PROPORCIÓN DE COSTO TOTAL DEL ACERO DENTRO DE LOS COSTOS DIRECTOS DE PROYECTOS DE VIVIENDAS EN LA PROVINCIA DE SANTO DOMINGO (REPÚBLICA DOMINICANA) PARA EL AÑO 2019

*Steel cost proportion with respect to direct costs in housing projects in Santo
Domingo (Dominican Republic) for year 2019*

TULIO RODRÍGUEZ^a Y MARLENI VENTURA^b

Recibido: 29/10/19 • Aprobado: 16/12/19

Cómo citar: Rodríguez, T. R., & Ventura, M. (2019). Proporción de costo total del acero dentro de los costos directos de proyectos de viviendas en la provincia de Santo Domingo (República Dominicana) para el año 2019. *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones*, 2(2), 7-28. Doi: <https://doi.org/10.22206/cyap.2019.v2i2.pp7-28>

Resumen

Este trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la proporción de costo total del acero dentro de los costos directos de proyectos de viviendas de clase económica, media y alta en la provincia de Santo Domingo, República Dominicana, para el año 2019. Para realizar el cálculo de dicho indicador se tomaron como muestras presupuestos de cada tipo de vivienda, a partir de los cuales se homogenizó el costo directo de acero para luego ser llevado a valor presente. Este documento presenta los antecedentes y la situación actual del objeto de estudio, la metodología utilizada para la selección de la muestra, la recopilación de datos y su posterior análisis. Además, se incluye una descripción de los proyectos seleccionados como casos de estudio, los resultados obtenidos, y las conclusiones obtenidas a partir de los mismos.

Palabras clave: costo de acero; análisis de costos; viviendas; administración de la construcción; construcción.

Abstract

The objective of this work is to estimate the steel cost proportion with respect to direct costs in housing construction for low, middle, and high economic classes

^a Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC), Santo Domingo, República Dominicana
Correo-e: tulio.rodriguez@intec.edu.do

^b Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC), Santo Domingo, República Dominicana
Correo-e: marleny.ventura@gmail.com

in Santo Domingo, Dominican Republic, for the year 2019. To perform the calculations of this indicator a sample of the budgets for each type of construction was taken, followed by the homogenization of the steel direct costs. This document presents a literature review and the current state of this topic, the methodology employed to select a sample, the process to obtain and analyze the data. Moreover, a description of the projects selected for the case study is presented, followed by the results and the conclusions.

Keywords: Steel cost; cost analysis; housing; construction management; construction.

1. Introducción

Estudios recientes muestran que la República Dominicana presenta altos valores de déficit habitacional en todos los rangos sociales (División Investigación ONE, 2010; Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, 2018). El Estado Dominicano e instituciones asociadas han trabajado para reducir este margen incentivando a actores del sector por medio de promulgaciones y acuerdos a la construcción de viviendas. Según datos de la Asociación Dominicana de Constructores y Promotores de Viviendas (ACOPROVI) y el Banco Central, en el primer trimestre de 2018 la construcción de viviendas en República Dominicana creció un 9,3 % reflejando un aumento en el aporte de esta actividad al Producto Interno Bruto (PIB) de un 12 % con referencia al 2007.

Del área total de construcción registrada, el 86.8 % correspondió al área de construcción vendible, lo cual equivale a 4, 494,718.3 m². La vivienda fue el principal destino, con un 88.0 % de área de construcción vendible, equivalente a 3, 954,884.3 m², siguiendo, en menor medida, los destinos comercio (231,474.7 m²: 5.1 %), oficina (114,781.3 m²: 2.6 %), y educación (109,327.0 m²: 2.4 %) (ONE, 2019). Esta construcción de viviendas se ha dirigido a todos los rangos de adquisición económica en viviendas de bajo costo y torres de apartamentos diseñadas acorde a los requerimientos estructurales y arquitectónicos establecidos por los reglamentos M-009, *Especificaciones Generales para la Construcción de Edificaciones*, y M-033, *Reglamento para Diseño y Construcción de Estructuras en Hormigón Armado*. Estos requerimientos estructurales están regidos por el código ACI-318 para hormigón armado reforzado, siendo este último una de las bases que definen los costos directos en la construcción de viviendas. Para el objeto de estudio de esta investigación nos centraremos en el acero reforzado, insumo básico del hormigón armado, y su representación proporcional dentro de los costos directos en la construcción de viviendas.

