

ENSAYOS DE LABORATORIOS A MORTERO DE CEMENTO PORTLAND ARENA Y POLVO DE PIEDRA

Ing. Liset León Consuegra¹, Ing. Argelio Vázquez Rodríguez¹,

*1. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Autopista Matanzas-Varadero km 3½,
Matanzas, Cuba.*

Resumen

La calidad de los materiales de construcción se podrá determinar auxiliándose de un conjunto de normas y especificaciones que rijan los procedimientos de ensayos. Teniendo como objetivo explicar los ensayos de laboratorios realizados a morteros de cemento portland arena y polvo de piedra. Los morteros fueron elaborados con cemento portland, arena y polvo de piedra de Planta Libertad en la provincia de Matanzas. En el caso de arena y polvo de piedra antes de ser utilizados en la elaboración de los morteros se sometió a una caracterización mediante la medición de sus propiedades geométricas y físicas. En el caso de los morteros se sometieron a ensayos de resistencia a flexión y compresión a la edad de los 28 días. Los ensayos realizados a la arena y polvo de piedra que necesarios para su caracterización fueron Determinación de la granulometría, Determinación del material más fino que el tamiz (Nº. 200) y Determinación del contenido de partículas de arcilla, Pesos específicos y absorción de agua y Determinación de los pesos volumétricos y porcentaje de vacío.

***Palabras claves:** morteros, arena, polvo de piedra, propiedades geométricas, físicas, mecánicas.*

Introducción

Desde sus comienzos, el ser humano ha modificado su entorno para adaptarlo a sus necesidades y comenzó a tratar de mejorar sus condiciones de vida y comprendió que debía guarecerse de las inclemencias del tiempo y del medio ambiente.

El hombre ha estudiado y es capaz de prever el comportamiento de distintos materiales y ha inventado otros, los cuales son utilizados de manera más racional y duradera. Joa, (2009) tal como lo cita Martínez, (2012) plantea que todo en la naturaleza se constituye en ciclos, unos muy cortos y otros inmensamente largos, pero finalmente todo se mueve cíclicamente. Los materiales naturales sin procesar se suelen denominar materias primas, mientras que los productos elaborados a partir de ellas se denominan materiales de construcción.

Desarrollo

Tienen como característica común el ser duraderos. Dependiendo de su uso, deberán satisfacer otros requisitos, tales como: dureza, resistencia mecánica, resistencia al fuego, facilidad de limpieza, entre otros.

Según (Amaya et al., 2011) conocer sus características, propiedades y comportamiento, así como su proceso de elaboración especialmente en aquellos que se fabrican a pie de obra, es algo fundamental para cualquier ingeniero que deba desempeñar sus funciones dentro del proceso constructivo.

La calidad de los mismos se podrá determinar auxiliándose de un conjunto de normas y especificaciones que rijan los procedimientos de ensayos. A nivel internacional existen organismos de normalización que establecen los procedimientos de ensayos entre los que se destacan: ASTM (Sociedad Americana para Pruebas de Materiales), ACI (Instituto Americano del Concreto) y AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transporte).

En Cuba el documento existente que establece los procedimientos de ensayos para la determinación de la calidad de los materiales son las llamadas NC (Normas Cubanas) que existen para materiales tales como: hormigón armado, acero, áridos finos y gruesos y morteros.

Materiales utilizados

Los morteros realizados fueron elaborados con cemento PP-25, el material arena y polvo de piedra procedente de la cantera Planta Libertad de la provincia de Matanzas, caracterizándose los materiales pétreos en cuanto a mediante la medición de sus propiedades geométricas y físicas. Una vez elaborada la mezcla y endurecida a los 28 días se le realizó las mediciones de la resistencia a flexión y compresión.

Mortero

Los morteros se definen como mezclas de uno o más conglomerantes inorgánicos donde el principal conglomerante va a ser el cemento también se puede añadir cal como segundo conglomerante que nos aportara trabajabilidad y plasticidad. Otros componentes son los áridos silíceos, calizos, los aditivos estos pueden ser: (Aireantes, Plastificantes, Retenedores de agua, Hidrofugantes, Retardante etc.) y el agua (**Revista técnica Cemento hormigón, 2008**).

