

Uso de mampostería modular en Costa Rica: ¿Es realmente un material cero residuos?

Nidia Cruz Zúñiga,

Universidad de Costa Rica. San Pedro Montes de Oca,
Sede Rodrigo Facio. nidia.cruz@ucr.ac.cr

Abstract

Masonry construction is the most used method for developing housing projects in Costa Rica. For several decades now, modular masonry systems have been gaining strength. According to their manufacturers, among the main benefits are not requiring formwork systems and the reduction of block waste to practically zero. Although the use of these systems is not yet widespread, according to research carried out, these systems are more used in large construction companies and mass construction, reaching 25% of housing projects in the country. The current investigation sought to quantify the construction waste generated in housing projects built with modular masonry and compare the results of the waste generation rate (kg/m²) with housing projects built with non-modular confined masonry (traditional method). It was possible to show how for some materials, the amount of waste does decrease (wood). However, in general, significantly lower waste generation rates are not achieved, nor is zero waste achieved in masonry blocks. It was also evidenced that there are many other variables involved in generating construction waste, in which labor and the type of contracting are the most influential.

Palabras claves:

Residuos de construcción, tasa de generación de residuos, índice de residuos sólidos, mampostería modular.

Introducción

Según datos de la Cámara Costarricense de la Construcción (CCC), en 2019 la construcción aportó alrededor del 4.0 % del producto interno bruto del país, y el 3.9 % para 2020 (CCC, 2021). Abarca y Leandro (2016) indican que el sector genera gran cantidad de residuos debido a varios factores: variedad de medidas, órdenes de cambio, mala manipulación de materiales o mano de obra poco calificada. Esto representa no solo un costo adicional en el proyecto, sino un impacto ambiental directo.

Desde el Plan Nacional de Residuos Sólido (PRESOL, 2008) se hablaba de alcanzar una gestión de los residuos sostenible e integral. Dicho plan estableció el orden jerárquico deseable del manejo de residuos. A la fecha, el país cuenta con normativa para el manejo de residuos sólidos y con estrategias para su recuperación y valorización, pero no hay un reglamento específico para los residuos del sector construcción. Estos últimos presentan características diferentes a las de ordinarios: son más pesados, voluminosos y pueden contener materiales peligrosos; por lo que se deben gestionar de manera diferente. El presente artículo presenta los resultados de una serie de trabajos finales de graduación en la línea de los residuos de construcción.

Las investigaciones se realizaron entre 2020 y 2021. Se consideró importante estudiar viviendas porque según la CCC (2021), un 42.28 % del área construida tramitada ante el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos (CFIA), fue en la categoría vivienda y un 37.75 % específicamente para vivienda unifamiliar.

Se realizó un estudio de campo de 10 proyectos de vivienda, 7 utilizando mampostería modular y 3 con sistema de mampostería confinada no modular. La premisa que impulsó la investigación era determinar si realmente el uso de mampostería modular ayuda a disminuir el desperdicio de materiales y si se logra llegar al cero residuo en bloques como comercializan sus fabricantes.

La línea de investigación que la autora lleva en la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica busca generar información actualizada respecto a la cantidad de residuos sólidos que se producen en proyectos constructivos, mediante su medición directa en campo, con el fin de tener insumos para la toma de decisiones a nivel nacional.

Objetivos

- Evaluar la generación de residuos en la construcción de viviendas en Costa Rica, mediante la cuantificación y categorización de los residuos producidos en campo.
- Cuantificar las tasas de generación de residuos de construcción durante las diferentes etapas constructivas de las viviendas elegidas.

Metodología

La investigación buscó realizar una comparación de la generación de residuos entre sistemas modulares y no modulares. Según indica Fernández (2015), los sistemas modulares se implementan en Costa Rica a partir del año 1991, con el fin de disminuir el desperdicio y fomentar la productividad constructiva y económica. Por otra parte, la mampostería confinada es aquella donde los bloques son confinados perimetralmente por elementos de hormigón armado, acero estructural o madera, y los muros son contruidos con bloques tradicionales (no modulares).

