

# Gestión de Residuos en proyectos de construcción de viviendas en Costa Rica: teoría versus práctica

## Waste Management in housing construction projects in Costa Rica: theory versus practice

Nidia Cruz-Zúñiga<sup>1</sup>

---

Cruz-Zúñiga, N. Gestión de residuos en proyectos de construcción de viviendas en Costa Rica: teoría versus práctica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 36, número especial. Agosto, 2023. X Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Proyectos. Pág. 86-95.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v36i7.6862>

1 Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.  
Correo electrónico: [nidia.cruz@ucr.ac.cr](mailto:nidia.cruz@ucr.ac.cr)  
 <https://orcid.org/0000-0002-4416-0626>

## Palabras clave

Residuos de construcción; gestión ambiental; gestión de residuos; tasa de generación de residuos.

## Resumen

El presente artículo sintetiza los resultados de varios proyectos de investigación que se han realizado en la Escuela de Ingeniería Civil, bajo la tutoría de la autora, y enmarcados en la línea de investigación de gestión integral de residuos en la construcción. El objetivo de la investigación ha sido generar información respecto a la tasa de generación de residuos en proyectos de construcción, al momento solamente para proyectos de vivienda, y estudiar su composición, con el fin de brindar pautas a las autoridades nacionales para una posible regulación del sector construcción en materia de residuos. Una de las principales hipótesis que se han estudiado es que existe una diferencia en la tasa de generación de residuos por metro cuadrado de construcción según la tipología constructiva que se maneje en el proyecto. La metodología seguida para estas investigaciones ha consistido en estudiar proyectos constructivos de diversa índole durante su fase de obra gris, y cuantificar en sitio todos los residuos que se van produciendo, llevando un control por peso y por avance de obra. Al mismo tiempo se han realizado caracterizaciones por tipo de residuo en todos los casos, con el fin de evidenciar que tipo de material de construcción genera mayor cantidad de residuo, por peso y por volumen. Adicionalmente, se ha estudiado los porcentajes de desperdicio, llevando un comparativo entre la cantidad de materiales que ingresan a cada proyecto y los residuos que se reflejan en campo, lo que se comparó luego con los porcentajes de desperdicio que indica la teoría para estimar los presupuestos. Entre las principales conclusiones a las que ha llegado la investigación al momento están el que los desperdicios suelen ser mayores en la práctica de lo que indica la teoría, pero que existen otras variables implicadas en la generación de residuos que hacen que proyectos de una misma tipología y hasta muy similares entre sí tengan tasas de generación relativamente diferentes. También se ha podido observar cómo los proyectos construidos con sistemas modulares no precisamente tienen tasas de generación de residuos menores, como se indica en la teoría. Adicionalmente, si se ha comprobado que los proyectos constructivos que tienen elementos más complejos en diseño suelen generar tasas de residuos mayores, lo que parece estar relacionado a diseños arquitectónicos más elaborados.

## Keywords

Construction waste; environmental management; waste management; waste generation rate.

## Abstract

This article summarizes the results of several research projects that have been carried out at the School of Civil Engineering, under the author's guidance, and framed in the research line of comprehensive waste management in construction. The objective of the research has been to generate information regarding the rate of waste generation in construction projects, at the moment only for housing projects, and to study their composition, in order to provide guidelines to national authorities for a possible regulation of the construction sector in terms of waste. One of the main hypotheses that have been studied is that there is a difference in the rate of generation of construction waste per square meter of construction depending on the type of construction used in the project. The methodology followed for these investigations has consisted of studying construction projects of various kinds during their gray work phase and quantifying all the waste that is produced on site, keeping track of weight and work progress. At

the same time, characterizations by type of waste have been carried out in all cases, in order to show what type of construction material generates the greatest amount of waste, by weight and by volume. Additionally, the percentages of waste have been studied, carrying out a comparison between the amount of materials that enter each project and the waste that is reflected in the field, which was then compared with the percentages of waste that the theory indicates to estimate the budgets. Among the main conclusions reached by research to date are that waste is usually greater in practice than theory indicates, but that there are other variables involved in the generation of waste that make projects of the same type and even very similar to each other have very different generation rates. It has also been observed how projects built with modular systems do not precisely have lower waste generation rates, as indicated in theory. Additionally, it has been proven that construction projects that have more complex design elements tend to generate higher waste rates, which seems to be related to more elaborate architectural designs.

