

Señores

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES

E. S. D.

Asunto: Respuesta a examen de fondo oficio N° 12857
Solicitante: **BUILD SMART ECOMATERIALS S.A.S-**
Título de la solicitud: “MEZCLA DE CONCRETO CON MATERIAL DE RELLENO RECICLADO Y PROCESO PARA SU ELABORACIÓN”.
Expediente número: **NC2018/0009477.**

1. Me refiero al oficio N°12857 dictado por ese Despacho y notificado el 12 de agosto de 2021, con prórroga presentada el 8 de noviembre de 2021.
2. Con el fin de responder a las objeciones expuestas por el señor Examinador bajo los acápites de reivindicaciones, descripción y nivel inventivo, me permito presentar los siguientes argumentos técnicos y las siguientes modificaciones en el capítulo reivindicatorio de la solicitud de patente arriba referida, por medio de lo cual se supera dicha objeción.

3. Modificaciones al capítulo reivindicatorio

Inicialmente me permito manifestar que el solicitante ha decidido realizar las siguientes modificaciones en el capítulo reivindicatorio de la invención:

- La **nueva reivindicación 1** ha sido modificada para incluir los porcentajes de cada elemento parte de la mezcla. El sustento para esta modificación está dado en la reivindicación inicial 6 y la página 6 de la descripción;

De conformidad con lo anterior, es claro que las modificaciones realizadas en el capítulo reivindicatorio de la presente invención de ninguna manera amplían el alcance de la solicitud

presentada originalmente, cumpliendo por lo tanto a cabalidad con las disposiciones de patentabilidad establecidas en el artículo 34 de la Decisión 486 de 2000.

4. Reivindicaciones

El señor Examinador objeta las reivindicaciones, en los siguientes términos:

“Las expresiones “acondicionamiento” y “en fracciones parciales”, presentes en la reivindicación 1, son generales haciendo las características técnicas imprecisas”

Sobre el particular, el solicitante ha decidido modificar la reivindicación mencionada y complementar la expresión “acondicionamiento” con “acondicionamiento por trituración y tamizaje”, que tiene sustento en la pág. 5, líneas 31 y 32 de la descripción. Respecto al término “en fracciones parciales” para referirse a la adición de agua, consideramos que es claro en el contexto de la invención, puesto que a lo largo de toda la descripción y en la reivindicación dependiente 3 se establece la forma como se debe adicionar el agua a la mezcla tanto por sus cantidades como por los momentos de adición, de forma que se logre una disminución en las cantidades empleadas para la mezcla final, pueden ver por ejemplo la página 5 líneas 15-19 y el ejemplo 1, entre otros.

“Se requiere modificar el preámbulo de la reivindicación independiente 6 y por lo tanto de sus dependientes, ya que el proceso reclamado y la creación descrita trata de una mezcla de concreto con material de relleno reciclado no de cemento reciclado”

El solicitante ha modificado el preámbulo de las reivindicaciones señaladas de acuerdo con la observación dada por el Examinador.

“Se requiere aclarar los rangos o proporciones de los componentes presentados en las reivindicaciones 6 a 9, especificando con respecto a que composición total tratan, pues no se entiende como una mezcla con valores de residuos de construcción y demolición entre 60% y 79% completa el 100%, ya que la máxima proporción de cemento y agua llegaría al 20%; de igual forma, no se podrían tener valores de residuos de construcción y demolición mayores a 92% ya que la mínima proporción de cemento y agua sería de 8%”

Se realizó el ajuste del porcentaje de RCD para que el valor máximo fuera 92%, que está dentro de los valores citados en la descripción (ver pag. 6), el valor mínimo se dejó sin modificación, puesto que los otros componentes son los que pueden completar el 100% de la mezcla, lo cual se detallaba para el proceso en la reivindicación dependiente 2 y se incluye en la nueva reivindicación dependiente 7.