Puede presentar dos estados: fresco y endurecido. El estado fresco, son las que lo hacen laborable y deformable bajo la acción de pequeños esfuerzos y determinan las condiciones de uso. Algunas propiedades a medir en este estado pueden ser la compacidad, laborabilidad y consistencia.

Sin embargo el estado endurecido es cuando tiene la edad necesaria para adquirir resistencia mecánica. En el mismo se pueden medir propiedades como: resistencia a esfuerzos mecánicos (Vázquez, 2012).

Áridos

Material mineral procedente de rocas que se encuentran desintegradas en estado natural o precisan de trituración mediante procesos industriales. Las dimensiones son diferentes, varían desde 0,149 mm hasta un tamaño máximo especificado (NC: 251-2005).

La normativa cubana completa para la caracterización de los áridos, cuenta con 14 normas de ensayos revisadas por el Comité Técnico de Normalización de Áridos, CTN 23 las cuales se referencian generalmente con las normas ASTM (Gayoso et al., 2007).

A los áridos finos que serán utilizados para la elaboración de este material se le realizan varios ensayos los cuales se mencionan en la Tabla 1.

Tabla 1: Ensayos de áridos finos según NC y ASTM.

Fuente: Elaboración propia.

No.	Propiedades	NC	ASTM	Título
1	Geométricas	NC 178:2002	C 136 – 96a	Áridos. Análisis granulométrico.
2		NC 182:2002	C 117-95	Áridos. Determinación del material más fino que el tamiz de 0,074mm (No.200). Método de ensayo.
3		NC 179:2002	-	Determinación del contenido de partículas de arcilla. Método de ensayo.
1	Físicas	NC 186:2002	ASTM	Arena. Peso específico y absorción de agua. Método de ensayo.
2		NC 181:2002	ASTM C29/C29M- 97	Áridos. Determinación del peso volumétrico. Método de ensayo. Test. Method for unit weight and voids in aggregate.
3		NC 177:2002	C29/C29 M- 97	Determinación del % de huecos. Métodos de ensayo. Bulk Density (Unit weight) and Voids in Aggregates.

Caracterización de la arena y polvo de piedra de Planta Libertad perteneciente a la provincia de Matanzas, mediante la medición de sus propiedades geométricas y físicas.

1. Áridos. Análisis granulométrico.

Determinación de la granulometría para la arena y el polvo de piedra.

- Fundamentos del método.

- El procedimiento consistió en la determinación de las fracciones granulométricas de la arena y el polvo de piedra de la cantera Planta Libertad por medio de un tamizado mecánico garantizando la continuidad del movimiento de la muestra sobre la superficie del tamiz, como indica la norma NC 178: 2002.

- Preparación de la muestra.

La muestra se determinó por el sistema de cuarteo de una muestra representativa del material a ensayar, en este caso arena y polvo de piedra de la cantera Planta Libertad.

El peso de la muestra una vez secó en la estufa a peso constante y a una temperatura de 105°C a 110°C fue de 500g como lo indica el análisis granulométrico en la Tabla 2 de la norma NC 178: 2002.

- Procedimiento para determinar la granulometría.

Seguido de sacar la muestra de la estufa se dejó enfriar a temperatura ambiente. La arena, definida como las partículas de dimensión 4,76mm hasta 0.074mm, se le realizó un proceso de tamizado, en el cual se utilizó una serie de tamices de igual abertura que su granulometría. Los tamices que se usaron fueron los de malla cuadrada de la serie ASTM que van desde el N°4 – 4,76mm hasta el N°200 – 0,074mm, siendo la abertura de cada tamiz el doble de la siguiente y mitad del anterior.

El tamizado se realizó en una tamizadora la cual somete a las partículas del material ensayado a un movimiento lateral y vertical del tamiz, este movimiento también incluye la acción de sacudida. La muestra se movió continuamente sobre la superficie del tamiz.