## Introducción

El sector construcción incide en el desarrollo del país, ya que influye en el crecimiento de actividades económicas, como la inmobiliaria, el comercio o la manufactura de productos, al generar infraestructura física y empleo. Según datos de la Cámara Costarricense de la Construcción [1], la construcción aportó alrededor del 4,0 % del producto interno bruto del país, y el 3,9 % para el 2020 [2]. Adicionalmente, según la Encuesta Continua de Empleo, un 7 % de la población ocupada del país se desarrolla en la rama de construcción, lo que representa cerca de 135 500 personas que se sustentan gracias al sector [3]. El Informe Económico del Sector Construcción reportó un crecimiento del 15,2 % en la cantidad de metros cuadrados reportados ante el Colegio Federado de Ingenieros y de Arquitectos (CFIA) entre febrero 2018 y enero 2019 [1].

Las estadísticas casi siempre hablan del empleo y crecimiento, pero son menos los datos disponibles cuando se habla de generación de residuos en el sector. El sector de la construcción consume el 40 % de los materiales vírgenes que se extraen, mientras que produce el 10 % – 35 % de los residuos que se encuentran en los sitios de disposición [4]. Precisamente la falta de más datos de campo en esta rama de generación de residuos hace necesario el desarrollo de proyectos de investigación que aporten información valiosa para la toma de decisiones.

En Costa Rica existe un marco normativo que legisla la Gestión Integral de Residuos (Ley N° 8839), [5], sin embargo, las acciones enfocadas en los residuos de construcción son escasas y poco específicas. Como consecuencia, estos últimos no se tratan correctamente, porque los generadores y los actores responsables de su gestión, no cuentan con mecanismos ni datos apropiados para mejorar su recolección, transporte, almacenaje, procesamiento y disposición o que permitan reducir las tasas de generación [6]. Según Leandro [7] la generación de desechos de construcción en una obra depende de las políticas de administración, proveeduría y manejo de materiales del proyecto, la capacitación y calidad de la mano de obra y del tamaño y complejidad del proyecto.

La línea de investigación que la autora lleva en la Escuela de Ingeniería Civil busca generar información actualizada respecto a la cantidad de residuos sólidos que se producen en proyectos constructivos, mediante su medición directa en campo. Se parte de lo que indicó Leandro [7] en cuanto a que existen muchas posibles causas de la generación de residuos, pero en particular se estudia la relación entre la tipología constructiva y la tasa de generación; además de identificar algunas otras variables emergentes como posibles causas de la diferencia de generación de residuos de un proyecto a otro, tal como lo es el nivel de capacitación de la mano de obra y su formalidad y tipo de contratación. En la mayoría de los casos estudiados se ha tenido como limitación el abarcar la obra desde el inicio de cimientos hasta finalizada la obra

gris; solo en pocos casos se ha logrado levantar datos de campo para la fase de acabados. Esto último debido a los múltiples atrasos que se generan en las obras, en especial durante la pandemia, y en el tiempo disponible de las personas tesorarias para continuar midiendo. Para la presente investigación se tomaron los residuos de construcción que no incluyen los generados en el movimiento de tierra (suelo y capa vegetal).