De otra parte, se completó la reivindicación 10 para indicar que la proporción de agua/cemento es una proporción en peso (p/p).

“La característica de la reivindicación 10 está definida de acuerdo a una etapa del proceso “si existe vibrocompactación manual”, lo cual no es una forma adecuada de caracterizar una reivindicación de producto (mezcla); por lo tanto, se requiere modificarla o retirarla del capítulo”

Siguiendo la amable sugerencia del Examinador, se ha retirado esta reivindicación del capítulo (se trataba de la reivindicación 13).

De otra parte, el solicitante ha decidido eliminar la anterior reivindicación 12 y la reivindicación 13 fue incluida en la reivindicación 6.

De conformidad con lo anterior, es claro que la modificación realizada en el capítulo reivindicatorio de la presente invención de ninguna manera amplía el alcance de la solicitud presentada originalmente, cumpliendo por lo tanto a cabalidad con las disposiciones de patentabilidad establecidas en el artículo 34 de la Decisión 486 de 2000.

5. Descripción

El Examinador realiza algunas observaciones sobre la descripción, a las cuales damos respuesta:

“Las unidades de medida pulgadas (Pág. 6 y 8), pulgadas cúbicas (Pág. 8) y “Kn” (Pág.9, línea 4), no corresponden a las unidades establecidas por el Sistema Internacional de Unidades; por lo tanto, se solicita hacer las modificaciones respectivas”

Se realizaron los ajustes en las medidas empleadas. Incluida la de densidad mencionada en la página 8 de la descripción.

“De acuerdo a la información presentada en el ejemplo 1 no se entiende la conclusión presentada: “Por lo tanto, es posible fabricar productos sustituyendo completamente al agregado natural pétreo por RCD para alcanzar una mayor resistencia a la compresión y disminución de porcentaje e absorción de agua.” (Pág. 8, líneas 27 a 30). Se requiere aclarar dicha situación”.

Con el fin de hacer más claro el resultado avanzado, se eliminó el texto señalado pues en las frases precedentes se indicaban las características del producto obtenido y las normas técnicas que estos cumplen.

6. Nivel inventivo de la solicitud

El señor Examinador ha objetado el nivel inventivo de las anteriores reivindicaciones 1 a 14 de la solicitud de patente referida con base en las enseñanzas de los siguientes documentos:

D1 Teixeira, et al., Conference Paper – 2014

6.1. Objeciones a la reivindicación 1 y 6 con D1

El señor Examinador argumenta que la diferencia entre la invención, definida en la reivindicación 1 y el método revelado en D1 consiste en que *“la etapa de vibro-compactación y curado en invernadero donde la adición de agua se realiza con regado por aspersión en fracciones parciales”*. Sin embargo, de acuerdo con el señor Examinador es de conocimiento general para la persona normalmente versada en la técnica el emplear la vibro-compactación. De esta manera, el señor Examinador considera que el documento D1 permite llegar al objeto de la presente invención y por lo tanto, afecta su nivel inventivo. De manera similar fue objetada la reivindicación 6 con el documento D1.

Visto lo anterior y con el ánimo de demostrar que el nuevo capítulo reivindicatorio de la solicitud en cuestión presenta un inequívoco carácter inventivo frente a las enseñanzas del estado de la técnica citado, atentamente me permito presentar las siguientes consideraciones técnicas:

- Diferencias entre la solicitud y el documento D1**

La nueva reivindicación 1 de la solicitud reclama un proceso para la elaboración de mezclas de concreto con material de relleno reciclado caracterizado por las etapas de:

- Acondicionamiento por trituración y tamizaje del tamaño de partícula de los residuos de construcción y demolición;
- Mezcla de partículas de residuos de construcción y demolición entre un 70% y 92%, junto con cemento como aglomerante 4% y 12%;
- Vibrocompactación y curado en invernadero de la mezcla y adición de agua entre el 4 y 8%;

donde la adición de agua se realiza con regado por aspersión en fracciones parciales, y no se requiere la separación ni selección de los residuos de construcción y demolición para iniciar el proceso.