En la actualidad, en la República Dominicana existe el Índice de Costos Directos de la Construcción de Viviendas (ICDV) que elabora la ONE con apoyo de ACOPROVI. El Índice de Costos Directos de la Construcción de Viviendas (ICDV) es una herramienta estadística que permite conocer las variaciones mensuales que experimenta el costo de la construcción de cuatro tipos de viviendas: unifamiliar de 1 y 2 niveles, y multifamiliar de 4 y 8 niveles o más, en el Distrito Nacional y la provincia de Santo Domingo (se excluyen los costos indirectos como: terreno, diseño, permisos de construcción, costos financieros, beneficios de la empresa constructora, etc.). Su metodología de cálculo responde a la del Índice de Laspeyres, el cual contempla una canasta con estructura de ponderaciones fijas en el tiempo y compara los precios del período de referencia con los del período base (octubre del 2009). Este índice permite conocer las variaciones del precio en el tiempo de cada uno de estos proyectos, pero no proporciona información de cuánto representa cada insumo dentro de este costo total. La Cámara Dominicana de la Construcción elabora el Índice de Precios de Edificaciones Habitacionales que permitirá medir las variaciones en los precios de los insumos de la construcción. No se trata de la estructura de costos para hacer la estimación del valor de mercado de las edificaciones al presente, sino para realizar ajustes o enmiendas a partidas específicas en los presupuestos al momento de ser cubicadas, considerando las variaciones en los precios. Esta incluye el insumo acero, pero igual al índice anterior no permite identificar qué porcentaje representa el acero del costo total del proyecto.

En otros países de Latinoamérica los índices de precios de la construcción incluyen un análisis de costo por cada partida y su porcentaje de participación en el costo total. Si vemos el caso de Uruguay, que a través del Instituto Nacional de Estadística (I.N.E.) elabora y publica Índice de Costo de la Construcción, este informe incluye:

Cuadro 1 – Ponderaciones por tipo de obra

Rubros de obra	Todos los tipos	Tipos de obra			
		1	2	3	4
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
01 – Repl. e Implantación	0,56932	0,58511	0,27803	0,70618	0,45099
02 – Hormigón armado	11,25999	13,62852	13,08884	8,51713	6,83302
03 – Albañilería					
03.1 – Muros	7,62788	7,52506	5,88049	9,05904	6,50513
03.2 – Revoques	5,28965	5,90065	5,48892	4,01995	5,33048
03.3 – Contr., pisos y zócalos	4,76004	5,80861	3,54287	3,68925	3,81391
03.4 – Otros rubros albañilería	7,23812	3,94349	8,20304	9,09283	14,72305
04 – Carpintería	1,73886	2,07842	1,25383	1,68297	0,96592
05 – Herrajes	0,21892	0,22559	0,21603	0,20507	0,22251
06 – Herrería	0,62021	0,74494	0,64787	0,52533	0,34098
07 – Aluminio	1,50776	1,47903	2,35563	1,52630	1,04193
08 – Cortinas de enrollar	0,69978	1,03745	0,51159	0,50339	
09 – Instalaciones eléctricas	2,74390	2,21671	3,83903	2,07170	5,09540
10 – Instalaciones sanitarias	4,70019	3,11946	5,35097	6,96376	5,70083
11 – Aparatos y grifería	1,10447	0,92072	1,21098	1,38195	1,17555
12 – Ascensor	1,37360	2,73082			
13 – Vidrios	0,34572	0,34041	0,23431	0,46578	0,21795
14 – Pinturas	2,86588	3,18310	2,60219	2,90341	1,86339
15 – Gastos generales	10,22949	10,56284	9,88664	9,86967	9,93598
16 – Impuesto valor agregado	14,92557	15,18712	14,85599	14,53225	14,76992
17 - Leyes sociales	19,26348	17,94373	19,70395	21,20324	20,07364
18 – Conexiones definitivas	0,59495	0,48668	0,52182	0,76453	0,71119
19 - Permisos construcción	0,32222	0,35152	0,32699	0,31629	0,22822

Figura 1. Ponderaciones por tipo de obra

Fuente: metodología - Base diciembre 1999=100 Índice de costos de la construcción (INE). Tipo 1: torre, varios niveles con ascensor, económica o mediana. Tipo 2: viviendas en planta baja y 3 niveles sin ascensor, económicas en uno o más bloques sin infraestructura propia.

Podemos observar que para los proyectos tipo 1 y 2 el hormigón armado representa 13 % aproximadamente, esta partida incluye el acero.

En el caso de Argentina el Consejo Profesional de Arquitectura y Urbanismo recopila los últimos valores publicados de los índices y modelos de costos de la construcción para la Ciudad de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires. Esta recopilación se hace mensual y en la misma se presenta el índice de la *Revista Vivienda*.

Figura 2. Índice de la Revista Vivienda. No. 681 (abr. 2019). Inserto entre p. 114 y 115.

