**SIMPOSIO INTERNACIONAL DE CONSTRUCCIONES**

**Evaluación de propiedades de morteros secos formulados con LC2**

**Evaluation of properties of dry mortars formulated with LC2**

**Dra. Lic. .Lázara Doralys Izquierdo- García 1.2** **Dra. Arq. Dania Betancourt-Cura**

1. Maestrante. Lic. Lázara Doralys Izquierdo-García, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Construcciones, Universidad Central de Las Villas. Cuba. Email: [lazara@emcos.co.cu](mailto:lazara@emcos.co.cu)
2. Dra. Arq. Dania Betancourt-Cura, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Construcciones, Universidad Central de Las Villas. Cuba. Email: [daniab@uclv.edu.cu](mailto:daniab@uclv.edu.cu).

**RESUMEN**

El presente trabajo investigativo expone la evaluación de la influencia de la adición puzolánica LC2 (arcilla calcinada - caliza - yeso) en el comportamiento de morteros de albañilería tipo III, para ello se realizaron una serie de ensayos físico-mecánicos de acuerdo con las especificaciones establecidas en la norma cubana NC 175:2018 *Morteros de Albañilería. Especificaciones*.

Para analizar y valorar el comportamiento que puede tener la adición LC2 en los morteros de albañilería, se confeccionó un diseño experimental en el que se consideraron las definiciones de variables dependientes, respondiendo a la propiedades de los morteros en los diferentes estados, y variables independientes, analizando factores como volumen de cemento, cal, árido y adición a utilizar. Se caracterizaron las materias primas y se realizó el ensayo de consistencia .Se elaboraron 48 probetas prismáticas de 40 x 40 x 160 mm para la realización del ensayo de resistencia a flexo-compresión a la edad de 7 y 28 días(. El ensayo de absorción de agua por capilaridad fue realizado después de los 28 días de curado, para el mismo se colocaron 3 probetas prismáticas de 40x40x160cm por cada serie de mortero lo que da un total de 6 probetas prismáticas las cuales se pesaron consecutivamente en las edades exigidas por las normativas vigentes (4h, 8h, 1d, 3d, 5d y 7d).

El ensayo de resistencia a la adherencia por tracción, fue preparado en el laboratorio en una placa de hormigón. Se realizó con seis muestras por ensayo, cada muestra separada de la próxima en no menos de 50 mm, para que no interfiera la realización del mismo. Para la unión de la chapilla metálica al mortero de revestimiento se usó resina epoxi.

El análisis de los resultados permitió validar satisfactoriamente el empleo de la adición LC2 en morteros de albañilería, según las especificaciones exigidas por la normativa cubana. Teniendo en cuenta que la investigación se centra en mejorar la resistencia de los morteros tipo III atendiendo a las dosificaciones establecidas en la NC 175: 2018 *Morteros de Albañilería. Especificaciones,* se recomienda utilizar las proporciones que sustituyen 0,5 de cemento P-35 por 1 LC2 (M2: *0.5 de cemento P-35, 1 de LC2, 4 de árido, 0 cal* yM4: *0.5 de cemento P-35, 1 de LC2, 5 de árido, 0 cal*), pues las muestras con esta dosificación alcanzan mayores valores de resistencia a compresión respecto a las muestras de referencia. El uso de arcillas calcinadas como material cementicio suplementario proporciona mejoras en la resistencia mecánica de los morteros.

***Abstract.***

The present investigative work exposes the evaluation of the influence of the pozzolanic addition LC2 (calcined clay - limestone - gypsum) in the behavior of masonry mortars type III, for this a series of physical-mechanical tests were carried out in accordance with the established specifications in the Cuban standard NC 175: 2018 Masonry Mortars. Specs.

To analyze and assess the behavior that the LC2 addition can have in masonry mortars, an experimental design was made in which the definitions of dependent variables were considered, responding to the properties of the mortars in the different states, and independent variables, analyzing factors such as volume of cement, lime, aggregate and addition to be used. The raw materials were characterized and the consistency test was carried out. 48 prismatic specimens of 40 x 40 x 160 mm were made to carry out the flexural-compression resistance test at the age of 7 and 28 days. The water absorption test by capillarity was carried out after 28 days of curing, for which 3 prismatic specimens of 40x40x160cm were placed for each series of mortar, giving a total of 6 prismatic specimens which were weighed consecutively in the ages required by current regulations (4h, 8h, 1d, 3d, 5d and 7d).

