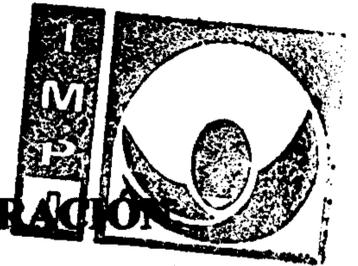
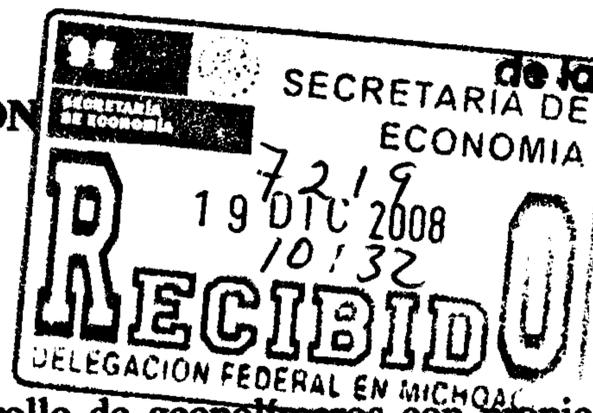




**GEOPOLÍMEROS ANTIBACTERIALES Y SUS MÉTODOS DE ELABORACIÓN**

DESCRIPCIÓN

Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial**OBJETO DE LA INVENCION**

- 5 El objeto de la presente invención trata del desarrollo de geopolímeros con propiedades antibacteriales. Estos materiales pueden ser obtenidos a temperatura ambiente entre 5°C y 45°C, y/o a bajas temperaturas, en alrededor de 45-300°C. Las aplicaciones de estos materiales se enfocan al desarrollo de materiales cerámicos, recubrimientos, materiales compuestos, morteros y concretos geopoliméricos con propiedades antibacteriales útiles en
- 10 clínicas, hospitales, consultorios, guarderías, áreas de preparación y manejo de alimentos así como áreas de higiene personal tales como baños, tinas, lavabos, perillas de llaves, etc.

**ANTECEDENTES**

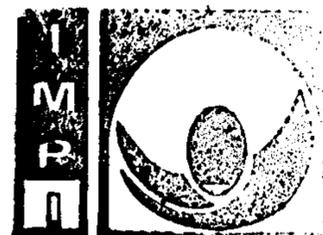
- En la actualidad existen en el mercado una cantidad numerosa de materiales utilizados para eliminar ó minimizar el contacto humano con las bacterias y tienen una amplia demanda en
- 15 áreas de higiene personal, clínicas y hospitales, áreas de preparación y manejo de alimentos, entre otras. Por lo tanto, existen una gran variedad de patentes de productos con características antibacteriales, un ejemplo es la patente WO/1997/049761 la cual se enfoca al desarrollo de superficies sólidas antibacteriales elaboradas con resina poliéster insaturada y cargas minerales las cuales forman un mármol sintético similar al producto Corian® de E.
- 20 I. du Pont de Nemours y compañía. En esta patente los materiales antibacteriales obtenidos son de naturaleza orgánica, específicamente polímeros orgánicos sintéticos, clasificados dentro del estado-del-arte como polímeros termoestables, los cuales tienen la desventaja de



tener una baja resistencia al fuego así como a la radiación ultravioleta. En la patente JP2006206803 (A) de Takase Masumi se encuentra el uso de aluminosilicatos como materiales portadores de iones de plata para su uso en composiciones de resinas orgánicas antibacteriales/antimicóticas.

5 Otro antecedente, pero basado en la química inorgánica lo encontramos en la patente US 5305827, ésta patente se enfoca al desarrollo de recubrimientos hidrofílicos antibacteriales, estos recubrimientos se basan principalmente en el óxido de silicio y silicatos de potasio para formar recubrimientos base silicato, este material también es conocido como vidrio soluble. A éste tipo de recubrimientos se le conoce como adhesivos álcali-silicatos y sus  
10 propiedades, composición y estructura son distintas a los geopolímeros.

Dentro de la propiedad intelectual también encontramos a la patente número US 7223443, en ésta se tiene una composición cementante antibacterial, en donde el cemento utilizado generalmente está elaborado a partir de roca caliza calcinada (óxido de calcio), sílice, alúmina, óxido de hierro, óxido de magnesio y arcillas, las cuales al combinarse con agua,  
15 arena y grava se produce un mortero ó un concreto, el término "cemento" aquí usado se refiere al material de construcción comúnmente conocido de presentación en polvo y que adquiere su resistencia y propiedades adhesivas cuando se combina con el agua. Por lo tanto el cemento considerado al que se refieren en la patente US 7223443 es un cemento hidráulico y por los constituyentes mencionados el cemento hidráulico usado es el cemento  
20 portland, de aquí que se distingan entre dos tipos de cemento dentro del estado-del-arte: a) los cementos hidráulicos y b) los cementos geopoliméricos.



Los cementos geopoliméricos, los cuales se usan en ésta patente son el resultado de una reacción de policondensación mineral por activación alcalina, conocida como geosíntesis en oposición a los cementos hidráulicos tradicionales en los que el fraguado y

5 endurecimiento son el resultado de una hidratación de silicatos cálcicos y aluminatos cálcicos los cuales forman la roca artificial. Los polímeros inorgánicos ó geopolímeros son adhesivos sintéticos desarrollados recientemente y son productos de las reacciones de soluciones álcali- silicato y alumino-silicatos sólidos. Joseph Davidovits en 1979 crea y aplica el término “geopolímero”. Desde entonces estos adhesivos minerales han sido utilizados para el desarrollo de materiales compuestos ó composites, un ejemplo está en la

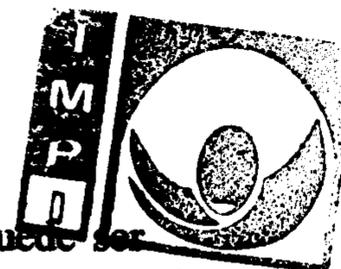
10 patente US 5,244,726 de Laney, et al. y otro en la patente US 4,888,311 de Davidovits et al. Los geopolímeros también se han aplicado en la síntesis de cementos y mezclas de cementos tal como se describe en las patentes US 5,820,668 de Comrie, et al., US 5,194,091 de Laney et.al., US 5,288,321, de Davidovits et al., US 4,642,137 de Heitzmann, et al. y en la US 4,509, 985 de Davidovits et al.

15 Los geopolímeros se han usado para más aplicaciones tales como fabricación de ladrillos, materiales cerámicos, paneles de madera, etc.

El término “cementos geopoliméricos” ó “geopolímeros” hasta el momento no han sido claramente definidos en el estado de la técnica. En general, en la presente solicitud de patente, se emplea como geopolímeros a sistemas cementantes inorgánicos en el que una

20 red tridimensional zeolítica ha sido formada por una reacción de policondensación.

