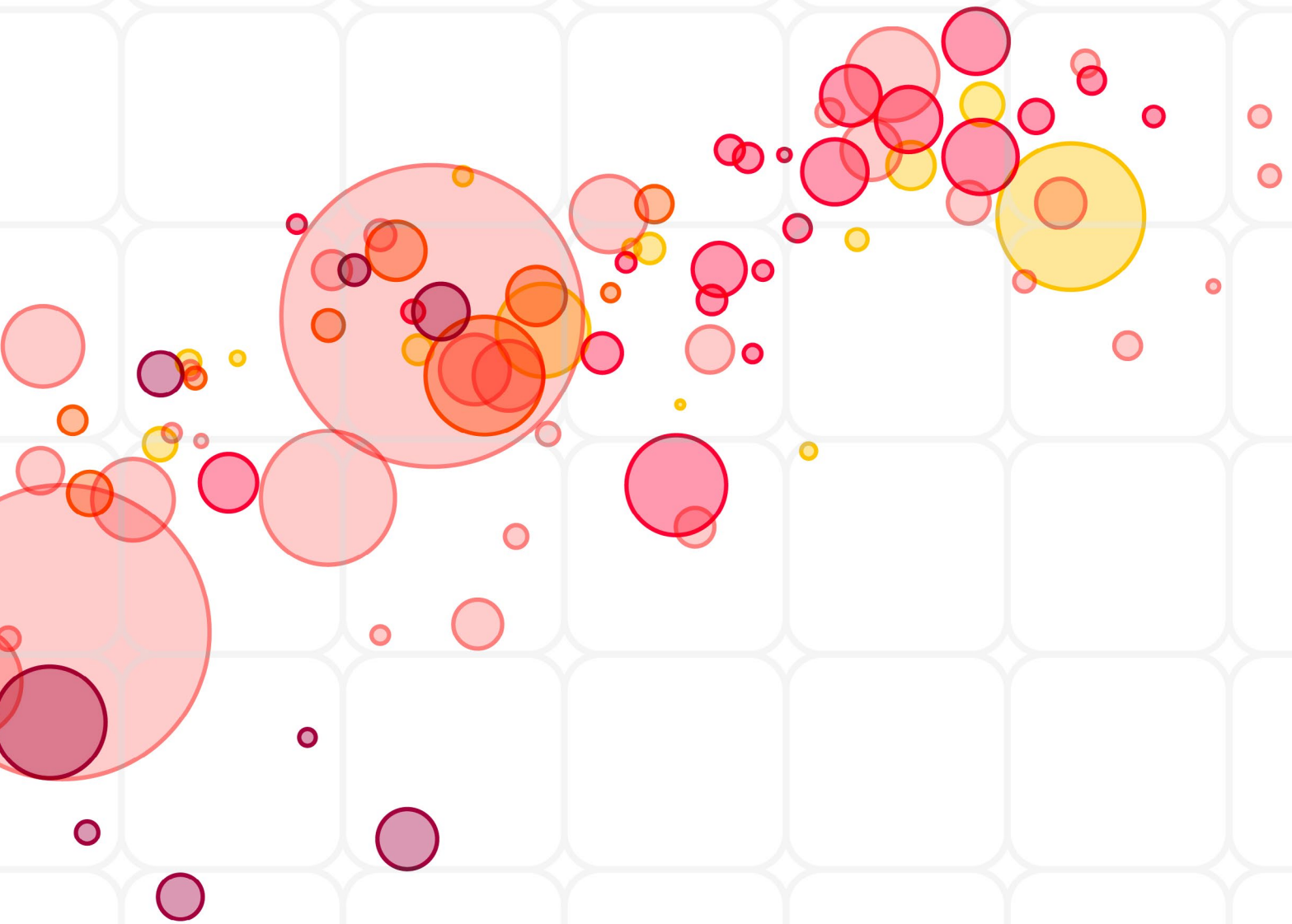


<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/index>
www.ucr.ac.cr / ISSN: 2215-2652

Ingeniería



Revista de la Universidad de Costa Rica
JULIO/DICIEMBRE 2024 - VOLUMEN 34 (2)





Influencia del corcho en la propiedades físicas, térmicas y mecánicas del bloque de concreto

Influence of cork on the physical, thermal and mechanical properties of the concrete block

Diego Alonso Aguirre Sánchez ¹ , Nallely Berusca Padilla Cabanillas ² , Marlon Gastón Farfán-Córdova ³ 

¹ Investigador Junior – Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú
correo: aguirresancheda@ucvvirtual.edu.pe

² Investigadora Junior – Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú
correo: padillacn@ucvvirtual.edu.pe

³ Investigador Renacyt, Dirección de Institutos y Centros de Investigación – Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú
correo: mfarfan@ucv.edu.pe

Palabras Clave:

Absorción, bloque de concreto artesanal, conductividad térmica, resistencia a la compresión, material reciclado.

