

# Morteros pigmentados con elevada impermeabilización para su uso en acabados

Pigmented mortars with high waterproofing for use in finishes

H. L. Calambás-Pulgarin ; J.E. Díaz-Rosero 

DOI: <https://doi.org/10.22517/23447214.25298>

Artículo de investigación científica y tecnológica

**Abstract**— In the present study, the development of pigmented cement mortar for outdoor applications, aiming to replace traditional finishes, especially in pool settings, was investigated. The study used the properties of workability, particle size, and strength from a commercial sample (CS) as a reference, complying with regulations for pool finishes. In the initial stage, the additive/binder (A/B) and water/cement (W/C) ratios were varied to achieve workability similar to the CS reference. Compression strength and porosity were evaluated as response variables according to ASTM C642 standards at 1, 7, and 28 days of curing. In a subsequent stage, the aggregate/cement ratio was reduced to enhance mechanical performance and reduce porosity. Additionally, colorants were introduced, and compression strength at 1, 7, and 28 days, three-point flexural strength, and the percentage of permeable pores at 28 days were assessed. Pigmented mortars exhibited compressive strengths exceeding 35 MPa, flexural strengths exceeding 5 MPa, and a volume percentage of pores below 8% after 28 days of curing.

**Index Terms**— Absorption, compression, impermeability, mortars, porosity, resistance,

**Resumen**— En el presente estudio se investigó el desarrollo de un mortero de cemento pigmentado, para su uso en aplicaciones de exteriores que reemplacen acabados tradicionales especialmente en piscinas. Para el desarrollo del estudio, se tomó como referencia las propiedades de trabajabilidad, tamaño de partícula y resistencia de una muestra comercial (MC) que cumple con la normativa para acabados de piscina. En una primera etapa, se varió la relación aditivo/cementante (A/C) y agua/cemento hasta obtener una trabajabilidad similar a la muestra de referencia MC. Como variables de respuesta, se evaluó la resistencia a la compresión y la porosidad según la norma ASTM C642 a 1, 7 y 28 días de curado. En una segunda etapa del estudio se redujo la relación agregado/cemento con el objetivo de obtener un material con mejor desempeño mecánico y con baja porosidad. Adicionalmente, se incorporaron colorantes y se evaluó la resistencia a la compresión a 1, 7 y 28 días, resistencia a flexión a tres puntos y el porcentaje de poros permeables a 28 días. Morteros pigmentados con resistencias superiores a 35 MPa a compresión, 5 MPa a flexión y porcentaje de volumen de poros inferiores a 8% después de 28 días de curado

Este manuscrito fue sometido el 24 de marzo de 2023, aceptado el 18 de septiembre de 2023 y publicado el 15 de diciembre de 2023.

Este trabajo fue desarrollado en Tecnoparque nodo Cali y en el departamento de I+D+I del centro ASTIN, pertenecientes al Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA.

H. L. Calambás-Pulgarin, Grupo de Investigación en Desarrollo de Materiales y Productos, Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria (ASTIN), SENA, Cali 760003, Colombia; Grupo de Innovación y Desarrollo

**Palabras claves**— Absorción, compresión, impermeabilidad, mortero, porosidad, resistencia.

## I. INTRODUCTION

ACTUALMENTE la industria de la construcción viene en crecimiento al igual que los materiales e insumos requeridos para su desarrollo. Con el fin de optimizar los procesos de fabricación del concreto o morteros y mejora de los materiales para construcción, se han desarrollado diferentes tipos de aditivos que se agregan al concreto en la etapa de mezclado para modificar algunas de las propiedades de la mezcla. La finalidad de estos aditivos es producir excelentes comportamientos de los concretos con relaciones bajas de agua/cemento. [1] Entre los aditivos para concreto de mayor impacto se encuentran los plastificantes y superplastificantes, los cuales permiten aumentar la manejabilidad de las pastas de cemento y por lo tanto la del concreto. Este incremento en la manejabilidad hace posible disminuir el contenido de agua y de cemento manteniendo la fluidez del material y su resistencia. Por lo tanto, la principal función de un aditivo es mejorar las propiedades de la pasta cementante, permitiendo ahorrar materiales y manteniendo la fluidez del material, sin afectar su resistencia final [2].

