

La viabilidad del uso del bloque de tierra comprimida para las cooperativas de construcción por ayuda mutua en Uruguay

A viabilidade do uso do bloco de terra comprimida para as cooperativas de construção por ajuda mútua no Uruguai

Sessão Temática: ST3 – Políticas públicas, habitação e cidade

MUNIZ, Mara Bruna Silveira; Msc. Ing. civil; Facultad de Ingeniería (UdelaR)

bmuniz@fing.edu.uy

IBARRA, Valentina Ibarra Telis; Estudiante de Ing. Civil; Facultad de Ingeniería (UdelaR)

valentinaibarra3@gmail.com

HERBON, Natalia Agustina Martínez; Estudiante de Ing. Civil; Facultad de Ingeniería (UdelaR)

nataliaherbon@gmail.com

ROSSI, Natalia Sofía Castillo; Estudiante de Ing. Civil; Facultad de Ingeniería (UdelaR)

natirossi73@gmail.com

Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la viabilidad del uso del bloque de tierra comprimida (BTC) para la construcción de las viviendas de interés social con enfoque en las cooperativas de construcción por ayuda mutua en Uruguay. El análisis se basa en cuatro parámetros: resistencia a la compresión, la capacidad de absorción de agua de los bloques, impacto ambiental en su fabricación y costo beneficio. Fue realizada distintas entrevistas para obtener información de las cooperativas y de la comercialización de los BTC en Uruguay. Además, se compiló información de la bibliografía en relación con los resultados de los ensayos mencionados. Con base en los resultados adoptados se concluye que el BTC es apto para la autoconstrucción y su uso por las cooperativas de construcción, además poseen resistencia necesaria de compresión y a la intemperie cuando comparado a los ladrillos tradicionales.

Palabras-chave: bloque de tierra comprimida, viviendas de interés social, autoconstrucción.

Abstract

The objective of this paper is to analyze the viability of the use of the compressed earth block for the construction of social housing with a focus on mutual aid construction cooperatives in Uruguay. The analysis is based on four parameters: compressive strength, the blocks' water absorption capacity, the environmental impact of their manufacture, and cost-benefit. Various interviews were conducted to obtain information on the cooperatives and the commercialization of BTC in Uruguay. In addition, information was compiled from the literature regarding the results of the aforementioned tests. Based on the results adopted, it is concluded

that the BTC is suitable for self-construction and its use by construction cooperatives, in addition to having the necessary compression and weather resistance when compared to traditional bricks.

Keywords: compressed earth blocks, social housing, self-construction.

1. Introducción

La tierra como material de construcción ha sido utilizada en Uruguay desde las primeras colonizaciones. A mitad del siglo XX, coincidiendo con una tendencia mundial en la que materiales industrializados sustituyeron a tradicionales, los sistemas y técnicas constructivas con tierra fueron dejados de lado. A partir de 1988, en Uruguay se comienza a revalorizar la arquitectura y construcción con tierra como respuesta a necesidades de vivienda, pero, a diferencia de otros países de la región, sin un marco normativo sobre el que basarse a la hora de evaluar las construcciones por parte de organismos nacionales o departamentales. A pesar de vacíos legales, las construcciones con tierra en Uruguay han aumentado significativamente en los primeros años de este siglo (Revista Construcción, 2022).

Cabe destacar que hace algunas décadas renació el interés en relación con la tierra como material de construcción debido a la necesidad de reducir el impacto ambiental y los costos de construcción; es así como surgen diferentes técnicas como el adobe, el tapial, el terrón y el ladrillo de bloque de tierra comprimida (BTC), los cuales comparten la tierra como principal componente (Falceto, 2012). El BTC puede ser considerado como una buena sustitución al ladrillo cocido utilizado en las construcciones tradicionales. Dicho material posee estabilizantes minerales tales como cal aérea, cal hidráulica, arcilla o cemento, los cuales gozan de un aumento de la resistencia a compresión y a la intemperie de los BTC (Cuitiño, Rotondaro y Esteves, 2020).