Los materiales precursores incluyen:



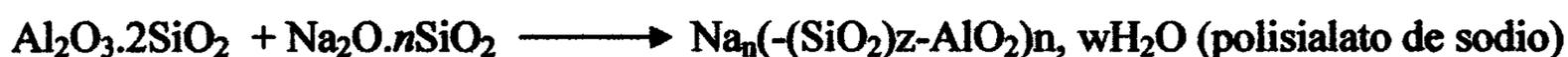
Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

- a) Precursores del tipo aluminosilicato, tal como la meta-caolinita, la cual puede ser fabricada por la calcinación de la caolinita alrededor de los 700°C:



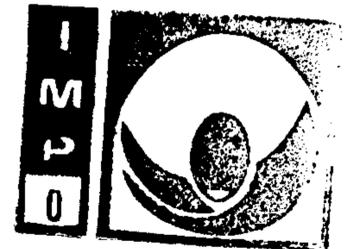
- b) Los precursores también pueden contener cantidades variables, pero limitadas, de otros óxidos, principalmente óxido de calcio, tal como es el caso de la ceniza volante clase "F".
- c) Los polisilicatos de sodio ó potasio ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ ,  $\text{K}_2\text{O} \cdot n\text{SiO}_2$ ), e hidróxidos de sodio y/o potasio los cuales están disponibles en grandes cantidades por la industria química. La función de los hidróxidos de sodio y/o potasio es la de mantener un pH alto en el sistema.

Los productos de la reacción de polimerización que resulta en el fraguado y endurecimiento del geopolímero puede expresarse esquemáticamente como sigue:



Micro-estructuralmente, se pueden considerar a los Geopolímeros como materiales amorfos a semi-cristalinos formados principalmente por redes tridimensionales de estructuras de alumino-silicatos. Para la designación química de geopolímeros, materiales basados en silico-aluminatos, se sugirió denominarlos: polisialatos. Un Sialato es una abreviación para silicato-oxígeno-aluminato. Los polisialatos son polímeros inorgánicos sintetizados u obtenidos en forma de cadenas ó anillos. La red de sialatos consiste en tetraedros de  $\text{SiO}_4$  y  $\text{AlO}_4$  unidos por oxígenos. Adicionalmente, contienen iones positivos tales como:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}_3\text{O}^+$  y estos deben de estar presentes en las cavidades de la red para balancear las cargas negativas del  $\text{Al}^{3+}$  en estado de coordinación de cuatro.

Los polisialatos tiene la fórmula empírica:



$M_n (-(SiO_2)_z-AlO_2)_n, wH_2O;$

En donde z es 1,2, ó 3, M es un catión monovalente tal como potasio ó sodio, y "n" grado de policondensación.

De acuerdo a su relación Si:Al se denominan de la siguiente manera:

5 Si:Al = 1, (-Si-O-Al-O-) como polisialatos

Si:Al =2, (-Si-O-Al-O-Si-O-) como polisialato-siloxo

Si:Al = 3, (-Si-O-Al-O-Si-O-Si-O-) como polisialato-disiloxo

Si:Al mayor a 3, Enlace tipo sialato

10 Por lo tanto, es claro y evidente que las composiciones químicas que presentan los geopolímeros son materiales que no presentan una función "antibacterial ó esterilizante".

Entendiendo como "antibacterial" a cualquier cosa ó material que destruye bacterias ó suprime su crecimiento ó su habilidad para reproducirse. Por lo que los geopolímeros no pueden ser utilizados para aplicaciones donde sea requerida la eliminación o inhibición de dichas bacterias.

15 Con la finalidad de suprimir estos y otros inconvenientes, se pensó en el desarrollo de geopolímeros con propiedades antibacteriales, que se pretenden proteger por medio de la presente solicitud, estos geopolímeros antibacteriales fueron sintetizados y evaluados como se muestra en la descripción detallada de esta invención.

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN.**

20 La presente invención se refiere a una serie de composiciones de geopolímeros con estructura amorfa a semi-cristalina con propiedades antibacteriales y/o antimicóticas. Son materiales que al explotar sus propiedades antibacteriales y/o antimicóticas son útiles para el desarrollo y/o fabricación de materiales cerámicos, morteros, concretos, recubrimientos y



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

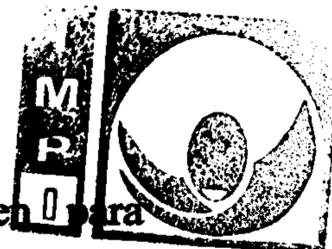
composites antibacteriales los cuales pueden ser aplicados en la industria en general, siendo principalmente útil en las industrias: arquitectónica, decoración y construcción en lugares como clínicas, hospitales, consultorios, guarderías, áreas de preparación y manejo de alimentos así como áreas de higiene personal tales como baños, tinas, lavabos, perillas de llaves, etc.

### **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

El uso y explotación de los geopolímeros se ha centrado en aplicarlo como material aglomerante ó cementante, material cerámico, composite y como abrasivo, entre otras. Sin embargo, sus aplicaciones pueden ampliarse debido a su estructura amorfa a semi-cristalina.

Los geopolímeros, cuya composición química es parecida a la de las zeolitas pero con relaciones molares distintas, lo cual genera que los geopolímeros presenten propiedades macroestructurales diferentes a las zeolitas. Sin embargo, también pueden ser utilizados al igual que las zeolitas como materiales funcionales ó multifuncionales, es decir para más de una aplicación. Tal es el caso de estos geopolímeros antibacteriales que se pretenden proteger con este documento. Todos los detalles característicos de estos geopolímeros antibacteriales y su proceso de fabricación, se muestran claramente a continuación:

Los geopolímeros antibacteriales son composiciones de geopolímeros los cuales son elaborados a partir de cualquier fuente de óxidos de metales alcalinos y/o alcalinotérreos, óxido de aluminio, óxido de silicio y agua en un rango molar determinado de cada uno de ellos, como se describe posteriormente, adicionalmente a las composiciones anteriores deberá agregarse materiales con características antibacteriales los cuales quedaran embebidos dentro de los geopolímeros y brindaran la función antibacterial motivo de esta



invención. Los materiales con propiedades antibacteriales que se prefieren para aplicaciones arquitectónicas y de construcción son cualquier elemento ó compuesto químico que contenga los iones metálicos de las familias I B y II B de la tabla periódica de

Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

los elementos químicos vigente. Siendo los más preferibles para su uso con el contacto

5 humano los iones de  $Ag^+$ ,  $Zn^+$  y  $Au^+$  de los cuales se conocen sus capacidades antibacteriales y antimicóticas por el estado-del-arte actual, siendo además inertes y

estables en el medio fuertemente alcalino de los geopolímeros. Sin embargo, también es

posible utilizar el resto de los iones metálicos de las familias anteriormente mencionadas

para aplicaciones en donde no exista contacto humano directo y no afecte el medio

10 ambiente y su entorno. Complementario a los iones metálicos anteriores también es posible

utilizar compuestos orgánicos antibacteriales tal es el caso del 5-cloro-2-(2,4-diclorofenoxi)fenol, industrial y comercialmente conocido como "Triclosán" y actualmente

utilizado por la industria por ser un potente antibacteriano y fungicida de amplio espectro y

bajo costo comparado con los iones metálicos de  $Au^+$  y  $Ag^+$ .

