

Nivel de importancia de las causas de generación de residuos en la construcción en Costa Rica

Construction waste generation causes score in Costa Rica

Lilliana Abarca-Guerrero¹

Fecha de recepción: 3 de febrero de 2017
Fecha de aprobación: 29 de abril de 2017

Abarca-Guerrero, L. Nivel de importancia de las causas de generación de residuos en la construcción en Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. Vol. 30-4. Octubre-Diciembre 2017. Pág 130-137.

DOI: 10.18845/tm.v30i4.3417

¹ Profesora-Investigadora. Escuela de Química, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica. Correo electrónico: labarca@itcr.ac.cr



Palabras clave

Residuos de la construcción; causas; valorización.

Resumen

En los países en vías de desarrollo los residuos de la construcción se están convirtiendo en un grave problema ambiental. Esto se debe al continuo crecimiento de la población y la urbanización, así como a que el desarrollo de nuevas edificaciones exige recursos materiales, agua y energía. La información y datos existentes sobre el sector en esas economías es escasa y la que se encuentra disponible presenta contradicciones.

Una evaluación se ha realizado en Costa Rica la cual muestra que la información existente a nivel de empresas constructoras sobre la generación de residuos de la construcción es inexistente o presenta grandes diferencias. Los resultados revelan que las causas en la generación de residuos son producto del diseño, gestión de la construcción, manejo de materiales, operaciones, materiales residuales y otros. El objetivo de esta investigación es analizar el nivel de importancia de las principales fuentes de generación de residuos de la construcción en Costa Rica. Las empresas participantes son pequeñas, medianas y grandes las cuales proveen información sobre las causas de la generación de residuos en sus proyectos constructivos. El resultado de la investigación es una lista exhaustiva de las causas de generación de residuos y su nivel de importancia.

Keywords

Construction waste; Causes of waste; scoring.

Abstract

In developing countries, construction waste is becoming a serious environmental problem due to the continuing growing population and urbanization, which demand material resources, water and energy. Information and data about the sector in those economies is scarce and some of the information found can't be compared with other data.

An assessment has been done in Costa Rica, which showed that the availability of data at the construction company level on material waste was scarce, inexistent or had discrepancies. The most important waste categories reported are wood, concrete and metals. The findings revealed that the waste sources are: design, material procurement, material handling, operations, residual related and other. The objective of this research was to analyse the level of importance of the main sources of construction waste in Costa Rica. Small, medium and large companies were investigated and the causes of construction waste generation were scored. The outcome of the research is a comprehensive list of waste generation causes and their level of importance.

Introducción

La industria de la construcción y afines se consideran grandes empleadores al igual que grandes consumidores de recursos naturales. Se considera que el 50% de todos los materiales extraídos de la tierra se transforman en materiales de construcción y otros productos. Cuando estos materiales son desechados como residuos, éstos representan hasta un 50% de todos los residuos generados antes de que entren en procesos de valorización o eliminación final [1] [2] [3] [4].

Los residuos de la construcción se están convirtiendo en un grave problema ambiental en muchas grandes ciudades del mundo en vías de desarrollo, debido al hecho de que la actividad genera una gran cantidad de contaminación, lo que provoca un impacto significativo en el medio ambiente y esto plantea una creciente preocupación pública en las comunidades locales. La industria ha sido durante algún tiempo cuestionada sobre los impactos que generan y el interés de que promuevan acciones de sostenibilidad [5]. Esta industria, en países en vías de desarrollo, se caracteriza además por sistemas de información deficientes, con datos inadecuados e inexactos, especialmente los relativos a la actividad de la construcción [6].

Residuos de la construcción en Costa Rica

Una evaluación realizada en Costa Rica en el 2007 [7] a empresas de construcción, con respecto a cantidad de residuos, dio como resultado una carencia de datos y algunos de los valores suministrados muestran discrepancias. Se encontraron pocos estudios con relación a la generación de residuos en las obras de construcción. En [8] se reportó un valor de generación de 11 a 25 kg / m², en [9] 300 a 700 kg / m², en [10] un promedio de 115 kg/m² y en [7] 7-170 kg / m².