La construcción de viviendas por Cooperativas de Ayuda Mutua se instala en Uruguay en 1968, al incluirse este sistema en la Ley de Viviendas aprobada por el Parlamento Nacional No 13.728 (Pino y Estramil, 2014). La ayuda mutua como proceso comunitario de autoconstrucción, además de configurar una forma de aportar valor para la construcción de las viviendas, supone un rol central en el control colectivo y la apropiación de la experiencia. Es el trabajo colectivo y comunitario en la construcción de la totalidad de las viviendas, sin conocer hasta el final cuál será la de cada socio, una de las expresiones

más importantes de la experiencia cooperativa uruguaya (Macellaro, 2020).

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la viabilidad del uso del BTC en las construcciones de viviendas de las cooperativas por ayuda mutua en Uruguay a través de tres parámetros: propiedades mecánicas y físicas del BTC, costo e impacto ambiental en su fabricación, dichos parámetros serán comparados con relación a los ladrillos cocidos y bloques de concreto, ya que son los materiales tradicionales más utilizados para la construcción de viviendas. Además, la investigación pretende impulsar la normalización del BTC en Uruguay.

2. Estado del Arte

2.1 Bloque de tierra comprimida (BTC) para la construcción de viviendas de interés social

El BTC puede estar compuesto por tierra en un 82,75%, arena en un 6,20% y cemento (actúa como estabilizante) 11,03% siendo estos componentes cernidos antes de mezclados y estabilizados (Medina, Medina, Junco, 2011). El estabilizante es un aditivo que ayuda a conservar la estructura del material. Los BTC estabilizados con cemento portland son los más comunes (Elahi, Shahriar, Alam y Abedin, 2020). El proceso de fabricación del BTC consiste en colocar la mezcla obtenida en una prensa mecánica o hidráulica (Neves y Borges Farías, 2011), manual o automática según el tamaño de producción buscado (González y Cabrera, 2017). Después de ser prensados son desmoldados para ser curados o secados (Arteaga, Medina, Gutiérrez, 2011). Esta última etapa se realiza al aire libre y bajo el sol (Cuitiño, Rotondaro, Esteves, 2020). Sus características más generales, debido a ser en su mayoría tierra, son el bajo costo de producción, el ser reciclable y adaptable a las condiciones climáticas que se presenten. (Arteaga, Medina, Gutiérrez, 2011). También presenta características como la resistencia al fuego, ya que la tierra no es un material combustible, así como también durabilidad y posibilidad de reducir los costos económicos ya que es un material natural abundante. (SustentArqui, 2020).

En una investigación realizada en la Universidad Nacional de Loja, Ecuador, los autores analizaron las propiedades mecánicas y de durabilidad de los BTC para su aplicación en las construcciones de viviendas de interés social en la modalidad de autoconstrucción. Primeramente, fue desarrollada una campaña experimental para la

fabricación de los BTC con diferentes proporciones de agua y cemento como estabilizante con el objetivo de encontrar la dosificación adecuada para alcanzar la resistencia mínima a la compresión exigida por la normativa vigente. De acuerdo con los criterios de resistencia y durabilidad de los ensayos y el procesamiento del suelo de Chuquiribamba, las mejores dosificaciones recomendadas corresponden a 13% de cemento y 25% de agua (7,78 MPa – resistencia a compresión); 9,75% de cemento y 25% de agua (6,09 MPa – resistencia a compresión) (Abad, Guaricela y Catá, 2019). Cabe resaltar que la norma ecuatoriana de la construcción (NEC-15) no regula los BTC pero en el capítulo de estabilidad estructural de las edificaciones se recomienda para la resistencia de los muros de mampostería confinados una resistencia a la compresión mínima de 5 MPa. Por lo tanto, los autores concluyen que el BTC con dichas dosificaciones es apto para la construcción de viviendas.

