



BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR: VIABILIDAD, DESEMPEÑO Y SOSTENIBILIDAD

CELLULAR CONCRETE BLOCKS: VIABILITY, PERFORMANCE AND SUSTAINABILITY

MSc. Ing. Marcelo Fernando Herrera Salazar ^{1 * §}
<https://orcid.org/0009-0001-3882-0317>

DOI: <https://doi.org/10.70722/kzgx2956zp97a>
Recibido: Marzo 2, 2026; Aceptado: Abril 10, 2026

RESUMEN

El presente artículo sintetiza una investigación aplicada orientada a determinar la viabilidad del hormigón celular como sistema de tabiquería no portante en edificaciones residenciales de Bolivia. El objetivo principal fue comparar su desempeño frente al ladrillo cerámico tradicional de 6 huecos, considerando variables mecánicas, higrotérmicas, constructivas y económicas en escenarios climáticos fríos y cálidos del país. La metodología incluyó la formulación de mezclas con densidades nominales de 800, 1000 y 1200 kg/m³, empleando agente espumante sintético mediante espuma preformada (ACI 523.3R-14). La investigación experimental incorporó ensayos de físico-mecánicos, térmicos, acústicos y protección contra el fuego. Los resultados evidenciaron que la dosificación de 1200 kg/m³ alcanzó resistencias entre 4.7 y 5.1 MPa, con módulo de elasticidad de hasta 3 GPa, adecuados para muros no estructurales. En el desempeño funcional, los bloques de hormigón celular lograron niveles de confort térmico equiparables o superiores al ladrillo cerámico, con menor peso propio y mejor eficiencia espacial. El análisis determinó que, bajo exigencias equivalentes de aislamiento térmico para climas extremos, la tabiquería tradicional cerámica resulta en costos directos e indirectos más elevados. Se concluye que el hormigón celular es una alternativa técnica y económicamente viable, contribuyendo a los ODS 7, 9 y 11 al reducir la demanda energética operativa y mejorar la calidad del hábitat urbano.

Palabras claves: Hormigón celular, construcción sostenible, confort térmico, tabiquería no portante.

ABSTRACT

This article summarizes applied research aimed at determining the viability of cellular concrete as a non-load-bearing partition wall system in residential buildings in Bolivia. The main objective was to compare its performance with that of traditional 6-hole ceramic brick, considering mechanical, hygrothermal, construction, and economic variables in cold and warm climatic scenarios in the country. The methodology included the formulation of mixtures with nominal densities of 800, 1000, and 1200 kg/m³, using a synthetic foaming agent through preformed foam (ACI 523.3R-14). The experimental research incorporated physical-mechanical, thermal, acoustic, and fire protection tests. The results showed that the 1200 kg/m³ dosage achieved strengths between 4.7 and 5.1 MPa, with a modulus of elasticity of up to 3 GPa, suitable for non-structural walls. In terms of functional performance, the cellular concrete blocks achieved levels of thermal comfort comparable to or superior to ceramic bricks, with lower weight and better spatial efficiency. The analysis determined that, under equivalent thermal insulation requirements for extreme climates, traditional ceramic partition walls result in higher direct and indirect costs. It is concluded that cellular concrete is a technically and economically viable alternative, contributing to SDGs 7, 9 and 11 by reducing operational energy demand and improving the quality of the urban habitat.

Keywords: Cellular concrete, sustainable construction, thermal comfort, non-load-bearing partition walls.



Citación: Marcelo F. Herrera S., **BLOQUES DE HORMIGÓN CELULAR: VIABILIDAD, DESEMPEÑO Y SOSTENIBILIDAD.** Revista Científica EMINENTE 2026, 10-1: 25-36.

¹ Ingeniero Civil – Unidad Académica La Paz – Escuela Militar de Ingeniería

* Corresponde al Autor (correo electrónico: herrerasalazarmarcelo@gmail.com)

§ Dirección de contacto Investigador: ...



INTRODUCCIÓN

La construcción de edificaciones residenciales en Bolivia depende, en gran medida, de sistemas tradicionales de mampostería cerámica. Si bien esta tecnología ofrece ventajas de disponibilidad y conocimiento técnico extendido en obra, su desempeño presenta limitaciones cuando se evalúan criterios de sostenibilidad, eficiencia energética y resiliencia climática (Rengifo & Yupanqui, 2013). En particular, en regiones de clima frío, la baja capacidad de aislamiento térmico de los muros convencionales incrementa la demanda de calefacción, mientras que en zonas cálidas produce mayor carga térmica interior y dependencia de ventilación forzada o enfriamiento mecánico.