Por otra parte, en los últimos años ha aumentado la tendencia a utilizar las superficies del mortero a la vista como elemento de terminación, desarrollándose tratamientos y técnicas especiales para el concreto arquitectónico, donde se busca diseño, belleza y durabilidad a través de formas, colores, acabados y texturas de superficie, sin afectar sus características mecánicas y estructurales [3].

Un elemento que aporta factores diferenciadores muy apreciables es el color [4]. Por lo tanto, a través de este trabajo se busca desarrollar un mortero pigmentado, que cumpla con los requerimientos en cuanto a propiedades físicas y estructurales, manejabilidad y fácil aplicación. Por lo tanto, inicialmente se estudió el comportamiento de los morteros con diferentes porcentajes de aditivo para definir las condiciones adecuadas de conformado a partir de las propiedades mecánicas

de Productos y Procesos – IDEPP, FAORA LABS, A&S Consultoría y Suministros S.A.S, Cali, Colombia (hlcalambas@misena.edu.co)

J.E. Díaz-Rosero, Grupo de Investigación en Desarrollo de Materiales y Productos, Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria (ASTIN), SENA, Cali 760003, Colombia; (jhersondiaz@hotmail.com)



y del criterio económico. Una vez definidas las condiciones óptimas se buscó reducir la porosidad y agregar color al cemento para mejorar sus propiedades y características.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Materiales

Para la elaboración de las mezclas, se utilizó un cemento blanco de uso concretero marca Argos con elevada resistencia inicial según con norma ASTM C 109 [5]. Como agregado, se utilizó un material particulado rico en cuarzo, con un índice de finura de 3,53 y tamaño máximo de 4,75 mm (Tamiz No. 4).

En la segunda etapa se utilizaron pigmentos inorgánicos a base de óxido de hierro (negro) y aluminato de cobalto (Azul).

### B. Métodos

#### 1) Obtención de los morteros

TABLA I.

RELACIÓN AGUA/CEMENTANTE Y ADITIVO/CEMENTANTE PARA LA OBTENCIÓN DE LOS MORTEROS

MUESTRA	RELACIÓN AGUA/CEMENTANTE	RELACIÓN ADITIVO/CEMENTANTE
MC	0,40	Desconocido
M1	0,40	0,05
M2	0,35	0,3
M3	0,30	0,5

En la primera fase del trabajo (Tabla I), se estudió la relación, aditivo/cemento en los morteros, utilizando una muestra comercial de referencia (MC) y 3 muestras experimentales (M1, M2 y M3).

Considerando que, en MC por ser de tipo comercial se desconoce el tipo y cantidad de aditivo empleado durante la producción del cemento (Tabla I), para la preparación de las muestras experimentales se varió el porcentaje de aditivo de tipo policarboxílico con el que se desarrollaron los morteros, manteniendo constante en todas las muestras la relación agregado/cemento (1,7).

Por otra parte, la relación agua/cementante (a/c) se modificó, para obtener una trabajabilidad similar en todos los morteros, buscando la obtención de una pasta fluida. Lo cual permitió presentar valores de relación a/c relativamente bajos ( $a/c < 50$ ), teniendo en cuenta que otros autores han demostrado que bajos valores de relaciones a/c limitan la formación de poros y mejoran las propiedades mecánicas. [6]

En la segunda fase, se adicionó color en los morteros, para la obtención de los morteros pigmentados, de acuerdo con las condiciones presentadas en la tabla II.

TABLA II

RELACIÓN PIGMENTO/CEMENTO Y AGUA/(CEMENTO+PIGMENTO) PARA LA OBTENCIÓN DE LOS MORTEROS PIGMENTADOS

MUESTRA	COLOR	Relación PIGM*/cemento	Relación AGUA/CEM**
P1	Sin Color	0	0,20
P2	AZUL	3	0,20
P3	AZUL	10	0,20
P4	NEGRO	3	0,20
P5	NEGRO	10	0,20

\* PIGM: pigmento

\* CEM: cemento + pigmento

En este caso se utilizó la menor relación aditivo/cementante que corresponde a 0.05 (tabla I) y la proporción agua/cemento se redujo a 0.20 con el fin de disminuir la porosidad de los morteros [6]. Mientras que la relación, agregado/cemento, se mantiene constante respecto a la primera fase 1 (1.7).

