



Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Industrial



# REVISTA INDUSTRIAL 4.0

ISSN-L 2958-0188

Edición Digital Nro. 10  
Noviembre 2024

**Universidad Mayor de San Andrés  
Facultad de Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Industrial**

**Dra. Maria Eugenia Garcia Moreno  
Dr. Tito Estevez Martini  
Ing. Freddy Gutierrez Barea  
Ing. Juan Jose Torrez Obleas  
Ing. Franz José Zenteno Benítez**

**Rectora  
Vicerrector  
Decano Facultad de Ingeniería  
ViceDecano Facultad de Ingeniería a.i.  
Director de Carrera Ingeniería Industrial**

**Revista Industrial 4.0  
Edición Digital N°. 10 - Noviembre 2024  
Impresa: ISSN 2958-017X  
En Línea: ISSN-L 2958-0188**

**Comite Editor:  
Ing. Monica Lino Humerez  
Ing. Grover Sanchez Eid**

**Diseño Versión Impresa & web:  
Ing. Enrique Orosco Crespo**

**Imagen Tapa:  
Carrera de Ingeniería Industrial**

**Imprenta:  
Walking Graf**

**Deposito Legal:  
4-3-68-20**

**Web:  
<https://industrial.umsa.bo/revistaindustrial-40>  
Email:  
[revistaindustrial4.0@umsa.bo](mailto:revistaindustrial4.0@umsa.bo)**

**Av. Mcal. Santa Cruz N° 1175, Plaza del Obelisco  
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería  
TEI. 2205000-2205067, Int. 1402  
Campus Universitario, Cota Cota - calle 30**

## **BTC ó BPT BLOQUES QUE CONTRIBUYEN AL CUIDADO AMBIENTAL: COMBINACIONES Y APLICACIONES**

**Carla Lizett Kaune Sarabia**  
ORCID: 0000-0002-2589-6734  
[ksclkaune@umsa.bo](mailto:ksclkaune@umsa.bo)

Recibido: 16 de septiembre; aprobado: 14 de octubre

### **RESUMEN**

El crecimiento del rubro de la construcción conlleva a la fabricación de un mayor número de ladrillos cocidos lo que incrementa la contaminación ambiental por los materiales utilizados en los hornos de artesanales. El cuidado del medio ambiente hace que se busquen elementos que no contaminen, lo que lleva a realizar investigaciones para lograr materiales destinados a la construcción que coadyuben a este objetivo. Dentro de las opciones se tienen los bloques de tierra comprimida o también denominados bloques de tierra prensada que utilizan un material existente en abundancia y a costo bajo lo que permite que los seres humanos puedan construir viviendas con características térmicas, económicas y ecoeficientes, entre otros aspectos, que coadyuban a la disminución de la contaminación ambiental.

Para la elaboración de los BTC (Bloque de tierra comprimida) que también de los denomina BPT (Bloque prensado de tierra) se utilizaron materiales como, cemento, arena y cal, productos vegetales como sábila, cáscara de coco y de arroz y materiales asfálticos para la mejora de sus propiedades físico mecánicas, encontrando que con una adición de 10% de cemento a la mezcla básica se logra una resistencia a la compresión de 7,426 Mpa. en una investigación realizada en Argentina, permitiendo que el producto puede ser utilizado como mampostería portante.

### **PALABRAS CLAVE**

BTC, BPT, bloques comprimidos

## **ABSTRACT**

The growth of the construction industry leads to the manufacture of a greater number of fired bricks, which increases environmental pollution from the materials used in the kilns. Care for the environment has led to the search for elements that do not pollute, which has led to research to find materials for construction that contribute to this objective. Among the options are the compressed earth blocks or also called pressed earth blocks that use an existing material in abundance and at low cost, which allows human beings to build houses with thermal, economic and eco-efficient characteristics, among other aspects, which contribute to the reduction of environmental pollution.

For the elaboration of CEB (compressed earth block), also called PEB (pressed earth block), materials such as cement, sand and lime, vegetable products such as aloe vera, coconut and rice husks and asphalt materials were used to improve their physical-mechanical properties, finding that with an addition of 10% cement to the basic mixture a compressive strength of 7,426 Mpa. was achieved in a study carried out in Argentina, allowing the product to be used as load-bearing masonry.

## **KEY WORDS**

CEB, PEB, compressed blocks

## **INTRODUCCIÓN**

Lograr que un lugar brinde o satisfaga la necesidad de cobijo para el ser humano, hizo que se recurra a la utilización de distintos elementos de la naturaleza, desde huecos en las montañas como las cavernas, troncos para la construcción de cabañas, elaboración de ladrillos de barro con paja (adobes), arcilla cocida para la elaboración de ladrillos, hasta llegar al salto de la tecnología alcanzando a cubrir dicha necesidad con la impresión de casas mediante impresoras 3d.

