

# Propiedades físicas de material de construcción ecológico

Pimentel Calderón, Jesús Manuel

2023

---

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/5711>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

# Propiedades físicas de material de construcción ecológico

Diez Vasconcelos Arturo Fernando (octavo semestre en Ingeniería Industrial)<sup>1</sup>, González Tapia Fernanda (sexto semestre en Ingeniería de Negocios)<sup>1</sup>, Jiménez Shilón David Eduardo (sexto semestre en Ingeniería Biotecnología)<sup>1</sup>, Pimentel Calderón Jesús Manuel (sexto semestre en Ingeniería de Negocios)<sup>1,\*</sup>, Colin Ortega Juan Carlos (profesor Responsable)<sup>1</sup>, Figueras Corte Miguel Ángel (profesor asesor)<sup>1</sup> y Barrales Cortés César Augusto (profesor asesor)<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

## Resumen

El texto científico describe un experimento realizado con el objetivo de evaluar la utilidad de un nuevo tipo de ladrillo hecho a base de cartón combinado con cemento. Para su elaboración, se trituraron conos de huevo reciclados y se mezclaron con cemento en una proporción de 2 kilogramos de cartón por cada kilogramo de cemento. La mezcla se vertió en moldes para su secado y se sometió a varias pruebas físicas basadas en la norma NMX-C441-ONNCE-2013 para uso NO estructural. Los resultados obtenidos de las pruebas indicaron que el bloque de cemento y cartón tenía una buena resistencia al fuego y resistencia a compresión simple. Sin embargo, no cumplió con las expectativas en dos áreas: absorción de agua y módulo de elasticidad. Estos resultados indican que el material no cumple con la norma establecida y, por lo tanto, no se recomienda utilizar en obras de construcción para carga. A pesar de esta limitación, hay que señalar el hecho de que el bloque de cemento y cartón aún podría ser útil para aplicaciones específicas de ornamentación o en diseños de interiores en construcción. Podría ser utilizado en lugares donde no se espera que soporte cargas pesadas o presiones extremas. En general, el experimento proporciona información útil sobre las propiedades físicas del ladrillo de cartón y cemento. Los resultados de las pruebas pueden ayudar a los ingenieros y arquitectos a tomar decisiones informadas sobre el uso de este material en proyectos de construcción específicos ya que puede ser útil en situaciones específicas.

**Palabras clave:** Bloque de construcción, Cemento, Carton, Prueba de mezclas.

\***Autor Corresponsal:** [jesus.pimentel@iberopuebla.mx](mailto:jesus.pimentel@iberopuebla.mx)

## Introducción

La industria de la construcción es un sector económico que se dedica a la planificación, diseño, construcción y mantenimiento de edificios, carreteras, puentes, infraestructuras y otras estructuras físicas [1]. Los bloques de construcción son elementos prefabricados utilizados en la construcción de paredes, columnas y otros elementos estructurales [2].

La industria de la construcción ha experimentado un crecimiento significativo debido a la urbanización y el aumento de la población en todo el mundo. Genera desechos afectando tanto al suelo, agua y aire [3]. El 39% de emisiones de dióxido de carbono están relacionadas con la energía y los procesos [4]. El aumento de viviendas en México está generando 25 millones de toneladas de efecto invernadero [5]. La industria de la construcción produce el 8% de dióxido de carbono [6]. Este sector contribuye al 23% de la contaminación atmosférica, 40% de la contaminación del agua potable, y 50% de residuos en los vertederos [3]. La fabricación de ladrillos afecta la salud de los trabajadores. La exposición a contaminantes presentes en el proceso de producción puede causar enfermedades respiratorias, cardiovasculares, daños en el sistema nervioso, cáncer y otras enfermedades [7, 8].

