

# Rehabilitación y densificación sustentable en bloques CORVI 1010 y 1020: modelo de construcción y replicabilidad carbono neutral

**Génesis López Peralta**

Escuela de Arquitectura, Pontificia Universidad Católica de Chile

ghlopez@uc.cl

Artículo producido a partir de la tesis desarrollada para el Magíster en Arquitectura Sustentable y Energía

Profesores guía: Thomas Batzenschlager y Beatriz Mella

<https://doi.org/10.7764/AA.2024.20>

## Resumen

El déficit habitacional aumentó significativamente los últimos años en Chile, alcanzando un total de 641.421 familias sin techo. Al mismo tiempo, existe un amplio número de familias con techo que diariamente experimentan vulnerabilidad habitacional a través de condiciones de habitabilidad deficientes en sus propias viviendas. Esta comprensión dual de la crisis, tanto cuantitativa como cualitativa, enmarcada, además, en una crisis ambiental que se extiende mundialmente, pone en el centro de la discusión los modos tradicionales en que hoy se gestiona y produce la vivienda en nuestro país. Cuál es el equilibrio entre una solución habitacional de alto potencial de replicabilidad que a su vez permita disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> sobre la atmósfera, es la pregunta que articula la investigación.

Se propone como objeto de estudio el escenario que proveen los bloques CORVI 1010 y 1020, cuya presencia en el territorio nacional permite pensar en la estandarización de una solución habitacional en base a dos estrategias centrales: la rehabilitación de lo existente y la densificación en altura para incorporar nuevas viviendas. Adicionalmente, se plantea la búsqueda de la carbononeutralidad del proyecto a través de un modelo de construcción en madera, cuya capacidad de captura de carbono permite netear las emisiones a la atmósfera. En esa misma línea, la investigación desarrolla un modelo de cálculo que permite evaluar de manera rápida la huella de carbono de un edificio y generar optimizaciones a través de la iteración de variables de arquitectura. De esta manera, al mejorar las condiciones preexistentes del caso de estudio, el proyecto arquitectónico logra incorporar una nueva densidad y mantener un valor de carbono bajo cero.

**Palabras clave:** bloques CORVI, carbononeutralidad, rehabilitación, densificación, madera.

## CONTEXTO: LA CRISIS HABITACIONAL EN EL MARCO DE LA CRISIS MEDIOAMBIENTAL

El problema del acceso a vivienda en Chile, lejos de mitigarse, en los últimos años se ha incrementado, duplicando el valor del déficit habitacional registrado en el censo de 2017<sup>1</sup>. El aumento del costo de las propiedades se configura como una de las principales causas de la crisis. Este aumento se puede explicar por la disminución de la superficie disponible en las áreas centralizadas, lo que genera encarecimiento sostenido en el valor del suelo y finalmente, una fuerte especulación inmobiliaria (Encinas et al. 2019). Esto, sumado a los cambios de las estructuras familiares, al aumento de los hogares unipersonales<sup>2</sup>, los conflictos sociales y la crisis económica y sanitaria mundial producto del COVID-19, ha generado un aumento de la vulnerabilidad habitacional.

Según la organización Déficit Cero (2022), aproximadamente el 10% de los hogares chilenos no posee acceso a vivienda. Esto quiere decir que existen 541.295 familias con viviendas irrecuperables, hogares o núcleos allegados, 81.643 familias en campamentos y 18.483 en situación de calle. En total, el déficit es de 641.421 unidades habitacionales, de las cuales 289.086 corresponden a la región Metropolitana (Déficit Cero 2022). A pesar de los esfuerzos metodológicos por contabilizar el déficit, la cifra se limita únicamente al número de edificaciones carentes contables y no incluye —por tanto, desconoce— una gran cantidad de variables del tipo cualitativas respecto a las condiciones de habitabilidad en las edificaciones de vivienda ya existentes. Aquello, vislumbra que la problemática es aún más amplia, pues también se trata de los “con techo” (Rodríguez y Sugranyes 2005).

Esta reflexión acerca de la crisis habitacional no puede escindirse de la crisis medioambiental global y el cambio climático acelerado, puesto que la solución a lo primero impacta de manera negativa en lo segundo. La construcción es una de las actividades que más emisiones de carbono genera a la atmósfera (Ritchie 2020) y, por tanto, construir 641.421 viviendas significaría un daño importante al medioambiente. Para estimar este costo, se tiene en consideración que una vivienda unifamiliar con un sistema constructivo tradicional de hormigón armado emite 204,51 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> a la atmósfera (Rivera García 2020). Suponiendo 60 m<sup>2</sup> de superficie edificada, el valor por unidad habitacional sería aproximadamente 12.270,6 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. Si solamente se resolviera el déficit habitacional metropolitano (289.086 unidades), el valor de emisiones asciende a 35.472.586,716 tonCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> (o 1,8 tonCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> per cápita). Aquello supera las emisiones per cápita producidas durante un año por diversos sectores, como la aviación y el transporte marítimo (0,14 tonCO<sub>2</sub>), industria (0,22 tonCO<sub>2</sub>) o residuos (0,27 tonCO<sub>2</sub>) (Our World in Data 2022).

Este cálculo, se refiere únicamente al efecto cuantificable que posee sobre la atmósfera el erigir

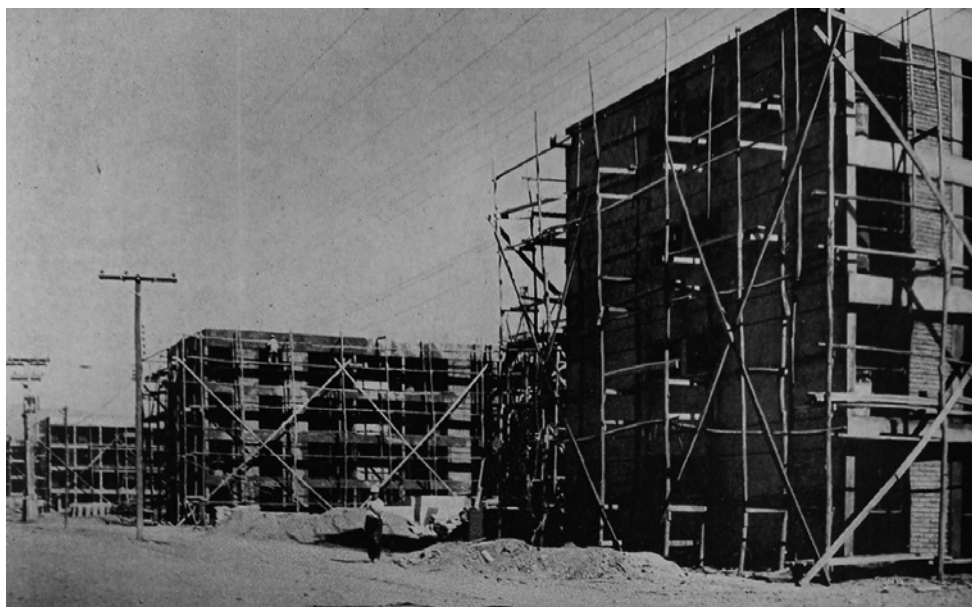


FIG. 01: Fotografía de la construcción de bloques CORVI en la Población Elías Lafferte. Fuente: Revista de la construcción, marzo 1971.

edificaciones, vale decir, el carbono incorporado en sus materialidades y sus procesos de extracción, transporte y construcción. Sin embargo, el costo ambiental crece exponencialmente cuando se considera que tal expansión urbana generará efectos adicionales a largo plazo, vinculados a la contaminación por uso y mantenimiento de las nuevas viviendas —o carbono operacional—, a la nueva infraestructura urbana asociada, a la posible destrucción de suelos rurales, a los efectos en el transporte y la movilidad, y a un sinfín de interacciones que conlleva la vida en la ciudad.

## CASO DE ESTUDIO: BLOQUES CORVI 1010 Y 1020 COMO ESCENARIO DE DENSIFICACIÓN Y REHABILITACIÓN

Los bloques CORVI tipo 1010 y 1020, representan una tipología de vivienda colectiva emplazada a lo largo del territorio nacional, relevante para el movimiento moderno (Torrent y Costas 2019) y parte del imaginario colectivo chileno. Fueron desarrollados por la Corporación de la Vivienda entre los años 1966 a 1972 (CORVI 1972) y construidos durante tres períodos de gobierno —Frei Montalva, Allende y Pinochet— con el objetivo de plantear una respuesta rápida y masiva frente a la emergencia habitacional de la época. Justamente esta escalabilidad es una de las principales virtudes de los bloques CORVI, la cual exige el diseño de un modelo de construcción en base a la racionalización y estandarización de todos los elementos (FIG. 01) con el fin reducir al máximo el margen de error en las faenas y maximizar la capacidad de producir vivienda (Revista de la Construcción 1968). Por otra parte, condiciona una tipología edificatoria, que permite, independiente de las pequeñas variaciones contextuales, que el conjunto de los prototipos actúe socio-materialmente (Vergara et al. 2021), pudiendo funcionar individualmente como bloque

o forma agrupada, lo que otorga flexibilidad y sustentabilidad en el tiempo.

Sin embargo, la misma capacidad de escalabilidad, conlleva una falta de flexibilidad, que hace incapaz a la unidad de soportar la tendencia a la incrementalidad de los habitantes en el tiempo. Esto ha generado que la forma original del bloque de 16 familias distribuidas en 4 departamentos por piso, haya mutado en diversas formas de construcción informal que expresan la necesidad de mayor espacio y de una mayor densidad no planificada. Por otra parte, si bien, la replicabilidad es virtuosa en muchos aspectos, genera que los emplazamientos pasen a segundo plano. Esto repercute, por ejemplo, en el comportamiento térmico de las viviendas, pues se utilizó una misma solución de envolvente sin considerar las exigencias climáticas variables y diversas a lo largo del territorio nacional. También repercute de manera indirecta en el aspecto social, a través de conflictos de propiedad entre el espacio público y privado, lo que decanta generalmente en que las familias de los primeros niveles incorporen cierros herméticos a sus viviendas, apropiándose en ocasiones del espacio colectivo. A todo esto, se suman problemáticas asociadas al deterioro por uso, tales como humedad o instalaciones sanitarias en mal estado (FIG. 02).

## HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

Tomando como referencia el vasto trabajo arquitectónico e intelectual de Lacaton, Druot y Vassal (2007) en relación con la rehabilitación de edificaciones, es que se adopta la premisa de transformar en lugar de demoler o construir a partir de cero. Por tanto se plantea que los bloques CORVI 1010/1020 representan un escenario adecuado para proponer estrategias de rehabilitación, que además soporta una nueva densidad y que, en combinación

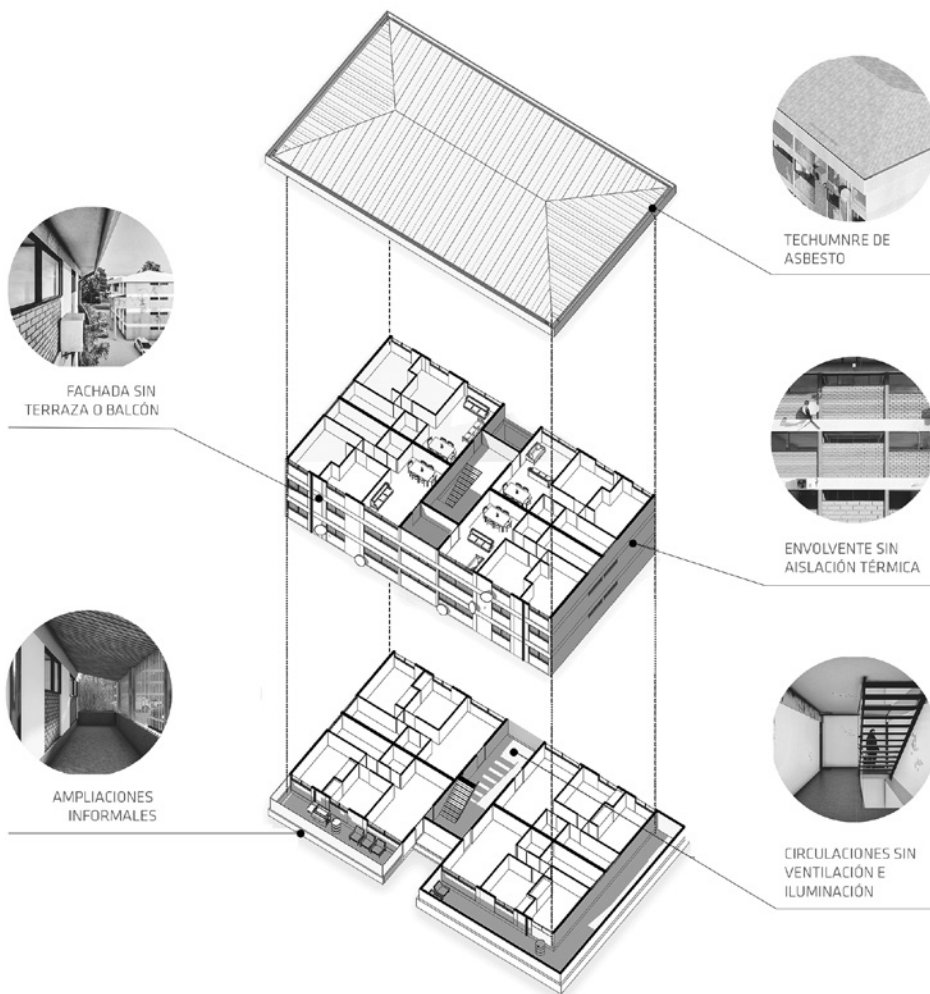


FIG. 02: Axonométrica explotada de un bloque CORVI 1010/1020 que describe problemas de tipo contextuales derivados de ampliaciones informales. Fuente: elaboración propia.

con un modelo de construcción carbono neutral en base a madera, pueden aportar a una solución habitacional replicable de bajo impacto ambiental en comparación a las soluciones tradicionales.

El artículo presenta la creación de un modelo de cálculo que permite agilizar la evaluación de los edificios en función de sus emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, al mismo tiempo que permite iterar parámetros para optimizar el resultado de tal evaluación. Este modelo de cálculo se aplicará en un proyecto de rehabilitación y densificación de bloques CORVI 1010/1020 que persigue el objetivo de reducir al máximo las emisiones de carbono.

**MÉTODO DE EVALUACIÓN: ¿CÓMO CONOCER LA HUELLA DE CARBONO DE LAS EDIFICACIONES?**

Todos los elementos sobre la tierra producen un impacto en la atmósfera cuantificable a través de su huella de carbono. Para el caso de los edificios, cuyas interacciones son permanentes y prolongadas en el tiempo, existe una cuantificación asociada al uso, denominada carbono operacional, que depende de la energía requerida para calefaccionar, refrigerar, ventilar e iluminar (Zehra 2022). Este carbono operacional, puede ser mejorado —disminuido— con estrategias de eficiencia energética. Por otra parte, existe un valor que depende intrínsecamente de los materiales del edificio, puesto que hace referencia a la cantidad de CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera en los procesos de extracción, fabricación, transporte, ensamblaje y demolición (Pomponi et al. 2018). Aquello se conoce como carbono incorporado y, a diferencia del carbono operacional, este valor

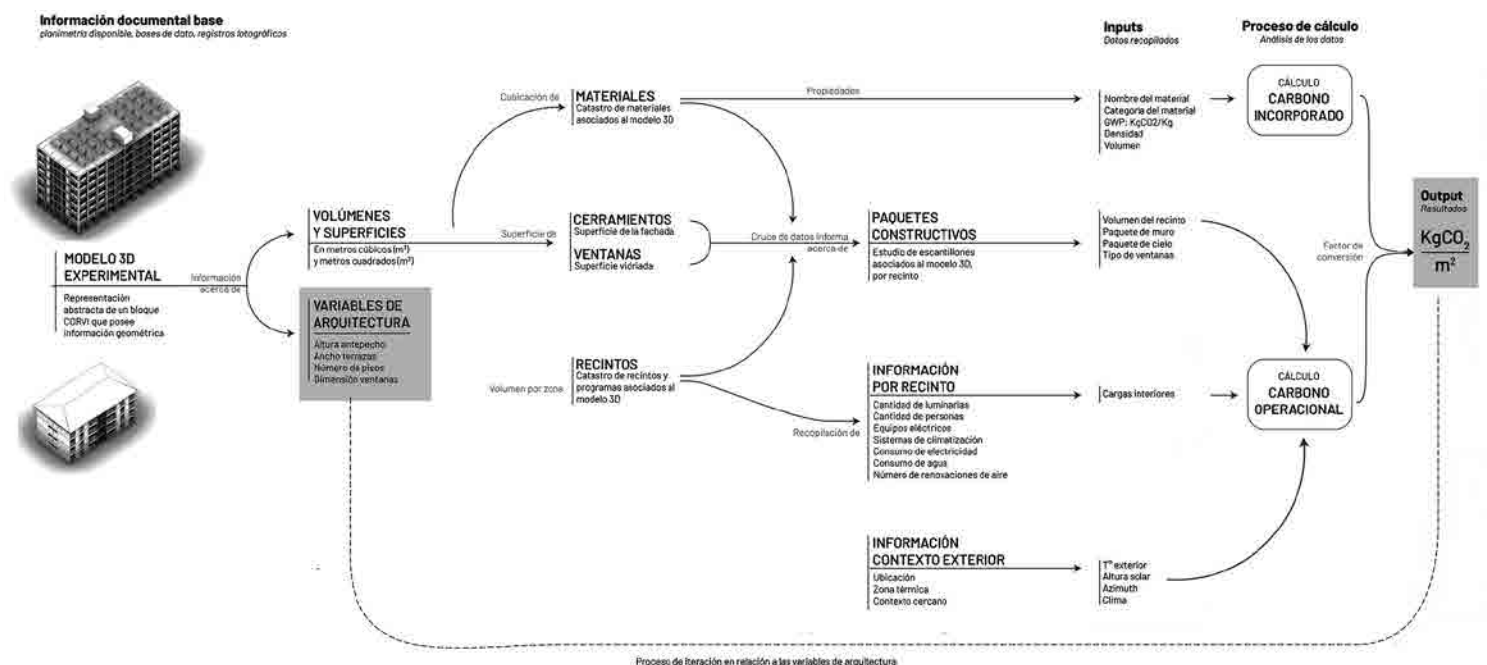


FIG. 03: Esquema de Método de evaluación de carbono en las edificaciones. Fuente: elaboración propia.

	ELEMENTO DE ARQUITECTURA (Bloque Rehabilitado)	CATEGORÍA MATERIAL (Según ICE V 3.0)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	GWP (KgCO <sub>2</sub> /Kg)	GWP TOTAL (KgCO <sub>2</sub> )	
FUNDACIÓN	Fundación	Fundación corrida de H.A	Concrete, general	2380,00	150	0,1	35700
		Sobrecimiento H.A 35 cm	Concrete, general	2380,00	65,3	0,1	15541,40
OBRA GRUESA	Losas	Losa H.A 15cm	Concrete, general	2380,00	133,2	0,1	31701,60
	Muros	Muro H.A 15 cm	Concrete, general	2380,00	135	0,1	32130,00
	Vigas	Viga amarre H.A 15x52 cm	Concrete, general	2380,00	34,32	0,1	8168,16
	Pilares	Pilares H.A 15x30cm	Concrete, general	2380,00	0,3	0,1	71,40
	Techumbre	Estructura de madera	Timber, hardwood	623,59	132	-1,59	-130878,04
		Costaneras de madera	Timber, hardwood	623,59	100	-1,59	-99150,03
	Placa de zinc			6,6		0,00	
TERMINACIONES	Tabiques de madera	Estructura de madera	Timber, general	623,59	12,2	-1,59	-12096,30
		Yeso cartón	Yeso cartón	600,00	10,3	0,1	618,00
	Tabique albañilería	Tabique 10 cm	Clay, brick	1920,00	8,1	0,213	3312,58
		Tabique 15 cm	Clay, brick	1920,00	11,7	0,213	4784,83
	Tabique metálico	Estructura metálica	Steel, sheet galvanised	7000,00	2,3	1,4	22540,00
		Yeso cartón	Yeso cartón	600,00	10	0,1	600,00
	Revestimiento	Estucos	Estuco	850,00	1,8	0,2	306,00
		Pintura		1,50	0,135	2,4	0,48
		Cerámicas		2000,00	0,24	0,7	339,05
	Puertas	Hoja puerta 45mm	Timber, general	623,59	4,4	-1,59	-4362,60
		Imposta asbesto 18mm	Asbesto		12,4		802,00
		Perfiles FE	Steel, bar and Rod	7850,00	0,6	1,31	6170,10
Ventanas	Hoja vidrio	Glass, general	2500,00	0,4	0,88	880,00	
	Marco ventana	Steel, bar and Rod	7850,00	0,2	131	205670,00	
INSTALACIONES	Escalera	Peldaños	Steel, section		0,2	-1,59	0,00
		Pletinas	Steel, section		0,2		
<b>TOTAL CARBONO INCORPORADO (KgCO<sub>2</sub>)</b>						<b>122848,64</b>	
<b>SUPERFICIE TOTAL (m<sup>2</sup>)</b>						<b>916,00</b>	
<b>CARBONO INCORPORADO POR SUPERFICIE (KgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>)</b>						<b>134,11</b>	
CASO DE ESTUDIO	DEMANDAS	Calefacción	228,07 kWh/m <sup>2</sup>				
		Agua	18,85 kWh/m <sup>2</sup>				
		Electricidad luz	17,25 kWh/m <sup>2</sup>				
		Electricidad equipos	31 kWh/m <sup>2</sup>				
	<b>Total</b>	<b>295,17 kWh/m<sup>2</sup></b>					
CONFORT TÉRMICO	Horas de confort	759,46 horas					
<b>CO<sub>2</sub> OPERACIONAL</b>		<b>86,6 KgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año</b>					

TABLA 01: Evaluación del carbono incorporado y carbono operacional en un bloque CORVI 1010

ETAPAS DE CONSTRUCCIÓN DE UN BLOQUE CORVI 1010/1020



ETAPAS DE REHABILITACIÓN Y DENSIFICACIÓN DE UN BLOQUE CORVI 1010/1020



FIG. 04: Reconstrucción de las etapas de construcción racionalizada de un bloque CORVI 1010/1020, sumadas a las etapas de construcción hipotéticas del proyecto de rehabilitación y densificación. Fuente: elaboración propia.

Exigencias / Oportunidades	Estrategias			
Incrementalidad	Aumento m <sup>2</sup> por unidad			
Necesidad espacios ventilados	Incorporación de terraza			
Necesidad espacios colectivos	Programa colectivo en primer nivel			
Envoltivo sin aislación térmica	Nueva envoltivo			
Estructura soporta sobrecarga	Nuevas unidades sobre el techo			
Conflicto espacio público-privado	Incorporación de programas intermedios			

FIG. 05: Esquema resumen de estrategias principales del proyecto. Fuente: elaboración propia.

tiende a ser estático y muy elevado en edificios que incorporan materiales como hormigón, acero y vidrio (Hammond et al. 2011). Por el contrario, en aquellos edificios que incorporan madera, el valor siempre es cero o negativo, debido a la capacidad de absorción de dióxido de carbono que tienen los árboles durante su crecimiento y que queda almacenado en su estructura (Hester et al. 2010). El método planteado, justamente tiene por fin agilizar el proceso de cálculo para determinar estos valores en una edificación y a la vez, en un estado posterior, optimizarlos para lograr la forma arquitectónica más eficiente.

El proceso (FIG. 03) comienza con un modelo prototípico tridimensional<sup>3</sup> y paramétrico en variables de arquitectura definidas del caso que

se desea evaluar. Las geometrías del modelo están asociadas a materiales reales, que entregan información<sup>4</sup> acerca de su volumen, densidad y carbono incorporado por kg de material (kgCO<sub>2</sub>/kg). Al mismo tiempo, el modelo informa acerca de los recintos en cuanto a su volumen, programa, paquetes constructivos, cargas interiores (cantidad de personas, cantidad de luminarias, equipos eléctricos, renovaciones de aire, etc.). Todo esto, sumado a inputs externos relacionados con el emplazamiento (como orientación, zona térmica o contextos geográficos y urbanos inmediatos) se somete a un cálculo mediado por el software openLCA para Carbono Incorporado y EnergyPlus para Carbono operacional, que arroja como resultado un valor de CO<sub>2</sub> incorporado y operacional, pero

esta vez en kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>, con el fin de generar un dato comparativo por metro cuadrado para diversos edificios. Por último, a través de un proceso de optimización facilitado por el software Galápagos de Grasshopper, se itera las veces que sea necesario las variables de arquitectura predefinidas en el modelo, hasta encontrar el valor más bajo de carbono.

**EVALUACIÓN DE CARBONO EN EL CASO DE ESTUDIO, BLOQUES CORVI 1010 Y 10120**

La aplicación del método en el caso de estudio, arroja un valor de carbono incorporado de 122848,64 kgCO<sub>2</sub> totales, equivalentes a 134,11 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>. Y un carbono de operación de 295,17 kWh/m<sup>2</sup>, equivalente a 86,6 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año (TABLA 01).

De esta evaluación se desprende, en primer lugar, que el valor de carbono incorporado es bajo, puesto que la mayoría de los edificios de características similares a los CORVI 1010/1020, oscilan entre 158-231 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> (Rivera 2020). Aquello puede deberse a una consecuencia directamente proporcional a la búsqueda del ahorro máximo en las premisas de diseño de los blocks. Y, en segundo lugar, el valor de CO<sub>2</sub> operacional demuestra que el edificio requiere una alta energía para ser acondicionado térmicamente, y por tanto necesita ser mejorado con estrategias de diseño pasivo que serán exploradas en el proyecto de arquitectura.

**PROYECTO DE ARQUITECTURA**

Considerando las temáticas abordadas en relación al caso de estudio (necesidad de aumento de metros cuadrados, mejora en el comportamiento térmico de las viviendas, conflictos de propiedad entre el espacio público

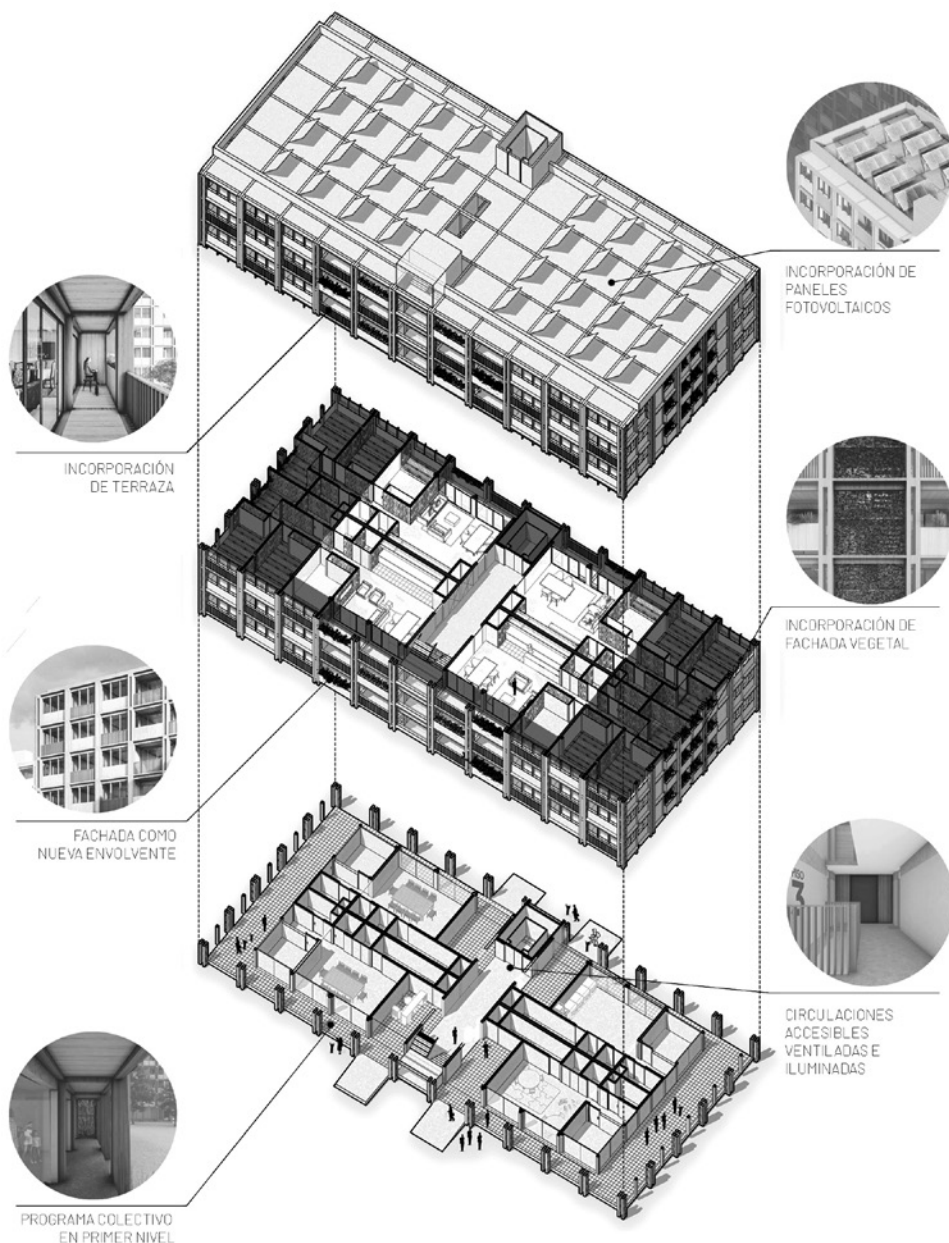


FIG. 06: Elementos principales del proyecto de arquitectura. Fuente: elaboración propia.

y privado en el primer nivel, y problemáticas asociadas al deterioro por uso, tales como humedad o instalaciones sanitarias en mal estado), así como las evaluaciones de carbono realizadas sobre este, a continuación, se expondrá una propuesta arquitectónica de rehabilitación y densificación sobre un bloque CORVI 1010/1020. La vocación del proyecto es presentar una solución habitacional sustentable que en la medida que incorpore densidad, también sea capaz de reducir las emisiones. Para ello, existen estrategias de orden material, y otras estrategias referidas a transformaciones morfológicas del bloque. Las primeras, determinan inherentemente un modo de construcción (FIG. 04) que está asociado a un mayor o menor valor de carbono incorporado. Por esta razón, el diseño del proyecto está concebido en un

módulo estructural tridimensional de madera laminada. Esto quiere decir que, tal como antes se mencionó, la edificación almacena carbono en su estructura, en lugar de liberarlo a la atmósfera (Hester et al. 2010).

Al igual que en el caso de estudio, el modelo de construcción del proyecto de rehabilitación y densificación sobre bloques CORVI 1010/1020 conlleva una tipología determinada por las medidas del módulo. Ésta, en combinación con las premisas de diseño que provienen de las exigencias contextuales del caso de estudio, como la necesidad de aumentar los metros cuadrados, el requerimiento de espacios ventilados y de espacios colectivos a nivel del suelo para generar umbrales entre lo público y lo privado, además de la nueva envolvente para

reducir las demandas térmicas, generan tres estrategias morfológicas: ampliación perimetral, densificación vertical y liberación del suelo para construir nuevos programas colectivos (FIG. 05 Y 06).

#### APLICACIÓN DEL MÉTODO DE EVALUACIÓN AL PROYECTO DE REHABILITACIÓN Y DENSIFICACIÓN SOBRE BLOQUES CORVI 1010/1020

Respecto al carbono incorporado, la madera determina valores negativos, que en total equivalen a  $-147,51 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$  (ver TABLA 02). Sumado a la construcción existente, da un total de  $-13,4 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$ . Es decir, el edificio completo neutraliza teóricamente sus valores de carbono incorporado. A medida que se incorpora más cantidad de manera, el edificio, alcanza la negatividad (FIG. 07). Esto quiere decir que en lugar de aportar emisiones de carbono a la atmósfera (valor positivo), las contiene dentro de sí mismo, en su estructura de madera (valor negativo), convirtiéndose en una especie de sumidero de carbono urbano.

Las demandas del edificio rehabilitado y densificado, disminuyen casi en un 50% respecto al caso de estudio. Esto es  $45,6 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$  año (ver FIGURA 02), lo que según la Calificación Energética de Viviendas (CEV 2019), representa un desempeño energético eficiente. Al evaluar las estrategias del proyecto, la que más tiene incidencia en la disminución de las demandas energéticas por calefacción, refrigeración y ventilación, es el cambio de los paquetes constructivos o cambio material, tal como muestra la FIG. 08.

#### CONCLUSIONES

En la Región Metropolitana existen aproximadamente 1.148 bloques CORVI tipo 1010/1020. Bajo la lógica del proyecto, esto significa que existen 1.148 viviendas que pueden ser mejoradas, al mismo tiempo que techos disponibles para densificar, lo que aportaría 9.148 nuevas viviendas sin ocupar suelo nuevo, y reduciendo la emisión de carbono en la construcción, a valores negativos. Aquello sin duda revaloriza la madera y su incorporación en la construcción, frente a soluciones tradicionales como el hormigón armado.

Si bien el proyecto centra su atención en el estudio del bloque y es perfectible desde diversos puntos de vista, existe un valor en el método que significa un aporte para la evaluación y optimización de soluciones edificatorias en la etapa proyectual. Hoy es posible calcular la huella de carbono de cualquier edificio para tomar decisiones sustentables desde el proceso de diseño. Esta idea sigue la propuesta de McDonough y Braungart, quienes plantean en *Cradle to Cradle* (2002) que la única manera de generar una mitigación real es repensar la forma en que diseñamos.

	ELEMENTO DE ARQUITECTURA (Bloque Rehabilitado)	CATEGORÍA MATERIAL (Según ICE V.3.0)	DENSIDAD (Kg/m <sup>3</sup> )	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	GWP (KgCO <sub>2</sub> /Kg)	GWP TOTAL (KgCO <sub>2</sub> )	
FUNDACIÓN	Fundación Poyo de de hormigón	Concrete, general	2380,00	15,96	0,1	3798,48	
OBRA GRUESA	Pilares estructurales	Pilar sección rectangular 6x14"	Timber, glulam	750,00	59,94	-1,41	-63386,55
		Pilar sección cuadrada 6x6"	Timber, glulam	750,00	18,41	-1,41	-19468,58
	Vigas estructurales	Viga 6x12"	Timber, glulam	750,00	94,48	-1,41	-99912,60
		Rlostras Diagonal 3x8"	Timber, glulam	750,00	4,7	-1,41	-4970,25
	Paquete de techo	Viga entramado 3x6"	Timber, hardwood	623,59	27,12	-1,59	-26889,49
		Terciado estructural 2.5 mm	Timber, plywood	540,00	92,62	-1,61	-80523,83
	Muros	Aislación térmica	Lana mineral	120,00	119,65	1,29	18521,82
		Pie derecho	Timber, hardwood	623,59	30,23	-1,59	-29973,05
Terciado estructural 2.5 mm		Timber, plywood	540,00	111,93	-1,61	-97311,94	
Aislación térmica	Aislación térmica	Lana mineral	120,00	126,64	1,29	19603,87	
	Ventanas	Marco madera	Timber, hardwood	623,59	7,11	-1,59	-7049,57
Hoja de vidrio temopanel		Double glazing	3,10	3,5	1,66	18,01	
Puertas	Puerta madera	Timber, plywood	540,00	7,71	-1,61	-6703,07	
	Marco madera	Timber, hardwood	623,59	1,18	-1,59	-1169,97	
Imposta madera	Imposta madera	Timber, plywood	540,00	1,32	-1,61	-1147,61	
	Jardineras Terciado 1.8 mm	Timber, plywood	540,00	5,62	-1,61	-4886,03	
Baranda	Listones madera 1x4"	Timber, hardwood	623,59	3,25	-1,59	-3222,38	
	Viga fachada Viga apoyo 1x8"	Timber, hardwood	623,59	8	-1,59	-7932,00	
INSTALACIONES	Escalera	Tabla madera 2x8"	Timber, hardwood	623,59	3,46	-1,59	-3430,59
		Grada de goma	PVC, general	0,14	0,26	2,61	0,10
	Ascensor	Acero inoxidable	Aluminium general	2750,00	1,53	6,67	28064,03
UNIONES	Uniones ocultas de acero galvanizado	Steel, general	7800,00	4,8	1,37	51292,80	
<b>TOTAL CARBONO INCORPORADO (KgCO<sub>2</sub>)</b>						<b>-338878,40</b>	
<b>SUPERFICIE TOTAL REHABILITACIÓN Y DENSIFICACIÓN (m<sup>2</sup>)</b>						<b>2298,00</b>	
<b>CARBONO INCORPORADO POR SUPERFICIE (KgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>)</b>						<b>-146,51</b>	
PROYECTO REHABILITADO	DEMANDAS	Calefacción 48,88 kWh/m <sup>2</sup> Agua 20,63 kWh/m <sup>2</sup> Electricidad luz 17,25 kWh/m <sup>2</sup> Electricidad equiipos 31 kWh/m <sup>2</sup> Total 117,76 kWh/m <sup>2</sup>					
	CONFORT TÉRMICO	Horas de confort 1002,27 horas					
	CO <sub>2</sub> OPERACIONAL	<b>45,6 KgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año</b>					

TABLA 02: Evaluación de carbono incorporado y carbono operacional en el proyecto de rehabilitación y densificación sobre bloques corvi 1010 y 1020, usando madera.

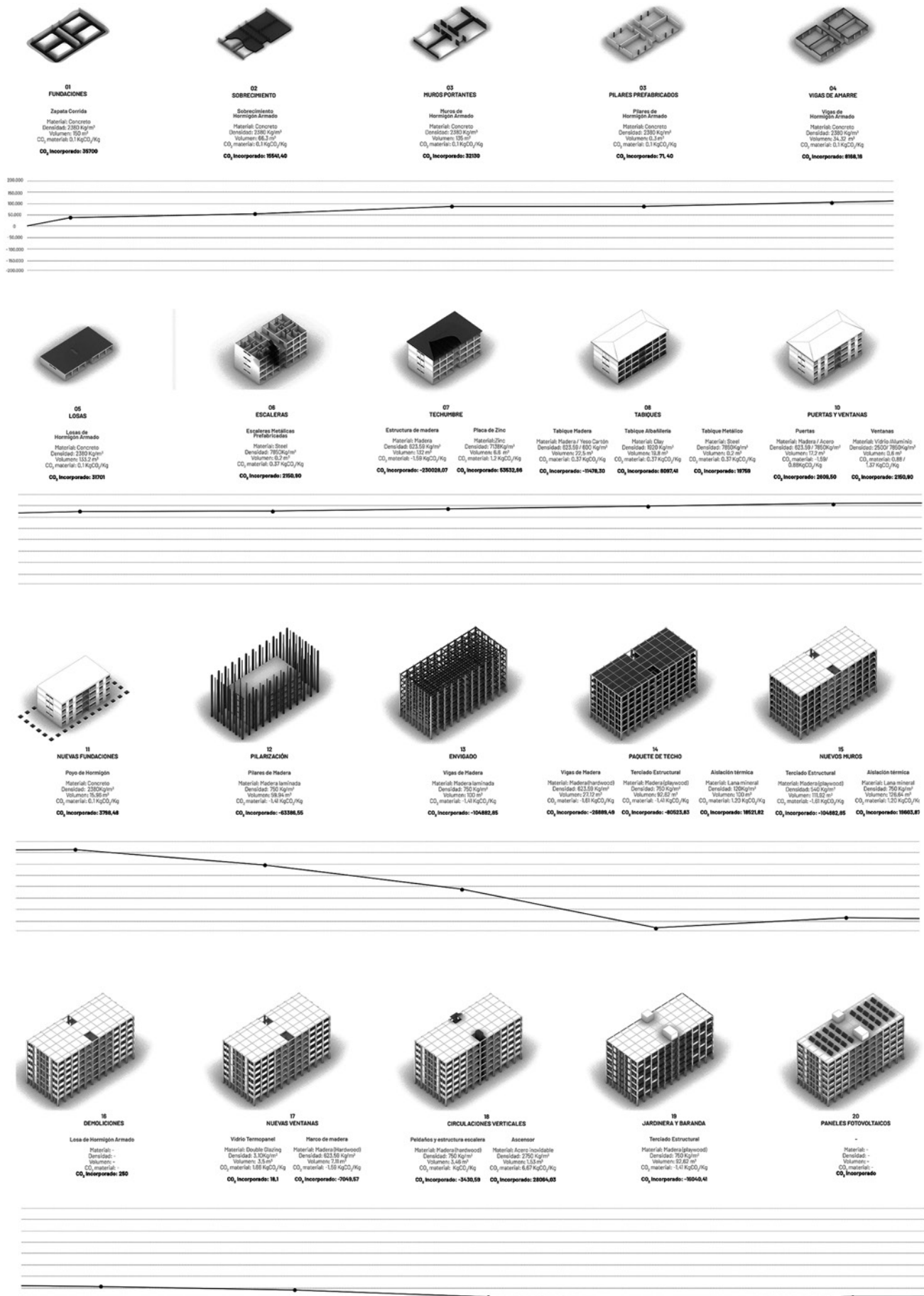


FIG. 07: Gráfico de descarbonización del caso de estudio con la incorporación del proyecto en madera. Fuente: elaboración propia.