Por la necesidad de vivienda e infraestructura para las empresas tanto del estado como privadas, productoras de bienes y servicios, es que en Bolivia el rubro de la construcción está entre los primeros lugares del PIB de acuerdo

al PCR<sup>1</sup> que de acuerdo a los datos del INE, la evolución de este sector se presenta en el gráfico 1.

**Gráfica 1 Variación del Producto Interno Bruto y la Construcción a Precios Constantes 2012-2022**



Fuente:(PCR, 2022)

Se evidencia que por la pandemia en año 2020 hubo un descenso significativo, pero en el año 2021 se elevó a 17,89% ocupando el segundo puesto en el PIB. De acuerdo a lo mencionado por Francisco Shwortshik ejecutivo de SOBOCE, se prevé que el año 2024 será muy bueno para la construcción, ya que en base a los permisos de construcción aprobados, el año 2023 tuvo un pequeño descenso a 5474 permisos de 5632 que se tuvieron el año 2022, pero se presenta un incremento respecto a la superficie construida que en el 2023 llegó a 2 887 728 m<sup>2</sup> cifra que es superior a la del 2022 que

---

<sup>1</sup> Pacific Credit Ranquin  
Carrera de Ingeniería Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad Mayor de San Andrés

asciende a 2 773 667m<sup>2</sup>.("Indicador Económico: Se Prevé Un Buen Año Para La Construcción En Bolivia," 2024)

Si el rubro de la construcción va en ascenso como se prevé, también debería incrementarse el uso de ladrillos, ya que estos se constituyen en un material básico, así como el cemento, para este rubro.

Uno de los ladrillos más utilizados es el de 6 huecos.

#### Ilustración 1 Ladrillo de 6 huecos



Fuente: (INCERPAZ, 2021)

El cual está elaborado de arcilla y que debe ser cocido en un horno, es en esta fase que se presenta el mayor problema durante su producción, la contaminación ambiental. En el artículo *Contaminación ambiental por ladrillos*, del periódico *Opinión*, se menciona que en muchas ladrilleras son los dueños los que construyen sus hornos artesanales y utilizan materiales para su calentamiento como llantas, ropa vieja y plásticos entre otros.(2016), además de estos insumos en México también utilizan madera, aceite automotriz, solventes, textiles, aserrín, envases de plásticos, residuos industriales y material orgánico de desecho. (Quiroz Carranza et al., 2021).

Por la quema de los materiales y/o insumos anteriormente mencionados para incrementar la temperatura de los hornos, en un estudio realizado en México, se evidencia la emisión de PM: Material particulado SO<sub>2</sub>: Dióxido de sulfuro, NO<sub>2</sub>: Dióxido de nitrógeno y CO: Monóxido de carbono (Berumen-Rodríguez et al., 2020), también se tiene lo mencionado por Dina Eva Gutiérrez en un estudio que hizo en Perú cita que:

Las ladrilleras emiten: gases altamente tóxicos y cancerígenos como óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), compuestos orgánicos volátiles (COV), hidrocarburos aromáticos poli nucleares, dioxinas, furanos, benceno, bifenilos policlorados y metales pesados como As, Cd, Ni, Zn, Hg, Cr,

V, etc., los que provocan irritación de la piel, de los ojos y de las membranas mucosas, además de trastornos en las vías respiratorias, en el sistema nervioso central, depresión y eventualmente cáncer. (Opinión, 2016)

La emisión de gases por las ladrilleras es tan preocupante que en México se tuvo que tomar la decisión de prohibir la cocción de estos a partir del 15 de diciembre del 2019 al 15 de enero de 2020 que es el periodo de invierno, porque la contaminación ambiental era tan alta que tuvieron que aplicar medidas para disminuir las contingencias ambientales. (Noticias Milenio, 2019)

Pero ante esta situación tan preocupante, Swisscontact busca concientizar y capacitar a las 2.820 ladrilleras que existen en Bolivia para que cambien de tecnología para la cocción, evidentemente eso no se podrá realizar de manera inmediata (COSUDE, 2015), entonces ¿qué se debe hacer para el cuidado del medio ambiente?

## **DESARROLLO**

Se realizará una revisión bibliográfica sobre las características de los Bloques de Tierra Comprimida o Bloques de Tierra Prensada, y las posibles combinaciones con otros elementos.

El pensamiento o filosofía de vida que un porcentaje de la población empezó a aplicar en vista del cuidado del ecosistema, conlleva a la búsqueda de la aplicación de la circularidad y sostenibilidad en todo campo. En esta búsqueda, tal como menciona Leonel Meneses, le llamó la atención encontrar bloques utilizados para la construcción de muros perimetrales macizos y que no era necesaria su cocción, y que solo era preciso utilizar una mezcla "exacta y equilibrada de arcilla-arena-limos-agregados-agua" para poder obtener BTC's de calidad a los que denominó los "nuevos adobes" o "adobes tecnológicos".