Dentro de los alcances de la investigación se decidió trabajar con el subsector de vivienda, esto considerando que es el tipo de construcción más común en general en los países. Según el Informe Económico del Sector Construcción de la Cámara Costarricense de la Construcción [2], un 42,28 % del área construida, tramitada ante el CFIA, fue de la categoría vivienda y un 37,75 % específicamente para vivienda unifamiliar. Al mismo tiempo se consideró que en este tipo de proyectos suele tenerse mano de obra menos especializada o calificada que en los proyectos grandes de infraestructura, aunado a que también es menos común encontrar un sistema de gestión de proyectos operando. Todo esto puede influir en la cantidad de residuos que se generan en obra. Según Cruz [8] el porcentaje de desperdicio de materiales es mayor si el presupuesto es inexacto o no considera los desperdicios como un factor determinante para la toma de decisiones: por inexperiencia de quien lo elabora, aplicación de factores de seguridad altos o falta de detalle en planos constructivos. En proyectos pequeños tampoco es común que se lleven controles de inventario donde se registre las cantidades compradas y utilizadas para controlar los índices de desperdicio, aspecto que es clave para una gestión de proyectos exitosa. Un 83 % de las empresas encuestadas por Abarca y Leandro [9] no guardan un registro de este tipo.

Finalmente, otra arista analizada comparó los sistemas constructivos tradicionales con los modulares (para la mampostería) y valoró si realmente el uso de modulación presenta un ahorro significativo en la generación de residuos sólidos y facilitan su gestión. Según Marín [10] en Costa Rica, en los últimos años, se ha ido implementando un sistema de mampostería de concreto modular, con el objetivo de disminuir los desperdicios generados en la actividad de pega de bloques y de esta manera aumentar la productividad no solo constructiva sino también económica. De acuerdo con Fernández [11] el sistema modular tiene la ventaja de que se pueden realizar intersecciones entre paredes con los mismos bloques sin necesidad de segmentarlos, ni realizar otro tipo de ajuste. Además, permite un diseño normalizado no solo en las paredes sino también en los buques de puertas y ventanas. Sin embargo, en materia de residuos, hay que considerar que este sistema solo modula los bloques de mampostería y no así el resto de los materiales requeridos, por lo que realizar comparativas es clave para ver si la teoría de reducción de residuos que comercializan es realmente lo que se da en la práctica.

## Metodología

En todos los casos las personas tesorarias estudiaron proyectos de vivienda, de diferentes dimensiones y tipologías constructivas. Cada persona tenía a cargo el estudio de dos o tres viviendas, con el fin de levantar información detallada y estimar la generación y composición de los residuos en campo. Además, se chequeaban las órdenes de compra y presupuestos para cuantificar la cantidad de materiales que ingresaban a la obra.

Como primera etapa en todos los casos se contó con la anuencia de los desarrolladores de las viviendas en estudio. Luego 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 de la investigación. En todos los casos se contó con la anuencia a participar. Los datos se presentan de forma anónima para respetar la confidencialidad de cada participante.

Seguidamente en todos los casos se pidieron listas detalladas de compra de materiales, con el fin de tener una idea concreta de la cantidad y tipo de materiales que ingresaban a cada obra y así luego compararlo con los tipos de residuos detectados. No en todos los casos se logró tener el mismo grado de detalle de estas listas, y en algunos proyectos se tuvo información parcial.

Para el control de los residuos generados se visitó cada uno de los proyectos al menos una vez a la semana, siempre en coordinación con los maestros de obra encargados, con el fin de evitar que se mandara a disposición final los residuos sin que hubieran sido cuantificados. La cuantificación de los residuos en todos los casos se realizó mediante el análisis de pesada total, método que consiste en pesar todos los residuos que van a una instalación de tratamiento o vertido. Este método permite determinar la tasa de generación de residuos con los datos recolectados. En estos casos la pesada se dio en el sitio de obra antes de que salieran los residuos hacia su sitio de disposición final.