Los bloques tradicionales están hechos de cemento, agua, grava y arena [9]. La prohibición del uso de plásticos en embalajes ha aumentado el uso del cartón a nivel global [10]. Se le llama cartón a la materia prima formada por la superposición de hojas de papel adheridas unas a otras por compresión [11]. El cartón está hecho de la combinación de varias capas de papel ya sea virgen o reciclado [12].

Giampierre Huachohuilca Arizapana, egresado de Ingeniería Civil de la Universidad Continental desarrolló un ladrillo convencional a base de cartón reciclado con cemento con el objetivo para disminuir la contaminación [13]. Unos estudiantes de la universidad de San Pedro (Brasil) realizaron un ladrillo ecológico hecho con papel reciclado y cemento para determinar el impacto que generan las propiedades físico-mecánicas en la construcción de viviendas de sectores urbanos del distrito de Nuevo Chimbote [14]. Existen proyectos de construcción utilizando cartón como principal componente debido a sus beneficios. Shigeru Ban fue el pionero japonés en construcción con cartón, comenzó en 1986 probando estructuras temporales y semipermanentes con tubos de cartón. Al principio este material lo usaba para tabiques interiores [15]. Actualmente existen tarimas de cartón corrugado (500 kilos y 700 kilos). Estas tarimas ofrecen gran portabilidad y manejo gracias a su bajo peso, ayudando a minimizar el riesgo de accidentes por su manejo [16]. El cartón también ha sido usado en bloques de construcción. Ya fueron experimentados por Ramón Vega, un residente de Malvinas que descubrió que el cartón mojado y mezclado con cemento podía transformarse en un ladrillo convencional dándole la forma a través de un molde. Este tipo de ladrillos son adecuados para grandes construcciones, además son ignífugos, térmicos y acústicos. Aunado a su livianes en cuanto a transporte se refiere [17]. En este trabajo se muestran resultados de las pruebas físicas y mecánicas de un bloque de construcción con cartón añadido.

## Experimentación

Se elaboraron 3 moldes de lámina, todos con las mismas medidas (15cm x 25cm x 10cm), medidas tomadas de un bloque de cemento normal. Con los moldes se realizaron 7 bloques con la mezcla 1, 7 bloques con la mezcla 2 y 7 bloques con la mezcla 3, siendo 21 bloques en total. Las 3 diferentes mezclas utilizadas están mostradas en la Tabla 1. Para la elaboración de los bloques se realizó los siguientes pasos:

- Recolección y preparación del cartón
- Preparación de la mezcla
- Secado de los bloques
- Exposición a pruebas físicas y mecánicas

### Recolección y preparación del cartón

El primer paso para la elaboración de los bloques fue el conseguir un tipo de cartón el cual sea blando y no tenga demasiada dureza, debido a que sería cortado manualmente. Para esta experimentación se utilizó cartón de huevo que fue recolectado en una panadería, la cual accedió a regalar el material necesario. Después de la recolección, procedimos a prepararlo para la mezcla. El cartón fue cortado en partes muy pequeñas las cuales se dejaron remojar en una cubeta con agua por un día entero, con el fin de ablandarlo lo más posible. El proceso de remojo puede variar de un día a medio día. Se debe revisar que los trozos de cartón estén húmedos y blandos sin llegar al punto de formar una plasta. Luego del remojo se debe dejar escurrir el cartón para que este tire la mayor cantidad de agua sin dejar de mantenerse húmedo.

### Preparación de la mezcla

Para la elaboración de las mezclas se utilizó cemento, cartón y agua como materiales, y como herramientas se usó una pala y un bote de plástico. El total de cada uno de los materiales a utilizar se dividió en 2 partes, las cuales se introdujeron en 2 momentos diferentes. Primero se introdujo la mitad de agua, cemento y cartón a utilizar en el bote y se comenzó a revolver de manera continua hasta que el cartón comenzara a cubrirse completamente de gris. Después se vertió la otra mitad de los mismos materiales y se continuó revolviendo. Una vez que se obtuvo una mezcla homogénea, se vertió dentro de los moldes.