Los autores adaptaron la tecnología desarrollada en el laboratorio a una forma sencilla de producción de los BTC, a fin de transferirla a la familia beneficiaria, pues en la modalidad de autoconstrucción eran parte del proceso. La fase de producción fue un éxito, sin embargo, exige trabajo en un tiempo anterior a la fecha de inicio de la construcción para la fabricación, el curado y el secado de los bloques. Como resultado, el beneficiario y su familia con su fuerza de trabajo y el respectivo asesoramiento elaboraron 9500 unidades, con un rendimiento promedio de 500 bloques/día utilizando tres jornales diarios. Luego de 28 días del proceso de curado se inició la construcción de la vivienda (Abad, Guaricela y Catá, 2019). En la Fig. 1 es ilustrado la construcción de una vivienda con los BTC.

Figura 1 – (a) Sobrecimiento y primera fila del bloque de tierra comprimida, en el cual se observan los hierros dentro de los bloques; (b) Vivienda prototipo construida bajo la modalidad de autoconstrucción



(a)



(b)

Fuente: Abad, Guaricela y Catá (2019)

2.2 Cooperativas de construcción por ayuda mutua en Uruguay

Las cooperativas se constituyen con base en dos sistemas: el de ahorro previo y el de ayuda mutua. En ambos el grupo tiene que aportar al menos un 15% del valor de las viviendas; en el primero, con un ahorro grupal anterior a la adjudicación de las viviendas y en la ayuda mutua, aportando su mano de obra en el momento de la construcción (Macellaro, 2020). En la construcción de las viviendas comprende la ampliación, reparación y conservación de las mismas, así como otro tipo de construcciones que realice la cooperativa, como, por ejemplo, servicios complementarios (guardería, cocina, lavadero, etc.). Bajo la dirección técnica de la Cooperativa, el trabajo comunitario es dirigido también por la Cooperativa, en los asesoramientos técnicos por parte del Instituto de Asistencia Técnica (IAT), que obligatoriamente debe contratar la Cooperativa. El trabajo de Ayuda Mutua lo organiza la Cooperativa en conjunto con el asesoramiento del IAT, mediante un reglamento aprobado que regula el aporte de trabajo de los socios y grupos familiares; en el mismo se indica número de horas por semana que debe aportar cada grupo familiar, cantidad de horas hombre, mujer y menor, formas de compensar horas, etc (Pino y Estramil, 2014).

La Facultad de Arquitectura y Urbanismo (UdelaR), desarrollaron una investigación en 2005, a la cual se refiere al diseño y montaje de tres casas experimentales y las respectivas instancias de capacitación y transferencia de innovación tecnológica a partir de la tierra como material contemporáneo de construcción. Esta investigación consolida un hito de la arquitectura de tierra en el Uruguay, ya que su resultado formaría parte de nuevas políticas sociales en referencia al acceso al hábitat. A su vez, consolida la recuperación de culturas constructivas olvidadas. La Intendencia de Montevideo aprobó la casa experimental a construirse con la técnica fajina, con la expectativa de evaluar la experiencia en agosto de 2005 y aplicarla a la solución de viviendas para sectores de bajos recursos económicos, en la modalidad de cooperativas de ayuda mutua (Pino y Estramil, 2014).

3. Metodología

Para analizar la viabilidad del uso del BTC para la construcción de viviendas de interés social fueron elegidos cuatro parámetros: resistencia a la compresión, capacidad de absorción de agua, el impacto ambiental en su fabricación y el costo beneficio del

material con el objetivo de comparar a los materiales tradicionales, como, por ejemplo, el ladrillo cocido y el bloque de concreto.

La prueba de resistencia a la compresión se considera una prueba de referencia para el BTC, ya que se considera como un indicador esencial de la resistencia de la mampostería. La evaluación de la capacidad de absorción total de agua de un bloque es esencial ya que puede ser utilizada para la rutina de controles de calidad, clasificación según la durabilidad requerida y el uso estructural y para estimar el volumen de huecos. Por lo general, cuanto menos agua absorbe y retiene un bloque, mejor es su estructura, rendimiento y durabilidad. La reducción de la capacidad total de absorción de agua de un bloque a menudo ha sido considerada como una forma de mejorar su calidad (Teixeira et al., 2020).

