

ESTUDIO DE ALZA DE PRECIOS DE LOS MATERIALES METÁLICOS UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE RESIDUOS METÁLICOS DE CONSTRUCCIONES HABITACIONALES

*V. Molina Sepúlveda*¹, *G. Bustamante Laissle*² y *C. Correa Rogel*³

RESUMEN:

Esta investigación, de carácter exploratoria, busca evidenciar el alza precios de los materiales metálicos utilizados en la construcción e identificar el grado de relación de cada tipo de material en los tipos de construcciones para determinar el impacto del alza de estos materiales en los costos de construcción habitacional, tanto de edificios como casas, con el propósito de dar paso a investigaciones que permitan mitigar estas alzas mediante la reutilización de residuos de la construcción. Para esto, se identifica la cantidad de residuos producidos por la construcción, específicamente los residuos metálicos. Esto de acuerdo a datos registrados en el Sistema Nacional de Declaración de Residuos (SINADER) y publicados por Registro de Emisiones y Transferencias Contaminantes (RETC), además de estimaciones de diferentes estudios que entregan un promedio de volumen de residuos generados por metro cuadrado construido que en conjunto con datos de superficie de permisos de edificación de obras nuevas con destino habitacional, permiten estimar una cantidad de residuos superior y más acertada que los datos del RETC. A partir de todo lo anterior, es posible obtener la incidencia de la variación del precio los tipos de materiales metálicos utilizados en la construcción de edificios residenciales y vivienda unifamiliares. Por otro lado, se obtiene una cantidad estimada de residuos metálicos para los años 2022 y 2023 a partir de una proyección del comportamiento histórico de datos de superficie aprobada e iniciada de permisos de edificación.

PALABRAS CLAVES: Construcción; Residuos metálicos; Materiales metálicos.

ABSTRACT:

This investigation, with exploratory character, seeks to evidence the rise of prices of the metallic materials used on the construction and indentify the grade of relationship of each kind of material on the kind of constructions to determine the impact of the rise of this materials on the cost of residential construction, both buildings and houses, with the objective to make way to investigations that allow to reduce this rises by the reuse of the construction waste. For this, is identified the quantity of waste produced by the construction, especifcally the metalic waste. This is according to registered data on the National Waste Declaration System (SINADER) and published by Pollutant Release and Transfer Register (RETC), besides of estimations of different studies that gives an average of waste volumen produced by square meter built wich together with surface data of building permits for new works with residential destiny, allow to estimate a higher waste quantity and more correct than the RETC data. From the

¹ Estudiante, Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, vmolina@ing.ucsc.cl

² Profesor Guía, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, gbustamante@ucsc.cl

³ Profesor Informante, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile, claudiocorrea@ucsc.cl

above, is possible to get the incidence of the price variation of the kind of metallic materials used on the construction of residential buildings and single family homes. By other side, is obtained an estimated quantity of metallic waste for the years 2022 and 2023 from a projection of the historical behavior of surface data approved and initiated building permits.

KEYWORDS: Construction, Metallic waste, Metallic materials.

1. INTRODUCCIÓN

Desde el comienzo de la pandemia en Chile, declarada el 11 de marzo del 2020, se ha registrado una serie de aumentos significativos en el precio de diferentes materiales utilizados en la construcción, producto de las restricciones sanitarias y posteriormente la reactivación económica del país, lo cual produce un aumento en los costos de construcción y a su vez un aumento en los precios de venta.

La construcción es una de las actividades económicas que genera mayores cantidades de residuos no peligrosos, llamados RCD (Residuos de Construcción y Demolición). Se estima que entre los años 2000-2009 la participación de la construcción en la generación de residuos sólidos industriales se encontraba entre el 26% y 34% del total de residuos generados en el país, alcanzando 5,82 millones de toneladas en 2009 (Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2010). En cuanto a la generación de residuos de construcciones con destino habitacional, se estima, de acuerdo a datos de permisos de edificación, que entre los años 2001-2019 se alcanzó un promedio de 7 millones de toneladas de RCD al año (Ministerio del Medio Ambiente, 2020).

Si bien existen estimaciones que dan cuenta del volumen de residuos generados por metro cuadrado construido según diferentes tipos de construcciones, no existe un desglose que permita estimar la cantidad de residuos metálicos por superficie construida. De hecho, según datos del Registro de Emisiones y Transferencias Contaminantes (RETC) la cantidad de residuos metálicos declarados es bastante variable de año en año y no presenta relación respecto a la cantidad de RCD declarado.

Debido a estas alzas, especialmente de los materiales metálicos usados en construcción, se busca poner en evidencia la cantidad de residuos metálicos generados por la construcción con destino habitacional con el fin de dar paso a estudios para mitigar las alzas de precios mediante la reutilización de residuos metálicos.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evidenciar el alza de precios de los materiales metálicos utilizados en construcción y su influencia en los costos de construcción con el propósito de dar paso a investigaciones que permitan mitigar estas alzas mediante la reutilización de residuos.

2.2. Objetivos Específicos

- Identificar y cuantificar alzas de precio de materiales metálicos usados en construcción, y su impacto en diferentes tipos de construcciones.
- Identificar y cuantificar el nivel de ocupación de los materiales metálicos usados en la construcción y la incidencia de estos materiales en los costos de construcción.
- Identificar y cuantificar cantidad de residuos metálicos provenientes de la construcción.

3. METODOLOGÍA

Este estudio busca poner en evidencia el alza de precios de los materiales metálicos utilizados en la construcción y dar paso a investigaciones que permitan mitigar el alza de estos precios mediante la reutilización de residuos metálicos provenientes de la construcción. Para esto es necesario identificar el porqué de estas alzas y la evolución del precio de los materiales en el tiempo.

En primer lugar, se realiza un análisis de la evolución del precio de los materiales para así identificar los periodos en los que se producen variaciones significativas, principalmente identificar las alzas.

Una vez identificados aquellos periodos en que se producen variaciones de importancia, se evalúa la situación tanto a nivel nacional como internacional para identificar los posibles factores que intervienen en las alzas de precios, recopilando y procesando información desde diferentes fuentes. Se extraen datos sobre precios, ventas, fabricación, inventarios, exportaciones y costos de transporte terrestre desde fuentes confiables como la Cámara Chilena de la Construcción, el Instituto Nacional de Estadísticas y Banco Central de Chile. En cuanto al transporte marítimo, se analizan fuentes internacionales sobre la evolución del precio de los fletes.

El Instituto Nacional de Estadísticas, mediante el Clasificador Chileno de Actividades Económicas (CIIU4.CL) clasifica la actividad de “Construcción” (sección F en la CIIU4.CL) en 3 divisiones; 41 “Construcción de edificios”; 42 “Obras de ingeniería civil”; y 43 “Actividades especializadas de la construcción”. Cada una de estas divisiones posee un ponderador diferente de acuerdo a su participación relativa. A su vez, agrupa los materiales en base a criterios del Clasificador Único de Productos (CUP) y del Clasificador Chileno de Productos (CPC2.CL), estos materiales son los mismos para las 3 divisiones, pero poseen una ponderación diferente para cada una. Esto permite conocer, a modo general, el nivel de importancia de cada material en los diferentes tipos de construcciones, y a su vez, la incidencia del precio de los materiales en los costos de construcción.

Lo anterior entrega información en forma general sobre 3 agrupaciones de la actividad de la construcción, por lo tanto, para una mejor estimación, se analizan 2 estudios. El primero simula un edificio en Concepción centro de 12 pisos de altura y 2 subterráneos para estacionamiento, con un total de 112 departamentos, 32 de ellos de un dormitorio, 56 de 2 dormitorios y 24 de 3 dormitorios, (Cares, 2017). El segundo estudio simula un conjunto de 46 casas en San Pedro de la Paz, cada casa de 81 m², con 3 dormitorios y 2 baños (Vera, 2018).

Es necesario identificar la composición de los residuos metálicos generados por la construcción, los cuales corresponden a residuos industriales no peligrosos. Según se indica en el DS N°1/2013 del Ministerio del Medio Ambiente, todo establecimiento industrial que genere más de 12 toneladas al año

de residuos industriales no peligrosos debe declararlos en el Sistema Nacional de Declaración de Residuos (SINADER) utilizando la clasificación del Listado Europeo de Residuos (LER). Estos datos son tratados, validados y publicados por el Registro de Emisiones y Transferencia Contaminantes (RETC), el único sistema con datos oficiales sobre la generación de residuos. Por lo tanto, se obtiene información de la base de datos del RETC sobre los residuos industriales declarados y se filtra la información de acuerdo a los requerimientos de este estudio. Es importante destacar que según el Ministerio del Medio Ambiente (2020), los datos registrados en el SINADER corresponden a cifras muy bajas en comparación a los residuos estimados a partir de los permisos de edificación.

Para la estimación de la cantidad de residuos generados se identifica la cantidad de metros cuadrados construidos, el volumen promedio generado por metro cuadrado construido y la densidad promedio de estos residuos. La cantidad de metros cuadrados construidos se obtiene a partir de los datos históricos de permisos de edificación de obras nuevas aprobadas e iniciadas con destino habitacional.

A partir de los datos históricos, desde el año 1990 al 2021, y mediante el algoritmo Suavizado exponencial triple (ETS) del software Microsoft Excel, se proyecta una cantidad de residuos a generar para los años 2022 y 2023.

Se investiga en diferentes fuentes sobre el potencial de reciclaje de los residuos metálicos utilizados en construcción y se realiza una estimación del porcentaje de valorización de los residuos metálicos según datos registrados en el RETC. Se analiza la valorización de los materiales por sobre el reciclaje debido a los diferentes tipos de tratamiento con que se pueden declarar los residuos en el sistema, y que son agrupados bajo el término de valorización.

Finalmente se realiza una comparación entre costos estimados de eliminación de residuos, de acuerdo a estudio existente, versus los costos de valorización, a partir de datos de diferentes fuentes sobre costos de retiro y precios de compra de los diferentes tipos de residuos metálicos.

4. MARCO TEÓRICO

Desde el año 2020 en adelante se ha registrado un significativo aumento del precio de los materiales utilizados en la construcción, esto debido a diferentes factores generados desde el inicio de la pandemia.

4.1. Alza de precios de materiales

Desde el comienzo de la pandemia, declarada en Chile el 11 de marzo del año 2020, se ha registrado una variación del índice de precios de materiales de la construcción⁴ de 2,82% entre enero y diciembre de ese mismo año, pasando a 29,49% entre enero y diciembre del año 2021.