Durante la experimentación se utilizaron 3 diferentes mezclas mostradas en la Tabla 1, las cuales partieron de una idea principal de utilizar una proporción 70% cartón y 30% cemento. Debido a que dicha proporción resultaba en bloques sumamente rugosos y con bajas propiedades físicas, comenzamos a elaborar variaciones en cuanto a las cantidades de cartón y cemento agregado. Esto resultó en 3 mezclas: La primera mezcla tuvo mayor presencia de cemento que de cartón (proporción de 70% cemento y 30% cartón), la segunda mezcla tuvo igualdad de presencia en los materiales (50% y 50%) y la tercera mezcla tuvo una presencia ligeramente más elevada de cartón que de cemento (40% cemento y 60% cartón). Las 3 mezclas fueron medidas con exactitud en las cantidades utilizadas, mediante la medición con balanza del gramaje utilizado y se formaron con el procedimiento descrito anteriormente.

Tabla 1: Contenido de las mezclas utilizadas durante el proyecto

Mezcla	Cemento (gr)	Cartón (gr)	Agua (ml)
1ra Mezcla	1500	1000	1250
2da Mezcla	1500	1500	2000
3ra Mezcla	1650	950	1500

### Secado de los bloques

Una vez vaciada la mezcla dentro de los moldes se dejó secar. Primeramente, se dejó secar al aire libre por 10 minutos para después ser desmoldados con gentileza. Debido a una pequeña fuerza de resistencia que genera durante estos pocos minutos de secado, la mezcla ya con la forma del bloque es capaz de mantenerse en pie sin aplastarse o deshacerse. Posteriormente se realizó un secado al aire libre en días completamente soleados durante 2 días enteros. Los bloques estuvieron expuestos constantemente al sol durante el amanecer hasta el atardecer, con una temperatura de 25°C a 23°C de día y 13°C a 11°C de noche. También estuvo presente una humedad de 40% a 51% durante los dos días de secado. Este proceso finalizó una vez se solidificaron completamente los bloques. Es importante que el secado se lleve a cabo en una superficie completamente lisa, como una cristal o una bolsa de nailon.

### Exposición a pruebas físicas y mecánicas

Los bloques fueron sometidos a 4 diferentes pruebas mecánicas y físicas: Contenido de agua, Resistencia al calor, Resistencia a compresión simple y Modulo de elasticidad, bajo los criterios establecidos por las normas NMX 441, NTP 39 y NMX-C-128 ONCCE para bloques de uso NO estructural.

Para la prueba de contenido de agua se utilizó 2 bloques de cada una de las mezclas, fueron pesados en una balanza y sumergidos dentro de una cubeta con agua durante 24 horas. Después del lapso de tiempo establecido los bloques fueron extraídos del agua y se dejaron escurrir por 3 minutos para después volver a ser pesados. Para el cálculo de los resultados de esta prueba se utilizó la fórmula de contenido de agua ec.(1)

$$CA = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \quad (1)$$

$$W_w = W_s - W_a$$

Donde:

Ww = Peso del agua

Ws = Peso del sólido

Wa = Peso del aire

La prueba de resistencia al calor fue realizada mediante el uso de un horno y 2 bloques de cada muestra. Actualmente no existe una norma mexicana la cual establezca la resistencia al fuego de un bloque de construcción NO estructural, por lo que fue utilizada la norma española NTP 39. Los bloques fueron sometidos a altas temperaturas, comenzando en 0°C para aumentar 15°C cada minuto hasta llegar a 180°C. Una vez se alcanzó lo establecido por la norma se aumentó la temperatura hasta 220°C con el mismo aumento por minuto.

