Elaboración de Ladrillos en Base a Papel bond Reciclado para Muros no Portantes

Production of Bricks Based on Recycled Bond Paper for non-Bearing Walls

Mg. Luis Alberto Alva Reyes ^a; l.alva@uct.edu.pe
Dr. Jorge Wilmer Elías Silupu ^b; jelias_s@hotmail.es
Ing. Laura Stephanie Paredes Gonzales ^c; stephanie219614@gmail.com
Mg. José Luis Silva Castro ^d; joseluissilvacastro@gmail.com

^a Universidad Católica de Trujillo

^b Universidad Nacional Ciro Alegría

^c Universidad Católica de Trujillo

^d Universidad Nacional de Trujillo

Recibido Octubre/ 19 / 2020 • Aceptado: Noviembre /24 / 2020 • Publicado: Diciembre / 29 / 2020

RESUMEN

En esta investigación se buscó determinar la proporción ideal para la elaboración de ladrillos en base a papel bond reciclado para muros no portantes, es decir para muros internos o tabiquerías, para poder lograr este objetivo se prepararon 5 mezclas según las siguientes proporciones 1:1:1, 1:1:2, 1:1:3, 1:2:2 y 1:2:3 (cemento: arena: papel bond reciclado), se prepararon cubos de 10 cm de arista y se dejaron secar por 28 días, luego de esto se sometieron a ensayo de compresión con ayuda de una prensa hidráulica. Luego de realizar los ensayos respectivos, se procesaron los datos y se evaluó lo planteado inicialmente haciendo comparaciones con la resistencia mínima exigida en las normas E.080 “Diseño y construcción con tierra reforzada” y E.070 “Albañilería” del Reglamento Nacional de Edificaciones. El análisis estadístico (ANOVA y Prueba de Tukey) permitió concluir que la proporción ideal para elaborar ladrillos en base a papel bond reciclado fue la proporción 1:1:1, la cual no sólo superó lo estipulado en la norma E.080 para adobes y la E.070 para bloques de muros no portantes, sino también lo que indica la norma E.070 para bloques de muros portantes, ladrillos tipo I y tipo II, pudiendo ser usados para construcciones generales en zonas sísmicas 2 y 3 en edificios de hasta 2 pisos.

Palabras clave: papel reciclado, concreto, proporción, resistencia a la compresión local.

ABSTRACT

In this research sought to determine the ideal proportion for the elaboration of bricks based on recycled bond paper for non-bearing walls, that is to say for internal walls or partitions, in order to achieve this objective, 5 mixtures were prepared according to the following proportions 1: 1: 1, 1: 1: 2, 1: 1: 3, 1: 2: 2 and 1: 2: 3 (cement: sand: recycled bond paper), 10 cm cubes of edge were prepared and allowed to dry for 28 days, after this they were subjected to compression testing with the help of a hydraulic press. After carrying out the respective tests, the data was processed and what was initially assessed was made by comparisons with the minimum resistance required in standards E.080 “Design and construction with reinforced soil” and E.070 “Masonry” of the National Building Regulations. The statistical analysis (ANOVA and Tukey's Test) allowed us to conclude that the ideal proportion to make bricks based on recycled bond paper was the 1: 1: 1 proportion, which not only exceeded the provisions of standard E.080 for adobes and E.070 for blocks of non-bearing walls, but also what is indicated by the E.070 standard for blocks of bearing walls, type I and type II bricks, and can be used for general constructions in seismic zones 2 and 3 in buildings up to 2 floors.

Keywords: recycled paper, concrete, proportion, compressive strength

Introducción

Si bien es cierto los materiales más usados a nivel mundial en la industria de la construcción son el concreto y el ladrillo, en nuestro país son materiales que por un pequeño margen logran superar al 50% de las construcciones a nivel nacional y esto es debido a su alto costo tanto de material como de mano de obra y a la vez a que demora cierto tiempo para poder adquirir sus propiedades finales y ser “habitable”.

