

MEZCLA DE CONCRETO REFLECTANTE COMPUESTA POR RESIDUOS DE CONCRETO, RESIDUOS DE VIDRIO Y FIBRAS PARA ELEMENTOS DE MOBILIARIO Y SUPERFICIES

5

CAMPO DE LA INVENCION

El campo de la invención se relaciona con el aprovechamiento de diferentes residuos de construcción para obtención de mezclas de concreto. Particularmente, la presente divulgación se refiere a una mezcla de concreto reflectante que aprovecha residuos de construcción y de demolición, específicamente residuos de concreto y vidrio.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En los últimos años varios informes de las Naciones Unidas han puesto de manifiesto el gran crecimiento que están sufriendo las áreas urbanas. Actualmente, un 55% de la población vive en ciudades, cifra que prevé que se eleve hasta el 68% en el 2050 (UN, 2018). América del Norte lidera el ranking de población urbana (82%), seguida por América Latina y el Caribe (81%), Europa (74%), Oceanía (68%), Asia (50%) y África (43%) (UN, 2018)¹.

15

Entonces, para suplir la necesidad de suelo por el crecimiento de las ciudades se ha optado por dos vías. La primera opción es la expansión de las ciudades y ocupar el suelo calificado como rural. La segunda opción es la renovación urbana demoliendo construcciones de un solo nivel para dar paso a construcciones verticales, lo cual da lugar a un crecimiento en la generación de residuos de la construcción y demolición.

20

25

En el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) se generan actualmente aproximadamente 8000 toneladas de residuos sólidos por día. Casi el 70%, 5500 toneladas, son Residuos de Construcción y Demolición (RCD's). Mientras que en el caso de los residuos

¹ <https://www.unibarcelona.com/int/actualidad/noticias/el-crecimiento-de-las-ciudades-una-problematica-o-una-oportunidad>

sólidos urbano se logra una recuperación cercana a un 13%, se está desperdiciando todavía el potencial de reciclaje en el caso de los escombros.

5 El concreto tiene el mayor potencial entre los RCD's. El uso de diversos agregados reciclados ofrece múltiples ventajas medioambientales, incluyendo la reducción de inversión de energía en el procesamiento de materiales naturales y la conservación de los recursos naturales, aliviando o disminuyendo, así la contaminación. Extensos trabajos de investigación ya se han realizado sobre el uso de agregados reciclados suplementarios para mejorar la sostenibilidad y durabilidad de los materiales de concreto. Los agregados, en términos de
10 volumen, son el componente principal del concreto y pueden tener un efecto significativo sobre las propiedades y el costo final de mezcla.

Las propiedades mecánicas más importantes de un concreto fabricado con áridos reciclados son la resistencia a compresión y flexión ya que estas definen su empleo en diferentes tipos
15 de materiales. El efecto combinado de la sustitución parcial o total de agregados naturales AN por Agregados Reciclados AR y la sustitución parcial de Cemento Portland (PC) con diversas adiciones minerales también ha sido investigado recientemente (Berndt, 2009; Limbachiya, Meddah, & Ouchagour, 2011; Maier & Durham, 2012 y Kou & Poon, 2012).

20 Las investigaciones publicadas mostraron que se pueden obtener propiedades satisfactorias del concreto con agregados reciclado (RAC) para el empleo en aplicaciones estructurales dependiendo del nivel de sustitución y del tipo y la combinación de aditivos minerales.

Por su parte, Corinaldesi & Moriconi., 2009, estudiaron la reducción en la resistencia en los
25 concretos causada por el 100% de reemplazo de los agregados naturales por áridos reciclados y la sustitución parcial del cemento portland por cenizas volantes y humo de sílice, todo esto con el fin de desarrollar un concreto sostenible para la construcción con un desempeño satisfactorio en términos de seguridad y funcionalidad. M. Limbachiya, et al., 2011, analizó el efecto de una sustitución parcial del cemento con cenizas en el concreto reciclado con
30 diferentes proporciones de árido grueso (30%, 50% y 100%). Sus resultados mostraron que la sustitución de 30% de cemento con ceniza no afectó a las propiedades mecánicas de un

concreto reciclado al tiempo que redujo la contracción por secado, independientemente de la cantidad de agregado reciclado (AR) en el concreto. Las tendencias generales observadas indican que el 30% del árido grueso reemplazado en el concreto.

- 5 Respecto al empleo de fibras en concretos de esta naturaleza, los investigadores han reportado que formulaciones con mayor contenido de relleno de carbonato y 2% en masa de fibra de PVA (MCF2) presentó un mejor desempeño de MOR y LOP después de 28 días de curado, en comparación con las formulaciones con 1% y 3% de fibra, respectivamente. Esta mejora en MOR y LOP ocurre a pesar de la reducción esperada en la resistencia de la matriz
10 debido al aumento de la porosidad debido a la presencia de la fibra.

Los anteriores, estudios demostraron que una pequeña variación en un porcentaje de algún componente en las mezclas de concreto, dan propiedades diferentes, lo que implica que para cada mezcla desarrollada se deba realizar un minucioso estudio para evaluar sus potenciales
15 aplicaciones para luego ya pensar en realizar el escalado de la mezcla a una producción comercial.

Es así como en el estado de la técnica se presentan diferentes mezclas, con una aplicación específica y su evaluación de desempeño de acuerdo al problema a solucionar con el tipo de
20 residuo empleado.

La patente US20090298972 describe una formulación para la obtención de una mezcla de hormigón translúcido compuesta por una mezcla de matrices de policarbonato y epoxi, así como fibras de vidrio, fibras ópticas, sílice coloidal, sílice y cemento Portland. La invención
25 presenta mayores propiedades de resistencia mecánica que las de un hormigón estándar, con menor densidad y características mecánicas que permiten su uso tanto estructural como arquitectónico. La formulación utilizada para obtener la mezcla de hormigón translúcido comprende un tipo de hormigón diferente a los disponibles actualmente, que combina las ventajas de los hormigones existentes con la translucidez. Sin embargo, dado que esta mezcla
30 es para un hormigón estructural tiene un alto porcentaje de una matriz epoxi de 0 % a 90%, y de la matriz de policarbonato de 0% al 60% para lograr las características mecánicas como

la resistencia a la compresión de un hormigón translúcido con matriz epoxi (bisfenol A) de hasta 220 MPa.