El documento D1 divulga mezclas donde se emplea RCD, lima (cal) y/o cemento en diferentes proporciones, las cuales se resumen en la tabla 1 de ese documento:

Table 1: Bricks (BL and BLC) and TS1 and TS2 for technological tests.

		RCD/Lime (wt %)	Name	Water (wt %) ³
BL¹	Brick – Lime	65 – 35	BL65/35	13
TS1¹	Probe – Cement	90 – 10 80 – 20 70 – 30	TS 1/90/10 TS 1/80/20 TS 1/70/30	13
TS2²	Probe – Cement	90 – 10 80 – 20 70 – 30	TS 2/90/10 TS 2/80/20 TS 2/70/30	13
BLC¹	Brick – Lime – Cement	80 – 10 – 10	BLC	12

¹ Using classified CDW, ² CDW from a recycling plant, ³ Weight% of the solid mass.

Como se observa la presente invención logra incorporar un porcentaje más alto de RCD, llegando hasta el 92%, mientras que en D1 este componente solo llega al 90%. Por su parte, el cemento está entre el 4% y el 12% en el proceso de la invención, mientras que en D1 ese elemento está entre 10

y 30% p/p. El agua en el proceso de la presente invención logra reducirse a 4 a 8%, mientras que en cualquiera de las mezclas de D1 requiere entre 12 o 13% p/p, lo que es entre 2 y 3 veces más que lo empleado en la presente invención.

Además de estas diferencias en proporciones, se tiene que el material obtenido tiene diferentes propiedades, entre ellas se destaca la resistencia a la compresión. En la presente invención se logra lo siguiente:

“Los bloques fabricados a partir de la mezcla de concreto con material de relleno reciclado alcanzan a desarrollar resistencias a la compresión entre los 9 y 16 MPa.” (Descripción, pág. 6, líneas 31 a 33)

En cambio, en D1 se destaca que solo las mezclas que tenían 20 o 30% de cemento lograron esos valores de compresión, mientras que las que poseen 10% de cemento obtenían valores de compresión entre 4.1 y 4.9 MPa, tal como se destaca en la tabla 5 de ese documento, lo cual está muy por debajo de la resistencia a la compresión obtenida por el proceso de la presente invención.

Table 5: Compression resistance values for each composition.

Sample	Composition CDW/Cement (%)	Mean Value (MPa)	Maximum Value (MPa)	Minimum Value (MPa)	Standard Deviation
TS1	90/10	4.12	4.73	3.72	0.53
Ts1	80/20	7.39	7.91	6.83	0.54
Ts1	70/30	No fracture			
TS2a	90/10	4.26	4.92	3.43	0.76
TS2a	80/20	7.73	7.92	7.64	0.16
TS2a	70/30	No fracture			
TS2b	90/10	3.93	4.54	2.97	0.84
TS2b	80/20	7.67	7.92	7.17	0.43
TS2b	70/30	No fracture			

**a and b indicate samples from different places (cones of crushed material).*

Adicionalmente, una característica fundamental del presente proceso es que no requiere la separación ni selección de los residuos de demolición, lo que implica que estos residuos pueden ser de cualquier tipo y en cualquier proporción, incluyendo residuos de tipo cerámicas, concreto, asfalto, etc. En cambio, en D1 se considera necesaria la selección de los materiales, para poder asegurar unos porcentajes de concreto y de otra parte, limitar los porcentajes de cerámicos (ver

tabla 1 de D1), lo cual puede hacerle creer al técnico versado en la materia que las mezclas de concreto con material de relleno tienen este requisito que limita el uso del RCD.

Por último, debe tenerse presente que la vibrocompactación no es mencionada en el documento D1, tal como lo reconoce el Examinador y que aunque esta técnica puede ser conocido en el campo técnico, no resulta evidente para el técnico medio la necesidad de emplear esta técnica con el propósito de lograr la transformación del material RCD y lograr la resistencia a la compresión exigida por la norma técnica.

