

Análisis de las propiedades de los adhesivos tipo mortero para baldosas de cerámica reemplazando el agregado fino (arena) por vidrio molido reciclado

Yeraldinne Sánchez Galindo

Universidad Libre, Bogotá, Colombia, yeraldinne.sanchezg@unilibrebog.edu.co

Adriana María Oviedo Valero

Universidad Libre, Bogotá, Colombia, adrianam.oviedov@unilibrebog.edu.co

ABSTRACT

The mortar is a mixture of a conglomerate material, inert mineral fillers, natural or artificial, water and additives (Crespo, 2010). Obtaining major natural components that have mortars and concrete is highly detrimental to the media where it is performed, since sand from quarries are required, which in its extraction cause loss of biodiversity, landscape modification, among other socio-environmental problems. The proposed project aims to analyze the physical and mechanical behavior to present a mortar to replace the aggregate (sand) with powder recycled glass. It is reporting the results, that have been obtained in the glass and sand characterization: sieve analysis, moisture content, specific gravity and absorption (NTC 237, 1995); unit weight and voids in aggregates (NTC 92, 1995), organic impurities, chemical composition of sand and recycled glass; potential alkali silica reactivity. After completing the physico-chemical analysis, carried out the preparation of mortars, replacing the sand by different proportions of powder recycled glass and the test method of bond strength will be applied in a testing machine according to the NTC 3849; finally, the data obtained will be statistically processed to infer what is the proper ratio of replacement and then, the product obtained will be compared with commercial mortars.

Keywords: Mortar, quarry, replacement ratios, Characterization.

RESUMEN

El mortero es una mezcla de un material conglomerante, cargas minerales inertes, naturales o artificiales, agua y aditivos (Crespo, 2010). La obtención de los principales componentes naturales que presentan los morteros y concretos es altamente perjudicial a los medios donde se realice, ya que se requieren arenas provenientes de canteras, las cuales en su extracción producen pérdida de la biodiversidad, modificación del paisaje, entre otros problemas socio-ambientales. El proyecto propuesto pretende analizar el comportamiento físico y mecánico que presente un mortero al reemplazar el agregado (arena) por vidrio molido reciclado. Como resultados, se reporta lo obtenido en la caracterización de la arena y del vidrio: Análisis granulométrico; contenido de humedad; densidad y absorción (NTC 237, 1995); masa unitaria y vacíos entre partículas (NTC 92, 1995); impurezas orgánicas; composición química de arena y vidrio reciclado; reactividad álcali-sílice. Después de culminar los mencionados análisis físico-químicos, se llevará a cabo la elaboración de los morteros, reemplazando la arena por diferentes proporciones de vidrio molido reciclado y, se fallará adherencia en una máquina de ensayos acorde con la NTC 3849; finalmente, se procesarán estadísticamente los datos obtenidos para inferir cuál es la proporción adecuada de reemplazo y, se comparará el producto obtenido con los morteros comerciales.

Palabras Claves: Mortero, Canteras, Proporciones de reemplazo, Caracterización.

1. INTRODUCCIÓN

El comportamiento de los materiales de construcción en la última década ha venido ganando gran protagonismo debido a los bajos costos en su obtención, el cual se ha visto reflejado en el incremento de canteras para la extracción de los mismos; materiales de construcción como los adhesivos tipo mortero están compuestos principalmente por arena, cemento y un aditivo orgánico; la arena de cantera utilizada en la manufactura de estos morteros, en su proceso de explotación, produce importantes impactos en el medio ambiente entre los cuales se destacan:

- Alteración de los usos del suelo y de la vegetación presente en el entorno.
- Destrucción de la cubierta vegetal y de la superficie fértil del suelo.
- Elevado impacto visual y modificación paisajística.
- Modificación del régimen de aguas superficiales, mediante la captación y la canalización de las corrientes de agua.
- Alteración del balance hídrico de las aguas subterráneas, pudiendo deteriorar la calidad de estas.
- Las labores de explotación son, además, una fuente de contaminación acústica. (UPME, 2010)

