

Ciudades sostenibles en madera: políticas públicas para la densificación de ciudades con bajas emisiones de carbono

INVESTIGADORES

FELIPE VICTORERO

Escuela de Arquitectura y CIM UC - Cenamad¹

JOSE LUIS CAAMAÑO

Escuela de Construcción Civil y CIM UC - Cenamad

DANIELA MÉNDEZ

Escuela de Construcción Civil y CIM UC - Cenamad

Resumen²

El presente artículo revisa políticas públicas internacionales y el contexto chileno para analizar e identificar instancias que promuevan el uso de la madera en la densificación urbana como medio para capturar y almacenar carbono, contribuyendo a las metas de carbononeutralidad al 2050. A nivel global, la construcción en madera se ha destacado como una estrategia eficaz para reducir las emisiones incorporadas en edificaciones, gracias a su capacidad de almacenamiento de dióxido de carbono (CO_2) y su integración en sistemas de economía circular, como lo demuestran los casos de Finlandia, Canadá y Francia, que han implementado instrumentos regulatorios, económicos y educativos para fomentar su adopción. En Chile, a pesar de contar con una sólida industria forestal y compromisos internacionales como el Acuerdo de París, las políticas actuales no explotan plenamente el potencial de la madera en la construcción urbana, limitándose a iniciativas acotadas a regiones específicas o proyectos puntuales, lo que contrasta con la necesidad de abordar un déficit habitacional de más de 550.000 viviendas y mitigar las significativas emisiones del sector construcción. En este marco, se proponen tres estrategias clave para

1 Centro Nacional de Excelencia para la Industria de la Madera ANID BASAL FB210015.

2 Esta propuesta fue presentada en un seminario organizado por el Centro de Políticas Públicas UC el 3 de diciembre de 2024, en el que participaron Daniel Bifani, jefe de la División de Infraestructura Sostenible del Ministerio de Obras Públicas; Waldo Bustamante, miembro del Comité Científico Asesor de Cambio Climático del Ministerio de Ciencia y académico UC, y Alejandra Tapia, coordinadora de Sustentabilidad de Construye2025.

superar estas limitaciones: (i) la entrega de información y divulgación sobre los beneficios de la construcción sustentable en madera; (ii) la promoción del uso de productos de madera para la captura de carbono en nuevas edificaciones; y (iii) el apoyo al desarrollo de construcciones sustentables en madera como elementos detonantes de la industria. Estas estrategias buscan consolidar la madera como un material esencial para la densificación urbana sostenible y posicionar a Chile como líder en la lucha contra el cambio climático.

1. Introducción

La crisis climática y la acelerada urbanización que hemos experimentado en las últimas décadas exigen una respuesta decidida hacia la sostenibilidad en las ciudades. A nivel global, las ciudades son responsables del 70% de las emisiones de carbono (Mukim y Roberts, 2023), agravando significativamente el cambio climático. Este escenario ha llevado a una evaluación amplia y profunda sobre las prácticas constructivas y los materiales utilizados en el sector de la construcción, lo que representa un 39% de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) y un 36% del consumo energético mundial (IEA, 2019). En este contexto, es fundamental transitar hacia modelos de construcción más sostenibles, que reduzcan el impacto ambiental y promuevan un desarrollo urbano más resiliente y equitativo.

A este respecto, el desarrollo urbano sostenible se ha convertido en un componente clave para enfrentar estos desafíos ambientales y sociales. Más aún, en un contexto donde el 57% de la población mundial vive en áreas urbanas, proyectándose su aumento a un 68% para 2050 (UN-Habitat, 2022). Así, durante las últimas décadas, numerosos países han enfocado sus esfuerzos principalmente en reducir las emisiones y uso de energía asociados a la operación de las edificaciones, con efectos relevantes en ámbitos como la eficiencia energética vinculada a la calefacción y climatización (IEA, 2018; Rodríguez-Soria et al., 2014). Sin embargo, el logro de un desarrollo urbano sostenible también depende de la implementación de políticas públicas que promuevan el uso de materiales y prácticas constructivas con menores emisiones incorporadas (Bunster y Bustamante, 2020; Crawford et al., 2016; Stephan, Crawford y De Myttenaere, 2013), espacio en el que aún se pueden realizar avances, especialmente en países en vías de desarrollo (Acsfi, 2020).