El principal indicador que se estimó en todos los casos fue la tasa de generación de residuos, que es la relación que existe entre la cantidad de residuos generados, ya sea en peso o volumen y la unidad de generación deseada. Para el caso de esta investigación se utiliza el peso en kilogramos por metro cuadrado de construcción, según la siguiente ecuación:

$$\text{Tasa de generación} = \frac{\text{Residuos generados (kg)}}{\text{Área construida (m}^2\text{)}} \quad (1)$$

Los datos sobre tasas de generación de proyectos de construcción son necesarios para crear bases de datos con las cuales establecer las políticas necesarias sobre gestión integral de residuos de construcción en el país. Este indicador permite estimar proyecciones nacionales de las cantidades de residuos de construcción que requieren manejo anualmente y son básicos para el diseño y planteamiento de un sistema integral de gestión.

En una segunda fase de la investigación en cada casa se estimó el índice de residuos por tipo de material, lo cual se calculó mediante la metodología de balance de masas. Para este método se deben identificar todas las entradas y salidas a un sistema limitado: en este caso los materiales adquiridos y los residuos generados en el entorno de cada proyecto. El índice de residuos se obtiene con la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de residuos} = \frac{\text{Residuos generados (kg)}}{\text{Materiales adquiridos (kg)}} \times 100\% \quad (2)$$

Para este índice se debe indicar que en el campo fue complejo de delimitar los bordes del sistema para realizar el balance de masa, en particular cuando se tenían varias casas en construcción de forma simultánea. Esto debido a las malas prácticas de cuantificación en obra y de gestión de los residuos. Incluso se detectaron inconsistencias en la presupuestación y el control de materiales por obra.

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

## Resultados

Existen metodologías constructivas más eficientes que otras en cuanto al uso de materiales y que por ende podrían producir tasas bajas de generación de residuos, como por ejemplo cuando se usan correctamente elementos prefabricados o modulares. Sin embargo, independientemente

del método de construcción, hay situaciones que pueden suscitar cantidades mayores de residuos como la compra de cantidades innecesarias de materiales, la variación en las dimensiones de elementos, el daño de materiales por baja calidad o manipulación inapropiada o la falta de compromiso e interés de las empresas constructoras o de sus empleados con el correcto tratamiento de los materiales y los residuos que se van generando. La investigación pudo constatar que estas son algunas de las múltiples causas de la generación de residuos y que llevan a que la gestión de los proyectos en esta materia sea compleja. De las visitas de campo se pudo destacar como en varios de los proyectos se tenía muy poco control del ingreso y las cantidades de los materiales a utilizar, llevando en ocasiones listados generales que se iban a usar en varias casas a la vez sin tener una claridad de cuanto de cada material realmente se consumía por casa. Se evidenció de las entrevistas y de las visitas de campo que existe poco interés del personal de obra en llevar registro de los materiales realmente gastados y mucho menos existe la cultura de registrar los residuos generados.

A partir de las cantidades del pesaje de los residuos generados en los proyectos estudiados y las respectivas áreas de construcción de cada vivienda, se obtuvo la tasa de generación de residuos total por proyecto y por tipo de material. Los datos se muestran en el cuadro 1.

De los estudios de campo se pudo reflejar que para los bloques de mampostería modular no se llega a tener el cero desperdicio que se comercializa, siendo en promedio un  $5.23 \text{ Kg/m}^2$  la cantidad de residuos de este tipo que se producen en obra. Si se comparan estos valores con los estudiados por Rímolo [12] para casas construidas con mampostería no modular ( $1.87 \text{ kg/m}^2$ , reportado como cementicios que en su mayoría son restos de bloques de mampostería), se obtiene una tasa de generación incluso mayor en los proyectos con bloques de mampostería modular. Aunque la cantidad de proyectos no es estadísticamente representativa del comportamiento en el país, se podría pensar que existen otros factores que están afectando la generación de residuos de bloques de mampostería, que va más allá de si se utilizó o no un sistema modular, lo que ya ha sido mencionado en la literatura del tema por varios autores ([9]; [7]; [13]). Según algunas de las entrevistas de campo realizadas por Bolaños [14], el factor de mano de obra afecta significativamente la generación de residuos, y en especial cuando son contratados en planilla, pues parece que tienen menos cuidados al manipular los materiales. Sin embargo, cabe comparar lo que ocurre con otro residuo importante de la construcción, como por ejemplo con la madera, pues en los proyectos evaluados por Rímolo [12] el residuo de madera (medida en masa seca) alcanzó para este caso  $2.41 \text{ kg/m}^2$ ; mientras que para los proyectos de mampostería modular el valor promedio rondó los  $0.56 \text{ kg/m}^2$ , es decir casi 4 veces menos.