Así las cosas, no se puede considerar que el documento D1 haga obvio el proceso de la invención ni la mezcla de concreto con material de relleno obtenida mediante este proceso. En resumen, tenemos las siguientes diferencias entre las reivindicaciones 1 y 6 y el documento D1:

Reivindicación 1	D1
1. Proceso para la elaboración de mezclas de concreto con material de relleno reciclado caracterizado por las etapas de:	Método para la elaboración de muestras de residuos de construcción y demolición (RCD) con cemento y cal (pág. 6)
a) acondicionamiento por trituración y tamizaje del tamaño de partícula de los residuos de construcción y demolición;	Las muestras de RCD se trituraron y se pasaron a través de una malla de 4,8 mm de diámetro (pág. 6)
b) mezcla de partículas de residuos de construcción y demolición entre un 70% y 92%, junto con cemento como aglomerante 4% y 12%;	Mezclar cemento Portland (PC II) junto con los RCD para la preparación de las piezas (Tabla 1 ilustra proporciones empleadas que no coinciden con las de la invención)
c) vibrocompactación y curado en invernadero de la mezcla y adición de agua entre el 4 y 8%;	--
donde la adición de agua se realiza con regado por aspersión en fracciones parciales, y no se requiere la separación ni selección de los residuos de construcción y demolición para iniciar el proceso	--

Reivindicación 6	D1
Mezcla de concreto con material de relleno reciclado caracterizada por:	Muestras de residuos de construcción y demolición (RCD) con cemento (TS1 y TS2)
a) residuos de construcción y demolición entre un 70% y 92%;	RCD entre 70 y 90% (en muestras TS1 y TS2) (Pág. 7, Tabla 1)
b) fracción de cemento entre el 4% y el 12%;	Cemento 10% (en muestras TS1 y TS2) (Pág. 7, Tabla 1)
c) agua entre el 4% y 8%.	--

donde la mezcla alcanza resistencias a la compresión entre 9 y 16MPa	valores de compresión entre 4.1 y 4.9 MPa (Tabla 5)
---	---

Visto lo anterior, atentamente me permito manifestar ante ese Despacho que el proceso para la elaboración de mezclas de concreto con material de relleno reciclado y la mezcla de material reciclado de la solicitud de patente en cuestión, presenta un inequívoco carácter inventivo frente a las enseñanzas del documento señalado por el señor Examinador, cumpliendo por lo tanto a cabalidad con las disposiciones de patentabilidad establecidas en el artículo 18 de la Decisión 486 de 2000.

7. Conclusión

Teniendo en cuenta las modificaciones realizadas en el capítulo reivindicatorio de la solicitud de patente en cuestión, y de conformidad con los argumentos técnicos presentados para demostrar carácter inventivo de éste, resulta completamente claro que se han superado las objeciones expuestas por el señor Examinador, y por lo tanto, dicha invención es merecedora del privilegio de patente solicitado.

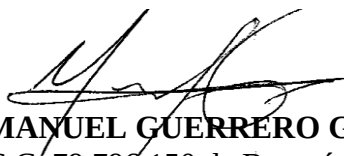
8. Anexo al presente memorial me permito presentar una copia del nuevo capítulo reivindicatorio y descriptivo que reemplaza los documentos presentados originalmente.

9. En vista de lo anterior, ruego a usted proceder a estudiar nuevamente la solicitud a la luz de los argumentos presentados y conceder el privilegio de patente solicitado.

Recibiré notificaciones en nuestras oficinas ubicadas en la Carrera 9 No. 77 - 67 Oficina 403 en la ciudad de Bogotá, D.C., Colombia, o al correo m.guerrero@ua.es

Agradecemos la atención prestada.