Recibido: 25/09/2023

Aceptado: 11/01/2024

Resumen

La presente investigación pretende determinar la influencia del corcho granulado en las propiedades físicas, térmicas y mecánicas del bloque de concreto. Se realizaron ensayos de absorción, densidad, contenido de humedad, resistencia a la compresión y conductividad térmica a bloques de concreto elaborados artesanalmente, con sustitución de arena por corcho granulado en 3 % y 5 % en dos grupos experimentales, junto con un grupo patrón. Para el caso de las propiedades físicas, la absorción presentó valores promedio de 9.47 %, 8.23 % y 9.37 % para el grupo patrón (BP) y grupos experimentales (BC3 y BC5), respectivamente. Los valores de densidad aumentaron a medida que se incrementó el porcentaje de corcho, con una densidad de 2088.77 kg/m³ para el grupo con 5 % de corcho. En cuanto al contenido de humedad, los valores fueron disminuyendo desde 13.67 % del BP, 11.87 % para BC3 y, finalmente, 9.23 % para BC5. La propiedad mecánica de resistencia a la compresión presentó variaciones de aumento y disminución con valores de 19.53 kg/cm² para el grupo BP, 23.10 kg/cm² para el grupo BC3 y 16.21 kg/cm² para el grupo BC5. Por último, para el ensayo de conductividad térmica, los resultados disminuyeron según lo esperado, con valores de 0.387 W/mK, 0.3164 W/mK y 0.3036 W/mK para los grupos BP, BC3 y BC5, respectivamente. Estos datos procesados con las pruebas estadísticas mostraron que la incorporación de corcho granulado en el bloque de concreto tiene una influencia significativa en sus propiedades físicas, térmicas y mecánicas.

Keywords:

Flow resistance, physical-mechanical properties, potato peel, stability, void content.

Abstract

This research intends to determine the influence of granulated cork on the physical, thermal and mechanical properties of the concrete block. Absorption, density, moisture content, compressive strength and thermal conductivity tests were carried out on concrete blocks produced in a traditional way, with a substitution of sand by granulated cork at 3 % and 5 % in two experimental groups, in addition to one standard group. In the case of the physical properties, absorption presented average values of 9.47 %, 8.23 %, and 9.37 % for the standard group (BP) and experimental groups (BC3 and BC5) respectively. Density values showed an increase as the percentage of cork grew, reaching a density of 2088.77 kg/m³ for the group with 5 % cork. Respecting moisture content, its values decreased from 13.67 % for BP, 11.87 % for BC3, and finally 9.23 % for BC5. The mechanical property of compressive strength showed variations of increase and decrease with values of 19.53 kg/cm² for the BP group, 23.10 kg/cm² for the BC3 group, and 16.21 kg/cm² for the BC5 group. Lastly, for the thermal conductivity test, the results decreased as expected with values of 0.387 W/mK, 0.3164 W/mK, and 0.3036 W/mK for the BP, BC3 and BC5 groups respectively. These data processed with statistical tests showed that the incorporation of granulated cork in the concrete block has a significant influence on its physical, thermal and mechanical properties.

DOI: 10.15517/ri.v34i2.56844



1. INTRODUCCIÓN

El cambio climático se ha convertido en un problema tan grave que muchos lo consideran uno de los desafíos más importantes de nuestro tiempo [1]. La industria de la construcción es una de las principales contribuyentes a las emisiones de CO₂. Estas abarcan tanto las directas, originadas en la producción y transformación de materiales, como las indirectas, que se asocian con la generación de electricidad y calefacción en los edificios [2].

En 2020, dicha industria fue responsable del 37 % de las emisiones globales de gases de efecto invernadero relacionadas con la energía. De estas emisiones, el 10 % provino de la producción de materiales de construcción [3]. En muchos países, la calefacción y refrigeración de edificios es una de las principales fuentes de consumo de energía. Por lo tanto, para lograr una sostenibilidad global, es crucial que el sector de la construcción civil haga su parte para reducir su impacto ambiental [4].

La necesidad de reducir las emisiones de carbono ha llevado al uso de materiales biológicos como componentes estructurales y no estructurales en la construcción. Estos son superiores a los convencionales debido a su simplicidad, abundancia y capacidad para imitar o incluso mejorar los materiales basados en combustibles fósiles [5]. De igual forma, es importante mencionar que el desarrollo de materiales ecológicos y locales con alta eficiencia térmica no solo reduce el consumo de energía en los edificios, sino que también proporciona sostenibilidad y comodidad en áreas frías y pobres, donde las viviendas se encuentran en mal estado y no están adecuadamente adaptadas a las condiciones climáticas extremas [6].

En esta línea, el corcho es un material completamente sostenible y cien por ciento renovable, que se cosecha sin dañar el árbol del que proviene. Esto lo convierte en una opción superior a otros materiales carbonosos [7]. Actualmente, el corcho se utiliza principalmente como tapón para bebidas, pero, debido a sus propiedades, presenta una excelente oportunidad para innovar en el ámbito ecológico y ser estudiado como una posible solución sostenible en la industria de la construcción. Su uso podría ayudar

a reducir el impacto ambiental y el consumo de energía en las ciudades [8].