En un país con muy poco conocimiento de la minería moderna, donde se toman como ejemplos a las viejas canteras que aún subsisten en las periferias de algunas ciudades, hay que tomar una actitud proteccionista frente al medio natural, (UPME, 2010), en este orden de ideas, el proyecto de investigación propuesto está enfocado en proporcionar una alternativa viable que permita la reducción de explotaciones en canteras para la obtención de los agregados necesarios en la fabricación de los morteros reemplazándolos por materiales reciclados como el vidrio molido y así también, promover la reutilización de los residuos sólidos.

En el contexto anterior, se pretende responder la siguiente pregunta:

¿Cuál es el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas de los adhesivos de tipo mortero para baldosas de cerámica al reemplazar parcialmente el agregado fino (arena) por vidrio molido reciclado?

Se han realizado investigaciones en las cuales se ha reemplazado parcialmente el agregado fino en elementos como concretos y adhesivos de tipo mortero por escombros de infraestructuras (Hincapié y Aguja, 2003); también, se han evaluado los agregados reciclados a partir de varios tipos de desechos de construcción para su uso como agregado en los “pavimentos limpios” los cuales en Corea son utilizados como pavimentos estructurales, en este estudio, se concluyó, por medio de ensayos a las propiedades mecánicas y a la toxicidad ambiental, que a menos que se use un aditivo o que se realice un pre-tratamiento, los agregados reciclados no son recomendables para su uso en las capas superficiales del pavimento, debido a que presentan limitaciones en la resistencia a la flexión, siendo éste el principal parámetro de calidad evaluado en el asfalto; a pesar de esto, reportaron que sí es posible aplicarlos en hormigones sub superficiales y, que en comparación con los agregados naturales presentan una mayor absorción de agua y menor gravedad específica (Yoon-Ho y Sung Hun, 2004); en otra investigación, evaluaron la resistencia a la compresión de morteros empleados en la estabilización de suelos al sustituir una parte del conglomerante tradicional por polvo de vidrio, el cual se usó, con diferentes granulometrías y en distintas proporciones de reemplazo, el polvo de vidrio utilizado era procedente de desechos de envases y embalajes y de la industria cerámica; se concluyó que el grado de molienda del polvo de vidrio ejercía una importante influencia en la resistencia a la compresión de los morteros, demostrando que entre más fino fuese el vidrio mayor resistencia se obtendría en el material, igualmente, se elaboraron probetas de ensayo con polvo de vidrio y con adición de cal, potasa y/o cemento portland para mejorar la reactividad y la evolución de la resistencia en los morteros, de éstas pruebas se concluyó, que utilizando el cemento portland como reactivo se obtienen resistencias mucho más altas y que un mortero fabricado a partir de polvo de vidrio, cemento y cal en las proporciones adecuadas, representa un material idóneo para ser usado en la estabilización de suelos (Marco, *et al*, 2012). Por otro lado, debido al comportamiento semejante que presentan los dos compuestos (vidrio y arena), podemos inferir inicialmente, que el reemplazo del agregado fino (arena) por vidrio reciclado triturado en un tamaño específico, es viable, pero para corroborar este hecho, es necesario seguir el planteamiento metodológico establecido y, analizar comparativamente los morteros elaborados con aquellos comerciales y concluir si el adhesivo de agregado reciclado es tan eficiente como el de agregado natural en base a las normas técnicas vigentes.

Objetivo general.

Analizar la influencia en el comportamiento físico y mecánico de un agregado de vidrio molido reciclado como reemplazo parcial del elemento natural tradicionalmente usado (arena) en los adhesivos tipo mortero para albañilería a través de ensayos normalizados.

Objetivos específicos.