Las pruebas de Resistencia a compresión simple y Modulo de elasticidad se realizaron mutuamente en una prensa universal de esfuerzos de la marca SHIMADZU, modelo AG-X serie, con un rango de velocidad de ensayos 0,0005 mm/min a 1000 mm/min, con límite de carga de 250KN, en donde se colocaron de manera horizontal 3 bloques de cada mezcla como lo muestra la fig.(1), y se descendió la prensa a una velocidad de 2 mm/segundo. La prensa se detuvo una vez el bloque mostro una fragmentación en su exterior.



Fig.1: Imagen que ejemplifica el como fueron colocados los bloques en la prensa de esfuerzos universal.

Una vez extraído todos los resultados de cada una de las pruebas realizadas, se comenzo con la elaboración de la ficha técnica.

## Resultados y Discusión

Esta ficha técnica describe una serie de experimentos realizados para encontrar la combinación óptima de cartón de huevos reciclados y cemento para producir bloques resistentes y duraderos para su uso en la construcción. Los experimentos se llevaron a cabo utilizando diferentes proporciones de cartón y cemento, y se concluyó que la proporción óptima era que, de cada 2 kg de cartón reciclado se ocupó un kilogramo de cemento. El tamaño de los bloques se adaptó al molde previamente preparado con dimensiones de 14.47 cm de espesor, de ancho midió 24.89 cm y de altura midió 5.71 cm. Con estas dimensiones cada bloque pesó 1.66 kg en promedio y con un apariencia gris y café claro, por el color del cartón utilizado.

Tabla 2: Tabla de las dimensiones físicas promedio de los bloques.

Dimension promedio		
	Unidades	Dimension
Espesor	mm	144.78
Ancho	mm	248.92
Alto	mm	57.15
Peso	gr	1665

### Resistencia a compresión simple

Los bloques producidos con esta proporción demostraron una resistencia a la compresión donde se obtuvieron resultados de entre 1,417.66 como la cifra más pequeña y siendo 2,058.0 Kgf(cm<sup>2</sup>) como la cifra más alta, cubriendo con las expectativas que se establece en la norma NMX 441

donde menciona que debe resistir por lo menos 28 Kgf(cm<sup>2</sup>). Estos resultados se muestran en la Tabla 3. La prueba se realizó con la maquina universal de esfuerzos, donde registraba los datos por medio de graficas en donde muestra la resistencia máxima de los bloques hasta llegar al colapso de este, esta máquina se encuentra en la universidad IBERO, Puebla.

Tabla 3: Tabla de resultados obtenidos al someter los tres tipos de bloques con mezclas diferentes a la prueba. El numero de muestra es equivalente al numero de mezcla utilizado en el bloque.

Resistencia a compresión simple	
Resistencia media 28 Kgf (cm <sup>2</sup> ) Según NMX 441	
1ra Muestra	1417.66 Kgf (cm <sup>2</sup> )
2da Muestra	2058.0 Kgf (cm <sup>2</sup> )
3ra Muestra	8643.72 Kgf (cm <sup>2</sup> )

### Resistencia al calor

Por otro lado, se demostró que los bloques de cartón y cemento tienen una alta resistencia a las altas temperaturas. Según una prueba de fuego realizada en un horno del laboratorio de la universidad, estos bloques resistieron temperaturas de 180°C hasta los 220°C, superando las especificaciones de la norma española que exige que el material resista una temperatura de 90°C durante al menos 11.5 minutos. La resistencia a las altas temperaturas de los bloques de cartón y cemento los hace adecuados para su uso en condiciones que implican una prolongada a temperaturas elevadas. Además, se ha encontrado que estos bloques son livianos y fáciles de manipular, lo que hace los ideales para construcciones que requieren una buena relación entre resistencia y peso.

Tabla 4: Tabla de resultados obtenidos al someter los tres tipos de bloques con mezclas diferentes a la prueba. El numero de muestra es equivalente al numero de mezcla utilizado en el bloque.

