2</sup> y posee una densidad superior a 1500 kg/m<sup>3</sup>, por lo que este material es capaz de disminuir las cargas muertas en la construcción principalmente de losas o azoteas. Además, opera como material refractario ya que es capaz de tolerar temperaturas altas de hasta 1600 °C.

(57) Abstract

The present invention describes a novel material of fly ash, having a light weight, able to reduce the dead loads, which is mainly linked to the construction field by the industrial residue know as fly ash. The obtention method does not require retained air, a chemical agent (foaming agent) or any aggregate of light weight (density < 0.1 kg/cm<sup>3</sup>). The light material of fly ash results from a thermal treatment, in a wide range of temperatures (of from about 100 - 1400 °C) performed to a cementing composition of fly ash, which is integrated by an industrial residue, such as fly ash and a chemical alkaline solution of silica under alkaline conditions pH > 7 through the sol-gel method. This light material of fly ash has a compression resistance higher than 100 kg/cm<sup>2</sup> and has a density higher than 1500 kg/m<sup>3</sup>, therefore this material being able to reduce the dead loads in the construction, mainly slabs and roofs. In addition, the invention is operated as a refractory material since it is able to resist high temperatures of up to 1600°C.



## **MATERIAL LIGERO DE CENIZA VOLANTE DE TIPO CONCRETO CELULAR**

### **5 CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCIÓN**

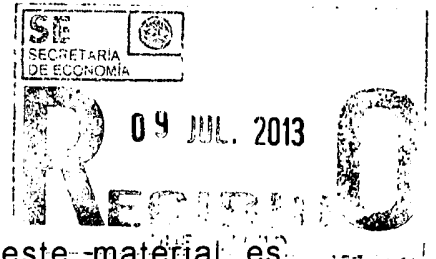
- La presente invención está principalmente vinculada con la industria de la construcción, ya que el material descrito en esta invención es capaz de disminuir las cargas muertas de construcción, además de poder operar como material refractario.
- 10 Este material promueve la utilización de residuos industriales, como las cenizas volantes. Mitigando con esto el problema ambiental de confinamiento que generan este tipo de residuos.

### **OBJETO DE INVENCIÓN.**

- 15 El objeto de la presente invención se refiere a un material de ceniza volante, de peso ligero o celular que puede ser utilizado como material para construcción para disminuir las cargas muertas, derivado de un tratamiento térmico a una mezcla cementante, integrada por un residuo industrial, como la cenizas
- 20 volante y una solución química alcalina de sílice en condiciones alcalinas  $\text{pH} > 7$  obtenida a través del proceso sol-gel.

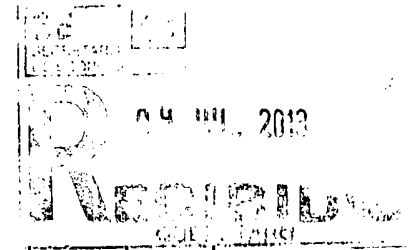
### **ANTECEDENTES**

- Hoy en día el concreto derivado del cemento Portland, es el
- 25 material de más importancia y utilizado en la industria de la



construcción. Sin embargo, la utilización de este material es  
inconveniente en donde el factor de la carga muerta es un factor  
importante (generalmente en la construcción de losas de  
entrepisos y azoteas), ya que en dichas construcciones están  
5 diseñadas para tolerar el peso muerto de si mismas, de las  
personas e inmobiliario, lo cual resulta en el alto costo de la  
obra. Una opción de bastante aceptación es la utilización de  
concreto de peso ligero el cual posee una densidad entre 200-  
1900 kg/m<sup>3</sup>, densidad capaz de disminuir las cargas muertas.  
10 Además, la utilización de este tipo de material mejora el  
aislamiento térmico de la construcción, ideal para construcción  
en lugares de clima extremo (calor o frio), y disminuye los costos  
de transporte. La adición de agregados ligeros o aire en la  
preparación del concreto, y mediante la adición de un agente  
15 químico generador de espuma o gas (concreto celular), son  
formas en las que se puede obtener este material ligero para el  
ramo de la construcción.

En la presente solicitud se refiere a una composición cementante  
como un agente aglomerante que endurece para formar un medio  
20 de unión entre los sólidos. En el estado de la técnica el  
documento de patente MX 2007009959 A, describe una  
composición cementante de peso ligero, conformada por cemento  
convencional y partículas (polímeros) que tienen un diámetro  
promedio de 0.2 mm a 8 mm, con una densidad volumétrica de  
25 0.03 kg/m<sup>3</sup> a 0.64 kg/m<sup>3</sup>, en donde una vez después de que se  
fija, la formulación puede alcanzar una resistencia a la  
compresión de 119.51 kg/cm<sup>2</sup>.



El documento de patente MX 2007011640 A, también describe una composición cementante ligera conformada principalmente de cemento convencional, partículas que tienen un diámetro 0.2 a 8 mm y una densidad de  $0.028 \text{ kg/m}^3$  a  $0.64 \text{ kg/m}^3$ , y arena y/o  
5 agregado fino, en donde por lo menos una porción de arena y/o agregado fino tienen un módulo de fineza menor a 2.