En la Figura 1 se aprecia que el índice se mantiene relativamente estable, sin presentar aumentos significativos hasta diciembre del 2020, donde se presenta una variación mensual de 1,7%, la mayor alza registrada hasta esa fecha. Desde este punto en adelante el índice se mantiene en aumento, registrando una variación mensual de 3,5% en octubre del 2021. A febrero del 2022 el índice se encuentra en su

⁴ Índice correspondiente al cociente entre de los precios mensuales de materiales e insumos de la construcción, con respecto a periodo base año 2014.

punto más alto, correspondiente a 148,36 puntos, con una variación del 36,9% sobre el registrado al inicio de la pandemia.

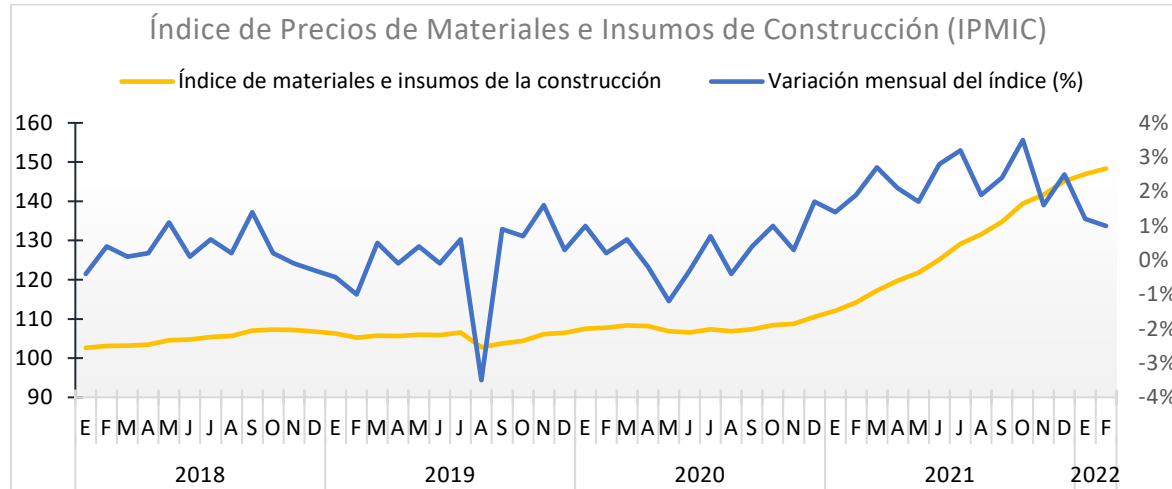


Figura 1: Evolución y variación mensual del índice de precios de Materiales e insumos de la construcción. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE, s.f.-a).

El alza de los materiales de la construcción comienza luego de que el 10 de agosto del 2020 el gobierno pone en marcha el plan piloto para que se retomen las obras de construcción que se encontraban congeladas producto de las restricciones sanitarias, provocando una repentina reactivación del mercado de materiales de construcción.

En primer lugar, las restricciones sanitarias provocaron una gran disminución en las ventas de materiales de construcción (Figura 2), llevando consigo a la disminución en la producción de materiales (Figura 3).

Las ventas de materiales de construcción comienzan a disminuir en febrero del 2020, llegando al menor índice de ventas⁵ entre mayo y julio de ese mismo año, con una disminución de 9,57% en las ventas de materiales al por menor, y 18,36% en las ventas al por mayor. Luego de la activación del plan piloto, comienzan a aumentar bruscamente las ventas de materiales con una variación promedio de 12,84% para las ventas al por menor y 8,17% para las ventas al por mayor, esto entre los meses de julio y octubre.

⁵ Índice correspondiente al cociente entre ventas netas mensuales en pesos chilenos, con respecto a ventas netas del periodo base año 2014.

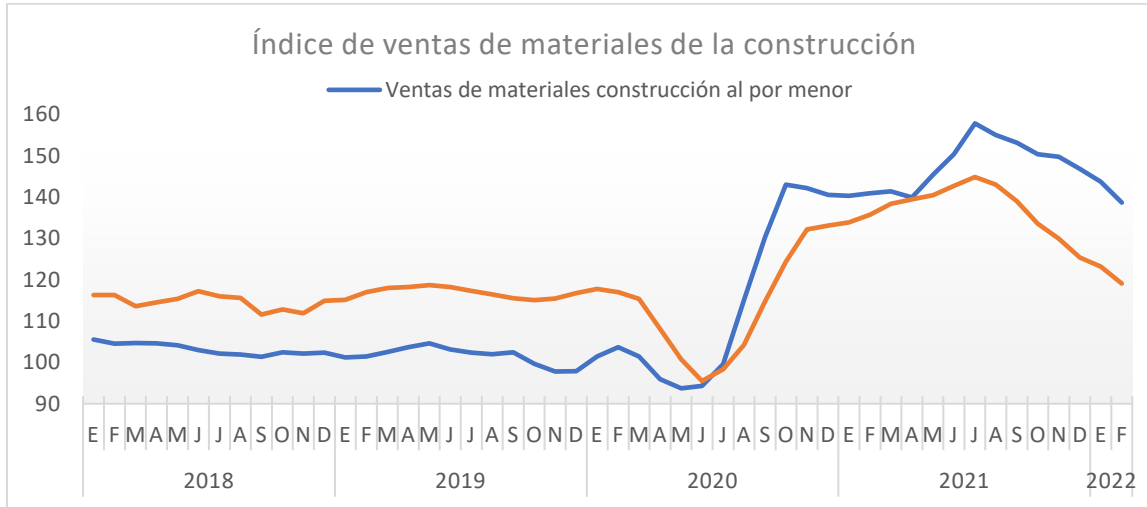


Figura 2: Índice de ventas de materiales de construcción. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Cámara Chilena de la Construcción en base a estadísticas del Instituto Nacional de Estadísticas (CChC, s.f.-a).

Debido a la baja demanda de materiales, inmediatamente después de haber sido declarada la pandemia, se comienza a disminuir la producción⁶, registrando una disminución acumulada entre abril y junio de 68,8% en acero, 60,5% en hormigón y 40,1% en cemento, la que se recupera con un aumento de producción acumulado entre julio y octubre de 82,8% en acero, 67,4% en cemento y 65,7% en hormigón.

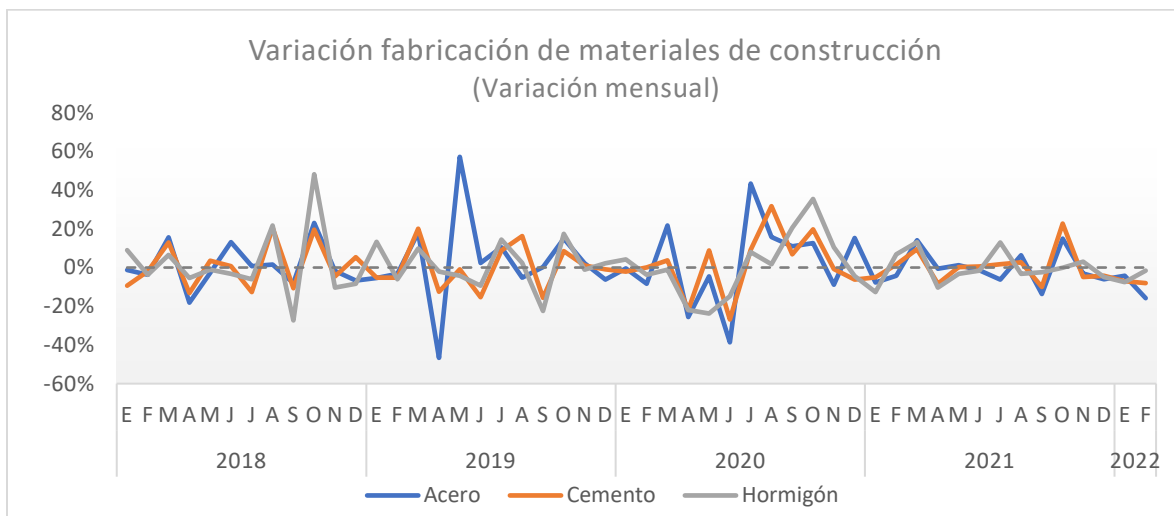


Figura 3: Variación mensual en la producción de materiales de construcción. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Cámara Chilena de la Construcción en base a estadísticas del Instituto Nacional de Estadísticas (CChC, s.f.-b, s.f.-c, s.f.-d).

A pesar del aumento de producción, entre julio y diciembre del 2020 se produce una disminución del índice de inventarios⁷ producto de la baja de producción entre abril y junio además de la reactivación de

⁶ Medición con respecto a toneladas de productos despachados.

⁷ Índice correspondiente al cociente entre el valor contable de los inventarios al cierre de mes, con respecto a periodo base diciembre de 2014.

la actividad de la construcción en agosto, presentando un escenario de baja oferta ante una alta demanda.

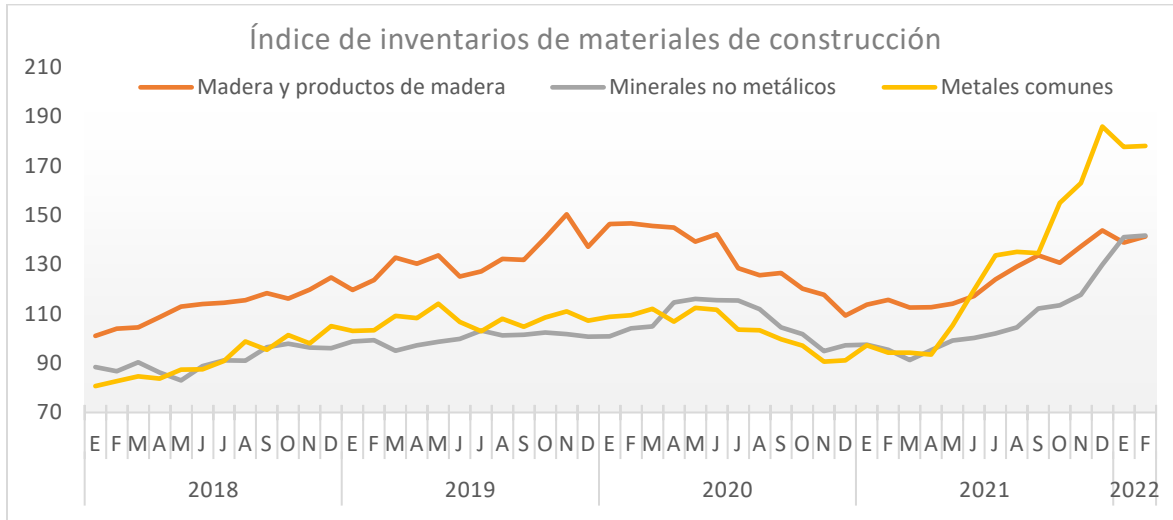


Figura 4: Índice de inventarios de materiales de construcción. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE, s.f.-b).