Añade que:

Estos tienen una resistencia a la compresión, que superan las exigencias de la normativa IRAM y pueden llegar a superar los 8 MPa o más. No es totalmente impermeable, pero se puede trabajar de manera

aparente en exteriores, con una aplicación impermeable con hidrófugos naturales o industriales en zonas húmedas y lluviosas. (Meneses, 2022)

Entre algunas de las ventajas de su uso en la construcción está en que la tierra existe en abundancia y no tiene costo, lo que incide para que los BTC sean económicos (Ceyfor, 2014; Herrera Villa, 2018), otra de las ventajas es que presentan mejores propiedades de resistencia y durabilidad que las construidas con adobe, y una gran potencialidad de industrialización de sus unidades, adicionalmente tienen resistencia al fuego y es incombustible. (Herrera Villa, 2018; Ceyfor, 2014) asimismo, estos bloques poseen varias ventajas que les permiten responder a los problemas energéticos y climáticos actuales, por ser elementos fabricados con materiales de baja energía incorporada, y que las edificaciones construidas son energéticamente eficientes. (Bradley et al., 2018; Ceyfor, 2014), Ceyfor además cita que: se puede construir durante todo el año con estos elementos, su mantenimiento es mínimo, tienen la capacidad de respiración para los muros, proporcionan un buen equilibrio térmico y una humedad relativa constante en el interior, estos apenas generan desperdicios de obra y los bloques pueden ser reutilizados y un aspecto relevante, es que es un material de construcción verdaderamente ecológico y sostenible. (2014)

Leonel Meneses en su artículo *Bloques de Tierra Compactada (BTC): El "adobe" tecnológico* cita:

El BTC puede ser macizo, semi hueco, con agujeros completos y machihembrados (unión tipo "lego"). Las medidas de los BTC oscilan entre 8 y 12 cm de espesor, por 14 a 20 cm de ancho y 29 a 40 cm de largo, dependiendo del modelo de bloquera utilizado. El material del BTC es una mezcla de suelo natural areno-arcilloso tamizado en malla de 3 a 4 mm, un aglomerante industrial que puede ser cemento (en dosificaciones que pueden variar entre el 5% y el 12 % en volumen) o cal (porcentaje en volumen un poco mayor, entre 8% y 15%) y un 10% de agua en volumen total." (2022)

Tal como se describió anteriormente, los BTC coadyuban al cuidado del medio ambiente y se están constituyendo en un material para la arquitectura contemporánea (Angulo Jaramillo & Carreño Charry, 2017) y además su costo de elaboración es bajo, lo que permitiría que personas del área rural puedan elaborar estos para la construcción de sus viviendas.

Si bien, ya se hizo la descripción de algunas de sus características, es necesario definir que es un BTC. Tomando en cuenta la norma española UNE 41410 cita que un BTC es una:

Pieza para fábrica de albañilería generalmente en forma de paralelepípedo rectangular, obtenida por compresión estática o dinámica de tierra húmeda, seguida de un desmolde inmediato, y que puede contener estabilizantes o aditivos para alcanzar o desarrollar las características particulares de los productos. (UNE 41410 Norma Española Bloques de Tierra Comprimida Para Muros y Tabiques. Definiciones, Especificaciones y Método de Ensayo, 2008)

Además, en la Norma Boliviana NB 1220021 se define a los Bloques prensados de tierra (BPT) como:

Son elementos de mampostería, pequeños en tamaño y de características controladas y regulares, obtenidas por presión estática o dinámica de la tierra en un estado húmedo seguido de desmoldeo inmediato.

Los bloques prensados de tierra (BPT) tienen forma de paralelepípedo rectangular y son generalmente llenos o perforados o con muescas o troqueles verticales y/u horizontales.

Los bloques prensados de tierra (BPT) son hechos principalmente de tierra cruda y deben esencialmente su cohesión en estado húmedo y en estado seco a la fracción de arcilla dentro de la tierra; sin embargo, se puede añadir alguna adición a la tierra, para mejorar o realzar las características particulares del producto.