Para obtener una referencia sobre los BTC se buscó información acerca de las normas las cuales regulan este material en distintos países ya que Uruguay no cuenta con normativas vigentes con relación a la construcción con tierra. Además, fue realizada una búsqueda bibliográfica con el objetivo de compilar informaciones acerca del BTC, de las cuales: propiedades mecánicas, físicas, de durabilidad e impacto ambiental. Luego se realizaron distintos tipos de entrevistas para obtener información acerca de las cooperativas de construcción por ayuda mutua en Uruguay y de la comercialización de este tipo de bloques en el país. Con relación al costo de los BTC, fue obtenida información de dos empresas distintas.

4. Resultados

4.1 Resistencia a la compresión, a la erosión y absorción de agua

Según la norma norte americana ASTM C62 (2012), para establecer el control de calidad de los ladrillos para la construcción es muy importante evaluar la resistencia a la compresión, según esa misma norma los valores mínimos de resistencia para ser considerado aptos para la construcción son presentados en la tabla 1.

Tabla 1 – Resistencia a la compresión (ASTM C62, 2012)

Materiales	Resistencia compresión (MPa)
Ladrillo tradicional	Aprox. 6,90
BTC (sin cemento)	Aprox. 6,90

BTC (con cemento)	10,34
BTC (cemento +cascarilla de arroz)	10,34

Fuente: López y Ramos (2019)

En una investigación realizada por López y Ramos (2019), los autores analizaron dos propiedades importantes: resistencia a la compresión y la capacidad de absorción de agua. Fueron fabricados 10 probetas para cada grupo de material: BTC sin adición de cemento, BTC con adición de cemento, BTC con cemento y cascarilla de arroz y compararon al ladrillo cocido tradicional. El ensayo a la compresión fue realizado bajo norma ASTM C39 (2014). El ensayo de absorción fue realizado bajo la norma norte americana ASTM C67 (2009), fueron fabricadas 5 probetas para cada grupo.

En la tabla 2 se presenta los resultados obtenidos por los autores López y Ramos (2019) en su investigación. Los ladrillos conformados por suelo únicamente o bloque de tierra comprimida (BTC) brindaron una resistencia a la compresión considerablemente mayor (el doble) que los ladrillos tradicionales. No obstante, los ladrillos BTC reforzados con cemento y los ladrillos BTC reforzados con cemento y cascarillas de arroz superaron sus resistencias, con una diferencia altamente perceptible del patrón típico de las piezas tradicionales de arcilla. Los autores concluyen que una muestra tangible de la calidad valorada consiste en el hecho que los ladrillos BTC con suelo y cemento y los BTC con suelo, cemento y cascarilla de arroz poseen resistencias medias que se encuentran por encima de la resistencia mínima que se utilizó como referencia (ASTM C62, 2012) a los ladrillos de construcción. En función de ello, los ladrillos BTC pueden ser utilizados con toda confianza en ambientes protegidos de la intemperie, a diferencia de las piezas de ladrillo tradicional, que no pueden ser calificadas por encontrarse debajo del mínimo estandarizado requerido por la norma de referencia.

Con relación al ensayo de absorción, generalmente a mayor coeficiente de saturación, mayor será la cantidad de agua que absorbe rápidamente el ladrillo (López y Ramos, 2019). De acuerdo con el criterio técnico establecido y a los resultados obtenidos, no fue posible establecer un coeficiente de saturación para el ladrillo-BTC porque las piezas sufrieron un proceso de desmoronamiento excesivo, ya que fueron sometidas a inmersión en agua fría durante 24 horas. Esto hizo imposible ejecutar la prueba de referencia. Por lo tanto, los BTC sin adición de estabilizante no cumplieron con la normativa, o sea, no están

aptos para estar expuestos a la intemperie. Según absorción, los ladrillos BTC con suelo y cemento pueden ser calificados como intemperismo moderado. De acuerdo con este parámetro, este tipo de ladrillos pueden ser utilizados para muros de mampostería que se encuentren expuestos a la intemperie en forma moderada. Finalmente, el ensayo concluye que un ladrillo BTC óptimo debe contener un aditivo estructurante (o estabilizante) es decir, un elemento que desempeñe una función cementante o de unión entre las partículas, como puede ser el cemento Portland o la cascarilla de arroz (López y Ramos, 2019).