En cuanto a la huella de carbono, se debe tener en cuenta que la producción de corcho no está exenta de contaminación. En particular, la etapa de fabricación, que incluye el transporte de corcho crudo y la aglomeración de paneles, genera el mayor impacto ambiental, debido a las emisiones de metano y CO₂ liberadas durante la combustión y descomposición de material biológico y combustibles fósiles. Sin embargo, estas emisiones se compensan con la retención mucho mayor de carbono que aseguran los bosques milenarios de alcornoque [9].

Teniendo en cuenta estos antecedentes, la presente investigación tuvo como objetivo utilizar o reutilizar el corcho como parte de los materiales de construcción en la elaboración de bloques de concreto, para evaluar sus propiedades físicas, térmicas y mecánicas a través de la absorción, densidad, contenido de humedad, conductividad térmica y resistencia a la compresión. Esta alternativa cobra vida, ya que, en Latinoamérica, uno de los sistemas de vivienda más utilizados es el de muros de mampostería, ya sean no confinados, confinados o reforzados, con ladrillos macizos o huecos, de arcilla u hormigón [10].

2. METODOLOGÍA

Esta investigación tiene un enfoque cuantitativo, de tipo básico y explicativo, con un diseño experimental, ya que se compararon tres grupos de investigación: un grupo control y dos experimentales con alteraciones en sus componentes al sustituir la arena por 3 % y 5 % de corcho. Se realizaron ensayos de laboratorio estandarizados por las normas técnicas peruanas NTP 399.604 [11], E070 [12] y ASTM C177 [13], correspondientes a absorción, albañilería, flujo de calor y transmisión térmica, respectivamente. Las muestras utilizadas fueron bloques huecos de concreto elaborados de manera artesanal y las cantidades sometidas a cada ensayo se indican en el Cuadro I.

CUADRO I
CANTIDAD TOTAL DE MUESTRAS POR GRUPO DE ENSAYO
Y NOMENCLATURA UTILIZADA

Grupo de ensayo	Ensayo mecánico Resistencia a la compresión (kg/cm ²)	Ensayos físicos			Ensayo térmico Aislamiento Térmico (W/mK)
		Densidad (kg/cm ³)	Absorción (%)	Contenido de humedad (%)	
BP (Patrón)	3	3	3	3	3
BC3 (3 %)	3	3	3	3	3
BC5 (5 %)	3	3	3	3	3
TOTAL POR GRUPO	9	9	9	9	9

Los ensayos realizados incluyeron pruebas en triplicado de resistencia a la compresión, absorción, contenido de humedad, densidad y conductividad térmica. Se siguió la siguiente secuencia de trabajo: a) adquisición de materiales: agregado grueso, arena

gruesa, cemento Portland tipo MS y corcho granulado; b) realizar pruebas en los materiales pétreos bajo normas técnicas peruanas, para determinar si eran adecuados para la elaboración de los bloques: granulometría (NTP 400.012) [14], peso unitario compactado y

suelto (NTP 400.017) [15], contenido de humedad (NTP 399.185) [16] y absorción (NTP 400.021) [17], además, se realizó la prueba de granulometría al corcho para determinar el rango de diámetro utilizado (0.15-5.00 mm); c) elaborar un molde metálico de dimensiones $14 \times 19 \times 38$ cm; d) preparar la mezcla con las cantidades adecuadas de materiales, según el diseño de mezcla calculado en función de las características de los agregados, lo cual incluye el grupo de control y los grupos con sustitución de 3 % y 5 % de corcho por agregado fino; e) curar los bloques de concreto después de mezclar y moldearlos, en un proceso de curado durante 7 días; f) finalmente, se llevaron a cabo pruebas de laboratorio para determinar las propiedades físicas, térmicas y mecánicas de los bloques de concreto y evaluar la influencia del material de sustitución. En esta última fase, se utilizó, para medir la resistencia, una prensa marca PYS, modelo STYE-2000 y rango de medición de 0-100.000 kgf; asimismo, para la toma de datos de temperaturas, se empleó un Data Logger y 4 termocuplas con sensores. En la Fig. 1, se ilustran etapas de este proceso.

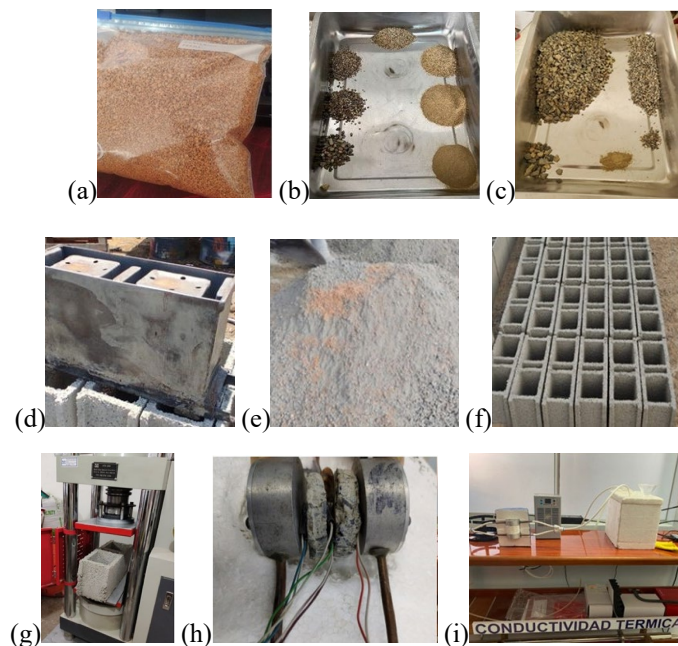


Fig. 1. (a) Corcho granulado; (b) granulometría del agregado fino y agregado grueso; (c) molde metálico; (d) mezcla de materiales; (e) bloques de concretos; (f-a) ensayo de resistencia a la compresión; (f-b) ensayo de conductividad térmica.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Ensayos a los agregados pétreos

Se realizaron ensayos de granulometría, contenido de humedad, peso específico, absorción y peso unitario suelto y compactado.