Cordialmente,


MANUEL GUERRERO GAITÁN PhD
C.C. 79.796.150 de Bogotá
TP. 114.230 del C.S. de la J.

MEZCLA DE CONCRETO CON MATERIAL DE RELLENO RECICLADO Y PROCESO PARA SU ELABORACIÓN

5 CAMPO TECNOLÓGICO

El objeto de la presente invención está relacionado con una mezcla de concreto con material de relleno reciclado y con el proceso para su elaboración. La presente invención tiene aplicación en el sector de la construcción sostenible, sostenibilidad ambiental, gestión de residuos, y uso de materiales reciclados.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

La generación de residuos sólidos de concreto hidráulico, considerados como desecho, está convirtiéndose en un problema medioambiental. El uso de agregados triturados provenientes de demolición de concreto hidráulico se aprovecha para generar concreto hidráulico reciclado, un material que puede abatir costos, disminuir la contaminación y abaratar la edificación. Sin embargo, la elaboración de concreto reciclado se enfrenta a la búsqueda de diseños óptimos para lograr el mayor desempeño mecánico bajo solicitaciones estáticas y dinámicas (Martínez Molina, W et al, 2015).

En concordancia con el apartado anterior, existen otros documentos que reivindican el uso de materiales reciclados como material de relleno parcial o total para concretos. Bedoya y Dzúl (2015), hablan de la posibilidad de usar materiales de relleno de concreto, provenientes de concreto u hormigón reciclado y principalmente de concretos hidráulicos. En este sentido, los usos de concretos con material reciclado presentan limitaciones en cuanto a la reducción de su resistencia mecánica en la medida en que la fracción del material de relleno incrementa, lo que causa el incremento en la demanda de cemento y agua, deteriorando el costo del producto terminado.

Sin embargo, la descripción de los resultados de Bedoya y Dzúl (2015), difiere en lo reivindicado aquí, dado que con el procedimiento descrito como parte de

esta invención, es posible el uso de altas cargas de relleno proveniente de RCD con ahorro significativo de agua y cemento. Esto explicado también por el uso final de los productos obtenidos de las mezclas reivindicadas en esta patente, las cuales están dirigidas al conformado de piezas no estructurales.

5

Martínez-Molina W, *et.al.* describen de forma general, la existencia de diversos sistemas de reciclado de materiales provenientes de obra e incluso industriales; sin embargo, no manifiesta de forma concreta un procedimiento tipo de fabricación de productos derivados de RCD.

10

La patente US7815729B2 reivindica el uso potencial de cualquier material proveniente de construcciones o demoliciones, como un material susceptible de ser usado como material de relleno para diferentes aplicaciones en construcciones civiles, en incluso susceptible de ser vendido directamente como material fino para la construcción. Este mismo documento reivindica el uso de hasta 80% de material reciclado, como relleno de la formulación del concreto, siendo la presente invención costo-efectiva en el sentido de usar valores superiores de uso de RCD con un valor de hasta el 87,9%.

15

20

La patente US5525153 reivindica la preparación de mezclas de concreto listas para ser usadas, que contienen o pueden contener material reciclado de tipo RCD; sin embargo, no describe una formulación como la reivindicada en este documento. Adicionalmente, hace la descripción del proceso de obtención de las mezclas de forma genérica, sin hacer mención a un atributo de bajo consumo de agua que hace parte de los atributos de la presente invención.

25

La patente US5725655 describe el uso de material RCD, haciendo específicamente mención a la granulometría para diferentes fuentes de material reciclado, estableciendo rangos de uso del RCD y su utilidad.