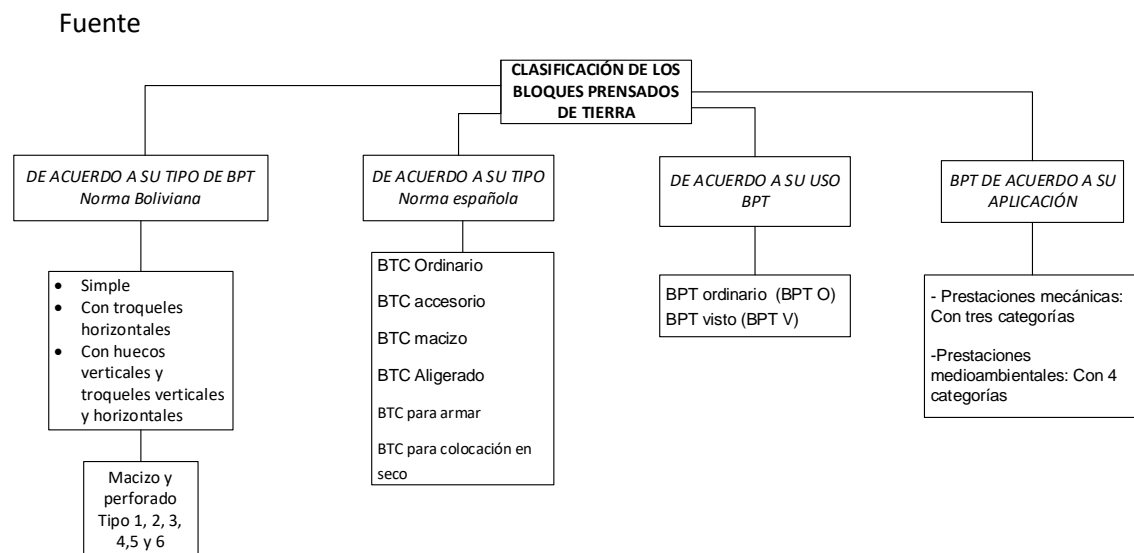
Las características finales de los BPT dependen de la calidad de las materias primas usadas (tierra y adiciones) y de la calidad de la ejecución en las varias etapas de la fabricación (preparación, mezclado, prensado y curado). (Bloques Prensados de Tierra (BPT) - Terminología, Definiciones, Clasificación y Designación., 2022)

Evidentemente las definiciones son muy similares, por no decir iguales, ya que se cita que se aplica una fuerza para compactar de mejor manera la tierra húmeda y que se debe desmoldar inmediatamente. Además de que son de forma de paralelepípedo.

### **Clasificación de los BPT**

De manera resumida los BPT y/o BTC se clasifican en:

#### **Ilustración 2 Clasificación de los bloques prensados de tierra**



Fuente: Elaboración propia en base a (Bloques Prensados de Tierra (BPT) - Terminología, Definiciones, Clasificación y Designación., 2022) y (UNE 41410 Norma Española Bloques de Tierra Comprimida Para Muros y Tabiques. Definiciones, Especificaciones y Método de Ensayo, 2008, pp. 5–6)

De acuerdo a la Norma Boliviana NB 1220033 los BPT pueden ser utilizados en:

- Montaje de bloques ordinarios para mampostería revestida
- Montaje de bloques para mampostería vista
- Montaje de bloques para mampostería de acabado visto (Código de Buenas Prácticas Para El Montaje de Mampostería Con Bloques Prensados de Tierra (BPT), 2009)

Si bien se tuvo que citar bastante material normativo, esta información es importante para que se entienda las aplicaciones que se podrían dar al producto resultante de las combinaciones de tierra, cemento y otros elementos.

En la Ilustración 3 se plasman algunas de las aplicaciones de los BTC.

### Ilustración 3 Ejemplos de edificaciones realizadas con BTC



Madagascar- Vivienda



Costa de Marfil- Restaurante



Marruecos- Vivienda



India – Eco Resort

Fuente: (Herrera Villa, 2018)

Ingresando ya en la búsqueda de aditivos y/o materiales que pueden añadirse a los BTC, se encuentra un elemento ya ampliamente aplicado como es el cemento, tal como cita Raúl Ricardo Berlingieri, hace más de 5000 años que ya se empiezan a utilizar materiales calizos puzolánicos tal como se observa en las pirámides de Shaanxi en China, saltando a 1960 en el Chaco de

Argentina se evidencia su utilización de la combinación de suelo cemento obteniéndose resultados mejorados en el mismo lugar en el año 1991.(2017),

Los bloques que utilizan cemento mezclado con tierra se los denomina suelo cemento y su definición de manera resumida, son las que dan la PCA<sup>2</sup> y ACI<sup>3</sup> respectivamente:

El suelo cemento es una mezcla íntima de suelo, convenientemente pulverizado, con determinadas porciones de agua y cemento que se compacta y cura para obtener mejor densidad. Cuando el cemento se hidrata se transforma en un material duro, durable y rígido.”. Otras definiciones: “un material endurecido formado por el curado de una mezcla íntima de suelo, cemento y agua que se compacta. (O`Flagerty; 1968 citado por Berlingieri, 2017, p. 11)).