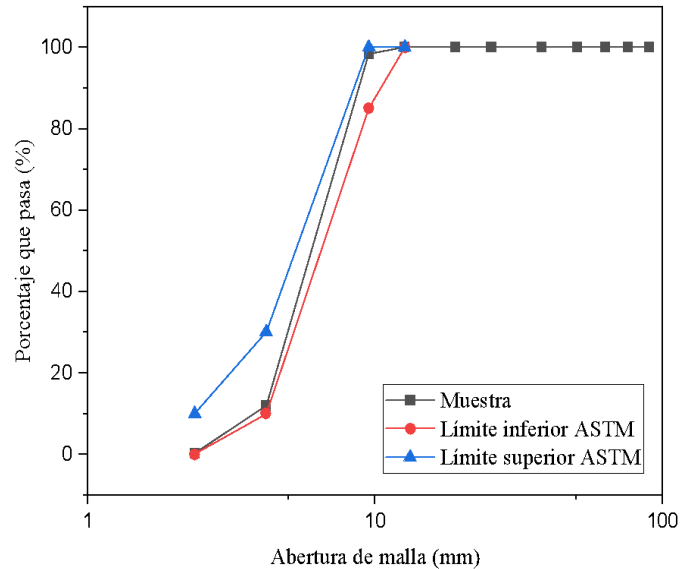


Fig. 2. Curva granulométrica del agregado grueso.

Con la granulometría, se determinó que el agregado grueso se encuentra dentro de los límites de este rubro (Fig. 2), correspondientes a la ASTM C33 [18] y NTP 400.012 [14], con un módulo de finura igual a 5.89, un tamaño máximo de agregado de $3/8''$ (9.525 mm) y un tamaño máximo nominal de $3/4''$ (19.050 mm). Además, posee un porcentaje de humedad de 0.93 %, un peso específico de 2.46 kg/m^3 y una absorción de 3.83 %. Así mismo, en los ensayos de peso unitario suelto y compactado, se obtuvieron resultados promedios de 1302.4 kg/m^3 y 1466.49 kg/m^3 , respectivamente, y porcentaje de vacíos de 47.08 % y 40.42 % para suelto y compactado, respectivamente.

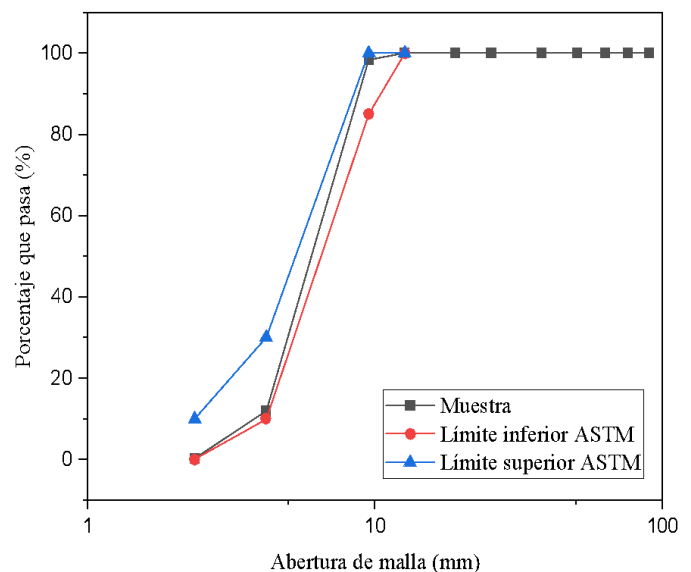


Fig. 3. Curva granulométrica de la arena gruesa.

Con la granulometría de la arena gruesa que corresponde al agregado fino, se obtuvo que se encuentra dentro de los límites, como se muestra en la Fig. 3, con un módulo de finura igual a 2.69, un tamaño máximo de agregado de 3/8" (9.525 mm) y un tamaño máximo nominal de malla N°8 (2.360 mm). De igual manera, se obtuvo un porcentaje de humedad de 2.05 %, peso específico de 2.48 kg/m³ y absorción de 2.12 %. También, en los ensayos de peso unitario suelto y compactado, se obtuvieron resultados promedios de 1446.71 kg/m³ y 1657.15 kg/m³, respectivamente, y porcentaje de vacíos de 41.73 % y 33.25 %. Además, se realizó la granulometría al material de sustitución (corcho) y se obtuvo un rango de diámetro de 0.00-6.00 mm. Los resultados se muestran en la Fig. 4.