Junto al aumento de la demanda nacional, se reactiva la demanda internacional a mayores precios provocando un alza en la exportación de materiales para cubrir la demanda (Figura 5). En el cuarto trimestre del 2020 se produce un aumento 78,9% en el índice de exportación⁸ de productos metálicos básicos.



Figura 5: Índice de exportaciones trimestral de productos metálicos básicos. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Banco Central de Chile (BCCh, s.f.-a).

Otro factor que influye en el aumento del precio de los materiales de construcción es el aumento de los costos de fletes marítimos (Figura 6), producido debido a la alta demanda generada luego de la

⁸ Índice correspondiente al cociente entre las exportaciones trimestrales en kilogramos, con respecto a las exportaciones trimestrales del periodo base año 2018.

reactivación mundial. Este aumento de demanda provocó una escasez de contenedores disponibles debido a los bloqueos y retrasos en puertos.

El índice compuesto del World Container Index registrado al inicio de la pandemia por el transporte de un contenedor de 40 pies corresponde a US\$1486,43. Producto de la crisis de la pandemia, alcanza su primer máximo histórico en noviembre del 2020, llegando a los US\$2702,82/FEU, un 81,8% mayor al registrado en marzo. El índice sigue en aumento hasta enero del 2021 alcanzando los US\$5340,30/FEU, luego desciende hasta abril para seguir aumentando hasta llegar al máximo post-pandemia de US\$10377,19, casi 600% mayor al índice registrado al inicio de la pandemia.

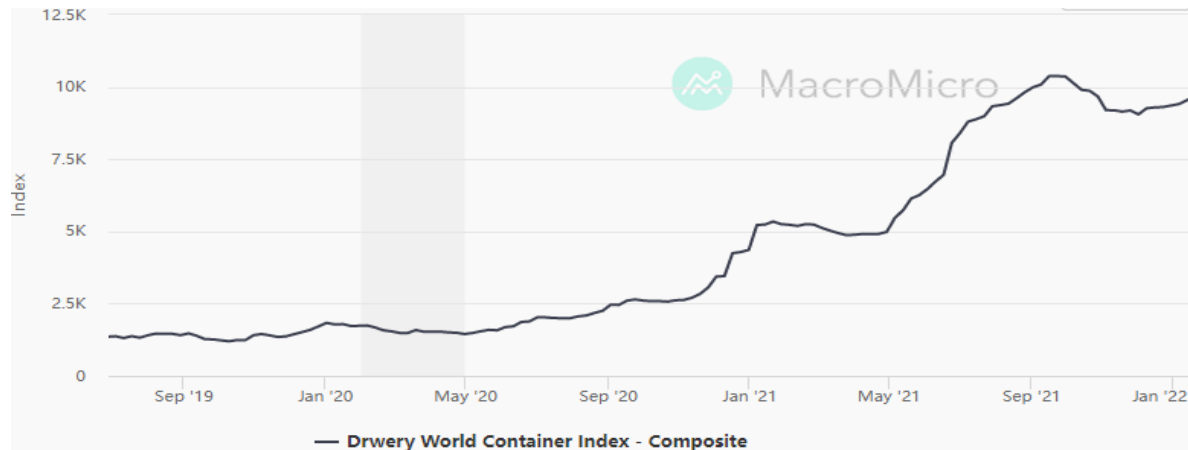


Figura 6: Índice compuesto del World Container Index. Fuente: MacroMicro

El aumento del costo de transporte por contenedor produce un aumento en los costos de transporte a nivel nacional por medio de camiones (Figura 7), debido mayormente al aumento del precio del combustible, ya que más del 90% del combustible en Chile es importado.

En primera instancia, se produce una disminución de 10,24% en el índice de costos de transporte⁹ entre marzo y noviembre de 2020 producto de la alta producción y baja demanda del combustible, el cual registro una disminución del 23,43% en el mismo periodo.

Desde noviembre del 2020 en adelante, se produce un aumento relativamente constante en el índice del precio del combustible y el índice de costos de transporte, registrando un alza promedio de 3,86% y 1,56%, respectivamente.

⁹ Índice correspondiente al cociente entre el precio mensual, respecto del periodo base año 2018.

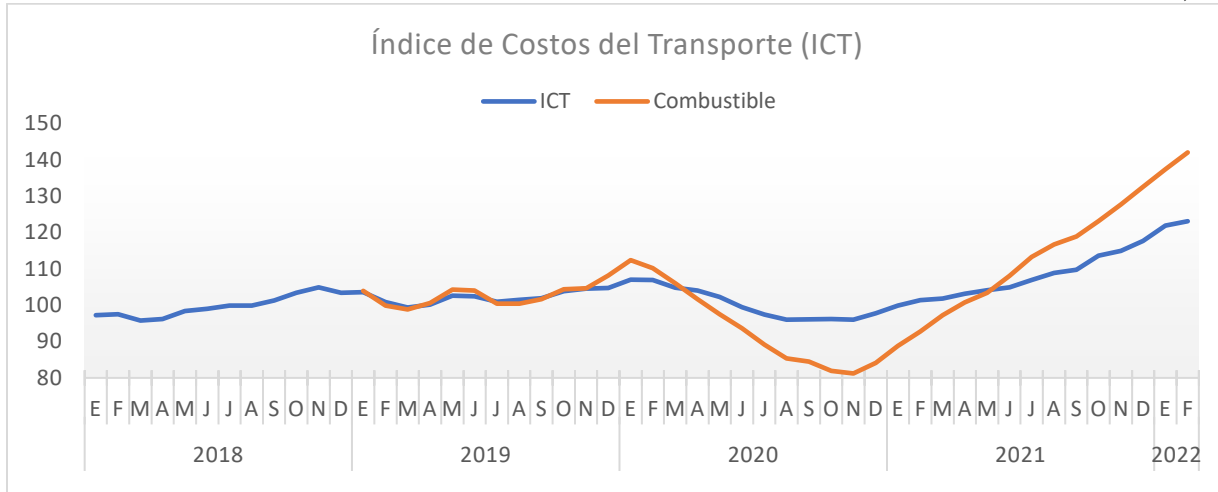


Figura 7: Índice de costos de transporte dentro de Chile e índice del valor del combustible. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE, s.f.-c).

4.2. Incidencia del alza de los materiales en los costos de construcción

El Índice de Precios de Materiales e Insumos de Construcción (IPMIC) comprende diferentes actividades agrupadas en 3 sectores de acuerdo con el tipo construcción, que corresponden a construcción de edificios, construcción de obras de ingeniería civil y actividades especializadas de la construcción. Cada uno de estos sectores tiene una ponderación diferente de acuerdo a la actividad productiva del sector y el nivel de participación en el cálculo del IPMIC. Como se puede apreciar en la Tabla 1, el sector que muestra una mayor estructura productiva corresponde a la “Construcción de edificios” con un peso relativo del 35,5%. Esta categoría comprende¹⁰:

- Construcción de todo tipo de edificios residenciales: casas unifamiliares, edificios multifamiliares, incluidos edificios de muchos pisos.
- Construcción de todo tipo de edificios no residenciales: edificios destinados a actividades de producción industrial, como fábricas, talleres, galpones, plantas de montaje, etc.; hospitales, escuelas, edificios de oficinas, hoteles, tiendas, centros comerciales, restaurantes, edificios de aeropuertos, instalaciones deportivas cubiertas, estacionamientos, incluidos los subterráneos, almacenes, edificios religiosos.
- Montaje y erección in situ de construcciones prefabricadas.
- Reparación, reforma o renovación de viviendas, edificios u otras estructuras existentes.

Tabla 1: Ponderación de cada actividad en el IPMIC. Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas.

Actividad	Ponderación
Construcción de edificios	0,35497
Construcción de obras de ingeniería civil	0,33805
Actividades especializadas de construcción	0,30698

¹⁰ Clasificación en base a Clasificador Chileno de Actividades Económicas CIIU4.CL 2012 (Instituto Nacional de Estadísticas, 2014), correspondiente a la División 41, Grupo 410, Clase 4100.

Para los índices de cada uno de estos sectores se utilizan los mismos materiales, pero con diferentes ponderadores para cada material según su nivel de uso, los cuales varían de un sector a otro (Tabla 2).

Tabla 2: Ponderadores de cada material para cada tipo de actividad. Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas.

Materiales	Ponderación por actividad		
	Construcción de edificios	Construcción de obras de ingeniería civil	Actividades especializadas de construcción
Madera aserrada, cepillada y astillada	0,05843	0,02661	0,04441
Tableros y madera prensada	0,07504	0,05634	0,08794
Diésel	0,0059	0,10302	0,02108
Gasolinas	0,00136	0,00502	0,00082
Aceites combustibles	0,00114	0,02735	0,00486
Gas licuado y otros combustibles	0,00333	0,00047	0,00001
Otros productos químicos básicos	0,02101	0,01534	0,01384
Pinturas y barnices	0,02013	0,01205	0,07927
Explosivos y detonadores	0	0,02355	0,00397
Productos de plástico	0,03543	0,04368	0,09328
Otros productos de vidrio	0,01305	0,00141	0,01329
Cemento, cal y yeso	0,05325	0,05827	0,02886
Hormigón premezclado	0,0944	0,08097	0,05308
Mezclas asfálticas	0,02385	0,05052	0,04678
Otros productos de minerales no metálicos	0,17052	0,06989	0,16067
Productos de hierro y acero	0,09666	0,16145	0,07195
Productos básicos de metales no ferrosos	0,01615	0,00788	0,0278
Productos metálicos de uso estructural	0,01171	0,11456	0,07058
Otros productos metálicos	0,1168	0,0507	0,14662
Maquinaria para uso industrial	0,05469	0,0217	0,01269
Máquinas y aparatos de uso doméstico	0,01064	0,00029	0,00016
Otras maquinarias y equipos eléctricos	0,07835	0,06817	0,01693
Muebles	0,03816	0,00076	0,00111

De acuerdo con la tabla anterior y los objetivos de este estudio, 24,1% de los materiales usados en construcción de edificios corresponde a materiales metálicos, de ellos, 1,2% corresponde a productos metálicos de uso estructural, 1,6% a productos básicos de metales no ferrosos, 9,7% a productos de hierro y acero y 11,7% corresponde a otros productos metálicos (Figura 8).