Se contó con la anuencia de los desarrolladores, se realizó una visita preliminar y se conversó con cada maestro de obra y profesional a cargo para explicar la metodología de trabajo y los requerimientos. Los datos se procesaron de forma anónima para respetar la confidencialidad de cada participante. Se realizaron visitas semanalmente para la toma de datos en cada proyecto, y se coordinó con los encargados de obra para separar los residuos y pesar la totalidad de estos antes de desecharlos.

La metodología requirió ajustes debido a los protocolos COVID. A pesar de ello se logró llevar los registros de residuos generados en todos los proyectos, pero se tuvieron limitaciones importantes en cuanto al avance de las obras y los tiempos estipulados inicialmente por los proyectistas. Esto ocasionó que en algunos de los proyectos estudiados se pudiera llegar solamente hasta finalización de obra gris y techado. Se estudiaron proyectos de vivienda, de diferentes dimensiones y

tipologías constructivas, algunas bajo el régimen de condominios y otras en urbanizaciones, todas fueron viviendas unifamiliares de menos de 200 m².

Existen diferentes metodologías para el estudio de las muestras de residuos de construcción. En este caso la cuantificación se realizó mediante el análisis de pesada total, método que consiste en pesar todos los residuos que se generan; esto permite determinar la tasa de generación de residuos con los datos recolectados.

El principal indicador que se estimó fue la tasa de generación de residuos, que es la relación que existe entre la cantidad de residuos generados por la unidad de análisis comparativa deseada, en este caso se utiliza metro cuadrado de construcción, según la siguiente ecuación:

$$Tasade\ generaci3n = \frac{kg\ de\ residuos\ generados}{m^2\ construidos} \quad (1)$$

En una segunda fase se estimó el índice de residuos, mediante un balance de masas. Para este método se deben identificar todas las entradas y salidas al sistema, en este caso los materiales adquiridos y los residuos generados por tipo. En algunos proyectos no se tuvo acceso a la totalidad de estas listas. El índice de residuos se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\acute{I}ndice\ de\ residuos = \frac{kg\ de\ residuos\ generados}{kg\ de\ materiales\ adquiridos} \times 100\% \quad (2)$$

En todos los casos los residuos se pesaron con balanzas digitales con una incertidumbre de 0.05 kg y con la ayuda de estañones o baldes, luego se procesaron los datos del pesaje en la hoja de Excel.

Resultados y su discusión

La Tabla 1 resume los principales resultados encontrados para los proyectos analizados y los indicadores seleccionados:

Tabla 1 Indicadores de generación de residuos, métodos constructivos varios

Indicador	Material de origen del residuo	Mampostería modular, condominios. (Marín, 2021)	Mampostería modular, urbanizaciones. (Bolaños, 2021)	Mampostería Confinada no modular, urbanizaciones (Rímolo, 2020)
Tasa de generación [kg/m ²]	Total	9.99	21.33	5.66
	Cementicios	7.83	14.11	1.87
	Madera seca	0.81	0.38	2.41
	Metales	*1.12	1.00	0.33
	Láminas livianas	-	0.39	0.89

	Cerámica	-	1.26	0.38
	Plástico	0.21	1.22	0.16
Índice de residuo	Total	1.54 %	1.6 %	-
	Bloques	2.95 %	1.73 %	1.16 %
	Madera seca	11.79 %	20.92 %	30.68 %
	Metales	5.72 %	-	0.44 %
	Plástico	7.60 %	2.78 %	3.66 %

A pesar de que se trató de seguir siempre la misma metodología, la variabilidad de cada proyecto en cuanto a personal, espacio disponible, sensibilización con el tema y anuencia a colaborar hizo que en algunos casos los datos obtenidos no sean totalmente comparables. Siempre se trató de analizar los resultados buscando establecer las diferencias entre los sistemas modulares y los tradicionales. En cuanto a la adquisición de materiales, se evidenció una diferenciación de la forma tradicional de construir cuando se usa sistemas modulares, en particular con el uso de madera para enconfrados, pues se disminuye notoriamente su uso, lo cual es importante porque mucha de la madera usada para este fin termina como residuo. En cuanto a los entresijos se pudo ver como el uso de sistemas de viguetas es muy común, y es práctica común que las empresas subcontratadas para brindar este material sobreestimen significativamente las cantidades y se genere mucho residuo por despacho del material. En el caso de las láminas de zinc no se cuantificaron residuos en la mayoría de los proyectos analizados, ya que las cubiertas se fabrican e instalan a la medida requerida.