5 Por su parte, la patente US20040035329 describe una composición para mezclar con cantidades predeterminadas de un decorativo; y proceso para producir un decorativo. La composición que comprende de aproximadamente 50% a aproximadamente 79% de una mezcla de sílice cuarcítica; alrededor del 20% a alrededor del 35% de un cemento hidráulico seleccionado del grupo que consiste en cemento hidráulico Tipo V y cemento blanco portland; un material particulado seleccionado del grupo que consiste en cenizas volantes
10 que no superen el 8 %, humo de sílice que no supere el 5 % y mezclas de los mismos; opcionalmente, un superplastificante o reductor de agua; y una sustancia opcional seleccionada del grupo que consiste en reductores de contracción, controladores de reactividad álcali-sílice, colorantes, reductores de permeabilidad y mezclas de los mismos. No obstante, esta composición solo alcanza una resistencia de máximo 4000 psi.

15 También, la patente WO 2018177447 da a conocer un método para la preparación de hormigón en el que hasta el 100 % del árido consiste en material reciclado procedente de residuos inertes de construcción y demolición, por lo que este hormigón alcanza parámetros mecánicos comparables a los hormigones convencionales. La desventaja de este método es
20 que utiliza una cantidad relativamente grande de microsílice, cuya disponibilidad ha disminuido recientemente.

De acuerdo a lo anterior, se concluye que las soluciones propuestas en el estado de la técnica para formular mezclas de concreto para elementos prefabricados están diseñadas con
25 materiales con apariencia decorativa que emplean agregados como mármol o rocas ornamentales, y matrices de poliméricas que aumentan el costo del producto y que no garantizan las propiedades mecánicas del producto final.

De acuerdo a lo anterior, se evidencia que existe la necesidad de diseñar una mezcla de
30 concreto para elementos prefabricados como superficies y mobiliario para exteriores que cumplan superen resistencia estructural con valores de 30 MPa, una densidad de 2, 36 +/-

0,03 g/cm³ y flexión de 4,86 a los 56 días de curada, que reemplace los agregados gruesos por residuos de concreto, asimismo que tengan baja porosidad y que proporcione unas propiedades de apariencia innovadoras como el efecto reflectante.

- 5 El objeto de la presente invención es proporcionar una mezcla de concreto que contiene residuos de vidrio, residuos de concreto y fibras en su composición lo que mejora su resistencia y aspecto para ampliar sus funcionalidades en varias aplicaciones. Es otro objeto adicional proporcionar un proceso para obtener la mezcla de concreto reflectante compuesto por residuos de concreto, residuos de vidrio y fibras para mobiliario y superficies.

10

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

- La presente invención se refiere a una mezcla de concreto reflectante compuesto por residuos de concreto, residuos de vidrio y fibras para elementos de mobiliario y superficies compuesta
- 15 por cemento blanco de uso general, agua potable, agregado fino blanco conocido comercialmente con arena de cuarzo con tamaño de grano de 0,59 mm a 0.075 mm, agregado grueso o grava con tamaño de grano de 12,7 mm hasta 2.36 mm, agregado reciclado proveniente de elementos de concreto reciclado con tamaño de partícula que van desde 12.7 mm a 2.36 mm, vidrio molido proveniente del botellas recicladas con diferentes tonos de
- 20 verde, azul o café con tamaño de partícula entre 4 y 2 mm, fibras sintéticas estructurales compuestas por polipropileno/polietileno, monofilamento y un aditivo plastificante. Los resultados de las propiedades mecánicas de esta mezcla a los 56 días de evaluación mostraron una resistencia en promedio de 30MPa, una densidad de 2, 36 g/cm³ y flexión de 4,86 KN.
- 25 Adicionalmente, se desarrolló un proceso de la obtención de esta mezcla del concreto en la que comprende: la determinación del tamaño, densidad, humedad y absorción los agregados finos; determinación del tamaño máximo, el tamaño máximo nominal, densidad, la absorción de la masa unitaria suelta y compacta del agregado, y la humedad del grueso convencional y el agregado de concreto reciclado; y el diseño de la mezcla para que cumpla con las
- 30 especificaciones finales del producto.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para poner en claro adicionalmente las ventajas anteriores y otras características de la presente invención, y una descripción particular de la invención será presentada con
5 referencia a las modalidades específicas de la misma que se ilustran en las figuras adjuntas. Se aprecia que estas figuras representan únicamente modalidades típicas de la invención y, por lo tanto, no se considera limitantes de su alcance.

La figura 1 muestra las materias primas de la mezcla de concreto reflectante, a) Agregados
10 de vidrio. b) Agregados de cuarzo, y c) Agregados reciclados provenientes de residuos de concreto.

La figura 2 muestra las materias primas de la mezcla de concreto reflectante, d) Agregados
15 gruesos reciclados, y e) Agregados gruesos convencionales.

La figura 3 muestra las imágenes obtenidas del microscopio electrónico de barrido SEM
(Scanning Electron Microscope) para a) Agregado reciclado con partículas adheridas de
mortero residual (MR) y b) Detalle de compuestos hidratados residuales.

La figura 4 muestra las imágenes obtenidas del microscopio electrónico de barrido SEM
20 para a) Pasta con AR sin ataque de MgSO_4 , b). Mapeo Composición química elemental.

La figura 5 muestra la curva granulométrica de los agregados gruesos convencionales.

La figura 6 muestra la curva granulométrica de los agregados finos de cuarzo.

La figura 7 muestra la curva granulométrica de los agregados reciclados de concreto.

La figura 8 muestra las macrofibras sintéticas para concreto a) aspecto en empaque y b)
30 fibrilación ideal en mezcla.

La figura 9 muestra los resultados de la evaluación de los cilindros de la resistencia a la compresión.

La figura 10 muestra los resultados de la evaluación de los cilindros de densidad.

5

La figura 11 muestra los resultados de la evaluación de los cilindros de la carga a la flexión.

La figura 12 muestra los resultados de la evaluación del color y la textura en superficies a) placa de mortero fabricado con residuos de ladrillo en reemplazo de los agregados convencionales, b) placa de mortero fabricado con agregados finos reciclados y polvo de ladrillo en reemplazo de los agregados convencionales, y c) placa de mortero fabricado con agregados blancos en reemplazo de los agregados convencionales.

La figura 13 muestra los resultados de la evaluación del color y la textura en superficies para a) placa de mortero fabricado con agregados convencionales y 2% fibras PP, b) placa de mortero fabricado con agregados convencionales y 4% fibras PP, y c) placa de mortero fabricado con combinaciones de agregado negro, agregado reciclado y reemplazo parcial de cemento portland por ceniza de carbón.

La figura 14 muestra los resultados de la evaluación del color y la textura en superficies finales obtenidas con agregados de vidrio reciclado verde y efecto reflectante con la luz del medio ambiente.