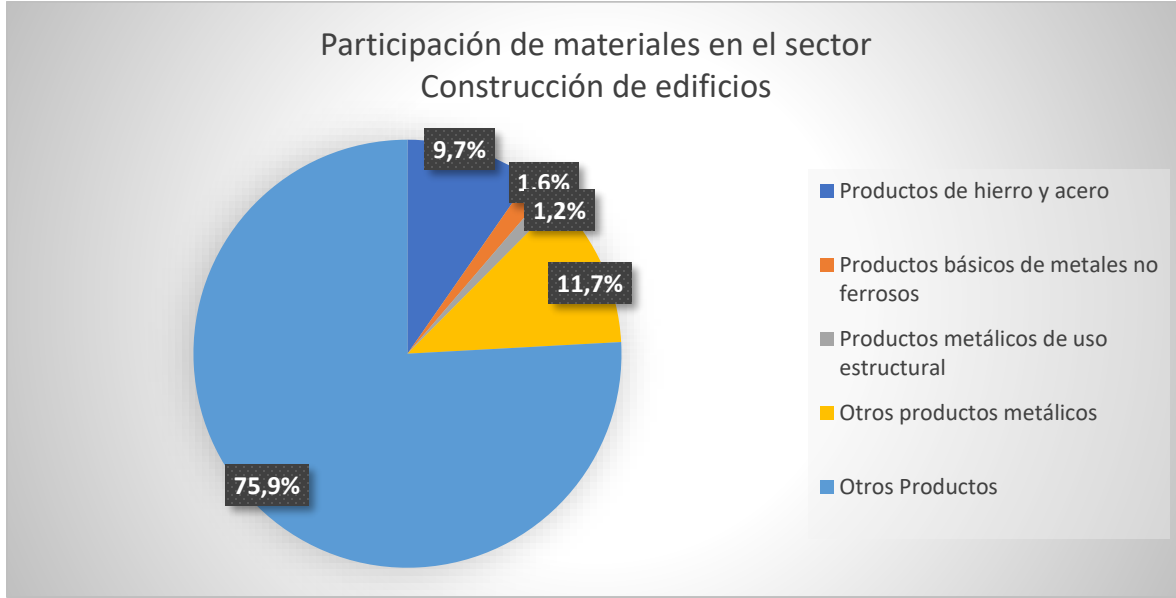


Figura 8: Participación de materiales metálicos usados en Construcción de Edificios. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE, s.f.-e).

Las ponderaciones anteriores representan el nivel de importancia de los materiales de forma general en cada sector. Estos varían de acuerdo al tipo de construcción y materialidad, por lo tanto, para una mejor estimación es importante realizar un análisis de acuerdo a cada construcción en particular.

Para el caso particular de edificios residenciales, se tiene un edificio de 12 pisos de altura con 2 niveles de estacionamientos subterráneos, con un total de 112 departamentos, de los cuales 32 son de 1 habitación, 56 de 2 habitaciones y 24 de 3 habitaciones (Cares, 2017). El costo total de construcción comprende materiales, mano de obra, misceláneo (permiso de edificación y seguros) y costos no estimados¹¹ (para efectos de este estudio no se considera el valor del suelo en el costo de construcción). En este caso, el ítem de materiales tiene una influencia del 38,6% en el costo total de construcción (Figura 9).

Del total de materiales utilizados el 18,24% corresponde a materiales metálicos, de los cuales, 0,4% corresponde a productos básicos de metales no ferrosos, 1,4% a otros productos metálicos, 3,3% a productos metálicos de uso estructural y 13,2% a productos de hierro y acero (Figura 10).

¹¹ Los costos no estimados corresponden a todo gasto no cuantificado o determinado en el estudio, corresponden a costos de mano de obra, materiales u otros costos indirectos que podrían intervenir en el proceso de construcción del proyecto (Vera, 2018)

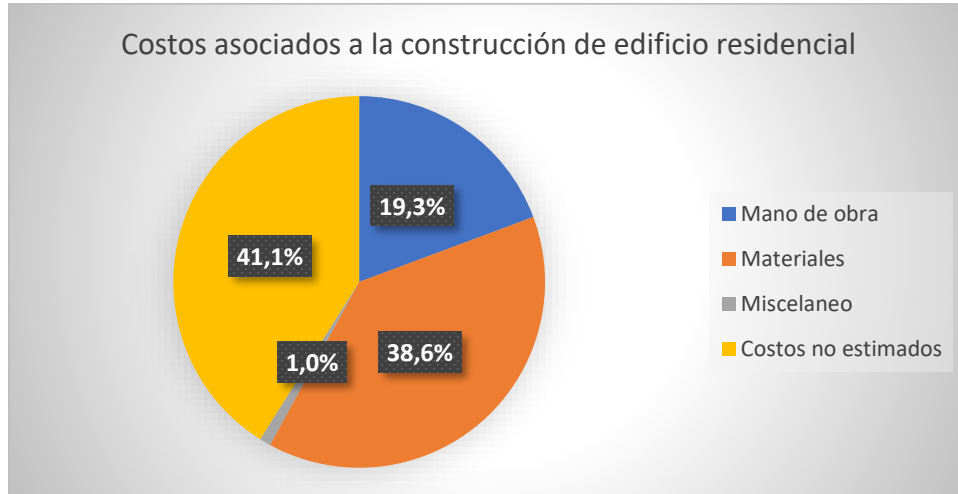


Figura 9: Distribución de costos asociados a la construcción de un edificio con destino residencial. Fuente: Elaboración propia a partir de Cares, 2017.

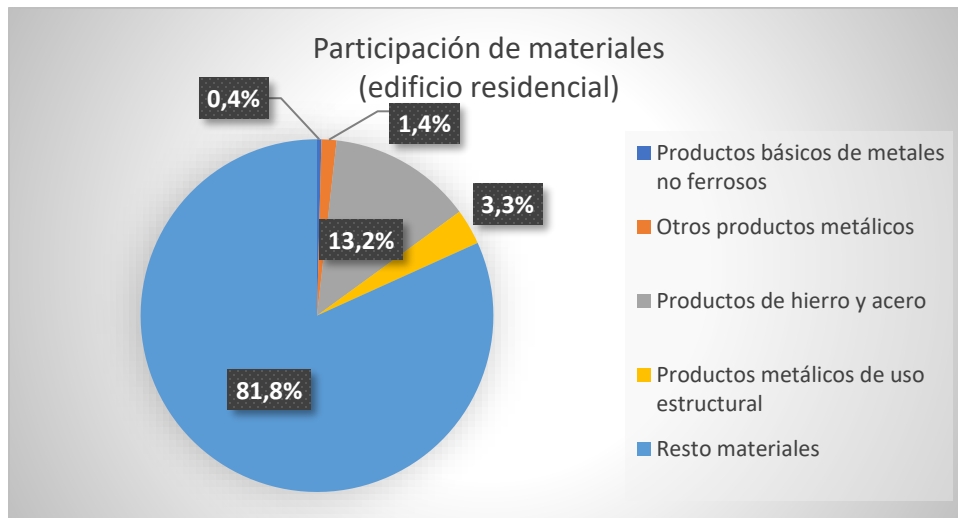


Figura 10: Participación de materiales metálicos usados en la construcción de un edificio residencial. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Cares, 2017.

Para el caso de viviendas, se tiene un conjunto de 46 viviendas unifamiliares de 81 m² cada una, donde cada vivienda se compone de 3 habitaciones y 2 baños (Vera, 2018). El costo total de construcción de este conjunto habitacional se compone de materiales, mano de obra, misceláneo (permiso de edificación y seguros) y costos no estimados¹² (para efectos de este estudio no se considera el valor del suelo en el costo de construcción), donde el porcentaje de participación de los materiales corresponde a 28% (Figura 11).

Del total de materiales utilizados en la construcción de viviendas unifamiliares el 20,38% corresponde a materiales metálicos, de los cuales, 0,6% corresponde a productos básicos de metales no ferrosos, 2,3%

¹² Los costos no estimados corresponden a todo gasto no cuantificado o determinado en el estudio, corresponden a costos de mano de obra, materiales u otros costos indirectos que podrían intervenir en el proceso de construcción del proyecto (Vera, 2018)

a otros productos metálicos, 3,4% a productos de hierro y acero y 14,1% a productos metálicos de uso estructural (Figura 12).

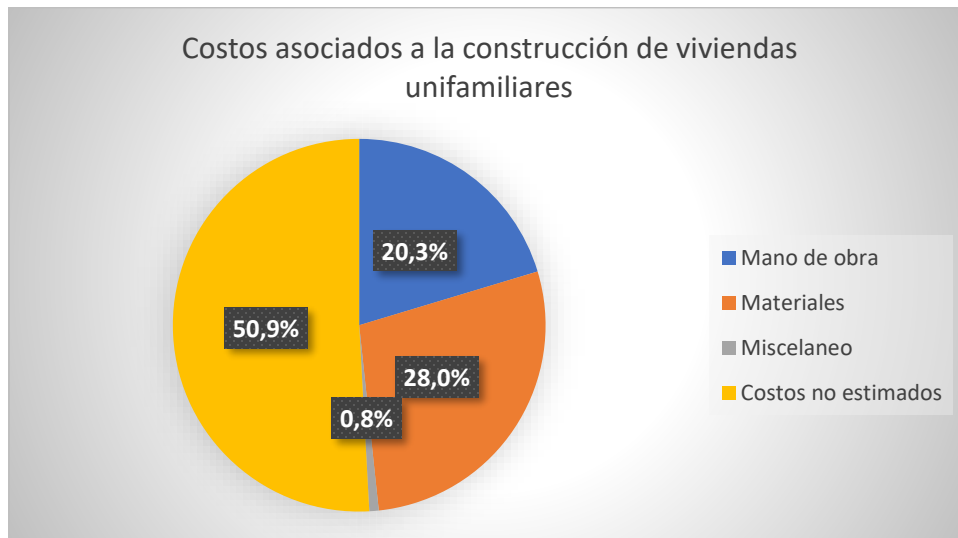


Figura 11: Distribución de costos asociados a la construcción de un conjunto habitacional. Fuente: elaboración propia a partir de Vera, 2018.

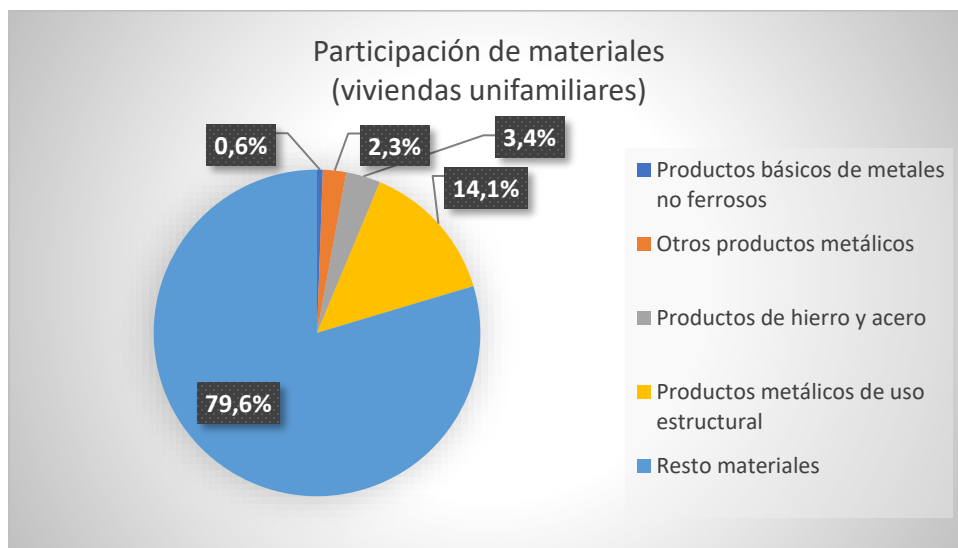


Figura 12: Participación de materiales metálicos usados en la construcción de un conjunto de viviendas unifamiliares. Fuente: elaboración propia a partir de datos de Vera, 2018.