- Realizar la caracterización de la arena y del vidrio molido reciclado, por medio de pruebas físicas y mecánicas.
- Aplicar pruebas de tipo experimental físicas y mecánicas a los morteros elaborados a partir de un diseño de mezclas, teniendo en cuenta las normas técnicas vigentes.
- Analizar comparativamente el comportamiento físico y mecánico de los morteros con agregado reciclado, frente a los elaborados comercialmente y que no presentan reemplazo de sus componentes.

CARACTERIZACIÓN DE LOS AGREGADOS.

Dentro de los resultados obtenidos en la caracterización del vidrio molido reciclado y de la arena, se reporta:

1. Análisis granulométrico de agregado fino

Tabla 1: Análisis granulométrico

Abertura tamiz (mm)	% pasa		
	NTC 174	Experimental	
		Arena	Vidrio
4,75 (4)	95-100	100	100
2,36 (8)	80-100	100	99.75
1,18 (16)	50-85	99.95	57.73
0,6 (30)	25-60	52,55	29.41
0,3 (50)	10-30	0,81	13.11
0.15 (100)	2-10	0,25	5,55
0.075 (200)	-	0,2	2.35
Módulo de finura	2.3 a 3.1	2.62	2.48

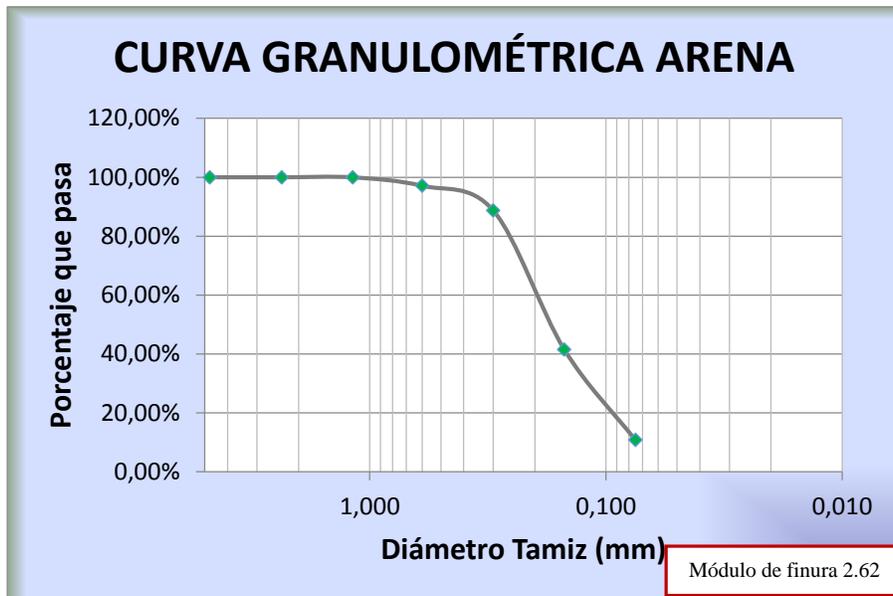


Figura 1: Curva granulométrica de la arena

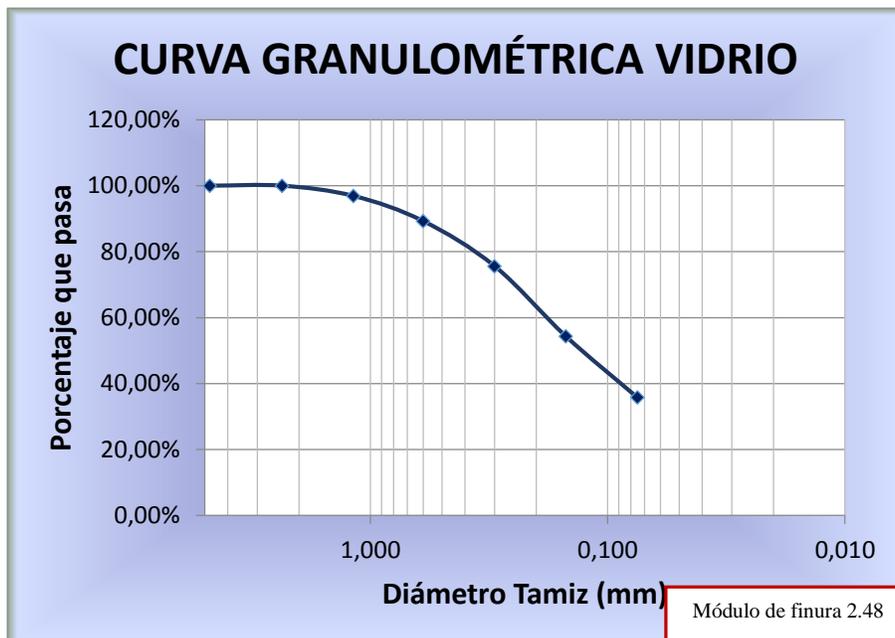


Figura 2: Curva granulométrica del vidrio

Se considera que una buena granulometría es aquella que debe estar constituida por partículas de todos los tamaños, de tal manera que los vacíos dejados por las de mayor tamaño sean ocupados por otras de menor tamaño y así sucesivamente, logrando en el adhesivo una muestra con mayor manejabilidad y trabajabilidad. Según los datos obtenidos en el análisis granulométrico se concluye que ambos agregados tanto vidrio molido como arena se encuentran dentro de los parámetros permitidos por las Normas Técnicas Colombianas (NTC 174, 2000).

2. Contenido de humedad

El contenido total de humedad indica la cantidad de agua superficial retenida por las partículas de los agregados, esto implica su influencia en la mayor o menor cantidad de cemento requerido para realizar las mezclas. En la tabla 3 se presentan los resultados obtenidos para el contenido total de humedad en los agregados analizados:

Tabla 2: Porcentaje de humedad de los agregados

AGREGADO FINO	% DE HUMEDAD
Arena	18.9
Vidrio	0.16

3. Densidad y Absorción (NTC 237)

Esta prueba permite conocer el grado de porosidad que tiene el agregado. La densidad indica el incremento en la masa del agregado debido al agua retenida en los poros del material. La prueba de absorción puede dar un indicio de la forma de las partículas presentes en el agregado, pues si hay compactación en el agregado, las partículas serán redondas permitiendo la unión entre ellas mientras que a menor compactación del agregado las partículas serán angulosas.

Tabla 3: Densidad y absorción

PROPIEDAD	ARENA (g/cc)	VIDRIO (g/cc)
Densidad nominal	1.281	1.656
Densidad aparente (gravedad específica) en base saturada y superficialmente seca	1.613	1.656
Densidad (gravedad específica) aparente en base seca	1.466	1.656
Absorción	10.0%	0.020%

4. Masa unitaria y vacíos entre partículas de agregados (NTC 92)

Los resultados obtenidos en la prueba de masa unitaria confirman lo obtenido en la prueba de densidad y absorción, pues la arena permite compactar mayor cantidad de partículas que el vidrio y esto se confirma con el porcentaje de vacíos.

Tabla 4: Masa unitaria y vacíos entre partículas

AGREGADO FINO	Arena	Vidrio
Masa unitaria suelta (Kg/m^3)	1374	1325
Masa unitaria compacta (Kg/m^3)	1517	1455
Masa unitaria suelta en condición saturada y superficialmente seca	1511.4	1458
Masa unitaria compacta en condición saturada y superficialmente seca	1668.7	1600.5
% vacíos en agregado suelto	0.061	0.198
% vacíos en agregado compactado	0.037	0.120

5. Impurezas Orgánicas

Este ensayo se realizó con el fin determinar si había presencia de impurezas orgánicas en los dos agregados. La detección de la presencia de contenido orgánico en la arena y el vidrio reciclado se realizó por medio de la prueba colorimétrica con hidróxido de sodio detallada en la NTC 127.