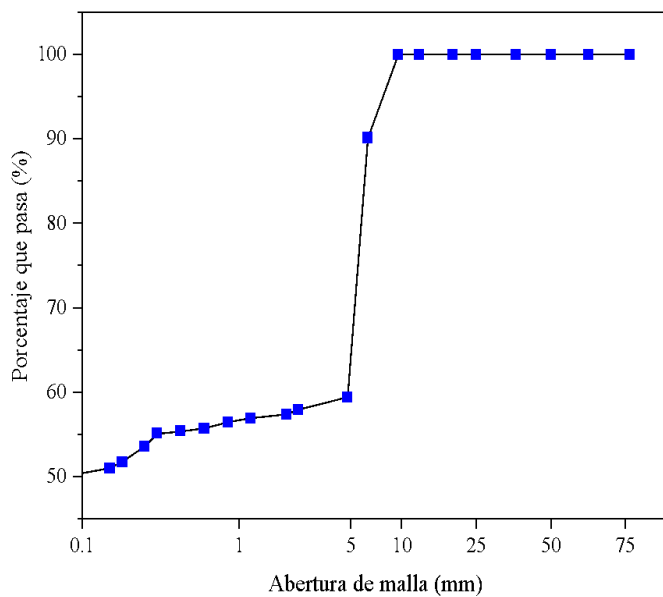


Fig. 4. Curva granulométrica del corcho.

3.2 Ensayos físicos

Absorción

En el Cuadro II, se presentan los resultados de las muestras de cada grupo de investigación y sus valores promedio. Se observa que la adición de 3 % y 5 % de corcho en el bloque de concreto no aumenta la absorción y, por el contrario, la mantiene o disminuye.

Además, el grupo con 3 % de corcho presenta la menor absorción de los dos grupos experimentales.

CUADRO II
ENSAYO DE ABSORCIÓN DE LOS TRES GRUPOS
EXPERIMENTALES

Grupo (código)	Absorción (%)	Promedio (%)	Error
Bloque Patrón (BP)	9.80	9.47	9.47 ± 0.20276
	9.50		
	9.10		
Bloque con 3 % de corcho (BC3)	8.60	8.23	8.23 ± 0.18559
	8.10		
	8.00		
Bloque con 5 % de corcho (BC5)	9.60	9.37	9.37 ± 0.12019
	9.30		
	9.20		

De este ensayo, se obtuvo que la absorción del grupo BP, que corresponde a un promedio de tres unidades, es de 9.47 %. La valorización de esta respuesta se reduce en un 13.09 % para el grupo BC3, el cual presentó un valor promedio de 8.23 %, pero se asemeja al resultado del grupo BC5, que obtuvo un promedio de 9.37 %, con una variación de disminución de 1.06 % con respecto al BP.

Esta variación de resultados, entre la reducción en el grupo de 3 % y el mantenimiento de su valor aproximado en el grupo de 5 %, se le puede atribuir a la distribución de tamaños de los gránulos de corcho en los especímenes, ya que en esta investigación se empleó un rango de 0-6 mm. Por lo tanto, algunos especímenes pudieron contener un diámetro menor, lo que causa que no tengan la misma capacidad de absorción que los especímenes que poseían gránulos de corcho con un diámetro mayor. Además, la reducción de esta propiedad se debe a la característica hidrofóbica inicial del material aplicado, puesto que, si se somete la unidad a un pequeño plazo de tiempo de absorción durante el ensayo, en principio, el corcho presenta un rechazo al agua; en otras palabras, presenta una tasa de absorción de agua más lenta [19]. También, este hecho puede deberse a factores de fabricación y diseño de mezcla, así como a agentes inclusores de aire por las variaciones del árido ligante y por la variación porcentual. Los resultados de

disminución son favorables para la unidad de albañilería, pues evita la absorción de humedad y, con ella, agentes que afectan su durabilidad y resistencia.

Densidad

En el Cuadro III, se identifica un aumento ligeramente progresivo de la densidad paralelo al incremento del porcentaje de corcho. Los bloques de concreto presentaron valores promedio de 2023.00 kg/cm³ para la muestra patrón, 2078.93 kg/cm³ y 2088.77 kg/cm³ para los especímenes BC3 y BC5 de corcho. Con esto, se deduce que, al aumentar el corcho en proporciones pequeñas, la densidad aumenta ligeramente en 2.76 % y 3.25 % para las muestras BC3 y BC5 con respecto a la muestra BP, lo cual se puede atribuir a la posibilidad de que el corcho llenó los poros de la matriz cementosa, reemplazando el aire más liviano [20].

CUADRO III
ENSAYO DE DENSIDAD DE LOS TRES GRUPOS
EXPERIMENTALES

Grupo (código)	Densidad (kg/m ³)	Promedio (kg/m ³)	Error
Bloque Patrón (BP)	2046.30	2023.00	2023 ± 14.0329
	1997.80		
	2024.90		
Bloque con 3 % de corcho (BC3)	2068.40	2078.93	2078.93 ± 6.7454
	2091.50		
	2076.90		
Bloque con 5 % de corcho (BC5)	2088.40	2088.77	2088.77 ± 1.8853
	2085.70		
	2092.20		

Además, se atribuye dicho fenómeno al curado de los especímenes, que se realizó durante 7 días, por lo que el corcho pudo absorber una cantidad considerable de agua, la cual se fue liberando y causó una hidratación continua del concreto por un periodo más largo. Esto resultó en un bloque de concreto más denso, con una mayor compactación y densidad elevada en comparación con el grupo patrón [21]. Si bien, en este caso, la aplicación de corcho aumentó la densidad, esta característica sigue estando dentro del rango de peso normal según la NTP 399.600 [22], por lo cual no altera su aplicación en comparación con las otras propiedades que logra mejorar.

El grupo del bloque patrón (BP) muestra mayor variación en sus valores de densidad. Esto se debe a su elaboración artesanal, ya que, debido al molde, algunos presentaban mayor acumulación

de mezcla en la base, la cual posteriormente formó parte de la unidad. En cambio, en otros, se acumuló una mínima cantidad o no la presentaban, lo que dio diferentes resultados en su densidad

Contenido de humedad

El contenido de humedad se relaciona directamente con las propiedades térmicas de un material. Para determinar la valoración de este ensayo, se tomaron datos del peso recibido, peso seco y el peso saturado de la muestra.

CUADRO IV
ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS TRES
GRUPOS EXPERIMENTALES

Grupo (código)	Densidad (%)	Promedio (%)	Error
Bloque Patrón (BP)	14.70	13.67	13.67 ± 0.7126
	14.00		
	12.30		
Bloque con 3 % de corcho (BC3)	12.30	11.87	11.87 ± 0.2333
	11.80		
	11.50		
Bloque con 5 % de corcho (BC5)	9.80	9.23	9.23 ± 0.3180
	9.20		
	8.70		

Por consiguiente, como muestra el Cuadro IV, a medida que aumenta el porcentaje de sustitución de corcho, el contenido de humedad va disminuyendo de manera progresiva, con un promedio de 13.67 % para el grupo patrón y una disminución de su respuesta a 11.87 % para el grupo BC3 de corcho y a 9.23% para el grupo BC5 de corcho. Estos resultados se deben a su isoterma de sorción, es decir, que el corcho posee poca capacidad de sorción inicial [3]. Por ello, al ir añadiendo agregado liviano (corcho), la tendencia que tiene el contenido de humedad es de disminución, del mismo modo que la conductividad térmica, debido al agua líquida que queda retenida en los poros del corcho en el interior de las muestras [23].

3.3 Ensayo térmico

Conductividad térmica

En el Cuadro V, se muestra la tendencia a la disminución de conductividad térmica al aumentar progresivamente el corcho granulado.

CUADRO V
ENSAYO DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE LOS GRUPOS EXPERIMENTALES

Muestra	Potencia	Espesor	Diámetro	Área	T1	T2	T3	T4	λ_m
	W	m	m	m ²	°C	°C	°C	°C	W/mK
BP	0.63	0.01328	0.0462	0.00168	18.2166	24.2179	23.9047	17.0300	0.3868
BC3	0.66	0.01217	0.0465	0.00170	21.7058	28.2853	29.9549	21.6020	0.3164
BC5	0.63	0.01331	0.0467	0.00171	19.0487	27.3846	24.2396	16.4262	0.3036

3.4 Ensayo mecánico

Resistencia a la compresión

En el Cuadro VI, se puede apreciar un claro aumento de resistencia promedio del grupo con 3 % de sustitución de corcho, el cual obtuvo un valor de 23.10 kg/cm². Con ello, superó al grupo patrón en un 18.30 % y al grupo con 5 % de corcho, que presenta la respuesta más baja, en un 35.3 %.

Por consiguiente, el porcentaje máximo de sustitución que se puede utilizar en los bloques de concreto, elaborados como lo indica la presente investigación, para conseguir que mantenga o aumente su resistencia es de 3 %.

Estos resultados se pueden atribuir a la distribución de los gránulos de corcho dentro del bloque, ya que, al ser dichas partículas elásticas, hace que exista la posibilidad de que estas se hayan deformado durante la ejecución de la prueba y, junto con el aumento de porcentaje, pudo contribuir a la deformación acelerada del bloque. Por lo tanto, al pasar de un porcentaje de 3 % a 5 %, se presentó esta disminución de resistencia [23]. Así mismo, tiene influencia el tamaño de los granos de corcho, pues es más beneficioso un diámetro menor para ensayo de propiedades mecánicas [24]. Además, los resultados se pueden deber a la mala adherencia o a una zona de interacción interfacial (ITZ) pobre entre el corcho y el compuesto cementoso, por causa de la contracción y expansión del gránulo del material natural por su capacidad de absorción durante el proceso de curado del bloque, lo cual se empieza a notar a partir de la adición de una cantidad de 5 % [21], [25]. A partir de un porcentaje de sustitución de 3 %, al aumentar la cantidad, la resistencia a la compresión va disminuyendo, relacionado a la naturaleza porosa del material de sustitución [25]. Debido a la respuesta de esta propiedad, estas unidades de albañilería tienen como finalidad un uso no estructural, para no afectar la seguridad de la estructura mientras se aprovechan sus propiedades térmicas y físicas [20], [21].