De acuerdo a lo anterior y al desglose de materiales de la Tabla 2, en el gráfico siguiente se presenta la evolución del índice de materiales metálicos utilizados en la construcción. En él se aprecia que los materiales que poseen una mayor alza en su precio corresponden a los materiales “Productos básicos de metales no ferrosos” y “Productos de hierro y acero”.

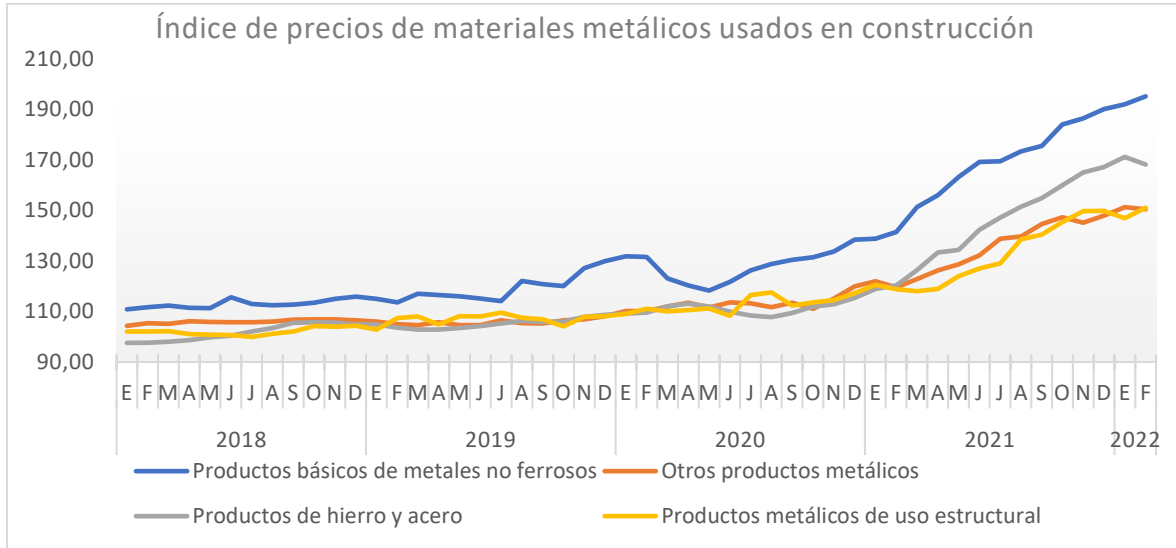


Figura 13: Evolución del índice de precios de materiales metálicos usados en la construcción. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE, s.f.-a).

Desde que se implementa el plan piloto en agosto de 2020 en adelante se han registrado variaciones mensuales mucho mayores a las registradas antes de la pandemia, pasando de variaciones mensuales promedio de 0,31% en 2019 a 4,32% en 2021 para productos de hierro y acero, 1,17% a 4,31% en productos básicos de metales no ferrosos, 0,31% a 2,72% en productos metálicos de uso estructural y de 0,13% a 2,34% en otros productos metálicos.

4.3. Cuantificación de residuos de la construcción

Cada año se generan entre 18 a casi 20 millones de toneladas de residuos a nivel nacional, los cuales se clasifican en 4 categorías de acuerdo a su origen. Los residuos de construcción y demolición, llamados RCD, se encuentran dentro de la categoría de residuos industriales.

Los residuos industriales no peligrosos componen en promedio, entre el año 2015 y 2019, el 54% del total de residuos declarados en el SINADER. En 2019 se generó un total de 19,68 millones de toneladas de residuos, de los cuales 55,6% corresponde a residuos industriales no peligrosos, 10,94 millones de toneladas (Figura 14).

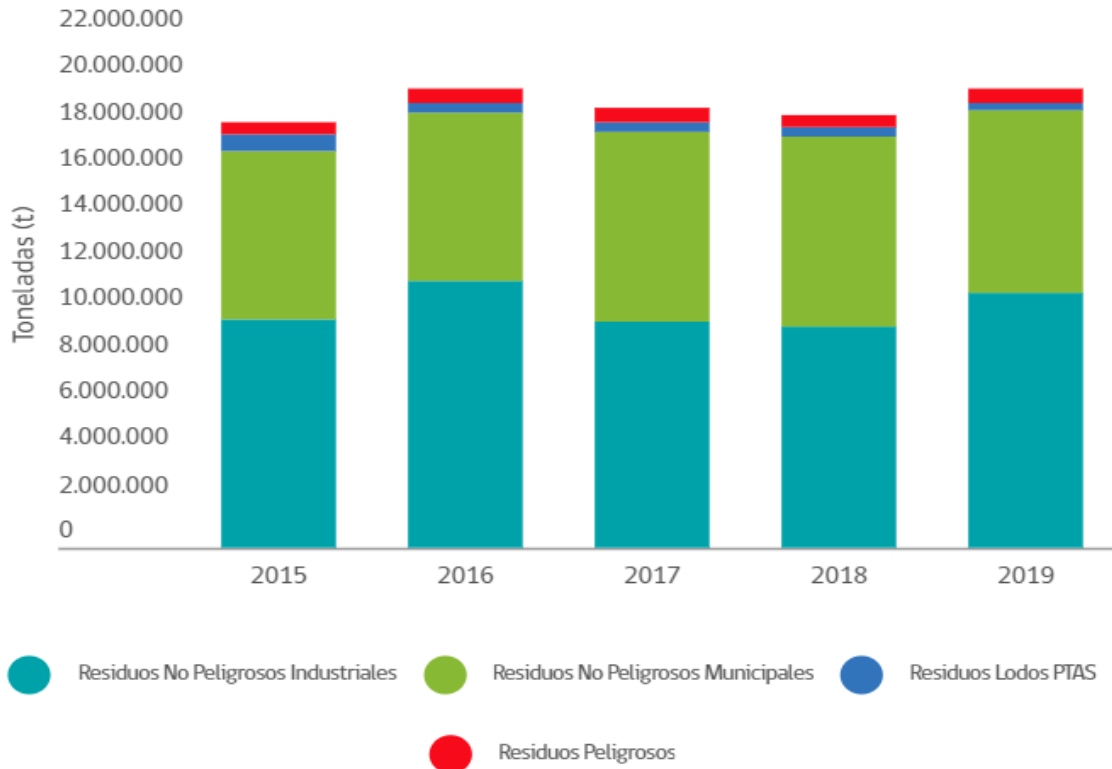


Figura 14: Generación de residuos a nivel nacional, 2015-2019. Fuente: Sexto Reporte del Estado del Medio Ambiente, 2021.

De acuerdo a los datos registrados por SINADER y según clasificación de residuos LER, los residuos de construcción corresponden a los indicados en la Tabla 3, en la cual solo se detalla el subcapítulo de residuos metálicos.

Tabla 3: Clasificación de RCD según Listado Europeo de Residuos. Fuente: Elaboración propia a partir de Asegre.

Capítulo	Subcapítulo	Residuo	Nombre
17			Residuos de la construcción y demolición (incluida la tierra excavada de zonas contaminadas)
17	01		Hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos
17	02		Madera, vidrio y plástico
17	03		Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados
17	04		Metales (incluidas sus aleaciones)
17	04	01	Cobre, bronce, latón
17	04	02	Aluminio
17	04	03	Plomo
17	04	04	Zinc
17	04	05	Hierro y acero

17	04	06	Estaño
17	04	07	Metales mezclados
17	04	10	Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras sustancias peligrosas.
17	04	11	Cables distintos de los especificados en el código 17 04 10
17	05		Tierra (incluida la excavada de zonas contaminadas), piedras y lodos de drenaje
17	06		Materiales de aislamiento y materiales de construcción que contienen amianto (asbesto)
17	08		Materiales de construcción a base de yeso
17	09		Otros residuos de construcción y demolición

Del total de residuos industriales no peligrosos declarados entre el 2015 y 2019, en promedio el 13,6% corresponde a RCD, mientras que en 2020 la cantidad de RCD aumento a 23,4%¹³ (Figura 15).

De los residuos declarados por el área de la construcción, en su mayor parte están compuestos por otros residuos de la construcción y demolición; tierra, piedras y lodos de drenaje; y hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, que corresponden a 30,8%, 38,7% y 20,0%, respectivamente, entre los años 2015 y 2019, mientras que en el año 2020 corresponden a 66,4%, 19,0% y 11,1% respectivamente, seguido de estos 3 tipos de residuos se encuentran los residuos metálicos con un promedio de 97 mil toneladas entre los años 2015 y 2019, correspondiente al 7,2%. mientras que en año 2020 corresponde a un 2,2% del total de los RCD¹⁴ (Figura 15).

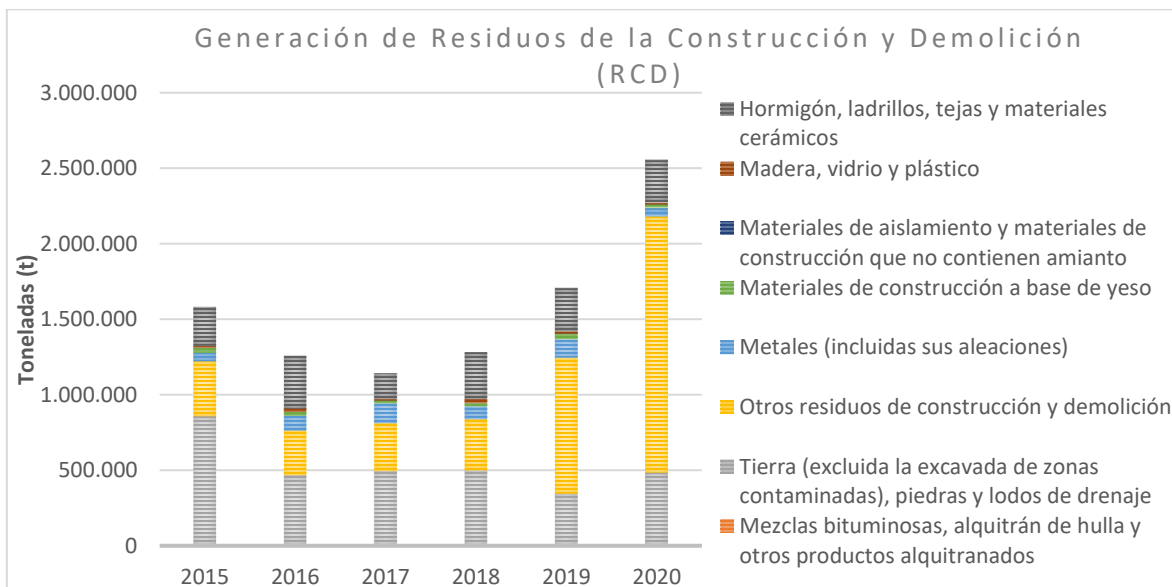


Figura 15: Composición de Residuos de la Construcción y Demolición declarados por SINADER. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Registro de Emisiones y Transferencias Contaminantes (RETC).

