



Elaboración de morteros con adición de ceniza de musa paradisiaca (hoja de plátano)

Preparation of mortars with the addition of musa paradisiaca ash (banana leaf)

Preparação de argamassas com adição de cinza de musa paradisiaca (folha de bananeira)

Juan José Intriago-Intriago^I
jintriago3538@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0004-7068-5911>

Winter Anthonny Pico-Moreira^{II}
wpico7233@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-7555-8120>

Wilter Enrique Ruiz-Párraga^{II}

wilter.ruiz@utm.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-0045-9781>

Correspondencia: jintriago3538@utm.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 30 de octubre de 2023 * **Aceptado:** 25 de noviembre de 2023 * **Publicado:** 05 de diciembre de 2023

- I. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- II. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
- III. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

Resumen

El uso de cemento de forma indiscriminada a nivel mundial genera grandes emisiones de dióxido de carbono y daños irremediables en recursos no renovables del planeta, por tal razón la presente investigación pretende disminuir el impacto generado por la elaboración del cemento a través de la obtención de un material que lo sustituya parcialmente. La elaboración de morteros con ceniza de Musa Paradisiaca (hoja de plátano) tuvo como objetivo adicionar cenizas como sustituto parcial del cemento en porcentajes de 5%, 10% y 15% tomando como mortero patrón una mezcla sin adición, además se escogió como referencia el mortero tipo S que tiene las características óptimas para el uso en obra. La elaboración de los morteros se realizó en base a la NTE INEN 488:2010 para lo cual se evaluó las propiedades del agregado fino, continuado con la dosificación de la mezcla y preparación de especímenes cúbicos para finalmente realizar los ensayos de resistencia a la compresión a los 14 y 28 días. Realizando la comparación entre los morteros patrones y sus semejantes adicionados con cenizas de hoja de plátano, se demuestra que las propiedades mecánicas a compresión mejoran con los diferentes porcentajes de adiciones empleadas, siendo el cemento adicionado con cenizas de musa paradisiaca apto para la fabricación de morteros tipo S.

Palabras Clave: Mortero; Ceniza de musa paradisiaca; Resistencia a la compresión; Adición.

Abstract

The indiscriminate use of cement worldwide generates large carbon dioxide emissions and irreparable damage to the planet's non-renewable resources. For this reason, this research aims to reduce the impact generated by the production of cement by obtaining a material that partially replaces it. The objective of the preparation of mortars with Musa Paradisiaca ash (banana leaf) was to add ashes as a partial substitute for cement in percentages of 5%, 10% and 15%, taking as a standard mortar a mixture without addition. In addition, the type S mortar that has the optimal characteristics for use on site. The preparation of the mortars was carried out based on NTE INEN 488:2010, for which the properties of the fine aggregate were evaluated, followed by the dosage of the mixture and preparation of cubic specimens to finally carry out the compression resistance tests at 14 and 28 days. By making a comparison between the standard mortars and their counterparts added with banana leaf ash, it is shown that the mechanical properties under compression improve with the different percentages of additions used, with the cement added with musa paradisiaca ash being suitable for the manufacture of mortars. guys.

Keywords: Mortar; Ash of a paradisiacal muse; Compression resistance; Addition.

Resumo

O uso indiscriminado do cimento em todo o mundo gera grandes emissões de dióxido de carbono e danos irreparáveis aos recursos não renováveis do planeta, por isso esta pesquisa visa reduzir o impacto gerado pela produção do cimento através da obtenção de um material que o substitua parcialmente. O objetivo da elaboração de argamassas com cinza de Musa Paradisiaca (folha de bananeira) foi adicionar cinzas como substituto parcial do cimento em percentuais de 5%, 10% e 15%, tomando como argamassa padrão uma mistura sem adição. a argamassa tipo S que apresenta as características ideais para utilização em obra. A preparação das argamassas foi realizada com base na NTE INEN 488:2010, para a qual foram avaliadas as propriedades do agregado miúdo, seguida da dosagem da mistura e preparação de corpos de prova cúbicos para finalmente realizar os ensaios de resistência à compressão a 14 e 28 dias. Ao fazer uma comparação entre as argamassas padrão e suas congêneres adicionadas de cinza de folha de bananeira, mostra-se que as propriedades mecânicas sob compressão melhoram com os diferentes percentuais de adições utilizadas, sendo o cimento adicionado de cinza de musa paradisiaca adequado para a fabricação de argamassas . pessoal.

Palavras-chave: Argamassa; Cinza de uma musa paradisiaca; Resistência à compressão; Adição.

Introducción

El mortero es un conglomerante que se compone de áridos finos, cemento, agua y en algunos casos aditivos y adiciones, siendo el cemento el material primordial ya que actúa como aglomerante y permite que se forme una roca artificial de altas resistencias. La fabricación del cemento es un proceso en el cual se calcinan a 1,450°C una mezcla de piedra caliza, arcilla y mineral de hierro, se estima que aproximadamente el 8% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en el mundo son producidas en su fabricación, causando un gran daño al medio ambiente (Rodgers, 2018)

En el 2019, en la Universidad Nacional de Formosa de Argentina se cuantificó la resistencia mecánica de morteros de cemento al añadir cenizas de cascara de arroz ricas en nano partículas de sílice se concluyó que, al usar las cenizas como componente de la mezcla, se obtienen morteros de cemento ligeros con suficiente resistencia para ser usados en aplicaciones que no requieran de una alta resistencia a la compresión. La resistencia a la compresión disminuye, respecto a la

formulación estándar, en las probetas obtenidas con cenizas como componente del mortero. Esto puede deberse al pequeño tamaño de nano partícula de sílice producto de la baja temperatura de obtención de las cenizas y a su alta tasa de absorción de agua. (Orrabalis, Ledezma, Villalba, & Martínez García, 2019).

En el 2020, en la Universidad Cesar Vallejo de Trujillo-Perú se evaluó la resistencia a la compresión del mortero hidráulico adicionando ceniza de musa paradisiaca para viviendas funcionales. Se demostró que el diseño de mortero hidráulico adicionando 5% de ceniza de musa paradisiaca genera mayor resistencia a los 28 días de curado, pero se dedujo que no se puede usar ya que no llega a la resistencia establecida, en comparación con la muestra patrón que a los 28 días de curado tiene una resistencia de 121.29 kg/cm^2 , esto demuestra que la ceniza de musa paradisiaca no es apta para usar en trabajos de albañilería. (Díaz Cotrina & Flores Pinedo, 2020).

En el estudio titulado “Comparación de las propiedades mecánicas del concreto adicionando cenizas de hojas de plátano y vidrio reciclado en pavimentos rígidos, Mala 2020” realizado en Perú en el cual se concluyó que en el reemplazo por cenizas de hojas de plátano donde se obtuvo que el mejor comportamiento de la resistencia a la compresión fue cuando se sustituyó el 14% de ceniza con respecto al peso del cemento, obteniendo una resistencia a la compresión de $f'c 246.47 \text{ kg/cm}^2$ esto representa un mejor comportamiento para la resistencia a la compresión del 5.29% con respecto al concreto patrón. (Herbas Chircca & Vargas Zuñiga, 2020).

Materiales y métodos

Materiales

En la actual investigación se utilizó cemento portland tipo GU como material aglomerante, agregado fino derivado de una de las canteras de la ciudad de Portoviejo, cenizas de hojas de plátano como adición en base al peso del cemento.

Cemento

El cemento portland Tipo GU cumple con lo establecido en la Norma NTE INEN 2380 como un cemento Tipo GU para Uso General, es un cemento hidráulico producido por la pulverización de clinker, consistente esencialmente de silicato. Mezclada con agua forma una pasta que se endurece a temperatura ambiente y se vuelve sólida. Con un peso específico de 3150 kg/cm^3 . (Sanjuán Barbudo & Chinchón Yepes, 2015)

Agregado fino

El agregado fino es un material granular usado con un medio cementante para formar hormigón o mortero hidráulico. Puede utilizarse en su estado natural o bien triturado, de acuerdo a su uso y aplicación. Los agregados finos consisten en arenas con tamaños de partícula que pueden llegar hasta 10 mm, pasante el tamiz #4.

Para la elaboración de los morteros el agregado fino fue analizado según los criterios establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana, para ello se detallan a continuación: Porcentaje de humedad NTE INEN 862:2011. Se determinó el valor de 1,14%, según lo establecidos por normas nacionales e internacionales el valor cumple con las condiciones para su uso.

Módulo de finura NTE INEN 696:2011. Se obtuvo un valor de 0,96 el cual cumple con los requisitos establecidos en la NTE INEN 2536:2010 numeral 3.1.1.4.

Con la norma NTE INEN 858:2010 se calculó un peso unitario compactado 1.53 g/cm^3 y un peso unitario suelto 1.37 g/cm^3 .

Pesos específicos NTE INEN 856:2010. El ensayo realizado mostró los siguientes valores: peso específico en masa de $2539,07 \text{ Kg/m}^3$, un peso específico s.s.s. de $2590,67 \text{ Kg/m}^3$, un peso específico aparente de $2677,23 \text{ Kg/m}^3$ y el porcentaje de absorción de agua 2.03%. Con estos valores se constató que la arena es un árido de densidad normal, como lo afirma la NTE INEN 694:2010.

Ceniza

Ecuador el primer exportador de banano, convencional y orgánico del mundo. Actualmente se reportan en el país un total de 144 981 ha de plátano. Las principales provincias ecuatorianas productoras de banano son, Guayas, El Oro y Los Ríos donde se concentran respectivamente el 34%, 41% y 16% de los sectores industriales más importantes del país, siendo El Oro la provincia, donde se ubican el mayor número de pequeños productores bananeros del país (42%), y los grandes empresarios del sector se ubican mayoritariamente en Guayas y Los Ríos. (León Ajila, Espinosa Aguilar, Carvajal Romero, & Quezada Campoverde, 2023).

La ceniza de hojas de plátano es obtenida mediante la recolección de las hojas secas de plátano de fincas ubicadas en Portoviejo ubicada en (-1.153237948279661,-80.38118890019578) y Santa Ana (-1.133489,-80.250881) de la provincia de Manabí.

Recolectado el material, se procede a separar la hoja del tallo, luego se pre calcinó la hoja de plátano en un horno de crisol utilizando un recipiente de barro, controlando su temperatura con un pirómetro infrarrojo, una vez pre calcinado todo el material se procedió a la calcinación en un

horno eléctrico de temperatura constante a 500°C, y por último todo el material calcinado se lo tamizó hasta obtener una finura de 45 µm (No. 325), lo cual logra que se genere un material puzolánico que sirve como adición con respecto al cemento.

En la presente investigación no se hizo el análisis químico de la composición de la hoja de plátano una vez calcinada, pero se tomó como referencia el ensayo de fluorescencia de rayos x, trabajo de la investigación realizada por (Huamán Quispe, 2022), donde se detallan los componentes del material.

Tabla I

Análisis de composición química de la ceniza de musa paradisiaca.

Composición química	Resultados, %	Método utilizado
Oxido de potasio, K ₂ O	54,986	Flourescencia de rayos x de energía dispersiva
Oxido de calcio, CaO	16,511	
Oxido de magnesio, MgO	13,392	
Oxido de silicio, SiO ₂	10,129	
Oxido de manganeso, MnO	2,402	
Oxido de fósforo, P ₂ O ₅	1,859	
Oxido de hierro, Fe ₂ O ₃	0,584	
Oxido de azufre, SO ₃	0,109	
Oxido de estroncio, SrO	0,014	
Oxido de zinc, ZnO	0,014	

Fuente: “Adición de ceniza de hoja de musa paradisiaca y su efecto en las propiedades del concreto (Huamán Quispe, 2022).

Agua potable

El agua potable no contiene patógenos, químicos, agentes físicos o material radioactivo que puedan afectar la estructura del mortero o su resistencia según lo establece la norma NTE INEN 2617:2012, no fue necesario realizar ensayos, según la norma se cumplen con las especificaciones indicadas.

Métodos

Al material fino como la arena y a la ceniza de hoja de plátano como material sustituto del cemento se les realizaron sus respectivos ensayos para determinar sus propiedades y adquirir especificaciones técnicas para su dosificación.

Para el primer diseño de mortero se calculó el volumen de la lechada para 1 m^3 de mortero, luego de esto se encontró el volumen de la lechada para un saco de cemento de 50kg mediante el cálculo de el volumen del agua y el volumen del cemento. Una vez obtenidos el volumen de la lechada (agua y cemento) se corrobora el volumen de la arena. Con estos valores y la gravedad específica de los materiales se halló los pesos del cemento arena y agua en kg. Posterior a esto se realizó una corrección por absorción de árido fino, a partir de dichos resultados se determinó las proporciones del peso de la arena con respecto al cemento (1:2,26) y del peso del agua con respecto al cemento (1:0,48)

La mezcla de ambos diseños de morteros se realizó de manera manual en el laboratorio de suelos de la Universidad Técnica de Manabí, luego se procedió a elaborar cubos de 50 mm de aristas según lo establece la NTE INEN 488:2009. Para dicho ensayo se mezclaron los componentes del mortero sin añadir agua hasta formar una composición uniforme, primero el cemento con la adición porcentual de ceniza y posteriormente la arena, siguiente se añadió la cantidad dosificada de agua potable mezclando por aproximadamente 5 minutos.

Listo el mortero se vertió en recipientes cúbicos de 50mm de aristas, llenándolos en dos capas siendo cada una apisonada durante 10 segundos con 32 golpes, divididos en 4 rondas de 8 golpes en dirección perpendicular a la anterior como indica la NTE INEN 488:2009, en total se llenaron 24 cubos de 50 mm en cada una de las dosificaciones. El mortero fraguó durante 24 horas y fue desmoldado, finalmente se colocó en el tanque de curado, con agua potable saturada con cal, como especifica la NTE INEN 2528:2010.

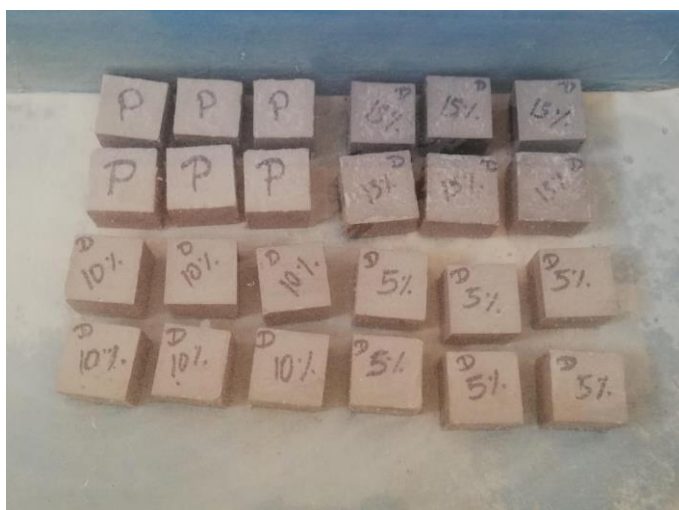


Figura I Curado de cubos para ensayo de compresión

Una vez que cumplen con los 14 y 28 días de curado se ejecutó el ensayo a mortero endurecido, Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista (NTE INEN 488:2009).

Teniendo como fin investigativo obtener la resistencia a compresión de morteros adicionando cenizas de hoja de plátano como sustituto parcial del cemento en porcentajes de 5%, 10% y 15%; se elaboraron dos diseños de morteros. Se tomó una resistencia característica de 12,4 MPa que hace referencia a un mortero tipo S según la norma NTE INEN 2518:2010, para compararlo posteriormente con los resultados obtenidos en los dos diseños que se llevaron a cabo con las siguientes adiciones de ceniza de hoja de plátano.

Uno de ellos siguiendo la dosificación establecida por la norma NTE INEN 488:2009, información que se muestra a continuación.

Tabla II

Diseño de mortero establecido en la NTE INEN 488:2009 utilizando ceniza de hoja de plátano como adición en reemplazo parcial del cemento.

MATERIALES	Sustitución del cemento por ceniza en (gr) para 810 cm ³			
	0%	5%	10%	15%
Cemento	500	475	450	425
Ceniza	0	25	50	75
Arena	1375	1375	1375	1375
Agua	247	247	247	247

En la tabla II se especifican los pesos en gramos de los materiales a utilizar en cada dosificación según la norma NTE INEN 488:2009 para el ensayo de resistencia a compresión. Con una relación agua/cemento de 0,485 se siguieron los parámetros establecidos en la tabla III donde se especifican las cantidades en gramos a utilizar.

Tabla III

MATERIAL	NÚMERO DE ESPECÍMENES	
	6	9
Cemento, g	500	740
Arena, g	1 375	2 035
Agua, cm ³		
- Portland (a/c = 0,485)	242	359
- Portland con incorporador de aire (a/c = 0,460)	230	340
- Otros (para un flujo de 110 ± 5)	-----	-----

Fuente: Norma NTE INEN 488:2009. (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2009)

Así mismo en el segundo diseño se realizó, tomando los parámetros establecidos por el Ing. Civil Nicaragüense Axel Martínez Nieto en su guía para estudiantes determinado, los valores para la dosificación de acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos realizados a la arena según la NTE INEN, 856:2010 y NTE INEN 858:2010.

En la tabla IV se especifican los pesos en gramos de los materiales a utilizar en cada dosificación para un volumen de 810 cm^3 que corresponde a 6 cubos de 50mm de arista según la norma para el ensayo de resistencia a compresión. Se mantuvo la misma relación agua/cemento de 0,45 para cada dosificación con el fin de identificar la influencia de la ceniza de hoja de plátano en el mortero. Para dichas dosificaciones se tomaron los criterios establecidos por el Ing. Martínez Nieto en su guía para estudiantes de Ing. Civil (Martínez Nieto, 2016).

Tabla IV

Diseño de mortero utilizando ceniza de hoja de plátano como adición en reemplazo parcial del cemento

MATERIALES	Sustitución del cemento por ceniza en (gr) para 810 cm^3			
	0%	5%	10%	15%
Cemento	490	465	441	416
Ceniza	0	24	49	73
Arena	1108	1108	1108	1108
Agua	243	243	243	243

Los cubos se mantuvieron en el tanque de curado un tiempo límite de 28 días, se concibieron roturas a los 14 y 28 días de curado, para poder realizar un análisis comparativo de las resistencias a compresión obtenidas en ambos diseños con respecto a los parámetros que establece la norma NTE INEN 2518 del mortero tipo S.

Resultados y discusión

Tabla V

Promedio de resistencias a compresión a 14 y 28 días de curado del diseño realizado de acuerdo a la norma NTE INEN 488:2009

MORTERO CON ADICIÓN DE CENIZA DE HOJA DE PLÁTANO	RESITENCIA A COMPRESIÓN EN (Mpa)	
	14 Días	28 Días
0%	8,74	10,90
5%	10,73	11,84
10%	10,22	13,07
15%	10,25	12,14

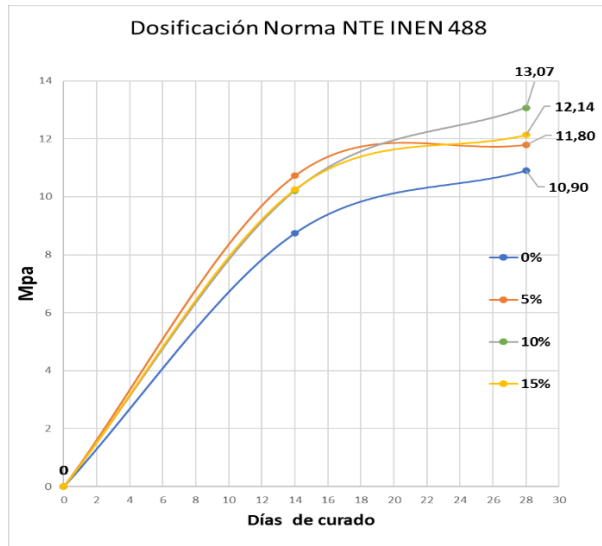


Figura III Comparación de resistencias a compresión a 14 y 28 días

En la figura III se observa que las resistencias a compresión obtenidas en el diseño basado en la norma NTE INEN 488:2009 son menores con respecto al segundo diseño, sin embargo, se demuestra que las resistencias obtenidas en 5%, 10% y 15% de adición de ceniza de musa paradisiaca (hoja de plátano), son mayores a la resistencia patrón de 0%, obteniendo mejoras en las propiedades mecánicas a compresión del mortero con un incremento de hasta un 19,97% con respecto al mortero patrón, teniendo que solo el 10% obtuvo una resistencia mayor a 12,4 MPa del mortero tipo S que indica la norma NTE INEN 2518:2010.

Tabla VI

Promedio de resistencias a compresión a 14 y 28 días de curado del diseño realizado de acuerdo a los criterios del Ing. Civil Martínez Nieto.

MORTERO CON ADICIÓN DE CENIZA DE HOJA DE PLÁTANO	RESITENCIA A COMPRESIÓN EN (Mpa)	
	14 Días	28 Días
0%	14,72	16,93
5%	13,82	15,47
10%	14,57	16,03
15%	12,21	14,04

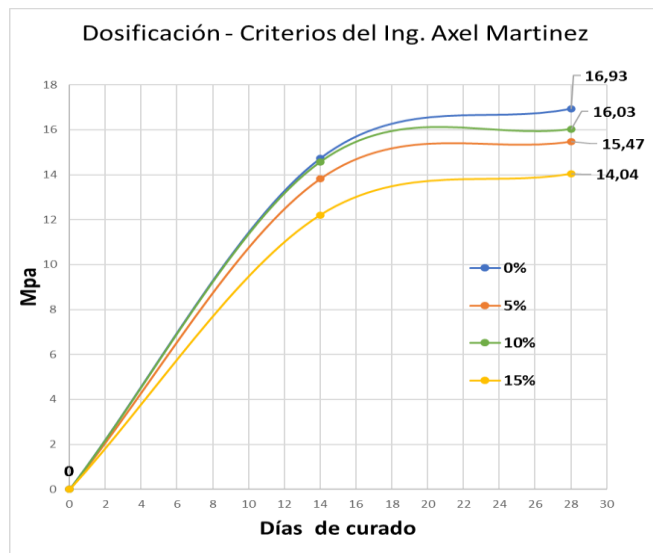


Figura IV Comparación de resistencias a compresión a 14 y 28 días

En la figura IV se comparan las resistencias a compresión obtenidas en el diseño propio con los criterios del Ing. Martínez Nieto, dosificados con adiciones de 0%, 5%, 10% y 15% de ceniza de hoja de plátano (musa paradisiaca) donde se encuentran los valores más altos de resistencia en la mezcla de 0% y 10%, siendo el 15% el valor más bajo, aun así, todos los valores superan la resistencia establecida del mortero tipo S de 12,4 MPa que señala la NTE INEN 2518:2010.

Conclusión

Los porcentajes del 5%, 10% y 15% fueron valores idóneos para mantener y mejorar la resistencia a compresión establecida por la NTE INEN 2518:2010, obteniéndose incrementos de resistencias de hasta un 29,27% con respecto a la resistencia característica 12,4 MPa del mortero tipo S.

La ceniza de musa paradisiaca (hoja de plátano) resultante de la calcinación a 500°C, reacciona positivamente con el cemento generando resistencias significativas en los morteros.

Al hacer el análisis entre lo establecido por NTE y normalizado por el Ing. Martínez Nieto se determina que los dos diseños de morteros generan resistencias buenas, siendo la más favorable la dosificación del Ing. Martínez Nieto.

El uso de la hoja de plátano reducido a cenizas disminuye el impacto negativo en el medio ambiente que provoca la fabricación de cemento, ya que en 1 m³ de mortero se podría sustituir 30,24 Kg, 60,48 Kg o 90,71 Kg de ceniza de musa paradisíaca correspondientes al 5%, 10% y 15% con respecto al peso del cemento, se da a notar que al usar dicha ceniza como adición el ahorro de cemento sería considerable.

Referencias

- Díaz Cotrina, A., & Flores Pinedo, B. J. (2020). Evaluación de la resistencia a la compresión del mortero hidráulico adicionando ceniza de musa paradisíaca para viviendas funcionales Tarapoto – 2020. (Tesis). Universidad César Vallejo, Taporoto.
- Herbas Chircca, C. S., & Vargas Zuñiga, H. (2020). Comparación de las propiedades mecánicas del concreto adicionando cenizas de hojas de plátano y vidrio reciclado en pavimentos rígidos, Mala 2020. (Tesis). Universidad César Vallejo, Lima.
- Huamán Quispe, L. A. (2022). Adición de ceniza de Musa Paradisiaca y su efecto en las propiedades del concreto. (Tesis). Universidad Peruana los Andes, Huancayo.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización . (2010). Áridos para uso en morteros para manpostería. Requisitos. En I. E. Normalización, NTE INEN 2536:2010 (pág. 1). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización .
- Instituto Ecuatoriano de Normalización . (2010). Áridos. Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino. En I. E. Normalización, NTE INEN 856:2010 (págs. 1-11). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización .
- Instituto Ecuatoriano de Normalización . (2010). Áridos. Determinación de la masa unitaria (Peso Volumétrico) y el porcentajes de vacíos. En I. E. Normalización, NTE INEN 858:2010 (págs. 1-7). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización .
- Instituto Ecuatoriano de Normalización . (2010). Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología. En I. E. Normalización, NTE INEN 694:2010 (pág. 2). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización .

- Instituto Ecuatoriano de Normalización . (2011). Áridos para hormigón. Determinación del contenido total de humedad. En I. E. Normalización, NTE INEN 862:2011 (págs. 1-4). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización .
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2009). Cemento hidráulico. Determinación de la resistencia a la compresión de morteros en cubos de 50 mm de arista. En I. E. Normalización, NTE INEN 488:2009 (págs. 1-10). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). Cámaras de curado, gabinetes húmedos, tanques para almacenamiento en agua y cuatos para elaborar mezclas, utilizados en ensayos de cemento hidráulico y hormigón. Requisitos. En I. E. Normalización, NTE INEN 2528:2010 (págs. 1-4). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2010). Morteros para unidades de manpostería. Requisitos. En I. E. Normalización, NTE INEN 2518:2010 (págs. 1-5). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). Áridos. Análisis granulométrico en los áridos, fino y grueso. En I. E. Normalización, NTE INEN 696:2011 (págs. 1-6). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2011). Cemento hidráulico. Requisitos de desempeño para cementos hidráulicos. En I. E. Normalización, NTE INEN 2380:2011 (págs. 1-6). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2012). Hormigón de cemento hidráulico. Agua para mezcla. Requisitos. En I. E. Normalización, NTE INEN 2617:2012 (págs. 1-2). Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- León Ajila, J. P., Espinosa Aguilar, M. A., Carvajal Romero, H. R., & Quezada Campoverde, J. (2023). Ciencia Latina. Obtenido de Análisis de la producción y comercialización de banano en la provincia de El Oro en el periodo 2018-2022: <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/4981/7563#:~:text=De%20acuerdo%20Acaro%20et%20al,detalla%20en%20la%20Figura%201>
- Martínez Nieto, A. F. (2016). Diseño de mezcla de mortero. Managua.

Orrabalis, C., Ledezma, A., Villalba, R., & Martínez García, R. (2019). Cuantificación de la resistencia mecánica de morteros de cemento al añadir cenizas de cascara de arroz ricas en nanopartículas de sílice. *vances en Ciencias e Ingeniería*, 7.

Rodgers, L. (17 de Diciembre de 2018). BBC News. Obtenido de La enorme fuente de emisiones de CO2 que está por todas partes y que quizás no conocías: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46594783>

Sanjuán Barbudo, M. Á., & Chinchón Yepes, S. (2015). *Introducción a la fabricación y normalización del cemento portland*. San Vicente del Raspeig: Universidad de Alicante.

© 2023 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/>).