El concreto tiene muchas propiedades que lo hacen un material idóneo para una

construcción, su elevada resistencia a la compresión o su facilidad de adquirir casi cualquier forma, por mencionar algunas; por otro lado, el ladrillo también es un material muy resistente y altamente comercializado en nuestro país, sin embargo, son materiales que para su producción depredan los suelos en demasía y que también el costo de construcción con esto es elevado, lo cual genera una desventaja para las personas con bajo poder adquisitivo.

Una alternativa al uso de estos materiales es el uso de materiales de desecho para fabricar un nuevo material de construcción, es por esta razón que se propone la elaboración de ladrillos en base a papel de desecho, el cual, al ser mezclado con cemento en pequeña cantidad y arena, forme una especie de concreto reciclado, este es un material de construcción recientemente desarrollado de manera casera como lo menciona Elizalde (2005), compuesto básicamente de fibra celulósica, cemento u otro aglomerante y arena.

Por su composición es un material amigable con el medio ambiente, es decir ecológico, posee menor peso y una resistencia a la compresión adecuada para muros de tabiquería o para casas de un solo piso, por otro lado, al usar papel desechado, se reduce significativamente el precio (Clinton, 2006), haciéndolo así un material idóneo para las personas de bajos recursos económicos dándoles de esta manera la posibilidad de construir una vivienda digna sin elevar los costos derivados de los materiales.

- En experiencias internacionales como la de Amores (2013) en Ecuador, la de Kumar y Kansal (2016) en India, o la de Santamaria, Fuller y Fafitis (2007) en Estados Unidos, demuestran que si es posible el uso de este material para la construcción de viviendas, especialmente de muros no portantes, sin embargo hay que tener en cuenta que la normativa en cuanto a cargas que puede soportar un muro es diferente en cada país, por lo tanto es necesario realizar las pruebas con respecto a la normativa nacional, en este caso lo indicado en el Reglamento Nacional de Edificaciones (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Materiales y Métodos

El estudio es experimental, teniendo como propósito el elaborar probetas con diferentes tipos de proporciones de cemento: arena: papel bond reciclado para poder evaluar cómo la proporción de estos elementos hace variar la resistencia a la compresión de las probetas y finalmente verificar el cumplimiento de las normativas del país, la norma E.070 y la norma E.080 del Reglamento Nacional de Edificaciones: para poder evaluar lo antes mencionado se procedió a preparar 75 probetas, usando moldes cúbicos de metal de 10 cm. de arista, se llenaron los moldes con diferentes proporciones de mezcla las cuales se determinaron luego de hacer una exhaustiva investigación bibliográfica, las proporciones a usar fueron 1:1:1. 1:1:2, 1:1:3, 1:2:2 y 1:2:3.

El proceso de realización de la mezcla se inició con la preparación del papel, para esto se recolectó papel desechado en las oficinas de la universidad, se cortó y trozó en pedazos pequeños y se dejó remojando por un periodo de 3 días, luego de esto se procedió a batir el papel para desmenuzarlo y luego se dejó a secar, de esta manera el papel tomó la forma de agregado grueso, luego de esperar 7 días para que el papel seque bien, se procedió a mezclar con ayuda del trompo existente en el Laboratorio de Materiales y Operaciones de la Universidad Católica de Trujillo, este equipo nos ayudó a que la mezcla final sea homogénea, tanto en la humedad como en la dosificación final, para esto se vertió agua, cemento, arena y finalmente el papel.

Con la mezcla ya lista, se vació a los moldes previamente preparados (se les aplicó internamente aceite quemado con ayuda de una esponja para que sirva como desmoldante), se llenó la probeta en dos capas debidamente chuseadas. Las probetas fueron retiradas de los moldes al día siguiente de su preparación y se dejaron secar y curar al aire libre por un periodo de 28 días, luego de esto se procedió a ensayar a compresión a cada una de las probetas, este ensayo se pudo realizar con ayuda de una prensa hidráulica, se tomó nota de los datos obtenidos tanto de fuerza como de resistencia a la compresión (f'_c) y posteriormente se

^a Mg. Luis Alberto Alva Reyes; ^b Dr. Jorge Wilmer Elías Silupu; ^c Ing. Laura Stephanie Paredes Gonzales y

^d Mg. José Luis Silva Castro

Artículo Protegido por Licencia Creative Commons: BY-NC-ND / Protected by Creative Commons: BY-NC-ND.