The tensile bond strength test was prepared in the laboratory on a concrete plate. It was carried out with six samples per test, each sample separated from the next by no less than 50 mm, so that it did not interfere with its performance. Epoxy resin was used to bond the metal sheet to the coating mortar.

**Palabras claves:** adición puzolánica, arcilla calcinada, caliza, mortero de albañilería.

**Keywords:** pozzolanic addition, calcined clay, limestone, masonry mortar.

**1.Introducción**

El cemento es el material más producido a nivel mundial, alrededor de 150 países lo producen y en años venideros se espera el continuo aumento de esta tendencia. Su uso universal, la posibilidad de producción industrial, su gran versatilidad y los grandes resultados obtenidos en su utilización hacen que su expansión sea eminente. En Cuba se estima un crecimiento de 250% en los próximos 15 años. Este aumento de la producción de cemento trae consigo un impacto desfavorable al medio ambiente y ante ello se ha hecho necesaria la búsqueda de nuevas alternativas y estrategias que contribuyan al crecimiento de su producción de manera sustentable. A nivel mundial la producción de cemento es responsable del 8 % de las emisiones de CO2 a la atmósfera (Lehne & Preston, 2018). Durante la producción el 60% de las emisiones de CO2 están asociadas a la descomposición de la piedra caliza cuando se calienta por encima de 900⁰ y el 40% restante está relacionado con la electricidad y el combustible. Esta situación ha favorecido a la tendencia actual a nivel mundial de fabricar un nuevo cemento con notables beneficios medioambientales, ingenieriles y económicos Actualmente se lleva a cabo un estudio en el que se pretende obtener una adición conformada por arcilla calcinada+caliza+yeso, este último en poca cantidad de forma que compense el incremento de aluminatos que se encuentran en el sistema a consecuencia del empleo de la arcilla. Esta adición se conoce como LC2. Promete ser un producto independiente de bajo costo, bajo nivel de inversión, ecológico y sustentable. Se pretende utilizar esta adición tanto en hormigones como en morteros de revestimiento y colocación de ladrillos y bloques.

**2.Objetivo General:**

Evaluar formulaciones de morteros secos para albañilería tipo III con adición de LC2 en sustitución a un porciento de cemento Portland Ordinario a partir de las dosificaciones establecidas en la NC 175:218 *Morteros de Albañilería. Especificaciones.*

***3.Materiales y Métodos***

Se describe el proceso de selección y caracterización de las materias primas para su utilización en morteros secos para albañilería. Se expone el diseño de experimento. Concluida esta etapa se explican los principales ensayos que permiten evaluar el comportamiento físico-mecánico de los morteros elaborados con la nueva adición.

Según información brindada por la Empresa de Materiales de la Construcción de Sancti Spíritus (EMCOS), tanto el cemento P-35 como el LC2 (producción experimental) provienen de la fábrica “Siguaney” y el polvo de piedra usado en el experimento como árido procede de la “Cantera Nieve Morejón” de Cabaiguán, ambas en la Provincia de Sancti Spíritus.

**4.Ensayos Realizados a la formulación de los Morteros**

1. Consistencia a todos los morteros (NC170:2002).
2. Densidad a todos los morteros (NC 567:2007 y NC 601:2008).
3. Retención de agua a todos los morteros (NC 169: 2002).
4. Resistencia flexión y compresión a todos los morteros ( NC 173: 2002).
5. Absorción de agua por capilaridad a todos los morteros (NC 171:2002).
6. Adherencia a todos los morteros ( NC172: 2002).

**5.Resultado**

**Ensayos de laboratorio**

****

**Figura 1**: Ensayo de consistencia. NC 170:2002 *“Mortero fresco. Determinación de la consistencia en mesa de sacudida”.*

**6.Ensayo de consistencia. NC 170:2002 *“Mortero fresco. Determinación de la consistencia en mesa de sacudida”***

La consistencia se determinó midiendo el escurrimiento dentro de una muestra del mortero fresco. Para ello se llenó el molde tronco-cónico situado en una mesa circular de sacudidas y una vez retirado el molde, la mesa de sacudidas se eleva al girar la manivela y se deja caer a 37,una altura de 12,7 mm 25 veces en 15 segundos, el giro debe ser realizado con una velocidad constante. Por último, se mide el diámetro (o radio) que ha alcanzado el mortero fresco. (Figura 1).