A ello se suma que, en contextos de humedad recurrente, la tabiquería cerámica puede experimentar degradación superficial, patologías por absorción capilar y pérdida de desempeño en acabados, aspectos que elevan costos de mantenimiento y reducen vida útil funcional de la edificación; incidiendo directamente en calidad de vivienda, gasto energético familiar y huella ambiental del entorno construido (Brady et al., 2001; ECSI, 2007).

En este marco, el hormigón celular se propone como material de alto potencial para cerramientos no portantes debido a su estructura porosa controlada (presencia de celdas de aire) que permite mejorar la resistencia térmica sin comprometer la estabilidad requerida para tabiques y muros divisorios (Jones & McCarthy, 2005; Koteswara & Veerendrakumar, 2021). Además, su baja densidad puede contribuir a disminuir las solicitaciones gravitatorias sobre elementos estructurales de la edificación (vigas, columnas y fundaciones), con efectos positivos en el dimensionamiento estructural global.

El enfoque del estudio se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), particularmente con el ODS 7 (energía asequible y no contaminante), al reducir la energía operativa en climatización, con ODS 9 (desarrollo de infraestructuras sostenibles) y con el ODS 11 (ciudades y comunidades sostenibles), al promover soluciones constructivas más eficientes, habitables y adaptadas al contexto local (ACH, 2021).

Desde la perspectiva científica, el aporte central no consiste únicamente en describir propiedades del hormigón celular, sino en realizar una comparación técnico-económica robusta frente al ladrillo cerámico,

bajo condiciones de desempeño equivalentes. Por ello, el análisis prioriza indicadores de decisión de ingeniería: resistencia a compresión, absorción, aislamiento térmico y acústico y costo total de implementación.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la factibilidad técnica, funcional y económica del hormigón celular para muros no portantes en Bolivia, comparándolo con soluciones tradicionales de ladrillo cerámico para condiciones climáticas representativas.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló bajo un enfoque experimental, caracterizando los materiales y determinando las proporciones idóneas según la guía ACI 523.3R-14 (Guía para Hormigones Celulares por encima de 800 kg/m³).

Inicialmente se realizó la caracterización de los materiales que conforman el Hormigón Celular: Agregado fino, cemento, agua y espuma preformada (Brady et al., 2001; Panesar, 2013). Seguidamente se determinó la dosificación óptima que garantice la densidad y la resistencia a la compresión adecuadas para su empleo en muros no portantes a través de ensayos que se realizaron al Hormigón Celular en estado fresco y endurecido. Finalmente se realizaron ensayos de las propiedades funcionales: aislamiento acústico, térmico y protección contra el fuego verificando de esta manera que se cumplan parámetros mínimos de confort residencial y realizando una comparación técnico-económica con el ladrillo cerámico de 6 huecos.

Materiales empleados

- Cemento IP-40 fabricado por la empresa Viacha (SOBOCE), utilizado por su disponibilidad y uso general en la construcción.
- Agregado fino natural de la chancadora TAURO S.A. (de la zona de Jachacora), caracterizado granulométricamente.
- Agua de mezcla apta para uso en hormigón.
- Agente espumante sintético para generación de espuma preformada de alta estabilidad.

Espuma preformada

Para producir espuma preformada se construyó un generador de espuma con materiales de PVC

(disponibles en ferreterías) (Figura 1). Este generador de espuma se conectó a un compresor de aire que tiene la función de inyectar aire a presión en su interior haciendo que el agente espumante sintético interactúe con el aire comprimido, produciendo espuma estable. Su densidad varía de acuerdo con la presión de aire que se inyecta (Panesar, 2013).

Figura 1. Construcción del generador de espuma.



Fuente: Elaboración propia.

El generador de espuma funciona bombeando una mezcla predeterminada de agua y agente espumante a presión de 8 (bar) desde el compresor y proyectado a través del tubo al final de una manguera de ¼ de pulgada conectado al compresor.

Figura 2. Dosificación de la espuma preformada.



Fuente: Elaboración propia.

Para determinar la densidad de la espuma preformada se siguió los lineamientos de la norma ASTM C796 (Método de ensayo normalizado para agentes espumantes para la producción de hormigón celular con espuma preformada). Se preparó una solución acuosa del agente espumante y se determinó la dilución necesaria (como punto de partida: 4 partes de agua por 1 parte de agente espumante, en volumen) (Figura 2).

Posteriormente, se cargó el generador con la fuente de aire comprimido (ajustando la presión de inyección de aire) y se procedió a verter en exceso la espuma generada en un recipiente previamente normalizado, midiendo el tiempo de vertido con un cronómetro. Finalmente se pesa el recipiente con la espuma generada para determinar la densidad de la espuma preformada (Tabla 1).

Tabla 1. Densidad de la espuma preformada.