Un material que se produce mezclando, compactando y curando una combinación de suelo/agregado, cemento portland, agua y posiblemente adiciones incluyendo puzolanas, para formar un material endurecido con propiedades específicas de ingeniería.(Berlingieri, 2017, p. 11)

Otro elemento utilizado fue cal, uno de los estudios se realizó en Argentina por Santiago Pedro Cabrera, Yolanda Guadalupe Aranda Jiménez, Edgardo Jonathan Suárez Domínguez y Rodolfo Rotondaro, cuyo título es “*Bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizados con cal y cemento. evaluación de su impacto ambiental y su resistencia a compresión*” en el cual se utilizó suelos y arena característicos de la ciudad de Santa Fe, los que fueron estabilizados con 0, 2,5; 5, 10, 15 y 20 % de cemento Portland y por otro lado con 0, 2,5; 5, 10, 15 y 20% de cal.

Realizando el análisis de resistencia a la compresión se pudo concluir que a medida que se incrementa el porcentaje de cemento también se incrementa la resistencia a la compresión, llegando a 7,426 Mpa con un 20% de cemento. Pero en el caso de adicionar cal, este no incide significativamente en la resistencia a la compresión llegando a un valor máximo de 0,66 Mpa con 10%

---

<sup>2</sup> Portland Cement Asociation

<sup>3</sup> American Concret Institute

de cal. Por lo tanto, con el nivel de resistencia a la compresión lograda con la adición de cemento, los BTC pueden ser utilizados en muros de carga o funciones estructurales.(Cabrera et al., 2020)

Un siguiente estudio revisado fue el que se realizó en Colombia cuyo objetivo fue realizar un bloque de suelo cemento que cumpla con las normativas existentes, para lo cual se realizaron ensayos de compresión y absorción, este estudio se realizó en dos fases ya que en la primera no verificaron los resultados y ya en la fase II cumplieron con los requisitos del Reglamento CIRSOC 103 tomo III, capítulo 5 y las normas IRAM, cuyo resultado de absorción en masa ascendió a 14,6; 12,9 y 12,65% y 4,28; 4,93 y 4,59 Mpa en las pruebas e compresión en las edades de 14 y 28 días , realizando 3 réplicas por cada edad. Las dosificaciones utilizadas fueron de 60% de suelo, 40% de arena a esta combinación se añadió un 10% de cemento y de 40% de suelo, 60% de arena a esta mezcla básica se añadió 9% de cemento. El nombre de esta investigación es *“Caracterización de bloques suelo cemento como mampuesto”* (Berlingieri, 2017)

En este mismo país, y por la preocupación de Alejandro Vásquez Hernández, Luis Fernando Botero Botero y David Carvajal Arango por los residuos generados por el rubro de la construcción (RCD), es que se aplica el triturado de estos en reemplazo del 50, 60 y 70% de la tierra, y en los mismos porcentajes por arena para la comparación, tomando en cuenta la resistencia de compresión, se evidencia que reemplazando el 70% de tierra con material reciclado triturado esta asciende a 5,34 Mpa y con arena asciende a 2,78 Mpa., demostrando un mejor resultado con el primer aditivo, además de que presentan un coeficiente de capilaridad entre 30 y 35, y la resistencia a la abrasión supera el límite superior establecido por la NTC 5324, en promedio en un 400 por ciento. En base a los resultados obtenidos en la investigación y la norma ASTM c34, los bloques obtenidos con 60 y 70% RCD pueden ser utilizados en la construcción de muros cargueros o estructurales.(Vásquez Hernandez et al., 2015)

Uno de los inconvenientes que presentan los bloques de tierra comprimida, es la absorción de humedad (Bradley et al., 2018), es por esto que

en el proyecto *Bloques de Tierra Comprimida (BTC) con aditivos bituminosos*, realizado en Colombia, se añadió a la mezcla base (tierra y agua) emulsión asfáltica en frío en proporciones del 0 %, 25 %, 50 %, 75 % y 100 %, respecto al peso del agua. La prueba de compresión dio los siguientes resultados de 3,4; 2,5; 2,3; 2,1 y 2,1 Mpa., respectivamente a los 28 días de edad. Además, se utilizó el método RILEM para la determinación del nivel de penetración promedio de agua, alcanzando los valores de 4,54; 3,80; 2,60; 1,89 y 1,62 \*10<sup>-6</sup> m<sup>3</sup>, para cada uno de los tipos de mezcla después de 10 minutos, realizaron la comparación de los bloques sin y con la emulsión asfáltica y las reducciones de penetración de agua ascendieron a: 64 %, 58 %, 43 % y 25 % para las adiciones de 100 %, 75 %, 50 % y 25 % respectivamente. (Cañola et al., 2018)

En base a los resultados obtenidos se evidencia, la resistencia a la compresión va disminuyendo a medida que se incrementa el porcentaje de emulsión asfáltica, pero en el caso de la absorción de agua, este valor desciende a medida que se aumenta el porcentaje del aditivo.