**6.1Análisis de resultados de ensayo de consistencia**

A través del ensayo de consistencia se pudo determinar la relación agua cemento, tomando como muestra 500g de las dosificaciones previamente elaboradas y almacenadas en sacos.( tabla1)

***Relación agua-cemento de la serie gruesa (Árido ≤ 4,76mm)***

***Tabla 1:*** *Relación agua-cemento de la serie gruesa (Árido ≤ 4,76mm)*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nomenclatura** | **Cemento P-35**  **(g)** | **LC2**  **(g)** | **Total**  **(g)** | **Agua**  **(ml)** | **Relación a/c** |
| MP-1 | 95,01 | - | 95,01 | 113,33 | 1,19 |
| MP-2 | 109,29 | - | 109,29 | 108,33 | 0,99 |
| **M-1** | 48,08 | 42,07 | 90,14 | 120,00 | 1,33 |
| **M-2** | 50,51 | 88,38 | 138,89 | 98,00 | 0,71 |
| **MP-3** | 81,22 | - | 81,22 | 114,17 | 1,41 |
| **MP-4** | 91,43 |  | 91,43 | 103,33 | 1,13 |
| **M-3** | 41,03 | 35,90 | 76,92 | 115,00 | 1,50 |
| **M-4** | 42,78 | 74,87 | 117,65 | 97,00 | 0,82 |

***Tabla2:*** *Relación agua-cemento de la serie fina (Árido ≤ 2,38mm).*

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Nomenclatura** | **Cemento P-35**  **(g)** | **LC2**  **(g)** | **Total**  **(g)** | **Agua**  **(ml)** | **Relación a/c** |
| **MP-1** | 97,85 | - | 97,85 | 141,67 | 1,45 |
| **MP-2** | 113,06 | - | 113,06 | 111,67 | 0,99 |
| **M-1** | 49,53 | 43,34 | 92,87 | 136,67 | 1,47 |
| **M-2** | 52,11 | 91,19 | 143,30 | 115,00 | 0,80 |
| **MP-3** | 83,81 | - | 83,81 | 126,67 | 1,51 |
| **MP-4** | 94,73 | - | 94,73 | 109,17 | 1,15 |
| **M-3** | 42,35 | 37,06 | 79,41 | 126,67 | 1,60 |
| **M-4** | 44,22 | 77,39 | 121,61 | 112,50 | 0,93 |

La relación a/c de las muestras de la seria fina es superior a la de las muestras de la serie gruesa. En ambas series, las muestras M1 y M3, con cierto contenido de cal, presentan una mayor relación a/c, a su vez estos valores son superiores a los de las muestras patrón MP1 y MP3, respectivamente. (tabla1) (tabla2).

En el caso de las muestras M2 y M4, cuyo contenido de LC2 supera en 0,5 al de las muestras M1 y M3, sucede a la inversa, la relación a/c es inferior a la de las muestras patrón MP2 y MP4, respectivamente. (tabla1) (tabla2).

**7.Análisis de resultados de la resistencia mecánica de los morteros**

Resistencia a flexión y compresión. NC 173:2002 *Mortero endurecido. Determinación de la resistencia a flexión y compresión*

El ensayo de la resistencia a flexo-compresión se ejecutó siguiendo los pasos según la normativa NC 173:2002 *Mortero endurecido. Determinación de la resistencia a flexión y compresión.* El procedimiento para su cálculo se establece en la norma cubana de cemento NC 506:2013 *Cemento Hidráulico-Método de ensayo-Determinación de la resistencia.(tabla3) Y (tabla4).*