El documento de patente MX PA03000467 A, describe una composición y método para producir un concreto de peso celular ligero, cuya densidad es desde  $721 \text{ kg/m}^3$  hasta  $1441.5 \text{ kg/m}^3$ ,  
10 con una resistencia de hasta  $438.42 \text{ kg/cm}^2$  después de los 28 días. Este tipo de concreto se elabora mezclando cemento convencional, fibra, un agregado de peso ligero, un agente de formación de gas (polvos de zinc, de aluminio, magnesio, sulfato de magnesio y mezcla de los mismos) o generación de espuma  
15 (sales alcalinas, resinas naturales, ácidos grasos, compuestos orgánicos sulfonados y mezclas de los mismos), y un agente de reducción de contracción en un mezclador de concreto convencional.

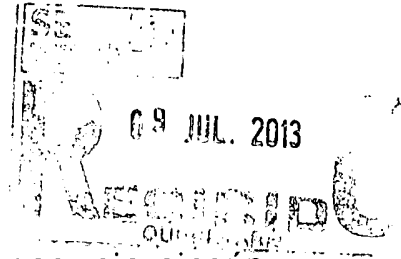
En el documento de patente MX PA01010271 A, describe el  
20 método de preparación de un concreto ligero a partir de un aditivo polimérico orgánico (derivado de celulosa, un polisacárido o hidrófilo sintético) y aire retenido. Este aditivo es apropiado para el fabricado de concreto ligero cuyo agregado es el poliestireno ya que mejora la dispersión de este componente y su  
25 interacción con la mezcla cementante. La combinación de estos componentes permite la producción de concreto de peso ligero cuya densidad puede variar de  $450$  hasta  $1200 \text{ kg/m}^3$ .

En el documento de patente WO 2009/035594 A2, describe un  
concreto ligero con capacidad de ser atornillado e incrustado  
similar a la madera, conformado por un agregado ultraligero,  
como la perlita expandida, una combinación de perlita expandida  
5 con esperas de poliestireno de un tamaño particular de partícula  
promedio (1-2.5mm), aire retenido, una composición cementante  
de cemento Portland, arena o un elemento de relleno fino de  
cuyo tamaño no es superior al de la arena, una puzolana (ceniza  
volante) y como opcional microfibras (PVA) como elemento de  
10 refuerzos.

En el documento de patente MX 2007008020 A, describe una  
formulación cementante de peso ligero reforzada con fibras de  
polivinil alcohol (PVA). Esta formulacion está compuesta por una  
mezcla de agua, aglutinante inorgánico (yeso, cemento Portland  
15 o cemento hidráulico), fibras de PVA, microesferas cerámicas de  
peso ligero y/o de polímero, y mezclas reductoras de agua de  
alto rango/superplastificantes. La densidad de los paneles  
derivados de esta composición es menos de 1121-1360 kg/m<sup>3</sup>.

El documento de patente CA 2 416 493 A1, describe un concreto  
20 celular ligero con densidad de 736 a 1140 kg/m<sup>3</sup> y una  
resistencia a la compresión de 70.3 a 421.8 kg/cm<sup>2</sup>. Este  
concreto está conformado por cemento convencional, agregado  
ligeros de densidad de 5.888 kg/m<sup>3</sup>.

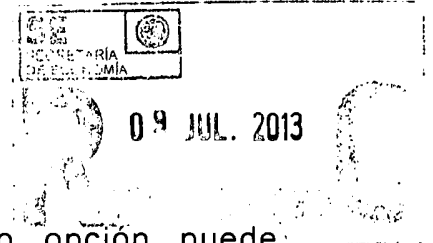
La ceniza volante es el subproducto de la generación de  
25 electricidad en las plantas termoeléctricas, la demanda de esta  
energía cada vez se está incrementando en gran parte por el  
desarrollo industrial, por lo que hoy en día las estaciones  
termoeléctricas generan anualmente una cantidad considerable



de ceniza volante, la que en su mayoría se dispone, sin ningún confinamiento adecuado, provocando con esto un serio problema de disposición de este subproducto con consecuencias ambientales a corto y largo plazo. Por lo que la reutilización de este tipo de residuos cada vez será más imperante. Una de la aplicación más importante de la ceniza volante en la industria de la construcción es como sustituto del cemento Portland o aditivo para la elaboración de concreto. Al referente en el estado de la técnica respecto a concretos ligero conformado por ceniza volante, el documento de patente WO 2010/036512 A2, describe el método de preparación de una composición cementante de ceniza volante de peso ligero y de rápido fraguado conformada por ceniza volante, sal de un metal alcalino de ácido cítrico, un agregado ligero y agua. La densidad de esta composición alcanza valores por debajo de  $1852 \text{ kg/m}^3$ , y un desempeño mecánico superior a  $730 \text{ kg/cm}^2$ .