	1	2	3	[u]
Peso recipiente + espuma	150.00	132.00	168.00	g
Peso recipiente	60.00	60.00	60.00	g
Densidad de la espuma	0.09	0.07	0.11	g/cm ³
		0.09		
		90.00		Kg/m ³

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de mezcla de Hormigón Celular

El diseño experimental contempló tres densidades objetivo: 800, 1000 y 1200 kg/m³. Para cada familia de densidades, se evaluaron relaciones agua/cemento (a/c) de 0.40, 0.50 y 0.57, manteniendo procedimientos de dosificación y mezclado consistentes con recomendaciones de ACI 523.3R-14. El control de densidad fresca se realizó por pesada volumétrica y ajuste progresivo de incorporación de espuma preformada (Lazo Arraya, 2017).

Preparación de probetas y curado

Una vez definida la cantidad de materiales de acuerdo con el diseño de mezcla (Figura 3), se elaboraron probetas cilíndricas de dimensiones estandarizadas para someterlos a ensayos de propiedades físico-mecánicas. Asimismo, se realizaron bloques de hormigón celular con diferentes dimensiones (Tabla 2) con el fin de evaluar las propiedades funcionales entre sí y frente a otros materiales destinados a la tabiquería no portante.



Todos ellos se moldearon por lotes controlados, sin efectuar vibrado con el fin de no romper la estructura de poros y el curado se desarrolló en un ambiente húmedo controlado hasta cumplir con edad de ensayo correspondiente.

Ensayos de propiedades físico-mecánicas y funcionales

Propiedades mecánicas

- Resistencia a la compresión (ASTM C39), se realizó un promedio de por lo menos tres pruebas y los valores de resistencia a la compresión fueron medidos a la edad de 3, 7, 14 y 28 días.
- Módulo de elasticidad, se dio de por lo menos tres pruebas y los valores de resistencia a la compresión fueron medidos a la edad de 3, 7, 14 y 28 días. emplearon ecuaciones empíricas condicionadas a cada caso (Tabla 3).

Tabla 2. Dimensiones de bloques de hormigón celular.

Designación del bloque	Dimensiones			Volumen (cm ³)	Peso por bloque (kg)
	Longitud (cm)	Alto (cm)	Ancho (cm)		
HC-1	24	15	10	3.60	4.32
HC-2	50	25	10	12.50	15.00
HC-3	50	25	12.5	15.63	18.75
HC-4	50	25	15	18.75	22.50

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Ecuaciones empíricas del módulo de elasticidad.

ECUACIONES	COMENTARIOS
$E = 0.99 * (f'_c)^{0.67}$	Cuando la ceniza volante se utiliza como agregado fino.
$E = 0.42 * (f'_c)^{1.18}$	Se utiliza cuando la arena se utiliza como agregado fino
$E = 5.31 * W - 853$	La densidad oscila entre 200 y 800 kg/m ³
$E = 6326 * \gamma_{con}^{1.5} * (f'_c)^{0.5}$	γ_{con} = peso unitario del hormigón. f'_c = resistencia a la compresión del hormigón. Donde la relación media de Poisson es de 0.2 y utilizando agente espumante.
$E = 57000 * (f'_c)^{0.5}$	Densidad del hormigón normal limitada entre 2200 y 2400 kg/m ³ sustituyendo con 80 kg/m ³ por el acero.
$E = 9.10 * (f'_c)^{0.33}$	f'_c = resistencia a la compresión del hormigón.
$E = 1.70 \times 10^{-6} * P^2 * (f'_c)^{0.33}$	P = densidad plástica (kg/m ³)

Fuente: Amran, M., Farzadnia, N., & Ali, A. (2015). Properties and applications of foamed concrete; a review. Malaysia: Elsevier Ltd.

Propiedades físicas (Valore, 1954)

- Densidad, se determinó en dos fases: densidades frescas (ASTM C138) y densidades secas (ASTM C642).
- Consistencia (ASTM D6103).
- Capacidad de absorción (ASTM C642).

Propiedades funcionales (Amran et al., 2015; Lazo Arraya, 2017)

- Aislamiento acústico (IRAM 4043-1), para ello se construyó un ambiente cerrado con paneles de poliestireno revestido con aluminio y fibras minerales aislantes que simula una cámara de ensayo acústico, donde se analizaron los valores de aislamiento acústico de acuerdo con el sonido producido en lado emisor (estacionario) con un rango de frecuencias entre 100 Hz a 800 Hz, se tomaron valores de presión sonora del ambiente emisor y receptor mediante un sonómetro y un generador de frecuencias.
- Aislamiento térmico (IRAM 11601), se determinó la conductividad y la resistencia térmica. Para ello se realizó el ensayo de aislamiento térmico en los bloques de hormigón celular utilizando un soplete a gas y un termómetro laser para medir la temperatura en el lado expuesto al fuego y el lado posterior del bloque durante 90 minutos.
- Protección contra el fuego, se realizó las pruebas en los bloques de hormigón celular durante 90 minutos.