Tabla 2 – Compilación de resultados de ensayos de absorción de agua en BTC

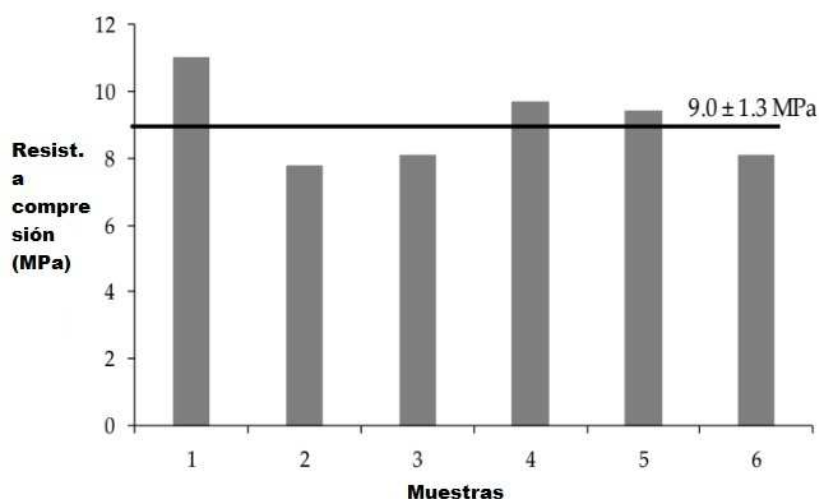
Materiales	Absorción capilar (%)		Coeficiente de saturación	Resistencia a compresión (MPa)
	inmersión agua fría	inmersión agua hirviendo		
Ladrillo tradicional	23	26	0,87	3,65
BTC (sin cemento)	No apto	No apto	No apto	6,90
BTC (con cemento)	21	22	0,95	11,56
BTC (cemento +cascarilla de arroz)	22	24	0,92	12,72

Fuente: López y Ramos (2019).

En una investigación realizada por Teixeira et al. (2020), los autores analizaron las propiedades mecánicas del BTC estabilizado con cal a través de la resistencia a la compresión bajo la norma NP EN 772-1 (2002). En la Fig. 2 se presentan los resultados del ensayo de resistencia a la compresión en los BTC. Los resultados mostraron una variación de la resistencia a la compresión entre 7,8 MPa y 11,0 MPa, siendo la media de $9,0 \pm 1,3$ MPa. Estos valores son muy buenos ya que se sabe que los requisitos mínimos de resistencia a la compresión para ese tipo de bloque pueden variar entre 1,0 MPa y 2,8 MPa. Estos valores más altos pueden estar relacionados con el proceso de compactación utilizado, ya que compactar el suelo con una prensa mejora la calidad del material. La mayor densidad obtenida por compactación aumenta significativamente la resistencia a la compresión de los bloques. Otra razón de la mayor resistencia a la compresión es la presencia de cal en la mezcla. La cal permite el desarrollo de hidrato de silicato de calcio

(CSH) junto con la formación de cantidades menores de calcita, lo que provoca una mayor resistencia (Teixeira et al., 2020).

Figura 2 – Resistencia a la compresión en BTC estabilizado con Cal



Fuente: Teixeira et al. (2020)

4.2 Impacto ambiental en su fabricación

En el área de la construcción el impacto ambiental no es un problema menor, ya que los materiales utilizados en este rubro son altamente contaminantes, incluso luego de terminada la obra sigue siendo una causa directa de contaminación. Esta problemática motiva la búsqueda de nuevos materiales que sean viables, es decir, que tengan adecuadas propiedades mecánicas y a su vez sean amigables con el medio ambiente. De esta forma, se comienza a implementar el uso de los ladrillos de tierra comprimida como una alternativa para combatir este problema. En este apartado se comparará el impacto ambiental producido por el ladrillo de cocido, el bloque de concreto y el BTC. En la tabla 3 se ilustran los aspectos más generales de cada uno de estos materiales. A través de los resultados obtenidos con relación al impacto ambiental en la fabricación del BTC, es observado que el BTC casi no posee contaminación en su proceso de fabricación con relación a los ladrillos cocidos y bloques de concreto. En la Fig. 3 se presenta una gráfica del Análisis de Ciclo de Vida del BTC, bloques de concreto y ladrillos cocidos propuesta por la norma IRAM-ISO 14040 (IRAM, 2017).

Tabla 3 - Generalidades de los materiales.

Material	Etapas de fabricación	Etapas más contaminante	Componentes
BTC	Colocar la mezcla obtenida en una prensa mecánica o hidráulica, prensado, desmoldado y curado o secado.	Secado si éste no es realizado al sol.	Tierra Arena Cemento
Ladrillo cocido	Extracción de arcilla, mezcla, modelado, secado, quemado, enfriado y descarga.	Quemado. Además, la extracción de arcilla erosiona los suelos, perdiendo áreas naturales de cultivo.	Tierra Arcilla Arena
Bloque de concreto	Obtención de materia prima, preparación de las mismas, molienda en crudo, cocción en el horno rotativo, molienda en clínker, almacenamiento y transporte.	produce constantemente emisiones de CO ₂ , pero la mayor cantidad es emitida durante la cocción en el horno rotativo	Cemento Arena Agua Triturado 3/8 RCD

Fuente: Sierra (2020)

Las diferencias entre ambos tipos de BTC son mínimas, principalmente se puede destacar que el BTC producido con prensas hidráulicas genera mayor impacto gracias a la energía eléctrica utilizada. El BTC es el material menos contaminante de los tres en las ocho categorías, uno de los motivos es la posibilidad de fabricarlo en el sitio de construcción, generando nulo impacto en el transporte. El ladrillo tradicional es el mayor contaminante, dado en gran parte a los hornos alimentados por carbón y cisco utilizados en su producción. (Sierra, 2020).

Figura 3 - Impacto ambiental por categoría de 1m² de muro.



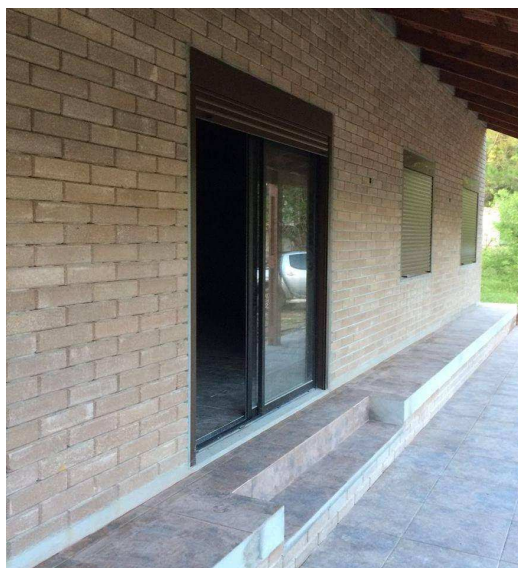
Fuente: Sierra (2020)

4.3 Costo beneficio

En una entrevista con un productor artesanal de BTC se pudo conocer una gran suma de ventajas del uso de este en obras. En base a su experiencia, destaca que resulta ser un material termoaislante. Mantiene el interior de los hogares frescos en verano y caliente en el invierno por la capacidad de la tierra de almacenar calor. Sin embargo, puede presentar algunos problemas de humedad, pero estos no son más complejos que los que aparecen en los medios tradicionales de construcciones y se solucionan rápidamente. Además, las fisuras generadas en las primeras semanas de construida la pared, se pueden reparar fácilmente y sin problemas a futuro.

Resalta también que aliviana los costos de construcción ya que puede ser fabricado en las cercanías al lugar donde se llevará a cabo la obra, además reduce el uso de otros materiales ya que no necesita gran cantidad de cementos en las uniones y tampoco es necesario revestir o revocar la pared si no es deseado. El material otorga por sí solo un aspecto limpio y prolijo a la construcción. El entrevistado proporcionó las siguientes imágenes de una casa construida con BTC para ilustrar este último punto (Fig. 4).