Es importante que los agregados no presenten impurezas orgánicas pues además de generar CO₂ en el adhesivo en estado endurecido, estos compuestos pueden reaccionar con otros presentes en el cemento o el agua y, producir retardo en la reacción del cemento con el agua y por ende mayores tiempos de fraguado.

6. Composición química de Arena y Vidrio reciclado

El análisis químico para cada muestra de agregado se realizó para conocer la calidad de las muestra, pues es importante que contengan en su mayor proporción sílice y no contengan óxidos que puedan afectar la propiedades del adhesivo tipo mortero como el caso de ocasionar reacciones con álcalis. Los procedimientos para este análisis se realizaron según la norma internacional ASTM C149, la determinación de SiO₂ se llevó a cabo por espectrofotometría UV-Visible y para determinación de Al₂O₃, Na₂O, K₂O, CaO y MgO por absorción atómica.

Tabla 5: Composición química de los agregados

Componente	% en masa			
	Arena		Vidrio	
	Revisión bibliográfica	Experimental	Revisión bibliográfica	Experimental
SiO ₂	94-100	90.8	70-75	81.60
Al ₂ O ₃	0.14-1.30	1.3	0.5-3.1	3.25
Na ₂ O	0.04-0.09	0.29	15-17	6.20
K ₂ O	0.01-0.012	0.19	0.6-0.8	1.32
CaO	0.01-0.8	0	4.6-9.7	4.66
MgO	0.01-0.05	0	0.3-4.3	0.19
Otros		7.42		2.78

7. Reactividad álcali-sílice

La prueba de reactividad álcali-sílice es un ensayo que permite verificar si el agregado puede llegar a reaccionar con los álcalis del cemento, el fundamento de la prueba es que los álcalis del cemento, como óxido de sodio y de potasio, en condiciones de temperatura y humedad pueden reaccionar con ciertos minerales presentes en los agregados, produciendo un gel expansivo. La NTC 175 propone determinar la reactividad álcali-sílice en dos procedimientos: determinación de sílice disuelto por gravimetría o por el método fotométrico. Sin embargo, este análisis se realizó a partir del método fotométrico debido a la exactitud y precisión del método. Los resultados son los siguientes:

Tabla 6: Reactividad álcali-sílice

PROPIEDAD	Arena	Vidrio
Absorbancia	0.097	0.143
Concentración de sílice disuelto (Sc) mmol/L	21.90	6477.17
Reducción a la alcalinidad (Rc) mmol/L	56	40

Para identificar si el agregado es inocuo, nocivo, o potencialmente nocivo para morteros los valores se sitúan en una gráfica reportada en la NTC 175, se grafica la reducción a la alcalinidad del agregado en el eje Y, y la

concentración de sílice disuelto en el eje X, los resultados obtenidos para cada agregado según la Norma Técnica Colombiana se presentan en la siguiente gráfica:

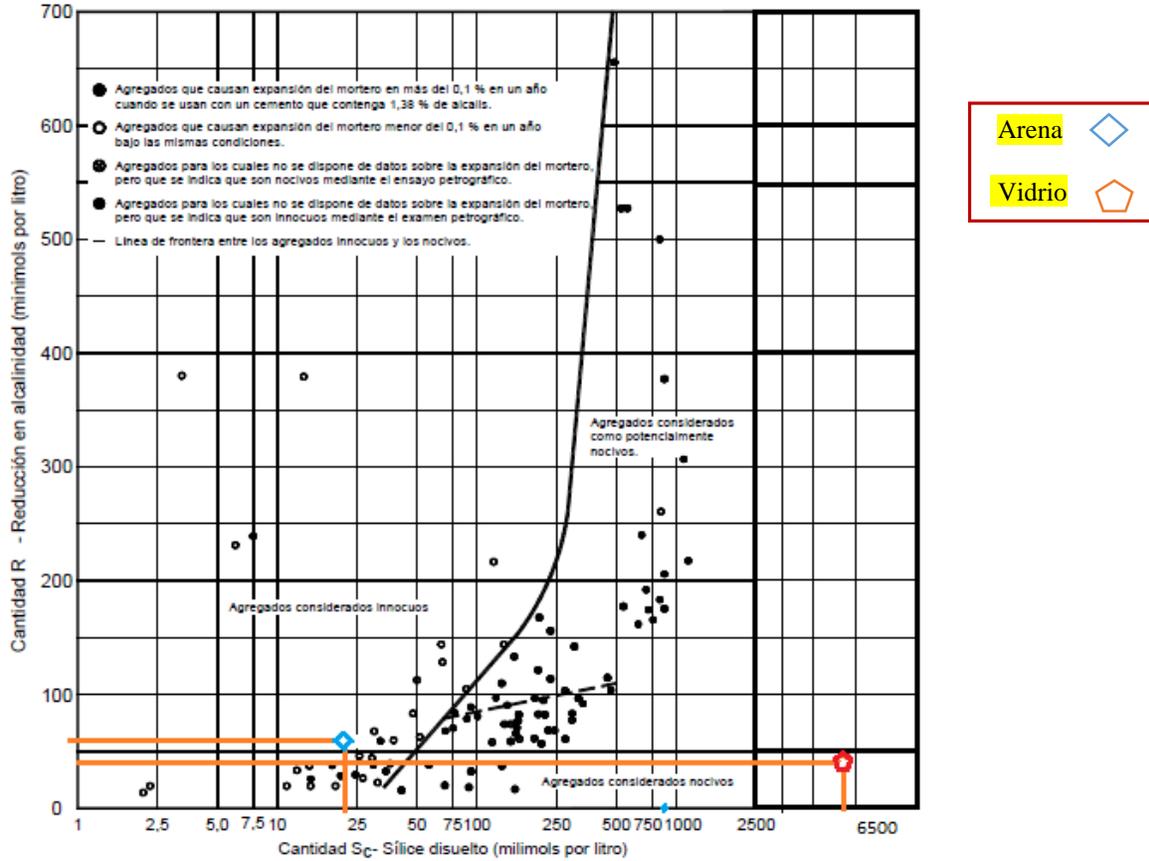


Figura 3: Gráfica NTC 175 para reactividad álcali-sílice

Referencias Bibliográficas:

- Crespo, S., (2010). “Materiales de construcción para edificación y obra civil”. Editorial Club Universitario: España, 336p.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas, (1995). Método para determinar la densidad y la absorción del agregado fino, NTC 237. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas, (1995). Determinación de la masa unitaria y los vacíos entre partículas, NTC 92. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas, (1995). Método de ensayo para determinar la resistencia por adherencia entre el mortero y las unidades de mampostería, NTC 3849. Bogotá Colombia.
- Ponce, A., Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), (2010). “Panorama del Sector Minero”. Bogotá D.C, Colombia.
- Hincapié, A. y Aguja, E., (2003). “Agregado Reciclado para morteros”. Universidad EAFIT. Medellín, Colombia.
- Yoon-Ho, C., Sung Hun, Y., (2004). “Application of recycled waste aggregate to lean concrete subbase in highway pavement”. Canadian Journal of Civil Engineering.
- Marco, *et al.*, (2012). Estudio de la resistencia a compresión de morteros fabricados con conglomerante compuesto de polvo de vidrio. Universidad Politécnica de Madrid, España.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas, (2000). Especificaciones para los agregados de concretos, NTC 174. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas, (2000). Método de ensayo para determinar las impurezas orgánicas en agregado fino para concreto, NTC 127. Bogotá, Colombia.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas, (1996). Método químico para determinar la reactividad potencial álcali-sílice de los agregados, NTC 175. Bogotá, Colombia.

AUTORIZACIÓN

Los autores autorizan a LACCEI para publicar éste documento durante el desarrollo de la conferencia, ni LACCEI ni los editores son responsables por las implicaciones del contenido o de lo que está expresado en el presente documento.