Sendas es una revista de acceso abierto / Sendas is an Open Access Journal.

contrastaron los datos con los indicado como mínimo requerido en las normas del Reglamento Nacional de Edificaciones E 0.70 “Albañilería” y E 0.80 “Diseño y construcción con tierra reforzada”, para esto se realizó el Análisis de Varianza (ANOVA) y Prueba de Tukey al 0.05% de significancia utilizando el software IBM SPSS v.25

Resultados

a) Determinación de la fuerza de rotura y resistencia a la compresión de ladrillos en base a papel bond reciclado.

En las figuras N°01 y N°02 se puede observar con las diferencias obtenidas entre cada proporción, se puede apreciar que la proporción 1:1:1 obtuvo valores muy altos en comparación con las demás proporciones, siendo aproximadamente 3 veces más alta que los valores obtenidos en otras proporciones, por otro lado, tenemos que la proporción 1:2:3 es la que obtuvo los valores más bajos de todas las proporciones.

Figura N°01: Fuerza de rotura vs proporción de papel (Elaboración propia, 2020)

Figura N°02: Resistencia a la compresión vs proporción de papel (Elaboración propia, 2020)

b) Comparación de la resistencia a la compresión de ladrillos en base a papel bond reciclado con lo exigido en la norma E.080 del RNE.

Figura N°03: Comparación de la resistencia a la compresión de cada proporción de mezcla con respecto a la norma E.080 (Elaboración propia, 2020)

La figura N°03 muestra la relación existente entre la resistencia a la compresión promedio obtenida de las diferentes proporciones de mezcla y la resistencia mínima estipulada en la norma E.080 del RNE titulada “Diseño y construcción con tierra

reforzada”, la cual en su artículo 8, inciso 8.1, acápite b expresa que la resistencia última en cubos de adobe es de 10.2 kg-f/ cm² (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017)

c) Comparación de la resistencia a la compresión de ladrillos en base a papel bond reciclado con lo exigido en la norma E.070 del RNE.

A continuación, se muestra la relación existente entre la resistencia a la compresión promedio obtenida de las diferentes proporciones de mezcla y la resistencia mínima estipulada en la norma E.070 del RNE para bloques no portantes (Figura N°04) así como para bloques portantes y ladrillos tipo I (Figura N°05)

Figura N° 04: Comparación de la resistencia a la compresión de cada proporción de mezcla con respecto a bloques no portantes bajo la norma E.070 (Elaboración propia, 2020)

Figura N° 05: Comparación de la resistencia a la compresión de cada proporción de mezcla con respecto a bloques portantes y ladrillos tipo I bajo la norma E.070 (Elaboración propia, 2020)

Como se observa en la figura N°04, la única proporción que no supera el mínimo exigido en la norma E.070 para bloques de muros no portantes es la proporción 1:2:3, es decir 4 de 5 proporciones superan la resistencia mínima, mientras que en la figura N°05 se evidencia que, de las 5 proporciones ensayadas, sólo una supera el mínimo exigido, es decir la proporción 1:1:1

d) Determinación de la proporción ideal para la elaboración de ladrillos en base a papel bond reciclado para muros no portantes.

Figura N°06: Resistencia a la compresión de cada proporción de mezcla con respecto a las normas E.070 y E.080 del RNE (Elaboración propia, 2020)

La figura N°06 nos muestra la comparación entre los promedios de las resistencias a la compresión de las proporciones de mezcla propuestas y los valores de resistencia mínimo exigidos en la norma E.070 y E.080 del RNE, tanto para adobes, bloques de muros no portantes, bloques de muros portantes y ladrillos tipo I; en esta figura se puede observar la diferencia que existe entre los valores obtenidos experimentalmente y los valores teóricos brindados en las referidas normas, de igual forma se observa también que hay valores muy cercanos entre sí.