Tal como se indicó anteriormente, uno de los inconvenientes que se presentan con los BTC es la abrasión, en la investigación cuyo título es "*Efectos de utilización de savias vegetales en bloques de tierra comprimida a la prueba de abrasión*" realizado en Colombia, se vio la posibilidad de incluir sábila vegetal y mucílago de nopal a los bloques, obteniéndose como conclusión que se obtiene un mejor resultado con la sábila respecto al mucílago de nopal en concentraciones de 1 a 4% en base a la Norma Colombiana NTC 5324 epígrafe 3.4.3. (Aranda-Jiménez & García-Izaguirre, 2016)

En el artículo "Investigación Bloque de tierra comprimida reforzado con fibras de coco y estabilizado con aloe vera y cal", realizado en Altamira Tamaulipas, México, se adicionaron estabilizadores biodegradables de aloe vera y fibras cortas de mesocarpio de coco, dando como resultado:

Que la adición de fibras de coco tiene una diferencia del 12% en la resistencia a la flexión. La adición de 0,5% de fibras de coco disminuye el hinchamiento en un 2% con agua y reduce la conductividad térmica

del material en un 12%. Asimismo, esta mezcla aumenta la resistencia a la abrasión del CEB en un 30%. Cuando hay una presión mayor a 1.700 psi en el CEB, la adición de fibras de coco sí aumenta la resistencia a la compresión del material, mostrando una mejora del 34% sobre el CEB sin adición de fibras de coco. (Velasco-Aquino et al., 2021)

En Colombia se hizo un estudio añadiendo fibras vegetales, Fique, Coco y Cascarilla de arroz, teniendo la mayor resistencia a la flexión las fibras de Fique y Coco, llegando a 0,35 Mpa aproximadamente, las otras pruebas aún están en elaboración, por su facilidad de conseguir y manipular la mejor fibra es la de arroz. (Suárez Benitez et al., 2021)

Tal como se pudo leer líneas arriba, la búsqueda de nuevas opciones para la mejora de los BTC es continua, ya que se trata de una opción ecológica para la construcción y a costo bajo, además de que se presentan investigaciones para aplicar elementos que son desechos, como por ejemplo la cáscara de arroz que para poder eliminar la misma se procede a su quema, lo que ocasiona emisiones de sílice al medio ambiente.

Pero para poder hacer uso de estos bloques es necesario cumplir con las normativas de cada país, en el artículo “Las normativas de construcción con tierra en el mundo” de Cid, Mazarrón y Caña (2011), se realiza un resumen de los requerimientos que se deben cumplir para la elaboración y utilización de los BTC, siendo la resistencia a la compresión un aspecto importante para determinar la aplicabilidad de estos y que además denota la calidad de los bloques, para determinar esta característica físico mecánica se pueden aplicar dos métodos, es de bloque partido o el de apilado. Tomando en cuenta el documento “Resistencia a compresión en Bloques de Tierra Comprimida. Comparación entre diferentes métodos de ensayo” (Cabrera et al., 2020), en el que se mencionan normativas de diferentes países, como la norma brasilera ABNT NBR 8491, que al igual que la norma boliviana NB 1220024:2008 el bloque debe ser dividido en 2 y que la compresión en saturado debe ser mayor a 2 Mpa., mientras que la norma francesa AFNOR XP P 13-901 y la colombiana NTC 5324 citan que los niveles deberían estar 2, 4 y 6 MPa para probetas

completamente secas; 1, 2 y 3 MPa para probetas saturadas. Tomando en cuenta la norma IRAM se tiene:

**Tabla 1 Aplicación de Bloques de tierra comprimida de acuerdo a la IRAM**

Tipo de mampuesto	Resistencia en Mpa	
	Prom. 3 unidades	Individual
Bloque de H° portante	>6	>4
Bloque de H° no portante	>2,5	>2

Fuente: IRAM

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en las investigaciones mencionadas, se obtiene el siguiente resumen de aplicaciones:

**Tabla 2 Resumen de investigaciones y aplicaciones de los resultados**

<b>Nombre del proyecto</b>	<b>Resistencia a la compresión</b>	<b>Aplicación</b>
Bloques de tierra comprimida (BTC) estabilizados con cal y cemento. evaluación de su impacto ambiental y su resistencia a compresión	7,426 Mpa con un 20% de cemento.	Muros de carga o funciones estructurales IRAM
Caracterización de bloques suelo cemento como mampuesto	3,18 Mpa(14 días) y 5,82 Mpa con 11% de cemento	Muros no portantes de acuerdo a la IRAM
Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional	5,34 Mpa 70% de tierra con material reciclado triturado	Muros no portantes IRAM
Bloques de Tierra Comprimida (BTC) con aditivos bituminosos	3,4; 2,5; 2,3; 2,1 y 2,1 Mpa	Muros no portantes IRAM
Efectos de utilización de savias vegetales en bloques de tierra comprimida a la prueba de abrasión	Solo se hicieron pruebas de abrasión	no se cuenta con información
Investigación Bloque de tierra comprimida reforzado con fibras de coco y estabilizado con aloe vera y cal	1,768;2,2056;6,410;9,620;1,766;2,468;1,861 kgf/cm <sup>2</sup> Tierra+cal+arena+cemento en distintas proporciones	No cumple con la normativa
Bloques de tierra comprimida con adición de fibras vegetales como alternativa en la arquitectura de bajo impacto ambiental.	Los resultados de los ensayos de compresión, deformación y resistencia están aún en análisis y en comparación con normas internacionales. .	