De los proyectos estudiados para sistemas modulares, el total de residuos de la vivienda, exceptuando este material mayoritario (bloques), ronda los 300 kg por proyecto, lo cual no representa ni siquiera el 50 % de los residuos de bloques de concreto. Con base en ello resulta un valor considerablemente alto el que se tiene para los residuos de mampostería, si se toma en cuenta que la utilizada es modulada, es decir, los residuos de este material deberían de ser bajos puesto que existe una modulación para evitar desperdicios. Sin embargo, según lo observado en campo por Marín [10] las fuentes de residuo encontrado en los bloques de concreto se deben a razones no relacionadas con la modulación, por lo que no se puede atribuir este hecho a un mal o ineficiente diseño de modulación, sino más bien a deficiencias y malas prácticas durante el proceso constructivo; esto concuerda también con lo comentado por Bolaños [14]. Específicamente en campo se evidenció que los residuos de bloques tienen entre sus causas comunes los errores de medición, falta de previsión para el paso de tuberías eléctricas o sanitarias, falta de cuidado en el uso de módulos especiales para juntas, esquinas

o similares, entre otros. Todas estas potenciales causas de los residuos podrían minimizarse con un sistema de gestión de obra que incluya la capacitación y sensibilización en el uso de materiales y la generación de residuos.

**Cuadro 1.** Comparación de tasas de generación por proyecto estudiado y por tipo de material.

Residuo Sólido	Tasa de generación de residuos en proyectos construidos con sistema de mampostería modular (kg/m <sup>2</sup> )						
	Proyecto 1A (armabloque)	Proyecto 2A (armabloque)	Proyecto 1B (integra)	Proyecto 2B (integra)	Proyecto 1C (armabloque)	Proyecto 2C (armabloque)	Proyecto 3C (armabloque)
Concreto premezclado	0	0	0,78	0	1	1,03	1,04
Block paredes de mampostería	8,07	2,91	3,32	1,9	6,81		
Block de entrepiso	no dato	no dato	3,58	3,52	no dato	no dato	no dato
Escombro	14,04	6,62	0,19	0,27	3,24	3,06	2,82
Mortero de pega	0,23	0,27	8,52	8,35	5,17	4,88	4,24
Repello grueso	2,43	0,07	2,68	2,98	0,56	0,56	0,6
Repello fino	no dato	no dato	no dato	no dato	0,48	0,43	0,44
Madera	0,53	0,52	0	0,46	0,81		
PVC	0,07	0,05	0,034	0,02	0,1		
Estereofón	2,24	0,14	no dato	no dato	0,1	0,11	0,1
Hierro galvanizado	0,21	0,18	0,24	0,5	0,211	0,21	0,212
Varilla	0,39	1,45	0,65	0,15	0,91		
Perfiles de aluminio	0,08	0,08	0,03	0,03	no dato	no dato	no dato
Revestimiento cerámico y porcelanato	0,47	1,67	1,57	1,34	no dato	no dato	no dato
Lámina de yeso	0,5	0,45	0,37	0,23	no dato	no dato	no dato
Cable eléctrico	no dato	no dato	no dato	no dato	0,012	0,011	0,011
Tasa de generación total (Kg/m <sup>2</sup> )	29,26	14,41	21,97	19,75	19,4	18,92	18,09
Tasa de generación total promedio (Kg/m <sup>2</sup> )	20,26						

Fuente: [Adaptado de Bolaños [14] & Marín [10]]

Nota: No en todos los proyectos se contó con los mismos materiales, y en el caso de la familia de proyectos "C" no fue posible cuantificar acabado de pisos y ventanería, y además por el manejo de los residuos en obra para algunas categorías no fue posible tener un dato separado por cada casa, sino que se tuvo que trabajar con un promedio para los tres proyectos.