El proceso de mezclado se realizó de manera análoga a los morteros tradicionales, siguiendo las indicaciones de la norma NTC 112-2021 [7]: se vierte el agua en el recipiente de la mezcladora, se agrega el cemento y se mezcla en velocidad lenta por 30 segundos, verter la arena durante 30 segundos, luego, 30 segundos a velocidad media, detener por 90 segundos y en los primeros 15 raspar el material de las paredes, finalmente, mezcla rápida por 60 segundos.

La mezcla obtenida fue llevada a moldes cilíndricos de 30 mm de diámetro por 60 mm de altura. Posteriormente se fragua a temperatura ambiente por 24 horas y se curan en agua durante los tiempos establecidos para su caracterización.

En el caso de los morteros pigmentados de la fase 2, se mezcló previamente el pigmento con el cemento y se procedió de la misma forma que en la fase 1, obteniendo morteros como se muestra en la Fig. 1, que son piezas prismáticas de 100 x 25 x 25 cm. Adicionalmente se obtuvieron muestras cilíndricas.



Fig. 1. Muestras de morteros pigmentados. de izquierda a derecha: sin pigmento, con pigmento azul y con pigmento negro

#### 2) Caracterización de los morteros

Se realizó caracterización física de los morteros después del respectivo curado a cada edad, a continuación, se describen las técnicas utilizadas en este estudio:

##### i) Volumen de poros permeables

Se aplicó la norma ASTM C642 [8] para la determinación de características de absorción, porosidad y densidad de los morteros, básicamente consiste en tomar cuatro pesos: seco, después de inmersión en agua por 48 horas, después de hervir y peso en agua. Con estos pesos se aplican ecuaciones descritas en dicha norma, para calcular las propiedades en mención.

##### ii) Resistencia a la compresión

Fue evaluada la resistencia a la compresión a 1, 7 y 28 días de curado en una Máquina Universal de ensayos mecánicos marca HUNG TA, modelo: HT- 2402 con una celda de 100 kN, con certificado de calibración 12852 expedido por ICCLAB.

iii) **Resistencia a la flexión**

En los morteros pigmentados, se evaluó la resistencia a la flexión a tres puntos, usando una maquina Universal marca HUNG TA, modelo: HT- 2402 con una celda de 5 kN, con certificado de calibración 12852 expedido por ICCLAB a una velocidad de 1 mm/min. Para evaluar la resistencia se usa:

$$R_f = \frac{3FL}{2bh^2} \tag{1}$$

Donde,

$R_f$  es la resistencia a la flexión

F la carga máxima soportada por la probeta

L, la distancia entre los soportes

b el ancho de la probeta

h la altura de la probeta.

iv) **Microscopía electrónica de Barrido SEM**

Las superficies de los morteros obtenidos fueron lijadas y pulidas. Estas superficies se recubrieron con una fina capa de oro, para ser observadas utilizando un microscopio electrónico de barrido (SEM) JEOL, JCM 50000 (Tokio, Japón), a un voltaje de 10 kV, y alto vacío, observado con un aumento de 200X y 3000X.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A) *Fase I: Efecto de la relación aditivo/cemento en el concreto*

1) **Resistencia a la compresión**

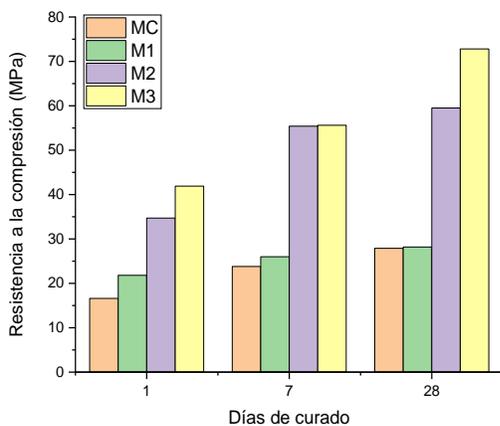


Fig. 2. Resistencia a la compresión de morteros a 1, 7 y 28 días curado.

