

Incidencia del contenido de agua y arcilla en la dureza superficial de morteros de albañilería

Incidence of water and clay content on the surface hardness of masonry mortars

Aylin Laurencio Olivares aolivares@ismm.edu.cu ⁽¹⁾

Benigno Leyva de la Cruz bleyva@ismm.edu.cu ⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidad de Moa, Cuba

Resumen: Se determinó la influencia de la proporción de agua y arcilla en la dureza de morteros. Para ello se realizó muestreo, análisis granulométrico y densimétrico. Se efectuó un experimento de bloques aleatorios, con 36 probetas de dimensiones estándar 40 X 40 X 160 mm, se utiliza cemento P350, arena, agua y arcilla; las proporciones de agua se estudian a tres niveles 0,5 - 0,75 y 1, mientras que las proporciones de arcilla se evalúan a 4 niveles 0 - 0,06-0,33 y 0,6. Se determina por el análisis granulométrico que la arcilla clasifica como limo y la arena, normalizada para repello grueso. El análisis de variancia a tres niveles de confianza (90, 95 y 99 %) y los ajustes de curva indican la significación de las variaciones de la dureza en relación a las variaciones de la proporción de agua y arcilla.

Palabras claves: árido, cemento, concreto, materiales de construcción

Abstract: The influence of the proportion of water and clay on the hardness of mortars was determined. For this, sampling, granulometric and densimetric analysis were carried out. A random block experiment was carried out, with 36 specimens of standard dimensions 40 X 40 X 160 mm, using P350 cement, sand, water and clay; The water proportions are studied at three levels 0.5-0.75 and 1, while the clay proportions are evaluated at 4 levels 0-0.06-0.33 and 0.6. It is determined by the granulometric analysis that the clay is classified as silt and the sand, normalized to coarse plaster. The analysis of variance at three confidence levels (90, 95 and 99%) and curve fits indicate the significance of the variations in hardness in relation to the variations in the proportion of water and clay.

Keywords: aggregate, cement, concrete, construction materials

Introducción

Las plantas procesadoras de áridos generan altos volúmenes de arcillas procedentes de la sedimentación natural del lodo que se produce durante el lavado de los áridos. Estas arcillas, que se depositan a la intemperie, provocan que las partículas de menor tamaño sean arrastradas por el aire formando polvos que interactúan con factores bióticos y abióticos del ambiente. El polvo es inhalado por organismos vivos y se deposita sobre las superficies de los objetos circundantes.

Hoy en día no se ha identificado una utilización de la arcilla contenida en el lodo. La posibilidad de utilizarla como material de construcción se considera importante, ya que permitiría aumentar la eficiencia del proceso tecnológico al minimizar el impacto ambiental.

Son diversas las investigaciones que se han desarrollado para buscar soluciones alternativas al uso de aditivos a partir de materiales poco convencionales y de menor costo. Segura *et al.* (2022) realizan un análisis de los efectos de la utilización de vidrio reciclado en el diseño de concreto; Jaramillo, Martínez y Gallardo (2022) analizan la variación de la consistencia del concreto mediante la adición de melaza de caña; Jouve, Andrade y Areche (2021) evalúan una mezcla de mortero incorporando fibra de coco y cerámica sanitaria triturada.

En plena era del cambio climático es importante obtener conocimiento ancestral de materiales que han resuelto la necesidad de vivienda con un bajo impacto ambiental, tal es el caso de la construcción con tierra (Méndez, 2019). Los prototipos e investigaciones que se han realizado en la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, de la Universidad Autónoma de Tamaulipas, proponen innovar en la búsqueda de combinaciones y materiales sustentables (Aranda, 2023).

Actualmente existe una demanda cada vez mayor de viviendas construidas con tierra por ser construcciones ecológicas (Méndez, 2019). La Norma Cubana 97 (2011) deja margen a la posibilidad para investigar la tierra como aditivo del cemento Portland al admitir hasta un 60 % de adiciones activas o no.

La composición y propiedades de los diferentes tipos de tierras depende de las condiciones locales por lo que en cada contexto donde se pretenda utilizar la tierra como material de construcción se debe hacer la correspondiente caracterización. Un

parámetro importante a considerar en la caracterización de morteros es la dureza superficial, que se determina por medio del ensayo esclerométrico. El análisis con el esclerómetro es una prueba no destructiva que no causa daños a la estructura u objeto (Pio y Silva, 2021).

Por lo general los esclerómetros vienen con su propia ecuación de fábrica para estimar la resistencia del concreto, pero estas ecuaciones solo son confiables para los países de origen. Además, el ensayo esclerométrico necesariamente deberá hacerse cuando el mortero haya endurecido a los 28 días como mínimo, en diseño controlado y para dureza a profundidad no mayor de 2-3 cm (Borja, 2021).

La Norma cubana NC 791 (2010), establece el código de buenas prácticas sobre la preparación, dosificación, mezclado y colocación de los morteros de albañilería sin embargo no establece la proporción de agua y el cemento. La NC 506 (2013) especifica utilizar una proporción fija de agua/cemento igual a 0,5. Al considerar el cemento de albañilería, según NC 97 (2011), se plantea que la proporción de adiciones activas o inertes puede alcanzar hasta el 60 %, y que el grado de finura de tales adiciones sea del orden del 15 % retenido en el tamiz conforme a la EN 196-1 (AENOR, 2018). En ellas se definen los criterios de clasificación de los morteros de albañilería, lo tipos de cementos, las dimensiones de las probetas, proporciones en que deben usarse los componentes de la mezcla, y los procedimientos a emplear en la determinación de las propiedades.

La importancia del agua en la mezcla del concreto resulta de gran magnitud, ya que su relación con el cemento determina las propiedades del material final. Mientras más agua se adicione, aumenta la fluidez de la mezcla y, por lo tanto, su trabajabilidad, lo cual presenta grandes beneficios para la mano de obra, no obstante, provoca la disminución de la resistencia debido al mayor volumen de espacios creados por el agua libre. A mayor relación agua-cemento, mayor es la porosidad del hormigón y, por lo tanto, menor es su durabilidad, para experimento con proporción de agua/cemento 0,7 - 0,625 - 0,55 - 0,48 y 0,43 se determina que la mejor relación es 0,48 (Fuentes *et al.*, 2020). Rubi (2022) plantea que por regla general se debe emplear una parte de agua por una parte de cemento.

El objetivo de este trabajo es determinar la influencia de las proporciones de agua y arcilla en la dureza superficial de morteros.

Materiales y métodos

Origen de las muestras

Se utilizó el método de muestreo probabilístico (Rodríguez, Machado y Villamarin, 2019). Para la composición de la muestra mezclada se aplicó el muestreo superficial de identificación por puntos aleatorios teniendo en cuenta el decreto N° 002-2013 (Ministerio de Ambiente, 2014).

Se definieron la cantidad de puntos a muestrear y se realizó una distribución de los puntos. Se seleccionó la cantidad mínima de kilogramos a tomar en cada punto. Luego se realizó un cuarteo de la muestra conformada.

$$Pm = 0,271 \cdot Api^{0,396}$$

Donde:

Pm: puntos de muestreo

Api: área potencial de interés, m²

Se utilizaron muestras de arcilla y arena del proceso tecnológico de la planta procesadora de árido del Jobo de Sagua de Tánamo, Holguín. Las muestras de arcilla fueron tomadas en el área de sedimentación, hasta obtener un volumen de 4 kg. La arena fue recogida de los bultos clasificados del patio de la instalación, conformándose una muestra de 16 kg. Ambas muestras fueron sometidas a un proceso de secado en estufas durante 2 h entre 105 °C y 110 °C. Se almacenaron en bolsas de plásticos, para evitar alteraciones en el contenido de humedad.

El cemento utilizado es del tipo Portland-350, envasado en sacos de papel sellado con capacidad 42,5 kg. Las muestras fueron tomadas en las cantidades requeridas al momento de realizar los ensayos.

Granulometría del lodo seco y la arena

Para la determinación de la granulometría de la arcilla, toda la masa fue cernida a través de un tamiz de 0,08 mm, una muestra se sometió a prueba con un analizador de partículas compacto 22 (*Analysette 22 Compact*) que posee un rango de medición de 0,3 a 300 µm.

La arena utilizada en la fabricación de los morteros está certificada con arreglo a la Norma europea 196-1 (AENOR, 2018). Según el uso del mortero, la arena se tamiza por las diferentes zarandas o gibes. Para los morteros de la prueba se hizo pasar el 100 % de la arena por el tamiz de 2,18 mm y luego la masa fue cernida por el juego de tamiz estándar (0,08 - 0,16 - 0,50 - 1,00 - 1,60 - 2,00 mm) según norma NC 506 (2013), para observar la distribución granulométrica.

Densidad de la arcilla y la arena

Para la determinación de la densidad de la arcilla y la arena se utilizó el método del picnómetro. Dicha prueba se realizó utilizando un juego de picnómetros de 25 ml, una pipeta de 25 ml, una balanza digital con precisión $\pm 0,0001$ g y una estufa de temperatura hasta 110 a 120 °C, teniendo en cuenta la Norma Cubana 187 (2002).

Cálculo de dureza

Se utilizó el durómetro portátil modelo TH170 utiliza un principio de funcionamiento similar al de un esclerómetro. El TH170 es un avanzado medidor de dureza integrado que se distingue por su tamaño compacto (155 x 55 x 25 mm), amplio campo de medición y simpleza de manejo. Es adecuado para realizar ensayos de dureza y es ampliamente utilizado en diversas áreas industriales. Calcula automáticamente los valores de dureza Rockwell, Vickers, Brinell o Shore. Entrega automáticamente el valor promedio de las lecturas obtenidas con una exactitud de $\pm 0,8$ %.

Diseño del experimento

Para la determinación de la influencia que ejerce la proporción de agua y la proporción de arcilla sobre la dureza superficial de morteros se efectuó un diseño de experimento de bloques aleatorios. Las variables de entradas consideradas fueron proporción de agua (PH_2O) y proporción de arcilla (PA). La proporción de agua se estudió a tres niveles (0,5-0,75 y 1) y la proporción de arcilla se evaluó a 4 niveles (0-0,06 - 0,33 y 0,6).

Selección de las variables de entrada y sus niveles

La selección de las variables proporción de agua (PH_2O) y proporción de arcilla (PA) con sus respectivos niveles se fundamentan en consideraciones teóricas y prácticas. La

teoría se refiere a lo reportado en las literaturas consultadas y la práctica a la experiencia en la preparación de mezcla para morteros.

La NC 791 (2010) no establece proporción en la que debe aplicarse el agua y el cemento; la norma NC 506 (2013) específica utilizar una proporción fija de agua/cemento igual 0,5; no obstante Arzuaga (2022) y Rubi (2022) recomiendan utilizar una relación de agua/cemento de 1. En la práctica se observa falta de plasticidad o trabajabilidad de la mezcla con 0,5 de relación agua/cemento. Se escoge el nivel intermedio de 0,75 para un mayor estudio de la tendencia.

El nivel 0 es para utilizar mortero de referencia (sin adición de arcilla), el nivel 0,06 se define sobre la base del porcentaje mínimo de adiciones que establece la norma cubana NC 96 (2001) para el cemento portland puzolánico, y el nivel 0,33 es intermedio entre 0,33 y 0,6 para un mayor estudio de la tendencia.

Caracterización de la variable de salida

La variable de salida en este diseño de experimento es la dureza superficial, que se determinó con el durómetro portátil TH170. La escala utilizada fue la Brinell (HB), considerando que la dureza del mortero es inferior a la dureza del acero, y similar a la de las aleaciones de aluminio.

Las mediciones de dureza se realizaron a los 28 días, no se efectuó mediciones a menos días para evitar rotura o agrietamiento de las probetas productos de los impactos que produce el elemento percutor del instrumento de medición, además para disminuir la incidencia de la humedad en los resultados, de acuerdo a lo reportado por Borja (2021).

Los resultados obtenidos de la dureza para las distintas proporciones de agua y arcilla fueron comparados por medio del criterio de Fisher con el análisis de varianza, cada resultado fue comparado con la dureza que se obtiene en el mortero estándar elaborado según la NC 506 (2013).

Matriz de planificación del experimento

Para el desarrollo de los experimentos de caracterización de morteros se efectuaron 36 pruebas, 12 experimentos diferentes y tres réplicas por cada uno. La matriz de planificación del experimento se expone en la tabla 1.

Tabla 1. Matriz de planificación del experimento de caracterización de morteros

		Proporción de arcilla			
		0,00	0,06	0,33	0,60
Proporción de agua	0,50	HB ₁₁	HB ₁₂	HB ₁₃	HB ₁₄
	0,75	HB ₂₁	HB ₂₂	HB ₂₃	HB ₂₄
	1,0	HB ₃₁	HB ₃₂	HB ₃₃	HB ₃₄

Procedimiento de elaboración de los morteros

Para la construcción de las probetas de morteros utilizadas en la experimentación se desarrollaron los siguientes pasos: determinación de las dimensiones de las probetas; cálculo del volumen de una probeta; cálculo del volumen de cemento y arena; determinación del volumen de agua y arcilla para cada probeta; colocación de las dosis de cada probetas y mezclado; aplicación de la mezcla en cada molde y curado; desmoldeo y conservación de las probetas. Todos los pasos se desarrollaron teniendo en cuenta la norma cubana NC 506 (2013).

Representatividad

Se utilizó el muestreo aleatorio simple para definir las cantidades de repeticiones del experimento, aplicando las expresiones de cálculos recomendadas en la literatura especializada. La expresión permite hallar el tamaño mínimo que debe tener la muestra, para que los resultados sean representativos del proceso objeto de estudio. Debe tratarse de lograr un balance adecuado entre representatividad, costo, y productividad.

Normalidad

En caso que existieron valores anormales, los mismos se eliminaron procediendo como se indica a continuación: para el conjunto de valores obtenidos en la medición se calcularon la media (X_{media}) y la desviación típica (S), (teniendo en cuenta en estos cálculos incluso aquellos valores considerados sospechosos); se establecieron los

límites de tolerancia, y se eliminaron por considerarse como anormales todos los valores que quedaron fuera del intervalo establecido; se realizaron nuevamente los cálculos necesarios para expresar el resultado elaborado o final, sin considerar como es lógico, los valores anormales. Se escogió un nivel de significancia del 0,05.

Variancia

El análisis de variancia se efectuó para probar la hipótesis nula de que las variaciones de las proporciones de agua y arcilla no influyen significativamente en la dureza superficial de mortero, contra la hipótesis alterna de que tal variación si influye significativamente en el comportamiento de la dureza. La prueba se sustenta en el criterio estadístico de Fisher, al nivel de significancia escogido.

Ajustes

El ajuste de curva por regresión se basó en el método de mínimo cuadrado, tal que se logra minimizar la distancia existente entre los puntos definidos por la recta ajustada y los puntos correspondientes a las mediciones. El método de mínimo cuadrado se expresa por un sistema de ecuaciones normales. La bondad del ajuste realizado con el método de mínimo cuadrado se verificó utilizando tres criterios: el del coeficiente de determinación, de Student y el de Fisher. Se consideró que el ajuste es significativo según el criterio de Student, cuando se cumplió que p-Valor es inferior al nivel de significancia adoptado en la prueba; según el criterio de Fisher, cuando el Fisher de cálculo es mayor que el Fisher crítico o tabulado y según el criterio del coeficiente de determinación, cuando el valor de este estuvo próximo a la unidad.

Análisis de los resultados

Representatividad de la muestra

Se determinaron 4 puntos a muestrear, puesto que el área de potencial interés es de 1 000 m² (50 m x 20 m). Los puntos se seleccionaron aleatoriamente sobre la superficie del terreno; de cada punto se determina 4 kg. Luego se hizo un compósito de 16 kg y se procedió al correspondiente cuarteo en 2 etapas, para obtener finalmente la muestra de 4 kg a utilizar en la construcción de los morteros. Para la muestra de arena se escogieron de 3 puntos 21 kg para conformar una masa de 63 kg, luego se procedió al cuarteo y se obtuvo la masa de 16 kg de arena.

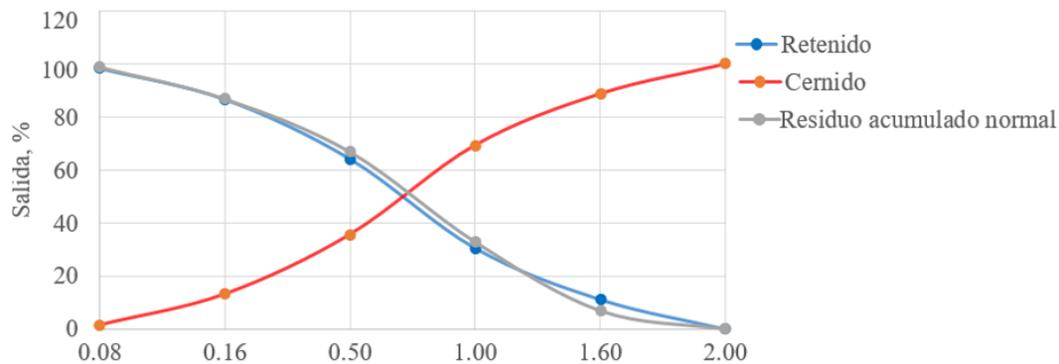


Figura 2. Curva de características sumaria de la arena analizada

Como muestra la figura 2 la arena utilizada cumple con criterio estándar de calidad para ser considerada arena normalizada, según la norma cubana 506 (2013), pues el porcentaje de material retenido en cada tamiz no difiere en más de un 5 % del acumulado normal.

Análisis de la determinación de la densidad de la arcilla y la arena

Existe una probabilidad del 95 % de que si se realizan las mediciones de la densidad de la arcilla bajo condiciones similares a las que existieron en este trabajo el resultado se obtenga en el rango de 1,871 a 1,930 g/cm³, con valor para la media aritmética normal de 1,901 g/cm³. Se determinó que el proceso de medición para la determinación de la densidad de la arena también se realiza bajo control estadístico, en el rango de 2,280 a 2,640 g/cm³, lo que permitió plantear que la densidad de la arena es de 2,458 g/cm³, con una probabilidad del 95 %,

Análisis del comportamiento de la dureza superficial de morteros

La figura 3 muestra los resultados del comportamiento de la dureza superficial de las probetas de morteros en función de las proporciones de agua y arcilla, obtenida por mediciones, utilizando el durómetro portátil TH170, al cabo de 28 días de elaboración. Al aumentar el contenido de agua el mortero tiende a disminuir la dureza en todas las proporciones de arcilla utilizada, lo que concuerda con lo planteado por Fuentes *et al.* (2020), tenido en cuenta lo referido por Borja (2021).

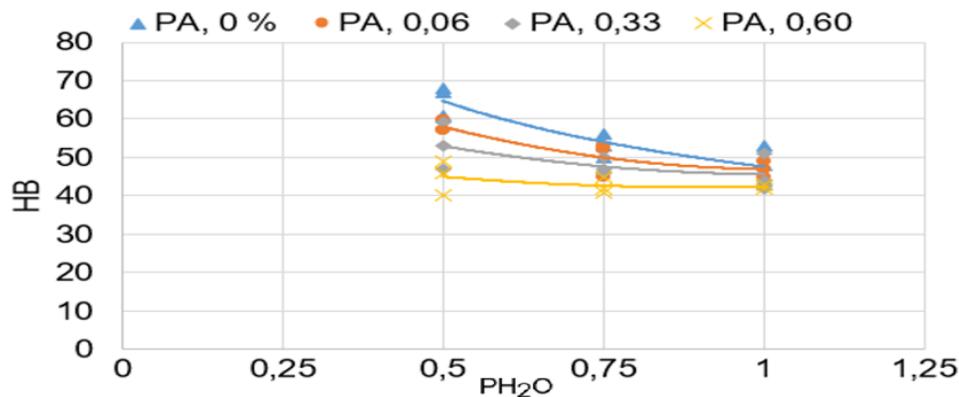


Figura 3. Comportamiento de la dureza superficial de morteros en relación a la proporción de agua y arcilla.

Se refleja que la dureza de los morteros tiende a disminuir con el incremento del contenido de arcilla. También se aprecia que la tendencia a disminuir la dureza se reduce con el aumento del contenido de arcilla lo que se atribuye a la alta higroscopicidad de la arcilla.

Análisis de variancia

Al realizar comparaciones entre las medias de las durezas observadas en los bloques (Proporciones de arcilla) y los tratamientos (Proporciones de agua) se obtiene:

Para un nivel de confianza de 90 %

- Al variar la proporción de agua en el rango de experimentación (0,5 a 1) y la de arcilla en el rango de 0 hasta 0,6 varía significativamente la dureza superficial del mortero, ya que para el agua el Fisher calculado es mayor que el Fisher crítico ($9,03 > 3,46$), y para la arcilla también el Fisher calculado es mayor que el Fisher crítico ($6,95 > 3,29$).
- Al variar la proporción de agua en el rango ensayado y la de arcilla en el rango de 0 hasta 0,33, la variación de la proporción de agua y arcilla influye significativamente en la variación de la dureza superficial, en este caso para el agua Fisher calculado es mayor que el Fisher crítico ($18,17 > 4,32$), y para la arcilla también el Fisher calculado es mayor que el Fisher crítico ($4,52 > 4,32$).
- Al variar la proporción de agua en el rango de ensayado y la de arcilla en el rango de 0 hasta 0,06, la variación de la proporción de agua influye significativamente en la variación de la dureza, no así la proporción de arcilla, en este caso para el agua

Fisher calculado es mayor que el Fisher crítico ($21,86 > 9,00$), y para la arcilla el Fisher calculado es menor que el Fisher crítico ($2,85 < 8,53$).

Para un nivel de confianza de 95 %

- Al variar la proporción de agua en el rango de experimentación (0,5 a 1) y la de arcilla desde 0 hasta 0,6 varía significativamente la dureza superficial del mortero, ya que para el agua Fisher calculado es mayor que el Fisher crítico ($9,03 > 5,14$), y para la arcilla también el Fisher calculado es mayor que el Fisher crítico ($6,95 > 4,78$).
- Al variar la proporción de agua en el rango de ensayado y la de arcilla en el rango de 0 hasta 0,33, se observa que la variación de la proporción de agua influye significativamente en la variación de la dureza superficial, no así las variaciones de la proporción de arcilla, en este caso para el agua Fisher calculado es mayor que el Fisher crítico ($18,17 > 6,94$), y arcilla para la arcilla el Fisher calculado es menor que el Fisher crítico ($4,52 < 6,94$).

Para un nivel de confianza de 99 %

- Al variar la proporción de agua en el rango de 0,5 a 1 y la de arcilla desde 0 hasta 0,6 no varía significativamente la dureza superficial del mortero, ya que para el agua el Fisher calculado es menor que el Fisher crítico ($9,03 < 10,92$), y para la arcilla también el Fisher calculado es menor que el Fisher crítico ($6,95 < 9,78$).

Ajustes de curva

A partir de la aplicación del método de mínimo cuadrado, se determina el modelo matemático. Este modelo se considera significativo ya que a pesar de que el coeficiente de determinación (0,84), es aceptable para los propósitos del análisis de tendencia, se cumple con el criterio de Fisher y el de Student, lo que indica que el modelo ajustado sigue la tendencia de los datos observados (Fisher calculado = 22,82 y Fisher crítico = 0,0003) y la cantidad de datos involucrados es significativa (P-valor = $8,95 \cdot 10^{-9}$ para 68,73; P-valor = 0,001 5 para -19,17 y P-valor = 0,000 70 para -18,36).

$$HB = 68,73 - 19,17 \cdot PH_{20} - 18,36 \cdot PA$$

El modelo indica que con el incremento de la proporción de agua y arcilla la dureza superficial del mortero disminuye. Esto es confiable para el rango de experimentación utilizado, proporción de agua de 0,5 a 1 y proporción de arcilla de 0 a 0,6.

Conclusiones

A través del análisis granulométrico realizado a la arcilla y a la arena se determina que se trata de limo y arena normalizada para mortero de repello respectivamente, y con el análisis densimétrico se establece que la densidad de la arcilla es de 1,901 g/cm³ y para la arena 2,458 g/cm³.

Las diferencias entre los valores de dureza son significativas en dependencia del nivel de confianza seleccionado, para el nivel de confianza del 99 % las diferencias no son significativas, las diferencias significativas se observaron al 95 % y 90 % de confianza.

Se determina un modelo matemático que indica las relaciones de proporcionalidad entre las variables involucradas, se observa que a medida que aumenta la proporción de agua y arcilla disminuye la dureza.

Referencias bibliográficas

- Aranda, Y.G. (2023). Investigaciones sobre construcción con tierra. *Revista Vivienda y Comunidades Sustentables*, 7(13),9-19. <https://revistavivienda.cuaad.udg.mx>
- Arzuaga, N. (2022). *¿Cómo hacer cemento?* Bricomania. <https://www.hogarmania.com>
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2018). NE: 196-1. *Methods of testing cement. Part 1: Determination of strength*. <https://www.normadoc.com/spanish/une-en-196-1-2018.html>
- Borja, M.A. (2021). Correlación entre la resistencia real del concreto y el ensayo no destructivo de esclerometría para muestras de concreto en el departamento de Lambayeque-Perú. *Revista Tecno Humanismo*, 1(10), 1-15. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo/?codigo=8179023>
- Fuentes, C., Chávez, R., Guillén, D. & Aguilar, J. (2020). *Trabajabilidad y resistencia a la compresión del concreto para diferentes relaciones agua/cemento* (Archivo PDF). <https://www.researchgate.net/publication/344380249 TRABAJABILIDAD Y RESIST>

ENCIA A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO PARA DIFERENTES RELACIONES AG UA CEMENTO

- Jaramillo, H.Y., Martínez, C.A. & Gallardo R.J. (2022). *Variación de la consistencia del concreto mediante la adición de melaza de caña*. Encuentro internacional de educación en Ingeniería. Cartagena de India, Colombia. <https://acofipapers.org>
- Jouve, A.D., Andrade, O.A. & Areche, J.N. (2021). Mortero con incorporación de fibra de coco y cerámica para acabados interiores de edificaciones. *Revista Polo del Conocimiento* 6(4), 315-336. <https://dialnet.unirioja.es>
- Méndez, R. (2019). ¿Construcción con tierra en Puerto Rico?: Conocimiento enterrado, sabiduría interrumpida. *Revista Nodo*, 14(27), 24-37. <https://doi.org/10.54104/nodo.v14n27.169>
- Ministerio de Ambiente. (2014). *Guía para muestreo de suelos*. Ministerio del ambiente. <https://www.minan.gob.pe>
- Oficina Nacional de Normalización. (2001). NC 96: 2011. Cemento con adición activa. Especificaciones. Cemento Portalnd. <https://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/PDF-NORMA CUBANA>
- Oficina Nacional de Normalización. (2010). NC 791: 2010. Código de buenas prácticas sobre la preparación, dosificación, mezclado y colocación de los morteros de albañilería. <https://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/BIBLIOTECA UNIVERSITARIA DEL ISDI/COLECCION DIGITAL DE NORMAS CUBANAS/2010/>
- Oficina Nacional de Normalización. (2002). NC 187: 2002. Árido grueso, Peso específico y absorción de agua. Método de ensayo. <https://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/BIBLIOTECA UNIVERSITARIA DEL ISDI/COLECCION DIGITAL DE NORMAS CUBANAS/2002/>
- Oficina Nacional de Normalización. (2013). NC 506: 2013. *Cemento hidráulico. Método de ensayo. Determinación de la resistencia mecánica*. <https://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/PDF-NORMA CUBANA>
- Pio, T.L. & Silva, P.F. (2021). Documentación de las manifestaciones patológicas del Pórtico del Bautismo Cultural de Goiânia-monumento histórico Art Decó. *Revista*

ALCONPAT, 11(3), 108-122.
<https://www.revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/531>

Rodríguez, M.Y, Machado, W.S. & Villamarin, A.J. (2019). Muestreo para el control de calidad en el proceso de elaboración de envases metálicos para alimentos. *Revista Ingeniería, investigación y tecnología*, 20(2), 1-9.
<https://biblat.unam.mx/es/revista/ingeniería-investigación-y-tecnología/articulo/-muestreo-para-el-control-de-calidad-en-el-proceso-de-elaboración-de-envases-metálicos-para-alimentos>

Rubi, B. (25 de mayo 2022). *Cómo mezclar morteros: consejos y proporciones*.
<https://www.rubi.com>

Segura, L.A., Sigüenza, R.W., Solar, M.A. & Zamora, J.E. (2022). Efecto del uso del vidrio reciclado en el diseño de concreto. *Revista Universidad y sociedad*, 14(1), 179-192. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/2547>