También se pudo comprobar que en campo que lograr una gestión integral de residuos en las construcciones no es una tarea sencilla. Se tienen muchos inconvenientes y una falta de cultura de reutilización y reciclaje. Algunas otras causas de los altos índices de desperdicios de los materiales documentadas en campo son: el de despacho tardío de materiales, mala manipulación del material en las etapas previas a su colocación, malos trazos de las fincas que provocan que una casa invada la otra y esto genere que el bloque no calce y deba cortarse, uso indebido del material, por ejemplo, para calzar los andamios o colocarlos como base para esquivar otros materiales, entre otros. Ante esto se concluye que la cuantificación de los residuos de bloques de concreto se ve afectada, en gran parte, por motivos ajenos al diseño de la modulación, por lo que, no se puede esperar que este material sea completamente cero residuos si está sujeto a muchos más factores externos al diseño propiamente. Aunado con ellos, los encargados de obra indicaron en varias ocasiones que tienen grandes problemas asociados al manejo y disposición de los residuos generados, pues no cuentan con gestores que puedan ser fácilmente contratados y a un costo razonable para que se puedan valorizar los residuos. En muchos de los casos se tiene mucha informalidad entre las personas asociadas a llevarse los residuos de las obras, y se tiene prácticamente una omisión en el seguimiento de los residuos una vez que son retirados de las obras.

Finalmente, dentro de esta investigación se realizó una consulta a diferentes actores involucrados en la construcción de casas, tanto en el sistema tradicional de bloques de mampostería como con alguno de los sistemas modulares. Los resultados de la encuesta realizada por Rímolo [12] reflejaron que del total de vivienda construida cerca de un 74% se construye con mampostería, y de este porcentaje aproximadamente 75% utiliza mampostería confinada no modular. Fue claro de la investigación que se requiere propiciar que las autoridades del CFIA lleven estadísticas de la construcción en el país más detalladas, pues no fue posible encontrar un valor oficial comparativo con lo encontrado por la consulta a los actores. El CFIA lleva el registro de cuantos de los metros cuadrados de construcción tramitados en el país son vivienda, pero no llega a definir mayor detalle.

## Conclusiones

Para el establecimiento de políticas sobre gestión integral de residuos de construcción y la preparación de un sistema adecuado para el país, se debe priorizar la declaratoria de los residuos de construcción como un residuo de manejo especial, con todas las implicaciones que la legislación costarricense le otorga bajo dicha declaratoria. Esto propiciaría el surgimiento de un mercado de gestores que ayuden a mejorar el manejo en obra, reutilización, reciclaje, transporte y disposición de estos residuos.

De los casos de estudio analizados, se llega a la conclusión de que en las construcciones de mampostería integral se desecha un poco más de bloques (1,67 % más), pero mucha menos madera (24,45 % menos), que en los proyectos que se analizaron con mampostería tradicional. El mercado costarricense va migrando poco a poco hacia el uso de sistemas de mampostería confinada, sin embargo, en grueso de las viviendas unifamiliares que se construyen de forma independiente sigue utilizando el sistema tradicional.

El espacio disponible para almacenamiento de materiales y de residuos durante la obra parece ser clave a la hora de implementar una gestión controlada de los últimos. Se pudo constatar en las diferentes obras estudiadas, que conforme se tiene menos espacio complementario para el almacenamiento y la clasificación de los residuos se aplica mucho menos los principios de recuperación, reutilización y reciclaje de residuos, y se tiende más a volver a las prácticas tradicionales de disponer rápidamente todos los residuos revueltos y sin control.