En la Fig. 2 se presenta la resistencia a compresión a diferentes tiempos de curado para los morteros denominados MC, M1, M2 y M3, donde se observa que, en general las muestras experimentales presentan mayor resistencia que la muestra comercial para todas las edades de curado. Se observa que a medida que aumenta la cantidad de aditivo se incrementa la resistencia a la compresión, alcanzando en algunos casos, resistencias superiores al doble de la muestra comercial. Este

incremento de la resistencia con un aditivo orgánico fue observado también por Jayasingh y colaboradores [9], donde se presentan aumentos entre 2 y 10% respecto a la resistencia a la compresión sin aditivo debido a la aceleración en la conversión de portlandita a calcita, por la carbonatación que genera la presencia orgánica del aditivo [9].

La mayor resistencia a la compresión se obtiene para la muestra M3 a 28 días de curado (72 MPa), debido a la mayor presencia del aditivo y al tiempo de curado, debido a que el aditivo almacena agua en la etapa inicial de hidratación y la libera durante la etapa posterior promoviendo la hidratación a tiempos mayores de curado, mejorando la resistencia a la compresión y evitando el agrietamiento de los morteros [10]. Esta muestra (M3) presenta un aumento lineal con el tiempo de curado incrementándose en un 74% la resistencia a la compresión desde el día 1 al 28.

Por otra parte, las muestras MC, M1 y M2, el mayor incremento en la resistencia a la compresión se presenta entre 1 y 7 días de curado.

2) **Volumen de poros permeables**

La relación entre la porosidad y el tiempo de curado para las muestras MC, M1, M2 y M3 se presentan en la Fig. 3.

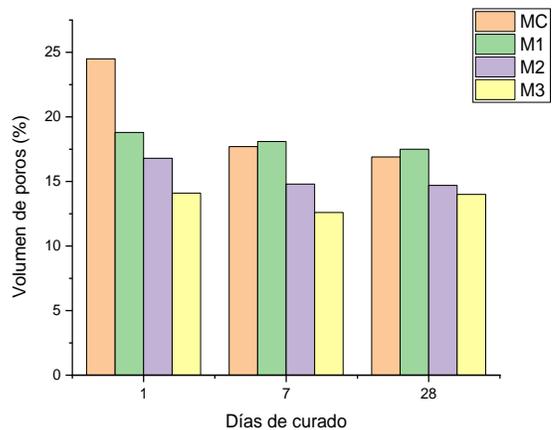


Fig. 3. Porcentaje de poros permeables de los morteros a 1, 7, y 28 días de curado.

En general, se observa que a medida que aumenta la relación aditivo/cemento en las muestras experimentales, disminuye el porcentaje de poros permeables a las diferentes edades de curado [9]. Por otra parte, se puede observar que las muestras experimentales presentan una menor porosidad después de un día de curado con relación a la muestra comercial.

En todos los casos, entre el día 1 y 7 de curado se presenta una disminución considerable de la porosidad, para la muestra MC (27%), M1 (9%), M2 (12%) y M3 (2%). Mientras que entre el día 7 y el 28 de curado, no se evidencia una reducción significativa en el porcentaje de poros permeables en las muestras [11].

Se evaluó la densidad de los morteros, y oscila entre valores de 2,35 a 2,42 g/cm<sup>3</sup>, lo que está en concordancia con la densidad típica de un mortero convencional que se encuentra entre 2,2 y 2,5 g/cm<sup>3</sup> [12].

Como se puede evidenciar, la porosidad depende de la

relación aditivo/cementante y la relación agua/cementante (Liu et al. 2020). Por tal razón en la fase dos se opta por trabajar con la menor relación aditivo cementante, ya que se obtienen propiedades similares e incluso superiores a las presentadas por la muestra comercial, además que representa un menor costo en materias primas aportando así a la economía del sector. Por otra parte, se disminuye la relación agua /cemento con el fin de obtener un concreto con mayores propiedades impermeabilizantes y con una menor cantidad de poros.