Las categorías de residuos más importantes reportados son: madera, hormigón, materiales de tuberías y láminas de techo. A menudo, los residuos se mezclan y sólo 50% de las empresas indicó que se separan los residuos en cierta medida. Las fracciones más utilizadas para la separación de residuos son de madera, metales y residuos mezclados. Los resultados empíricos revelan que las causas de la generación de residuos están relacionadas principalmente con la legislación y la aplicación de la ley, la conciencia por parte de los contratistas y aspectos técnicos. El país tiene una gran cantidad de leyes y reglamentos para proteger los recursos naturales, pero la aplicación es débil. Hay un bajo nivel de conciencia en relación con los asuntos ambientales y en particular sobre la situación actual de los residuos generados durante el proceso de construcción [11] [12]. En esta evaluación se reportan las causas de la generación de residuos de la construcción con base en la clasificación de Gavilan y Bernold [13]. Las fuentes de residuos son clasificadas en: diseño, proceso de construcción, gestión de materiales, operación, materiales residuales y otros.

Ekanayake y Ofori [14] investigaron los residuos generados por el sector de la construcción en Singapur utilizando la misma clasificación. Encontraron que las diversas fuentes de generación de residuos tienen diferentes niveles de importancia. Ellos identificaron seis factores clasificados bajo el atributo "Diseño": cambios en el diseño mientras que la construcción está en curso, la inexperiencia de los diseñadores en el método y la secuencia de la construcción, la falta de atención que se presta a la coordinación modular de productos y la falta de conocimiento acerca de los tamaños estándar disponibles en el mercado.

Tres son los factores identificados en la clasificación "Operación": errores cometidos por sub-contratistas o trabajadores, daños al trabajo ya realizado por parte de otros sub-contratistas y retrasos en el suministro de información a los contratistas con respecto a los tipos y tamaños de productos que serán utilizados. Un factor reconocido en relación con el manejo de materiales fue almacenamiento inadecuado de materiales en el sitio de construcción. No reportaron factores bajo la clasificación proceso de construcción, materiales residuales y otros.

La hipótesis planteada para el presente estudio es que diversas causas de generación de residuos tienen un efecto significativo diferente. En este artículo se ofrece en detalle el nivel de importancia de las principales causas en la generación de residuos de la construcción en Costa Rica. También se explica el método utilizado que puede ayudar a otros/as investigadores/as en el futuro para realizar análisis similares.

Materiales y métodos

Una encuesta se aplica con un total de 48 preguntas que cubren una serie de temas relacionados con las causas en la generación de residuos de la construcción. Se pidió a los encuestados que, con base en su experiencia, valoraran factores predeterminados en función de su potencial contribución a la generación de residuos en el lugar de la construcción. Se les solicita además que incluyan otros factores, si es necesario. La primera parte de la encuesta insta a incluir información general de los encuestados y de las empresas donde realizan sus actividades. Las respuestas son medidas con la escala de Likert de 5 puntos que corresponde a 1. No significativo hasta 5. Lo más significativo [14].

Antes de la recolección de los datos, la encuesta es probada para determinar la validez de contenido. Esta actividad se realiza con la participación de diez ingenieros y arquitectos con más de cinco años de experiencia en construcción; tres de dos universidades y siete de las empresas de construcción. También se les solicita evalúen el grado en que los factores presentados abordan suficientemente los temas investigados. Con base en la información recibida, el instrumento se modifica. Una vez que se ha mejorado el cuestionario, éste se envía a través de correo electrónico a 419 contratistas registrados en el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA). Se realizan esfuerzos para aumentar el número de respuestas de los encuestados. Estos incluyen: una carta de presentación personalizada; una declaración de confidencialidad para asegurar discreción en el uso de los resultados, visitas a sitios de construcción y entrevistas con los responsables de los proyectos ya sean contratistas o maestros de obra. Se obtiene un total de 87 respuestas.

Los datos recolectados son editados con el fin de detectar posibles errores y omisiones. La edición se hace para asegurar que los datos son precisos, consistentes con los otros factores obtenidos y se realiza el proceso de codificación. La información se analiza utilizando el paquete estadístico para Ciencias Sociales (SPSS) versión 14.0 para Windows. Se utilizan técnicas de Estadística Inferencial y Descriptiva para analizar los factores, incluyendo la tendencia central y la prueba de significancia t (Student) al 0,05.

El promedio de importancia (α) de un factor en esa escala es:

$$\alpha = \frac{1(n1) + 2(n2) + 3(n3) + 4(n4) + 5(n5)}{(n1 + n2 + n3 + n4 + n5)}$$

Los valores $n1$, $n2$, $n3$, $n4$ y $n5$, representan el número de personas que mencionaron los factores 1, 2, 3, 4 y 5 respectivamente. Después de calcular los promedios, el siguiente paso es evaluar el grado de importancia que los contratistas costarricenses le dan a ese factor. Posteriormente, se realiza una prueba de significancia estadística al promedio de cada factor para comprobar si la población considera el factor significativo.