Aquí se puede observar cómo para esta edificación de 15 niveles el costo porcentual de la estructura resistente de H.A. el costo es de 18.53 %. Este costo también incluye el acero.

2. Herramientas y métodos

1.1 Diseño de la Investigación

El estudio de caso es un tipo de estrategia metodológica que tiene como objetivo el estudio a profundidad de un fenómeno, situado en una unidad de análisis particular, la cual forma parte de un universo poblacional. Este llamado “caso” es conocido como el sistema integral y particular con el interactúa el objeto de estudio, el cual puede ser desde

una empresa, o institución, hasta una persona o grupo (Bernal, 2010). Para llevar a cabo esta investigación se utilizó el estudio de caso múltiple, tomando en cuenta que el análisis del objeto de estudio se situará en proyectos de viviendas específicos.

1.2 Cantidad y tipo de muestra

Para la selección de la muestra se utilizó el siguiente esquema, recomendado por Kinneary y Taylor (1993):

- *Definir la población:* en este caso la población a la que pertenece el objeto de estudio son los proyectos de viviendas ubicados en la provincia de Santo Domingo.
- *Identificar el marco muestral:* en este caso, el marco muestral utilizado fue los presupuestos para proyectos de vivienda, realizados por empresas locales en la provincia de Santo Domingo.
- *Elegir un procedimiento de muestreo:* para el desarrollo de esta investigación se utilizó un muestreo no probabilístico. Dicho muestreo consistió en identificar personas, instituciones y/o grupos clave que nos facilitaron el acceso a la data, o a otras personas claves que finalmente nos otorgaron acceso a la muestra deseada.
- *Determinar el tamaño de la muestra:*

Para la selección de la muestra, la población fue dividida en tres estratos o subgrupos de la siguiente manera:

- Proyectos de viviendas de clase económicas: viviendas de hasta cuatro (4) niveles construidas con formaleta.
- Proyectos de viviendas de clase media: torres inmobiliarias entre ocho (8), diez (10) y doce (12) niveles.
- Proyectos de viviendas de clase alta: torres inmobiliarias de más de 12 niveles.

En este caso el tamaño de muestra definido por cada subgrupo fue de cinco (5) proyectos, basado en la disponibilidad de recursos

y accesibilidad de la información obtenida a través del muestreo de “bola de nieve”.

- *Seleccionar la muestra.*

1.3 Homogenización de la muestra

En busca de controlar la variable del método de análisis utilizado para la cuantificación del armado dentro de los presupuestos elegidos como muestra, se realizó un nuevo cálculo de este, bajo el método de optimización, considerando el acero figurado. La selección de dicho método fue fundamentada en los resultados obtenidos de la investigación “Análisis comparativo entre el método de asignación directa y el de optimización para cuantificación del refuerzo levantado en los apoyos en placas sólidas y su efecto en la generación de desperdicios” presentada por Rodríguez y Abbott (2008).

Para el cálculo del valor presente de los costos directos planteados en los presupuestos de muestra se utilizó el Índice de Costos Directos de la Construcción de Viviendas (ICDV), elaborado por la Oficina Nacional de Estadística para representar costos fuera del rango de los últimos seis (6) meses del presente año.

1.4 Análisis de la muestra y evaluación de resultados

Luego de la homogenización de la data recopilada se tomaron los valores resultantes para calcular una media ponderada utilizando el modelo PERT. Este modelo consiste en una media ponderada considerando los valores extremos, el mayor y el mínimo, junto a la suma del valor promedio multiplicado por cuatro dividido entre seis.

$$M_{\text{pond.}} = \frac{\text{Valor menor} + 4 * \text{valor promedio} + \text{valor mayor}}{6} \quad (1)$$

La importancia relativa de los valores se calculará considerando los costos totales de las variables “costo de acero” y “costo directo” por tipo de construcción de vivienda.

3. Análisis de los resultados

3.1. Descripción de las muestras seleccionadas

3.1.1. Tipo 1 (Proyectos de viviendas de clase económica):

En la tabla 1 se presenta un resumen de las principales características de las muestras seleccionadas como vivienda tipo 1 (Viviendas de clase económica). En adición, la tabla 2 refleja el área de construcción de cada muestra del Tipo 1.

Tabla 1. Detalle muestra viviendas económicas (Tipo 1)

Tipo de Muestra:	Vivienda económica de cuatro niveles
Terminación:	Económica
Sistema Estructural:	Zapatas corridas con muros en formaleta y refuerzos en malla
Muestras: M1, M3, M4:	Refuerzos adicionales en conexión muro-entrepiso
Muestras M2, M5:	Refuerzos adicionales mínimos (en áreas críticas y esquinas)

Tabla 2. Detalle área de construcción proyectos Tipo 1

Muestra	Área de construcción (M²)
T1 M1	479.68
T1 M2	398.27
T1 M3	611.72
T1 M4	987.13
T1 M5	597.58

3.1.2. Tipo 2 (Proyectos de viviendas de clase media)

A continuación, se presenta los detalles de las muestras seleccionadas como vivienda tipo 2 (Viviendas de clase media), incluyendo su área de construcción.