15 Este material geopolimérico antibacterial puede obtenerse a temperatura ambiente, o si se

desea reducir el tiempo de fabricación e incrementar la productividad puede fabricarse

usando estufas ó hornos convencionales de baja temperatura con un rango de hasta  $300^{\circ}C$ ,

pudiéndose usar cualquier horno con temperaturas mayores a  $300^{\circ}C$  reduciendo aún más el

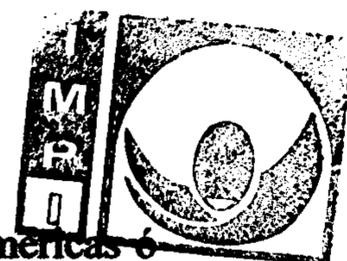
tiempo de fabricación. Los geopolímeros antibacteriales también pueden ser obtenidos a

20 través del uso de microondas reduciendo aún más el tiempo de fabricación

aproximadamente de 15 a 30 min.

Los geopolímeros antibacteriales de la presente invención están constituidos por una pasta

geopolimérica, materiales antibacteriales pudiendo también contener agregados inertes,



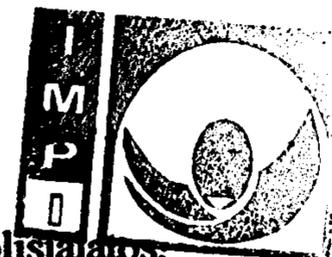
Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

fibras de refuerzo tales como: fibras de vidrio, acero, basálticas, cerámicas, poliméricas ó plásticas, etc. y/o aditivos poliméricos orgánicos tales como emulsiones poliméricas orgánicas y/o monómeros orgánicos.

A continuación se describen estos elementos y sus funciones para la formación, constitución y fabricación de estos geopolímeros antibacteriales:

#### 1. Pasta geopolimérica.

La pasta geopolimérica realiza la función de unir o aglomerar, tanto a los agregados inertes, como a los materiales antibacterianos y/o antimicóticos así como a las fibras de refuerzo si es que el producto las tuviera en su composición. Al igual que las pastas de cemento portland en los concretos y morteros hidráulicos, la pasta geopolimérica también aporta propiedades mecánicas que son evaluadas en conjunto con los agregados, las fibras, y los aditivos poliméricos orgánicos cuando están presentes en la composición, es decir, la pasta geopolimérica una vez policondensada (endurecida) realiza la función específica de una matriz cerámica y los agregados y fibras realizan la función del refuerzo y los aditivos poliméricos cuando están presentes también llegan a modificar las propiedades de la matriz cambiando generalmente su módulo de elasticidad. Sin embargo, a diferencia de otras matrices cerámicas y/o cementantes inorgánicos esta matriz es altamente hidrofílica e higroscópica nunca antes obtenidas con estos cementantes ó aglomerantes inorgánicos ó bien con los cerámicos cristalinos actuales, lo que genera un efecto desecante sobre su superficie, lo cual adicionado a su alto pH favorece la disminución del crecimiento micótico y/o bacteriano, sin embargo no la elimina en su totalidad por lo que se requiere del uso de materiales o agentes con efecto bactericida y/o fungicida como se mencionó anteriormente.



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

Las pastas geopoliméricas ó geopolímeros líquidos son también llamados polisialatos.

Estos materiales pueden ser sintetizados a temperatura ambiente, a partir de los 5°C y hasta 50°C, sin embargo, también se pueden usar temperaturas entre 50°C y 300°C con el uso de

hornos convencionales incrementando la velocidad de policondensación y reduciendo los tiempos de obtención de las pastas geopoliméricas. Químicamente los geopolímeros consisten en redes tridimensionales de tetraedros de aluminatos y silicatos ( $\text{AlO}_4^-$  y  $\text{SiO}_4$ ) balanceados por medio de cationes de metales alcalinos tales como:  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Li}^+$  y  $\text{Cs}^+$ . Los geopolímeros se forman por la reacción de minerales del tipo aluminosilicato con sílice y soluciones acuosas altamente alcalinas MOH, en donde:

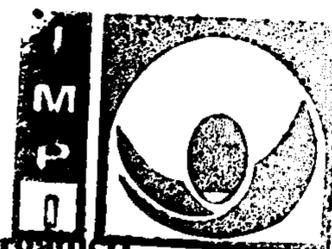
10 M es un catión alcalino:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cs}^+$ ,  $\text{Li}^+$ , etc.

Siendo los más comunes y comercialmente e industrialmente viables los dos primeros.

Estos materiales fueron inicialmente reconocidos en Ucrania por Glukhovsky se les llamó “suelo-cemento”. La hipótesis y trabajo de Glukhovsky se enfocó hacia la durabilidad de los concretos antiguos y establecía que esta durabilidad era por la co-existencia de silicatos de calcio hidratados y aluminosilicatos alcalinos hidratados, sin embargo, fue Davidovits en 1976 quien examinó la estructura química más de cerca y los llamó geopolímeros.

Estos materiales basados en cadenas de polisialatos han dado lugar a un sinnúmero de patentes y productos alrededor del mundo, siendo los principales Davidovits y colaboradores, sin embargo, nadie hasta la fecha había descubierto, usado y explotado las propiedades antibacteriales de estos materiales como se presenta en el presente documento.

20 2. Agregados inertes.



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

Se entenderá por agregado inerte para fines de esta patente a cualquier material inorgánico, orgánico, orgánico-inorgánico e inorgánico-orgánico que no presente reacción química alguna con la pasta geopolimérica ó con el refuerzo si es que lo hubiere.

Algunos ejemplos de agregados inertes pueden ser basaltos, cuarzos, granitos, calcitas, mármoles, micas, perlita expandida ó sin expandir, vermiculita, feldespatos sódicos y/o

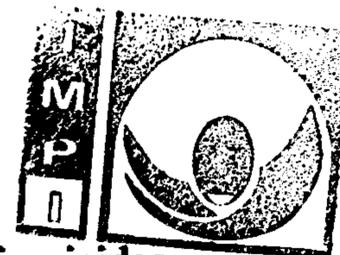
5 pótasicos, magnetita, barita, óxidos de hierro, polvos y desperdicios metálicos, etc.  
—Agregados plásticos ó poliméricos elaborados con resinas poliéster insaturado, monómeros de estireno, monómeros de metilmetacrilato, látex triturado, entre otras.

La función principal de los agregados inertes es la de dar “cuerpo” ó volumen al material geopolimérico antibacterial ayudando además a eliminar los agrietamientos ó fracturas producidas por el proceso de policondensación (transformación de líquido ó semilíquido a sólido). En este proceso la pasta pierde volumen por la evaporación del agua y/o deshidratación, por lo que los agregados inertes realizan la función de absorber y regular los cambios dimensionales.

10  
15 Adicionalmente y dependiendo de la dureza y resistencia mecánica del agregado, su granulometría, área superficial, energía de superficie y ángulos de contacto, este puede ayudar a transmitir los esfuerzos mecánicos a través de los geopolímeros antibacteriales.