Figura 3. Proceso de mezclado de hormigón celular.



Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Proporciones de mezcla de Hormigón Celular

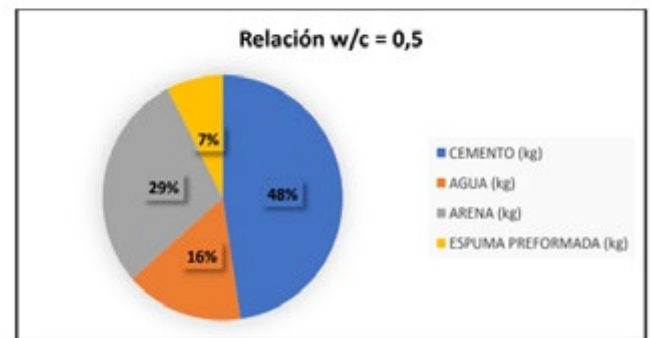
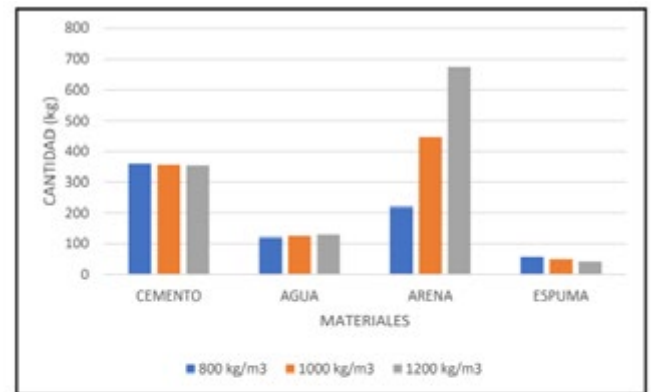
De acuerdo con el diseño experimental de mezcla, se contempló tres densidades objetivo y relaciones agua/cemento (Tabla 4 y Figura 4).

Tabla 4. Proporciones de mezcla por m³

DOSIFICACIÓN (m ³)									
DENSIDAD (kg/m ³)	800			1000			1200		
RELACIÓN w/c	0.4	0.5	0.57	0.4	0.5	0.57	0.4	0.5	0.57
CEMENTO (kg)	379	361	349	371	357	348	366	355	348
AGUA (kg)	90	121	140	92	124	145	95	129	151
ARENA (kg)	230	219	212	464	447	436	694	673	659
ESPUMA FORMADA (kg)	59	57	56	51	49	48	43	41	40

Fuente: Elaboración propia

Figura 4. Proporciones de mezcla por m³.



Fuente: Elaboración propia.

Comportamiento físico-mecánico

Densidad y consistencia

Se determinó la densidad del hormigón celular en estado fresco y seco alcanzando las densidades objetivo de 800, 1000 y 1200 kg/m³, además de su consistencia donde alcanzó una buena fluidez en la mezcla, obteniendo una: “consistencia de flujo en material de resistencia baja controlada” (Tabla 5).

Tabla 5. Consistencia del hormigón celular.

ENSAYO	1	2	3	[u]
Fluidez	22.20	22.00	22.20	cm
	22.13			

Fuente: Elaboración propia.

Resistencia a la compresión

Los resultados mostraron una tendencia consistente, el incremento de densidad se asoció a mayor resistencia a compresión y mayor módulo de elasticidad (Tabla 6 y Figura 5). En la familia de 1200 kg/m³, los valores de resistencia oscilaron entre 4.7 y 5.1 MPa, valores adecuados para elementos de tabiquería no portantes



(superando ampliamente los 2.0 MPa mínimos requeridos por la norma NB 1211002).

Tabla 6. Resumen de propiedades mecánicas por densidad nominal.

Densidad nominal (kg/m ³)	F'c 28 días (MPa)	Módulo E (GPa)	Observación
800	1.7 – 2.8	1.45 – 2.10	Alta aislación, menor capacidad mecánica
1,000	3.2 – 4.0	2.20 – 2.80	Condición intermedia
1,200	4.7 – 5.1	2.85 – 3.00	Mejor equilibrio (aislación-capacidad mecánica)

Fuente: Elaboración propia.