Se prueba la hipótesis nula $H_0: \mu \leq \mu_0$ contra la hipótesis alternativa $H_1: \mu > \mu_0$ donde μ es el promedio de la población. La decisión de rechazar H_0 se establece mediante el cálculo del valor de t y determinar si es mayor o igual a $t(n-1, \alpha)$.

$$\frac{\bar{x} - \mu_0}{s_x / \sqrt{n}} \geq t_{(n-1, \alpha)}$$

donde la variable $t_{(n-1, \alpha)}$ sigue una distribución de t (de Student) con $n-1$ grados de libertad, \bar{x} es el promedio de la muestra, s_x es la desviación standard de la muestra, n el tamaño de muestra y μ_0 el valor crítico para el cual el factor es considerado como el más significativo. Para este

estudio μ_0 se fija en 3 porque por definición, valores superiores a 3 representan los factores “significativo”, ‘más significativo’ y ‘el más significativo’ de la escala.

Resultados y discusión

Las empresas que participaron dando respuesta al estudio están divididas en pequeñas, medianas y grandes según la definición propuesta en [12].

La información provista indica que en la prueba realizada a la hipótesis en cuanto a la generación de residuos, ocho son los factores bajo la clasificación “Diseño”. Ellos son: H1.1 Productos en el mercado cuyas unidades no son estándares (pulgadas, centímetros, varas); H1.2 Falta de coordinación modular de productos; H1.3 Modificaciones al diseño original durante el proceso constructivo; H1.4 Falta de conocimiento sobre tamaño de piezas disponibles en el Mercado; H1.5 Diseñadores no familiarizados con productos disponibles en el Mercado; H1.6 Complejidad en el detalle de los planos; H1.7 Falta de información en los planos y H1.8 Selección de materiales de baja calidad. Algunos de estos resultados coinciden con los factores reportados por [15] sobre el estudio realizado con arquitectos y su responsabilidad en la generación de residuos debido al proceso de diseño. Ese estudio reveló que “cambios en el diseño por parte de los clientes” ocupaba la primera posición seguida de cambios en el diseño cuando la obra estaba en ejecución y finalmente errores en el detallado de los planos. En [16] se reporta que la falta de conocimiento en los procesos constructivos durante la etapa de diseño resulta en residuos de la construcción.

Cinco factores se encuentran bajo la clasificación “Proceso de construcción”. Ellos son: H2.1 Errores de compra (mucho, poco); H2.2 Uso de materiales incorrectos que deben ser reemplazados; H2.3 Incapacidad de comprar pequeñas cantidades; H2.4 Materiales recibidos no cumplen con las especificaciones y H2.5 Modificaciones al diseño original durante el proceso constructivo. En [13] se reporta que los errores a la hora de solicitar y enviar los materiales es la causa en la generación de residuos más importante bajo esta clasificación.

Cinco factores se obtienen bajo la clasificación “Gestión de materiales”. Ellos son: H3.2 Daños durante el transporte; H3.3 Almacenamiento inapropiado; H3.4 Actitud poco amigable de trabajadores; H3.5 Falta de conciencia ambiental de los trabajadores en el sitio de construcción y H3.6 Falta de dirección técnica a los trabajadores en el sitio. La prueba estadística t (de Student) del promedio del factor H3.1 Los materiales llegan muy mal empacados muestra que ese factor no es una causa de generación de residuos. Algunos de estos factores han sido reportados por [13] en el cual ellos han indicado que el manejo inapropiado y el almacenamiento de los materiales son causas de generación de residuos.

Cinco factores son presentados en el cuadro 1 como “Operación”. Ellos son: H4.1 Uso de material incorrecto que requiere reemplazo; H4.2 Daños provocados por un proveedor de otros servicios; H4.3 Cantidad de material requerida poco clara debido a falta de planeamiento; H4.4 Retrasos en información al contratista de las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar y H4.6 Errores de proveedores o de operarios. La prueba t (de Student) para los promedios de H4.5 Accidentes en el sitio por negligencia y H4.7 Mal funcionamiento del equipo muestran que esos factores no son contribuyentes a la generación de residuos en el sitio de construcción.

Tres factores se reportan bajo la clasificación “Residuos”. Ellos son: H5.1 Residuos debido al proceso de construcción; H5.2 Materiales de empaque y H5.3 Demoliciones preexistentes.

Por último, dos factores se presentan en “Otros”. Ellos son: H6.2 Falta de control de los materiales en el sitio y H6.3 Falta de un plan de gestión de residuos. La prueba t (de Student)

para los promedios de H6.1 Robo; H6.4 Desastres naturales y H6.5 Mal clima muestran que esos factores no son contribuyentes a la generación de residuos en el sitio de construcción.