### 3. Materiales ó agentes bactericidas y/o fungicidas.

Los materiales ó agentes bactericidas y/o fungicidas tienen la función principal de inhibir el crecimiento, reproducción, desarrollo ó existencia de bacterias, levaduras y hongos tanto al interior de la matriz geopolimérica como sobre su superficie generando espacios más saludables y limpios. La importancia y selección de los bactericidas y/o fungicidas utilizados es vital y trascendente dependiendo de su uso ó aplicación final que se le de a los



geopolímeros antibacterianos debido a que existen compuestos bactericidas y/o fungicidas no aptos para contacto con el ser humano ó seres vivos en general y algunos otros que pueden generar un impacto ambiental alto. Para fines de uso directo con contacto humano y de bajo

ó nulo impacto ambiental se prefieren en esta patente los compuestos de plata tales como:

5 óxido de plata, carbonato de plata, cloruro de plata, plata coloidal en cualquier concentración disponible comercialmente, nanopartículas de plata en cualquier rango de tamaños y cualquier otra fuente del ión  $Ag^+$  no mencionada previamente, complementariamente a la plata, los compuestos de Zinc y Oro, así como sus soluciones coloidales y nanopartículas que suministren al sistema geopolimérico los iones metálicos

10 correspondientes. Otro compuesto de naturaleza orgánica deseable es el triclosán el cual se utiliza ampliamente en la industria para la fabricación de jabones antibacteriales, pastas dentales, entre una infinidad de productos de higiene y aseo personal.

Para aplicaciones de bajo o nulo contacto humano se pueden utilizar los compuestos de cobre tales como los óxidos de cobre, carbonatos de cobre y sulfatos de cobre, así como

15 cualquier solución coloidal de cobre ó nano partículas de cobre.

El resto de los elementos químicos de las familias IB y IIB se utilizarán sólo para aplicaciones muy especiales y en condiciones controladas.

A la fecha de la presente solicitud, estos materiales ó agentes antibacterianos habían sido embebidos en matrices orgánicas, tales como polipropileno, polietileno, látex, resinas poliéster insaturadas, etc. así como en otros cementos inorgánicos tales como el cemento portland en cualquiera de sus tipos, cementos base silicato como los silicatos de sodio y/o

20 potasio, y en las Zeolitas utilizadas como matrices portadoras de iones antibacterianos y/o fungicidas, así como otros cementos ó adhesivos inorgánicos dejando al margen el uso de

los geopolímeros como matrices portadoras de agentes y/o materiales bactericidas y/o fungicidas.

#### 4. Fibras de refuerzo.

Las fibras de refuerzo como su nombre lo indica, tienen la función principal de incrementar las propiedades mecánicas como: resistencia a la compresión simple, flexión, módulo de ruptura, resistencia al impacto ó tenacidad, resistencia a la tensión. También ayudan a eliminar los agrietamientos ocasionados por el proceso de policondensación.

Puede usarse cualquier tipo de fibra que resista la reacción álcali-silice ó soluciones extremadamente básicas del orden de pH entre 11 a 14.

Las siguientes fibras son ideales para utilizarse como refuerzo: fibras basálticas, acero, carbono, vidrio "AR" del inglés: alkali-resistant, este es un vidrio "resistente a álcalis" los cuales contienen óxido de zirconia en su composición.

Otras fibras cerámicas de especialidad, también pueden usarse para la fabricación y refuerzo de los geopolímeros antibacterianos tales como: SiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, sin embargo, debido a su alto costo serán consideradas como refuerzos especiales.

#### 5. Otros Aditivos.

Dentro de la fabricación de los presentes geopolímeros antibacteriales pueden utilizarse otros materiales llamados aditivos debido a que cambian las propiedades de los productos finales tal es el caso del uso de emulsiones poliméricas orgánicas tales como: látex de estireno-butadieno ó SBR, emulsiones acrílicas, emulsiones epóxicas base agua, acetato de polivinilo, monómeros de metil metacrilato, monómeros de estireno, resinas poliéster, viniléster y epóxicas, etc.

## **COMPOSICIONES DE LOS GEOPOLÍMEROS ANTIBACTERIALES**

### **EJEMPLOS DE SU PROCESO DE ELABORACIÓN:**

Para la obtención de los geopolímeros antibacteriales primeramente se describirán las composiciones molares de los distintos compuestos químicos que intervienen para su formulación.

Las pastas geopoliméricas para formar las matrices de los geopolímeros antibacteriales pueden sintetizarse a partir de las siguientes relaciones molares y deben de estar dentro de estos rangos ya que fuera de los mismos el sistema geopolimérico pierde su estabilidad y durabilidad.

10  $M_2O/SiO_2 = 0.20 \text{ a } 0.48$

$$SiO_2/Al_2O_3 = 3.3 \text{ a } 4.5$$

$$H_2O/M_2O = 10.0 \text{ a } 25.0$$

$$M_2O/Al_2O_3 = 0.8 \text{ a } 1.6.$$

Donde:  $M_2O$ , representa cualquier óxido alcalino, principalmente óxido de sodio y óxido de potasio y/o cualquier mezcla de óxido de sodio y óxido de potasio.

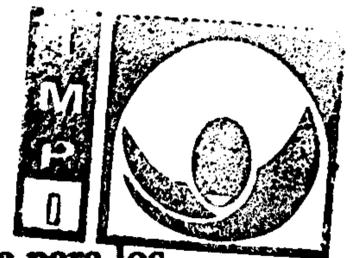
Del rango de composiciones anteriores se probó que la mejor composición para la obtención de estos geopolímeros antibacteriales queda establecida con las siguientes relaciones molares:

$$M_2O/SiO_2 = 0.25$$

$$SiO_2/Al_2O_3 = 4$$

$$H_2O/M_2O = 14$$

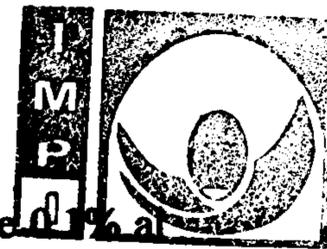
$$M_2O/Al_2O_3 = 1$$



A partir de las relaciones molares anteriores se puede sintetizar y/o obtener la pasta para los geopolímeros antibacteriales, sin embargo, para la obtención final del producto se requiere forzosamente de la adición de los agentes ó materiales bactericidas y/o fungicidas, pudiendo ó no contener agregados minerales, fibras de refuerzo y aditivos.

- 5 Adicionalmente, cualquiera de las composiciones anteriores usada para fabricar la matriz geopolimérica, forzosamente deberá contener agentes ó materiales con propiedades bactericidas y/o fungicidas siendo estos principalmente los iones de los elementos químicos pertenecientes a las familia IB y IIB de la tabla periódica vigente en cualquier compuesto disponible tales como: óxido, hidróxido, sulfato, carbonato ó cloruro de los elementos
- 10 anteriormente mencionados, de cualquier marca comercial disponible, en un rango desde el 0.001% en peso de la pasta geopolimérica y hasta un 40% en peso de la misma. Siendo el rango más deseable para estos compuestos entre un 0.1% al 2.5% en peso de la pasta geopolimérica. Prefiriéndose los compuestos inorgánicos de plata, zinc, oro y cobre. Siendo posible utilizar cualquier solución coloidal en cualquier concentración que contenga en
- 15 estado iónico, nano particulado, micro particulado ó particulado cualquiera de los elementos químicos de las familias IB y IIB. El rango de adición de la solución antibacterial a la pasta geopolimérica quedará entre el 0.001% y un 100% en peso de la pasta geopolimérica preparada.