Específicamente para la mampostería, muchos de los residuos son generados al realizar cortes en los bloques, para la colocación del sistema eléctrico y mecánico. Los residuos de mayor tamaño se debieron a bloques quebrados en alguna esquina o que se fracturaban al momento de su manipulación, ya sea en el momento de su traslado o colocación. Esto se mantiene en los sistemas modulares y en los no modulares.

Dentro de las etapas constructivas, la que más residuos generó fue el levantamiento de paredes, pues no solo generó residuos de bloques de concreto, sino que se contabilizó gran cantidad de residuos de mortero de pega y repellos.

En todos los casos estudiados se detectaron “malas prácticas de construcción” que imposibilitaron la cuantificación de algunos residuos: por ejemplo, el relleno de las celdas de la mampostería con restos de bloques quebrados, sacos de cemento o mortero y fragmentos de varillas; o el relleno de las cimentaciones o jardines con escombros y similares. Estas prácticas no son recomendables.

En la última etapa de la investigación se consultó a una muestra de profesionales según su experiencia qué porcentaje del total de viviendas se construye utilizando mampostería y qué porcentaje del anterior corresponde al método de mampostería modular. A partir de esta consulta se obtuvo que los metros cuadrados anuales de construcción de viviendas que emplean

mampostería rondan el 74 % del total y que de esa porción, aproximadamente el 25 % emplea el método de mampostería modular. Lamentablemente el CFIA no lleva estadísticas concretas al respecto.

Conclusiones

Cuantificar los residuos reales producidos en proyectos de construcción no resulta una tarea fácil, ya que no se cuenta en el país con una cultura de cuantificación y caracterización de residuos.

Se encontraron numerosas limitaciones a la hora de investigar en campo la generación de residuos, en especial por variables relacionadas con tipo de obra, manipulación de los residuos, espacio disponible en la obra para el almacenamiento temporal, o falta de registros confiables de la cuantificación de materiales que ingresan a la obra. Con base en lo visto en campo se puede concluir que la mayor cantidad de los residuos se producen en las labores de obra gris, tanto en sistemas modulares como no modulares. También se pudo constatar que los sistemas modulares efectivamente contribuyen a disminuir la generación de residuos, principalmente de madera, ya que reduce significativamente su uso para encofrados y similares. Cabe destacar que cuando se usa el sistema modular, siempre existe un porcentaje de desperdicio de bloques que no es despreciable. En general los índices de residuos reales suelen ser mayores a los comúnmente usados para presupuestación.

Por otro lado, se constató que un proyecto bien manejado y con personal capacitado puede generar menor cantidad de desperdicios, independiente del sistema constructivo.

Tras la toma de datos en campo se concluye que los residuos de construcción se gestionaron de manera inapropiada: no se lleva control de cantidades o índices de desperdicio, no se separaron los residuos, no se priorizó la reutilización y todos los residuos se gestionaron de forma revuelta. Estas prácticas no propician la valorización de los residuos de construcción.

Referencias Bibliográficas

Abarca, L., Leandro, A. (2016). Guía: Manejo Eficiente de Materiales de Construcción. <https://construccionsostenible.cfia.or.cr/wp-content/uploads/2018/08/gu%C3%ADa-manejo-eficiente.pdf>. (accessed 07 June 2022)

Bolaños, S. (2021). Análisis, cuantificación y caracterización de residuos de construcción para sistemas constructivos modulares de viviendas en serie. Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

CCC, (2021). Informe Económico. <https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/11064#:~:text=Para%20el%202021%20se%20esperaba,privada%20en%20el%20territorio%20nacional>. (accessed 25 May 2022)

Fernández, D. (2015). Evaluación de un nuevo sistema constructivo de mampostería modular de concreto en Costa Rica. Proyecto Final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.

Marín, F. (2021). Caracterización y cuantificación de residuos sólidos de construcción para viviendas individuales tipo apartamento en condominio con sistema constructivo modular tipo Armabloque en la Gran Área Metropolitana. Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Rímolo, S. (2021). Identificación, categorización y cuantificación de residuos de construcción en viviendas de mampostería confinada. Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.