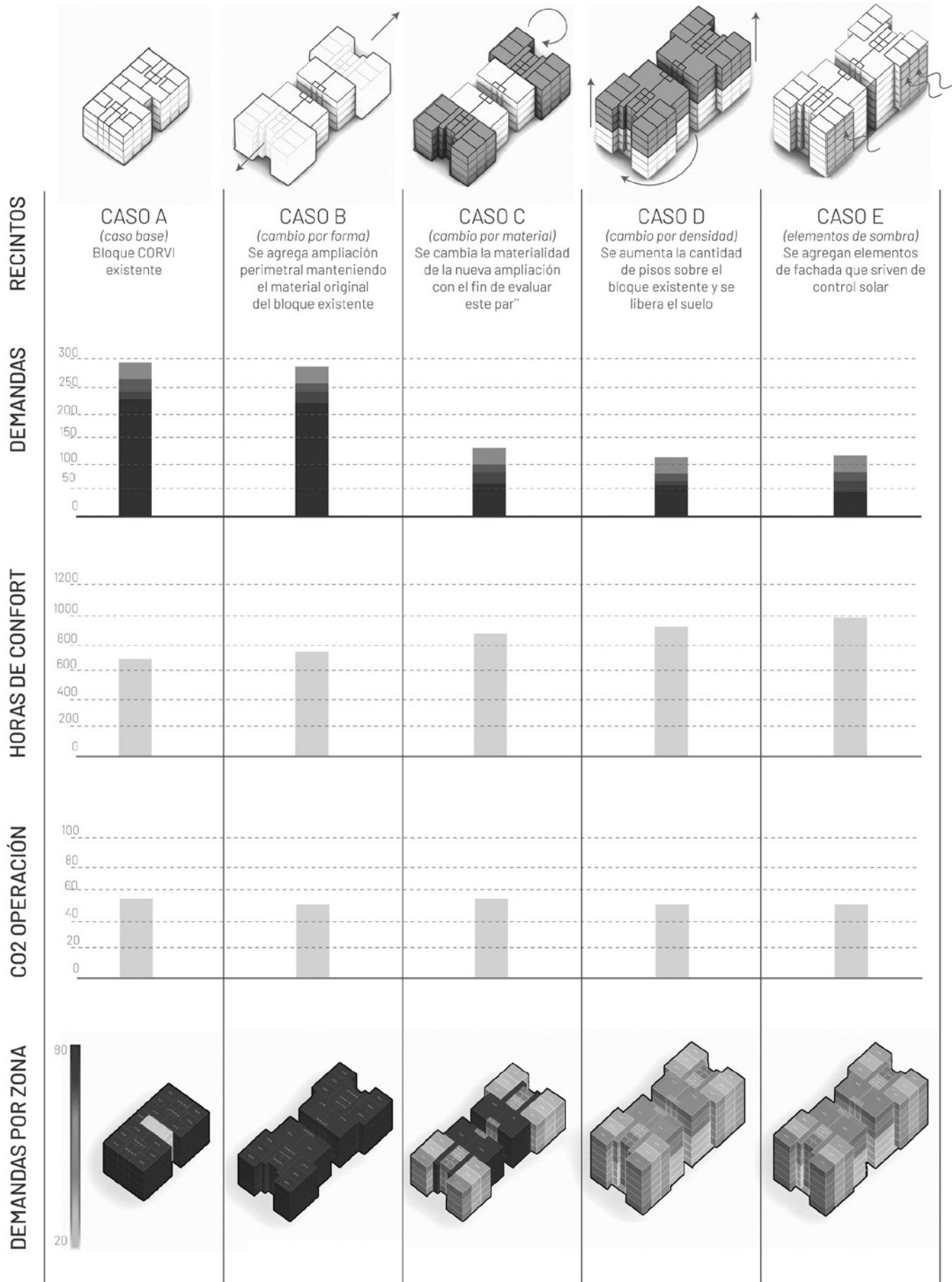


FIG. 08: Evaluación individual de las estrategias en cuanto a sus demandas térmicas y horas de confort. Fuente: elaboración propia.

Por último, la industrialización hoy es un camino posible para generar una gran cantidad de vivienda de madera sustentable. A propósito de lo descrito y del reciente llamado del MINVU, en la resolución 390, que invita a proyectar viviendas industrializadas (MINVU 2023) el caso de estudio hoy se configura como una oportunidad para reusar esta escalabilidad con la que fue diseñado, y proponer una solución que además de incorporar criterios de sustentabilidad, contempla también la demanda de las familias con techo —mejorando lo existente— y de las familias sin techo al incorporar una nueva densidad soportada.

## NOTAS

1- El valor de déficit nacional registrado en el Censo de 2017 es de 393.613.

2- El Ministerio de Desarrollo Social y Familia, en el Registro Social de Hogares indica que entre 2016 y 2023 la Región Metropolitana duplicó el número de hogares unifamiliares.

3- Modelado a través del software Rhino + Grasshopper.

4- Información provista por la base de datos ICE V3.0 (Inventory of Carbon and Energy, versión 3.0)

## BIBLIOGRAFÍA

CORVI. 1972. "Tipologías de viviendas racionalizadas 1966-1972". Valparaíso: CORVI, Subdepartamento de Diseño.

Deficit Cero y Centro uc Políticas Públicas. 2022. "Déficit habitacional: ¿cuántas familias necesitan una vivienda y en qué territorios?". Boletín 1: Estimación y caracterización del déficit habitacional en Chile. Último acceso: 13 de Abril de 2023. [https://deficitcero.cl/uploads/biblioteca/Minuta\\_EstimaciondelDeficit.pdf](https://deficitcero.cl/uploads/biblioteca/Minuta_EstimaciondelDeficit.pdf)

Encinas, Felipe, Ricardo Truffello, Carlos Aguirre, y Rodrigo Hidalgo. 2019. "Especulación, renta de suelo y ciudad neoliberal o por qué con el libre mercado no basta". *ARQ*, no.102: 120–133.

Hammond, Geoff y Craig Jones. 2011. *Inventory of Carbon & Energy (ICE)*. Department of Mechanical Engineering University of Bath, UK.

Hester, R. E. y Roy M. Harrison. 2010. *Carbon capture: Sequestration and storage*. Editado por Royal Society of Chemistry (Great Britain). Cambridge, UK: RSC Pub.

McDonough, William y Michael Braungart. *Cradle to Cradle* remaking the way we make things. New York: North Point Press: Penguin Random House, 2008.

MINVU (Ministerio de Vivienda y Urbanismo). 2017. "Calificación Energética de Vivienda (CEV)". Informe de calificación energética.

MINVU (Ministerio de Vivienda y Urbanismo). 2023. Llama a proceso de selección en condiciones especiales para el otorgamiento de subsidios del programa habitacional fondo solidario de elección de vivienda, regulado por el ds n° 49 (v. Y u.), de 2011, en la alternativa de postulación colectiva para proyectos de construcción en nuevos terrenos con autoconstrucción asistida e industrialización. Resolución 390 EXENTA. Aprobado el 3 de febrero de 2023. *Diario Oficial*, 9 de febrero de 2023. <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1188877>

Our World in Data. s.f. "Per capita CO<sub>2</sub> emissions". Our World in Data. Consultado el 26 de octubre de 2022. <https://ourworldindata.org/grapher/co-emissions-per-capita?tab=chart&region=SouthAmerica&country=~CHL>

Pomponi, Francesco, Catherine De Wolf y Alice Moncaster (eds). 2018. *Embodied Carbon in Buildings*. Cham: Springer International Publishing.

Revista de la construcción. 1968. "Población Chacra Santa Olga: 42 edificios racionalizados 1010 de la CORVI, construidos por un sistema racionalizado por Luis Prieto Vial y Cía Ltda.".

Revista de la Construcción. "Construcción de Bloques Corvi en la Población Elías Lafertte". Fotografía. Marzo de 1971.

Ritchie, Hannah. 2020. "Global greenhouse gas emissions by sector". Infografía. Our World in Data. <https://ourworldindata.org>

Rivera García, Felipe. 2020. "Carbono incorporado en la construcción: estimación de emisiones asociadas a nuevas viviendas de interés social y prioritario en bogotá, 2020-2030". Tesis de Grado Maestría. Universidad de Los Andes Colombia. <https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/6bd0736e-d27e-4ef5-8e9e-6c10a58d2cce/content#:~:text=El%20carbono%20incorporado%20consiste%20en,que%20resultan%20de%20su%20funcionamiento>

Rodríguez, Alfredo y Ana Sugranyes (eds.). 2005. *Los con techo. Un desafío para la política de vivienda social*. Santiago de Chile: Ediciones SUR.

Torrent, Horacio, y Montserrat Costas. 2019. "Patrimonio moderno y proyecto urbano: los colectivos 1010 / 1020 y los desafíos de su conservación". *Revista Arteoficio*, no. 14: 12-7.

Vergara, Jorge, Denisse Dintrans, Daniela Álvarez y Diego Asenjo. 2021. "CORVI, tipologías de vivienda racionalizada: un ejercicio de estandarización". *Arquitecturas del Sur* 39, no. 59: 118-37.

Zehra, Kisa. 2022. *RICS, Sustainability Report*. Londres: RICS Editorial Team Leader.