Los materiales más utilizados en la construcción de nuestras ciudades durante el último siglo, como el hormigón y el acero, dependen en gran medida de combustibles fósiles y la extracción de recursos no renovables, lo que contribuye de manera significativa a los efectos negativos del sector de la construcción en la crisis climática. La producción masiva de estos materiales en el mundo es responsable de un 30% de los desechos de construcción en países desarrollados y de cerca del 12% de las emisiones globales de CO₂ (IEA, 2019), y representan cerca de un 70% de la masa antropogénica mundial

(Elhacham et al., 2020). De este modo, avanzar hacia el uso de materiales y sistemas constructivos con menor impacto ambiental resulta fundamental para reducir los efectos del ambiente construido en el planeta.

En contraste, la construcción sostenible en madera juega un papel crucial en la reducción de emisiones y en la lucha contra el cambio climático. Los edificios de madera, por ejemplo, son reconocidos por sus propiedades ambientales, incluyendo bajas emisiones durante la producción de materiales y la construcción. Además, tienen la capacidad de actuar como bancos de carbono, gracias al uso de madera proveniente de bosques sustentables que son un recurso renovable, almacenando CO₂ durante toda su vida útil (Ramage, 2017; Churkina et al., 2020).

La densificación urbana mediante la construcción en madera no solo es una estrategia viable para reducir las emisiones de carbono, sino que también puede mejorar la calidad de vida en las ciudades. Asimismo, permite a las edificaciones alcanzar mayores estándares de eficiencia energética (Victorero, Bustamante y Ubilla, 2024) y un alto potencial de integración en una economía circular, lo que constituye un aspecto crucial para la sostenibilidad urbana.

La urgencia de adoptar este tipo de prácticas se ve acentuada por las proyecciones climáticas, que indican que, si no se toman medidas drásticas, las emisiones globales podrían alcanzar niveles insostenibles en las próximas décadas. El Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ha destacado la necesidad de cambios rápidos y profundos en todos los aspectos de la sociedad para evitar los peores efectos del cambio climático (IPCC, 2023). De este modo, la transición hacia la construcción en madera representa un cambio necesario y oportuno que puede contribuir significativamente a la reducción de las emisiones globales y al cumplimiento de los objetivos climáticos de países como Chile.

En este sentido, como parte de la comunidad internacional, Chile ha asumido compromisos significativos en la lucha contra el cambio climático, reflejados en la adopción del Acuerdo de París y en su Estrategia Climática a Largo Plazo, que establece la meta de alcanzar la neutralidad de carbono para 2050. Sin embargo, el camino hacia el cumplimiento de estos objetivos es desafiante y requiere acciones inmediatas y contundentes. En caso contrario, si se continúa con las tendencias actuales, las metas propuestas no serán alcanzadas a tiempo, lo que podría tener consecuencias importantes para el medioambiente y la sociedad.

En consecuencia, Chile enfrenta un desafío relevante respecto a sus compromisos internacionales de reducción de emisiones en el corto plazo, mientras lida con un crecimiento urbano importante que exige soluciones habitacionales urgentes y sostenibles. Las políticas públicas actuales, como las indicadas en la Estrategia Climática a Largo Plazo y la Ley Marco de Cambio Climático (Ley N° 21.455), subrayan el valor de la planificación urbana integrada y la

promoción de infraestructuras sostenibles. No obstante, es necesario reforzar estas políticas con enfoques más específicos que promuevan la utilización de materiales renovables como la madera en la construcción urbana.

Las políticas públicas orientadas a la densificación de ciudades mediante el uso de madera en la construcción representan una oportunidad única para avanzar hacia un modelo de desarrollo urbano sostenible y resiliente. La madera, como material de construcción, no solo reduce las emisiones de carbono, sino que también ofrece beneficios adicionales en términos de eficiencia energética, economía circular y creación de empleo. Para que Chile pueda cumplir con sus compromisos internacionales y enfrentar los desafíos del cambio climático, es esencial que se implementen políticas públicas que promuevan el uso de madera en la construcción urbana, fomentando así un desarrollo más sostenible y equitativo en las ciudades.

2. Objetivos del proyecto

En este marco, el presente proyecto tiene por objetivo dar a conocer políticas públicas y explorar su potencial implementación en Chile, enfocadas en el desarrollo urbano sostenible mediante la densificación de ciudades con edificios de madera. Esto, con el fin de entregar alternativas para la reducción de las emisiones de CO₂ de la industria de la construcción y avanzar hacia el compromiso chileno de alcanzar la neutralidad de carbono al 2050, propiciando un entorno urbano más sostenible para las futuras generaciones.

Objetivos específicos:

- a. Presentar los beneficios medioambientales y el potencial que presenta la densificación de ciudades con madera y materiales renovables.
- b. Analizar la aplicación de políticas públicas que han permitido el desarrollo internacional de ciudades sostenibles, mediante incentivos al desarrollo de edificaciones en madera en altura.
- c. Analizar políticas públicas nacionales escalables con el fin de avanzar en la construcción de ciudades sostenibles en madera.
- d. Proponer iniciativas gubernamentales específicas que promuevan un cambio en la actual matriz de materiales utilizados en la densificación de ciudades que presentan alto impacto ambiental (hormigón armado y acero).

3. Breve descripción de la metodología

La metodología propuesta para alcanzar los objetivos se organiza en tres fases principales:

Levantamiento de antecedentes y relevancia: en esta fase, se realiza una revisión bibliográfica exhaustiva de políticas públicas internacionales y nacionales que promueven el uso de materiales renovables, como la madera, en la densificación urbana. Este levantamiento se enfoca en organismos públicos y en el análisis de los beneficios ambientales de estos materiales, estudiando ejemplos de países que han implementado políticas exitosas en construcción sostenible e instrumentos nacionales afines a este trabajo.

Enfoque de políticas públicas internacionales y nacionales: en esta fase, se profundiza en el análisis de instrumentos de política pública y entrevistas, así como en la evaluación de la escalabilidad de las políticas nacionales para su implementación en el contexto chileno. Para clasificar y analizar las políticas internacionales, se utilizará el enfoque de Kibert (2001) que permite distinguir las políticas públicas por tipo de instrumento implementado:

- Instrumentos regulatorios: dirigidos a regular los estándares obligatorios, tanto en tecnología aplicada como en los objetivos de las entidades.
- Instrumentos económicos: incluyen medidas tributarias, como subsidios o impuestos, para regular el impacto medioambiental y las externalidades de la industria.
- Instrumentos informativos: programas de difusión para crear conciencia ambiental y fomentar la adopción de tecnologías sostenibles.
- Instrumentos voluntarios: promueven la adopción voluntaria de estándares de sostenibilidad para mejorar el impacto ambiental y la habitabilidad de las edificaciones.
- Instrumentos de investigación y desarrollo (I+D): apoyo a la investigación en el sector privado para establecer alianzas y avanzar en sostenibilidad.

Además, en esta fase se realizan entrevistas con actores clave del sector público, privado y académico en Chile para obtener perspectivas sobre las oportunidades, barreras y desafíos de implementar políticas de construcción sostenible con materiales renovables en el contexto chileno, así como evaluar la escalabilidad de dichas políticas para su aplicación en el país.

Realización de propuestas de política pública: se desarrollan propuestas de políticas públicas basadas en el análisis de normativas, instrumentos y entrevistas. Se identifican oportunidades de mejora, barreras y facilitadores específicos para la implementación en Chile. A partir de los resultados obtenidos, se diseña un conjunto de iniciativas gubernamentales orientadas a promover la construcción urbana con materiales de bajo impacto ambiental y a contribuir a la neutralidad de carbono en el sector de la construcción en Chile.

4. Antecedentes y relevancia del problema público a abordar

4.1 Crisis climática y densificación de ciudades

Los estudios muestran que, sin acciones inmediatas y decisivas, el cambio climático podría reducir el Producto Interno Bruto (PIB) mundial en un 3% para el año 2050, con impactos más severos en regiones como América Latina, donde la contracción económica podría alcanzar el 3,8% (The Economist Intelligence Unit, 2019). Estos efectos no solo representan un retroceso en el crecimiento económico, sino que también dificultan la capacidad de los países para satisfacer las necesidades sociales básicas de sus ciudadanos, como la provisión de infraestructura, vivienda y servicios.

Para limitar el calentamiento global, por debajo del alza de las temperaturas meta establecidas, es esencial que los países alcancen el punto máximo de emisiones lo antes posible y se encaminen hacia la carbononeutralidad para 2050. Dentro de este contexto, algunas agencias y países han promovido un nuevo enfoque hacia la construcción sostenible con materiales potencialmente renovables como la madera, así como la adopción de tecnologías avanzadas que permitan reducir tanto las emisiones de carbono incorporadas en los edificios como las asociadas a su operación.

Construir en altura con madera es una estrategia clave para lograr una densificación urbana sostenible, aprovechando las propiedades de este material renovable y su capacidad de almacenamiento de carbono, de la mano de nuevas tecnologías e ingeniería desarrolladas en las últimas décadas. Así, nuevos sistemas constructivos como el Cross Laminated Timber (CLT) o el Laminated Veneer Lumber (LVL), junto con tecnologías más establecidas como la madera laminada tradicional, viabilizan en la actualidad la construcción de edificios de hasta 25 pisos de altura como es el caso del Ascent en la ciudad de Milwaukee, Estados Unidos. Esto entendiendo que la mayor parte de los edificios en altura a lo largo del mundo corresponden a estructuras con materiales tradicionales como el hormigón y el acero, con un mayor impacto ambiental (Hildebrandt, Hagemann y Thrän, 2017).

De este modo, la densificación mediante estructuras de madera en altura no solo incrementa el stock de carbono capturado por hectárea urbana, sino que también contribuye a los beneficios propios de una densificación sustentable, como la optimización del uso del suelo y la reducción de la expansión urbana, promoviendo ciudades más compactas y ecológicamente equilibradas (Stocchero, 2017).

Figura 1. Edificio oficinas centrales Stora Enso Helsinki, Finlandia.



Fuente: imagen tomada por autor, junio de 2023.

4.2 Beneficios de la madera en la construcción

Existen múltiples beneficios del uso de la madera en la construcción, más allá de la reducción de emisiones de carbono a la atmósfera o su captura, desde la eficiencia, pasando por la resiliencia, hasta la mejora en la salud y el bienestar de las comunidades. A continuación, se presentan los más relevantes en el contexto de este documento.

Beneficios ambientales: de provenir de un bosque con manejo sustentable, la madera puede ser un recurso renovable que ofrece beneficios significativos en términos de captura y almacenamiento de carbono. Como resultado del proceso de fotosíntesis del árbol, la madera captura aproximadamente un 50% de su masa anhidrida en carbono, equivalente a 3,67 kilos de CO₂ por cada kilo de carbón almacenado (Aenor, 2014). Así, comparada con materiales tradicionales como el hormigón y el acero, cuya producción emite grandes cantidades de CO₂, la madera tiene un bajo impacto ambiental (Churkina et al., 2020). Además, su baja conductividad térmica, traducida en un mejor aislamiento térmico de los edificios, genera edificaciones con una mayor eficiencia energética con relación a su operación, reduciendo la necesidad de climatización y el consumo energético final (Victorero, Bustamante y Ubilla, 2024).

Beneficios de la industrialización: la construcción con madera industrializada ofrece ventajas significativas en calidad, tiempos y sostenibilidad. Este enfoque permite alcanzar estándares más altos y reducir los plazos de construcción hasta en un 25% (AIA, USDA FLP y FPInnovations, 2015), con ahorros de hasta un 10% en costos directos y un 20% en costos totales del proyecto (McKinsey & Company, 2017). Además, aumenta la productividad sectorial hasta diez veces (PMG e Idiem, 2018), disminuye la contaminación acústica, mejora la seguridad laboral y reduce significativamente la generación de residuos. Un problema crítico en la construcción tradicional donde,

en países como Chile, se estima que cada 10 pisos construidos se generan escombros equivalentes a un piso completo (Matrix Consulting y Cámara Chilena de la Construcción, 2020). Estos beneficios subrayan la necesidad de transitar hacia modelos más sostenibles como la industrialización en madera, que contribuye a reducir emisiones y desechos en la industria.

Beneficios de resiliencia y adaptabilidad: la madera, especialmente en estructuras de madera masiva, ha demostrado una notable resiliencia sísmica. Las pruebas indican que estos edificios pueden soportar terremotos de gran magnitud sin sufrir daños graves, debido a su capacidad para absorber y disipar energía. Además, la madera se adapta fácilmente al trabajar en conjunto con otros materiales, lo que permite el diseño de estructuras híbridas que optimizan las propiedades de cada material para mejorar la estabilidad y resistencia (WoodWorks, 2023).

Contribución a la economía local: la construcción con madera fortalece la economía local al fomentar la industria forestal y la construcción sostenible. Al utilizar madera proveniente de bosques gestionados de forma responsable, se apoya el desarrollo de comunidades rurales y se generan empleos en la cadena de valor forestal (Gysling et al., 2021).

Beneficios para la salud y el bienestar: los beneficios de la madera también se extienden al bienestar de los habitantes de los espacios construidos con este material. La incorporación de madera en interiores promueve el diseño biofilico, creando ambientes que evocan una conexión con la naturaleza y generan sensaciones de calidez y confort. Estudios indican que el uso de madera puede mejorar la salud mental y física al reducir el estrés y aumentar la productividad en entornos laborales (Ritchie et al., 2019).

5. Datos recopilados y principales resultados

5.1 Enfoque de las políticas públicas internacionales para el desarrollo urbano sostenible

A nivel global, en 2015, la Organización de las Naciones Unidas (ONU) lanzó la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, estableciendo los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para guiar a los países miembros hacia un desarrollo económico, social y medioambientalmente sostenible. Asimismo, en el contexto de la lucha contra el cambio climático, el Acuerdo de París comprometió a 196 países a limitar el aumento de la temperatura global y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

En específico, para la industria de la madera, a través de organismos como el Food and Agriculture Organization (FAO), la ONU desarrolla programas como el Sustainable Wood for a Sustainable World (SWforSW) que promueve el uso sostenible de productos madereros. Esto se condice con iniciativas privadas, a través de certificaciones internacionales como el Forest Stewardship

Council (FSC) y el Programme for the Endorsement of Forest Certification (PEFC), apoyando una gestión responsable de los bosques.

A nivel regional, iniciativas como el Pacto Verde Europeo enfatizan en la materialización de los esfuerzos de la Unión Europea para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y promover la economía circular, con un enfoque específico en la sostenibilidad y la transición hacia una industria de la construcción más verde. Este acuerdo fortalece la cooperación global para enfrentar el cambio climático y fomenta la adopción de políticas que promuevan la construcción sustentable, entre los que se destaca la promoción del uso de madera sustentable en el sector construcción por medio de iniciativas como el Nuevo Bauhaus Europeo y el Wood4Bauhaus.

A nivel de países, iniciativas como WoodWorks en Estados Unidos y WoodSolutions en Australia proporcionan asesoría técnica y recursos educativos para promover la construcción con madera. Estas organizaciones apoyan la adopción de este material de construcción sostenible en diversas industrias y regiones, fomentando su uso en proyectos arquitectónicos y contribuyendo a la reducción de la huella de carbono en la construcción.

En las últimas décadas, se ha producido un cambio de paradigma en las políticas públicas de desarrollo sostenible del entorno construido. Desde la década de 1990, estas políticas han transitado de un enfoque regulatorio centrado en requisitos prescriptivos de edificación hacia estrategias más flexibles que incluyen acuerdos voluntarios y la creación de subsidios para la investigación y el desarrollo (I+D). Estas políticas han promovido alianzas público-privadas que buscan un enfoque integral y más sostenible para la construcción, favoreciendo el uso de materiales renovables como la madera en proyectos de infraestructura.

Para esta investigación se han recopilado iniciativas de entre los años 2004 y 2024, periodo en el cual se han identificado más de 50 iniciativas a nivel internacional, de las cuales se han seleccionado 34, las cuales presentan más información para ser analizadas. Esta selección se presenta bajo las categorías de Kibert (2001) con el objetivo de agrupar y analizar sus alcances.

Tabla 1. Instrumentos internacionales que impulsan el desarrollo urbano sostenible

Año	Nombre de la iniciativa	País	Foco de acción	Informativo	Voluntario	I+D	Económico	Regulatorio
2004	Estrategia Nacional de Construcción en Madera de Suecia (Swedish National Timber Construction Strategy)	Suecia	Fomenta el desarrollo de actividades de I+D entre actores públicos y privados en proyectos de construcción con madera.	x	x	x		
2005	Más madera en la construcción (Merträ i byggandet, Växjö)	Suecia	Propone alcanzar un 50% de las edificaciones en madera en zonas específicas del país. Además, considera financiamiento parcial para estos proyectos.	x	x	x	x	x
2009	Los planes de construcción en madera 2009-2030 (Les plans bois-construction 2009-2030)	Francia	Difunde y capacita a instituciones públicas y privadas para promover el uso de madera y el análisis del ciclo de vida de las edificaciones (LCA).	x	x	x		
2011	Fundación Alemana para el Medio Ambiente (German Environmental Foundation)	Alemania	Fomenta las actividades de I+D para la creación de edificaciones altas en madera.		x	x	x	
2012	Más madera en la construcción (Merträ i byggandet)	Suecia	Propone consideraciones obligatorias para las edificaciones con madera, además incentiva las actividades de I+D de colaboración público-privado-academia.	x		x	x	x
2012	Skellefteå una ciudad sostenible (Sustainable Skellefteå)	Suecia	Promociona la construcción sostenible enfocándose en el LCA de las edificaciones.	x	x			
2012	Primero la Madera (Timber First)	Reino Unido	Provee información sobre los beneficios medioambientales y estéticos de las edificaciones en madera para fomentar la acción voluntaria.	x				
2013	Iniciativa de Demostación de Edificios de Media y Gran Altura en Madera (Tall Wood Building Demonstration Initiative)	Canadá	Propicia llamados públicos que incorporan una proporción de madera en las nuevas edificaciones públicas. Incorpora financiamiento para I+D y apoyo técnico en proyectos de edificación con madera.	x	x	x	x	

2014	Código de Construcción del Estado de Minnesota (Minnesota State Building Code)	Estados Unidos	Establece requisitos normativos para criterios estructurales, de seguridad, eficiencia energética o accesibilidad que deben cumplir las edificaciones en madera en el estado de Minnesota.					X
2014	Edificio del Mañana (Haus der Zukunft)	Austria	Fomenta la investigación e innovación tecnológica para el uso de materiales renovables en el ambiente en la construcción.		X	X	X	
2015	Programa de Innovación en Madera (Wood Innovation Programme)	Noruega	Fomenta actividades de I+D para la creación de valor en la industria maderera.	X	X	X	X	
2015	Programa Nacional de Construcción en Madera (National Wood Construction Programme)	Finlandia	Promueve la reducción de emisiones de carbono aumentando el uso de madera en la construcción. Apoya proyectos de educación y actividades de I+D relacionadas con la construcción en madera.	X	X	X	X	
2016	Código basado en el rendimiento (Performance-based code)	Alemania	Establece requisitos normativos para criterios estructurales, de seguridad, eficiencia energética o accesibilidad que deben cumplir las edificaciones en madera.					X
2016	Política de fomento de la madera de Tasmania	Australia	Promueve el uso de madera en la construcción por medio de la exigencia del LCA en la evaluación de proyectos.	X	X			X
2017	Programa de Madera para la Construcción Verde 2017-2022 (Green Construction Wood Program 2017-2022)	Canadá	Promueve íntegramente que las especificaciones técnicas y normas estructurales permitan disminuir las emisiones de carbono en los edificios.	X	X	X	X	X
2017	Política de fomento de la madera de Powys (Powys Wood Promotion Policy)	Reino Unido	Promueve la madera como principal material de construcción en nuevos proyectos de viviendas generados por el gobierno local.	X	X			X
2018	Código basado en el rendimiento (Performance-based code)	Suecia	Establece requisitos normativos para criterios estructurales, de seguridad, eficiencia energética o accesibilidad que deben cumplir las edificaciones en madera.					X

2018	Código basado en el rendimiento (Performance-based code)	Noruega	Establece requisitos normativos para criterios estructurales, de seguridad, eficiencia energética o accesibilidad que deben cumplir las edificaciones en madera.				x
2019	Código Nacional de la Construcción (NCC) (National Building Code)	Australia	Actualización del NCC para dar cabida particularmente a las edificaciones con estructuras de madera masiva en distintos estados del país.				x
2020	Ley del fondo forestal (Waldfondsgesetz)	Austria	Promueve y entrega financiamiento de hasta un 50% del proyecto para la construcción de edificios residenciales, edificios de uso público o infraestructuras públicas con madera.	x	x	x	x
2020	La Estrategia Forestal Austriaca 2020+ (Österreichische Waldstrategie 2020+)	Austria	Crea códigos favorables para la construcción en madera y establece la madera como material prioritario para las construcciones con financiamiento público. Reconoce el aporte y uso de madera como material relevante para la bioeconomía.	x			x
2020	Ley de sustentabilidad, Ministerio de Ciudades y Viviendas (Loi sur la durabilité, Ministère des villes et du logement)	Francia	Incorporar al menos un 50% de madera u otros materiales biobasados en las nuevas edificaciones públicas.	x			x
2020	Plan de Acción de la Madera 2021-2026 (Wood Action Plan 2021-2026)	Suiza	Promueve la generación de valor agregado a la madera suiza y la construcción de "edificios ecológicos" mediante el aumento del uso de madera suiza en la construcción y la mejora en la calidad de la madera de producción local.	x	x		
2020	Contribución a la asociación Trästad Suecia (Bidraget till föreningen Trästad Sverige)	Suecia	Aumentar el conocimiento sobre la construcción en madera, difundir buenos ejemplos y fomentar la innovación y el desarrollo en la construcción industrial en madera.	x	x	x	x