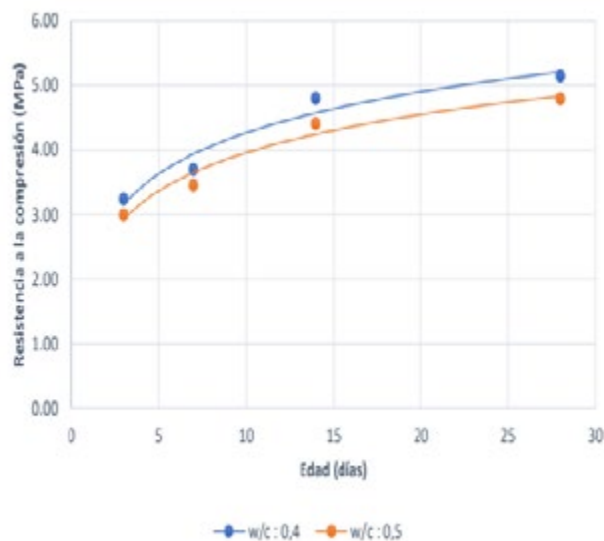
Figura 5. Ensayo a compresión de especímenes de hormigón celular.



Fuente: Elaboración propia.

La variabilidad observada entre especímenes se mantuvo dentro de márgenes aceptables para materiales como el hormigón celular, donde pequeñas diferencias de distribución de poros pueden alterar su comportamiento mecánico. Se verificó además que relaciones a/c más altas tienden a disminuir resistencia y aumentar absorción (Figura 6), confirmando la necesidad de control de agua efectiva y estabilidad de espuma.

Figura 6. Resistencia a compresión del hormigón celular para relaciones agua/cemento de 0.4 y 0.5.



Fuente: Elaboración propia.

Absorción

Las mezclas de menor densidad registraron absorciones más elevadas por su mayor conectividad de poros. Sin embargo, dentro del rango analizado, la familia de densidades de 1200 kg/m³ presentó un desempeño favorable en absorción y estabilidad dimensional, obteniendo una absorción media de 9.73% (tabla 7), característica de absorber un pequeño porcentaje de agua comparado con otros materiales destinados a la tabiquería en edificaciones, condición importante para durabilidad en ambientes con ciclos de humedad (según la NB 1211001 la absorción del ladrillo cerámico de 6 huecos es de 8% a 15%).

Tabla 7. Porcentaje de absorción del hormigón celular.

MUESTRA	1	2	3	4	5	6
% de	10.24	9.96	9.72	8.55	10.43	9.49
Absorción	9.73 %					

Fuente: Elaboración propia.

Desempeño funcional

Aislamiento acústico

A través de la generación de frecuencias entre 100 Hz a 800 Hz, se ha obtenido el valor de aislación acústica para las diferentes dimensiones de bloques de hormigón celular (Tabla 8, 9 y 10).

Tabla 8. Aislación acústica de bloque HC – 2.

Nivel de frecuencia (Hz)	Ruido de ingreso (dB)	Ruido de salida (dB)	Aislación acústica (dB)
100 - 200	59.7	47.6	12.1
200 - 300	68.0	58.1	9.9
300 - 400	70.1	58.5	11.6
400 - 500	71.0	58.6	12.4 15.94
500 - 600	78.0	58.8	19.2
600 - 700	78.6	56.2	22.4
700 - 800	80.0	56.0	24.0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Aislación acústica de bloque HC – 3.

Nivel de frecuencia (Hz)	Ruido de ingreso (dB)	Ruido de salida (dB)	Aislación acústica (dB)
100 - 200	60.3	44.6	15.7
200 - 300	68.4	53.3	15.1
300 - 400	70.0	55.7	14.3
400 - 500	71.0	56.4	14.6 18.39
500 - 600	78.3	57.0	21.3
600 - 700	78.7	55.4	23.3
700 - 800	80.2	55.8	24.4

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Aislación acústica de bloque HC – 4.

Nivel de frecuencia (Hz)	Ruido de ingreso (dB)	Ruido de salida (dB)	Aislación acústica (dB)
100 - 200	60.0	39.8	20.2
200 - 300	68.5	48.2	20.3
300 - 400	70.1	49.7	20.4
400 - 500	71.0	50.6	20.4 23.80
500 - 600	78.4	50.7	27.7
600 - 700	78.6	50.7	27.9
700 - 800	80.0	50.3	29.7

Fuente: Elaboración propia.

Además, se determinó el valor de aislamiento acústico del muro de tabiquería revocado por ambos lados de muros de tabiquería interior (Tabla 11).