El documento de patente WO 2012/091915 A1, describe un método de preparación de una composición cementante de ceniza volante ligera de fraguado rápido, conformada por ceniza volante, sal de un metal alcalino de ácido cítrico, un agente espumante, un agente estabilizador de espuma, sulfato de calcio y agua. El fraguado de esta composición cementante se logra en menos de 20 minutos.

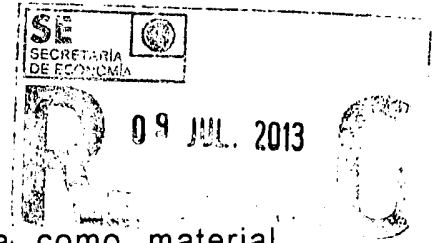
El documento de patente WO 2012/092047 A1, describe el método de preparación de una composición cementante de ceniza volante de peso ligero. Este método combina ceniza volante, sal de un metal alcalino de ácido cítrico, agente espumante como alcohol polivinilo, silicatos de algún metal



alcalino y agua. En esta composición como opción puede incorporarse al cemento Portland. El desempeño de la composición cementante de ceniza volante es superior a  $84.36 \text{ kg/cm}^2$  y su densidad llega a tener valores por debajo a  $1200 \text{ kg/m}^3$ .

- 5 Algunos documentos de patente también describen la aplicación de la ceniza volante como elemento principal en un nuevo método para la producción de unidades de mampostería de ceniza volante no vitrificadas durables (documento de patente MX 200701664 A) y por otro lado el documento de patente WO  
10 2011/108817 A2, describe a un material cerámico y proceso de obtención de ceniza volante, poroso y aislante térmico, obtenido bajo un tratamiento térmico de al menos  $900 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Los documentos de patente mencionados anteriormente, describen composiciones cementantes o métodos novedosos  
15 para la elaboración de concreto ligero o celular (densidad  $< 1800 \text{ kg/m}^3$ ), de gran desempeño para su aplicación en el ramo de la construcción, a diferencia de la presente invención el material de ceniza volante ligero, es obtenido sin la necesidad de incorporar aire retenido, agente químico (agente espumante) o algún  
20 agregado ligero, ya que se deriva de un tratamiento térmico en un amplio rango de temperaturas (a partir de una temperatura de  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ ) a una mezcla cementante, integrada por un residuo industrial, como la ceniza volante y una solución química alcalina de sílice en condiciones alcalinas  $\text{pH} > 7$  obtenida a través del  
25 proceso sol-gel. Este material ligero de ceniza volante tiene un desempeño mecánico (resistencia a la compresión) de  $107.5 \text{ kg/cm}^2$ , y posee una densidad de por lo menos de  $1500 \text{ kg/m}^3$ , por lo que este material es capaz de disminuir las cargas



muertas en una construcción. Además, opera como material refractario ya que es capaz de tolerar temperaturas altas en el rango de 1000-1600 °C. Asimismo, este material promueve la utilización de residuos industriales, como las cenizas volantes.

- 5 Mitigando con esto el problema ambiental de confinamiento que generan este tipo de residuos a corto y largo plazo, por lo que garantiza que el material ligero de ceniza volante alternativo de tipo concreto de peso celular sea amigable con el medio ambiente y cuya aplicación esta principalmente vinculado al el
- 10 ramo de la construcción.

#### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION.**

La invención propuesta describe a un material novedoso de ceniza volante, de peso ligero capaz de disminuir las cargas

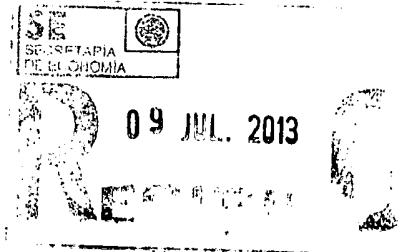
15 muertas. En el método de obtención no es necesario incorporar aire retenido, agente químico (agente espumante) o algún agregado de peso ligero (densidad $<0.1\text{kg/cm}^3$ ). El material ligero de ceniza volante se deriva de un tratamiento térmico, en un amplio rango de temperaturas (entre 100-1400°C) a una mezcla

20 cementante, integrada por un residuo industrial, como la ceniza volante y una solución química alcalina de sílice en condiciones alcalinas  $\text{pH}>7$  obtenida a través del proceso sol-gel.

Este material ligero de ceniza volante alcanza una resistencia a la compresión hasta  $107.5\text{ kg/cm}^2$ , y posee una densidad de por

25 lo menos de  $1500\text{ kg/m}^3$ , por lo que este material es capaz de disminuir las cargas muertas en la construcción principalmente de losas de techumbre y paredes. Además, opera como material



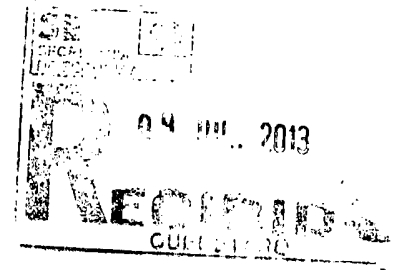


refractario ya que es capaz de tolerar temperaturas altas de hasta 1600 °C. Asimismo, este material promueve la utilización de residuos industriales, como las cenizas volantes. Mitigando con esto el problema ambiental de confinamiento que generan este tipo de residuos a corto y largo, por lo que garantiza que el material ligero de ceniza volante de tipo concreto celular sea amigable con el medio ambiente y cuya aplicación esta principalmente vinculado al el ramo de la construcción.