***Tabla3*** *Resistencia a flexión y compresión de la serie fino (Árido ≤ 2,38 mm) y serie Gruesa (Árido ≤ 4,76mm) a los 7 días.*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Resistencia a flexión y compresión de la serie fino (Árido ≤ 2,38 mm) a los 7 días.*** | | |  | ***Resistencia a flexión y compresión de la serie gruesa (Árido ≤ 4,76mm) los 7 días.*** | | |
| Nomenclatura | Resistencia a flexión  ( MPa) | Resistencia a Compresión  (MPa) |  | Nomenclatura | Resistencia a flexión  ( MPa) | Resistencia a Compresión  (MPa) |
| MP-1 | 1.562 | 3.541 | MP-1 | 1,404 | 2,333 |
| MP-2 | 2.656 | 6.25 | MP-2 | 1,875 | 3,125 |
| M-1 | 1.445 | 2.458 | M-1 | 1,404 | 1,875 |
| M-2 | 3.632 | 9.041 | M-2 | 2,343 | 6,25 |
| MP-3 | 1.718 | 2.708 | MP-3 | 1,25 | 1,958 |
| MP-4 | 2.421 | 5.041 | MP-4 | 1,562 | 1,916 |
| M-3 | 1.835 | 2.208 | M-3 | 1,25 | 1,791 |
| M-4 | 2.421 | 5.583 | M-4 | 1,875 | 3,583 |
|  |  |  |  |  |  |  |

***Tabla 4:*** *Resistencia a flexión y compresión de la serie fino (Árido ≤ 2,38 mm) y serie Gruesa (Árido ≤ 4,76mm) a los 28 días.*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***Resistencia a flexión y compresión de la serie fino (Árido ≤ 2,38 mm) a los 28 días.*** | | |  | ***Resistencia a flexión y compresión de la serie gruesa (Árido ≤ 4,76mm) los 28 días.*** | | |
| Nomenclatura | Resistencia a flexión  ( MPa) | Resistencia a Compresión  (MPa) |  | Nomenclatura | Resistencia a flexión  ( MPa) | Resistencia a Compresión  (MPa) |
| MP-1 | 2.969 | 5.333 | MP-1 | 2,5 | 5,080 |
| MP-2 | 4.375 | 9.000 | MP-2 | 3,125 | 6,247 |
| M-1 | 2.031 | 4.417 | M-1 | 2,188 | 4,120 |
| M-2 | 4.844 | 14.992 | M-2 | 3,516 | 8,163 |
| MP-3 | 1.719 | 7.033 | MP-3 | 2,188 | 4,873 |
| MP-4 | 2.500 | 7.542 | MP-4 | 2,5 | 4,290 |
| M-3 | 2.188 | 3.767 | M-3 | 1,719 | 3,207 |
| M-4 | 2.969 | 7.833 | M-4 | 2,657 | 5,163 |
|  |  |  |  |  |  |  |

**7.1Análisis de resultados de la resistencia mecánica de los morteros**

La resistencia a flexión y compresión de los morteros de albañilería se determinó a la edad de 7 y 28 días días. Para la realización del ensayo se utilizó un molde de 3 probetas de 40 x 40 x 160 mm, por cada muestra en las Tablas 3 y 4 anteriores se presentan los resultados de las resistencias medias a flexión y compresión por serie de mortero.(tabla3) y (tabla 4). (Gráficos 1.2.3.4.5.6.7.8).

En las tablas y gráficos se puede observar que las muestras M1 (proporciones: 0,5 cemento, 0,5 LC2, 4 árido, 1 cal) y M3 (proporciones: 0,5 cemento, 0,5 LC2, 5 árido, 1 cal) presentan valores de resistencia menores que las muestras patrón, mientras que las muestras M2 (proporciones: 0,5 cemento, 1 LC2, 4 árido, 0 cal) y M4 (proporciones: 0,5 cemento, 1 LC2, 5 árido, 0 cal) alcanzan valores de resistencia superiores a las muestras patrón. a la edad de 7 y 28 días es válido destacar que las muestras M2 y M4 de la serie fina y la muestra M2 de la serie gruesa sobrepasan los **5.2 MPa** que establece la NC 175:2018 *Morteros de albañilería Especificaciones* para morteros tipo III a los 28 días.(tabla 3) y( tabla 4). (Gráficos 1.2.3.4.5.6.7.8).