Tabla 3. Detalle muestra viviendas de clase media (Tipo 2)

Tipo de Muestra:	Vivienda clase media de ocho a doce niveles				
Terminación:	Media - Alta				
Sistema Estructural:	Sistema aporticado con losas aligeradas y losas macizas				
No. Muestra	M1	M2	M3	M4	M5
Niveles	2 sótanos 10 niveles	2 sótanos 10 niveles	1 sótano 8 niveles	10 niveles	1 sótano 11 niveles
Área de construcción	16,393.10 m ²	6,567.78 m ²	3,483.03 m ²	5,051.30 m ²	6,058.36 m ²
Fundaciones	Zapatas aisladas con vigas riostras y zapatas corridas				Platea de fundación

3.1.3. Tipo 3 (Proyectos de viviendas de clase alta)

En la tabla 4 se presenta el detalle de las principales características de las muestras seleccionadas como vivienda tipo 2 (Viviendas de clase alta), incluyendo el área de construcción:

Tabla 4. Detalle muestra viviendas de clase alta (Tipo 3)

Tipo de Muestra:	Vivienda clase alta de doce niveles o más				
Terminación:	Alta				
Sistema Estructural:	Sistema aporticado con losas aligeradas y losas macizas				
No. Muestra	T3 M1	T3 M2	T3 M3	T3 M4	T3 M5
Niveles	4 sótano 15 niveles	4 sótano 13 niveles	3 sótano 14 niveles	3 sótano 10 niveles	3 sótano 10 niveles
Área de construcción	7,640.65 m ²	8,296.57 m ²	11,481.00 m ²	6,090.33 m ²	10,073.03 m ²
Fundaciones	Zapatas aisladas con vigas riostras y zapatas corridas	Platea y vigas riostras	Platea y zapatas corridas	Zapatas aisladas con vigas riostras y zapatas corridas	Pilotes + platea + zapatas corridas

3.2. Homogenización de las muestras

En las tablas 5 y 6, mostradas a continuación, se detallan los resultados del nuevo cálculo de malla y acero bajo el método de optimización considerando el acero figurado:

Tabla 5. Cálculo de acero figurado (quintal)

	No. de muestra				
Grupo	1	2	3	4	5
T1	94.20	33.38	171.35	291.70	30.60
T2	10,966.72	8,008.34	4,176.05	3,993.39	15,390.73
T3	12,349.60	11,216.72	13,501.23	8,705.38	10,709.78

Tabla 6. Cálculo de malla electrosoldada (quintal)

	No. de muestra				
Grupo	1	2	3	4	5
T1	113.03	176.85	212.30	259.73	245.17
T2	944.42	456.22	189.74	266.55	197.66
T3	321.24	519.96	505.15	357.79	679.53

3.3. Porcentaje de costo de acero sobre costos directos

Para realizar el cálculo del porcentaje de los costos de acero sobre los costos directos, se determinaron, en primer lugar, los costos de los aceros figurados calculados. Dichos costos fueron estimados a partir de la siguiente lista de precios (Tabla 7).

Tabla 7. Lista de precios acero (Tomado a julio 2019)

DESCRIPCIÓN	UD	PRECIO
Acero varilla Grado 40-60 3/8" a 1" x 20 a 30 pies	QQ	\$ 1,981.98
Acero varilla Grado 40-60 3/8" a 1" x 20 a 30 pies	QQ	\$ 2,094.59
Acero malla electrosoldada D2.3 x D2.3, 10 x 10, Rollo 2.4x40 m.	ROLLO	\$ 12,235.14
Acero malla electrosoldada D2.3 x D2.3, 15 x 15, Rollo 2.4x40 m.	ROLLO	\$ 8,162.07
Acero malla electrosoldada D2.3 x D2.3, 20 x 20, Rollo 2.4x40 m	ROLLO	\$ 6,124.99
Acero malla electrosoldada D2.5 x D2.5, 10 x 10, Rollo 2.4x40 m.	ROLLO	\$ 13,327.66
Acero malla electrosoldada D2.5 x D2.5, 15 x 15, Rollo 2.4x40 m.	ROLLO	\$ 8,890.43
Acero malla electrosoldada D2.5 x D2.5, 20 x 20, Rollo 2.4x40 m.	ROLLO	\$ 6,671.80
Acero malla electrosoldada D2.7 x D2.7, 10 x 10, Rollo 2.4x40 m.	ROLLO	\$ 14,344.27
Acero malla electrosoldada D2.7 x D2.7, 15 x 15, Rollo 2.4x40 m.	ROLLO	\$ 9,568.71
Acero malla electrosoldada D2.9 x D2.9, 10 x 10, Rollo 2.4x40 m.	ROLLO	\$ 15,398.30
Acero malla electrosoldada D2.9 x D2.9, 15 x 15, Rollo 2.4x40 m.	ROLLO	\$ 10,271.77
Acero malla electrosoldada D2.9 x D2.9, 20 x 20, Rollo 2.4x40 m.	ROLLO	\$ 10,466.51