¹³ Estimaciones propias a partir de datos del Registro de Emisiones y Transferencias Contaminantes (RETC).

¹⁴ Estimaciones propias a partir de datos del Registro de Emisiones y Transferencias Contaminantes (RETC).

La composición de los residuos metálicos declarados es bastante variable, como se puede apreciar en la Figura 16, encontrándose en mayor medida metales mezclados seguido del hierro y acero. En algunos años es posible apreciar cantidades importantes de cobre, bronce, latón, pero no se registran cantidades constantes.

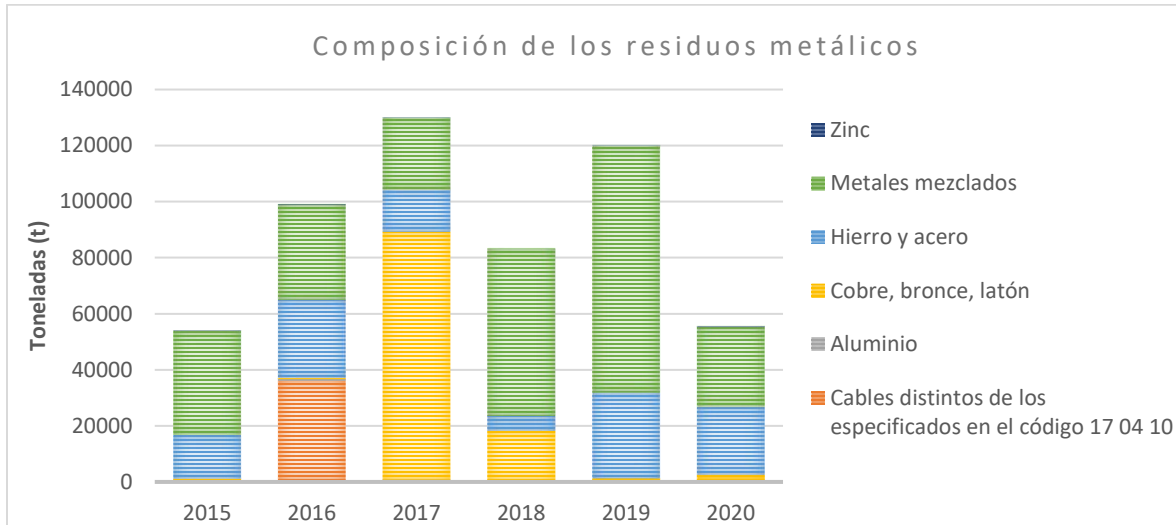


Figura 16: Composición de residuos metálicos declarados. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Registro de Emisiones y Transferencias Contaminantes (RETC).

Es importante recalcar que a pesar de que el Registro de Emisiones y Transferencias Contaminantes es el único sistema que contiene datos oficiales sobre la cantidad de residuos generados, solo se exige declarar sus residuos a aquellos establecimientos que producen más de 12 toneladas de residuos no peligrosos al año, además según la encuesta elaborada por la Corporación del Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción solo el 50% de las empresas declara sus residuos en la plataforma SINADER (Comisión Nacional de Productividad, 2020), por lo tanto, los gráficos presentados anteriormente representan una cantidad de residuos muy inferior a la real. En la Figura 17 se muestra la diferencia entre la cantidad de RCD estimada por el Ministerio del Medio Ambiente versus la declarada en el RETC, que en el año 2018 corresponde a un 7% de los RCD estimados.

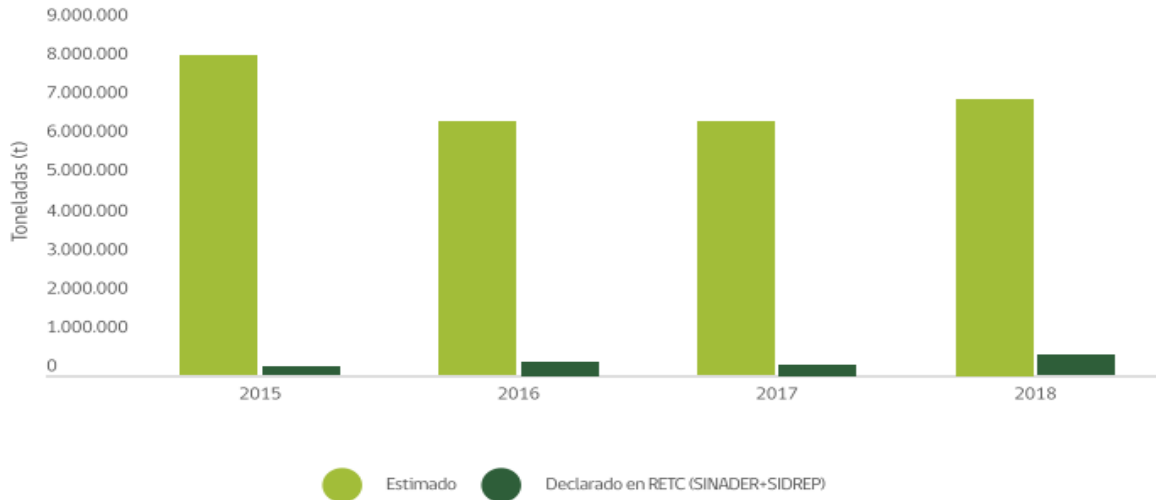


Figura 17: Comparación de estimación total nacional de RCD generados por edificación vs. declaración en RETC (SINADER + SIDREP), 2015-2018. Fuente: Informe del estado del medio ambiente, Ministerio del Medio Ambiente.

Según estimaciones de la nota técnica “Economía Circular y sector Construcción en Chile” se indica que en promedio se generarían $0,26\text{m}^3$ de residuos por cada metro cuadrado construido (Comisión Nacional de Productividad, 2020), mientras que, desde la Secretaría Ejecutiva de Construcción Sustentable se estima un promedio de $0,23\text{m}^3$ de residuos por cada metro cuadrado construido para todo tipo de obras y $0,25\text{m}^3$ de residuos por cada metro cuadrado construido para edificación residencial (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2019). Las toneladas de residuos generados se estiman considerando una densidad promedio de $1,42\text{ t/m}^3$ (Ministerio del Medio Ambiente, 2020).

4.4. Actividad de la construcción

Entre los años 2010 y 2019 se registra un aumento en la superficie autorizada de edificación con destino de vivienda desde 6,52 a 13,08 millones de m^2 anuales, 97,6% de crecimiento acumulado entre esos años, que se refleja en un crecimiento promedio anual de 10,8%. En el año 2020 se registra una baja de un 25,2% llegando a los 9,78 millones de m^2 , mientras que en 2021 se recupera levemente con un aumento del 17,3%, alcanzando los 11,47 millones de m^2 (Figura 18).

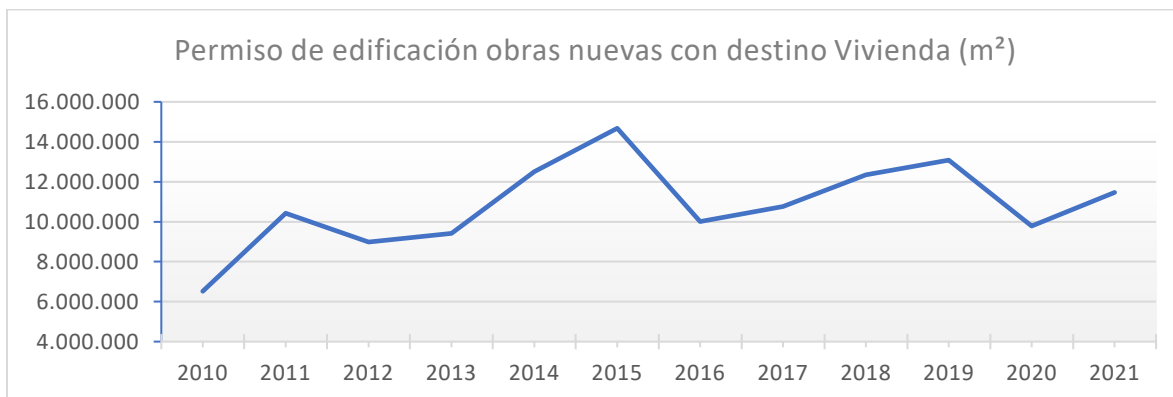


Figura 18: Evolución de la superficie autorizada para obras nuevas con destino de vivienda. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE, s.f.-d).

4.5. Costos asociados a RCD

La generación de residuos lleva consigo diferentes costos asociados al tipo de material y la disposición final de estos, ya sea eliminación o valorización. Cada uno de los materiales utilizados en una construcción genera diferentes cantidades de residuos en diferentes etapas, y son tratados de forma diferente.

Según un estudio realizado en la etapa de diseño de un proyecto residencial en altura de 21 pisos con superficie de 13.375 m² y con un volumen esperado de residuos de 0,186 m³/m², se proyecta que por cada m² construido el costo de gestión de residuos¹⁵ corresponde a 14,1 US\$/m², equivalente a 75,47 US\$/m³, donde el 87,47% corresponde al costo del material involucrado, mientras que el 12,53% restante corresponde al transporte y disposición final (Bravo et al., 2019). Lo anterior se considera para el caso de transporte a botadero, es decir, eliminación de residuos.

En el caso de la valorización de los residuos, existe un factor adicional que contrarresta el costo mencionado en el párrafo anterior. Se considera el costo del material involucrado como pérdida y el costo de transporte¹⁶, pero a su vez existe un ingreso por venta de los residuos a una empresa recicladora, el cual es bastante variable ya que depende del tipo de material. El precio de venta los materiales puede variar, según diferentes empresas recicladoras, desde \$50 a \$100 por kg de lata chatarra, \$70 a \$200 por kg de fierro, \$2.630 a \$2.800 por kg de bronce y \$4.440 a \$5.000 por kg de cobre. El costo de transporte más desfavorable presentado por “Reciclajes Farex SpA.” corresponde a \$80.000 por metro cúbico.