30

De forma general, aunque existen documentos que describen el uso de material reciclado como producto útil para la formulación de concretos, aún hay limitaciones en la cantidad de material reciclado que puede ser empleado en la

mezcla y en la proporción de agua/cemento que supone este reemplazo del material pétreo por material reciclado.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

5

La presente invención resuelve el problema planteado al proveer un proceso para la elaboración de unidades de mampostería de concreto a partir de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) y otros residuos muy heterogéneos. Dicho proceso de obtención de la mezcla se basa en la sustitución parcial o total de los agregados pétreos por agregados reciclados procedentes mayoritariamente de diversas fuentes como escombros de concreto, y trozos de teja y de ladrillos de hormigón, sin que las posibilidades de uso de otros materiales reciclados, quede excluida.

10

15 Una modalidad de invención describe el proceso para la elaboración de mezclas de concreto con material de relleno reciclado con las siguientes etapas:

a) Acondicionamiento del tamaño de partícula de los residuos de construcción y demolición;

20

b) Mezcla de partículas de residuos de construcción y demolición junto con cemento como aglomerante;

c) Vibrocompactación y curado en invernadero de la mezcla;

donde la adición de agua se realiza en fracciones parciales a lo largo del proceso de vibrocompactación y curado, y no se requiere la separación ni la selección de los residuos de construcción y demolición para iniciar el proceso.

25

Dado que la estructura de la mezcla de concreto reciclado descrita en la presente invención se basa en los preceptos de formulación de las mezclas para la elaboración de concretos, dichas mezclas usaron como aglomerante cemento Portland y en una modalidad preferida, se adicionaron cenizas provenientes de la incineración de carbón bituminoso u otras partículas duras tales como colas de caliza, residuos de carpeta asfáltica, residuos de base y subbase de carretera, residuos de industrias cerámicas y mezclas de los mismos, incrementando de esa manera la resistencia y durabilidad de los bloques de concreto reciclado.

30

El proceso divulgado tiene como ventaja la recuperación de material reciclado, el aumento de la resistencia a la compresión y la reducción del porcentaje de absorción de agua. En este sentido, la mezcla de concreto tiene la capacidad de

5 sustituir hasta en un 100% la carga de agregado pétreo por residuo RCD. Así mismo, tiene la ventaja de reducir el consumo de agua de la mezcla, reduciendo el tiempo de curado y aumentando la resistencia mecánica del bloque obtenido.

El proceso de elaboración de la mezcla y las unidades de mampostería, se basan

10 tanto en el uso de material reciclado, como en el proceso de incorporación de materias primas para su elaboración, donde de forma significativa, la metodología de incorporación del agua en la mezcla genera aspectos diferenciales de calidad en el producto terminado.

15 Una segunda modalidad de invención describe la mezcla de concreto reciclado obtenida por este proceso, que tiene residuos de construcción y demolición entre un 60% y 95%; fracción de cemento entre el 4% y el 12%; y agua entre el 4% y 8%.

20 La mezcla de concreto reciclado se diferencia también por lograr una disminución significativa de la proporción agua/cemento, siendo una proporción preferida entre el 0.45 y 0.8.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

25 La presente invención describe una mezcla de concreto con material de relleno reciclado y el proceso de incorporación de material reciclado RCD y otros residuos muy heterogéneos en mezclas de concreto mediante un proceso de producción que reduce el consumo de agua, reduce el tiempo de curado de las

30 unidades de mampostería fabricadas con ella, así mismo favoreciendo la resistencia mecánica final del producto obtenido, siendo éstos generalmente bloques de concreto.

El proceso para la elaboración de mezclas de concreto con material de relleno reciclado sigue las siguientes etapas:

- a) Acondicionamiento del tamaño de partícula de los residuos de construcción y demolición;
- 5 b) Mezcla de partículas de residuos de construcción y demolición junto con cemento como aglomerante;
- c) Vibrocompactación y curado en invernadero de la mezcla.

10 Una característica fundamental del proceso consiste en el método usado para la incorporación del agua a lo largo del proceso de curado, donde en una etapa inicial, se agrega una cantidad mínima de agua a la mezcla RCD - Cemento, con el fin de lograr la humectación inicial del sistema e iniciar el proceso de vibrocompactación.