### 3) Microscopía electrónica de Barrido SEM

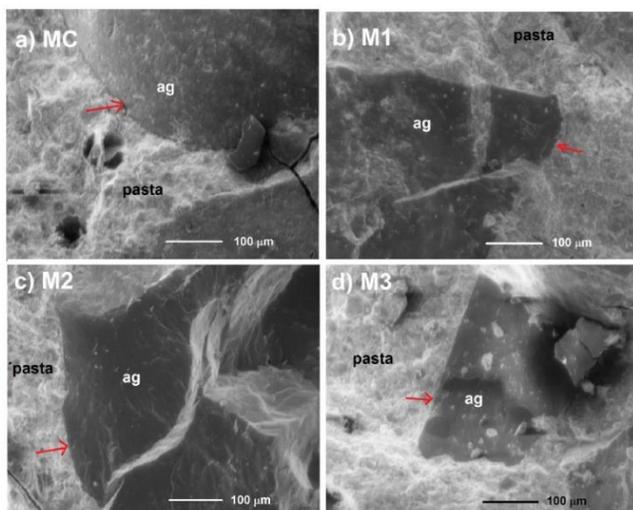


Fig. 4. Micrografías SEM a 200X de los microconcretos a 28 días de curado, a) MC, b) M1, c) M2 y d) M3.

Mediante microscopía electrónica de barrido, se analizó la microestructura de las muestras (a) MC, (b) M1, (c) M2, y (d) M3 a 28 días de curado. En la muestra MC (Fig. 4.a) se observa la formación de poros, lo cual es consecuente con el estudio de porosidad realizado, donde MC presenta los más altos valores de porosidad, adicionalmente en esta micrografía se puede evidenciar que la interfase entre la matriz cementante (pasta) y el agregado (ag) no es continua, lo cual se atribuye a que estas muestras contienen agregados redondeados y lisos, lo que conlleva a obtener una buena trabajabilidad, pero con una interface débil [13]. Las imágenes SEM de las muestras experimentales M1, M2 y M3 (Fig. 4 (b), (c) y (d) respectivamente) evidencian una interfase continua, sin límites definidos entre la matriz cementante y el agregado, proporcionando una buena interacción gracias a la forma angular y la superficie rugosa de sus agregados, lo cual permite que el cemento se adhiera adecuadamente sobre el agregado para iniciar su hidratación. Lo anterior, corrobora lo obtenido por medio de la evaluación de la resistencia a la compresión, donde las muestras experimentales superan a la muestra comercial en todas las edades de curado.

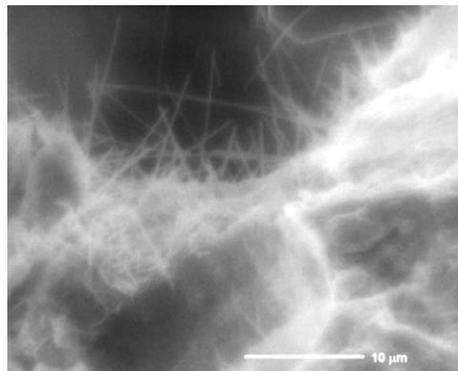


Fig. 5. Micrografía SEM a 3000X de la muestra MC a 28 días de curado.

En la Fig. 5, se presenta la imagen de la muestra comercial MC ampliada a 3000X, donde se puede apreciar unas formas alargadas tipo agujas del orden de nanómetros, las cuales se atribuyen a cadenas de alto peso molecular correspondientes a polímeros de la familia de los policarboxilatos, los cuales presentan estas formas características, como también ha sido reportado por Yang y colaboradores, quienes evaluaron el efecto de un aditivo policarboxílico sintetizado, sobre la química del cemento y sus propiedades [14].

#### B) Fase 2: Efecto del color: morteros pigmentados

Para el desarrollo de esta fase, se tomó como referencia la muestra de mortero M1 (relación aditiva/cementante: 0,05) obtenida en la fase 1. Para lo anterior, se tuvo en cuenta factores técnicos y económicos (menor uso de aditivo cumpliendo la resistencia mínima, dada por la muestra comercial). Para este caso se reduce la relación agua/cemento con el fin de favorecer la densidad del concreto. Posteriormente se adicionaron diferentes pigmentos, y se evaluaron las propiedades mecánicas junto con la porosidad de las muestras, con el objetivo de obtener como producto final los morteros pigmentados.