DESCRIPCION DETALLADA DE LA INVENCION

25

La presente invención se refiere a una mezcla de concreto reflectante que contiene residuos de vidrio, residuos de concreto y fibras. La mezcla de concreto reflectante incorpora agregados de vidrio reciclado para obtener superficies durables y ópticamente diferenciadoras con propiedades foto reflectantes totalmente diferenciadoras, lo cual disminuye costos, ya que logra aumentar la luminosidad en los elementos prefabricados como

superficies y mobiliario sin emplear materias primas no renovables garantizando así la sostenibilidad de este tipo de productos.

Otro objeto de la presente invención es un proceso de la obtención de esta mezcla de concreto
5 reflectante que tiene como primera etapa la determinación del tamaño, densidad, humedad y absorción los agregados finos que se van a emplear en la mezcla, la cual consiste en la determinación de la distribución granulométrica por medio un de juego de tamices, con el fin de hallar su módulo de finura y su cumplimiento dentro de los límites establecidos por la Norma Técnica Colombiana para concretos, especificaciones de los agregados para concreto
10 (NTC 174).

Para la determinación del módulo de finura se tomaron los porcentajes retenidos individuales que hacen parte de la granulometría del material, bajo la norma (NTC 174). La determinación de la densidad, la absorción y humedad para el agregado fino se realiza mediante el
15 humedecimiento del material de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana para Ingeniería Civil y Arquitectura. Método para determinar la densidad y absorción del agregado fino (NTC 237).

La segunda etapa es la determinación de la absorción de la masa unitaria suelta y compacta
20 del agregado grueso convencional y el agregado de concreto reciclado, la cual se realiza de acuerdo con la metodología establecida por la Norma Técnica Colombiana para Ingeniería Civil y Arquitectura. Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas de agregados (NTC 92). Se evaluó la distribución granulométrica por medio un de juego de tamices, con el fin de hallar su tamaño máximo y su cumplimiento dentro de los límites
25 establecidos por la Norma Técnica Colombiana para Ingeniería Civil y Arquitectura. Método para el análisis por tamizados de los agregados finos y gruesos (NTC 77).

La determinación de la densidad, la absorción y la humedad para el agregado grueso se realiza mediante el humedecimiento del material de acuerdo a la Norma Técnica Colombiana para
30 ingeniería civil y arquitectura. Método de Ensayo para Determinar la Densidad y la Absorción del Agregado Grueso (NTC 176).

La tercera etapa es el diseño de la mezcla de concreto que cumpla con las especificaciones finales del producto, lo anterior, dado que al emplear materias primas que son residuos de concreto y de vidrio, sus características pueden cambiar, no obstante, es indispensable que el producto final tenga las características esperadas.

El diseño de las mezclas se llevó a cabo de acuerdo con las recomendaciones de ACI 211.1 “Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight and Mass Concrete”, por el método de volúmenes absoluto, para alcanzar una mezcla las características de la mezclas de concreto reflectante con una consistencia manejable y fluida, con un asentamiento de 5-8 cm, una resistencia a compresión mínima de 21 MPa (estándar para el concreto estructural) teniendo en cuenta las materias primas empleadas de agregados convencionales, agregados reciclados provenientes de concreto, vidrio y fibras.

La aplicación de este proceso ayuda a determinar las relaciones de cada material en peso por volumen para la relación de un m^3 , de ahí posteriormente se estimó la cantidad para obtener las cantidades suficientes para moldes de cilindros de 100 mm x 200 mm.

La mezcla de concreto reflectante está compuesta por residuos de concreto, residuos de vidrio y fibras comprende, cemento blanco entre 20% al 33% p/p; agregado fino blanco entre 8% al 20% p/p; agregado grueso entre 10% al 38% p/p; agregado reciclado entre 11% al 40%; vidrio molido verde o azul entre 0,05% al 5% p/p; fibras sintéticas entre 0,2% al 6% p/p; aditivo plastificante entre 0,05% al 0,7%; y agua potable entre 6% al 16%.

La mezcla de concreto reflectante compuesta por residuos de concreto, residuos de vidrio y fibras comprende preferiblemente, cemento blanco entre 22% al 31% p/p; agregado fino blanco entre 6% al 18% p/p; agregado grueso entre 8% al 36% p/p; agregado reciclado entre 9% al 38%; vidrio molido verde o azul entre 0,07% al 4% p/p; fibras sintéticas entre 0,4% al 4% p/p; aditivo plastificante 0,08% al 0,3%; y agua potable entre 4% al 14%.

La mezcla de concreto reflectante compuesta por residuos de concreto, residuos de vidrio y fibras comprende más preferiblemente, cemento blanco entre 24% al 28% p/p; agregado fino blanco entre 12% al 15% p/p; agregado grueso entre 15% al 34% p/p; agregado reciclado entre 17% al 35%; vidrio molido verde o azul entre 0,9% al 3% p/p; fibras sintéticas entre 0,7% al 1% p/p; aditivo plastificante 0,09% al 0,15%; y agua potable entre 8% al 12%.

EJEMPLOS

A continuación, se mostrará la mejor forma de realizar invención para una realización específica.

Como primera medida se hace necesario proveer las materias primas de esta mezcla, es así como, el agregado fino seleccionado fue cuarzo blanco procedente de una empresa de agregados blancos, local en Medellín, Colombia.

El agregado convencional es procedente de la cantera local de agregados gruesos convencionales.

Los agregados reciclados son procedentes de las muestras fallidas de cilindros de concreto procedentes del laboratorio de la Institución Universitaria.

Los agregados gruesos son una mezcla de agregados convencionales, agregados reciclados provenientes de residuos de concreto y agregados de vidrio triturado.

Haciendo referencia a la figura 1, a) se observa que el vidrio empleado en la mezcla se adquiere del reciclaje de botellas comerciales, se prefieren botellas de vidrio verde y azul. Esta materia prima es acondicionada, por medio de un lavado, las cuales después de secarlas y retirar etiquetas o adhesivos en el proceso de limpieza, pasaron por un proceso de trituración manual hasta llegar a tres tamaños de partícula específicamente: 4,75 mm, 2,36 mm y 1,19 mm. Por su naturaleza, el vidrio es inerte, no produce ningún lixiviado y no absorbe agua. La densidad de este material se encuentra entre 2.46 a 2.54 g/cm³.

En la figura 1, b) se observa que el agregado fino utilizado para esta mezcla es blanco, ya que está compuesto principalmente por sílice, no contiene impurezas ni óxidos de hierro como los agregados convencionales. Su tamaño de grano y composiciones se especifica más adelante.

El agregado reciclado es directamente tomado de los residuos de los cilindros que salen de las prácticas realizadas por los estudiantes en el laboratorio de suelos y materiales de la Institución. En la figura 1, c) se observa los diferentes tamaños de partícula con el que quedan las diferentes partículas de los cilindros luego de la trituración y se clasificación.