## 10 **BREVE DESCRICIÓN DE LAS FIGURAS**

En la figura 1 muestra un esquema general del método de obtención del material ligero de ceniza volante a partir de una composición cementante de ceniza volante y un tratamiento térmico. Para la preparación de la solución química alcalina de sílice (A), se incorporan el sílice coloidal (S) y el silicato (sn) a la solución de una base proveedora de alcalinidad  $\text{pH} > 7$ , comprendida de agua potable (H) e hidróxido de sodio (N). En el mezclado (B), las cenizas volantes (Cv). Después del fraguado, se obtiene un material de composición cementante de ceniza volante (MTR), para finalmente exponerlo a un tratamiento térmico (C) de al menos 1 hasta 78 horas a una temperatura entre 100 a 1400 °C, para obtener un material ligero de ceniza volante (MLC). Las flechas punteadas indican, que dichos elementos son modalidades de la presente invención que pueden o no formar parte del método.

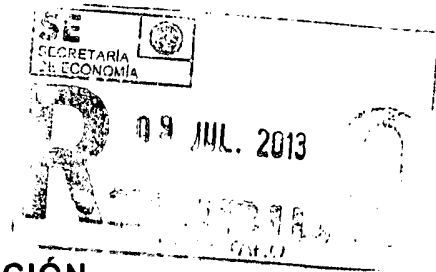
En la figura 2 se muestran los difractogramas de rayos X (XRD), para la ceniza volante (Curva A), material de la composición



cementante de ceniza volante sin tratamiento térmico (curva B) y del material ligero de ceniza volante (C). El material ligero de ceniza volante es obtenido a partir de un tratamiento térmico a 200 °C durante 30 minutos a una composición cementante de ceniza volante. Las fases cristalinas en su mayoría detectadas en el difractograma de ceniza volante de acuerdo a la base datos de The International Center for Diffraction Data (JCDD, por sus siglas en inglés) corresponden en su mayoría al cuarzo (JCPDS 46-1045), mullita (JCPDS 1-074-2419) y cristobalita (JCPDS 39-1425). El difractograma para el material de la composición de ceniza volante muestra que la conformación del material no ocasiona la formación de alguna nueva fase cristalina. Mientras que en el caso del material ligero de ceniza volante es evidente la formación de nuevas fases cristalina de mullita en la posiciones (6 2 0) y (3 2 0).

20

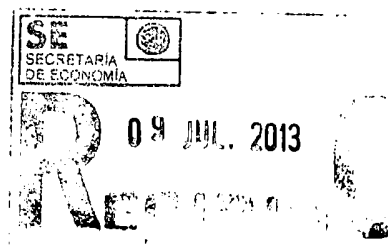
25



## DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

Este material ligero de ceniza volante es obtenido a partir de un tratamiento térmico a una composición cementante conformada por material puzolánico, no se limita a la ceniza volante clase F de acuerdo a la clasificación ASTM C618, establecida por la American Society for Testing and Materials (ASTM, por sus siglas en inglés), también pueden ser utilizados otros materiales como ceniza volante clase C y ceniza natural (N), y una solución química alcalina de sílice que contiene nanopartículas de sílice, incorporadas mediante el proceso sol-gel en medio de pH alcalino  $\text{pH} > 7$ . En México, estas cenizas son derivadas en parte de la combustión de 15 000 toneladas de carbón sub-bituminoso (80%) y bituminoso (20%) diariamente, para producir 1 200 000 kW/h en la planta termoeléctrica "José López Portillo" para generar aproximadamente 2700 toneladas/día de residuo sólido (Adriana Medina *et al.*, Journal of Hazardous Materials, Vol. 181, 2010), por lo que la utilización de ceniza volante en diferentes aplicaciones mitigará el problema ambiental de confinamiento derivado de la disposición de estos residuos. La composición de este material se enlista en la Tabla 1 de acuerdo al análisis de fluorescencia de rayos X (FRX).

Previo al tratamiento térmico, la composición cementante en cuestión, es constituida principalmente por ceniza volante clase F y una solución química alcalina de sílice. La composición cementosa de ceniza volante varía en el intervalo de 12 a 75% en peso de ceniza volante. Preferiblemente el rango óptimo es de 55 a 65% de ceniza volante. El tratamiento térmico de la composición cementante para la obtención del material ligero



puede ser efectuado bajo una atmosfera oxidante o inerte (presencia de nitrógeno o argón). Se lleva a cabo el tratamiento de la composición cementante de ceniza volante cuando su contenido de humedad ( $H_2O$ ) sea menor de 10 %, ya que el