Otro tipo de materiales ó agentes bactericidas y/o fungicidas que pueden ser utilizados en los geopolímeros antibacteriales son los de naturaleza orgánica de cualquier clase y tipo disponibles en el comercio, tal es el caso del 5-cloro-2-(2,4-diclorofenoxi)fenol, industrial y comercialmente conocido como "Triclosán". El rango de adición de este bactericida orgánico de amplio espectro quedará dentro de los siguientes límites: 0.0001% y 20% en



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

peso de la pasta geopolimérica, siendo el rango de triclosán más recomendable de 0.1% al 1.0% del peso de la pasta geopolimérica.

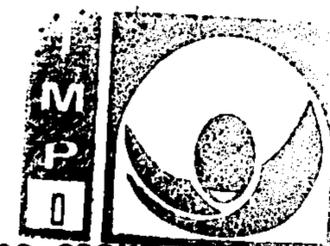
Estas composiciones geopoliméricas antibacteriales pueden ser utilizadas en clínicas, hospitales, consultorios, guarderías, áreas de preparación y manejo de alimentos así como áreas de higiene personal tales como baños, tinas, lavabos, perillas de llaves, etc. y en donde se requiera una protección antibacterial y/o antimicótica pudiendo utilizarse en interiores así como en exteriores, para contacto humano, animal ó industrial.

Por lo tanto, para ejemplificar y detallar de una manera más completa la presente invención se darán algunos ejemplos de materiales y el proceso completo para obtener los geopolímeros antibacteriales.

Es importante mencionar que los ejemplos siguientes son solo para describir y detallar algunos materiales y el proceso de obtención, sin embargo, estos geopolímeros antibacteriales pueden obtenerse con cualquier otra fuente de materiales que contengan en su composición: óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxidos de metales alcalinos tales como  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ , y agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y que al combinarse cumplan específicamente con los rangos de relaciones molares establecidas anteriormente. Algunos ejemplos de estos materiales pueden ser: silicatos de potasio y/o silicatos de sodio sólidos y/o líquidos, piedra pómez, harina de sílice, ceniza volante, pseudobohemita, bauxita, alúmina hidratada ó anhidra, etc.

**Ejemplo 1: Preparación y obtención de un geopolímero antibacterial sin agregado y sin refuerzo (pasta bactericida y/o fungicida).**

Para la síntesis de esta pasta bactericida y/o fungicida utilizaremos:

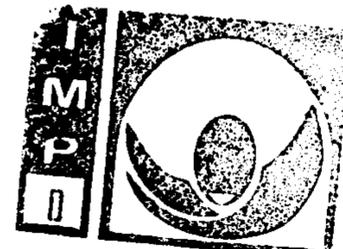


Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

1. 222.127 gramos de meta-caolín, también conocido comercialmente como caolín calcinado y cuya formula química es  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ .
2. 120.168 gramos de nano-sílice conocida comercialmente con la marca comercial registrada de Aerosil de Degussa Corporation.
- 5 3. 112.2178 gramos de Hidróxido de Potasio.
4. 234.1924 gramos de Agua.
5. 5% en peso de óxido de plata, en relación al peso de la pasta obtenida por el proceso que se describe a continuación.

Para la fabricación del geopolímero antibacterial con la composición anterior se sigue el  
10 procedimiento siguiente:

1. Se disuelve gradualmente el hidróxido de potasio en el agua, la cual se encuentra en agitación entre 500 y 700 rpm, una vez disuelto el hidróxido de potasio en su totalidad se continua agitando entre 500 y 700 rpm durante un mínimo de 10 minutos y hasta un máximo de 20 minutos.
- 15 2. Posteriormente la solución alcalina de agua-hidróxido se mezcla con la nano-sílice y se agita durante 15 minutos con una velocidad entre 500 rpm hasta 700 rpm.
3. En esta etapa se tiene ya una solución de silicato de potasio, la cual se deberá dejar reposar por un periodo mínimo de 30 minutos y un máximo de 24 horas. Esto con la finalidad de que se realice la disolución total y un equilibrio de la solución.
- 20 4. El proceso continúa con la adición del meta-caolín a la solución de silicato de potasio ya estabilizada y nuevamente se agita entre 500 y 700 rpm durante un tiempo máximo de 10 minutos.



5. En este momento se pesa la pasta y se le adiciona el 5% en peso de óxido de plata a la pasta y se agita entre 500 rpm y 700 rpm durante un mínimo de 5 minutos.
6. La pasta antibacterial así preparada, se vacía en un molde de la forma deseada y se somete a un proceso de policondensación y curado.
- 5 7. El proceso de policondensación puede variar dependiendo de la temperatura principalmente y dependiendo de ésta sigue los tiempos que se marcan a continuación: A temperatura ambiente (entre 20°C y 35°C) se requiere un tiempo mínimo de policondensación de 24 horas pudiendo requerir hasta de 72 horas. A 60°C la policondensación requiere un tiempo aproximado de 4 horas, a 90°C un tiempo de 1.5 horas y superior a los 120°C e inferior a 200°C en un tiempo de 0.5 horas, sin embargo, la mejor temperatura para sintetizar estos geopolímeros antibacteriales se encuentra entre 40°C y 65°C.
- 10 8. Después de realizada la policondensación, el geopolímero antibacterial se puede desmoldar. De esta manera la pasta geopolimérica antibacterial se encuentra lista y terminada para su uso y aplicación.
- 15

## **EJEMPLO 2: OBTENCIÓN DE UN MORTERO Y/O CERÁMICO GEOPOLIMÉRICO ANTIBACTERIAL.**

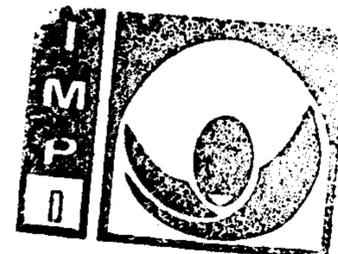
Para la síntesis de este mortero y/o cerámico antibacterial utilizaremos:

1. 222.127 gramos de meta-caolín, también conocido comercialmente como caolín calcinado y cuya formula química es  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ .
2. 120.168 gramos de nano-sílice conocida comercialmente con la marca comercial registrada de Aerosil de Degussa Corporation.
3. 112.2178 gramos de Hidróxido de Potasio.