En la tabla 8 se muestran los resultados de los costos totales de acero resultantes de multiplicar las cantidades de acero figurado y malla electrosoldada calculadas, por el precio correspondiente, seleccionado a partir de lo indicado en los planos estructurales.

Tabla 8. Costos totales de acero (\$RD)

	No. de muestra				
<i>Grupo</i>	1	2	3	4	5
T1	\$ 477,829.14	\$ 507,720.77	\$ 885,789.15	\$ 1,258,878.82	\$ 671,052.98
T2	\$ 25,314,668.32	\$ 17,906,460.07	\$ 9,218,011.86	\$ 9,028,209.48	\$ 32,704,082.96
T3	\$ 26,664,662.24	\$ 24,784,907.40	\$ 29,533,268.19	\$ 19,122,202.99	\$ 24,119,079.00

El otro elemento necesario para el cálculo del porcentaje en cuestión son los costos directos llevados a valor presente, para el cual es necesario el Índice de Costos Directos de la Construcción de Viviendas (ICDV).

Dicho valor presente se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Valor presente costo directo} = \frac{\text{ICDV actual}}{\text{ICDV del mes en que se realizó el proyecto}} \times \text{Valor pasado} \quad (2)$$

Para el cálculo de valor presente de los costos directos de las muestras seleccionados se utilizaron los Índice de Costos Directos de la Construcción de Viviendas (ICDV) detallados en las tablas 9 y 10:

Tabla 9. ICDV para junio 2019 (actual)

<i>Grupo</i>	T1	T2	T3
ICDC	158.17	157.83	157.83

Tabla 10. ICDV a la fecha de cada proyecto

	No. de muestra				
<i>Grupo</i>	1	2	3	4	5
T1	abr-17	jun-15	may-19	oct-16	jun-15
Índice 4 niveles	135.97	161.66	166.79	126.44	161.66
T2	mar-14	jul-19	ene-18	ene-11	feb-11
Índice 8 + niveles	186.43	174.05	157.38	187.17	187.17
T3	nov-18	mar-12	abr-17	nov-17	jul-17
Índice 8 + niveles	169.45	182.72	140.91	159.16	135.01

En la tabla presentada a continuación (tabla 11) se resumen los costos directos de cada proyecto, llevados a valor presente:

Tabla 11. Costos directos llevados a valor presente (julio 2019)-(\$RD)

	No. de muestra				
<i>Grupo</i>	1	2	3	4	5
T1	\$ 7,020,448.85	\$ 4,743,357.99	\$ 6,392,742.33	\$ 15,896,895.87	\$ 6,142,959.17
T2	\$ 312,448,780.99	\$ 226,013,920.34	\$ 57,090,939.71	\$ 62,131,997.13	\$ 137,100,900.95
T3	\$ 142,057,202.49	\$ 173,554,433.81	\$ 487,140,180.46	\$ 115,975,255.79	\$ 260,075,833.49

Con estos dos insumos se procedió a calcular el porcentaje resultante de los costos de acero (malla y varillas) sobre los costos directos para cada muestra seleccionada. Los resultados de dicho cálculo se detallan a continuación (tabla 12):

Tabla 12. Porcentaje Costo Acero/Costo Directo

	No. de muestra				
<i>Grupo</i>	1	2	3	4	5
T1	6.81%	10.70%	13.86%	7.92%	10.92%
T2	8.10%	7.92%	16.15%	14.53%	23.85%
T3	18.77%	14.28%	6.06%	16.49%	9.27%

Finalmente, a partir del método PERT se obtuvo una media ponderada para determinar la importancia relativa del costo del acero sobre los costos directos para cada tipo de proyecto. Dichos resultados se detallan a continuación en la tabla 13:

Tabla 13. Resultados media ponderada basados en el Modelo PERT

	T1	T2	T3
Menor	6.81%	7.92%	6.06%
Promedio	10.04%	14.11%	13.00%
Mayor	13.86%	23.85%	18.77%
PORCENTAJE COSTO ACERO/ COSTO DIRECTO	10.14%	14.70%	12.80%