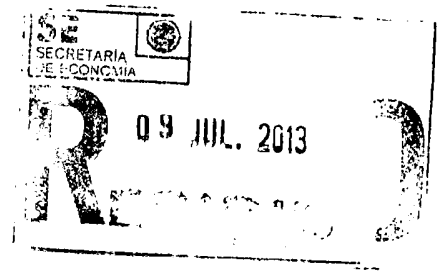
5 material ligero de ceniza relativa es obtenido sin alguna deformación considerable del mismo debido al tratamiento térmico. No obstante es preferible una humedad ( $H_2O$ ) menor a 8% de la composición de ceniza volante. El tratamiento térmico a la composición cementante de ceniza volante puede efectuarse

10 mediante un calentamiento previo entre 0.001-6 °C/minuto hasta llegar a la temperatura del tratamiento térmico deseada, o la exposición de la composición cementante de ceniza volante a la temperatura de tratamiento térmico deseada puede ser en lo inmediato. El rango de temperaturas del tratamiento es de 100 a

15 1400 °C al menos por un minuto. No obstante tomando en cuenta la parte del enfriamiento del material la duración puede ser hasta 78 horas, el material resultante aparte de ser considerado como de peso ligero, puede fungir como material refractario ya que es capaz de tolerar temperaturas por arriba de los 1000 °C hasta

20 1600 °C. El material ligero de ceniza volante es caracterizado por ser una espuma pétreo (estructura formada por huecos debido a un gas retenido en un sólido por la reacción del silicato con aluminosilicatos a causa del tratamiento térmico), los huecos pueden ser mesoscópicos (2-100 nm), macroscópicos (>100 nm)

25 o milimétricos (>0.1mm), o una combinación de los mismos. Su conformación estructural no es afectada por disolución en agua y su presentación es únicamente en forma de piezas sólidas debido a los enlaces químicos del elemento del aluminio con oxígeno y silicio durante el tratamiento térmico.



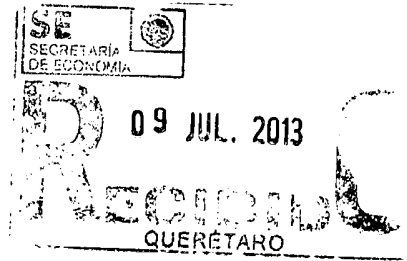
Una modalidad, material ligero de cenizas volante derivado de un tratamiento térmico como el descrito anteriormente a composiciones cementantes con un contenido de 65 a 75% obtenidas mediante la exposición de la mezcla cementante recién preparada a una carga de compresión de por lo menos 0.6-26 kg/cm<sup>2</sup>, siendo el intervalo de 6-13 kg/cm<sup>2</sup> el más adecuado para generar un ahorro de solución química alcalina de sílice a utilizar, por lo que se concibe a un material más económico.

**Tabla 1** Análisis químico por FRX de ceniza volante clase F.

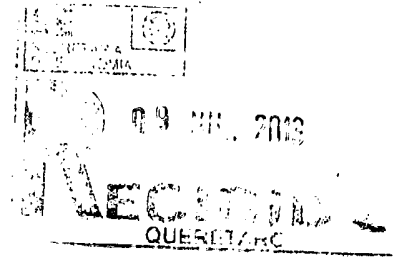
COMPUESTO	% (EN PESO)
SiO <sub>2</sub>	58.89
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24.84
F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.94
MgO	3.23
Na <sub>2</sub> O	1.18
CaO	1.12
K <sub>2</sub> O	1.00
SO <sub>3</sub>	0.87
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.45
TiO <sub>2</sub>	0.07
MnO	0.01
Otros	3.40
Total	100.00

10

El tratamiento térmico de la composición cementante de ceniza volante es precedida por la preparación de solución química alcalina de sílice (soluciones sol-gel). En este proceso se lleva a



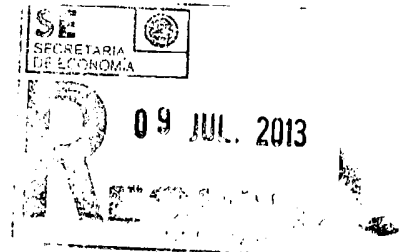
cabo la integración de nanopartículas a través del proceso sol-gel. En la preparación son considerados los siguientes componentes; silicato de metal alcalino, preferentemente el silicato de sodio, y todas sus modalidades de hidratación (Na<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub> nH<sub>2</sub>O, donde n =5, 6, 8 y 9), que puede ser encontrado bajo la designación comercial de Insumos Químicos del Centro<sup>®</sup>. Sílice coloidal estabilizada, este componente está conformada por un conjunto de partículas de sílice de escala nanométrica alrededor de 15 a 30 nanómetros con el mismo signo de carga, lo cual hace que se repelen entre sí, por lo que no se aglomeran, lo que llevaría eventualmente a una precipitación. La sílice coloidal estabilizada puede ser encontrado bajo la denominación comercial de OPTACOL<sup>®</sup>, en su presentación NXP-1030 (30% en peso de nanopartículas de sílice, 20-30 µm) y todas sus modalidades de concentraciones en peso en medio acuoso, y finalmente cualquier base proveedora de alcalinidad, como el hidróxido de calcio o de amoniaco. Por lo regular, los preferidos son los hidróxidos de potasio y de sodio, pero el más reactivo es el hidróxido de sodio, que puede ser encontrado bajo la denominación comercial de KIS KAM<sup>®</sup>. Asimismo, entre la bases que pueden ser empleadas, denominadas como fuertes, como las ya mencionadas, NaOH, KOH, CaOH, algunas catalogadas como superfuertes, como hidruro de sodio (NaH) y amida de sodio (NaNH<sub>2</sub>), algunas no solubles, como óxido de magnesio, óxido de calcio, óxido de bario, fluoruro de potasio sobre alúmina o algunas zeolitas.