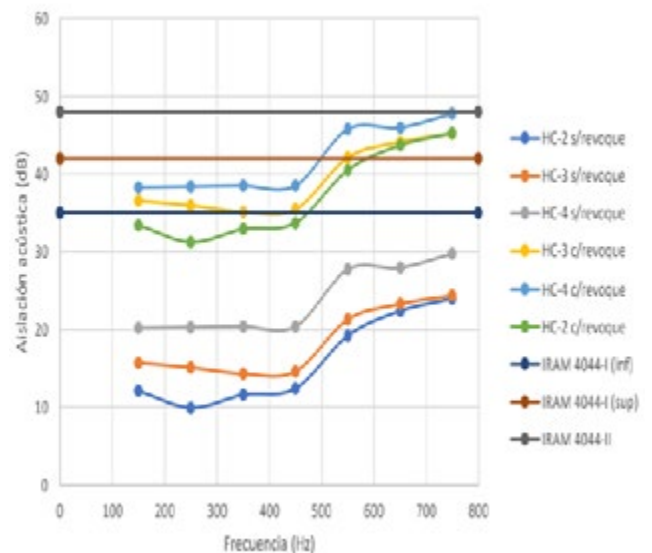
Tabla 11. Aislamiento del muro de hormigón celular revocado por m².

Bloque	Espesor (cm)	Aislamiento acústico (dB)
HC - 2	11.0	37.23
HC - 3	13.5	39.20
HC - 4	16.0	41.88

Fuente: Elaboración propia.

A partir de los resultados obtenidos se graficó el desempeño del aislamiento acústico para cada espesor de bloque de hormigón celular de densidad de 1,200 kg/m³ y los valores recomendados por la normativa IRAM 4044 (Figura 7).

Figura 7. Aislación acústica de bloques de hormigón celular.



Fuente: Elaboración propia.

Se observó atenuación adecuada de ruido en frecuencias de uso residencial, con mejora relativa asociada al espesor y continuidad del sistema de muro. Aunque el desempeño acústico final depende del detalle de juntas y encuentros, la respuesta base del material fue satisfactoria para divisiones interiores y muros no portantes.

Aislamiento térmico

Efectuado el ensayo de aislamiento térmico, a una temperatura impuesta de 800°C, la superficie interior de los bloques de hormigón celular mantiene una temperatura al lado posterior de 40°C (Tabla 12 y Figura 8), presentando una variación térmica importante de hasta 759.6°C.

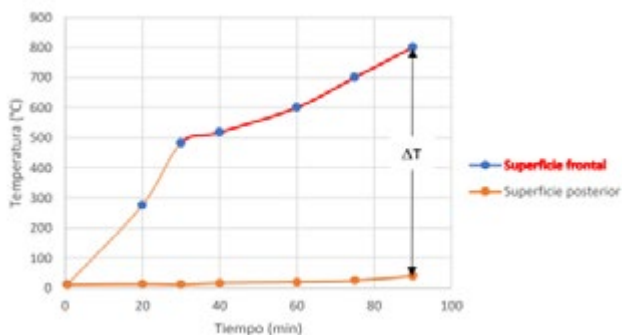


Tabla 12. Gradiente térmico de los bloques de hormigón celular.

Minuto	Temperatura Frontal (°C)	Temperatura posterior (°C)	ΔT (°C)
20	276.2	13.0	263.2
30	482.3	11.0	471.3
40	517.6	16.0	501.6
60	600.0	19.0	581.0
75	700.0	24.7	675.3
90	800.0	40.4	759.6

Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Aislación térmica en bloques de hormigón celular.



Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se determinó el coeficiente de conductividad térmica (Ley de Fourier) para los bloques de hormigón celular (Tabla 13).

Tabla 13. Conductividad térmica de los bloques de hormigón celular.

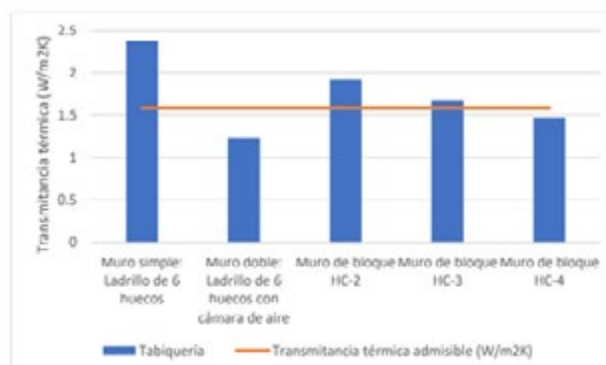
Espesor (m)	Cantidad de calor (Watt)	ΔT (°C)	k (W/m°C)
0.10	194.12	263.2	0.57
		471.3	0.32
		501.6	0.30
		581.0	0.26
		675.3	0.22
		759.6	0.20

Fuente: Elaboración propia.