Resistencia al carlor	
Según Norma española NTP 39 – 90°C a 11.5 min	
1ra Muestra	180°C a 11.5 min
2da Muestra	220°C a 11.5 min
3ra Muestra	220°C a 11.5 min

### Contenido de agua

Estos bloques no cumplieron con las expectativas en cuanto a absorción de agua y módulo de elasticidad. En particular, la absorción de agua fue muy elevada y superó los datos permitidos por la norma NMX-C441-ONNCC-2013, en donde se establece que la máxima absorción es de un 25% durante un periodo de 24 horas. La absorción de agua es un aspecto importante para considerar en la fabricación de bloques, ya que puede afectar su durabilidad y resistencia. Además, una alta absorción de agua puede ser indicativa de la presencia de poros o fisuras en los bloques, lo que puede debilitar su estructura. En cuanto a los resultados de absorción de agua variaron entre el 34.39% y el 40.84% durante un periodo de 24 horas sumergidos, lo que significa que rebasa los datos permitidos por la norma antes mencionada.

Tabla 5: Tabla de resultados obtenidos al someter los tres tipos de bloques con mezclas diferentes a la prueba. El numero de muestra es equivalente al numero de mezcla utilizado en el bloque.

Contenido de agua	
Absorción total 24h – 25% Según NMX- C441- ONNECCE - 2013	
1ra Muestra	40.84%
2da Muestra	34.39%
3ra Muestra	38.68%

#### Modulo de elasticidad

Esta prueba de igual manera se realizó en la máquina universal de esfuerzos donde se registraron los datos de resistencia del bloque hasta que llegaron al punto de colapso, el resultado más alto obtenido no cumplió con los estándares de la norma NMX-C-128-ONNECCE donde se establece que debería ser resistente hasta los 14,000 Kgf/cm<sup>2</sup>, sin embargo, en esta la prueba se obtuvieron los resultados de 6.27 Kgf/cm<sup>2</sup> como el dato más pequeño y 119 Kgf/cm<sup>2</sup> siendo el dato más grande.

Tabla 6: Tabla de resultados obtenidos al someter los tres tipos de bloques con mezclas diferentes a la prueba. El numero de muestra es equivalente al numero de mezcla utilizado en el bloque

Modulo de elasticidad	
Según Norma la norma NMX – C-128- ONNECCE: (14 000 en kg/cm <sup>2</sup> )	
1ra Muestra	119 kg/cm <sup>2</sup>
2da Muestra	6.27 kg/cm <sup>2</sup>
3ra Muestra	45.68 kg/cm <sup>2</sup>

Los resultados de esta ficha técnica sugieren que la producción de bloques a partir de una combinación de cartón y cemento podría ser una forma efectiva de reducir la contaminación ambiental. En primer lugar, el uso de cartón como material de construcción reduce la cantidad de residuos sólidos que se genera, lo que a su vez reduce la cantidad de desechos que se envían a los vertederos y la cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que se genera durante el horneado de los bloques convencionales. En segundo lugar, la producción de bloques a partir de una combinación de cartón y cemento requiere menos energía que la producción de bloques de cemento convencionales. Por otro lado, La baja densidad de los bloques hechos de cartón y cemento los hace más livianos y fáciles de manejar, lo que podría reducir los costos de transporte y la fatiga de los trabajadores de la construcción. Además, la fabricación de bloques hechos de cartón y cemento es más económica que la producción de los bloques convencionales, lo que puede hacer que sean una opción más atractiva para los constructores y propietarios de viviendas.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que existen algunas limitaciones en el uso de bloques hechos de cartón y cemento. En primer lugar, estos bloques no son adecuados para su uso en estructuras que están expuestas a altas cargas de peso, ya que no tienen la misma resistencia que los bloques de cemento convencionales. Por lo tanto, se necesitan más investigaciones para determinar si la producción de ladrillos hechos de cartón y cemento es una

alternativa viable y sostenible a los bloques de cemento convencionales.