Finalmente, en la preparación de estas soluciones pueden llevar agua extra o no, de acuerdo a la formulación, el agua puede ser potable de acuerdo a la norma ASTM C 1602-06.

El procedimiento para la elaboración de las soluciones químicas alcalinas de sílice es sencillo, tal y como se describe a continuación:

- Preparación de la solución alcalina  $\text{pH} > 7$  en medio acuoso neutro (en caso de que llevar agua extra).
  - Mezclado del silicato de sodio y el sílice coloidal, por lo menos de 1-5 minutos. El mezclado puede ser manual o se puede auxiliar con cualquier otro dispositivo que facilite dicha operación.
  - Finalmente, se integran la solución alcalina  $\text{pH} > 7$  o el hidróxido de sodio según el caso, y la mezcla de silicato de sodio y sílice coloidal, mezclar hasta obtener una índice de tonalidad de transparencia de al menos del 10%, aunque preferente el rango óptimo para hacer uso de estas soluciones es a partir del 80% de tonalidad de transparencia.
- No está establecido un orden de mezclado, aunque el mezclado de la base proveedora de alcalinidad y el agua potable (conforme a la norma ASTM C 1602-06), por su lado da la oportunidad de controlar el calor desprendido por la reacción de la base proveedora de alcalinidad y el agua, para que en su posterior incorporación con sílice coloidal y silicato de sodio facilite la obtención de las soluciones químicas alcalinas de sílice. Las soluciones químicas alcalinas de sílice más aptas para la



conformación del material ligero de ceniza volante recaen en el intervalo de 4 a 30 % en peso de base proveedora de alcalinidad con respecto a la solución química alcalina de sílice preparada, que otorgan un pH entre 10-14 a la solución y una viscosidad de 1 a 100000 cps.

Una modalidad, material ligero de cenizas volante derivado de un tratamiento térmico como el descrito anteriormente a partir de composiciones cementantes de ceniza volante preparadas con soluciones químicas alcalinas de sílice, sin silicato de sodio en un rango de concentración entre 7 a 14% en peso de base proveedora de alcalinidad en relación a la solución química alcalina de sílice preparada.

La resistencia de un material es la respuesta que éste presenta ante una carga aplicada o esfuerzo. El desempeño mecánico está muy relacionado a la resistencia a la compresión, la cual se determina mediante un ensaye a la compresión. El material ligero de ceniza volante posee una resistencia a compresión hasta 107.5 kg/cm<sup>2</sup> y una densidad de 1500 kg/m<sup>3</sup> por lo que el material objeto de esta invención por sus características puede disminuir las cargas muertas de una estructura, por poseer un peso específico menor a la de un concreto convencional de cemento Portland, ya que la principal carga muerta en una construcción es el propio peso del material. Además, el material ligero de ceniza volante puede fungir como material refractario ya que es capaz de tolerar temperaturas por arriba de los 1000 °C hasta 1600 °C.

Asimismo, el siguiente ejemplo ilustra adicionalmente a la invención:





### Ejemplo 1

Material ligero de ceniza volante, derivado de un tratamiento térmico a 800 °C durante 30 minutos a una composición cementante de ceniza volante clase F con una humedad (H<sub>2</sub>O) del 5% y una solución química alcalina de sílice con las siguientes características: con agua extra (potable conforme a la norma ASTM C 1602-06), pH>7, con una relación de 1:1 en volumen sílice coloidal-agua. Se puede fabricar a partir de los siguientes componentes:

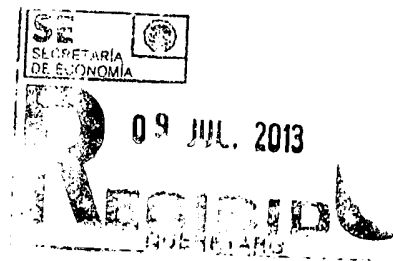
10

**Tabla 2** Material ligero de ceniza volante derivado de un tratamiento térmico a una composición cementante de ceniza volante clase F.

COMPONENTES			
		% en peso	
CENIZAS VOLANTES		63	
Solución	NaOH	37	5
	Sílice coloidal		45
	Metasilicato de sodio		10
	H <sub>2</sub> O Extra		40
PROPIEDADES			
DENSIDAD (kg/cm <sup>3</sup> )		RESISTENCIA (kg/cm <sup>2</sup> )	
1.5		107.25	

Se comprenderá que pueden efectuarse muchas modificaciones en los detalles, materiales, formulaciones y tratamiento como se ha descrito, y de los alcances de esta inventiva tal como se expresa en las reivindicaciones anexas.