4.6. Potencial de reciclaje de los RCD

Los materiales metálicos poseen una larga vida útil, pueden ser reciclados casi indefinidamente sin perder sus propiedades iniciales, algunos pueden presentar una pequeña disminución de calidad dependiendo del tipo de aleación (Power Porto, 2007). En el caso del acero, el producto más reciclado a nivel mundial con una tasa de reciclaje del 85%, puede ser reciclado repetidamente sin perder su resistencia o calidad (Cochilco, 2017), además, permite una recuperación del 90% del total de residuos metálicos enviados a reciclaje (Navarro Fuentes, 2018).

De acuerdo a los datos registrados en el RETC, en los últimos 5 años, el porcentaje de valorización¹⁷ de los residuos metálicos se encuentra sobre el 89%, llegando a 96,8% durante el año 2020 (Figura 19).

¹⁵ El costo de gestión de residuos se calcula considerando el precio de venta del elemento y el costo a botadero (dentro del costo al botadero se encuentra el costo de transporte y disposición final, considerando como valor referencial 9.46 US\$/m³), el cual varía según el tipo de residuo (Bravo et al., 2019).

¹⁶ El costo de transporte en ocasiones no se considera, dependiendo de la entidad recicladora que realizará el retiro de material.

¹⁷ Entendiendo por valorización al conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar un producto, materiales que lo componen y/o el poder calorífico de estos mismos (Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2010)

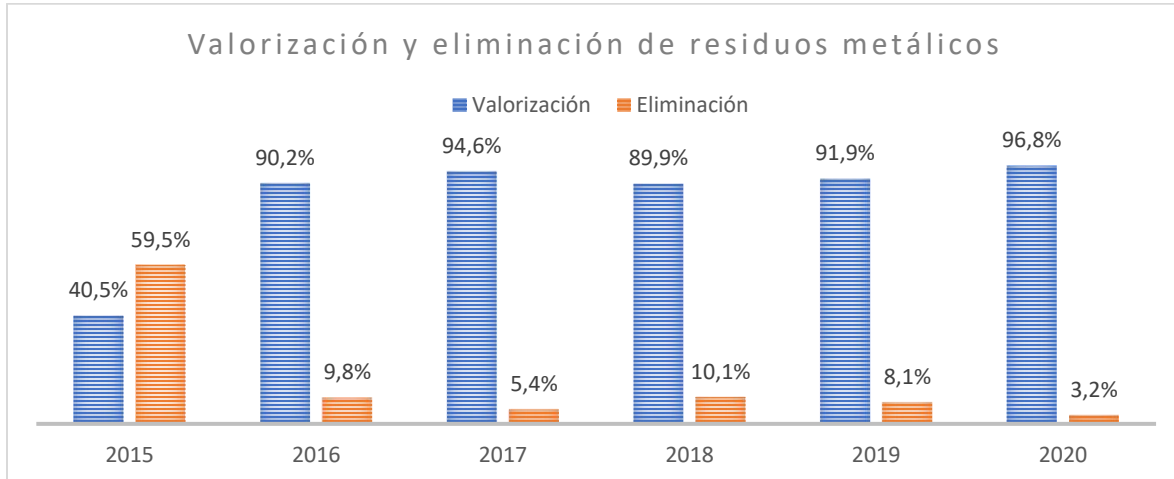


Figura 19: Tasas de valorización y eliminación de residuos metálicos. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Registro de Emisiones y Transferencias Contaminantes (RETC).

El total de residuos valorizados se compone en mayor medida por metales mezclados junto con hierro y acero. Solo en 2016 se aprecia una cantidad importante de cobre bronce y latón correspondiente al 40,39% de los residuos valorizados ese año (Figura 20).

La cantidad de materiales valorizados (Figura 20) concuerda con la cantidad de residuos declarados (Figura 16).

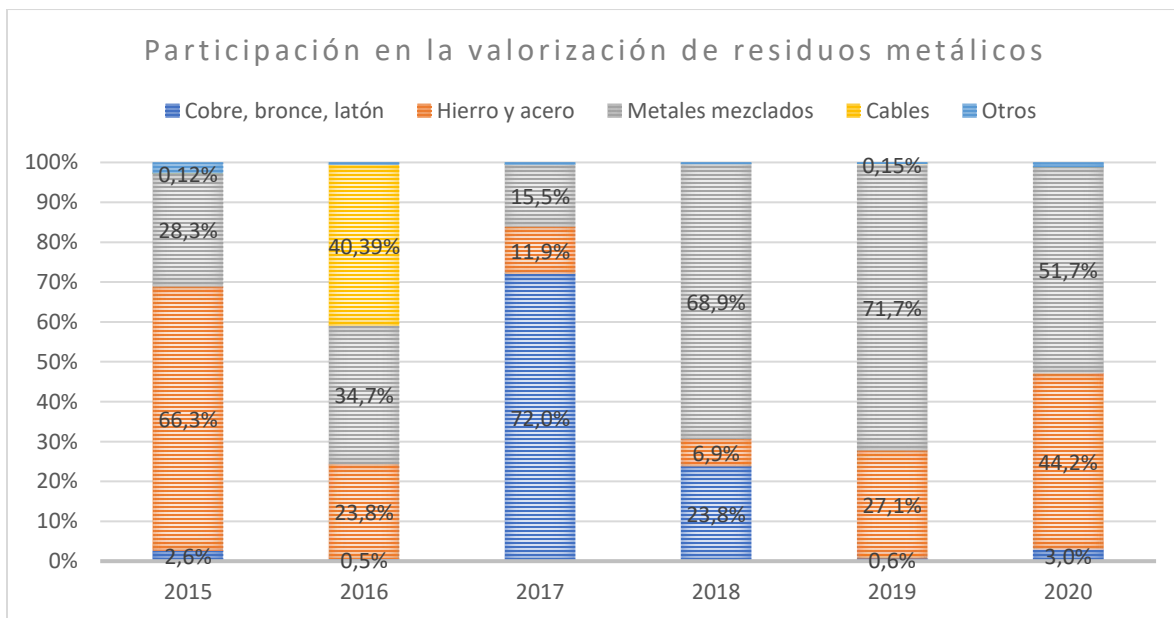


Figura 20: Participación de cada material en la valorización de los residuos metálicos. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Registro de Emisiones y Transferencias Contaminantes (RETC).

5. RESULTADOS

5.1. Incidencia de los materiales en los costos de construcción

De las Figuras 9 y 11 se obtiene el grado de participación de los materiales en los costos de construcción, que corresponde a 38,6% para edificio residencial y 28,0% para viviendas unifamiliares.

A partir de los datos anteriores, más el grado de participación de los materiales metálicos utilizados en los dos tipos de construcción estudiados (Figura 10 y 12), se estima un porcentaje de incidencia del precio de los materiales metálicos en los costos de construcción, donde, cada punto porcentual de variación en el precio de los materiales influye en diferentes grados en la variación de los costos de construcción. En la tabla siguiente se presenta el porcentaje en que cada punto de variación en el precio de cada material afecta a los costos de construcción de edificios residenciales y viviendas unifamiliares:

Tabla 4: Incidencia de los materiales en los costos de construcción.

Tipo de material	Edificio residencial	Viviendas unifamiliares
Productos básicos de metales no ferrosos	0,15%	0,16%
Otros productos metálicos	0,53%	0,65%
Productos de hierro y acero	5,10%	0,95%
Productos metálicos de uso estructural	1,26%	3,94%
Resto materiales	31,60%	22,28%

En la tabla anterior se puede apreciar que el material metálico más influyente en los costos de construcción corresponde a productos de hierro y acero para el caso del edificio residencial y productos metálicos de uso estructural para viviendas unifamiliares, donde, la variación de un 1% en el precio de estos materiales, produciría una variación del 5,1% en los costos de construcción de edificios residenciales y un 3,94% en viviendas unifamiliares, respectivamente.

5.2. Proyección de permisos de edificación a futuro

De acuerdo con el registro histórico de permisos de edificación aprobados para viviendas nuevas entre los años 1990 a 2021 del INE, y mediante proyección de los datos realizada a través del software Microsoft Excel, se estima una baja del 5,2% para el presente año, pasando de 11,47 millones de metros cuadrados en 2021 a 10,88 millones de metros cuadrados en 2022, con máximos y mínimos entre 8,51 a 13,24 millones de metros cuadrados. Para el año 2023 se estima un aumento del 3,6% respecto al año 2021, pasando a 11,89 millones de metros cuadrados en 2023, con máximos y mínimos entre 9,52 a 14,25 millones de metros cuadrados (Figura 21).

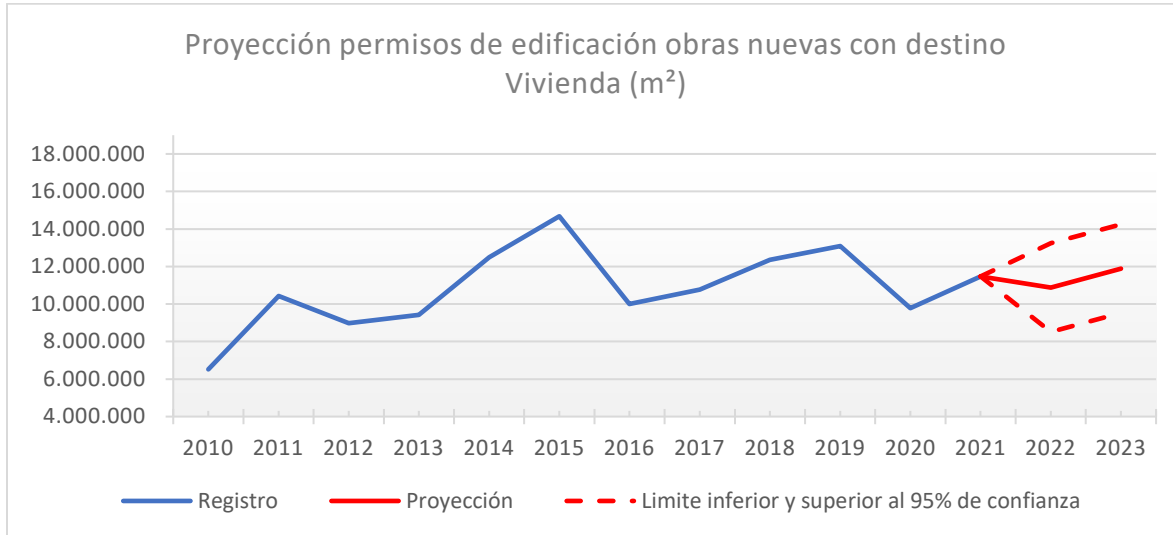


Figura 21: Proyección de superficie autorizada para edificación de obras nuevas con destino de vivienda. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Instituto Nacional de Estadísticas (INE, s.f.-d).