##### 1) Resistencia a la compresión

Se evaluó a compresión las muestras de los morteros pigmentados (ver Fig. 6), donde P1 es la muestra óptima definida en la primera fase con una relación agua/cemento de 0.2, mientras que P2, P3, P4 y P5 son las muestras con las mismas condiciones y adición de pigmento (ver Tabla II).

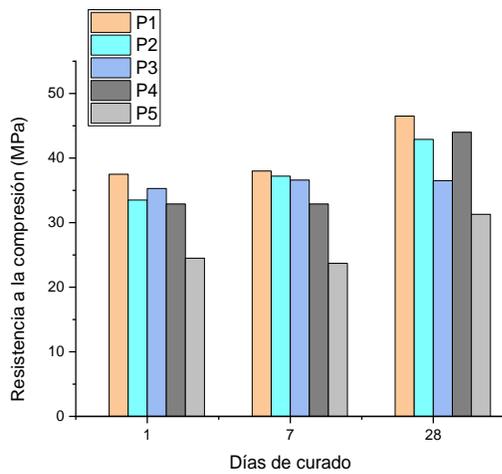


Fig. 6. Resistencia a compresión de muestras con pigmentos, a 1, 7, y 28 días de curado.

En la fig. 6 se puede observar que la adición de pigmentos disminuye la resistencia a la compresión a todos los tiempos de curado. Lo anterior se puede atribuir a que se disminuye la cantidad de cemento ya que se reemplaza por pigmento. Este efecto se hace más evidente a 28 días, donde los morteros con mayor cantidad de pigmento presentan menor resistencia. Los morteros de color negro P5 presentan un detrimento de la resistencia en todas las edades respecto al de color azul con la misma cantidad de pigmento (P3), esto puede atribuirse a que el óxido de hierro que compone el pigmento negro, afectó negativamente las reacciones de hidratación del cemento.

2) *Volumen de poros permeables*

El volumen de poros permeables fue medido para las muestras pigmentadas a 1, 7 y 28 días de curado, donde se puede evidenciar (Fig. 7) que el mayor contenido de color azul y negro, propicia la formación de poros en el microconcreto.

Aunque otros autores han reportado disminución en la porosidad con la adición del pigmento, considerando que este actúa como filler, rellenando los espacios en el concreto [15], sin embargo en este trabajo se reemplazó cemento por pigmento, reduciendo la cantidad de material susceptible de hidratarse y formar la pasta cementicia que finalmente es la responsable del endurecimiento del mortero.

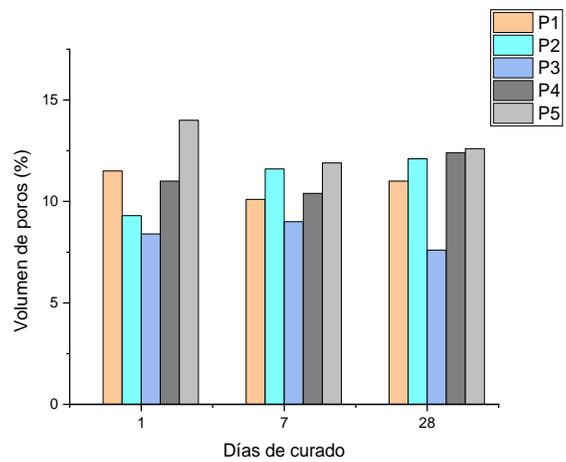


Fig. 7. Porcentaje de poros permeables en los morteros pigmentados a 1, 3 y 28 días de curado.

3) *Resistencia a la flexión*

En la fig. 8 se presenta la gráfica de la resistencia a la flexión de los morteros pigmentados a 28 días. Donde se puede evidenciar que los morteros a relaciones Pigmento/cemento bajas (Tabla II) no afectan la resistencia a flexión. Sin embargo, cuando esta relación aumenta, la resistencia a la flexión se reduce aproximadamente un 15% para ambos pigmentos (azul y negro).