15 Una característica diferenciadora del proceso de la presente invención es que el material RCD no requiere proceso de selección, es decir, que la mezcla de material cerámico, concreto, ladrillo, tejas y otro tipo de material duro proveniente de una obra de construcción, puede ser empleado. No se requiere que se seleccione determinado tipo de material o se descarte alguno, así como tampoco
20 se requieren proporciones específicas de conformación de este material RCD. La única condición que debe cumplir es que efectivamente se trate de material RCD, es decir, material de consistencia dura y que se ajuste a la granulometría deseada después de la trituración.

25 El acondicionamiento del tamaño de partícula de los residuos se realiza por medio de ensayos normalizados de trituración y tamizaje. Los residuos disponibles se dosifican en rangos conteniendo mezclas variables de RCD y otros residuos, se depositan en pilas que se trituran hasta alcanzar una consistencia homogénea, y luego pasan a cribas que separan las fracciones de
30 agregados finos y agregados gruesos.

El rango deseado para el tamaño de partícula es de 2 a 8 mm, para cualquier tipo de agregado. La adición de partículas inferiores a 2 mm, debe hacerse de manera controlada con el fin de reducir el consumo de agua y de aglomerante.

- 5 La mezcla de concreto reciclado de acuerdo con la presente invención tiene:
- a) Residuos de construcción y demolición entre un 60% y 95%;
 - b) Fracción de cemento entre el 4% y el 12%;
 - c) Agua entre el 4% y 8%.
- 10 El aglomerante empleado para la mezcla es de preferencia cemento Portland, que es ampliamente utilizado en la industria de la construcción, y en una modalidad preferida se adicionan cenizas provenientes de la incineración de carbón bituminoso u otras partículas duras.
- 15 En una mezcla predominante, la relación RCD/aglomerado puede ser igual a 12 y la relación agua/aglomerado puede estar entre el 0.45 y el 0.8 cumpliendo con los porcentajes de absorción de agua para bloques de concretos prefabricados recomendados.
- 20 La mezcla de materiales para lograr la consistencia y las propiedades físicas adecuadas para el uso de las mezclas utilizadas para producto en la elaboración de mampostería corresponde en una dosificación aún más preferida siguiendo las siguientes proporciones: a un contenido de material reciclado RCD hasta del 87.9%, un contenido de cemento Portland de 7.3 % y un contenido de agua de
- 25 4.8%.

En la vibrocompactación manual, sólo se permiten sustituciones de RCD de hasta el 70%, y preferiblemente se puede reemplazar parte de ese agregado pétreo por ceniza de fondo vitrificada para lograr el aligeramiento de los bloques.

30

Los bloques fabricados a partir de la mezcla de concreto con material de relleno reciclado alcanzan a desarrollar resistencias a la compresión entre los 9 y 16 MPa. Siendo preferidos los que contienen en su orden: colas de caliza, escoria

de caldera, residuos de carpeta asfáltica y residuos de base y subbase de carretera ya que están constituidos sólo por partículas duras aportando mayor compresión.

- 5 El producto resultante de la mezcla con mejores características es un ladrillo con altas proporciones de residuos y consumo de cemento Portland inferior al 10% en masa, sin adiciones minerales o plastificantes en las mezclas, cumpliendo con los requerimientos de resistencia compresiva y absorción de agua exigidos por normas técnicas.

10

Los Residuos de Construcción y Demolición se catalogan como residuos heterogéneos de demolición o reforma de edificaciones y obras civiles, conteniendo materiales densos y porosos de diversa pureza tales como concreto, mampostería de hormigón y de arcilla cocida, morteros, estucos, Dry Wall, vidrio plano, loza sanitaria, gres, porcelanato y azulejos.

15

En la presente invención se entenderá como carbonilla al residuo de la combustión incompleta del carbón cuyo contenido de carbón inquemado la hace mucho menos reactiva que la ceniza volante, por lo cual su aporte al desarrollo de resistencia es menor.