**Comportamiento de la resistencia a flexión a los 7 días para las series de morteros tipo III.ok**

**Grafico 1:** resistencia a flexión de la serie fina (Árido ≤ 2,38mm) .**Comportamiento de la resistencia a flexión a los 7 días para las series de morteros tipo III.**

**Grafico2*:*** *resistencia a flexión de la serie gruesa (Árido ≤ 4,76mm)*

**Comportamiento de la resistencia a compresión a los 7 días para las series de morteros tipo III.**

***Grafico3:*** *resistencia a compresión de la serie fina (Árido ≤ 2,38mm).*

**Comportamiento de la resistencia a compresión a los 7 días para las series de morteros tipo III.**

***Gráfico 4:*** *resistencia a compresión de la serie gruesa (Árido ≤ 4,76mm).*

**Comportamiento de la resistencia a flexión a los 28 días para las series de morteros tipo III.**

**Gráfico5:** resistencia a flexión de la serie fina (Árido ≤ 2,38mm).

**Comportamiento de la resistencia a flexión los 28 días para las series de morteros tipo III.**

***Gráfico 6:*** *resistencia a flexión de la serie gruesa (Árido ≤ 4,76mm).*

**Comportamiento de la resistencia a compresión a los 28 días para las series de morteros tipo III.**

***Gráfico7:*** *resistencia a compresión de la serie fina (Árido ≤ 2,38mm).*

**Comportamiento de la resistencia a compresión a los 28 días para las series de morteros tipo III.**

***Gráfico 8:*** *resistencia a compresión de la serie gruesa (Árido ≤ 4,76mm)*

**8.Análisis de los resultados de la absorción de agua por capilaridad en los morteros.**

**Tabla 5:** Absorción por Capilaridad Serie Fino g/cm2=g.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Muestras (Serie fino)** | **4horas** | **8horas** | **1día** | **3días** | **5días** | **7días** |
| **M1** | 1.406 | 1.448 | 1.479 | 1.813 | 1.875 | 2.042 |
| **M2** | 1.073 | 1.115 | 1.56 | 1.625 | 1.760 | 1.896 |
| **M3** | 1.396 | 1.438 | 1.469 | 1.865 | 2.031 | 2.171 |
| **M4** | 1.260 | 1.313 | 1.354 | 1.583 | 1.875 | 1.990 |
| **MP1** | 1.354 | 1.396 | 1.427 | 1.698 | 1.875 | 1.948 |
| **MP2** | 1.135 | 1.156 | 1.198 | 1.594 | 1.688 | 1.760 |
| **MP3** | 1.354 | 1.417 | 1.448 | 1.615 | 1.958 | 2.021 |
| **MP4** | 1.354 | 1.417 | 1.448 | 1.615 | 1.958 | 2.021 |

**Análisis de los resultados de la absorción de agua por capilaridad en los morteros.**

**Tabla 6** Absorción por Capilaridad Serie Grueso g/cm2=g.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Muestras (Serie fino)** | **4horas** | **8horas** | **1día** | **3días** | **5días** | **7días** |
| **M1** | 1,240 | 1,240 | 1,302 | 1,552 | 1,813 | 2,229 |
| **M2** | 1,052 | 1,115 | 1,240 | 1,375 | 1,677 | 2,052 |
| **M3** | 1,271 | 1,302 | 1,354 | 1,427 | 2,115 | 2,358 |
| **M4** | 1,250 | 1,281 | 1,323 | 1,406 | 1,969 | 2,244 |
| **MP1** | 1,302 | 1,333 | 1,344 | 1,552 | 2,042 | 2,292 |
| **MP2** | 1,604 | 1,677 | 1,698 | 1.750 | 2,198 | 2,417 |
| **MP3** | 1,188 | 1,240 | 1,260 | 1,385 | 1,865 | 2,219 |
| **MP4** | 1,208 | 1,250 | 1,302 | 1.396 | 1,719 | 2,250 |