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

4. **234.1924 gramos de Agua.**
  5. **5% en peso de óxido de plata, en relación al peso de la pasta**
  6. **Agregados minerales en este caso específico se usará marmolina con una granulometría comercial conocida como cero gruesa.**
- 5 **Para la fabricación del mortero o cerámico geopolimérico antibacterial con la composición anterior se sigue el procedimiento siguiente:**
1. **Se siguen exactamente los pasos 1,2,3,4, y 5 descritos en el ejemplo 1 de esta patente.**
  2. **Una vez terminado el paso 5 se adiciona el agregado mineral (marmolina, basalto, arena silícea, etc.) en una relación de 1 parte en peso de pasta geopolimérica antibacterial a 0.15 partes en peso y hasta un máximo de 5 partes en peso de agregado, dependiendo del origen del agregado, su granulometría, absorción de agua, forma y textura de la partícula.**
  3. **Para este ejemplo se recomienda usar una relación agregado/pasta de 1, es decir, por 100 gramos de pasta antibacterial se usaran 100 gramos de agregado. Esta mezcla se puede revolver manualmente ó bien en alguna mezcladora comercial de morteros y/o concretos, dependiendo de la cantidad a elaborar.**
  4. **Posteriormente, el material preparado se coloca en moldes ó cimbras y se policondensa siguiendo cualquiera de los tiempos y temperaturas descritas en el paso 7 del ejemplo 1.**
  5. **Finalmente el mortero ó cerámico antibacterial obtenido se descimbra ó desmolda y el material estará listo para su uso y aplicación.**

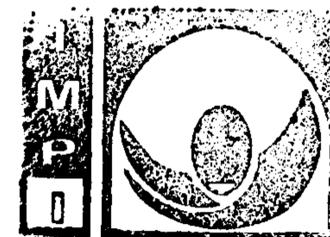


5. En este momento se pesa la pasta y se le adiciona el 5% en peso de óxido de plata a la pasta y se agita entre 500 rpm y 700 rpm durante un mínimo de 5 minutos.
6. La pasta antibacterial así preparada, se vacía en un molde de la forma deseada y se somete a un proceso de policondensación y curado.
7. El proceso de policondensación puede variar dependiendo de la temperatura principalmente y dependiendo de ésta sigue los tiempos que se marcan a continuación: A temperatura ambiente (entre 20°C y 35°C) se requiere un tiempo mínimo de policondensación de 24 horas pudiendo requerir hasta de 72 horas. A 60°C la policondensación requiere un tiempo aproximado de 4 horas, a 90°C un tiempo de 1.5 horas y superior a los 120°C e inferior a 200°C en un tiempo de 0.5 horas, sin embargo, la mejor temperatura para sintetizar estos geopolímeros antibacteriales se encuentra entre 40°C y 65°C.
8. Después de realizada la policondensación, el geopolímero antibacterial se puede desmoldar. De esta manera la pasta geopolimérica antibacterial se encuentra lista y terminada para su uso y aplicación.

## **EJEMPLO 2: OBTENCIÓN DE UN MORTERO Y/O CERÁMICO GEOPOLIMÉRICO ANTIBACTERIAL.**

Para la síntesis de este mortero y/o cerámico antibacterial utilizaremos:

1. 222.127 gramos de meta-caolín, también conocido comercialmente como caolín calcinado y cuya formula química es  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ .
2. 120.168 gramos de nano-sílice conocida comercialmente con la marca comercial registrada de Aerosil de Degussa Corporation.
3. 112.2178 gramos de Hidróxido de Potasio.

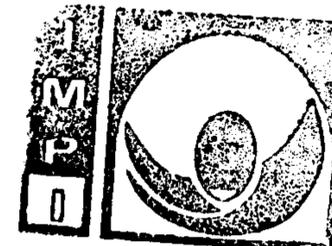


**Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial**

4. 234.1924 gramos de Agua.
5. 5% en peso de óxido de plata, en relación al peso de la pasta
6. Agregados minerales en este caso específico se usará marmolina con una granulometría comercial conocida como cero gruesa.

5 Para la fabricación del mortero o cerámico geopolimérico antibacterial con la composición anterior se sigue el procedimiento siguiente:

1. Se siguen exactamente los pasos 1,2,3,4, y 5 descritos en el ejemplo 1 de esta patente.
2. Una vez terminado el paso 5 se adiciona el agregado mineral (marmolina, basalto, arena silícea, etc.) en una relación de 1 parte en peso de pasta geopolimérica antibacterial a 0.15 partes en peso y hasta un máximo de 5 partes en peso de agregado, dependiendo del origen del agregado, su granulometría, absorción de agua, forma y textura de la partícula.
3. Para este ejemplo se recomienda usar una relación agregado/pasta de 1, es decir, por 100 gramos de pasta antibacterial se usaran 100 gramos de agregado. Esta mezcla se puede revolver manualmente ó bien en alguna mezcladora comercial de morteros y/o concretos, dependiendo de la cantidad a elaborar.
4. Posteriormente, el material preparado se coloca en moldes ó cimbras y se policondensa siguiendo cualquiera de los tiempos y temperaturas descritas en el paso 7 del ejemplo 1.
5. Finalmente el mortero ó cerámico antibacterial obtenido se descimbra ó desmolda y el material estará listo para su uso y aplicación.



### **EJEMPLO 3: MATERIAL COMPUESTO Ó COMPOSITE GEOPOLIMERICOS ANTIBACTERIAL.**

Para la síntesis de este composite antibacterial utilizaremos:

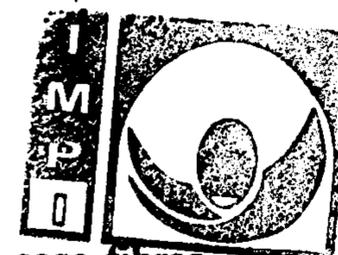
1. 222.127 gramos de meta-caolín, también conocido comercialmente como caolín calcinado y cuya formula química es  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ .
2. 120.168 gramos de nano-sílice conocida comercialmente con la marca comercial registrada de Aerosil de Degussa Corporation.
3. 112.2178 gramos de Hidróxido de Potasio.
4. 234.1924 gramos de Agua.
5. 5% en peso de óxido de plata, en relación al peso de la pasta

6. Cualquiera de las siguientes fibras de refuerzo: fibras de acero, vidrio resistente a álcalis (AR Glass), carbono, basáltica, pueden ser usadas para fabricar el composite.

El refuerzo seleccionado puede ser incluido dentro de un rango del 0.1% en peso y hasta un 20% en peso en relación a la pasta geopolimérica antibacterial. En el presente ejemplo se usaron fibras de vidrio resistente a álcalis, suministradas por la Nippon Electric Glass con un alto contenido de óxido de circonia ( $ZrO_2$ ) y de un tamaño de 12.5 mm ó ½ pulgada de longitud y en una cantidad de 2% en peso en relación a la pasta geopolimérica antibacterial obtenida por el proceso descrito en el ejemplo 1.

Para la obtención y/o fabricación de este composite geopolimérico antibacterial se realiza el siguiente proceso:

- a) Se fabrica la pasta geopolimerica antibacterial descrita en el ejemplo 1 siguiendo los paso del 1 al 5.