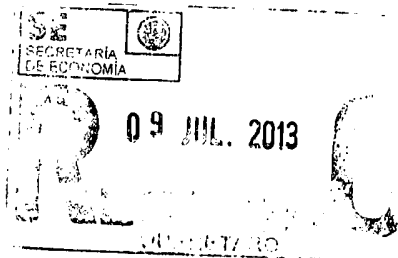
15



## REIVINDICACIONES

Una vez habiendo descrito nuestra invención, que calificamos como novedad y, por lo tanto, apelamos como nuestra exclusiva propiedad lo contenido en las siguientes cláusulas:

- 5 1.- Un material ligero de ceniza volante caracterizado porque comprende una composición cementante con tratamiento térmico entre 100 °C y 1400°C, de ceniza volante y una solución química alcalina de sílice, con un intervalo de porcentaje en peso de base proveedora de alcalinidad de 4 a 30% respecto a la
- 10 solución química alcalina de sílice preparada.
- 2.-Un material ligero de acuerdo a reivindicación 1, caracterizado porque comprende una ceniza volante clase F, C, N o una mezcla de las mismas.
- 3.- Un material ligero de ceniza volante de acuerdo a
- 15 reivindicación 1 y 2, caracterizado porque el rango de temperaturas del tratamiento térmico de la composición cementante de ceniza volante es de 100 a 1400 °C, con una duración de por lo menos 1 minuto, hasta 78 horas.
- 4.- Un material ligero de ceniza volante de acuerdo a
- 20 reivindicación 3, porque la solución química alcalina de sílice en la composición cementante de ceniza volante contienen silicato de sodio,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3\text{nH}_2\text{O}$ , donde  $n = 5, 6, 8$  y  $9$ , y es caracterizada por:
- a) Con o sin disolución en agua c
- 25 b) Con o sin agua extra
- c) Un intervalo de pH de 9-14.
- d) Viscosidad entre 1 - 100,000 cps.



- e) Transmitancia de 0 -95%.
- f) Densidad entre 1.1 a 2.4 kg/m<sup>3</sup>.

5.- Un material ligero de ceniza volante de acuerdo a reivindicación 3, sin silicato en la solución química alcalina de sílice en la composición cementante de ceniza volante y la solución se caracteriza por:

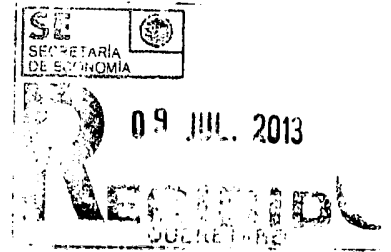
- a) Con o sin disolución en agua.
- b) Con o sin agua extra.
- c) Un intervalo de pH de 9-14.
- 10 d) Viscosidad entre 1 y 100,000 cps.
- e) Transmitancia de 0 - 95%.
- f) Densidad de 1.1 a 2.4 kg/m<sup>3</sup>.

6.- Un material de acuerdo a la reivindicaciones 1, 2, 3, 4 y 5, caracterizado por ser una espuma pétreo.

15 7.-Un material de acuerdo a la reivindicaciones 1, 2, 3, 4 y 5, caracterizada porque tiene huecos mesoscopicos, macroscópicos y milimétricos.

8.-.- Un material de acuerdo a la reivindicaciones 1, 2, 3, 4 y 5, caracterizada porque su presentación es únicamente en forma de piezas sólidas (debido a los enlaces químicos del elemento del aluminio con oxígeno y silicio durante el tratamiento térmico).

20 9.- Un material de acuerdo a la reivindicaciones 1, 2, 3, 4 y 5, caracterizada porque su conformación estructural no es afectada por disolución en agua.



## RESUMEN

Esta invención describe a un material novedoso de ceniza volante, de peso ligero capaz de disminuir las cargas muertas, vinculado principalmente al ramo de la construcción a partir del