Cuadro 2. Causas de residuos de construcción ($t_{valor, N=75} = 1,665$, N = Número de respuestas) ($\alpha = 0.05$).

Criterio y factores	Número de respuestas					α	Posición	S	N	Valor t
	1	2	3	4	5					
Diseño										
H1.1 Productos en el mercado cuyas unidades no son estándares (pulgadas, centímetros, varas)	5	7	29	34	12	3,471	6	1,0212	87	4,3046
H1.2 Falta de coordinación modular de productos	4	10	22	31	20	3,609	3	1,1034	87	5,1495
H1.3 Modificaciones al diseño original durante el proceso constructivo	2	6	26	40	12	3,628	2	0,8950	86	6,5058
H1.4 Falta de conocimiento sobre tamaño de piezas disponibles en el mercado	5	12	23	30	17	3,483	5	1,1295	87	3,9865
H1.5 Diseñadores no familiarizados con productos disponibles en el mercado	6	7	27	34	13	3,471	6	1,0657	87	4,1245
H1.6 Complejidad en el detalle de los planos	6	16	22	30	12	3,302	8	1,1383	86	2,4630
H1.7 Falta de información en los planos	2	13	26	31	14	3,488	4	1,0145	86	4,4641
H1.8 Selección de materiales de baja calidad	2	10	24	30	20	3,651	1	1,0377	86	5,8191
Proceso de construcción										
H2.1 Errores de compra (mucho, poco)	4	10	23	38	11	3,488	4	1,0145	86	4,4641
H2.2 Uso de materiales incorrectos que deben ser reemplazados	3	4	23	35	21	3,779	1	0,9870	86	7,3200
H2.3 Incapacidad de comprar pequeñas cantidades	3	11	18	34	19	3,647	2	1,0769	85	5,5397
H2.4 Materiales recibidos no cumplen con las especificaciones	5	16	31	21	12	3,224	5	1,0952	85	1,8817
H2.5 Modificaciones al diseño original durante el proceso constructivo	1	10	16	41	7	3,573	3	0,8880	75	5,5917
Gestión de materiales										
H3.1 Los materiales llegan muy mal empacados	5	27	26	18	8	2,964	6	1,0805	84	-0,3030*
H3.2 Daños durante el transporte	2	17	32	29	5	3,212	5	0,9141	85	2,1358

Continúa...

Continuación

Criterio y factores	Número de respuestas					α	Posición	S	N	Valor t
	1	2	3	4	5					
H3.4 Actitud poco amigable de trabajadores	2	9	21	39	14	3,635	3	0,9617	85	6,0902
H3.5 Falta de conciencia ambiental de los trabajadores en el sitio de construcción	2	9	8	23	33	4,013	1	1,1330	75	7,7458
Operación										
H4.1 Uso de material incorrecto que requiere reemplazo	4	11	29	26	15	3,435	2	1,0740	85	3,7367
H4.2 Daños provocados por un proveedor de otros servicios	2	19	19	33	12	3,400	3	1,0601	85	3,4787
H4.3 Cantidad de material requerida poco clara debido a falta de planeamiento	3	11	25	30	16	3,529	1	1,0532	85	4,6344
H4.4 Retrasos en información al contratista de las especificaciones técnicas de los materiales a utilizar	4	20	17	28	15	3,357	4	1,1683	84	2,8018
H4.5 Accidentes en el sitio por negligencia	15	29	15	15	11	2,741	6	1,3016	85	-1,8333*
H4.6 Errores de proveedores o de operarios	4	14	32	28	7	3,235	5	0,9838	85	2,2051
H4.7 Mal funcionamiento del equipo	6	35	28	12	4	2,682	7	0,9662	85	-3,0309*
Materiales residuales										
H5.1 Residuos debido al proceso de construcción	0	3	22	33	27	3,988	1	0,8520	85	10,6927
H5.2 Materiales de empaque	0	10	23	29	23	3,765	3	0,9838	85	7,1666
H5.3 Demoliciones preexistentes	2	5	18	29	21	3,827	2	1,0050	75	7,1233
Otras actividades										
H6.1 Robo	16	26	25	11	6	2,583	3	1,1534	84	-3,3109*
H6.2 Falta de control de los materiales en el sitio	5	10	24	26	19	3,524	2	1,1457	84	4,1902
H6.3 Falta de un plan de gestión de residuos	4	11	13	18	39	3,906	1	1,249	85	6,6815
H6.4 Desastres naturales	29	21	14	8	12	2,440	5	1,4172	84	-3,6185*
H6.5 Mal clima	23	22	21	13	6	2,494	4	1,2404	85	-3,7600*