Tabla N°01: ANOVA para la resistencia a la compresión de cada proporción y las normas E.070 y E.080

ANOVA					
Resistencia_compresión					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	57361,600	7	8194,514	798,445	,000
Dentro de grupos	1149,467	112	10,263		
Total	58511,067	119			

Fuente: IBM SPSS, 2020

Tabla N°02: Prueba de Tukey (medias) para la resistencia a la compresión de cada proporción y las normas E.070 y E.080

Resistencia_compresión							
HSD Tukey ^a							
Proporción	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
E.080	15	10,200					
1:2:3	15		16,867				
E.070-NP	15		20,000				
1:1:3	15			30,333			
1:1:2	15			30,533			
1:2:2	15				36,067		
E.070-P y tipo I	15					50,000	
1:1:1	15						83,867
Sig.		1,000	,140	1,000	1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 15.000.

Fuente: IBM SPSS, 2020

Luego de realizar el ANOVA se confirmó que existe diferencia significativa entre al menos dos de los subconjuntos propuestos, esto se puede verificar con el valor del estadístico F (798.445) y la significancia obtenida (0.000%), la cual es menor que el valor α (0.05%), esto se puede observar en la Tabla N°01

En el caso de la prueba de Tukey para medias (Tabla N°02), dividió los resultados en 6 subconjuntos homogéneos, acá se puede distinguir que hay un grupo que resalta de los demás y es el de la proporción 1:1:1, la cual obtuvo la mayor media, superando a todas las resistencias mínimas indicadas en las normas y a las resistencias medias de las demás proporciones, por otro lado se observa también que todas las proporciones superaron al mínimo establecido en la norma E.080 y que 4 proporciones superaron el valor de la resistencia requerida en la norma E.070 para bloques de muros no portantes.

Discusión

✚ Los resultados obtenidos muestran que existe gran variación entre la resistencia a la compresión de cada proporción, siendo la más baja la proporción 1:2:3 con una resistencia de 16.87 kg-f/cm² y la más alta la proporción 1:1:1 con una resistencia de 83.87 kg-f/cm², estos resultados se pueden contrastar con los obtenidos por Moreno y Ponce (2017) donde realizaron una mezcla de cemento, papel y agua en proporción 1:3:1.5 donde obtuvieron una resistencia a la compresión de 3.34 kg-f/cm², la cual es menor a la obtenida en esta investigación, esto se debe a la ausencia de arena en la mezcla, la cual funciona como refuerzo particulado en la mezcla elevando sus propiedades mecánicas.

Por otro lado, Sánchez et al. (2018) realizaron una mezcla cemento, arena y papel con la que lograron una resistencia a la compresión de 66.94 kg-f/cm², con lo que se dice que posee características óptimas para la construcción, si se puede observar en comparación con Moreno y Ponce (2017) existe un incremento en cuanto a la resistencia de los ladrillos, y esto se debe a la presencia de la arena que como se mencionó con anterioridad actúa como refuerzo dentro de la mezcla.

En el caso de Kumar y Kansal (2016) si se tienen resultados que difieren con los obtenidos ya que su mezcla de proporción 1:1:3 obtuvo valores hasta de 116 kg-f/cm² presentando un comportamiento elástico, los cuales son casi cuatro veces mayores a los de esta investigación (30.33 kg-f/cm²) y con una rotura frágil, esta diferencia en cuanto al comportamiento frente a la fractura se debe a la cantidad de papel en cada investigación.

✚ De los resultados analizados se puede observar que las resistencia a la compresión de las proporciones de mezcla planteadas son variables entre sí, obteniendo como valor mínimo el de 16.967 kg-f/cm² correspondiente a la proporción 1:2:3 y 83.87 kg-f/cm² a la proporción 1:1:1, al comparar la resistencia mínima obtenida con el mínimo exigido por la norma E.080 del RNE (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017) se

puede inferir que todas las mezclas son aptas para reemplazar al adobe ya que todas las mezclas superan significativamente los 10.2 kg-f/cm² planteados en la norma.