Una vez tamizada la muestra se procedió a pesar el material retenido en cada tamiz por medio de la balanza, cada cantidad de material retenido en los tamices, posteriormente se procedió a realizar las comprobaciones del porcentaje del material retenido si cumplía o no con las especificaciones granulométricas de la norma NC 657: 2008 y NC 251: 2005.

- **Maquinarias y utensilios.**

- **Estufa.**

Marca Memmert capaz de mantener una temperatura constante ente 105°C a 110°C.

- **Balanza.**

Marca Maruto con sensibilidad de 0,5g y capacidad máxima de 5000g se utilizó para pesar los porcentos retenidos de los áridos en cada tamiz.

- **Tamizadora.**

La tamizadora marca Controls fue la utilizada para someter las partículas del material ensayado a un movimiento lateral y vertical y la acción de sacudida, la cual porta un juego de tamices de agujeros cuadrados. La muestra se movió continuamente sobre la superficie del tamiz.

- **Tamices.**

Juego de tamices de malla cuadrada de la seria normada ASTM que van desde el N°4 – 4,75mm hasta el N°200 – 0,074mm, siendo la apertura de cada uno doble del siguiente tamiz y mitad del anterior.

- **Brochas.**

La brochas de cerdas de nylon de 2-5cm fueron las utilizadas para extraer las partículas del material fuera del tamiz.

2. Áridos. Determinación del material más fino que el tamiz (N°. 200). Método de ensayo.

- **Fundamentos del método.**

El ensayo consistió en lavar el material a ensayar en reiteradas ocasiones y tamizar al mismo tiempo las partículas finas que pasan por el tamiz N°200 – 0,074mm existentes en los áridos, como lo indica NC 182: 2002.

- **Preparación de la muestra.**

La muestra se tomó con suficiente humedad para evitar la segregación y pérdida de las partículas finas del agregado pétreo. Se secó en la estufa a peso constante por 24 horas a una temperatura constante entre los 105°C y 110°C.

Se le realizó el sistema de cuarteo de una muestra representativa del material a ensayar en este caso arena de la cantera Planta Libertad. El peso de la muestra seca en la estufa a

peso constante a una temperatura de 105°C a 110°C fue de 500g como lo indica la Tabla 1 de la norma NC 182: 2002.

- **Procedimiento.**

La muestra después de enfriarse a temperatura ambiente se colocó en un recipiente con agua potable hasta cubrirla totalmente para proceder a mezclarla y agitarla con cuidado de que no se produzcan pérdidas del árido ni de agua.

Una vez que se agitada, las partículas finas se suspenden en la superficie del recipiente, y posteriormente se vertió el contenido en el tamiz N°200 desechando cualquier partícula del material menor que 0,074mm.

El procedimiento de lavado se repitió varias veces hasta que el agua en el recipiente estuvo totalmente limpia y transparente. Después de lavado el material retenido en el tamiz N°200 se secó en la estufa a peso constante durante 24 horas a temperatura entre los 105°C y 110°C.

- **Expresión de los resultados.**

La muestra inicial secada fue de 500g, cuando se le realizó el proceso de lavado y tamizado se volvió a pesar, se determinó la diferencia de peso entre las dos fases de la muestra, se divide entre el total y se multiplicó por cien. Se obtuvo el porcentaje de fino en la muestra cómo se expresa en la fórmula siguiente:

$$Pf = \frac{a - b}{a} * 100$$

- Pf= Porcentaje de material que pasa por el tamiz N°200 (0.074 mm).
- a= Peso de la muestra original seca.
- b= Peso de la muestra seca después de lavada.

- **Maquinarias y utensilios.**

▪ **Recipiente metálico.**

En el recipiente metálico se sumergió la muestra para ser mezclada y agitada para su posterior tamizado.

▪ **Estufa.**

La estufa utilizada de marca Memmert capaz de mantener una temperatura constante entre 105°C a 110°C.