Figura 3 – BTC (“Ecoladrillos”) fabricados en Uruguay



Fuente: Imágenes proporcionada por el entrevistado, 2017

Actualmente los ladrillos ecológicos son comercializados por varias empresas en Uruguay. Normalmente, sus medidas son de 12.5 cm de ancho, 25.0 cm de largo y 7.0 cm de alto, su rendimiento medio es de 52 ladrillos por metro cuadrado. En la tabla 4 se presenta los costos medios de los BTC fabricados en dos empresas en Uruguay, los ladrillos cocidos y los bloques de concreto.

Tabla 4: Costos de los materiales y sus medidas

Material	Costo por metro ²	Medidas (cm) (ancho, largo, alto)	Bloques por metro ²
Ladrillo cocido	\$407 - \$703	11x24x5	37
Bloque de concreto	\$650 - \$897	19x38x19	13
BTC	\$1040 - \$1300	12,5x25x7	52

Fuente: Autor, 2022

Se observa que los BTC tienen el mayor costo del m² con relación a los ladrillos tradicionales, pero por su ventaja de poder producirlo en obra se economiza con los costos de transporte, además se economiza con cemento en el mortero ya que requiere apenas de 2 mm en las juntas de unión. Conviene destacar que, el uso de BTC concede una construcción prolija y agradable a la vista, por ende, no es necesario revestir las paredes

si no se desea, otro factor que se puede economizar tanto con material como con mano de obra.

4.4 Viabilidad de los BTCs en la Cooperativas de ayuda mutua

Luego de una serie de entrevistas con un cooperativista se destacó el gran trabajo y esfuerzo que tienen los y las cooperativistas en Uruguay. Dentro del programa de construcción de obra nueva con modalidad cooperativa de vivienda, el BTC no es un material distintivo o común de uso en la elaboración de proyectos constructivos ya que desde siempre el movimiento cooperativo de usuarios ha utilizado ladrillo cocido tradicional por su fácil acceso para comprar y por su costo.

Pero además de los materiales mencionados anteriormente, los BTC, desde el año 2018 se encuentran a disposición de las Cooperativas de vivienda a mejor precio de mercado debido a convenios existentes, siempre y cuando estos materiales permitan cumplir el cronograma de obras de acuerdo a la memoria descriptiva detallada en el anteproyecto presentado a la Agencia Nacional de Viviendas y atento al rubrado, siendo este el documento que indica cuánto capital se puede gastar en cada ítem de ejecución. Además, actualmente en Montevideo, en el barrio de Villa Española está emplazada una Cooperativa, integrada por 18 familias, construida con tierra por proceso de fajina, llevado a cabo mediante un proyecto de Extensión Universitaria en apoyo a las Cooperativas para la asistencia técnica durante todo el proceso de autoconstrucción.

5. Conclusiones

A través de los parámetros analizados, resistencia a la compresión, capacidad de absorción de agua, impacto ambiental y costo beneficio de los BTC, se puede concluir que:

- Con relación a los resultados de los ensayos a compresión y capacidad de absorción de agua se concluye que un ladrillo BTC óptimo debe contener una pequeña cantidad de un aditivo estructurante (o estabilizante), es decir, un elemento que desempeñe una función cementante o de unión entre las partículas, como puede ser el cemento Portland, cal o la cascarilla de arroz;
- El impacto ambiental en la fabricación del BTC es casi cero en comparación a los

ladrillos tradicionales;

- A pesar de que el costo del BTC por m² es mayor con relación a los ladrillos tradicionales, cabe destacar que por su ventaja de fabricación en obra se baja el costo de transporte a cero, además no es necesario el revoque, economizando con material y mano de obra; Además la tierra posee una gran capacidad de regular la temperatura de interiores, de esta manera se puede economizar con calefacción, principalmente en países fríos como Uruguay.
- Es una técnica viable para la autoconstrucción, ya que se puede fabricar los ladrillos en obra;
- Por lo tanto, se puede afirmar que es viable la utilización del BTC para la construcción de viviendas de interés social incluyendo las Cooperativas de construcción por ayuda mutua de Uruguay, ya que están dentro de su presupuesto y dentro del tiempo de elaboración de la obra.
- A pesar de la falta de normalización en Uruguay con relación al BTC, es una técnica utilizada en Uruguay desde hace años;
- Es necesario la realización de más investigaciones para mayores conclusiones sobre las propiedades del BTC además para poder impulsar la viabilidad de una normativa nacional.