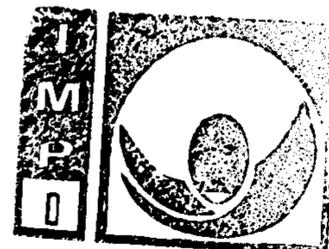


- b) Una vez obtenida esta pasta se adicionan las fibras de refuerzo, en este caso fibras de vidrio AR, en un 2% en peso en relación a la pasta geopolimérica antibacteriana y se mezclan manualmente ó con el uso de revolvedoras para morteros ó concretos dependiendo de la cantidad a elaborar. Para la cantidad descrita en este ejemplo, un mezclado manual es suficiente. El mezclado se realiza hasta que las fibras están dispersas en su totalidad y el tiempo de mezclado no deberá ser mayor a 10 minutos desde la adición de las fibras hasta el colado en el molde ó cimbra.
- c) Posteriormente, una vez que la mezcla fibras-pasta está homogénea ó bien distribuida se procede al colado y/o vaciado en moldes y/o cimbras para su policondensación respectiva, siguiendo los tiempos y temperaturas descritas en el paso 7 del ejemplo 1.
- d) Finalmente, una vez realizada la policondensación del composite geopolimérico antibacterial, este se desmolda y/o descimbra y está listo para su uso y/o aplicación.

## **EVALUACION DE LA ACTIVIDAD ANTIBACTERIAL DE LOS GEOPOLIMEROS ANTIBACTERIALES.**

### **DETERMINACION DE LA ZONA DE INHIBICIÓN.**

Para comprobar la actividad y eficiencia antibacterial de estos geopolímeros antibacteriales que se pretenden proteger con el presente documento se realizaron estudios microbiológicos para la determinación de los halos de inhibición por medio de antibiogramas, también llamado método de difusión en plato, por este método la bacteria inoculada se enfrenta sobre la superficie del medio de agar a una solución antibiótica absorbida en discos de papel de filtro ó en pastillas. El medio de cultivo más frecuentemente empleado es el de Müeller-Hinton. Su pH debe



estar entre 7,2-7,4 y grosor entre 4-6 mm. El inóculo bacteriano debe tener una turbidez similar al 0,5 de la escala de McFarland y la inoculación se debe efectuar con un algodón estéril. La lectura se realiza entre 18-24 h, adecuado para bacterias patógenas de rápido crecimiento.

Instituto  
Mexicano  
de Propiedad  
Industrial

5 Para que a un material se le puedan evaluar sus propiedades antibacteriales utilizando este método de evaluación antibacterial deberá de presentar intercambio iónico entre el material y el medio de cultivo, es decir, deberá el agente ó material antibacterial embebido en la matriz difundirse a través de la matriz misma y el medio de cultivo, para poder tener una actividad antibacterial real y efectiva.

10 Por lo tanto, los geopolímeros debido a su naturaleza hidrofílica y su capacidad de absorción y desorción permiten el uso del método de difusión en plato utilizando el medio de cultivo Müller-Hinton para la evaluación de su actividad y eficiencia antibacterial.

15 Para la evaluación de los presentes geopolímeros antibacteriales se realizó el siguiente procedimiento:

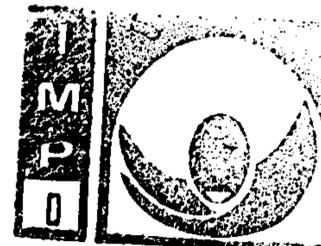
1. Se prepararon discos de geopolímeros antibacteriales utilizando diferentes agentes y/o materiales antibacteriales. Los discos geopoliméricos antibacteriales se elaboraron siguiendo el proceso anteriormente descrito.

2. Se utilizó un medio de cultivo: Agar Müller-Hinton, con un pH inicial de 7.20 y un pH final de 7.29, la fórmula aproximada por litro fue de:

20 Extracto de carne bovina: 2 g

Hidrolizado ácido de caseína: 17.5 g

Almidón: 1.5 g



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

La marca comercial fue BBL.

3. La concentración del inóculo fue de:  $150 \times 10^6$  bacterias, escala de McFarland.
4. La Cepa empleada fue: Escherichia Coli ATCC 25922.

Los siguientes resultados que se muestran en la tabla 1, son una muestra representativa de los estudios realizados a los geopolímeros antibacteriales tomando diferentes compuestos químicos tanto inorgánicos como orgánicos, en diferentes matrices y en diferentes porcentajes.

### RESULTADOS DE LA EVALUACION DE LOS GEOPOLIMEROS ANTIBACTERIALES:

MUESTRA Ó MATRIZ	DIAMETRO DE LA MUESTRA EN mm	HALO DE INHIBICION EN mm
*PASTA DE GEOPOLIMERO DE REFERENCIA Ó ESTANDAR	51	NO PRESENTA.
*PASTA DE GEOPOLIMERO CON ÓXIDO DE PLATA AL 10% (P/P)	51	61
**MORTERO DE GEOPOLIMERO CON ÓXIDO DE PLATA AL 10% (P/P)	51	60
**MORTERO DE GEOPOLIMERO CON CARBONATO DE PLATA AL 5% (P/P)	51	58.5



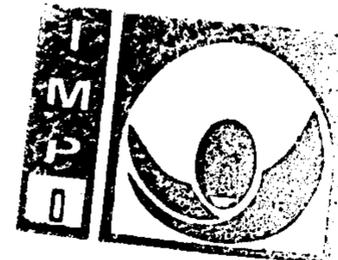
<b>**MORTERO DE GEOPOLIMERO CON ÓXIDO DE PLATA AL 1 % (P/P)</b>	33	38	Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial
<b>**MORTERO DE GEOPOLIMERO CON ÓXIDO DE PLATA AL 5 % (P/P)</b>	33	39	
<b>**MORTERO DE GEOPOLIMERO CON TRICLOSAN AL 1.5 % (P/P)</b>	33	67	
<b>**MORTERO DE GEOPOLIMERO CON TRICLOSAN AL 0.5 % (P/P)</b>	33	65	

**TABLA 1.**

**NOTAS IMPORTANTES:**

\*Las pastas geopoliméricas no contienen ningún agregado mineral, ningún aditivo ó refuerzo adicional se elaboraron tal como se muestra en el ejemplo 1 de este documento. Adicionalmente, se utilizó como referencia una pasta geopolimérica debido a que no contiene ningún otro agente ó material que pudiera intervenir en la evaluación y los resultados finales.

\*\*Los morteros de geopolímero antibacterial se elaboraron como se muestra en el ejemplo 2 de este documento, la relación pasta geopolimérica : agregado mineral fue de 1:1.5.



Como se demostró en el presente documento, el desarrollo e innovación de los geopolímeros antibacteriales tienen propiedades y/o características antibacteriales mostradas ó encontradas en los geopolímeros convencionales lo cual los diferencia de los geopolímeros existentes.

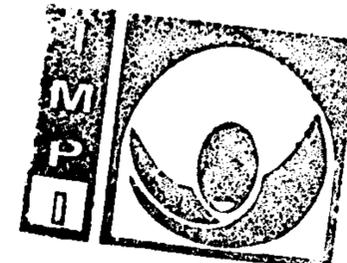
5

10

15

20

## REIVINDICACIONES



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

Habiendo descrito suficientemente nuestra invención, la consideramos como una novedad por lo tanto reclamamos como de nuestra exclusiva propiedad, lo contenido en las siguientes cláusulas:

- 5 1. La composición de un geopolímero antibacterial caracterizado porque está definida dentro del siguiente rango molar para la matriz geopolimérica y con los siguientes compuestos químicos:

$$M_2O/SiO_2 = 0.20 \text{ a } 0.48$$

$$SiO_2/Al_2O_3 = 3.3 \text{ a } 4.5$$

10  $H_2O/M_2O = 10.0 \text{ a } 25.0$

$$M_2O/Al_2O_3 = 0.8 \text{ a } 1.6$$

Donde:  $M_2O$  es un óxido metálico alcalino seleccionado de óxido de sodio, óxido de potasio y/o la combinación de estos y un agente antibacterial seleccionado del compuesto químico orgánico 5-cloro-2-(2,4-diclorofenoxi)fenol.