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la clasificación por tipo, se trabajaron con bloques macizos tipo 1 y con perforaciones tipo 4, por su uso, el que posee el mayor porcentaje de material asfáltico se puede aplicar en estructuras de mampostería sin revoque, mientras que, en una mayor parte de las investigaciones, si necesitarían ser aplicados en estructuras de mampostería previstas para ser protegidos con revoque. Tomando en cuenta la clasificación y sus características mecánicas, estarían dentro de la Categoría 1: Elementos estructurales que son elementos autoportantes capaces de soportar limitadamente cargas externas (cargas vivas), pero a excepción de la investigación realizada en Argentina que se presta a ser utilizada en un edificio de un piso hecho de elementos estructurales autoportantes, están dentro de la categoría de relleno dentro una estructura portante; y por último tomando en cuenta la Norma Boliviana NB 1220033 los BPT pueden ser utilizados en Montaje de bloques ordinarios para mampostería revestida a excepción de la que contiene material asfáltico que puede ser utilizada en Montaje de bloques para mampostería vista y/o en Montaje de bloques para mampostería de acabado visto.

## **CONCLUSIONES**

Se realizó la revisión bibliográfica en busca de la normativa nacional e internacional para la elaboración, clasificación y aplicación de bloques de tierra comprimida o también denominados bloques prensados de tierra prensada (BPT).

En búsqueda de aditivos utilizados, se encontraron investigaciones en las que se utilizan diferentes porcentajes de cemento, denominándolos bloques de suelo cemento; también se hicieron estudios añadiendo cal, arena, sábila, fibra de coco y cáscara de arroz entre otros.

Tomando en cuenta el indicador de resistencia a la compresión y en base a la normativa internacional, se determinó que las distintas combinaciones pueden ser utilizadas para muros no portantes a excepción de la que contiene 20% de cemento ya que asciende a 7,426 Mpa pudiéndose aplicar a Muros de carga o con funciones estructurales, cuyo estudio fue realizado en Argentina.

Se categorizaron las investigaciones en base a las distintas clasificaciones de los BTC.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- UNE 41410 Norma Española Bloques de tierra comprimida para muros y tabiques. Definiciones, especificaciones y método de ensayo, Pub. L. No. UNE 41410, 28 (2008).  
[http://www.bioarkiteco.com/uploads/1/1/3/2/11328176/une\\_414102008.pdf](http://www.bioarkiteco.com/uploads/1/1/3/2/11328176/une_414102008.pdf)
- Angulo Jaramillo, D. E., & Carreño Charry, A. K. (2017). El Bloque de Tierra Comprimido o (BTC). Una alternativa de Construcción para la Arquitectura Contemporánea. *Revista Nodo*, 12(23), 31–37.  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8690868>
- Aranda-Jiménez, Y. G., & García-Izaguirre, V. M. (2016). Efectos de utilización de savias vegetales en bloques de tierra comprimida a la prueba de abrasión. *Legado de Arquitectura y Diseño*, 19, 101–109.  
<https://doi.org/2007-3615>
- Berlingieri, R. R. (2017). *Caracterización de bloques de suelo cemento como mampuesto* [Universidad Nacional de Córdoba]. <https://bit.ly/3jJUba2>
- Berumen-Rodríguez, A. A., Pérez-Vázquez, F. J., Díaz-Barriga, F., Márquez-Mireles, L. E., & Flores-Ramírez, R. (2020). Revisión del impacto del sector ladrillero sobre el ambiente y la salud humana en México. *Salud Pública de México*, 63(1, ene-feb), 100–108.  
<https://www.scielo.org.mx/pdf/spm/v63n1/0036-3634-spm-63-01-100.pdf>
- Bradley, R. A., Gohnert, M., & Bulovic, I. (2018). Construction considerations for low-cost earth brick shells. *Journal of Construction in Developing Countries*, 23(1), 43–60. <https://doi.org/10.21315/JCDC2018.23.1.3>
- Cabrera, P. S., Aranda Jiménez, Y. G. ;, Suarez Domínguez, E. J., & Rotondaro, R. (2020). Compressed earth blocks (CEB) stabilized with lime and cement. Evaluation of both their environmental impact and compressive strength. *Habitat Sustentable*, 10(2), 70–81.  
<https://doi.org/10.22320/07190700.2020.10.02.05>
- Cañola, H. D., Builes-Jaramillo, A., Medina, C. A., & González-Castañeda, G.