Para el análisis del aislamiento térmico en muros de tabiquería, se realizó la aplicación de diferentes materiales de tabiquería aplicados en viviendas ubicadas en dos ciudades intermedias de Bolivia con temperaturas críticas en verano e invierno: Uyuni

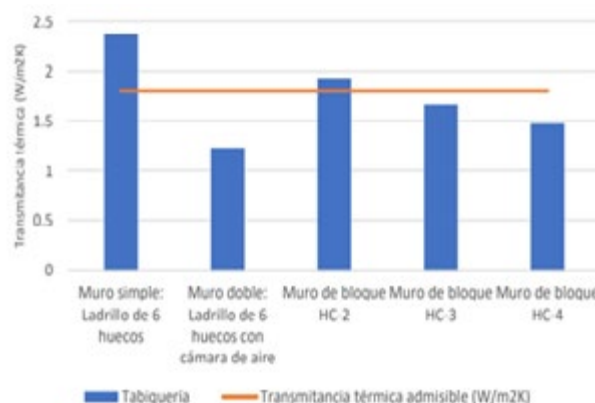
(temperatura de diseño de -3°C) (Figura 9) y Villamontes (temperatura de diseño de 32°C) (Figura 10).

Figura 9. Aislamiento térmico mínimo para Uyuni.



Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Aislamiento térmico mínimo para Villamontes.



Fuente: Elaboración propia.

Las configuraciones de muro con bloque HC-4 de 18 cm alcanzaron niveles de transmitancia térmica competitivos respecto a los ladrillos cerámicos de referencia. Para condiciones frías, el sistema de hormigón celular requirió menor complementación de capas aislantes para cumplir el umbral de confort objetivo. En clima cálido, mostró menor flujo térmico hacia el interior durante periodos de alta temperatura exterior, favoreciendo estabilidad térmica del recinto.

Protección contra el fuego

Los bloques de Hormigón Celular expuestos a fuego durante 90 minutos no mostraron contribución a la iniciación, desarrollo ni mantenimiento del fuego (Figura 11). Asimismo, no se generó humo ni gases tóxicos durante el ensayo. El hormigón celular al no ser un material inflamable no permite la propagación del fuego, es propiedad clave para la aplicación como muro corta fuego.

Figura 11. Ensayo de protección contra fuego en bloque de hormigón celular.



Fuente: Elaboración propia.

Los bloques de Hormigón Celular pertenecen a la Euroclase A1 según norma UNE-EN 13501.

Análisis de precios unitarios

El análisis comparativo técnico-económico pone en evidencia que, aunque el costo inicial de elaboración por volumen del hormigón celular puede presentar ligeras variaciones respecto al ladrillo cerámico, la rentabilidad global es contundente debido a la exigencia térmica requerida de los materiales tanto en clima frío extremo y clima cálido seco para el cumplimiento del mismo umbral objetivo de confort térmico interior. Tomando en cuenta que, las dimensiones mayores del bloque de hormigón celular optimizan los tiempos de ejecución y reducen fuertemente el uso de mortero de asiento y costos de mano de obra (Tabla 14 y 15).

Tabla 14. Precio unitario de hormigón celular.

BLOQUE	PRECIO UNITARIO POR BLOQUE (Bs)	PRECIO MURO DE HORMIGÓN CELULAR POR m ² (Bs)
HC – 2 (50x25x10 cm)	12.97	177.07
HC – 3 (50x25x12.5 cm)	14.64	194.18
HC – 4 (50x25x15 cm)	16.16	209.10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Matriz comparativa.

	Bloque de Hormigón Celular			
	HC – 2 (e = 10 cm)	HC – 3 (e = 12.5 cm)	HC – 4 (e = 15 cm)	Ladrillo cerámico 6 huecos
Cantidad de ladrillos por m ²	8	8	8	24
Densidad		800 kg/m ³		1,000 kg/m ³
Peso por unidad	10.0 kg	12.5 kg	15 kg	2.65 kg
Carga de tabiquería por m ²	114.64 kg	136.48 kg	158.31 kg	151.84 kg
Resistencia a la compresión	54 kg/cm ²	60 kg/cm ²	67 kg/cm ²	25 kg/cm ²
Absorción		9.73%		11%
Aislamiento acústico	37.23 dB	39.20 dB	41.88 dB	43 dB
Conductividad térmica	0.31 W/m°C	0.31 W/m°C	0.31 W/m°C	0.46 W/m°C
Protección contra fuego		Euroclase A1		-

Fuente: Elaboración propia.



El análisis mostró que, cuando se exige desempeño térmico equivalente, la solución cerámica requiere capas adicionales de aislamiento o incremento de espesor total, elevando el costo directo e indirecto. La alternativa de hormigón celular, al integrar aislación y cerramiento en un mismo sistema, presentó menor costo global y menor incertidumbre operativa en obra.

CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN

A partir del análisis experimental y técnico-económico del hormigón celular como alternativa a la tabiquería tradicional, se establecen las siguientes conclusiones:

Diseño óptimo de mezcla y comportamiento físico-mecánico

La mezcla óptima para bloques de tabiquería no portante (densidad objetivo de $1,200 \text{ kg/m}^3$) requiere 355 kg/m^3 de cemento, 673 kg/m^3 de arena, 129 kg/m^3 de agua y 50 l/m^3 de espuma. Con una relación a/c entre 0.4 y 0.5, el hormigón celular alcanza resistencias a la compresión de 4.79 a 5.14 MPa y una baja absorción del 9.73%. Estos valores superan ampliamente el mínimo establecido por la norma boliviana (2 MPa), destacando además como un material autocompactante y de excelente trabajabilidad.

Alto desempeño térmico, acústico y de seguridad

El hormigón celular demuestra propiedades funcionales superiores frente al ladrillo cerámico. Registra una conductividad térmica muy baja ($0.31 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ para 10 cm de espesor) y un aislamiento acústico efectivo (45 dB con revoque) debido a la presencia de celdas de aire en la matriz interna del hormigón celular. Además, su catalogación como material Clase A1 (norma UNE-EN 13501) garantizando su incombustibilidad y funcionamiento como muro cortafuego por más de 90 minutos sin emitir gases tóxicos.

Eficiencia constructiva

Si bien el costo inicial del bloque de hormigón celular es superior al del ladrillo de 6 huecos, el balance económico global es favorable. Su mayor dimensión y ligereza reducen drásticamente los tiempos de ejecución y los costos de mano de obra. Paralelamente, su precisión dimensional minimiza el consumo de morteros de junta y revoques.

Sostenibilidad

La sustitución de la arcilla cocida por hormigón celular fomenta la construcción sostenible. Sus propiedades aislantes disminuyen el consumo energético por climatización a lo largo de la vida útil del edificio. Al ser un material fabricado en frío, reciclable se consolida como una solución ecológica, segura y altamente eficiente para la edificación residencial.

Desde un enfoque de ciclo de vida de uso, el desempeño térmico del hormigón celular reduce la demanda energética operativa de la edificación residencial, especialmente en climas donde la envolvente condiciona el confort. Esto aporta a la meta del ODS 7 al disminuir requerimientos de calefacción y refrigeración, del ODS 9 y ODS 11 al favorecer viviendas más habitables y resilientes. Si bien esta investigación no desarrolló un Análisis de Ciclo de Vida completo del material, los resultados apuntan a un potencial de mejora ambiental que merece cuantificación específica en trabajos posteriores.

CONFLICTO DE INTERÉS

El autor declara que no tiene conflictos de interés con la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACH, Arquitectura, Construcción y Sostenibilidad. (26 de mayo de 2021). Blog ACH (Arquitectura, Construcción y Sostenibilidad). Obtenido de Blog ACH (Arquitectura, Construcción y Sostenibilidad): <https://panelesach.com/blog/certificaciones-de-construccion-sostenible-guia-completa/>
- Amran, M., Farzadnia, N., & Ali, A. (2015). Properties and applications of foamed concrete; a review. Malaysia: Elsevier Ltd.
- Brady, K., Jones, M., & Watts, G. (2001). Especificación para el Hormigón Celular. Guía de aplicación AG39: TRL Limited.
- Expanded Shale, Clay & Slate Institute ESCSI. (2007). Physical Properties of Structural Lightweight Concrete. Lake City.
- Jones, M., & McCarthy, A. (2005). Puntos de vista preliminares sobre el potencial del hormigón celular como material estructural.

Koteswara, R., & Veerendrakumar, K. (2021). Review of materials used in Low density concrete as Eco-friendly. International Conference on Advances in Civil Engineering (ICACE).

Lazo Arraya, J. (2017). Diseño de Concreto Celular para diferentes densidades, análisis de sus propiedades y sus aplicaciones. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Panesar, D. (2013). Propiedades del hormigón celular y el efecto de los agentes espumantes sintéticos y proteicos. Constr. Construir Mate.

Rengifo, M., & Yupangui, R. (2013). Estudio del hormigón celular. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.

Valore, R. (1954). Hormigones celulares parte 2: propiedades físicas. ACI J. Proc 50.



Marcelo Fernando Herrera Salazar.

Ingeniero Civil titulado de la Escuela Militar de Ingeniería – La Paz - Bolivia RNI 55929

M.Sc. en Ingeniería Geológica, Universidad Complutense de Madrid España, destacado con la máxima distinción de "Matriculado de Honor" y galardonado con el accésit a los premios "Jorge Civis

2025" por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) de España

Diplomado en Geotecnia en Infraestructura Aplicada en BIM en Proyectos, Universidad Franz Tamayo, La Paz – Bolivia.