- ✚ Como se observó en los análisis estadísticos, las proporciones propuestas superaron a excepción de una de ellas al mínimo establecido por la norma E.070 para bloques no portantes, es decir, todas ellas pueden ser usadas para la construcción de paredes interiores o muros que no soporten cargas (menos la proporción 1:2:3), sin embargo, hay una proporción que resalta sobre todas, la 1:1:1, cuya resistencia incluso supera a límite inferior exigido por la mencionada norma para bloques no portantes y ladrillos tipo I, incluso los valores obtenidos por esta proporción (83,867 kg-f/cm²) superan a lo estipulado en la tabla N°08 para los ladrillos tipo II (70 kg-f/cm²) haciendo que esta mezcla sea ideal para viviendas de uso general en una zona de baja sismicidad (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).
- ✚ Luego de analizar y contrastar entre sí los resultados obtenidos y a su vez hacer la comparación respectiva con la resistencia a la compresión mínima exigida en la normativa peruana, se tiene que la proporción 1:1:1 supera significativamente todos los mínimos requeridos, es decir la resistencia resultante de 83,867 kg-f/cm² supera los 10.2 kg-f/cm² indicados en la norma E.080 (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2017) y los 20 kg-f/cm² para bloques de muros no portantes, 50 kg-f/cm² para muros portantes y ladrillos tipo I, e incluso los 70 kg-f/cm² para ladrillos tipo II estipulados en la norma E.070 ((Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2016).

Conclusiones

- Se determinó la proporción ideal para la elaboración de ladrillos en base a papel bond reciclado para muros no portantes, siendo esta la de 1:1:1 (cemento: arena: papel), esta proporción superó todos los mínimos requeridos, es decir la norma E.080 para adobes, la norma E.070 para bloques de muros no portantes e incluso la

norma E.070 para muros portantes, ladrillos tipo I y ladrillos tipo II pudiendo usar esta proporción para construcciones generales en zonas sísmicas 2 y 3 para edificios de hasta 2 pisos.

- Se comparó a resistencia a la compresión de ladrillos en base a papel bond reciclado con lo exigido en la norma E.070 del RNE, teniendo como resultado que cuatro de las cinco proporciones, superan lo mínimo requerido para bloques de muros no portantes (20 kg-f/cm^2), mientras que sólo una de las proporciones, la 1:1:1, supera los 50 kg-f/cm^2 para bloques de muros portantes y ladrillos tipo I.
- Se comparó la resistencia a la compresión de ladrillos en base a papel bond reciclado con lo exigido en la norma E.080 del RNE, teniendo como resultado que todas las proporciones propuestas superan el mínimo exigido, sin embargo, no se recomienda el uso de la proporción 1:2:3 ya que el valor obtenido supera por un margen muy estrecho a lo estipulado en la norma E.080.

Referencias

- Aceros Arequipa S.A. (2010). *Manual del maestro constructor*. Lima, Perú: Motiva.
- Amores, M. (2013). *El papel reciclado de los desechos sólidos urbanos del cantón Ambato, provincia de Tungurahua y su incidencia en la resistencia del hormigón* (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- Bustillo, M. y Calvo, J. (2005). *Materiales de construcción*. Madrid, España: Nuevo Editores.
- Barriga, E. y Bernardo, J. (2016). *Aplicación y estudio de las propiedades de las celulosas recicladas obtenidas del papel periódico como una adición para el concreto* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima, Perú.
- Campodónico, J. (2002). *Análisis del reciclaje de papel y cartón en la ciudad de Chiclayo* (Tesis de pregrado). Universidad de Piura, Piura, Perú.
- Cando (s.f.). Cemento Portland usos y tipos [mensaje en un blog]. Recuperado de <https://bloquescando.com/cemento-portland-usos-y-tipos/>
- Clinton, L. (2006). *Analysis of low-cost building material for the mixalco process* (Tesis de maestría). Texas A&M University, Texas, EEUU.