- E. (2018). Bloques de Tierra Comprimida (BTC) con aditivos bituminosos. *TecnoLógicas*, 21(ISSN-p 0123-7799 ISSN-e 2256-5337), 135-145.  
<http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v21n43/2256-5337-teclo-21-43-00135.pdf>
- Ceyfor. (2014). *BTC-Bloques Tierra Comprimida*. Ceyfor Materiales Para La Construcción. [https://www.ceyfor.es/Bloque\\_Tierra\\_Comprimida.html](https://www.ceyfor.es/Bloque_Tierra_Comprimida.html)
- Cid, J., Mazarrón, F. R., & Cañas, I. (2011). Las normativas de construcción con tierra en el mundo. *Informes de La Construcción*, 63(523), 159-169.  
<https://doi.org/10.3989/ic.10.011>
- COSUDE. (2015). *Reportaje en Diario Página Siete de Bolivia: "Ladrilleros que ganan más y contaminan menos."* Cooperación Suiza.  
<https://www.cooperacionsuiza.pe/26-de-junio-de-2015-2/>
- Herrera Villa, J. de los Á. (2018). Modelamiento numérico del comportamiento sísmico de viviendas de mampostería con bloques de tierra comprimida. In *PUCP. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ*.
- Código de buenas prácticas para el montaje de mampostería con bloques prensados de tierra (BPT), Pub. L. No. NB 1220033 (2009).
- Bloques prensados de tierra (BPT) - Terminología, definiciones, clasificación y designación., Pub. L. No. NB 1220021, 1 (2022).
- INCERPAZ. (2021). *Ladrillo de 6 huecos*. Incerpaz.  
<https://scz.tienda.incerpaz.com/producto/6her/#:~:text=Largo%3A 24 cm.,Peso%3A 2%2C65 Kg.>
- Indicador económico: Se prevé un buen año para la construcción en Bolivia. (2024, April 7). *Visión 360 Periodismo Global*.  
<https://www.vision360.bo/noticias/2024/04/07/1795-indicador-economico-se-preve-un-buen-ano-para-la-construccion-en-bolivia>
- Meneses, L. (2022). *Bloques de Tierra Compactada (BTC): El "adobe" tecnológico*. Arcila Arquitectura.  
<https://www.arcilaarquitectura.com/post/bloques-de-tierra-compactada-btc->

el-adobe-tecnológico

- NoticiasMilenio. (2019). *Paran ladrilleras por fin de año*. Noticias Milenio.
- Opinión. (2016, January 4). Contaminación ambiental por ladrillos. *Opinión*.  
<https://www.opinion.com.bo/articulo/editorial/contaminaci-oacute-n-ambiental-ladrillos/20160104200100540032.html>
- PCR. (2022). Sector Constructor en Bolivia. In *Pacific Credit Ranting*, (p. 5). Pacific Credit Rating. <https://ww1.ratingspcr.com/prensa/Nota de Prensa Sector Constructor en Bolivia.pdf>
- Quiroz Carranza, J. A., Cantú Gutiérrez, C., & García Martínez, R. (2021). *Entre humo y arcilla: contaminación ambiental y sobrevivencia humana en la producción artesanal de ladrillos* (C. M. Amescua García (Ed.); 1Ra Edició). Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México.  
<https://www.atmosfera.unam.mx/wp-content/uploads/2021/12/LadrillerasLibro.pdf>
- Suárez Benitez, R., Rocha Jimenez, J. F., & Peralta Ladino, H. C. (2021). Bloques de tierra comprimida con adición de fibras vegetales como alternativa en la arquitectura de bajo impacto ambiental. *Senova*, 58–67.  
<https://revistas.sena.edu.co/index.php/idea/article/view/3950>
- Vásquez Hernandez, A., Botero Botero, L. F., & Carvajal Arango, D. (2015, January). Fabricación de bloques de tierra comprimida con adición de residuos de construcción y demolición como reemplazo del agregado pétreo convencional. *Ingeniería y Ciencia*, 11, 197–220.  
<https://doi.org/ISSN:1794-9165> | ISSN-e: 2256-4314
- Velasco-Aquino, A. A., Espuña-Mujica, J. A., Perez-Sánchez, J. F., Zuñiga-Leal, C., Palacio-Pérez, A., & Suarez-Dominguez, E. J. (2021). Bloque de tierra comprimida reforzado con fibras de coco y estabilizado con aloe vera y cal. *Journal of Engineering, Design and Technology*, 19(3), 795–807.  
<https://doi.org/doi.org/10.1108/JEDT-02-2020-0055>



*Bodas de Marmal*

**85**

*Años Formando  
Profesionales Exitosos*

**Todos los Derechos Reservados  
Carrera de Ingeniería Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad Mayor de San Andrés**

**La Paz - Bolivia 2024**