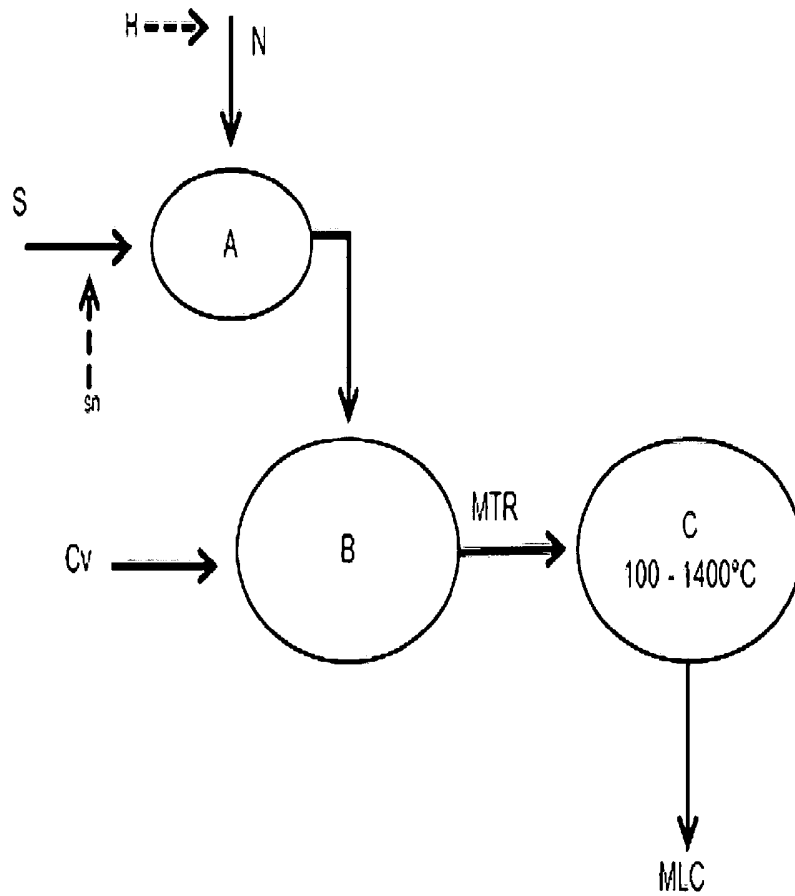
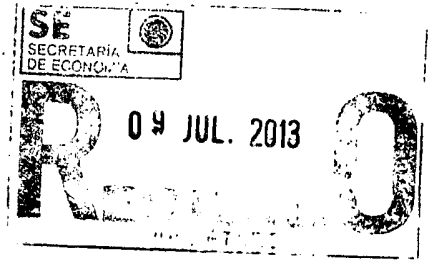
5 residuo industrial denominado cenizas volantes. En el método de obtención no es necesario incorporar aire retenido, agente químico (agente espumante) o algún agregado de peso ligero (densidad $<0.1\text{kg/cm}^3$ ). El material ligero de ceniza volante se deriva de un tratamiento térmico, en un amplio rango de

10 temperaturas (entre  $100\text{-}1400^\circ\text{C}$ ) a una composición cementante de ceniza volante, integrada por un residuo industrial, como la ceniza volante y una solución química alcalina de sílice en condiciones alcalinas  $\text{pH}>7$  a través del proceso sol-gel. Este material ligero de ceniza volante tiene una resistencia a la

15 compresión superior a  $100\text{ kg/cm}^2$  y posee una densidad superior a  $1500\text{ kg/m}^3$ , por lo que este material es capaz de disminuir las cargas muertas en la construcción principalmente de losas o azoteas. Además, opera como material refractario ya que es capaz de tolerar temperaturas altas de hasta  $1600\text{ }^\circ\text{C}$ .

20

25



5

Figura 1

10

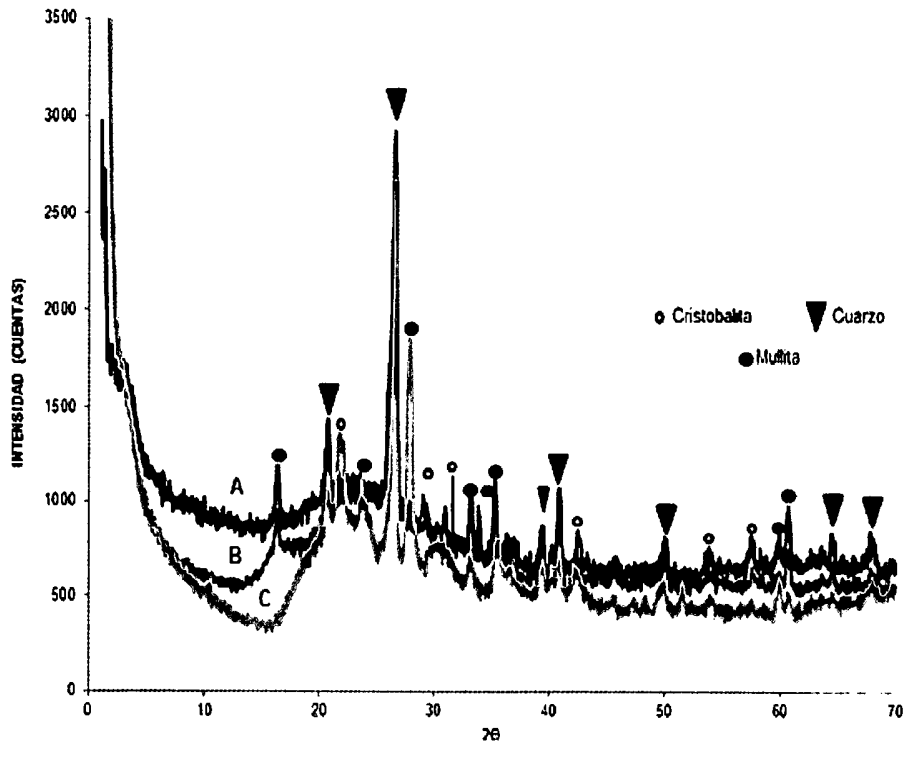


Figura 2