En la primera etapa del proceso se realiza la determinación del tamaño, densidad, humedad y absorción los agregados finos.

En la segunda etapa se realiza la determinación del tamaño máximo, el tamaño máximo nominal, densidad, la absorción de la masa unitaria suelta y compacta del agregado, y la humedad del grueso convencional y el agregado de concreto reciclado. Estos valores se hallan siguiendo los procesos descritos por la norma NTC 174 (Especificaciones de los agregados para concreto) y NTC 77 (Método de ensayo para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos), las cuales posibilitan conocer las deficiencias o excesos de los tamaños de las partículas y determinar el cumplimiento del material dados los límites establecidos por este estándar. El Tamaño máximo nominal (TMN) es el tamiz que sigue en apertura, cuando el porcentaje acumulado retenido sea mayor o igual que el 15%. El tamaño nominal (TN) está definido por la abertura de menor tamiz que permita el paso del 100% del material. Dichos valores se hallan en la tabla 1.

En la figura 2, d) se observa el tamaño de partícula de los agregados gruesos reciclados y en la figura 2, e) se observa el tamaño de los agregados gruesos convencionales

La composición concerniente a los tamaños de las partículas de los materiales a emplear en la mezcla de concreto, se determinan para obtener el tamaño máximo, el tamaño máximo

nominal, el módulo de finura y la representación gráfica que permite analizar si la granulometría es continua o discontinua, lo cual posibilita conocer las deficiencias o excesos de los tamaños de las partículas y determinar el cumplimiento del material dados los límites establecidos en la Norma Técnica Colombiana, Concretos: Especificaciones de los agregados para concreto NTC 174:2018. En mezclas de concreto, se espera que las granulometrías de los materiales aporten una buena compacidad (capacidad de acomodamiento de los materiales sólidos dentro de la mezcla de concreto).

Tabla 1. Granulometría agregados gruesos convencionales

Masa Inicial (1500g)							
Denominación tamiz		Masa Retenida (g)	% Retenido individual	% Retenido acumulado	% Pasante	LIMITES	
Estándar	Abertura (mm)						
2"	50.8	0	0	0	100	100	100
1 1/2"	38.1	0	0	0	100	100	98
1"	25.4	0	0	0	100	100	95
3/4"	19.05	0	0	0	100	94	70
1/2"	12.7	638	42.82	42.82	57.2	60	25
3/8"	9.53	574	38.52	81.34	18.7	30	10
N°4	4.75	278	18.66	100.00	0.0	10.0	0
N°8	2.36	0.016	0.00	100.00	0.0		
N°200	0.075	0.012	0.00	100.00	0.0		
FONDO	N/A	0.006	0				
	SUMATORIA	1490.034					

Para determinar el Tamaño Máximo (TM) y Tamaño Máximo Nominal (TMN)) del agregado grueso, se tomaron los resultados de la granulometría donde se retuvo el 15 % o más de la muestra empleada, según lo indicado en la Norma Técnica Colombiana (NTC 77: Método para el análisis por tamizado de los agregados finos y gruesos).

De acuerdo a lo anterior, el Tamaño Máximo (TM): 19, 05 mm (3/4 ") y Tamaño Máximo Nominal (TMN): 9,53 mm (3/8 ").

La figura 5 muestra la curva granulométrica de los agregados gruesos convencionales. La gradación óptima del material está dada por una curva que se ubique en el centro de los

límites de los áridos gruesos y finos, esto porque producen una curva suave que se presupone produce el mejor concreto.

En la tabla 2. Se observan los resultados de la granulometría para los agregados de cuarzo empleados. Uno de los principales datos obtenidos es el módulo de finura (MdeF) que define el índice finura de este material y que es requerido para el diseño de la mezcla. Entre mayor sea el MdeF más grueso será el agregado. El MdeF obtenido para este caso fue de 1,90 lo que indica que es una arena fina. El resultado se obtuvo siguiendo la ecuación designada por la NTC 77 como se observa a continuación:

$$M de F = \frac{\sum \% \text{ ret. acum. desde Tamiz } 3/8" \text{ hasta No. } 100}{100}$$

$$= \frac{(29.18+69.49+92.92)}{100} = \frac{189.59}{100} = 1.9$$

Tabla 2. Granulometría agregados finos de cuarzo

Masa Inicial (1000 g)							
Denominación tamiz		Masa Retenida (g)	% Retenido individual	% Retenido acumulado	% Pasante	LIMITES	
Estándar	Abertura (mm)						
3/8"	9.53	0	0.00	0.00	100.00	100	100
N°4	4.75	0	0.00	0.00	100.00	95	100
N°8	2.36	0	0.00	0.00	100.00	80	100
N°16	1.19	0	0.00	0.00	100.00	50	85
N°30	0.59	290.86	29.18	29.18	70.82	25	60
N°50	0.297	381.86	38.31	67.49	32.51	10	30
N°100	0.149	253.43	25.43	92.92	7.08	2	10
N°200	0.075	58.43	5.86	98.78	1.22		
FONDO	N/A	12.14	1.22	100.00	0.00		
	SUMATORIA	996.71					

La figura 6 muestra la curva granulométrica de los agregados finos de cuarzo. Las líneas punteadas indican los límites establecidos por la norma para una gradación estándar de agregados finos, la curva azul indica los tamaños obtenidos para los agregados de cuarzo, ésta línea se encuentra por fuera de los límites y hacia la parte superior derecha corroborando

que sus tamaños son más finos de lo estipulado, sin embargo debido a las cualidades particulares de dureza y color de este agregado se tiene en cuenta esta característica para ajustar los tamaños de grano faltantes con los demás agregados utilizados en el diseño de la mezcla.

5

En la tabla 3, se muestra las características o especificaciones técnicas de la arena de cuarzo empleada en la mezcla de concreto reflectante, Como se observa la composición predominante es sílice (> 95.0%), lo que indica que es un agregado de estructura cristalina tetraédrica que le confiere a las partículas características de uniformidad y resistencia mas estables comparadas con la arena convencional. La densidad de 2,62 g/cm³ se encuentra dentro de los rangos de clasificación de la NTC 174 para su uso como agregado de densidad normal.

Se recomienda el uso de este agregado para la mezcla de invención ya que no es reactivo, no se desvanece con la luz solar directa ni cambia de color y por su naturaleza blanca no se requiere añadir pigmentos o dióxido de titanio lo cual aumentaría el costo final.