***Gráfico 9***  *absorción de agua por capilaridad serie fina.*

***Gráfico10*** *absorción de agua por capilaridad serie gruesa.*



**Figura 2** ensayo de absorción de agua por capilaridad.

**8.1Resultados del ensayo de absorción de agua por capilaridad.**

El ensayo de absorción de agua por capilaridad fue realizado después de los 28 días de curado, para el mismo se colocaron 3 probetas prismáticas de 40x40x160cm por cada serie de mortero lo que da un total de 6 probetas prismáticas las cuales se pesaron consecutivamente en las edades exigidas por las normativas vigentes (4h, 8h, 1d, 3d, 5d y 7d) obteniendo los resultados siguientes. Como se evidencia en el grafico del mortero grueso los valores de la muestra patrón MP (1.2.4) son mayor que los valores de la serie M (1.2.4), solo en la muestra patrón MP3 (proporciones. Cemento 1 arena 5, cal 1) es menor que en la serie M3 (proporciones: cemento 0,5 y LC2 0.5, arena 5 cal 1). En el grafio del mortero fino los valores de la serie M (1.2.3.4) son mayores que la muestras patrón MP(1.2.3.4), los mayores valores los obtienen las muestras M1 y M3con una dosificación de: M1 (proporciones: cemento 0.5, LC2 0.5 arena 4 cal 1) y M3 (proporciones: cemento 0.5, LC2 0.5 arena 5 cal 1) los mayores valores en las muestra patrón lo alcanzaron MP1 (proporciones: cemento 1, árido 4 y cal 1) y MP3 (proporciones: cemento 1, árido 5 y cal 1) se puede observar que los mayores resultados en la absorción de agua por capilaridad lo alcanzan las muestra cuya dosificación presentan cal.(tabla5) y (tabla6) (gráficos 9y 10).

**9.Resultados del ensayo resistencia a la Adherencia por tracción.**

**Tabla7**: ensayo Resistencia a la adherencia por tracción.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de Chapilla** | | **Diámetro o**  **Dimensiones**  **(mm)** | | | **Área**  **(mm2)** | **Tipo de**  **Adhesivo**  **(pegamento)** | **Cantidad**  **de**  **chapillas** | **Tipo de Curado** | **Preparado**  **por el**  **Laboratorio** | |
| **Circular** | Cuadrada | 50 | 60 | Otros | 1962mm2 | Resina Epóxica | 4 |  | SI | NO |
|  |  |  |  |  |  |  |  | X |  |

**Tabla 8:** valores del ensayo realizado a las muestras fina y gruesa de la Resistencia a la adherencia por tracción.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Muestras**  **(Serie Gruesa)** | **Resistencia a la Adherencia**  **(Mpa).** | **Resultados** | | |
| **Media**  **(Mpa)** | **Máximo**  **(Mpa)** | **Mínimo**  **(Mpa)** |
| **MP-1.2.3.4** | **0.25, 0.42, 0.37, 0.45** | **0.37** | **0.45** | **0.25** |
| **M-1.2.3.4** | **0.27, 0.62, 0.43, 0.57** | **0.38** | **0.57** | **0.27** |
| **Muestras**  **(Serie Fina)** |  |  |  |  |
| **MP-1.2.3.4** | **0.56, 0.48, 0.35, 0.30** | **0.42** | **0.56** | **0.30** |
| **M-1.2.3.4** | **0.54, 0.45, 0.47, 0.24** | **0.43** | **0.54** | **0.24** |

**Grafico 11:** valores de las series fina y gruesa de la Resistencia a la adherencia por tracción.

 

**Figura 3:** ensayo Resistencia a la adherencia por tracción.

**9.1 Resultados del ensayo Resistencia a la adherencia por tracción.**

El ensayo de adherencia fue preparado en el laboratorio en una placa de hormigón. Se realizó con seis muestras por ensayo. Cada muestra separada de la próxima en no menos de 50 mm, para que no interfiera la realización del mismo. Para la unión de la chapilla metálica al mortero de revestimiento se usó resina epoxi. En el grafico se pueden observar los resultados obtenidos por el ensayo de la adherencia por tracción en la serie del mortero grueso y mortero fino, en los resultados del mortero grueso se puede observar q los valores de la muestra M(1.2.3.4) son superior a los valores de la muestra patrón MP(1.2.3.4) se puede afirmar que ambos ensayos cumplen con lo establecido en la NC-175:2018 Morteros de albañilería – Especificaciones tabla 1.1 clasificación de los morteros por resistencia a la adherencia por tracción mortero tipo II, de 0. 20 - 0.80 pero no cumplen con el mortero tipo III (tabla7) y (Tabla8) (grafico 11)(figura 3).