5.3. Estimación residuos

Según la proyección de superficie de edificación autorizada para los años 2022 y 2023, considerando solo viviendas nuevas y teniendo en cuenta que se genera $0,25\text{m}^3$ de residuo por cada m^2 construido con una densidad promedio de $1,42\text{ t/m}^3$, se estima que se generarán 3,86 y 4,22 millones de toneladas de RCD cada año. De lo anterior, considerando que en promedio los residuos metálicos corresponden al 6,4% de los RCD, se estima una generación de residuos metálicos de 247 y 270 mil toneladas para los años 2022 y 2023, respectivamente.

Tabla 5: Estimación de residuos generados para los años 2022 y 2023. Fuente: Elaboración propia.

Año	Estimación RCD (toneladas)	Estimación residuos metálicos (toneladas)
2022	3.860.873	247.096
2023	4.219.380	270.040

5.4. Costos de gestión de residuos

De acuerdo al costo de gestión de residuos entregado por Bravo et al. (2019), correspondiente a $75,47\text{ US\$/m}^3$ y considerando un valor de conversión promedio a julio de 2022 de $\$953,71$, más el aumento del precio de los materiales de construcción de acuerdo a la variación del índice de precios de la Figura 1 y el aumento de los costos de transporte de acuerdo a la variación del índice de la Figura 7, se estima un costo de gestión de residuos aproximado de $97.200\$/\text{m}^3$ para el caso de eliminación.

En cuanto a la valorización de los residuos, para efectos de cálculo se considera un promedio simple entra chatarra y fierro de $\$100$ por kg, ya que son los que se presentan en mayor medida y de forma constante en la Figura 16. De esta forma, y considerando el aumento del precio de los materiales metálicos de acuerdo a la variación del índice de precios presentado en la Figura 13, el costo del

material más el costo de transporte alcanzaría la suma de 178.400\$/m³, mientras el ingreso por venta de residuos correspondería a 142.000\$/m³, lo que daría un costo estimado por gestión de residuos de 36.400\$/m³, un 62,55% menos que el caso de eliminación.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo con la investigación realizada y los resultados obtenidos bajo ciertos supuestos, se puede concluir lo siguiente:

- La variación de 1 punto porcentual en el precio de los materiales metálicos produciría una variación estimada del 7% en el costo de construcción de edificios residenciales, y 5,7% en viviendas unifamiliares.
- Según los datos declarados en el SINADER, los residuos metálicos corresponden a 6,4% de los RCD, con lo cual se estima, que durante el 2021 se generaron 260.600 toneladas de residuos metálicos, considerando solo construcciones habitacionales.
- Los residuos metálicos generados por la construcción y declarados en el SINADER se componen en mayor medida por metales mezclados, hierro y acero, y de forma menos constante cobre, bronce y latón.
- Para el año 2022 y 2023 se proyecta una generación estimada de residuos metálicos que alcanzaría 247.000 y 270.000 toneladas, respectivamente, considerando solo construcciones habitacionales.
- Según estimaciones, el costo de valorización de residuos es aproximadamente un 63% menor al costo de eliminación.

Debido a la escasa información concreta sobre el tipo y cantidad total de residuos generados, el presente documento corresponde a una investigación exploratoria no concluyente.

7. COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES

Es importante que las empresas constructoras tengan un mayor control sobre los residuos generados y cuenten con planes de gestión de residuos, ya que, según lo estimado, el costo de valorizar es bastante menor al de eliminación. Además, si todos declararan sus residuos en la plataforma del SINADER, permitirían contar con datos aproximadamente exactos sobre el tipo y cantidad de residuos generados, permitiendo generar propuestas de reciclaje con bases más concretas.

Las construcciones con destino habitacional alcanzan cerca del 58% de la superficie de los permisos de edificación autorizados cada año, por lo tanto, es importante identificar la cantidad de residuos generados por los otros tipos de construcciones correspondiente a servicios, industria, comercio y establecimientos financieros.

8. REFERENCIAS

Asegre. (s.f.). *LER – Listado Europeo de Residuos*. <https://asegre.com/ler-listado-europeo-de-residuos-oficial/>

Banco Central de Chile. (s.f.-a). *Índice de cantidad de exportaciones bienes trimestrales* [Conjunto de datos]. Base de Datos Estadísticos. Sector Externo. Recuperado el 10 de julio de 2022 de



https://si3.bcentral.cl/Siete/ES/Siete/Cuadro/CAP_BDP/MN_BDP42/BP6M_CCCXT_CR2018_B/637805164712286502

- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.** (2021). *Evolución de precios de materiales para la construcción: antecedentes de oferta y demanda.*
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.** (2021). *Precios de materiales e insumos para la construcción: variación 2020-2021.*
- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.** (2022). *Evolución del índice de precios de materiales de la construcción: actualización a febrero de 2022.*
- Bravo, J., Valderrama, C., & Ossio, F.** (2019). *Cuantificación económica de los residuos de construcción de una edificación en altura: un caso de estudio.* Información tecnológica, 30(2), 85-94.
- Cámara Chilena de la Construcción.** (2021). *Presentación Comisión Vivienda Cámara de Diputados 10 de marzo 2021.*
- Cámara Chilena de la Construcción.** (2022). *Informe MACH 60. Macroeconomía y Construcción.*
- Cámara Chilena de la Construcción.** (s.f-a). *IMACON* [Conjunto de datos]. Centro de Información. Indicadores. Recuperado el 02 de mayo del 2022 de <https://cchc.cl/centro-de-informacion/indicadores/imacon>
- Cámara Chilena de la Construcción.** (s.f-b). *Índice Despacho de Barras de Acero* [Conjunto de datos]. Centro de Información. Indicadores. Recuperado el 02 de mayo del 2022 de <https://cchc.cl/centro-de-informacion/indicadores/despacho-de-barras-de-acero>
- Cámara Chilena de la Construcción.** (s.f-c). *Índice Despacho de Cemento* [Conjunto de datos]. Centro de Información. Indicadores. Recuperado el 02 de mayo del 2022 de <https://cchc.cl/centro-de-informacion/indicadores/indice-despacho-de-cemento>
- Cámara Chilena de la Construcción.** (s.f-d). *Índice Despacho de Hormigón* [Conjunto de datos]. Centro de Información. Indicadores. Recuperado el 02 de mayo del 2022 de <https://cchc.cl/centro-de-informacion/indicadores/indice-despacho-de-hormigon>
- Cares, D.** (2017). *Propuesta de indicador de costos en la construcción y el efecto que tienen nuevas normativas para edificaciones en altura del Gran Concepción* [Tesis de título]. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción.
- Cochilco.** (2017). *Mercado internacional del Hierro y el acero.* Dirección de Estudios y Políticas Públicas.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente.** (2010). *Primer Reporte del Manejo de Residuos Sólidos en Chile.*
- Comisión Nacional de Productividad.** (2020). *Economía Circular y sector Construcción en Chile.*
- Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT).** (2021). *Economía circular en la construcción: Propuesta de estrategia sectorial 2021-2025.*

- Instituto Nacional de Estadísticas.** (2014). *Clasificador Chileno de Actividades Económicas (CIIU4.CL 2012)*.
- Instituto Nacional de Estadísticas.** (2015). *Clasificador Chileno de Productos (CPC2.CL)*.
- Instituto Nacional de Estadísticas.** (2017). *Índice de Precios de Materiales e Insumos de Construcción. Documento Metodológico IPMIC Base promedio anual 2014*.
- Instituto Nacional de Estadísticas.** (s.f.-a). *Índice de Precios de Materiales e Insumos de Construcción* [Conjunto de datos]. Índice de Precios al Productor. Cuadros Estadísticos. Recuperado el 14 de mayo de 2022 de <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/indices-de-precio-e-inflacion/indice-de-precios-de-productor>
- Instituto Nacional de Estadísticas.** (s.f.-b). *Base de Inventarios de la Industria Manufacturera* [Conjunto de datos]. Inventarios de la industria manufacturera. Base de Datos. Recuperado el 14 de junio de 2022 de <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/industria-manufacturera/inventarios-de-la-industria-manufacturera>
- Instituto Nacional de Estadísticas.** (s.f.-c). *Serie Histórica Empalmada ICT Enero 2010 a la Fecha* [Conjunto de datos]. Índice de Costos del Transporte. Cuadros Estadísticos. Recuperado el 21 de junio de 2022 de <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/indices-de-precio-e-inflacion/indice-de-costos-del-transporte>
- Instituto Nacional de Estadísticas.** (s.f.-d). *Series históricas a junio 2022* [Conjunto de Datos]. Permisos de edificación. Cuadros Estadísticos. Recuperado el 04 de junio de 2022 de <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/edificacion-y-construccion/permisos-de-edificacion>
- Instituto Nacional de Estadísticas.** (s.f.-e). *Canasta IP Materiales e Insumos de Construcción* [Conjunto de datos]. Índice de Precios al Productor. Metodologías. Recuperado el 06 de junio de 2022 de <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/indices-de-precio-e-inflacion/indice-de-precios-de-productor>
- Macromicro.** (s.f.) *Drewry World Container Index*. Recuperado el 10 de julio de 2022 de <https://en.macromicro.me/charts/44756/drewry-world-container-index>
- Ministerio del Medio Ambiente.** (2020). *Informe del Estado del Medio Ambiente 2020*.
- Ministerio del Medio Ambiente.** (2021-a). *Sexto Reporte del Estado del Medio Ambiente 2021*.
- Ministerio del Medio Ambiente.** (2021-b). *Informe Consolidado de Emisiones y Transferencias Contaminantes 2005-2019*.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo.** (2019). *Informe Diagnóstico sobre Infraestructura RCD en Chile*.
- Navarro Fuentes, C.** (2018). *Estudio de mercado y bases técnicas para una planta integrada de reciclaje en la Región de Magallanes y la Antártica Chilena utilizando el concepto de Producción Distribuida*. [Memoria de Título]. Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, Universidad Técnica Federico Santa María. [3560902038100UTFSM.pdf \(usm.cl\)](https://www.usm.cl/3560902038100UTFSM.pdf)



Power Porto, G. (2007). *Materiales metálicos y reciclaje*. Ingeniería Industrial, Universidad de Lima Perú.

Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC). (s.f.). *Generación industrial de residuos no peligrosos* [Conjunto de datos]. Recuperado el 01 de mayo de 2022 de <https://datosretc.mma.gob.cl/dataset/residuos>

Santos y Joám Evans Pim, M. L. (2022). *Reciclaje de metales: la alternativa a la minería*. <https://www.ecologistasenaccion.org/wp-content/uploads/2022/02/informe-reciclaje-de-metales-alternativa-mineria.pdf>

Vera, D. (2018). *Propuesta de indicador de costos en la construcción y el efecto que tienen nuevas normativas en viviendas unifamiliares en el Gran Concepción* [Tesis de Título]. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción.