



Mortero con incorporación de fibra de coco y cerámica para acabados interiores de edificaciones

Mortar with incorporation of coconut fiber and ceramic for interior finishes of buildings

Argamassa com incorporação de fibra de coco e cerâmica para acabamentos interiores de edifícios

Angie Dayana Jouve-Loor ^I

ajouvel@ulvr.edu.ec

<https://orcid.org/0000-003-3128-4782>

Orlando Andrés Andrade-Lastra ^{II}

oandradel@ulvr.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-7048-1204>

Javier Nicolás Areche-García ^{II}

jarecheg@ulvr.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002--0985-9482>

Correspondencia: amuñozc@ulvr.edu.ec

Ciencias técnicas y aplicadas

Artículo de investigación

***Recibido:** 26 de febrero de 2021 ***Aceptado:** 20 de marzo de 2021 * **Publicado:** 08 de abril de 2021

- I. Estudiante en Egreso de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción en la Carrera de Ingeniería Civil, En la Universidad Laica Vicente Rocafuerte, Guayaquil, Ecuador.
- II. Estudiante en Egreso de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción en la Carrera de Ingeniería Civil, En la Universidad Laica Vicente Rocafuerte, Guayaquil, Ecuador.
- III. Ingeniero Civil, Egresado de la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda Coro Venezuela, Magister Sciarum en Gerencia Empresarial, PhD-Doctor en Ciencias para el Desarrollo Estratégico, Docente Investigador, Catedrático en la Universidad de Guayaquil y la Universidad Laica Vicente Rocafuerte en Guayaquil. Ecuador.

Resumen

El objetivo de la presente investigación está dirigido a evaluar una mezcla de mortero incorporando fibra de coco y cerámica sanitaria triturada, en función a las normativas nacionales vigentes para el análisis de muestras y materiales de construcción. Enfocados en una metodología de investigación de tipo experimental, fundamentados en el paradigma cuantitativo, las mezclas de mortero fueron evaluadas en combinación con fibra de coco en proporciones de 1%, 2%, 3% y 4% y como agregado fino se utilizó la cerámica sanitaria triturada en dosis de 100%, 30% y 20%, realizándose una comparación de los resultados con los obtenidos en una mezcla de mortero de marca comercial, donde por medio de criterios de resistencia tanto a la tracción como a la compresión resultaron favorables en comparación con el comercial en un 52% y 71%, respectivamente, bajo una relación de dosificación de 2% de fibra de coco y 30% de cerámica sanitaria triturada; no considerándose evaluar para esta investigación al mortero por criterios de durabilidad, concluyendo que es un mortero con adecuadas condiciones para implementación en pegamento de tabiquerías y revestimientos.

Palabras claves: Cerámica; evaluación; fibra de coco; mortero; resistencia.

Abstract

The objective of this research is aimed at evaluating a mortar mixture incorporating coconut fiber and crushed sanitary ceramics, based on current national regulations for the analysis of samples and construction materials. Focused on an experimental research methodology, based on the quantitative paradigm, the mortar mixtures were evaluated in combination with coconut fiber in proportions of 1%, 2%, 3% and 4% and ceramic was used as fine aggregate. crushed sanitary ware in doses of 100%, 30% and 20%, making a comparison of the results with those obtained in a mixture of commercial brand mortar, where by means of resistance criteria both to traction and to compression they were favorable in 52% and 71% compared to the commercial one, respectively, under a dosage ratio of 2% coconut fiber and 30% crushed sanitary ware; Not considering evaluating the mortar for durability criteria for this research, concluding that it is a mortar with adequate conditions for implementation in glue of partitions and coatings.

Keywords: Ceramic; evaluation; coconutfiber; mortar; resistance.

Resumo

O objetivo desta pesquisa é avaliar uma mistura de argamassas incorporando fibra de coco e cerâmica sanitária triturada, com base na legislação nacional vigente para análise de amostras e materiais de construção. Com foco em uma metodologia de pesquisa experimental, baseada no paradigma quantitativo, as misturas de argamassas foram avaliadas em combinação com fibra de coco nas proporções de 1%, 2%, 3% e 4% e a cerâmica foi utilizada como agregado fino. de 100%, 30% e 20%, comparando os resultados com os obtidos numa mistura de argamassa de marca comercial, onde pelos critérios de resistência tanto à tração como à compressão foram favoráveis em 52% e 71% em relação a o comercial, respectivamente, na proporção de dosagem de 2% de fibra de coco e 30% de louças sanitárias trituradas; Considerando não avaliar a argamassa para esta pesquisa pelos critérios de durabilidade, concluindo que se trata de uma argamassa com condições adequadas para aplicação em cola de divisórias e revestimentos.

Palavras-chave: Cerâmica; avaliação; fibra de coco; argamassa; resistência.

Introducción

Uno de los recursos de la naturaleza que se ha utilizado para el beneficio del ser humano a lo largo de la historia es el coco, el cual, está constituido por una parte blanda interior y un líquido, a los cuales se les realizan procesos industriales para la obtención de grasas, aceites comestibles, confites y copra (Quintero y González, 2006). Dejando como residuo agroindustrial, el mesocarpio de coco que constituye el 23% en peso de la fruta, es decir un porcentaje considerable se desperdicia, lo que acarrea problemas ambientales, como su acumulación cercana a los ríos y pantanos, su recogida en basureros y su desecho en las alcantarillas, lo que ocasiona la obstrucción de estas y contaminación visual en su entorno (Baruque, 2000), y por estas razones en el aumento del desarrollo en todo el mundo se ha producido un incremento en la degradación del medio ambiente de manera inconsciente, siendo el resultado la generación de residuos sólidos.

Quintero y González (2006), señalan que, debido a que en la mayoría de ocasiones estos residuos son depositados en botaderos de basura, provocando un aumento en la contaminación ambiental, ya que en Ecuador constituyen un gran porcentaje de la problemática ambiental que como inferencia pueden ocasionar contaminación en: agua, suelo, aire y afectar al ecosistema (Germán y Solís, 2019), por lo cual se ha vuelto incontrolable con el tiempo, dañando así la capa de ozono y aportando negativamente al calentamiento global; sin embargo, cuando se emplea el correcto

uso y aprovechamiento a estos desperdicios los mismos pueden aportar a la conservación de los recursos naturales y al desarrollo sostenible. En este sentido, se propone la evaluación de mortero con incorporación de fibra de coco y cerámica.

La problemática se establece en la falta de explotación de los desechos orgánicos, como lo es en este caso la cáscara de coco y el poco aprovechamiento de la cerámica reciclada, ocasionado por la falta de conocimiento, ausencia de proyectos que impulse la recolección y tratamiento de este insumo. Como ya es conocido los residuos cerámicos son inertes y por lo tanto, no son peligrosos, pero es necesario tener una gestión para ellos dado que el volumen de estos no para de crecer (Bolaños, 2015). Por otro lado, la gestión de estos residuos es una necesidad la cual se trata de darle una solución óptima y práctica, tomando en cuenta las características químicas y físicas de la cascara de coco y cerámica reciclada, a pesar de ello, pero no existe solución clara de gestión a no ser por el común despojo de los mismos en botaderos autorizados por el municipio (Germán y Solís, 2019).

Por otro lado, se encuentra la generación a gran escala de residuos sólidos y bajo porcentaje de reciclaje, lo que contribuye a que la sociedad tome conciencia en el problema y las autoridades inicien políticas enfocadas a un mejor aprovechamiento de estos recursos y su reutilización como materiales de construcción, generando de esta manera la disminución en el porcentaje de contaminación (Germán y Solís, 2019). Visto de esta manera, es importante crear oportunidades e innovaciones, con la idea de diseñar morteros con el uso de la fibra de coco y cerámicos sanitarios reciclados. De esta manera, los morteros son materiales de uso cada vez más extendidos dentro de la construcción de edificaciones, así como su composición depende del destino para el que se diseñen, siendo necesario garantizar que su empleo y propiedades respondan a los fines previstos manteniendo un control de calidad (Jouve y Andrade, 2019).

Ahora bien, para abordar concretamente la investigación y su problemática, se formuló bajo la siguiente interrogante: ¿Cómo será la evaluación de mortero con incorporación de fibra de coco y cerámica para acabados interiores de edificaciones?, cuyo objetivo general fue evaluar el mortero con incorporación de fibra de coco y cerámica para acabados interiores de edificaciones.

Al respecto, la investigación se justifica, desde la óptica teórica, para ampliar fundamentos respecto al: mortero de fraguado rápido, en la cerámica reciclada y en la fibra de coco; desde el punto de vista metodológico, brinda opciones en la investigación cuantitativa aplicada, así como

también, ofrece una orientación científica a profesionales de la ingeniería y afín, en la calidad y la evaluación aplicada de un mortero con incorporación de materiales alternativos en donde se establecen las condiciones para su dosificación.

En los siguientes párrafos se presenta bajo un enfoque cuantitativo y una metodología de investigación de tipo experimental científica, tomando en consideración los fundamentos teóricos sobre: el mortero, la fibra de coco y la cerámica. Posteriormente se plantea con mas amplitud la metodología abordada para el trabajo, los resultados con su discusión y finalmente las conclusiones y referencias de la investigación.

Fundamentación teórica

En los próximos párrafos se detalla la teoría en la que se basa la investigación, como lo es: la conceptualización y generalidades del mortero; la fibra de coco, definición y generalidades; y, la cerámica, definición, propiedades, clasificación.

Conceptualización y generalidades del mortero

En la carrera de ingeniería civil y profesiones afines, en los materiales para construir, se ha dado un importante desarrollo en la tecnología del concreto, bajo los niveles de resistencia y durabilidad. Por tanto, el mortero en su definición más general es toda mezcla de [cemento + arena + agua]. Él puede tener función estructural, o no tenerla (Salamanca, 2001).

El mortero es un material muy utilizado en la construcción, se emplea para el revestimiento de suelos, protección en taludes, paredes y techos de edificaciones. El mortero puede ser fabricado con cemento, cal o una mezcla de ambos. De igual forma, la arena utilizada puede ser de diferente granulometría y su naturaleza puede ser silícica, calcárea o bien obtenida a partir de áridos reciclados o de subproductos industriales. La cantidad de agua añadida a la mezcla puede influir también en su comportamiento, especialmente en la porosidad del mortero (Gadea et al., 2011).

Dentro de las características o propiedades de los morteros se encuentra:

- ***En estado fresco***, es cuando la mezcla del diseño realizado y su duración varía dependiendo del tiempo de fraguado que requiere esta mezcla, como su temperatura, humedad, etc. En esta etapa el mortero es plástico y trabajable, lo que permite su puesta en obra. Superada esta fase el mortero endurece hasta consolidarse. Por ello, es preciso diferenciar diversas propiedades y exigencias en función del estado en que se encuentre el mortero (Chinchón

y Sanjuan, 2008). La propiedad relativa de este mortero en este estado está relacionada con lo requerido en la obra que influiría en el rendimiento y calidad en su ejecución.

- **En estado endurecido**, son estipuladas por las prescripciones de proyecto y por el cumplimiento de las exigencias normativas y reglamentarias. Por consiguiente, estas propiedades competen fundamentalmente a la figura del arquitecto o ingeniero a cargo. Las propiedades del estado fresco son determinantes, pues influirán en gran medida en las prestaciones finales que ofrecerá el mortero. Es necesario subrayar que las características de los morteros, tanto en estado fresco como endurecido, dependen lógicamente de su aplicación de destino, de acuerdo con su clasificación reflejada (Chinchón y Sanjuan, 2008).

Tabla 1: Características del mortero

Fresco	Endurecido
<ul style="list-style-type: none"> • Consistencia • Tiempo de utilización o de trabajabilidad (tiempo de uso) • Tiempo abierto • Densidad ◦ Adherencia (en estado fresco) ◦ Contenido de iones cloruro ◦ Capacidad de retención de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia mecánica • Adherencia (estado endurecido) <ul style="list-style-type: none"> • Retracción <ul style="list-style-type: none"> ◦ Retracción plástica ◦ Retracción hidráulica o de secado ◦ Retracción térmica • Absorción de agua • Densidad (estado endurecido) • Permeabilidad al vapor de agua <ul style="list-style-type: none"> • Comportamiento térmico • Comportamiento ante el fuego

Fuente: elaboración propia (2021), fundamentado en (Chinchón y Sanjuan, 2014).

La fibra de coco, definición y generalidades

El nombre que posee la fibra es Coir, que constituye el mesocarp grueso o cáscara de la fruta del coco, esta fibra se utiliza para la fabricación de cuerdas, esteras y muchos otros productos. Cuando se procesa la cáscara, se eliminan las fibras largas de valor industrial que dejan una cantidad considerable de tejido medular y fibras de longitud corta a mediana. Estos materiales permanecen disponibles como un producto de desecho, para el cual no se han desarrollado usos industriales importantes, y normalmente se incineran o se descargan sin control (Mendoza, 2019).

El autor indica que la estructura interior de un coco, es lo que se encuentra entre la cascara y el revestimiento exterior del coco a eso se considera fibra, hay dos tipos de fibra, la fibra marrón es la que proviene de cocos maduros y es fuerte pero menos flexible y la fibra blanda que proviene de cocos verdes que sus fibras son más flexibles, pero menos fuertes. La fibra más utilizada es la marrón que se la procesa más después de la cosecha.

Algunos de los beneficios del coco son: la buena transición de la jardinería del suelo, retiene la humedad al igual que proporciona un buen ambiente y es ambientalmente seguro. Por el contrario, entre las desventajas del coco están: es inerte, es posible que necesites una suplementación adicional y la rehidratación de necesidades.

Indica Mendoza (2019), que cuando se compra un producto como el coco, realmente se está comprando tres tipos de coco: la fibra, la médula (o turba de coco), o los chips de coco. Juntos, proporcionan un medio de crecimiento poderoso. Así también, la fibra de coco se divide en dos grupos principales: la fibra de cerdas de coco, la fibra retorcida de máquina.

1. **la fibra de cerdas de coco:** es larga y muy fuerte que se utiliza para la fabricación de cepillos y escobas en la industria manufacturera.
2. **la fibra retorcida a máquina:** es otro tipo de fibra de coco que se usa comúnmente en la fabricación de asientos de la industria automotriz.

La fibra de coco está disponible separando la piel y la cáscara. Son duros, una variedad muy gruesa y rígida de una fruta natural. Sus ventajas son: la agro-renovación, la biodegradabilidad y una buena combinación de fuerza, longitud, extensibilidad, recuperación de humedad y alta durabilidad o resistencia a la luz solar, agua salina, microbios, etc. Los atributos desfavorables de la fibra de coco son: su naturaleza gruesa, longitud variable y finura, de carácter algo rígido y duro. Hay dos tipos de fibras de coco, la fibra marrón extraída de cocos maduros y las fibras blancas extraídas de cocos inmaduros o verdes, Las fibras marrones son gruesas, fuertes y tienen una alta resistencia a la abrasión. Las fibras blancas son más suaves y finas, pero también más débiles. Los frutos se cosechan cuando todavía están verdes para obtener una fibra de coco de la mejor calidad.

La cerámica, definición, propiedades, clasificación

Sin duda alguna, la industria cerámica es la industria más antigua de la humanidad. Se entiende por material cerámico el producto de diversas materias primas, especialmente arcillas, que se fabrican en forma de polvo o pasta (para poder darles forma de una manera sencilla) y que al

someterlo a cocción sufre procesos físico-químicos por los que adquiere consistencia pétreo. Dicho de otro modo, más sencillo, son materiales sólidos inorgánicos no metálicos producidos mediante tratamiento térmico (Landín, 2013).

Indica Germán y Solís (2019), que los residuos en general están causando gran impacto ambiental, por este motivo se ha buscado vías experimentales para poder desarrollar morteros con la utilización de residuos cerámicos reciclados, empleándolos como material alternativo a los agregados. La producción de cerámica genera varios tipos de residuos industriales, entre estos tenemos los residuos sólidos que pueden proceder de materias primas y de cerámica antes de ser cocida o cerámicas defectuosas tras la cocción (Puertas et al., 2006).

Su gran dureza los hace un material ampliamente utilizado como abrasivo y como puntas cortantes de herramientas. Resistencia a altas temperaturas, con gran poder de aislamiento térmico y, también, eléctrico. Resistencia a la corrosión y a los efectos de la erosión que causan los agentes atmosféricos. Alta resistencia a casi todos los agentes químicos. Una característica fundamental es que pueden fabricarse en formas con dimensiones determinadas (Landín, 2013).

Los materiales cerámicos son generalmente frágiles o vidriosos. Casi siempre se fracturan ante esfuerzos de tensión y presentan poca elasticidad. Por otro lado, dependiendo de la naturaleza y tratamiento de las materias primas y del proceso de cocción, se distinguen dos grandes grupos de materiales cerámicos: las cerámicas gruesas y las cerámicas finas (Landín, 2013).

- ***Materiales cerámicos porosos o gruesos:*** son los que no han sufrido vitrificación, es decir, no se llega a fundir el cuarzo con la arena debido a que la temperatura del horno es baja. Su fractura (al romperse) es terrosa, siendo totalmente permeables a los gases, líquidos y grasas. Los más importantes según Landín (2013) son: arcilla cocida, loza italiana, loza inglesa y refractarios.
- ***Materiales cerámicos impermeables o finos:*** son los que se someten a temperaturas suficientemente altas como para vitrificar completamente la arena de cuarzo. Así, se obtienen productos impermeables y más duros. Los más importantes de acuerdo a Landín (2013) son: gres cerámico común, gres cerámico fino y porcelana.

En el procesado de Materiales cerámicos, las etapas básicas en la fabricación de productos cerámicos son: extracción, preparación, conformación, prensado, prensado en seco, extrusión, secado y cocción. La cerámica es un material de construcción con una gran antigüedad. Los

materiales cerámicos, del griego “keramos”, son producto del trabajo con base arcillosa que se transforma, poco a poco, en la pieza versátil y funcional con la que contamos en la actualidad. Debido a la necesidad del hombre de adaptarse al ambiente en que vive y utilizar las cosas que lo rodean, el ladrillo hizo su aparición en la antigüedad en todos aquellos países en los que faltaba la piedra y abundaba la arcilla. Así pues, podemos decir que los productos cerámicos de aplicación en la arquitectura aparecen con las primeras civilizaciones sedentarias, con una evolución que se desarrolla acorde con la funcionalidad y su incorporación, posteriormente, como elemento decorativo (Empresa COVERLAM, 2016).

Dentro de los materiales cerámicos se puede encontrar gran variedad de productos que se han utilizado a lo largo de la historia para distintos sistemas de construcción, para lo cual se puede clasificar como (Empresa COVERLAM, 2016):

- Productos cerámicos para albañilería, tales como: ladrillos cerámicos, bloques cerámicos, ladrillos huecos de gran formato.
- Aplicaciones como: bovedillas cerámicas, losetas y adoquines cerámicos, baldosas cerámicas, placas y azulejos, paneles cerámicos, tejas cerámicas y otros productos cerámicos (loza sanitaria, tuberías, conductos).
- Ladrillos, refractarios, aligerados, hidráulicos, coloreados, de baja succión, hidrofugados, de clinker y gresificados.

Por otro lado, la Empresa COVERLAM (2016), indica que se encuentran otros productos como: bloques cerámicos, bovedillas cerámicas, tejas, productos cerámicos para pavimentos, productos cerámicos para revestimientos, losa sanitaria esmaltada y conducciones cerámicas (tubos y accesorios).

Metodología

Este artículo se basa en una investigación de tipo experimental, según Fernández, Hernández y Baptista (2010) ya que se realizaron ensayos de laboratorio con condiciones controladas, a cada agregado que componga el mortero con la fibra de coco y la cerámica reciclada, aplicando estos dos materiales adicionales para comprobar la funcionalidad de ella. Estos ensayos fueron realizados en un laboratorio de mecánica de suelos.

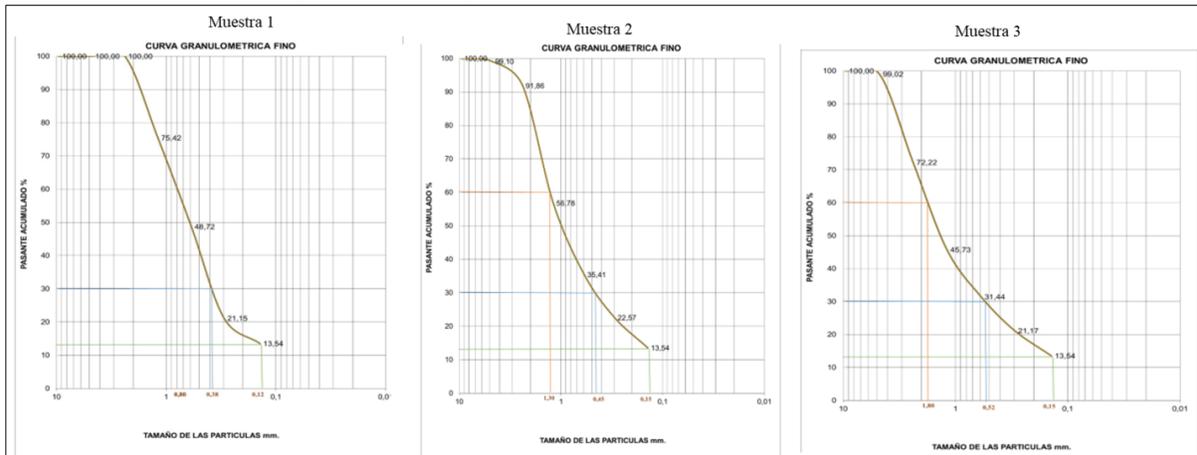
El enfoque aplicado en la investigación es cuantitativo, dado que se realizó una amplia recolección de datos, ensayos, además de magnitudes numéricas entre las cuales se determinó la resistencia del mortero y sus proporciones adecuadas para considerarlo como mortero de pega, para evaluar las variables y analizar los resultados obtenidos en la investigación, mediante conformidad a lo establecido en las normas y procedimientos, siguiendo un rígido proceso en la toma de muestras. Entre los ensayos realizados para la evaluación del mortero están: Ensayo de resistencia a la compresión (ASTM C109M-16), análisis de dosificaciones (ASTM C270), ensayo de Densidad Especifica y absorción. (ASTM C128/ASTM C188), adherencia del mortero (D7234 - 19), y ensayo de Fluidéz (ASTM C1437), para realizar estos ensayos se emplearon los siguientes instrumentos: formatos de elaboración propia, fichas de resultados, equipos del laboratorio de mecánica de suelos como: balanza con una precisión de 0,1g, tamices 3/8", N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, y 100, espátulas, paleta, una espátula pequeña plana, aparato manual de aguja Vicat, placa plana no absorbente, un anillo de material no corrosivo, horno a una temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, equipo vicat, un Le Chatelier, prensa hidráulica, entre otros.

En relación a la población para el ensayo se compone del mortero a diseñar agregando la fibra de coco y cerámica reciclada, para una resistencia de diseño de 120 kg/cm^2 y una dosificación (1:2:3). Y la muestra, la cual es intencionada no probabilística, se tomó de las 4 dosificaciones, 3 tomas de morteros por cada dosificación, para un total de 12 muestras, para ser colocadas en un cuarto de curado y realizar la rotura a compresión en edades de 7, 14, 21 y 28 días respectivamente.

Resultados y discusión

A continuación, se presentan los siguientes resultados sobre el material cerámico utilizado para la reducción de la muestra por cuarteo, se empleó la norma NTE INEN 2 566 (2010) para la reducción en el tamaño de las muestras, mezclando de forma aleatoria, cerámica sanitaria triturada, según el método de cuarteo. Luego, para realizar la granulometría de esta muestra se empleó la norma NTE INEN 2 536 (2010), NTE INEN 696 (2011), para establecer la distribución de partículas mediante el tamizado, este método se utilizó para determinar si el árido cumple con las especificaciones para ser usado en mortero para acabados interiores. Las granulometrías de las 3 muestras del material cerámico triturado se muestran en la figura 1.

Figura 1: Curvas granulométricas material cerámico triturado.



Fuente: Elaboración propia (2021).

En relación a la muestra 1 descrita en la Figura 1, se detecta que la curva granulométrica es de tipo II, determinándose que la muestra de cerámica sanitaria reciclada está bien graduada, y estableciendo que los valores del coeficiente de uniformidad (Cu) tiene un valor igual a 6,67 y el coeficiente de curvatura (Cz) un valor de 1,50 resultando un árido bien graduado. Para la muestra 2, Cu tiene un valor de 8,67 y Cz de 1,04. Para la muestra 3, el Cu es igual a 12,00 y Cz resultó de 2,25. Germán y Solís (2019) explican que para tener un árido bien graduado el Cu para una arena debe ser mayor a 6, y el Cz debe estar en un rango de 1 a 3, por lo cual las muestras estudiadas cumplen con las especificaciones, determinándose que la cerámica sanitaria reciclada está bien graduada.

Es importante destacar que, para añadir la fibra de coco a la mezcla, es necesario dejarla secar en su cascara, una vez obtenido el secado total de este material, se emprende a deshilar la cascara del coco en hilachas finas pequeñas que pueda facilitar su incorporación al diseño del mortero, este proceso de deshilar la cascara del coco se lo realizo de forma manual.

Para la determinación de la densidad y absorción para agregados finos se empleó la norma NTE INEN 856 (2010), la cual permite determinar la densidad promedio, la densidad relativa del árido triturado, y la absorción del mismo. La muestra utilizada para el material cerámico fue de 500 gr. En la tabla 2, se realiza el cálculo de la densidad específica y de absorción de la muestra cerámica sanitaria triturada.

Tabla 2: Densidad y absorción del agregado fino (cerámica sanitaria triturada) según NTE INEN 856

Nomenclatura	Descripción	Unidad	Muestra 1
A	Masa de la muestra saturada con superficie seca	g	500,00
C	Masa de la muestra seca al horno	g	495,50
D	Masa del picnómetro lleno con agua	g	640,50
E	Masa del picnómetro lleno con muestra y agua	g	930,50
G	Peso específico del agua a la temperatura que se	g/cm ³	1,00
$(C/C+D-E)*G$	Densidad relativa aparente (gravedad específica)	g/cm ³	2,41
$A/(A+D-E)*G$	Densidad relativa (gravedad específica) (SSS)	g/cm ³	2,38
$(C/A+D-E)*G$	Densidad relativa (gravedad específica)	g/cm ³	2,36
$(A-C/C)*100$	Absorción de agua	%	0,70

Fuente: Elaboración propia (2021).

En la tabla 2 se observan los cálculos de la muestra de arena elaborada de cerámica sanitaria triturada. Obteniéndose como densidad específica de 2.467 g/cm³ y 0,70% de absorción, concluyendo que la cerámica sanitaria triturada presenta una baja absorción de agua, lo que implica que no afectará a la mezcla la cantidad de agua que puede absorber el material. La determinación de humedad de áridos para hormigón utilizando la norma NTE INEN 862 (2011), permite determinar el porcentaje de humedad evaporable por secado en una muestra de árido, tanto el correspondiente a la humedad superficial, como la humedad contenida en los poros del árido. En la tabla 3 se aprecia los datos y cálculos para determinar la humedad.

Tabla 3: Porcentaje de agua promedio para determinar la humedad del árido

Muestra	Fino		
	A1	A2	A3
Recipiente			
Peso de recipiente (g)	95,70	94,60	90,50
Peso de recipiente + muestra húmeda (g)	339,60	320,50	305,60
Peso de recipiente + muestra seca (g)	329,60	313,68	295,89
Peso del agua	10,00	6,82	9,71
Peso seco	233,9	219,08	205,3 9
% agua	4,28	3,11	4,73
% agua promedio	4,04		

Fuente: Elaboración propia (2021).

El resultado que proporciona este ensayo en relación al porcentaje de humedad es de 0.13%. El porcentaje de humedad es importante calcularlo ya que es la propiedad que ayuda a controlar el agua total de la mezcla por lo que se definió que no es necesario aumentar agua debido a que este porcentaje es muy bajo (NTE INEN 862, 2011). Seguidamente se realiza la determinación de la masa unitaria (Peso volumétrico) por la norma NTE INEN 858 (2010), es un método de ensayo que se emplea para determinar los valores de masa unitaria (peso volumétrico), que son necesarios para ejecutar la dosificación de mezclas. Este valor también es utilizado para la determinación de la relación masa/volumen, para las conversiones en la compra de áridos.

Como resultado, la arena elaborada con residuos de cerámica sanitaria utilizada en esta investigación presentó una masa unitaria suelta de 1.16 g/cm³ y compactada de 1.36 g/cm³. Como se puede observar en la tabla 4:

Tabla 4: Peso volumétrico suelto y varillado de la cerámica sanitaria reciclada

N° del molde	Peso volumétrico		Peso volumétrico	
	1	2	1	2
Peso del molde (g)	2512,00	2512,00	2512,00	2512,00
Peso del molde + suelo (g)	5861,40	5773,60	6461,40	6323,60
Peso del suelo (g)	3349,40	3261,60	3949,40	3811,60
Volumen (cm ³)	2861,00	2861,00	2861,00	2861,00
Densidad suelta (g/cm ³)	1,17	1,14	1,38	1,33
Media	1,16		1,36	

Fuente: Elaboración propia (2021).

En relación a la determinación de la consistencia normal, usando el método de Vicat según NTE INEN 157 (2009). Para preparar la pasta de cemento para este ensayo se hizo de acuerdo a la norma NTE INEN 155 (2009). En relación a los resultados y según la norma NTE INEN 157, la consistencia normal se obtiene cuando la aguja penetra 10mm ± 1mm, por lo tanto, la cantidad de agua que se utilizó para realizar el ensayo de fraguado es de 200g con una penetración de 9.5mm. Ahora bien, para la determinación del tiempo de fraguado, también se empleó el método de Vicat, NTE INEN 158 (2009). Por lo que indica que el tiempo de fraguado final se calcula mediante la diferencia del tiempo transcurrido desde el tiempo inicial de contacto entre el agua y el cemento y el tiempo en que el agua marca visiblemente la pasta con una aproximación de 5 minutos. En relación a los resultados de este ensayo, el fraguado inicial de la mezcla de cemento (250kg), agua

(75g) y fibra de coco 1% (2,5kg) fue la mezcla que obtuvo su fraguado inicial más rápido iniciando en 1 hora y media.

Para la dosificación, elaboración y determinación de las propiedades de morteros realizados con 100%,30%, 20% de residuos de cerámica y 1%, 2%, 3%, 4% de fibra de coco. Para ello es necesario realizar varios ensayos entre los cuales está la selección de fluidez. Para ello, se escogió de acuerdo a lo establecido en la norma NTE INEN 2 518 (2010), la misma que establece que el mortero debe estar preparado con la dosificación adecuada, que produzca un flujo de $110\% \pm 5\%$. Para obtener el flujo de consistencia media deseado se realizó la preparación de varias mezclas de mortero en las que se calculó diferentes medidas de flujo, estas se presentan en la Tabla 5, donde se observa que la cantidad de agua que se utilizó para preparar el mortero es de 450 g, con la que se obtuvo una medida de flujo de 108, que se encuentra en lo especificado en la norma NTE INEN 2 518.

Tabla 5: Resultados de las medidas de flujo

Cemento (g)	Cerámica sanitaria reciclada (g)	Agua (g)	Diámetro (cm)				Flujo
			19	20	20	19	
250	500	115	19	20	20	19	78
		200	26	26,5	25	25	102,5
		250	30	30	29	29	118
		450	27	28	27	26	108

Fuente: Elaboración propia (2021).

Basados en la misma norma, la dosificación realizada se fundamentó en un mortero tipo N, en la que la mínima resistencia promedio a la compresión a 28 días es de 5.2 MPa (53,00 kg/cm²). Para determinar la resistencia a la compresión el número de ensayos a compresión a efectuar es menor a 15.

Para seleccionar la relación agua/cemento hay que tener en cuenta la resistencia a la compresión del mortero, ya que se debe tomar en cuenta varios factores como la durabilidad, retracción, entre otras. Esto se debe a que en el mortero la resistencia suele cambiar por las diversas propiedades que tienen el cemento, agua y agregado que se usen en la mezcla. De acuerdo a la norma NTE INEN 2 518 (2010), la resistencia que se utilizó en la preparación del mortero es de 5,3 MPa, pero en el inciso 4.1.3 selección de la relación agua/cemento, se decidió utilizar una resistencia de 71,55 kg/cm², con este valor se encontró una relación A/C de 0.80.

Para la determinación de la resistencia mínima se puede observar en la tabla 6 y para la determinación de la cantidad de material (kg/m³), se muestra en la tabla 7:

Tabla 6: Determinación de la resistencia mínima

Mortero de pega					
Rm*	Resistencia a la compresión (MPa o Kg/cm ²)	5,3	Mpa	53	Kg/cm ²
Rm**	Resistencia a la compresión del mortero, de dosificación a los 28 días (MPa o Kg/cm ²)	7,155	Mpa	71,55	Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia (2021).

Tabla 7: Determinación de la cantidad de material (kg/m³)

Relación Agua Cemento (28 días)		
Relación agua/cemento A/C		0,80
Contenido de cemento		
MF	Módulo de finura	4,17
C	Contenido de cemento	300
Cantidad de agua		
A	Cantidad de agua	240
Contenido de agregado		
Gc	Densidad del cemento (Kg/dm ³)	3,14 kg/dm ³
Ga	Densidad del agua (Kg/dm ³)	1,00 kg/dm ³
Gf	Densidad del agregado (Kg/dm ³)	2,41 kg/dm ³
Vf	Volumen absoluto del agregado (dm ³)	664,46 dm ³
Pf	Masa seca del agregado (kg/m ³)	1601,345 kg/dm ³

Fuente: Elaboración propia (2021).

En relación al molde a utilizar para el ensayo, el diámetro será de 5cm, la altura del cilindro de 10 cm, el volumen unitario de 19,635 cm³ (0,000196 m³), el volumen total para 9 cilindros será de 0,001767 m³. Para la dosificación para el mortero sin aditivo se destaca en la tabla 8. Mediante el proceso de dosificación del mortero se determinó las proporciones en peso con las que se elaboró el mortero: A: C: Ag: 0.80: 1: 5.34

Tabla 8: Dosificación para el mortero sin aditivo

Materiales		Peso	
A	Agua	0,42 Kg	424,12 g
C	Cemento	0,53 Kg	530,15 g
Ag	Agregado	2,83 Kg	2829,82 g

Fuente: Elaboración propia (2021).

El procedimiento para la mezcla de morteros determinada en la norma NTE INEN 155 (2009) y para los especímenes fueron almacenados en una piscina de curado, según la norma NTE INEN 488 (2009), que se pueda alcanzar la resistencia definida de acuerdo a NTE INEN 198 (2009). Para la determinación de la resistencia a la compresión se empleó la norma NTE INEN 488 (2009), utilizando la dosificación de la tabla 8, y los resultados se pueden observar en la tabla 9.

Tabla 9: Ensayo de resistencia a la compresión en mortero marca comercial

Muestra N°	Edad (Días)	Área (cm ²)	Peso (g)	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (MPa)
1	7	19,625	333,0	1950,00	99,36	9,94
2	7	19,625	329,6	2060,00	104,97	10,50
3	14	19,625	330,0	2018,88	102,87	10,29
4	14	19,625	331,5	2300,50	117,22	11,72
5	28	19,625	329,9	2150,75	109,59	10,96
6	28	19,625	328,3	2345,56	119,52	11,95

Fuente: Elaboración propia (2021).

En la tabla 10, se presenta un cuadro comparativo de los ensayos efectuados empleando aditivos como Sika 3, la fibra de coco y la cerámica, para la edad de 28 días.

Tabla 10: Cuadro comparativo de los ensayos de resistencia a la compresión en mortero marca comercial en 28 días

Dosificación	Muestra N°	Edad (Días)	Área (cm ²)	Peso (g)	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (MPa)
mortero sin aditivo y 100% de cerámica sanitaria como agregado fino	5 A	28	19,625	329,9	2150,75	109,59	10,96
	6 A			328,3	2345,56	119,52	11,9
mortero sin aditivo y 100% de Arena como agregado fino		28	19,625	336,9	1050	53,50	5,35
				37,1	1035	52,74	5,27
mortero con aditivo Sika 3 y 100% de Arena como agregado fino	5Aad	28	19,625	337,5	1200	61,15	6,11
	6Aad			337,8	1250	63,69	6,37
mortero con 4% fibra de coco Y 30% de Cerámica como agregado fino	5Ca4	28	19,625	330,4	1100	56,05	5,61
	6Ca4			330,9	1250	63,69	6,37

mortero con 1% fibra de coco y 30% de Cerámica como agregado fino	5Ca1	28	19,625	332,8	1340	68,28	6,83
	6Ca1			332,8	1340	68,28	6,83
mortero con 4% fibra de coco y 20% de Cerámica como agregado fino	5Ca2	28	19,625	327,2	820	41,78	4,18
	6Ca2			329,1	785	40,00	4,00
mortero con 1% fibra de coco Y 20% de Cerámica como agregado fino	5 Ca2	28	19,625	338,4	990	50,45	5,04
	6 Ca2			337	1000	50,96	5,10
mortero con 2% fibra de coco y 20% de Cerámica como agregado fino	5Ca3	28	19,625	336,8	1100	56,05	5,61
	6Ca3			336	1150	58,60	5,86
mortero con 3% fibra de coco y 20% de Cerámica como agregado fino	5Ca4	28	19,625	336,5	1000	50,96	5,10
	6Ca4			336,9	1200	61,15	6,11
mortero con 2% fibra de coco y 30% de Cerámica como agregado fino	5Ca3	28	19,625	336,7	1500	76,43	7,64
	6Ca3			337	1800	91,72	9,17
mortero con 3% fibra de coco y 30% de Cerámica como agregado fino	5Ca4	28	19,625	337,8	1400	71,34	7,13
	6Ca4			338,7	1500	76,43	7,64

Fuente: Elaboración propia (2021).

De esto, se detalla que, de acuerdo a los objetivos planteados en la investigación, el mortero con 2% de fibra de coco y 30% de cerámica como agregado fino, es el resultante de manera más eficiente, debido a que con estas proporciones se lograron desarrollar resistencias de hasta un 71 % superiores a los morteros de marca comercial. De igual manera, en la tabla 11, se describe un resumen comparativo de todos los ensayos realizados utilizando aditivos como Sika 3, la fibra de coco y la cerámica, para la edad de 28 días, donde se percibe la misma tendencia que el mortero a compresión.

Tabla 11: Cuadro comparativo de los ensayos de resistencia a la tracción en mortero marca comercial en 28 días

Dosificación	Muestra N°	Edad (Días)	Área (cm ²)	Peso (g)	Carga (Kg)	Resistencia (kg/cm ²)	Resistencia (MPa)
mortero sin aditivo Y 100% de cerámica sanitaria como agregado fino	7	28	19,625	323,9	2150	109,55	10,96
				328,3	1400	71,34	7,13
mortero sin aditivo Y 100% de Arena como agregado fino	7	28	19,625	330,9	1050	53,50	5,35
				331	900	45,86	4,59

Mortero con incorporación de fibra de coco y cerámica para acabados interiores de edificaciones

mortero con aditivo Sika 3 y 100% de Arena como agregado fino	7	28	19,625	340,1	1200	61,15	6,11
				337,7	1150	58,60	5,86
mortero con 4% fibra de coco Y 30% de Cerámica como agregado fino	7	28	19,625	330,4	1100	56,05	5,61
				331	910	46,37	4,64
mortero con 1% fibra de coco Y 30% de Cerámica como agregado fino	7	28	19,625	332	1150	58,60	5,86
				332,5	1300	66,24	6,62
mortero con 4% fibra de coco Y 20% de Cerámica como agregado fino	7	28	19,625	337,5	800	40,76	4,08
				338	850	43,31	4,33
mortero con 1% fibra de coco Y 20% de Cerámica como agregado fino	7	28	19,625	339,1	1000	50,96	5,10
				339,4	1050	53,50	5,35
mortero con 2% fibra de coco Y 20% de Cerámica como agregado fino	7	28	19,625	337,3	1200	61,15	6,11
				337	1100	56,05	5,61
mortero con 3% fibra de coco Y 20% de Cerámica como agregado fino	7	28	19,625	338,4	1030	52,48	5,25
				339	1100	56,05	5,61
mortero con 2% fibra de coco Y 30% de Cerámica como agregado fino	7	28	19,625	339,4	1450	73,89	7,39
				339,2	1600	81,53	8,15
mortero con 3% fibra de coco Y 30% de Cerámica como agregado fino	7	28	19,625	338	1300	66,24	6,62
				339	1250	63,69	6,37

Fuente: Elaboración propia (2021).

En contexto, el mortero con 2% de fibra de coco y 30% de cerámica como agregado fino, es el que mejores condiciones desarrolla, alcanzado hasta un 52% por encima de los morteros de marca comercial en los niveles de resistencia a la tracción.

Es importante señalar, que ambas condiciones de resistencia se desarrollan en mejor proporción en el mortero con la adición de la cerámica sanitaria triturada, pero sin la incorporación de la fibra de coco, ya que al ser un material de origen orgánico, aunque se le genere un proceso de calcinación o de desecación, sus niveles de humedad, aunque bajos, se tornan significativos al momento de comparar rangos por contenido de humedad y, pudiesen ser incidentes bajo criterios de durabilidad (capilaridad, porosidad, saturación).

Conclusiones

De acuerdo a la evaluación desarrollada para la mezcla de mortero con incorporación de fibra de coco y cerámica para acabados interiores de edificaciones, se puede concluir que: Al caracterizar las propiedades tanto de la fibra de coco, como de la cerámica sanitaria triturada en una mezcla de mortero convencional, los ensayos físico - mecánicos llevados a cabo, como granulometría, gravedad específica y cantidad de agua, entre otros, se observó que la materia prima e incluso el residuo, presentaron valores dentro del rango de aceptación propuesta, cumpliendo con los requisitos establecidos para el desarrollo de un mortero acorde a los estándares comerciales a nivel resistencia mecánica a la compresión (capacidad de soporte).

En cuanto a la dosificación, se pudo observar que las proporciones más favorables fueron la relación mortero con 2% de fibra de coco y 30% de cerámica como agregado fino, ya que a nivel de resistencia a la compresión arrojó una mejor tendencia en relación con el mortero de marca comercial, llegando a desarrollar resistencias de hasta 91,72 kg/cm², lo que representa un incremento en su capacidad con respecto al comercial de 71%. Asimismo, se detalla que las mejores condiciones del mortero las arroja solo con la cerámica sanitaria triturada, aunque sin incluir la fibra de coco, la cual, aunque se le realiza un proceso de secado, puede estar accionando como agente de absorción de agua.

En el aspecto de la resistencia a la tracción, se constante la misma tendencia en dosificaciones, ya que el mortero con 2% de fibra de coco y 30% de cerámica como agregado fino, fue quien desarrollo la mejor capacidad de resistencia con un incremento en relación al mortero comercial de 52%. Es recomendable la comprobación de este tipo de mezclas con diferentes tipos de cemento, para crear patrones de producción en pro de la estandarización.

Se considera pertinente la realización de pruebas de ensayos bajo criterios de durabilidad para determinar la sostenibilidad del modelo de mezcla patrón a sugerir, para su utilización como pegamento de cerramientos y/o tabiquerías y, como revestimiento de paredes interiores. La factibilidad económica no debe ser en detrimento con relación a marca comercial, ya que los productos a incorporar son procedentes de reciclaje orgánico y de construcción, el cual resulta más económico que el uso de aditivos químicos.

Referencias

1. Bolaños, J. (2015). Estudio del uso de materiales reciclados como hormigones, cerámicas y otros productos de derrocamiento o desperdicio de obra como agregados para un hormigón. Quito.
2. Baruque, E., Baruque, M., Sant'Anna, G. (2000). Babassu coconut starch liquefaction: an industrial scale approach to improve conversion yield. Bio resource Technology. <https://n9.cl/zr1kj>
3. Chinchón, S. y Sanjuan, M. (2008). El cemento de aluminato de calcio y sus prefabricados. <https://n9.cl/g327m>
4. Chinchón, S. y Sanjuan, M. (2014). Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland. <https://n9.cl/j2zo6>
5. Empresa COVERLAM. (2016). Productos COVERLAM. <https://n9.cl/n5kyt>
6. Fernández, R.; Hernández, C. y Baptista, M. (2010). Metodología de la investigación. Quinta Edición. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
7. Gadea, J., Calderón, V., y Gutiérrez, S. (2011). Materiales de construcción. Problemas de dosificación. Universidad de Burgos.
8. Germán, E. y Solis, G. (2019). Mortero de fraguado rápido, con cerámicos sanitarios reciclados y polímero super-absorbente. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/15744>
9. Jouve, A. y Andrade, O. (2019). Mortero de fraguado rápido, con fibra de coco y cerámica reciclada para enlucidos interiores de edificaciones. Proyecto de investigación. Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Ecuador.
10. Landín, P. (2013). Materiales cerámicos: propiedades, clasificación y obtención. <http://pelandintecno.blogspot.com/2013/02/materiales-ceramicos-propiedades.html>
11. Mendoza, Y. (2019). Fibra de coco. Concepto, características, uso, propiedades y beneficios. <https://deagronomia.com/agroecologia/fibra-de-coco/>
12. NTE INEN 858. (2010). Norma Técnica Ecuatoriana INEN 858. Áridos. Determinación de la masa unitaria (peso volumétrico) y el porcentaje de vacíos. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://cutt.ly/txGUODV>

13. NTE INEN 862. (2011). Norma Técnica Ecuatoriana. NTE INEN 862:2011. Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://cutt.ly/ExGUNMv>
14. NTE INEN 856. (2010). Norma Técnica Ecuatoriana. INEN 856. Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://cutt.ly/kxGU6cn>
15. NTE INEN 696. (2011). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 696. Áridos. Análisis granulométrico en los áridos fino y grueso. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://cutt.ly/TxGIaj9>
16. NTE INEN 2 536. (2010). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 536:2010. Áridos para uso en morteros para mampostería. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2536.pdf>
17. NTE INEN 2 566. (2010). Norma Técnica Ecuatoriana. INEN 2 566. Áridos. Reducción de muestras a tamaño de ensayo. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2566.pdf>
18. NTE INEN 157. (2009). Norma Técnica Ecuatoriana. INEN 157. Cemento Hidráulico. Determinación de la consistencia normal. Método de Vicat. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://cutt.ly/8xGIvQw>
19. NTE INEN 155. (2009). Norma Técnica Ecuatoriana. INEN 155. Cemento hidráulico. Mezclado mecánico de pastas y morteros de consistencia plástica. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://cutt.ly/wxGIYTc>
20. NTE INEN 158. (2009). Norma Técnica Ecuatoriana. INEN 158. Cemento Hidráulico. Determinación del tiempo de fraguado. Método Vicat. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://cutt.ly/ExGIFPM>
21. NTE INEN 2 518. (2010). Norma Técnica Ecuatoriana. INEN 2 518. Morteros para unidades de mampostería. Requisitos. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2518.pdf>
22. NTE INEN 488. (2009). Norma Técnica Ecuatoriana. INEN 488. Cemento Hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de

- arista. Quito, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://cutt.ly/mxGINE9>
23. NTE INEN 198. (2009). Norma Técnica Ecuatoriana. INEN 198. Cementos. Determinación de la resistencia a la flexión y a la compresión de morteros. Quito, Pichincha, Ecuador: Instituto Ecuatoriano de Normalización. <https://cutt.ly/rxGI7QJ>
24. Puertas, F., Barba, A., Gazulla, M., Gómez, M., Palacios, M., y Martínez, S. (2006). Residuos cerámicos para su posible uso como materia prima en la fabricación de clínker de cemento Portland: caracterización y activación alcalina. <https://n9.cl/1j8cm>
25. Quintero, S. y González, L. (2006). Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. <https://www.redalyc.org/pdf/852/85202010.pdf>
26. Salamanca, R. (2001). La tecnología de los morteros. <https://n9.cl/3ylvc>

© 2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)