20

EJEMPLOS

Ejemplo 1. Proceso de preparación de la mezcla de concreto

25

A continuación, se describirá paso a paso el proceso para la elaboración de mezclas de concreto con material de relleno reciclado:

30

1. Se trituran los materiales de tamaño máximo 163.8 cm^3 hasta convertirlos en partículas de tamaño de 24.5 cm^3 o inferiores
2. Se separan los materiales reciclados en 3 medidas principales: 1.2 cm, 1.9 cm y 0.9 cm (corresponde a $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ y $\frac{3}{8}$ de pulgada);

3. Se muele el material triturado de 1.2 cm y 1.9 cm, y se pulveriza por medio de impacto de martillos
- 5 4. Se ajusta la malla para que la granulometría del material reciclado RCD quede en los tamaños entre 2 y 8 mm, respectivamente.
5. Se mezclan las materias primas RCD, aglomerante, agua y cemento, con la siguiente formulación:
- 10 RCD (20-30%) + Colas Sílicas de Caliza (20-30%) + Carbonilla (8 -12%) + Arena de Concreto (0 – 20%) + Cemento (8 – 10%) + Relación Agua Cemento (0.5)
- 15 Logrando con esta mezcla de concreto un porcentaje de absorción de agua de 8 a 9%, una densidad superior a 2000 kg/m, y una resistencia de más de 13MPa en ensayos individuales, cumpliendo no sólo con los requerimientos de la norma técnica NTC:4076: Unidades de bloques de concreto, bloques y ladrillos para mampostería no estructural, sino también con la norma NTC 4026 que abarca bloques para mampostería
- 20 estructural. Cuando se incorpora la carbonilla, se incrementa la durabilidad del material, la resistencia a ácidos y aumenta la resistencia a la eflorescencia.
- 25 6. Se hidrata la mezcla de manera escalonada entre el 20 y el 40% del tiempo de mezclado;
7. Se producen prefabricados de un área estimada de 1m² empleando una fuerza de vibración de 203943 kg fuerza por 20 segundos;
- 30 8. Se curan los prefabricados en invernadero entre 4 a 7 días haciendo un primer riego con agua tras 4 horas de conformado el producto por vibrocompactación, y luego 3 riegos diarios con agua hasta saturación y tiempo total en invernadero.

35 **Ejemplo 2. Mezcla de concreto con RCD proveniente de colas calizas**

Siguiendo el proceso de preparación de la mezcla de concreto descrito en el ejemplo 1, se mezclan las materias primas de la siguiente manera:

Cemento (5 – 10%) + Arena de Concreto (27– 42%) + triturado (0 -3%) + reciclado fino (32- 41%) + reciclado grueso (18-25%) + Relación Agua/Cemento (0.6)

Los bloques fabricados con residuos de colas del lavado de calizas trituradas conocido como colas calizas, corresponden a una sustitución del 58% en volumen del agregado pétreo natural, por lo que desarrollan resistencias hasta de 16MPa que cumple con las normas técnicas para aplicaciones estructurales. Esta alta resistencia se debe a que los residuos están constituidos por una arena bien gradada conformada por partículas de cuarzo y feldespatos de alta dureza y con poca caliza.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bedoya, C., & Dzul, L. (2015). El concreto con agregados reciclados como proyecto de sostenibilidad urbana. *Revista Ingenieria de Construccion*.

Catterton, R., Harris, T., & Harris, S. (1998). Method for new concrete from old concrete. Patente US5725655.

Cosola, M. (1996). Ready mixed cement product incorporating material from construction and demolition debris. Patente US5525153.

Cummings, R., & Chuckran, P. (2010). Method for recycling construction and demolition fines. Patente US7815729B2.

Martínez Molina, W; Torres Acosta, A; Alonso Guzman, E. (2015). Concreto reciclado: una revisión. *Alconpat*.