Tabla 3. Especificaciones técnicas arena de cuarzo

Características	Tamaño de partícula (mm)	Contenido en Sílice (SiO ₂)	Densidad	Análisis químico	Reactividad álcali/sílice:	Componentes que alteran tiempo de fraguado y endurecimiento del concreto
Especificaciones	0/5	> 95 %	2,62 g/cm ³	- SiO₂ > 95.0% - Cloruros: No contiene - Al₂O₃ < 1.0% - Azufre total: 0.01% - Fe₂O₃ < 0.06% - Absorción de agua: 0.31 - K₂O < 1.20% - CaO < 1.00%	Negativo	Negativo

20

Tabla 4. Granulometría agregados reciclados de concreto

Masa Inicial (1300g)							
Denominación tamiz		Masa Retenida (g)	% Retenido individual	% Retenido acumulado	% Pasante	LIMITES	
Estándar	Abertura (mm)						
2"	50.8	0	0	0	100	100	100
1 1/2"	38.1	0	0	0	100	100	98
1"	25.4	0	0	0	100	100	95
3/4"	19.05	0	0	0	100	94	70
1/2"	12.7	44.6	0.34	0.34	99.7	60	25
3/8"	9.53	386.5	2.98	2.98	97.0	30	10
N°4	4.75	2322	17.90	17.90	82.1	10.0	0
N°8	2.36	5756	44.38	44.38	55.6		
N°16	1.18	1972	15.20	15.20	84.8		
N°30	0.6	479.3	3.70	3.70	96.3		
N°50	0.3	37.5	0.29	0.29	99.7		
N°200	0.075	1972	15.20	15.20	84.8		
FONDO	N/A	0.006	0.00	0.00	100.0		
	SUMATORIA	12969.906					

De acuerdo a lo anterior, el Tamaño Máximo (TM): 19,05 mm (3/4 ") y Tamaño Máximo Nominal (TMN): 9,53 mm (3/8 ").

5

La figura 7 muestra la curva granulométrica de los agregados reciclados de concreto. Se observa como los agregados más gruesos de la muestra se encuentran ligeramente sobre el límite superior establecido por la norma y señalado con las líneas punteadas, sin embargo esta la existencia de partículas más finas en los demás agregados que componen el diseño compensan la distribución, es decir que al tener en cuenta todos los tamaños de partícula de los agregados usados se obtiene una matriz más compacta con menos vacíos y menor permeabilidad.

10

En general, al analizar la granulometría del cada agregado, se encontró que tanto los agregados gruesos convencionales como los agregados gruesos reciclados se encuentran inscritos dentro de los límites permitidos (delimitados por las líneas punteadas en la gráfica) para la fabricación de un concreto compacto.

15

Al revisar el módulo de finura y la distribución del agregado fino de cuarzo, se encuentra que este se encuentra por límite superior que indican tamaños de partícula finos, sin embargo, como también se cuenta con tamaños gruesos en el agregado de vidrio la combinación se ve compensada y se consolida una distribución uniforme y para desarrollar una mezcla que es visiblemente más compacta. Todos los valores mostrados anteriormente son tenidos en cuenta para el diseño de mezclas que se muestra más adelante.

Ahora bien, en la figura 3, a) se muestra la imagen obtenida del microscopio electrónico de barrido SEM (Scanning Electron Microscope) de la morfología encontrada para los áridos reciclados (AR), la cual es irregular y rugosa, contienen partículas adheridas, y mucho más pequeñas aparecen restos de pasta o mortero residual y también compuestos hidratados residuales tal como se observa en la figura 3, b).

La composición química elemental de los AR es presentada en la figura 4, específicamente en la figura 4, a) la imagen SEM muestra una pasta AR, y en la figura 4, b) se observa el mapeo de la composición química elemental de una partícula de agregado reciclado que tiene otras partículas más pequeñas de pasta de concreto adheridas. Los elementos encontrados en las distribuciones espaciales fueron mapeados por color de la siguiente manera: Ca (violeta), O (rojo), Al (verde), Si (cian). Después de contrastar los colores de las partículas, se comprobó que están compuestas en su mayoría por Ca, O, Si y Al, lo que sugiere la presencia de productos de hidratación enriquecidos con óxidos de aluminio y sílice provenientes de los productos de hidratación preexistentes.

Las absorciones tanto en agregados gruesos como finos, también son esenciales en la siguiente etapa del proceso de obtención de la mezcla de concreto reflectante. Para esta realización preferida se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 5. Datos de densidad y absorción del agregado fino de la mezcla de concreto reflectante

Propiedad	Valor	Unidades
Densidad aparente seca	2150	kg/cm ³

Densidad saturada superficialmente seca (SSS)	2190	kg/cm ³
Densidad nominal	2240	kg/cm ³
% de absorción	1,99	%
Humedad	1,95	%

Tabla 6. Datos de la densidad y absorción del agregado grueso convencional y el agregado grueso reciclado de concreto

Densidad y absorción	Agregado Convencional	Agregado Reciclado de concreto
Masa aparente de la muestra saturada en agua (g)	2302,60	2093,10
Tara N°	57	63
Masa del recipiente (g)	123,92	114,17
Masa del recipiente + Suelo SSS (g)	3636,52	3685,57
Masa del recipiente + Suelo seco (g)	3610,62	3409
Densidad relativa (gravedad específica) Superficialmente Húmeda SH (g/cm ³)	2,882	2,229
Densidad relativa (gravedad específica) Saturada Superficialmente Seca SSS (g/cm ³)	2,903	2,416
Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) (g/cm ³)	2,945	2,741
Absorción de agua (%)	0,74	8,4

- 5 Adicionalmente, se debe conocer las características del cemento blanco de uso especial que se va a emplear en la mezcla de concreto reflectante que es de una marca nacional, y sus principales características se detallan en la tabla 7.

Tabla 7. Características del cemento blanco

Parámetros físicos		Norma de ensayo	Valor
Finura	Blaine (cm ² /g)	ASTM C 204	2800
	Retenido Tamiz um (%)	ASTM C430	3
Cambio de longitud por autoclave, máx. (%)		ASTM C 151	0.8
Tiempo de fraguado, Ensayo de Vicat (Tiempo inicial y Tiempo final en min)		ASTM C 191	45 420
Contenido de aire en volumen, máx. (%)		ASTM C 185	12
Expansión en barras a 14 días, máx.		ASTM 1038	0.02
Resistencia mínima a la compresión (MPa)			
1 día, Min (MPa)		ASTM C 109	12
3 días, Min (MPa)			24

Parámetros químicos			
Óxido de Magnesio		ASTM C 114	
Trióxido de azufre			
Parámetro de color			
L	Mínimo, (%)	Sistema CIELAB	90
a	Mínimo, (%)	Sistema CIELAB	-1.5
b	Máximo, (%)	Sistema CIELAB	5.9

Adicionalmente, es importante, también caracterizar la fibra de refuerzo, en esta realización preferida se tienen fibras sintéticas estructurales (macrofibras) de acuerdo a la norma ASTM C-1116, para el tipo III (Syntetic Fiber – Reinforced Concrete Shotcrete), compuestas por polipropileno/polietileno, monofilamento, las cuales se auto-fibrilan o dispersan uniformemente cuando se incorporan en la mezcla con los demás componentes del concreto.