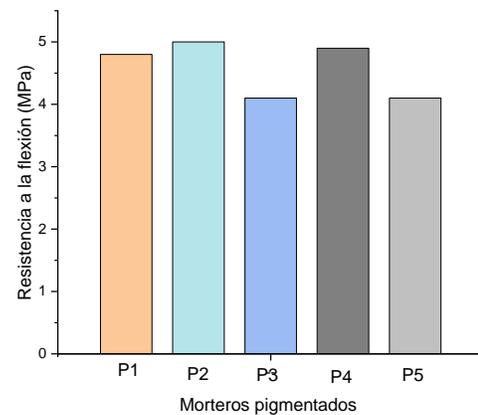


Fig. 8. Resistencia a flexión de los morteros pigmentados a 28 días de curado

IV. CONCLUSIONES

Las muestras experimentales (M1, M2 y M3) obtuvieron mejor resistencia que la muestra comercial (MC) a las diferentes edades de curado, y a medida que aumentó la relación aditivo/cementante se encontró que aumenta también la resistencia a la compresión de las muestras. La relación agua/cementante está relacionada con la porosidad y con la resistencia a la compresión de las muestras, a medida que esta disminuye, disminuye la porosidad y aumenta la resistencia. Según las imágenes SEM, se encontró que las muestras experimentales que poseen agregados angulares y rugosos presentaron una interfase continua y con alta afinidad respecto

a la interfase de la muestra comercial, la cual no presenta buena afinidad debido a que esta posee agregados redondeados y lisos. En la segunda etapa, se obtuvieron morteros pigmentados de elevado desempeño, debido a que se redujo la relación agua/cementante y la relación agregado/cementante; después de 28 días de curado, se alcanzaron resistencias a compresión de hasta 35 MPa, resistencia a flexión mayor a 5 MPa y volumen de poros permeables menor a 8%. Lo anterior indica que se logró obtener morteros pigmentados de alta impermeabilidad y propiedades mecánicas elevadas, lo que los hace idóneos para aplicaciones de acabados, en especial en su uso en piscinas.

#### REFERENCIAS

- [1] E. Gonzalez-Diaz, E. Jaizme-Vega y J. Jubera-Pérez, "Assessment of the Influence of the Effective Water-Cement Ratio on the Workability and Strength of a Commercial Concrete Used for the Construction of Concrete Caissons," *Revista de la Construcción*, vol. 2, n° 17, pp. 231-239, 2018. DOI: 10.7764/RDLC.17.2.231
- [2] J. C. Okah y E. N. J. Amos, "Effect of Aggregate / Cement and Water / Cement Ratios on Concrete Workability," *IIARD International Journal of Geography and Environmental Management*, vol. 4, n° 4, pp. 89-99, 2018.
- [3] P. Mika, "The capabilities of using concrete in sustainable architecture.," de *Conference: International Multidisciplinary Scientific Conferences on Social Sciences & Arts 3-9 September 2014*, BulgariaAt: Bulgaria, 2014. DOI: 10.5593/sgemsocial2014/B41/S15.123
- [4] . M. Utěšená y R. Pernicová, "Color Intensity of Architectural Concrete Depending on the Type of Cement," *Materials Science Forum*, vol. 986, pp. 50-54, 2020. DOI:10.4028/www.scientific.net/MSF.986.50
- [5] ASTM-C109, *Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens)*, ASTM C109/C109M-20, 2020.
- [6] J. Chen, W. Du, G. Zhao, M. Shi y B. Xue, "Effect of Aggregate Size and Water/Cement on Compressive Strength and Physiological Performance of Planting Concrete," *MDPI Materials*, vol. 6685, n° 15, pp. 1-15, 2022. DOI: 10.3390/ma15196685
- [7] NTC-112, *Cementos: mezcla mecánica de pastas y morteros de cemento hidráulico de consistencia plástica*, Bogotá, 2021.
- [8] ASTM-C642, *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*, 2022.
- [9] S. Jayasingh y T. Selvaraj, "Influence of organic additive on carbonation of air lime mortar – changes in mechanical and mineralogical characteristics," *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, vol. 26, n° 3, pp. 1-16, 2020. DOI: 10.1080/19648189.2020.1731716
- [10] W. Xun, C. Wu, X. Leng, J. Li , D. Xin y Y. Li, "Effect of Functional Superplasticizers on Concrete," *MDPI Applied Sciences*, vol. 10, n° 3496, pp. 1-16, 2020. DOI: 10.3390/app10103496
- [11] J. Yoon, H. Kim, S. Sung-Han y S. Pyo, "Characterization of Porous Cementitious Materials Using Microscopic Image Processing and X-ray CT Analysis," *MPDI Mataterials*, vol. 13, n° 3105, pp. 1-16, 2020. DOI: 10.3390/ma13143105
- [12] S. H. Kosmatka, B. Kerkhoff y W. C. Panarese, *Design and Control of Concrete Mixtures*, Skokie Illinois: PCA R&D, 2002.
- [13] A. R. Gangolu y B. Prasad, "Influence of the Roughness of Aggregate Surface on the Interface Bond Strength," *Cement and Concrete Research*, vol. 2, n° 32, p. 253-257. DOI: 10.1016/S0008-8846(01)00668-8
- [14] J. Yang, G. Li, W. Yang y J. Guan, "Effect of Polycarboxylic Grinding Aid on Cement Chemistry and Properties," *Polymers*, vol. 14, n° 3905, pp. 1-11, 2022. DOI:10.3390/polym14183905
- [15] J. J. Assaad, M. Mata y J. Saade, "Effect of pigments on bond strength between coloured concrete and steel reinforcement," *Acta Polytechnica*, vol. 62, pp. 248-261, 2022. DOI: 10.14311/AP.2022.62.0248