Estos datos se pueden caracterizar para tener validez dentro de un intervalo de confianza por medio de una prueba estadística. Para esto, a continuación, se presentan los valores representativos para cada grupo acorde la prueba T de *Student*:

<i>Porcentaje Costo Acero/Costo Directo - T1</i>		<i>Porcentaje Costo Acero/Costo Directo - T2</i>	
Promedio	10.04%	Promedio	14.11%
Error estándar	1.24%	Error estándar	2.95%
Mediana	10.70%	Mediana	14.53%
Desviación estándar	2.77%	Desviación estándar	6.59%
Rango de confianza (90.0%)	2.64%	Rango de confianza (90.0%)	6.28%

<i>Porcentaje Costo Acero/Costo Directo - T3</i>	
Promedio	12.98%
Error estándar	2.34%
Mediana	14.28%
Desviación estándar	5.22%
Rango de confianza (90.0%)	4.98%

Con lo anterior se puede concluir:

- Para los proyectos de vivienda de clase económica los porcentajes de costos de acero sobre los costos directos tiene una media de 10 %, el cual con un 90 % de confianza puede oscilar entre 7.64 % y 12.68 %.
- Asimismo, para los proyectos de vivienda de clase media los porcentajes de costos de acero sobre los costos directos tiene una media de 14.11 %, el cual con un 90 % de confianza puede oscilar entre 7.83 % y 20.39 %.
- En los proyectos de vivienda de clase alta los porcentajes de costos de acero sobre los costos directos tiene una media de 12.98 %, el cual con un 90 % de confianza puede oscilar 8.00 % y 17.95 %.

En base a estas conclusiones se puede afirmar que los resultados planteados en la tabla 13 tienen validez estadística con un nivel de confianza de 90 %.

3.4. Otros indicadores

Además de la importancia relativa del costo del acero sobre los costos directos podemos evaluar otras incidencias del acero con respecto a otros valores. En primera instancia, podemos realizar una comparación entre las cantidades de acero figurado de los proyectos contra las cantidades presupuestadas disponibles que consideraron acero liso (por barra).

Tabla 14. Comparativo acero por barra (cantidades presupuestadas) vs acero figurado

Muestra	Acero x barra (A)	Acero figurado (B)	Diferencia porcentual (A/B-1)
T1 M1	116.50	94.20	23.67%
T1 M2	39.36	33.38	17.93%
T1 M3	227.21	171.35	32.60%
T3 M2	13,572.23	11,216.72	21.00%
T3 M4	11,067.15	8,705.38	27.13%
T3 M5	13,648.90	10,709.78	27.44%

Se puede observar claramente en la tabla anterior que las cantidades presupuestadas superan a las de acero figurado en todos los casos. Existe una diferencia porcentual entre ambas cuantificaciones que promedia un 24.96 %.

Si extrapolamos esta evaluación a términos de costos, utilizando el listado de precios de la tabla 7, obtendríamos los siguientes resultados:

Tabla 15. Comparativo de costos de acero por barra vs acero figurado

Muestra	Costo total Acero x barra (RD\$)	Costo total Acero figurado (RD\$)	Diferencia Acero figurado/Acero x barra
T1 M1	\$ 230,900.90	\$ 197,313.10	-17.02%
T1 M2	\$ 78,012.77	\$ 69,908.98	-11.59%
T1 M3	\$ 450,334.64	\$ 358,908.78	-25.47%
T3 M2	\$ 26,899,920.88	\$ 23,494,483.87	-14.49%
T3 M4	\$ 21,934,889.51	\$ 18,234,240.62	-20.30%
T3 M5	\$ 27,051,876.23	\$ 22,432,647.60	-20.59%

Acorde a los resultados anteriores, se puede concluir que la consideración de trabajar con acero figurado para proyectos de vivienda económica representa un ahorro promedio de un 18.03 % y para proyectos de vivienda de clase alta un 18.46 %. En adición, otro indicador que cabe destacar es la relación entre área de construcción y cantidad de acero figurado calculado (*Relación qq/m²*). Es a partir del análisis de este indicador que podemos inferir el intervalo en el cual puede ubicarse la relación de acero por m² a utilizar para cada tipo de vivienda.

A continuación, se detallan, por tipo de vivienda, los resultados de la *Relación qq/m²*, junto a los indicadores estadísticos de lugar necesarios para caracterizar la data y calcular el intervalo en que puede oscilar este valor para un rango de confianza de un 90 %.