▪ **Tamiz.**

Se utilizó el tamiz N°200 para pasar cualquier partícula fina o de arcilla de menor apertura que 0,074mm.

- **Balanza.**

Marca Maruto con sensibilidad de 0,5g y capacidad máxima de 5000g.

3. Determinación del contenido de partículas de arcilla.

- **Fundamentación del método.**

Se determinó las partículas de arcilla en la muestra de arena y polvo de piedra de la cantera Planta Libertad por medio de la selección y una vez extraídas se determinó qué porcentaje representan del total de la muestra, según la norma NC 179: 2002.

- **Preparación de la muestra.**

Para la elaboración de la muestra a ensayar se realizó el cuarteo de una porción representativa del material. Se trasladó con cuidado para no romper las partículas de arcilla que pudieron estar presentes en la muestra. La misma, luego de someterse al proceso de cuarteo, se secó en la estufa a peso constante a una temperatura mantenida de 105°C - 110°C durante 24 horas. Para la arena y el polvo de piedra la muestra estuvo formada por las partículas retenidas en el tamiz 1,19mm - N°16 y su tamaño fue de 500g.

- **Procedimiento para determinar el contenido de partículas de arcilla.**

Se colocó la muestra en el fondo del recipiente en una capa muy delgada y se examinó para detectar las partículas de arcilla. Mediante la inspección visual las partículas conglomeradas entre sí que se pudieron dividir con los dedos fueron partículas de arcilla. No se presionaron dichas partículas contra ninguna superficie dura, se pulverizaron con la fricción de los dedos y se volvieron a tamizar por el tamiz N°20 de apertura 0,84mm como indica la norma NC 179: 2002 denominada determinación del contenido de arcilla para esta granulometría.

- **Expresión de los resultados.**

Se obtuvo el porcentaje de partículas de arcilla del total de la muestra como se muestra en la siguiente fórmula:

$$L = \frac{W - R}{W} * 100$$

- L= Porcentaje de partículas de arcilla en la muestra.
- W= Peso de la muestra en (g).
- R= Peso de la muestra después de separarle las partículas de arcilla en (g).

- **Maquinarias y utensilios.**

▪ **Estufa.**

La estufa marca Memmert capaz de mantener una temperatura constante entre 105°C a 110°.

▪ **Recipiente.**

Con suficiente espacio en su fondo para esparcir una porción de la muestra en una capa delgada.

▪ **Tamices.**

Para retener el árido inicialmente el tamiz de apertura 1,19mm y después de trituradas las partículas de arcilla el de apertura 0,84mm.

▪ **Balanza.**

Marca Maruto con sensibilidad de 0,5g y capacidad máxima de 5000g.

Propiedades físicas del árido.

1. Pesos específicos y absorción de agua.

- **Fundamentación del método.**

Se obtuvo los pesos específicos y la absorción de agua por medio del pesaje de la arena en estado seco y saturado en agua como indica la norma NC 186: 2002.

- **Preparación de la muestra.**

Se obtuvo mediante el sistema de cuarteo una muestra representativa de 1000g. Se secó en la estufa a una temperatura mantenida de 105°C a 110°C hasta peso constante durante 24horas, se sumergió en agua y se dejó por un período de otras 24horas.

Se extendió la muestra en una superficie plana con el objetivo de secar la superficie de la partícula por medio de una plancha metálica caliente moderadamente, mientras se zarandeó para que la disecación sea uniforme.

Esta disecación de la arena se le realizó hasta que las partículas fluyeron libremente sin adherirse unas con otras. Para garantizar que no se adhirieran las partículas, se llenó el molde cónico, ligeramente se apisonó 25 veces con la varilla de compactación y se levantó el molde verticalmente. Se comprobó que la primera vez las partículas se adhirieron entre sí, manteniendo el cono su forma original. Se le siguió realizando el proceso de secado hasta que se volvió a ejecutar la prueba y las partículas se desmoronaron suavemente, dando señal de que se secó superficialmente.

- **Procedimiento.**

Se vertió la muestra preparada en un frasco de 500mL y se le añadió agua destilada hasta la marca de enrase. Para que se expulsaran todas las burbujas de aire en el interior del grano se sometió la muestra a un baño de María y se mantuvo en ebullición por 2horas aproximadamente.

Seguidamente se enfrió la muestra a temperatura ambiente en agua por 1 hora aproximadamente, transcurrido el tiempo se le añadió agua destilada hasta alcanzar la marca de enrase y se determina el peso total en la balanza.

La muestra se sacó del recipiente y se secó a peso constante en la estufa a una temperatura mantenida de 105°C a 110°C, luego se dejó enfriar a temperatura ambiente y se pesó en la balanza.

- **Expresión de los resultados.**

$$PEC = \frac{A}{C + B - C_1}$$

$$PES = \frac{B}{C + B - C_1}$$

$$PEA = \frac{A}{C + A - C_1}$$

$$\% ABS = \frac{B - A}{A} * 100$$

- PEC: Peso específico corriente. El peso específico de las partículas desecadas incluyendo en el volumen los poros accesibles al agua y los no accesibles.
- PES: Peso específico saturado. El peso específico de las partículas saturadas de agua y con la superficie seca, incluyendo en el volumen los poros accesibles al agua y los no accesibles.
- PEA: Peso específico aparente. El peso específico de las partículas desecadas incluyendo en el volumen sólo los poros inaccesibles al agua.
- %ABS: Porcentaje de absorción de agua.
- A: Peso en gramos de la muestra secada en la estufa.
- B: Peso en gramos de la muestra saturada con superficie seca.
- C: Peso en gramos del frasco lleno con agua.

- C_1 : Peso en gramos del frasco con la muestra y agua hasta la marca del enrase.

- **Maquinarias y utensilios.**

- **Balanza.**

Marca Maruto con sensibilidad de 0,5g y capacidad máxima de 5000g.

- **Frasco.**

Se utilizó un frasco volumétrico graduado de 500mL de capacidad.

- **Molde cónico.**

El molde metálico con forma de cono truncado de 73mm de altura. Los diámetros del cono son: de 38mm en la parte superior y 89mm en la base.

- **Varilla de compactación.**

La varilla metálica cilíndrica de 25mm de diámetro con un peso de 340g y con los extremos de forma plana para realizar el apisonado.

- **Baño de María.**

Maquinaria en la cual se introduce el frasco y se somete al “Baño de María”. El recipiente se mantiene en ebullición durante 2 horas aproximadamente hasta que se expulsan todas las burbujas de aire.

- **Secador de arena.**

Maquinaria dotada de una plancha metálica caliente moderadamente.

- **Estufa.**

La estufa marca Memmert capaz de mantener una temperatura constante entre 105°C a 110°C,

2. **Determinación de los pesos volumétricos y porcentaje de vacío.**

- **Fundamentación del método.**

La determinación del peso volumétrico se realizó mediante pesadas del material con un recipiente calibrado de volumen conocido, según la norma NC 181: 2002.

- **Preparación de la muestra. arena y polvo de piedra.**

La muestra se secó en la estufa hasta peso constante a una temperatura mantenida de 105°C - 110°C por 24horas.

- **Procedimiento para determinar los pesos volumétricos compactado y suelto.**

▪ **Determinación del peso compactado.**

El recipiente se llenó en tres capas a una altura no mayor de 50mm para evitar la segregación de las partículas y en cada una se golpeó 25 veces con la varilla de compactación.

Los golpes fueron esparcidos uniformemente en el interior de la superficie del recipiente y la compactación en las capas solo fueron del espesor de la misma en cada una de las capas correspondientes. Después se enrasó la superficie con la misma varilla de compactación en un solo movimiento acelerado.

▪ **Determinación del peso suelto.**

Se llenó el recipiente hasta el colmo utilizando una cuchara a una altura no mayor de 50mm para evitar la segregación de las partículas. Luego se enrasó la superficie con la varilla de compactación sin que se hiciera girar la misma.

- **Expresión de los resultados.**

Se obtuvo mediante el pesado el PMS (peso del material suelto) y el PMC (peso del material compacto), para obtener el peso volumétrico (suelto y compacto) se le sustrae a los PMS y PMC la tara del recipiente que es de 1874g y se divide por el volumen conocido del recipiente que es de 2726cm³.

3. Determinación del porcentaje de vacíos según NC 177: 2002.

$$\% \text{ Porcentaje de vacío} = \frac{\text{PEC} - \text{PUC}}{\text{PEC}} * 100$$

- PEC= Peso específico corriente
- PVC= Peso unitario compacto.

- **Maquinarias y utensilios.**

▪ **Varilla de compactación.**

La varilla de compactación es una barra lisa de acero, recta, de sección circular de 15,8mm de diámetro y 600mm de longitud, teniendo un extremo redondeado en forma de hemisferio cuyo diámetro es de 15,8mm.

▪ **Balanza.**

Balanza de sensibilidad de 10g y capacidad máxima de 10000g.

▪ **Recipiente.**

El recipiente fue de metal, de forma cilíndrica, de espesor 2,7 – 3,5mm, provistos de asas, sin salideros, paredes circulares y fondo liso para asegurar la exactitud de los resultados. Una de las condiciones más importantes es el ser rígido para mantener su forma a pesar de los golpes que reciban y la capacidad del recipiente dependió del tamaño máximo del árido expresado en la Tabla 1 de la norma NC 181: 2002. (Determinación del peso volumétrico).

Medición de la resistencia a flexión y compresión de morteros elaborados con arena y polvo de piedra de la Planta Libertad perteneciente a la provincia de Matanzas.

1. Determinación de la resistencia a flexión y compresión.

- Procedimiento.

Se realizó la rotura a flexión de la briqueta por la acción de una carga concentrada. Esta briqueta rompió en dos mitades las cuales se ensayaron a compresión sobre las caras laterales del mortero de (40x40) mm según NC 54-207:1980 y NC 506: 2007.

- Amasado del mortero.

A los materiales componentes del mortero, arena, polvo de piedra y cemento, se les realizaron la dosificación volumétrica y gravimétrica por medio del pesado con la balanza. Inmediatamente se vertieron el material inerte y el cementante en estado seco en el recipiente de mezclado, se batieron por 30s a una velocidad media para homogenizar la mezcla.

Después se agregaron una porción de agua suficiente para hidratar las partículas del conglomerante y garantizar la fluidez del mortero. Se mezclaron por 120s y se le agregaron pequeñas porciones de agua adicionales en dependencia de los resultados de la consistencia en la mesa de sacudida en no más de tres ocasiones.

- Compactación.

Se colocó el molde en la plataforma de compactación, se ajustó la tolva y se llenó a su media capacidad para proceder con 25 golpes. Luego se llenó hasta el tope garantizando un rebozo para su posterior compactado, nuevamente con 25 golpes.

- **Enmoldado.**

El molde se encontraba limpio, estanco, sus partes bien fijadas unas con otras y antes de verter la colada se recubrió con una capa fina de grasa para asegurar el fácil desprendimiento del mortero. Una vez que se realizó el proceso de compactación se retiró la tolva y se enrasó el molde con una regla metálica.

- **Conservación de la probeta.**

Después de confeccionadas las briquetas se conservaron en los moldes por un período de tiempo de 24 horas, las mismas estuvieron exentas de golpes o vibraciones que afectaran los resultados de su rotura. Transcurridas las 24 horas se desmoldaron y se sumergieron en agua potable hasta el momento de su posterior rotura, el agua del recipiente se cambió a los 14 días.

- **Determinación de la resistencia a flexión.**

La prensa empleada fue capaz de aplicar una presión mínima de 9,8 kN. El aditamento que se colocó en la prensa donde se realizó la rotura a flexión consta de tres cilindros de acero de 10 mm de diámetro, los dos primeros son los encargados de sostener la probeta encontrándose en un mismo plano y paralelos entre sí a la distancia de 100 mm, el tercero fue el que, mediante una carga apoyándose en el lado opuesto a los dos primeros, rompió en dos mitades a la briqueta de mortero.

Esta probeta sólo fue capaz de asimilar la carga a flexión, descartando la posibilidad de torsiones en la misma por la acción de mecanismos entre los cilindros de carga y soporte.

La briqueta se colocó sobre los cilindros de soporte, quedando su eje longitudinal perpendicular a los ejes de estos y con respecto al cilindro de carga, el eje transversal de la briqueta quedó paralelo y en el mismo plano que el del tercer cilindro.

- **Expresión de los resultados a flexión.**

La carga fue aplicada verticalmente por el cilindro de carga sobre la cara opuesta de la briqueta, quedando representada por la fórmula de acuerdo con la norma NC 506: 2007:

$$Rf = \frac{1,5 * Ft * I}{b^3}$$

- Rf= Resistencia a flexión (N/mm²) (MPa), 1 N/mm² = 1 MPa.
- Ft= Carga aplicada en el medio del prisma en la rotura (N).
- I= Distancia entre soportes (mm).
- b= Lado de la sección cuadrada del prisma (mm).

- **Determinación de la resistencia a compresión.**

Una vez concluido con el ensayo a flexión con cada una de las mitades resultantes del ensayo anterior se acometió el ensayo a compresión aplicando el esfuerzo en una sección de 40x40mm sobre las dos caras laterales de la briqueta.

La prensa estaba dotada de dos placas de acero de espesor mínimo de 10mm las cuales eran planas. Los planos fueron guiados sin una fricción apreciable durante el ensayo para poder mantener siempre la misma proyección horizontal. Uno de los planos estuvo ligeramente inclinado para obtener un perfecto contacto con la probeta.

Esta condición se logró con un aditamento especial empleado para el ensayo a compresión muy parecido al ensayo a flexión, ambos se colocaron entre las placas de acero de la prensa.

La placa superior de rotura del aditamento que rompió la briqueta accionó una carga que fue transmitida por la placa superior de la prensa a través del deslizamiento, el cual fue capaz de oscilar verticalmente sin fricción apreciable en el aditamento que dirige el movimiento.

- **Expresión de los resultados a compresión.**

La resistencia a la compresión se calculó de la siguiente forma como indica la norma NC 506: 2007:

$$R_c = \frac{F_c}{1600}$$

- R_c = Resistencia a compresión (MPa).
- F_c = Carga máxima de rotura (N).
- $1600 = 40 \times 40 \text{ mm}^2$, superficie de los platos o placas auxiliares.
- $1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa}$.

- **Maquinarias y utensilios.**

▪ **Amasadora.**

Maquinaria dotada de una pala que giró en su eje a velocidad rápida y lenta para homogenizar la colada de mortero y un recipiente de acero inoxidable u otro material inalterable por el agua y el cemento.

▪ **Molde.**

Los moldes de acero, dotados de una dureza y rigidez suficiente para no ser deformados por los golpes en el proceso de compactación, poseen tres compartimentos de

dimensiones de (40x40x160)mm. Las paredes y el fondo eran de un espesor de 10mm. Sobre los moldes se colocó un aditamento llamado tolva para sujetar el molde en la compactadora.

▪ **Compactadora.**

Maquinaria marca Maruto cuya función fue elevar el molde y su tolva correspondiente a una altura de 15mm repetitivamente en dos ocasiones.

Se le dieron 25 golpes por cada una de ellas, una con el molde mediado y otra con un pequeño reboso del material para lograr una compacidad adecuada, así mismo se logró menos cantidad de poros y una mayor durabilidad en el mortero.