CUADRO VI
RESULTADOS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LOS TRES GRUPOS

Grupo (código)	Compresión (kg/cm ²)	Promedio (kg/cm ²)	Error
Bloque Patrón (BP)	21.49	19.53	19.53 ± 1.0710
	19.31		
	17.80		
Bloque con 3 % de corcho (BC3)	25.27	23.10	23.10 ± 1.5993
	24.05		
	19.98		
Bloque con 5 % de corcho (BC5)	17.26	16.21	16.21 ± 0.6434
	16.32		
	15.04		

4. CONCLUSIONES

El corcho es un material versátil debido a sus características únicas, como su baja densidad, baja conductividad térmica y resistencia al agua. Estas propiedades influyen en las características físicas, térmicas y mecánicas de los bloques de concreto, por lo que es beneficioso para la industria de la construcción.

De los resultados de los ensayos realizados, se obtuvo que la absorción promedio para los grupos BP, BC3 y BC5 fue de 9.47 %, 9.23 % y 9.37 %, respectivamente. Esta propiedad varió en un rango mínimo, lo que indica que el grupo con la mejor respuesta fue el que tenía una adición del 3 % de corcho.

En el ensayo de contenido de humedad, se observó una disminución del 13.17 % y 32.48 % para los grupos BC3 y BC5, respectivamente, en comparación con el grupo BP. Además, en el ensayo de resistencia a la compresión, el grupo con la mejor respuesta fue el BC3, que mejoró en un 18.27 % en relación con el BP, con un valor promedio de 23.10 kg/cm².

En el ensayo de conductividad térmica, se observó una disminución del 18.20 % y 21.51 % en los grupos BC3 y BC5, respectivamente, en contraste con el grupo de control. Estos resultados se deben principalmente a las características de microestructura del corcho, como su estructura tipo panel, su hidrofobicidad inicial y su elasticidad o tendencia a deformarse. Cabe destacar que el tamaño del gránulo de corcho es significativo en cada ensayo y puede afectar los resultados en otras investigaciones.

Debido a la hidratación continua del bloque por la retención de humedad en los poros del corcho, se obtuvo una unidad de albañilería más densa. El grupo de control resultó ser el más beneficioso, con un valor de 2023.00 kg/m³. Por lo tanto, el porcentaje más adecuado para su aplicación es de 3 %.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad César Vallejo, por su apoyo en el proceso de investigación y consolidación de nuestra etapa formativa.

A todas las personas que fueron partícipes de este proceso, como nuestra familia y amigos, porque fueron una motivación y estímulo constante.

Al docente, investigador y asesor Marlon Gastón Farfán Córdova de la Universidad César Vallejo, por el constante apoyo y aporte de sus conocimientos durante la realización de la investigación y elaboración del artículo científico.

ROLES DE LAS PERSONAS AUTORAS

Diego Alonso Aguirre Sánchez: Conceptualización, Análisis formal, Adquisición de fondos, Investigación, Metodología, Administración del proyecto, Recursos, Validación, Visualización, Redacción – borrador original.

Nallely Berusca Padilla Cabanillas: Conceptualización, Análisis formal, Adquisición de fondos, Investigación, Metodología, Administración del proyecto, Recursos, Validación, Visualización, Redacción – borrador original.

Marlon Gastón Farfán-Córdova: Análisis formal, Metodología, Supervisión, Validación, Visualización, Redacción – revisión y edición.

REFERENCIAS

- [1] M. Posani, R. Veiga y V. P. de Freitas, “Thermal mortar-based insulation solutions for historic walls: An extensive hygrothermal characterization of materials and systems”, *Construction and Building Materials*, vol. 315, p. 125640, ene. 2022, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2021.125640.
- [2] G. Matias, I. Torres, F. Rei y F. Gomes, “Analysis of the functional performance of different mortars with incorporated residues”, *Journal of Building Engineering*, vol. 29, p. 101150, may. 2020, doi: 10.1016/j.job.2019.101150.
- [3] C. H. Koh, F. Gauvin, K. Schollbach y H. J. H. Brouwers, “Investigation of material characteristics and hygrothermal performances of different bio-based insulation composites”, *Construction and Building Materials*, vol. 346, p. 128440, sep. 2022, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2022.128440.
- [4] P. P. L. de Souza, R. Eires y R. Malheiro, “Sugarcane Bagasse as Aggregate in Composites for Building Blocks”, *Energies*, vol. 16, no. 1, p. 398, ene. 2023, doi: 10.3390/en16010398.
- [5] A. Romano, A. Bras, S. Grammatikos, A. Shaw y M. Riley, “Dynamic behaviour of bio-based and recycled materials for indoor environmental comfort”, *Construction and Building Materials*, vol. 211, pp. 730-743, jun. 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.02.126.
- [6] F. Z. El Wardi, A. Cherki, S. Mounir, A. Khabbazi y Y. Maaloufa, “Thermal characterization of a new multilayer building material based on clay, cork and cement mortar”, *Energy Procedia*, vol. 157, pp. 480-491, ene. 2019, doi: 10.1016/j.egypro.2018.11.212.
- [7] R. M. Novais et al., “Pyrolysed cork-geopolymer composites: A novel and sustainable EMI shielding building material”, *Construction and Building Materials*, vol. 229, p. 116930, dic. 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2019.116930.
- [8] J. Sierra-Pérez, S. García-Pérez, S. Blanc, J. Boschmonart-Rives y X. Gabarrell, “The use of forest-based materials for the efficient energy of cities: Environmental and economic implications of cork as insulation material”, *Sustainable Cities and Society*, vol. 37, pp. 628-636, feb. 2018, doi: 10.1016/j.scs.2017.12.008.
- [9] F. Barreca, N. Arcuri, G. D. Cardinali y S. Di Fazio, “A Bio-Based Render for Insulating Agglomerated Cork Panels”, *Coatings*, vol. 11, no. 12, p. 1478, dic. 2021, doi: 10.3390/coatings11121478.
- [10] M. F. Vargas y J. Carrillo, “New concrete masonry solid block with non-conventional geometry: Experimental characterization”, *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, no. 106, pp. 36-46, mar. 2022, doi: 10.17533/udea.redin.20220370.
- [11] *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Métodos de muestreo y ensayo de unidades de albañilería de concreto*, Norma Técnica Peruana 399.604, Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, Lima, Perú, dic. 2002. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/351903031/Norma-Tecnica-Peruana-Ntp-399-604-2002>
- [12] *Normas del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)*, Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción, Lima, Perú, jul. 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887225-normas-del-reglamento-nacional-de-edificaciones-rne>

- [13] *Standard Test Method for Steady-State Heat Flux Measurements and Thermal Transmission Properties by Means of the Guarded-Hot-Plate Apparatus*, Norma Internacional ASTM C177-19, Estados Unidos, feb. 2023. [En línea]. Disponible en: <https://www.astm.org/c0177-19.html>
- [14] *AGREGADOS. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*, Norma Técnica Peruana 400.012, Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, Lima, Perú, may. 2001. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/williamhuachacatorres/norma-tecnica-peruana-agregadoa-400012>
- [15] *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para determinar la masa por unidad de volumen o densidad ("Peso Unitario") y los vacíos en los agregados*, Norma Técnica Peruana 400.017, Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, Lima, Perú, mar. 2011. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/377662745/NORMA-TECNICA-NTP-400-017-docx>
- [16] *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para contenido de humedad total evaporable de agregados por secado*, Norma Técnica Peruana 339.185, Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, Lima, Perú, may. 2002. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/375184167/NTP-339-185-CONTENIDO-DE-HUMEDAD-DE-AGREGADOS-pdf>
- [17] *AGREGADOS. Método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso*, Norma Técnica Peruana 400.021, Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI, Lima, Perú, may. 2002. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/366841133/NTP-400-021-Peso-Específico-y-Absorción-Del-Agregado-Grueso>
- [18] *Especificación Normalizada de Agregados para Concreto, Norma Internacional ASTM C33-03*, Estados Unidos, jun. 2003. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/363156459/ASTM-C33-03-Espanol>
- [19] M. G. Gomes, I. Flores-Colen, H. Melo y A. Soares, "Physical performance of industrial and EPS and cork experimental thermal insulation renders", *Construction and Building Materials*, vol. 198, pp. 786-795, feb. 2019, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2018.11.151.
- [20] B. Malchiodi, R. Marchetti, L. Barbieri y P. Pozzi, "Recovery of Cork Manufacturing Waste within Mortar and Polyurethane: Feasibility of Use and Physical, Mechanical, Thermal Insulating Properties of the Final Green Composite Construction Materials", *Applied Sciences*, vol. 12, no. 8, p. 3844, ene. 2022, doi: 10.3390/app12083844.
- [21] S. Merabti, S. Kenai, R. Belarbi y J. Khatib, "Thermo-mechanical and physical properties of waste granular cork composite with slag cement", *Construction and Building Materials*, vol. 272, p. 121923, feb. 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.121923.
- [22] *UNIDADES DE ALBAÑILERÍA. Bloques de concreto para uso no estructural. Requisitos*, Norma Técnica Peruana 399.600, Dirección de Normalización – INACAL, Lima, Perú, dic. 2017. [En línea]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/454227394/NTP-399-600-pdf>
- [23] Y. Liu, Z. Cao, Y. Wang, D. Wang y J. Liu, "Experimental study of hygro-thermal characteristics of novel cement-cork mortars", *Construction and Building Materials*, vol. 271, p. 121901, feb. 2021, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.121901.
- [24] Y. Saadallah, I. Zemour y F. Boulemnakher, "Experimental investigation of mechanical behavior of agglomerated cork", *Material Design & Processing Communications*, vol. 2, no. 2, p. e123, 2020, doi: 10.1002/mdp2.123.
- [25] A. K. Tedjditi, F. Ghomari, O. Taleb, R. Belarbi y R. Tarik Bouhraoua, "Potential of using virgin cork as aggregates in development of new lightweight concrete", *Construction and Building Materials*, vol. 265, p. 120734, dic. 2020, doi: 10.1016/j.conbuildmat.2020.120734.