- Delcasse, M., Rahul, V., Abhilash, C., Pavan, M. y Gangadhar (2017). Papercrete bricks - An alternative sustainable building material. *International Journal of Engineering Research and Application*, 7 (3), 09-14. doi: 10.9790/9622-0703060914.
- Díaz, F. (2005). *Análisis experimental de la contracción por secado de mezclas de concreto hidráulico* (Tesis de pregrado). Universidad de las Américas, Puebla, México.
- EcuRed (s.f.). Arena. Recuperado de <https://www.ecured.cu/Arena>
- Elizalde, L. (2005). *Caracterización de mezclas de mortero a base de celulosa / papel reciclado para fabricación de elementos constructivos* (Tesis de maestría). Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Monterrey, México.
- Gutiérrez de López, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- IngePlan (2014); *Proyecto de Urbanización de vial y puente del ámbito A-8-7-7 Ibarra-San Pío, Elorrio*. Recuperado de http://www.elorrio.eus/es-ES/Ayuntamiento/Perfil-Contratante/2014%20Proyecto%20de%20urbanizacion%20del%20vial%20y%20puente6/P1201_PPTP_202_V03.pdf
- Instituto Mexicano del Cemento y Concreto (2004, Julio) *Propiedades del concreto. Conceptos Básicos del Concreto*. Recuperado de <http://www.imcyc.com/cyt/julio04/CONCEPTOS.pdf>
- Kumar, R. y Kansal, R. (2016). Utilization of waste papers to produce ecofriendly bricks. *International Journal of Science and Research*, 5 (8), 92-96. doi: [10.21275/art2016792](https://doi.org/10.21275/art2016792)
- Manoj, M. y Uma, G. (2017). Papercrete. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research*, 6 (8), 1289 - 1297; Recuperado de <http://ijsetr.org/wp-content/uploads/2017/08/IJSETR-VOL-6-ISSUE-8-1289-1297.pdf>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2016). Norma E.070: Albañilería. Lima, Perú: El Ministerio
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2017). Norma E.080: Diseño y construcción con tierra reforzada. Lima, Perú: El Ministerio
- Moreno, L. y Ponce, K. (2017). *Características físicas y mecánicas de la unidad de albañilería ecológica a base de papel reciclado en la ciudad de Trujillo* (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- Polanco, A. (s.f.). *Manual de prácticas de concreto*. Chihuahua: Universidad Autónoma de Chihuahua.

- Prieto, S. (2014). Panel prefabricado de hormigón aliviano a base de papel periódico y cartón reciclado, destinado a vivienda de interés social. *Estoa, Revista de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Cuenca*, 3 (5), 51-61. [doi: 10.18537/est.v003.n005.06](https://doi.org/10.18537/est.v003.n005.06)
- Santamaria, J., Fuller, B. y Fafitis, A. (2007). Structural properties of a new material made of waste paper. *Computational Methods and Experimental Measurements XIII*, 46. doi: 10.2495/CMEM070561
- Sánchez, J., Guerrero, F., Cerna, R. y Gonzales, K. (2018). Ladrillo ecológico elaborado con papel reciclado: Costo y propiedades físico-mecánicas. *Conocimiento para el desarrollo*, 9 (2), 29 - 34; Recuperado de <https://revista.usanpedro.edu.pe/index.php/CPD/article/view/339/312.pdf>
- Selvarasan, P. y Bharathidasan, S. (2017). Experimental investigation of papercrete with glass fibre as a partial replacement for fine aggregate. *International Research Journal in Advanced Engineering and Technology*, 3 (3), 2199-2215; Recuperado de <http://www.irjaet.com/Volume3-Issue-3/paper%201.pdf>
- Valero, A., Vargas, N. y Vargas, Y. (2015). *Ecobrick ladrillo ecológico a base de papel reciclado para muros divisorios* (Proyecto de Grado). Universidad La Gran Colombia, Bogotá, Colombia.

Elaboración de Ladrillos en Base a Papel bond Reciclado para Muros no Portantes
(Luis Alberto Alva – Reyes) Por [Revista Sendas](#) se encuentra bajo una [Licencia Creative Commons–No Comercial–Sin Derivadas 3.0 Uported](#).