Referencias

ABAD, Emperatriz Isabel Bailón; GUARICELA, Romel Iván Espinosa; CATÁ, Jorge Bernardo Acevedo. Bloque de suelo estabilizado en pequeño formato y tecnología de colocación en obra en vivienda de interés social. **Ingeniería y Desarrollo**, Loja, v. 37, n. 1, p. 1-23, jun. 2019.

American Society for Testing and Materials [ASTM C62-12]. (2012). **Standard specification for building brick (solid masonry units made from clay or shale)**. ASTM C62-12.

CUITIÑO-ROSALES, María Guadalupe; ROTONDARO, Rodolfo; ESTEVES, Alfredo. **Análisis comparativo de aspectos térmicos y resistencias mecánicas de los materiales y los elementos de la construcción con tierra**. 2019. Disponible en: [dx.doi.org/10.14718/RevArq.2020.2348](https://doi.org/10.14718/RevArq.2020.2348). Acceso en: 31 jul. 2022.

FALCETO, Jaime Cid. **Durabilidad de los bloques de tierra comprimida: Evaluación y recomendaciones para la normalización de los ensayos de erosión y absorción**. 2012. 339 f. Tese (Doutorado) - Curso de Durabilidad de Los Bloques de Tierra Comprimida: Evaluación y Recomendaciones Para La Normalización de Los Ensayos de Erosión y Absorción, Durabilidad de Los Bloques de Tierra Comprimada, Madrid, 2012.

FERREIRO, Alejandro. **Análisis comparativo de los atributos de los bloques de tierra comprimida en la producción nacional**. 2022. Disponible en: <http://www.revistaconstruccion.uy/>. Consultado el: 31 de julio. 2022

LAGUNA, María Cabo. **Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción**. 2011. Disponible en: academica-e.unavarra.es. Acceso en: 31 jul. 2022.

MEDINA, Karen Tatiana Arteaga; MEDINA, Óscar Humberto; JUNCO, Óscar Javier Gutiérrez. Bloque de tierra comprimida como material constructivo. **Revista Facultad de Ingeniería**, Bogotá, v. 20, n. 31, p. 55-68, nov. 2011.

MARTÍNEZ, Jesús Enrique de Hoyos *et al.* **Bioconstrucción para la vivienda**: pensamientos y técnicas. Toluca: La Universidad Autónoma del Estado de México., 2020. 272 p.

PÉREZ, Giancarlo Chur. **Evaluación del uso de la cascarilla de arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería**. 2010. 133 f. TCC (Graduação) - Curso de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, 2010.

PINO, Virginia del; ESTRAMIL, Veronica. **Arquitectura con tierra Bioconstrucción en Cooperativas de vivienda por ayuda mutua**. 2014. Disponível em: fadu.edu.uy. Acesso em: 31 jul. 2022.

RIVERA, Bessy María Ramos; ZERÓN, Julio César López. El ladrillo de bloque de tierra comprimida: una alternativa para reducir la carga ambiental. **Innovare Revista de Ciencia y Tecnología**, Tegucigalpa, v. 8, n. 8, p. 88-93, 30 dez. 2019.

RUIZ, Ronald Cristhian Mamani. **Estudio y evaluación de formulación de mezclas para la obtención de ladrillos de arcilla en la Ciudad de Cusco**. 2015. Disponível em: <http://repositorio.unsa.edu.pe/>. Acesso em: 31 jul. 2022.

SIERRA, Jorge Andrés Duque. **Medición del impacto ambiental de bloques de suelo-cemento, bloques cerámicos y bloques de concreto por el método de análisis de ciclo de vida**. 2020. 127 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2020.

TEIXEIRA, Elisabete R. *et al.* Mechanical and Thermal Performance Characterisation of Compressed Earth Blocks. **Energies**, [S.L.], v. 13, n. 11, p. 2978-3000, 10 jun. 2020. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/en13112978>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1996-1073/13/11/2978>. Acesso em: 31 jul. 2022.