En resumen, afirmamos que esta ficha técnica presenta una combinación óptima de cartón reciclado y cemento para producir bloques resistentes y duraderos que tienen una alta resistencia a la compresión y a la temperatura, pero no cumplen con las expectativas en cuanto a absorción de agua y módulo de elasticidad. Por ende, estos bloques de cartón y cemento No pueden ser utilizados para construcciones estructurales y NO estructurales. A pesar de esta limitación, es importante destacar que este bloque es una muy buena opción para aplicaciones específicas de ornamentación o también para diseño de interiores en construcción, en aplicaciones donde no espera que soporte cargas muy pesadas o presiones extremas. Estos resultados pueden ser útiles sirviendo como base para aquellos que buscan desarrollar nuevos materiales de construcción con carton añadido o para aquellos que desean mejorar los materiales existentes.

#### Conclusiones, perspectivas y recomendaciones

La conclusión de las pruebas físicas realizadas en el bloque de cemento y cartón aglomerado es que este material ha demostrado un buen desempeño en términos de resistencia al fuego y resistencia a compresión simple, cumpliendo con las expectativas en estas áreas. Sin embargo, no cumplió con las expectativas en las pruebas de absorción al agua y módulo de elasticidad, lo que implica que no cumple con la norma NMX-C441-ONNECCE-2013 para uso NO estructural.

Los resultados obtenidos en la prueba de absorción al agua indican que este material no es adecuado para su uso en aplicaciones donde esté expuesto a la humedad o al agua, ya que su capacidad para absorber agua supera los límites establecidos por la norma. Esto podría comprometer su durabilidad y resistencia a largo plazo, lo que lo hace inapropiado para su uso en obras de construcción que estén expuestas a condiciones húmedas o con presencia de agua. Además, el módulo de elasticidad, que es una medida de la rigidez del material, también fue insuficiente para cumplir con la norma establecida. Esto significa que el bloque de cemento y cartón aglomerado puede no ser lo suficientemente rígido para resistir cargas o presiones extremas, lo que lo hace inadecuado para su uso en aplicaciones estructurales donde se requiere una alta resistencia a la carga.

A pesar de estas limitaciones, el bloque de cemento y cartón aún podría ser considerado como una opción viable para aplicaciones específicas de ornamentación o para uso en diseños de interiores. Por ejemplo, podría ser utilizado en aplicaciones donde no se esperan cargas pesadas o presiones extremas, como en elementos decorativos o revestimientos de interiores. Sin embargo, es importante tener en cuenta las limitaciones del material y asegurarse de que se utilice de acuerdo con las normas aplicables.