En general, este tipo de fibras son empleadas para reemplazar la malla electrosoldada y las fibras metálicas en una amplia variedad de aplicaciones, como en este caso el mobiliario, en la figura 8 se muestra el aspecto antes de la mezcla de las fibras de refuerzo, donde en la figura 8, a) muestra las macrofibras sintéticas para la mezcla de concreto reflectante en su aspecto de empaque y en la figura 8, b) se muestra las macrofibras sintéticas para la mezcla de concreto reflectante con la fibrilación ideal en la mezcla.

La siguiente etapa del proceso de obtención de la mezcla de concreto es la de diseñar la mezcla. Esto teniendo en cuenta que las materias primas incluyen reciclados de concretos y de vidrios, que no son estandarizados todos en su tamaño y composición, lo que hace necesario siempre ajustar la mezcla de concreto reflectante de acuerdo a los resultados de las etapas anteriores del proceso de obtención de la mezcla para cada uno de estos componentes en la mezcla final para que esta cumpla con las especificaciones finales del producto.

Con los datos de las etapas anteriores, se procede a realizar el diseño de la mezcla de concreto reflectante de la presente invención, de acuerdo con el método propuesto por ACI.

El método ACI (American Concrete Institute) es un método de dosificación para el diseño de mezclas de hormigón; se basa en medir los materiales (cemento, agua, grava y arena) en

peso y volumen, y se diseña tanto para una mezcla en estado fresco como endurecido. En primer lugar, el tamaño máximo de los agregados fue definido para iniciar con el diseño (Tabla 8), ya que debido a los espesores y espacios entre las formaletas usadas para mobiliario y superficies debe quedar espacio suficiente para que la mezcla fluya, por lo tanto, se definió un tamaño máximo de 19.05 mm ($\frac{3}{4}$ in) y un asentamiento de 0 a 10 mm para que la mezcla fluya con facilidad entre la formaleta o molde que la contiene. La cantidad de agua y aire están definidas previamente en los parámetros para este tipo de diseño de mezcla.

Antes de calcular de manera explícita el contenido de cemento, se tuvo en cuenta la relación agua cemento (a/c) necesaria por resistencia para compararla con la necesaria por durabilidad y escoger la definitiva para la mezcla, con la cual se calcula el contenido de cemento. Ver tabla 9.

La durabilidad, como una medida para resistir la acción de los agentes internos o externos que actúan sobre el concreto, fue seleccionada según el rango de severidad establecido por la ACI a través de la resistencia del cemento medida por los factores K_1 y K_2 y también fueron tenidos en cuenta los requisitos según la clase de exposición de la Norma Sismo Resistente NSR-10 C5, la cual se divide en 4 categorías: F (Congelamiento y deshielo), S (Sulfato), P (Permeabilidad) y C (Protección del refuerzo para la corrosión) las cuales a su vez se dividen en clases para especificar aún más la severidad a la que el concreto puede ser sometido; sabiendo que el tipo de elementos que se pueden fabricar con este concreto podrían quedar expuestos a condiciones de cambios fluctuantes de temperatura externos y en contacto con los sulfatos presentes en el suelo se seleccionan las categorías F1 y S1 las cuales recomiendan la implementación de una relación a/c de 0.45, así que ésta es seleccionada como la relación dominante para el diseño (Tabla 10).

Basándose en la relación a/c se determinó el contenido de cemento por m^3 de concreto de la siguiente forma:

$$C = W/(W/C)$$

Donde:

W: Contenido de agua en m^3

C: Cemento

Para calcular el contenido de agregado grueso se siguen las recomendaciones del ACI, dejando constantes el contenido de agua y el volumen de agregado grueso para mantener la misma trabajabilidad con la misma relación agua/cemento. El volumen de los agregados es tomado de dichos parámetros, para este caso es de 0.68 y se expresa en la tabla 11.

Una vez estimado este volumen se puede hallar la cantidad de gruesos por metro cúbico de hormigón multiplicándolo por el valor de la masa unitaria seca y compactada con varilla del agregado grueso, de acuerdo con la siguiente formula:

$$G_1 = V_{gs} \times MU_{sc}$$
$$G_{1ss} = G_1 (1 + h_{ag}/100)$$

Donde:

G_1 : Masa del agregado grueso por metro cubico de concreto.

G_{1ss} : Masa del agregado grueso saturado por metro cubico de concreto.

V_{gs} : Volumen del agregado grueso seco y compactado con varilla para un metro cubico de concreto.

MU_{sc} : Masa unitaria del agregado grueso seco y compactado con varilla.

h_{ag} : Humedad de absorción del agregado grueso.

Teniendo en cuenta que el método para este diseño se basa en una sumatoria de volúmenes absolutos para conformar un metro cubico de concreto de la siguiente forma:

$$V_w + V_A + V_C + V_G + V_F = 1m^3$$

Se despeja de la cantidad de finos de la ecuación inicial para saber su volumen dentro de la mezcla:

$$V_f = 1 - \left(A_1 + \frac{w}{D_w} + \frac{C}{D_c} + \frac{G_{SSS}}{D_{GSSS}} \right); F_{SSS} = V_f * D_{fSS}; \quad F_{1S} = \left(\frac{F_{SSS}}{1 + \frac{\%Abs}{100}} \right)$$

Donde:

F_{SSS} : Masa de los finos saturados

W: Masa de agua

D: Densidad del agua = 1000 Kg/m³

A: Volumen del aire atrapado (m³)

C: Masa del cemento (Kg)

5 D_c: Densidad del cemento (Kg/m³)

G_{1ss}: Masa de la grava saturada (Kg)

D_{gss}: Densidad en bruto saturada de los gruesos (Kg/m³)

D_{fss}: Densidad en bruto saturada de los finos (Kg/m³)

h_{ag}: Humedad de absorción de los gruesos (%)

10 h_{af}: Humedad de absorción de los finos (%)

Tabla 8. Parámetros de diseño del agua de mezclado y contenido de humedad en la mezcla de concreto

Tamaño Máximo	Asentamiento (mm)	Agua (l)	Aire (%)
19, 05 mm (¾ in)	0 a 10 mm	225	2

15

Tabla 9. Parámetros de diseño de la relación agua cemento (Agua/Cemento (a/c))