3.4.1. Tipo 1 (Proyectos de viviendas de clase económica):

Tabla 16. Relación qq/m² proyectos de viviendas Tipo 1

Muestra	Área de construcción (M ²)	Acero (qq)	Relación qq/M ² (Acero)	Malla (qq)	Relación qq/M ² (Malla)
T1 M1	479.68	94.20	0.20	113.03	0.24
T1 M2	398.27	33.38	0.08	176.85	0.44
T1 M3	611.72	171.35	0.28	212.30	0.35
T1 M4	987.13	291.70	0.30	259.73	0.26
T1 M5	597.58	30.60	0.05	245.17	0.41

Tabla 17. Análisis estadístico relación qq/m² acero y malla (Grupo T1)

<i>Análisis Relación qq/M² Acero - Grupo T1</i>		<i>Análisis Relación qq/M² Malla - Grupo T1</i>	
Promedio	0.181	Promedio	0.340
Error estándar	0.050	Error estándar	0.040
Mediana	0.196	Mediana	0.347
Desviación estándar	0.111	Desviación estándar	0.090
Rango de confianza (90.0%)	0.106	Rango de confianza (90.0%)	0.086

A partir de la información presentada en las tablas anteriores se puede concluir que para los proyectos de vivienda de clase económica la relación de acero qq/m² tiene una media de 0.181 qq/m², la cual, con un 90 % de confianza, puede oscilar entre 0.075 y 0.287 qq/m². Mientras que para la relación de malla qq/m² se obtuvo una media de 0.340 qq/m², la cual, con un 90 % de confianza, puede oscilar entre 0.254 y 0.426 qq/m².

3.4.2. Tipo 2 (Proyectos de viviendas de clase media)

Tabla 18. Relación qq/m² proyectos de viviendas Tipo 2

Muestra	Área de construcción (M ²)	Acero (qq)	Relación qq/M ² (Acero)	Malla (qq)	Relación qq/M ² (Malla)
T2 M1	16,393.10	10,966.72	0.67	944.42	0.06
T2 M2	6,567.78	8,008.34	1.22	456.22	0.07
T2 M3	3,483.03	4,176.05	1.20	189.74	0.05
T2 M4	5,051.30	3,993.39	0.79	266.55	0.05
T2 M5	6,058.36	15,390.73	2.54	197.66	0.03

Tabla 19. Análisis estadístico relación qq/m² acero y malla (Grupo T2)

<i>Análisis Relación qq/M² Acero - Grupo T2</i>		<i>Análisis Relación qq/M² Malla - Grupo T2</i>	
Promedio	1.284	Promedio	0.053
Error estándar	0.333	Error estándar	0.006
Mediana	1.199	Mediana	0.054
Desviación estándar	0.744	Desviación estándar	0.013
Rango de confianza (90.0%)	0.709	Rango de confianza (90.0%)	0.013

A partir de la información presentada en las tablas anteriores se puede concluir que para los proyectos de vivienda de clase media la relación de acero qq/m^2 tiene una media de 1.284 qq/m^2 , la cual, con un 90 % de confianza puede oscilar entre 0.575 y 1.993 qq/m^2 . Mientras que para la relación de malla qq/m^2 se obtuvo una media de 0.053 qq/m^2 , la cual, con un 90 % de confianza, puede oscilar entre 0.040 y 0.066 qq/m^2 .

3.4.3. Tipo 3 (Proyectos de viviendas de clase alta)

Tabla 20. Relación qq/m² proyectos de viviendas Tipo 3

Muestra	Área de construcción (M²)	Acero (qq)	Relación qq/M²	Malla (qq)	Relación qq/M²
T3 M1	7,640.65	12,349.60	1.62	321.24	0.04
T3 M2	8,296.57	11,216.72	1.35	519.96	0.06
T3 M3	11,481.00	13,501.23	1.18	505.15	0.04
T3 M4	6,090.33	8,705.38	1.43	357.79	0.06
T3 M5	10,073.03	10,709.78	1.06	679.53	0.07

Tabla 21. Análisis estadístico relación qq/m² acero y malla (Grupo T3)

<i>Análisis Relación qq/M² Acero - Grupo T3</i>		<i>Análisis Relación qq/M² Malla - Grupo T3</i>	
Promedio	1.327	Promedio	0.055
Error estándar	0.097	Error estándar	0.005
Mediana	1.352	Mediana	0.059
Desviación estándar	0.216	Desviación estándar	0.011
Rango de confianza (90.0%)	0.206	Rango de confianza (90.0%)	0.011

A partir de la información presentada en las tablas anteriores se puede concluir que para los proyectos de vivienda de clase alta la relación de acero qq/m² tiene una media de 1.327 qq/m², la cual, con un 90 % de confianza, puede oscilar entre 1.121 y 1.533 qq/m². Mientras que para la relación de malla qq/m² se obtuvo una media de 0.055 qq/m², la cual, con un 90 % de confianza, puede oscilar entre 0.044 y 0.066 qq/m².