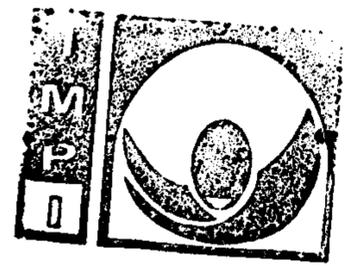
- 15 2. La composición de un geopolímero antibacterial de conformidad con la reivindicación 1, en donde la matriz del geopolímero tiene la siguiente relación molar de los siguientes compuestos químicos:

$$M_2O/SiO_2 = 0.25$$

$$SiO_2/Al_2O_3 = 4$$

20  $H_2O/M_2O = 14$

$$M_2O/Al_2O_3 = 1$$



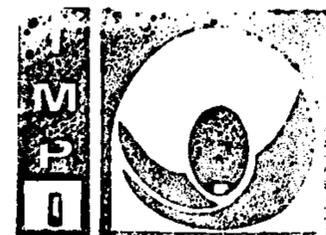
Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

3. La composición del geopolímero antibacterial de conformidad con la reivindicación 1, en donde la adición del agente antibacterial se encuentra en un rango de 0.5% a 40% (p/p) en relación al peso de la matriz del geopolímero.
4. Morteros ó concretos antibacteriales caracterizados porque comprende la composición geopolimérica de conformidad con la reivindicación 1, con la adición de agregados minerales de tamaños y granulometrías obtenidas por los tamices números: 400, 300, 200, 100, 50, 30, 16, 8, 4, 3/8", 1/2", 3/4", 3/8" 1", 1 y 3/8", 1 y 1/2", 1 y 3/4", 2", 3", conforme a la clasificación de la Sociedad Norteamericana de Pruebas de Materiales (en inglés American Society of Testing Materials) A.S.T.M. Estándar E11-13.
5. Materiales compuestos ó composites geopoliméricos antibacteriales caracterizados porque comprende la composición geopolimérica de conformidad con la reivindicación 1 y 4; y contienen la adición de fibras de refuerzo y aditivos los cuales estarán dentro de un rango comprendido entre 0.001% y un 100% en relación a la pasta geopolimérica, relación peso a peso (p/p), los aditivos comúnmente usados son emulsiones poliméricas orgánicas tales como: látex de estireno-butadieno ó SBR, emulsiones acrílicas, emulsiones epóxicas base agua, acetato de polivinilo, y polímeros orgánicos obtenidos a partir de monómeros de metil metacrilato, monómeros de estireno, resinas poliéster, viniléster y epóxicas, ya sea que estén incorporados en la matriz generando un geopolímero modificado con polímeros orgánicos ó bien que estén impregnados dentro de la matriz generando una matriz geopolimérica parcialmente impregnada con polímeros orgánicos.
6. El material compuesto ó composite geopolimérico antibacterial de conformidad con la reivindicación 5 en donde la fibra de refuerzo se selecciona de fibras de vidrio resistente a álcalis, carbono, acero, aramídicas, polipropileno, polietileno, carburo de silicio, alúmina,



basálticas. La presentación del refuerzo utilizado está comprendido por fibras cortas, continuas, mallas, whiskers, partículas ó láminas.

7. Un proceso para elaborar geopolímeros antibacteriales el cual consiste básicamente en:
  - 5 a) Se disuelve gradualmente el hidróxido de potasio en el agua, la cual se encuentra en agitación entre 500 y 700 rpm, una vez disuelto el hidróxido de potasio en su totalidad se continua agitando entre 500 y 700 rpm durante un mínimo de 10 minutos y hasta un máximo de 20 minutos.
  - b) Posteriormente la solución alcalina de agua-hidróxido se mezcla con la nano-sílice y se agita durante 15 minutos con una velocidad entre 500 rpm hasta 700 rpm.
  - c) En esta etapa se tiene ya una solución de silicato de potasio, la cual se deberá dejar reposar por un periodo mínimo de 30 minutos y un máximo de 24 horas. Esto con la finalidad de que se realice la disolución total y un equilibrio de la solución.
  - d) El proceso continúa con la adición del meta-caolín a la solución de silicato de potasio ya estabilizada y nuevamente se agita entre 500 y 700 rpm durante un tiempo máximo de 10 minutos.
  - e) En este momento se pesa la pasta y se le adiciona el porcentaje en peso deseado ó requerido del agente antibacterial 5-cloro-2-(2,4-diclorofenoxi)fenol y se agita entre 500 rpm y 700 rpm durante un mínimo de 5 minutos.
  - 20 f) La pasta antibacterial así preparada, puede ser utilizada sola, ó con agregados minerales para formar un mortero ó concreto, ó bien reforzada y/o modificado para elaborar un composite, para ser utilizado como material en bulto ó masa ó recubrimiento.



g) El geopolimero antibacterial obtenido se vacía en un molde de la forma deseada y se somete a un proceso de policondensación y curado.

Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

5

10

15

20

## RESUMEN



La presente invención se refiere a una serie de composiciones de geopolímeros antibacteriales y sus métodos de elaboración. Esta serie de composiciones de geopolímeros antibacteriales queda delimitada por las relaciones molares de los diferentes óxidos de silicio, aluminio, metales alcalinos y agua, así como por el porcentaje utilizado del agente antibacterial seleccionado del compuesto químico orgánico 5-cloro-2-(2,4-diclorofenoxi)fenol descrito en el presente documento. Los geopolímeros antibacteriales son materiales inorgánicos con estructura amorfa a semi-cristalina que inhiben el desarrollo, crecimiento, reproducción ó existencia de bacterias. Son materiales que al explotar sus propiedades antibacteriales son útiles para el desarrollo y/o fabricación de materiales cerámicos, morteros, concretos, recubrimientos y composites antibacterianos los cuales pueden ser aplicados en la industria en general, siendo principalmente útil en las industrias de construcción, arquitectónica y decoración para aplicaciones en clínicas, hospitales, consultorios, guarderías, áreas de preparación y manejo de alimentos así como áreas de higiene personal tales como baños, tinas, lavabos, perillas de llaves, etc. y en donde se requiera de una protección antibacteriana.

Adicionalmente, los geopolímeros antibacteriales de la presente invención también presentan alta resistencia al fuego, así como una alta resistencia química a diversos compuestos y solventes orgánicos.

Este material en el momento de su elaboración tiene propiedades adhesivas ó aglomerantes por lo que puede ser usado como un cemento inorgánico antibacterial y puede adherirse a superficies metálicas, cerámicas, vidrios y composites para generar superficies antibacterianas.