**10.Conclusiones generales.**

1. A partir la bibliografía consultada I, es posible concluir que el empleo de la adición de arcilla calcinada-caliza-yeso (LC2) en sustitución de un porciento de cemento Portland Ordinario resulta una alternativa de producción más ecológica.

2. Teniendo en cuenta que la investigación se centra en mejorar la resistencia de los morteros tipo III atendiendo a las dosificaciones establecidas en la NC 175: 2018 *Morteros de Albañilería. Especificaciones,* se recomienda utilizar las proporciones que sustituyen 0,5 de cemento P-35 por 1 LC2 (M2: *0.5 de cemento P-35, 1 de LC2, 4 de árido, 0 cal* yM4: *0.5 de cemento P-35, 1 de LC2, 5 de árido, 0 cal*), pues las muestras con esta dosificación alcanzan mayores valores de resistencia a compresión respecto a las muestras de referencia.

3. En los ensayos de la adherencia por tracción y absorción de agua por capilaridad, no cumplen con lo establecido en la NC 175: 2018 *Morteros de Albañilería. Especificaciones tipo III. Aunque es de destacar que cumple con lo establecido para mortero de tipo III.*

4. Por lo que se puede confirmar que el uso de arcillas calcinadas como material cementicio suplementario proporciona mejoras en la resistencia mecánica de los morteros.

**11.Recomendaciones**

Ampliar el estudio del comportamiento de la adición de LC2en morteros de revestimiento en la línea de durabilidad, específicamente ante el fenómeno de la cristalización de sales.

**12.Referencia Bibliográfica**

ALUJAS, A., FERNÁNDEZ, R., MARTIRENA, J. F. & QUINTANA, R. 2010b. Empleo de arcillas caoliníticas de bajo grado activadas térmicamente como una alternativa para el reemplazo parcial de cemento Pórtland *Revista CENIC***,** 41, 1-10.

ALUJAS, A. 2010a. RE: Obtención de un material puzolánico de alta reactividad a partir de la activación térmica de una fracción arcillosa multicomponente.

ÁLVAREZ, C. 2014. Evaluación de las propiedades de los morteros de albañilería elaborados con cemento de bajo carbono (CBC). .

ALVAREZ, C. J. L. 2011. Morteros de albañilería.

ÁLVAREZ, G. 2011. Morteros de albañilería, Antecedentes, clasificación, materiales, métodos de ensayos y tablas de resultados.

MARTIRENA, J. F. 2003. "Una alternativa ambientalmente compatible para disminuir el consumo de aglomerante de clínker de cemento Pórtland: el aglomerante cal puzolana como adición mineral activa".

MARTIRENA, J. F. 2015. La producción local del cemento de bajo carbono LC3. Primer taller regional de capacitación en la producción local del cemento de bajo carbono LC3.

-NC 169:2002 Mortero fresco. Determinación de la capacidad de retención de agua.

-NC 170: 2002 Mortero fresco. Determinación de la consistencia en la mesa de sacudidas.

-NC 171:2002 Morteros de albañilería. Determinación de la absorción de agua por capilaridad.

-NC 172:2002 Mortero endurecido. Determinación de la resistencia a la adherencia por tracción.

-NC 173:2002 Mortero endurecido. Determinación de la resistencia a flexión y compresión.

-NC 175:2018 Morteros de albañilería. Especificaciones.

-NC 567:2007. Mortero seco en polvo. Determinación de la densidad aparente.

-NC 601:2008. Morteros de albañilería. Determinación de la densidad aparente del mortero fresco (EN 1015-6:1999, MOD).

-NC 657:2008 Áridos para morteros. Especificaciones.

-NC 791:2010. Código de buenas prácticas sobre la preparación, dosificación, mezclado y colocación de los morteros de albañilería.

-NC-EN 1015-10:2008. Morteros de albañilería. Determinación de la densidad aparente en seco del mortero endurecido (EN 1015-10:1999, IDT).

ÁLVAREZ, C. 2014. Evaluación de las propiedades de los morteros de albañilería elaborados con cemento de bajo carbono (CBC).

ALVAREZ, C. J. L. 2011. Morteros de albañilería.

ÁLVAREZ, G. 2011. Morteros de albañilería, Antecedentes, clasificación, materiales, métodos de ensayos y tablas de resultados.