Conclusiones

El resultado de esta investigación ofrece un análisis exhaustivo de las causas de la generación de residuos y sus efectos significativos. Las principales conclusiones se resumen a continuación:

1. Las causas principales en la generación de residuos de la construcción surgen principalmente por las prácticas durante el diseño y la gestión del proceso. En la fase de diseño, los cambios que se realizan mientras que la construcción está en curso, ya sea solicitada por los clientes o por las decisiones tomadas por los diseñadores, parecen ser el factor que causa más residuos.
2. La mala gestión de los materiales de construcción es la otra causa más importante de la

generación de residuos tanto en el sitio de la construcción como fuera de ella, incluyendo a los suplidores de materiales, capataces, peones, entre otros.

3. Existen muchos factores que influyen en la generación de residuos. Un plan de minimización de residuos debe considerar los diferentes niveles de significancia o importancia.

Referencias

- [1] D. Macozoma. "International Report on Construction Site Waste Management and Minimisation", International Council for Research and Innovation in Building and Construction. Rotterdam. 2002.
- [2] C. Kennedy, *et al.* "The changing metabolism of cities". *Journal of Industrial Ecology*, vol. 11, no 2, pp. 43-59. 2007.
- [3] W. Lu and H. Yuan. "A framework for understanding waste management studies in construction". *Journal Waste Management*, vol. 31, no. 6, pp. 1252-1260. 2011.
- [4] H. Yuan, *et al.* "A dynamic model for assessing the effects of management strategies on the reduction of construction and demolition waste". *Journal of Waste Management*, vol. 32, no. 3, pp. 521-531. 2012.
- [5] R.A. Begun, *et al.* "A benefit-cost analysis on the economic feasibility of construction waste minimisation: The case of Malaysia". *Journal Resources, Conservation and Recycling*, vol. 48, no. 1, pp. 86-98. 2006.
- [6] G. Ofori. Indicators for measuring construction industry development in developing Countries. *Building Research & Information*, vol. 29, no. 1, pp. 40-50. 2001.
- [7] L. Abarca, *et al.* "Assessment of construction waste management practice: A case study in Costa Rica". En: F. Kaczala, *et al.* (eds): Eco-Tech 2007. Proceedings of the 6th International Conference on Technologies for waste and waste treatment, energy from waste, remediation of contaminated sites and emissions related to climate, Kalmar, 26-28 November, pp. 71-81. 2007.
- [8] A.J. Villalobos. "Estudio de Generación de Desechos en la Construcción de Viviendas de Mampostería". Tesis, Universidad de Costa Rica, Costa Rica. 1995.
- [9] M. Ramírez. "Impacto físico y financiero de la generación de desechos sólidos en la construcción de dos proyectos hoteleros", Tesis, Universidad de Costa Rica, Costa Rica. 1995.
- [10] A.G. Leandro-Hernandez. "Manejo de desechos de residuos de la construcción". *Tecnología en Marcha*, vol. 21, no. 4, pp. 60-63. 2008.
- [11] L. Abarca, *et al.* "Sustainable construction in Costa Rica: Towards a strategic approach to construction material management for waste reduction". In: M. Casensky, *et al.* (eds). Proceedings of the BuHu 8th International Postgraduate Research Conference, Prague, 26-27 June, pp. 452-462. 2008.
- [12] L. Abarca-Guerrero and A.G. Leandro-Hernandez, A.G. "Situación actual de la gestión de materiales de la construcción en Costa Rica". *Tecnología en Marcha*, vol. 29, no. 4, pp. 111-122. 2016. doi: 10.18845/tm.v29i4.3042
- [13] R.M. Gavilan and L.E. Bernold. "Source evaluation of solid waste in building construction". *J. Construction Engineering and Management*, ASCE, vol. 120, no. 3, pp. 536-552. 1994.
- [14] L.L. Ekanayake and G. Ofori. "Building waste assessment score: design-based tool". *Building and Environment*, vol. 39, pp. 851-861. 2004.
- [15] M. Osmani, *et al.* "Architects' perspectives on construction waste reduction by design". *Waste Management*, vol. 28, no. 7, pp. 1147-1158. 2008.
- [16] M. Chandrakanthi, *et al.* "Optimization of the waste management for construction projects using simulation". En: Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference, December 8-11, San Diego, California, pp. 1771-1777. 2002.