Se concluye que la mano de obra (y su capacitación en materia de GIRS) es clave en cuanto al generación de residuos. Fue evidente como casas de la misma tipología constructiva, incluso con el mismo diseño, mismos proveedores de materiales, presentaron tasas de generación de residuos muy diferentes, donde la variable diferenciadora más significativa era la composición y tipo de contratación de la cuadrilla de trabajo.

En cuanto a recomendaciones para mejorar las prácticas constructivas la investigación concluye que se debe tomar acción en distintas áreas como:

- Velar por la correcta manipulación de los materiales, desde el momento que ingresan al proyecto hasta que se son utilizados, con el fin de conservar su integridad para evitar generar residuos por pérdida de su funcionalidad;
- mejorar la logística de entrega de materiales, de modo que no se acabe por completo la disponibilidad de ninguno y que así los operarios no se vean tentados a realizar sustituciones poco eficientes que se traducen en desperdicios;
- Contar siempre con un punto para el almacenamiento temporal de los residuos en obra, de forma clasificada, para así tener claridad de donde se pueden buscar cabos de un material para alguna tarea complementaria y se evite que se corten innecesariamente elementos nuevos.
- Controlar la adquisición de materiales con un control del consumo por obra, se evidenció que la compra masiva de materiales repercute a nivel de la empresa, pues al no tener control del consumo por proyecto se pueden estar generando costos adicionales por uso inadecuado y excesivo de los materiales. Se pudo ver como esta práctica hace que se obtenga un menor rendimiento de los materiales, lo cual está asociado a producir más residuos de los que realmente deberían generarse.

## Agradecimientos

Se agradece el trabajo de cada una de las estudiantes que han participado de esta línea de investigación y que han realizado el trabajo de campo en cada uno de los proyectos estudiados. De igual manera se agradece a las empresas constructoras y profesionales encargados de obra, que han estado anuentes a que se estudien en detalle sus proyectos de vivienda.

## Referencias

- [1] Cámara Costarricense de la Construcción, 2019. Informe Económico del Sector Construcción. Dirección de Investigación y Desarrollo técnico. Costa Rica. Recuperado de: <https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/8613>
- [2] Cámara Costarricense de la Construcción, (2021). Informe Económico. <https://www.construccion.co.cr/Multimedia/Archivo/11064#:~:text=Para%20el%202021%20se%20esperaba,privada%20en%20el%20territorio%20nacional.>
- [3] Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2020. Encuesta Continua de Empleo. Recuperado de: <https://www.inec.cr/sites/default/files/documentos-biblioteca-virtual/receiit2020.pdf>
- [4] Abarca-Guerrero, L., Leandro-Hernández, G., Hasbum-Fernández, I., & Solano-Soto, J. (2019). Gestión de materiales de construcción en Costa Rica para reducción de residuos: barreras y motivaciones. *Revista Tecnología En Marcha*, 32(6), Pág. 65–77. <https://doi.org/10.18845/tm.v32i6.4230>
- [5] Ley N° 8839 Gestión Integral de Residuos. 24 de Junio del 2010.
- [6] Arce, E.M. (2017) Validación de la Guía de manejo eficiente de materiales de construcción. Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Ambiental. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.

- [7] Leandro, A. (2008). Manejo de desechos de la construcción. Tecnología en Marcha, 21(4), 6063. Recuperado de: [https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/226](https://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/226)
- [8] Cruz, E. (2010). Diseñar un sistema de manejo de desechos sólidos para una empresa constructora de edificios de apartamentos. Trabajo de graduación para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- [9] 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>.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] Leandro, A. (2007). Administración y manejo de los desechos en proyectos de construcción. Etapa 2: Alternativas de manejo. [PDF]. Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC). Recuperado de: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/492/Informe%20final%20Manejo%20de%20Desechos%20enla%20construcci%EF%BF%BD%EF%BF%BDn%20Etapa%20II.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [14] 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.