**Heidy Lorena Calambás Pulgarín**, nació en Silvia, Cauca, Colombia. Recibió el título de pregrado como Ingeniera Física de la Universidad del Cauca, en Popayán, Colombia. Fue becaria doctoral del Centro de Tecnología de Recursos Minerales y Cerámica (CETMIC -UNLP) y recibió su título de Doctora en Química de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina.

Entre 2015 y 2020 se desempeñó como experta en la línea de Biotecnología y Nanotecnología en el Tecnoparque nodo Cali, del Centro Nacional de Asistencia Técnica a la Industria ASTIN-SENA regional Valle, asesorando más de 40 proyectos de base tecnológica. Entre 2020 y 2023 ha trabajado en la línea programática de SENNOVA, como Investigadora Experta en el Centro ASTIN realizando actividades de formulación y desarrollo de proyectos en torno al área de nuevos materiales. Autor de más de 10 artículos relacionados con nuevos materiales y aprovechamiento de residuos agroindustriales. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1176-9985>.



**Jherson Eveiro Diaz Rosero**, nació en Cali, Colombia en 1985. Recibió el título de pregrado como Ingeniero de Materiales en el año 2009, en la Universidad del Valle, Cali Colombia. En 2016 recibió el título de Doctor en Ingeniería con énfasis en ingeniería de Materiales en la Universidad del Valle, Cali Colombia. De 2009 a 2016, participó como asistente de investigación en proyectos relacionados con materiales cementantes alternativos basados en subproductos industriales, en el grupo de investigación de Materiales Compuestos GMC, de la Universidad del Valle. De 2013 a 2016 tuvo participación como profesor en calidad de asistente de docencia en el departamento de Ingeniería de Materiales de la Universidad del Valle, en 2016 docente instructor en el centro ASTIN del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. Pasantía postdoctoral en el centro Argos para la Innovación de Cementos Argos S.A. durante 2018 y 2019, y desde 2020 ha desempeñado como experto en la línea de Biotecnología y Nanotecnología en el Tecnoparque nodo Valle, asesorando proyectos de base tecnológica, logrando hasta el momento acompañar el desarrollo de mas 40 prototipos funcionales con escala de madurez entre TRL6 y TRL8, la mayoría de estos proyectos, relacionados con Economía circular. Autor de 8 artículos relacionados con materiales cementantes y aprovechamiento de residuos industriales. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2885-9365>