4. Conclusiones

En busca de determinar la proporción de costo total del acero dentro de los costos directos de proyectos de viviendas clase económica, media y alta en la provincia de Santo Domingo, República Dominicana, para el año 2019, utilizamos la estrategia metodológica de “estudio de caso” para dirigirnos de lo particular a lo general evaluando un conjunto de planos y presupuestos de proyectos, filtrados por ciertas características, que encajarán dentro de los tres grupos principales.

Para cada uno de estos grupos se recalculó la cantidad total de malla electrosoldada y de acero, considerando desperdicio cero (acero figurado), para luego determinar el valor presente del costo total de los mismos y los costos directos totales de las muestras utilizando el Índice de Costos Directos de la Construcción de Viviendas (ICDV) que elabora la ONE con apoyo de ACOPROVI. Estos valores se utilizaron para cumplir el objetivo determinar la proporción de costo total del acero dentro de los costos directos de proyectos de viviendas clase económica, media y alta

en la provincia de Santo Domingo, para el año 2019. Ver tabla 11 para referencia.

Fuera de esta proporción de costo total del acero dentro de los costos directos de proyectos, se evaluaron estadísticamente otros indicadores para medir la relación del total de acero sobre las siguientes variables:

- Acero figurado: con relación a las cantidades totales utilizadas en la muestra, existe una diferencia porcentual entre ambas cuantificaciones que promedia un 24.96 % siendo el acero figurado menor que el acero listo. En costo, la consideración de trabajar con acero figurado para proyectos de vivienda económica representa un ahorro promedio de un 18.03 % y para proyectos de vivienda de clase alta un 18.46 %.
- Área de construcción: para este caso, en los proyectos de vivienda de clase alta la relación de acero qq/m^2 tiene una media de 1.327 qq/m^2 . Mientras que para la relación de malla qq/m^2 se obtuvo una media de 0.055 qq/m^2 .

Para complementar estos resultados, y que sean de mejor provecho para la industria de la construcción, consideramos importante evaluar en futuras investigaciones la reducción en tiempo de las labores de acero en obra y la calidad de su colocación al recibir el acero figurado *in situ*, así como su impacto económico en los costos directos e indirectos de proyectos. Asimismo, la habilitación de acero en fábrica (acero figurado) que permitiría a los diseñadores estructurales utilizar diámetros no comerciales en barras lisas para la optimización de sus diseños.

Referencias

- Banco Central de la República Dominicana. (14 de abril de 2019). *Producto Interno Bruto (PIB), Trimestral 2007-2018*. Recuperado de Transparencias: <https://www.bancentral.gov.do/transparencias>
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. (Tercera Ed.). Colombia: Pearson Educación.

- División Investigación ONE. (2010). *El déficit habitacional en República Dominicana: Panorama actualizado de los requerimientos habitacionales*. República Dominicana: Oficina Nacional de Estadística.
- Editorial Construir. (14 de abril de 2019). *Construcción de viviendas en República Dominicana crece durante el primer trimestre de 2018*. Recuperado de <http://revistaconstruir.com/construccion-de-viviendas-en-republica-dominicana-crece-durante-el-primer-trimestre-de-2018/>
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.
- Kinnear, T., & Taylor, J. (1993). *Investigación de Mercados*. México: McGraw-Hill.
- Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPyD). (2018). *Metodología para la medición del déficit habitacional en República Dominicana*. Recuperado de: <http://economia.gob.do/publicaciones/metodologia-para-la-medicion-del-deficit-habitacional-en-republica-dominicana-2018>
- Oficina Nacional de Estadística (ONE). (2019). *Estudio de Oferta de Edificaciones*. Departamento de Estadísticas Económicas. Santo Domingo, República Dominicana: Oficina Nacional de Estadística.
- Oficina Nacional de Estadística. (2019). *Índice de Costos Directos de la Construcción de Viviendas (ICDV)*. Santo Domingo República Dominicana. Recuperado de <https://www.one.gob.do/precios-y-costos/icdv>
- Paz, K. (2007). Media Aritmética Simple. (U. R. Landivar, Ed.) *Boletín Electrónico*. Recuperado de http://www.fsalazar.bizland.com/LAND-IVAR/ING-PRIMERO/boletin07/URL_07_BAS01.pdf
- Rodríguez, T., & Abbott, M. (2008). Análisis comparativo entre el método de asignación directa y el de optimización para cuantificación del refuerzo levantado en los apoyo en placas sólidas y su efecto en la generación de desperdicios. *Ciencia y Sociedad*, 33(4), 572-594.