▪ **Prensa.**

Maquinaria marca COEPIAO B CCCP de fabricación Rusa, con un error que establece la mínima escala de 0,2kN y un máximo de fuerza de 100kN. Consta fundamentalmente de un dispositivo indicador que permanece fijo cuando se realiza la rotura de la probeta al ser descargada la máquina de ensayo indicando el valor de rotura de la briqueta y otro eje vertical paralelo a este que en el momento que rompe la briqueta, ya sea a flexión o compresión, tiende inmediatamente a cero indicando que rompió el elemento sometido a carga.

La presión que se le aplicó a la briqueta sobre las dos placas de acero de elevada dureza se aumentó manualmente y está provista del dispositivo indicador antes mencionado que además controla la velocidad de carga.

▪ **Balanza.**

Balanza con sensibilidad de 0,1g y capacidad máxima de 2610g.

Conclusiones

Dentro de los ensayos realizados según las normas cubanas relacionados con la medición propiedades geométricas a los áridos finos utilizados se encuentran: Determinación de la granulometría para la arena y el polvo de piedra, Determinación del material más fino que el tamiz (Nº. 200) y Determinación del contenido de partículas de arcilla.

Los Pesos específicos y absorción de agua y Determinación de los pesos volumétricos y porcentaje de vacío fueron los ensayos realizados a los áridos finos utilizados mediante la medición de las propiedades físicas.

A los morteros elaborados con cemento, arena y polvo de piedra se le midieron las resistencias a flexión y compresión a la edad de 28 días.

Bibliografía

Aditivos para el hormigón, 2008. *Revista técnica Cemento hormigón* [on-line], consultado: abril del 2012, Madrid (España), disponible en: www.cemento-hormigon.com.

Amaya, M. y Díaz. C., 2011. *Manual de guías de laboratorio enfocadas al control de calidad de materiales para las asignaturas: “Ingeniería de Materiales” y “Tecnología del Concreto”*,339h. Tesis en opción del título de Ingeniero Civil. Universidad de El Salvador (El Salvador).

Gayoso B, R; Herrera, R., 2007. *Áridos para hormigones, especificaciones y ensayos (s/e)*. Centro técnico para el desarrollo de los materiales de construcción, La Habana (Cuba) ,79 P.

Martínez, L., 2012.*Propuesta de metodología para elaborar hormigón con árido grueso reciclado*, 67h. Tesis en opción del título de Ingeniero Civil. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos (Cuba).

Oficina Nacional de Normalización. *NC 177: 2002. Determinación del porcentaje de huecos. Método de ensayo*. Ciudad de La Habana, (Cuba).

Oficina Nacional de Normalización. *NC 178: 2002. Análisis granulométrico*. Ciudad de La Habana, (Cuba).

Oficina Nacional de Normalización. *NC 179: 2002. Determinación del contenido de partículas de arcilla. Método de ensayo*. Ciudad de La Habana, (Cuba).

Oficina Nacional de Normalización. *NC 181: 2002. Determinación del peso volumétrico. Método de ensayo*. Ciudad de La Habana, (Cuba).

Oficina Nacional de Normalización. *NC 182: 2002. Determinación del material más fino que el tamiz de 0,074 mm (No. 200). Método de ensayo*. Ciudad de La Habana, (Cuba).

Oficina Nacional de Normalización. *NC 186: 2002. Peso específico y absorción de agua. Método de ensayo*. Ciudad de La Habana, (Cuba).

Oficina Nacional de Normalización .*NC 251:2005 Áridos para hormigones hidráulicos—Requisitos*. Ciudad de La Habana, (Cuba).

Oficina Nacional de Normalización. *NC 506:2007.Cemento Hidráulico. Método de Ensayo. Determinación de la resistencia mecánica*. Ciudad de La Habana, (Cuba).

Oficina Nacional de Normalización. *NC 54-207-1980. Materiales y productos de la construcción. Cemento, ensayos compresión - flexión físico-mecánicos.* Ciudad de La Habana, (Cuba).

Vázquez, A., 2012. *Evaluación de los diseños de morteros con cemento PP-25, arena y polvo de piedra*, 95 h. Tesis en opción del título de Ingeniero Civil. Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos (Cuba).