Descripción	Severidad	Clase	Rel. a/c	Condición
Durabilidad	Moderada	F1 S1	0,45	Concreto expuesto a condiciones ambientales de humedad y cambios de temperatura; Concreto expuesto al suelo con bajos contenidos de sulfato.
Descripción	Resistencia Cemento	K1	K2	Resultado
Resistencia	25-30	90	13,0	0,44

20 Para despejar las constantes K1 y K2 y hallar la relación a/c es necesario operar con logaritmo natural (ln).

$$f'_{cr} (MPa) = \frac{K_1}{K_2^{w/c}}$$

Tabla 10. Parámetros de diseño del contenido de cemento

Agua	Relación a/c	Resultado (kg)
225	0,45	500

Tabla 11. Parámetros de diseño del contenido de agregado grueso y fino

Descrip.	Vgsc (m ³)	Musc (kg/m ³)	G (kg)	Hag	Gsss (kg)
Agregado Grueso	0,68	1604,3	1010.71	1,016	1032,54
Descrip.	Vf	Fs	Haf	Fsss	
Agregado Fino	0,06	540,28	1,0197	540,28	

5

Tabla 12. Dosificaciones en gramos y en porcentaje en peso (p/p)
para tres cilindros concreto de 150 mm de diámetro

Agua	Cemento	Agregado Fino blanco	Agregado Grueso	Agregado Reciclado RCD	Agregado reciclado Vidrio	Fibras	Aditivo	TOTAL
1580 gr	3500 gr	1750 gr	4820 gr	2410 gr	140 gr	105 gr	17.5 gr	14322.5 gr
11.03% p/p	24.44% p/p	12.22% p/p	33.65% p/p	16.83% p/p	0.98% p/p	0.73% p/p	0.12% p/p	100 % p/p

PRUEBAS DE DESEMPEÑO DE LA MEZCLA

10

La presente invención mostro excelentes propiedades frente a los siguiente cuatro ensayos:

1. Mezcla de control (MC): Mezcla convencional sin adiciones. Mezcla cemento blanco con agregados gruesos convencionales y agregados finos de cuarzo.
2. Mezcla con Agregado Reciclado (MR): Mezcla de cemento blanco con agregados finos de cuarzo, agregados gruesos convencionales y agregados reciclados.
3. Mezcla con fibras (MF): Mezcla de cemento blanco, agregados finos de cuarzo, agregados gruesos convencionales, agregados gruesos reciclados y fibras;
4. Mezcla de la invención (MV): Mezcla de cemento blanco, agregados finos de cuarzo, agregados gruesos convencionales, agregados gruesos reciclados, fibras y vidrio reciclado.

15

20

➤ Resistencia a la compresión

Para la determinación de la resistencia a la compresión, se elaboran cilindros de concreto con medidas aproximadas de 200 mm de diámetro por 400 mm de altura bajo el procedimiento de la norma NTC 550:200 Concretos: Elaboración y curado de especímenes de concreto en el sitio de trabajo.

Posteriormente se llevan los especímenes a un tanque de curado en condiciones normalizadas de acuerdo a la norma, agua saturada al 3% con hidróxido de calcio y temperatura del agua del tanque $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Se fabricaron tres (3) probetas para cada combinación y se compararon con el diseño patrón sin sustituciones o Muestra Control (MC), como referencia para la comparación de resistencias a los 28 y 56 días de curado, con el fin de apreciar una escala de tiempo más amplia de lo requerido por la norma técnica que indica evaluar el concreto hasta los 28 días, con relación a las mezclas que contienen reemplazo de agregado reciclado, vidrio y adiciones. Los resultados de la resistencia a los 56 días fueron los siguientes y los que se observan en la figura 9.

Tabla 13. Resultados de resistencia a la compresión de las mezclas evaluadas a los 56 días de curado

Muestra	Resistencia MPA	Promedio
MC1	33.14	32.84
MC2	33.08	
MC3	32.29	
MR1	32.94	35.48
MR2	37.05	
MR3	36.44	
MF1	29.41	29.17
MF2	28.03	
MF3	30.06	
MV1	29.33	28.66
MV2	28.05	
MV3	28.61	

Al revisar los resultados de resistencia a compresión, se encontró que la mezcla control fabricada sin adiciones presenta un valor de 32.84 MPa que está por encima de los concretos estructurales convencionales, aquí cabe resaltar que este tipo de mezcla no contiene arena convencional sino arena de cuarzo, y en términos de composición y dureza, ésta es mejor que la arena de río convencional.

La muestra (MR) fabricada con 33% de reemplazo de los agregados naturales por agregado reciclado, obtuvo una resistencia de 35.48 MPa, un 8% superior a la muestra control fabricada en concreto blanco. A nivel de composición, puede deberse a que la presencia de partículas adicionales de productos cementantes presentes en los agregados reciclados terminen de reaccionar en la nueva mezcla generando nuevos productos de hidratación. A nivel microestructural, los agregados reciclados contienen fisuras internas producidas por la acción de trituración a la que son sometidos para su obtención, por lo que tienden a absorber más agua dentro de la mezcla afectando la relación agua/cemento. Al disminuir positivamente la cantidad de agua, se obtuvo una matriz menos porosa y más compacta que mejoró la resistencia en comparación con la muestra control.

La cantidad empleada de Agregado Reciclado (AR) no está afectando el color de la mezcla ni el resultado a compresión de la misma, por lo que se podría aumentar su cantidad de reemplazo hasta un 40% o 50% revisando que estos porcentajes no afecten la manejabilidad de la mezcla al absorber más agua, en este caso se recomienda revisar el empleo de plastificantes y tener en cuenta una corrección por humedad de la cantidad de agregados.

A pesar de que esta mezcla alcanzó una resistencia por encima de la muestra control se considera como un material rígido por su nula deformación, de ahí que el resultado a compresión de la mezcla no sea el único factor a tener en cuenta ya que se busca al mismo tiempo que el concreto tenga un poco más de flexibilidad para aplicaciones como prefabricados que tienen voladizos o espaldares.

Observando el comportamiento de las mezclas que contienen fibras, se encontró una disminución de 11.18% en la mezcla que también contiene agregados reciclados y fibras

(MF) y de 12.71% en la mezcla que también contiene agregados reciclados y vidrio (MV) frente a la mezcla control (MC).

En este caso, hay una tendencia a la disminución de la resistencia a compresión con el consumo de fibra, esta reducción se debe principalmente a que se reduce la consistencia y por eso es menor la compactación que se puede alcanzar.

➤ Densidad

La densidad de las diferentes muestras se determinó como la relación entre la masa dividida por el volumen de la muestra cilíndrica, los resultados se observan en la figura 10 y en la siguiente tabla 14.

Tabla 14. Resultados de la densidad de las mezclas evaluadas a los 56 días de curado

Muestra	Masa (g)	Promedio (g)	Densidad g/cm ³
MC1	3801.1	3787.50	2.41
MC2	3761.6		
MC3	3799.8		
MR1	3600	3604.53	2.29
MR2	3601.7		
MR3	3611.9		
MF1	3709.2	3713.67	2.36
MF2	3711.3		
MF3	3720.5		
MV1	3608	3631.07	2.31
MV2	3631.7		
MV3	3653.5		

Al incluir agregados reciclados se debe tener en cuenta su porosidad como un factor en el diseño, la sustitución de áridos naturales por áridos reciclados y vidrio triturado, tiende a disminuir levemente la densidad de la mezcla, así mismo la inclusión de fibras tiende a disminuir esta propiedad ya que también afecta la trabajabilidad, en este caso es compensado con la inclusión de aditivo plastificante en el sistema. Mientras que la mezcla control (MC) fabricada sin reemplazos presenta una densidad de 2.41 g/cm³, las mezclas que contienen

agregados reciclados (MR), más fibras (MF) más vidrio (MV) presentaron una densidad de 2.29, 2.36 y 2.31 g/cm³ respectivamente.

La capacidad de absorción alta del agregado reciclado junto con la dureza del vidrio residual y el uso de la fibra hacen que este aspecto sea el de mayor importancia en el diseño. Por eso, la cantidad de agregados naturales presentes y el empleo del aditivo mejora en gran medida la trabajabilidad y los efectos del uso de estos agregados junto con la fibra, para más adelante obtener un concreto con características externas diferenciadoras del concreto convencional y que cumpla con las resistencias a nivel estructural.

➤ Comportamiento a la flexión

Por otra parte, también se evaluó el desempeño de las mezclas en morteros para identificar su comportamiento a flexión a los 28 días y se presenta su comportamiento a los 28 días. En la figura 11 se observa que la mezcla control (MC) y la mezcla fabricada con agregado reciclado y vidrio reciclado (MV) alcanzan valores de 4.40 KN y 4.28 KN correspondientemente, pero en efecto al incluir fibras se mejoró positivamente el desempeño de la matriz alcanzando valores de 4.65 KN para la mezcla con agregados reciclados y fibras (MF) y de 4.81 KN para la mezcla de la presente invención (MR).

En comparación con la muestra control (MC), la muestra con agregados reciclados y vidrio reciclado (MV) disminuye un 2.6% pero si se usan fibras aumenta 5.7% (MF) y en muestras que además de áridos reciclados también contienen vidrio, es decir, el de la presente invención (MR) se observa el aumento es de 9.4%.

A nivel general, la resistencia a compresión se vio ligeramente afectada al incorporar las fibras, pero se mantienen los valores de un concreto estructural, incluso los sobrepasan al aproximarse a 30MPa. Varias veces las fibras en la resistencia a compresión no aportan al aumento de esta propiedad. En contraste, el comportamiento a flexión se vio favorecido mediante el uso de fibras lo cual impacto la flexibilidad en muestras que contienen agregados alternativos para validar su empleo en el concreto con características.

➤ Evaluación de color y textura en superficies.

Respecto al aspecto del concreto y los materiales asociados a esta mezcla de concreto
5 reflectivo, se busca que los colores cumplan con la armonía del paisaje antrópico y vegetativo
presente en zonas externas donde es posible la implementación de superficies y elementos de
mobiliario.

Sin embargo, algunos colores específicos logrados en los agregados a través de pigmentos
10 como verde y azul tienen baja durabilidad en el concreto. Los tonos terracotas son posibles
gracias a la presencia de agregados reciclados provenientes de ladrillos de arcilla cocida, y
aunque los pigmentos de óxido de hierro rojos (FeO_2) son comercializados como uno de los
pigmentos para concreto más comunes en el mercado, tienen un costo superior a un material
que se puede encontrar comúnmente como desperdicio en las obras de construcción del Valle
15 de Aburra.

Por lo tanto, al emplear agregados alternativos de vidrio reciclado se pueden obtener
superficies durables y ópticamente diferenciadoras que incluso pueden poseer propiedades
foto reflectantes totalmente diferenciadoras, lo cual disminuye costos y mejora la
20 sostenibilidad del material.

Con la inclusión de vidrio como agregado en la superficie se consiguió la característica retro
reflectante, dependiendo de la posición de la luz incidente sobre los granos expuestos en el
concreto, la fuente de la luz y la ubicación del elemento, se puede conseguir este efecto de
25 reflexión.

En la figura 12 se muestra los resultados de la evaluación del color y la textura en superficies
en a) placa de mortero fabricado con residuos de ladrillo en reemplazo de los agregados
convencionales, b) placa de mortero fabricado con agregados finos reciclados y polvo de
30 ladrillo en reemplazo de los agregados convencionales, y c) placa de mortero fabricado con
agregados blancos en reemplazo de los agregados convencionales.

La figura 13 muestra los resultados de la evaluación del color y la textura en superficies para a) placa de mortero fabricado con agregados convencionales y 2% fibras polipropileno, b) placa de mortero fabricado con agregados convencionales y 4% fibras polipropileno, y c) placa de mortero fabricado con combinaciones de agregado negro, agregado reciclado y reemplazo parcial de cemento portland por ceniza de carbón.

La figura 14 muestra los resultados de la evaluación del color y la textura en superficies finales obtenidas con agregados de vidrio reciclado verde y efecto reflectante con la luz del medio ambiente.

De las superficies evaluadas con los agregados convencionales, agregados provenientes de residuos de construcción combinados, agregados de cuarzo; solo la muestra con agregados de vidrio aporta la propiedad de reflectancia de la luz aumentando la luminosidad en la superficie, característica que hace que esta mezcla sea más adecuada para iluminar espacios a través de la creación de superficies y/o prefabricados.

APLICACIÓN INDUSTRIAL

La presente mezcla de concreto reflectante puede ser obtenida por varias operaciones unitarias como es la molienda, el tamizado, el mezclado de sólidos, entre otras, y tiene aplicación en la ingeniería civil para el obtener superficies durables y ópticamente diferenciadoras que incluso pueden poseer propiedades foto reflectantes totalmente diferenciadoras, lo cual disminuye costos y mejora la sostenibilidad del material.

Se debe entender que la presente divulgación no se halla limitada a las modalidades descritas e ilustradas, pues como será evidente para una persona versada en el arte, existen variaciones y modificaciones posibles que no se apartan del espíritu de la invención, definido por las siguientes reivindicaciones.