## Referencias

1. S/A. (Redacción). **Industria constructora.** *Aceroform* (ING, México). <https://www.aceroform.com.mx/blog/industria-constructora/> (Activo abril de 2023).
2. Cervantes. V. **5 ventajas de construir con elementos prefabricados.** *EXPOCIHAC*. (ING, México). <https://www.conexiones365.com/nota/expo-cihac/ingenieria-y-construccion/ventajas-prefabricados-y-materiales#:~:text=Los%20elementos%20prefabricados%20de%20concreto,m%C3%A1s%20r%C3%A1pido%20en%20el%20trabajo> (Activo abril de 2023).
3. S/A. (Redacción). **¿Cómo afecta la construcción al medio ambiente?** *ARCHDESK*. (ING, México). <https://archdesk.com/es/blog/como-afecta-la-construccion-al-medio-ambiente/> (Activo abril de 2023).
4. S/A. (Redacción). **Caracterización de impactos ambientales en la industria de la construcción.** *360 en concreto*. (ING, México). [https://360enconcreto.com/blog/detalle/impactos-ambientales-en-la-industria-de-la-construccion/#:~:text=Acosta%20\(2002\)%20afirma%20que%20el,y%20alteraci%C3%B3n%20de%20drenajes%20naturales](https://360enconcreto.com/blog/detalle/impactos-ambientales-en-la-industria-de-la-construccion/#:~:text=Acosta%20(2002)%20afirma%20que%20el,y%20alteraci%C3%B3n%20de%20drenajes%20naturales) (Activo abril de 2023).
5. S/A. (Redacción). **El 50 por ciento de las emisiones contaminantes pertenecen al sector de la construcción.** *Senado de la República* (IG, México). <http://comunicacion.senado.gob.mx/index.php/informacion/boletines/50135-el-50-por-ciento-de-las-emisiones-contaminantes-pertenecen-al-sector-de-la-construccion.html> (Activo abril de 2023).
6. L. Rodgers. **La enorme fuente de emisión y medio ambiente.** *BBC*, 2013. (Activo abril de 2023).
7. Carrillo. E. **Humos cancerígenos podrían generarse en la producción de ladrillos.** *Universidad de Guadalajara*, 2018. <https://udg.mx/es/noticia/humos-cancerigenos-podrian-generarse-produccion-ladrillos>. (Activo abril de 2023).
8. S/A. (Redacción). **Es nocivo a la salud humo de ladrilleras en especial de los niños.** *Ayuntamiento de San Luis Río Colorado*. (IG, México). [https://sanluisrc.gob.mx/comunicacion/notas/es-nocivo-a-la-salud-humo-de-ladrilleras#:~:text=Dijo%20que%20el%20humo%20que,Agudas%20\(IRAS\)%20y%20c%C3%A1ncer](https://sanluisrc.gob.mx/comunicacion/notas/es-nocivo-a-la-salud-humo-de-ladrilleras#:~:text=Dijo%20que%20el%20humo%20que,Agudas%20(IRAS)%20y%20c%C3%A1ncer) . (Activo abril de 2023).
9. Chavez. L. **Blocks de concreto.** *CEMENTOS*. (ING, México). <https://cementostorices.com/blog/construccion/blocks-de-concreto-cuanto-cuestan-y-como-hacerlos-tu-mismo/> (Activo abril de 2023).
10. Cyecsa. **El consumo del cartón en 2022.** *Kibox*. (ING, México). <https://kibox.mx/el-consumo-del-carton-en-2022/>. (Activo abril de 2023).
11. S/A. (Redacción). **Cartón.** *Real Academia Española*. <https://dle.rae.es/cart%C3%B3n> (Activo abril de 2023).
12. Atabal. F. **¿Cómo se hace el cartón? Todo sobre su elaboración.** (ING, México) *Cartonajes malaqueños*. <https://www.cartonajes-malaga.com/es/como-se-hace-el-carton/> (Activo abril de 2023).
13. S/A. (Redacción). **Bioblokart: bloques de cartón para disminuir la contaminación.** *Universidad Continental* (ING, México). <https://blogs.ucontinental.edu.pe/bioblokart-bloques-de-carton-para-disminuir-la-contaminacion/fuerza-wanka/> (Activo mayo de 2023)
14. Sánchez, J. Guerrero, F. **Ladrillo ecológico elaborado con papel reciclado: Costo y propiedades físico-mecánicas.** *Universidad Sn Pedro*. <file:///C:/Users/ferna/Downloads/rsiche,+06++Ladrillo+ecol%C3%B3gico+con+papel+reciclado+Sanchez+et+al+29-34.pdf> (Activo mayo de 2023)
15. I. Corrochano. **Arquitectura de cartón, su uso como material de construcción.** *Magazine Moove*, 2020. (Activo abril de 2023).
16. S/A. (Redacción). **Tarimas de cartón corrugado.** *Ríos corrugados*. (ING, México). <http://tarimasdecartonrios.com.mx/tarimas-de-carton-corrugado.php> (Activo abril de 2023).
17. S/A. (Redacción). **Ladrillos de cartón: un invento inteligente.** *MAGAZINE RECICLADO*. (ING, México). <http://magazinereciclado.com/2020/11/30/ladrillos-de-carton-un-invento-inteligente/> (Activo abril de 2023).