2020	Programa de acción para la construcción en madera, Ministerio de Medio Ambiente (Åtgärdsprogram för träbyggande, Miljöministeriet)	Finlandia	Apoya el uso de tecnologías modernas y materiales como la madera laminada cruzada (CLT), que ha resurgido con fuerza en el país. Uno de sus objetivos es que el 45% de los edificios públicos utilicen madera como material clave para 2025.	x	x	x		x
2021	Medida 9 - Créditos de emisión (Maßnahme 9 - Emissionsgutschriften)	Austria	Provee información y fomentan la acción voluntaria para incrementar la proporción de madera en los edificios. Considera subsidios y llamados para este tipo de edificaciones.	x	x	x	x	
2021	Ley de Promoción de la Madera (木材振興法)	Japón	Promueve el uso de madera por su contribución en la prevención del calentamiento global. Se crea la jefatura de promoción del uso de la madera y se establece el uso prioritario de madera para el mantenimiento de edificios públicos.	x	x	x		x
2021	Plan de acción para la conservación de los árboles en Inglaterra 2021-2024 (The England Trees Action Plan 2021-2024)	Reino Unido	Fomentar la demanda de madera cultivada en el Reino Unido, para reducir la huella de carbono del país y las emisiones, mediante la sustitución de materiales con alto contenido de carbono.		x		x	
2021	Pacto de Construcción en Madera del Pacto Verde (Green Deal Covenant Houtbouw)	Holanda	Busca que al menos el 20% de los nuevos proyectos de vivienda de la Región Metropolitana de Ámsterdam (aproximadamente 3.000 viviendas) sean construidos con madera u otros materiales biológicos para 2025.			x	x	
2022	El mejor momento para la investigación (Byggjum grænni framtíð)	Islandia	Apoyo a la investigación sobre materiales de construcción respetuosos con el clima, a partir de materia orgánica y la construcción de más estructuras con madera islandesa. Además, el gobierno islandés exige que todos los edificios públicos nuevos cumplan la norma Breeam.	x	x			

2022	Reglamentación Ambiental 2020 (Réglementation Environnementale 2020)	Francia	Mejora las normas y estándares medioambientales, por medio de la incorporación del LCA en la evaluación de proyectos.	x				x	
2022	CEFC Programa de Construcción con Madera (CEFC Timber Building Program)	Australia	Promueve el desarrollo de I+D y transferencia para la incorporación de tecnologías limpias en la edificación. Incentiva el uso de madera masiva en nuevos proyectos de media y gran altura. Promueve el LCA en nuevas edificaciones.	x	x		x		
2022	Código Nacional de Edificación (National Building Code)	Canadá	Actualización del código de construcción de Ontario que establece diversos criterios de seguridad que deben cumplir las edificaciones en madera.					x	
2022	Iniciativa nacional de construcción con madera (Nationale Holzbaulinitiative)	Alemania	Apoyar el uso de la madera en la construcción a través de proyectos y oportunidades de financiación, como la financiación de 500 millones de euros en el marco del plan de recuperación y resiliencia de Alemania (Deutscher Aufbau- und Resilienzplan, DARP)	x		x	x		
Total de iniciativas					23	21	17	15	17

Fuente: elaboración propia.

La revisión de este escenario internacional nos permite identificar tendencias y criterios importantes para el desarrollo de una propuesta nacional de alto impacto y en línea con los actuales desafíos internacionales. Del presente análisis recogemos los siguientes puntos relevantes:

- El cumplimiento de los acuerdos internacionales de reducción de CO₂ a nivel mundial ha sido el principal incentivo para el desarrollo de este tipo de medidas a nivel internacional. Es así como la mayoría de las políticas europeas se alinean al Pacto Verde Europeo (European Green Deal), estrategia integral que busca la carbononeutralidad para el año 2050.
- Las políticas informativas sobre los beneficios del uso de la madera en edificaciones desempeñan un papel crucial en el cambio de percepción y aceptación de este material en la construcción. La promoción de sus propiedades sostenibles, como su capacidad de capturar y almacenar carbono, su renovabilidad y su bajo impacto ambiental en comparación con materiales tradicionales como el concreto y el acero, ha sido clave para su incorporación. Desde principios del año 2000, ha habido un esfuerzo constante a

nivel internacional para integrar la madera en proyectos de construcción mediante campañas informativas y educativas que buscan superar las barreras culturales y los prejuicios asociados a su uso, fortaleciendo la aceptación pública y profesional del material para la densificación de ciudades.

- El LCA ha sido una herramienta fundamental en diversas políticas públicas para evaluar y minimizar el impacto ambiental de la construcción. Esta metodología, que permite evaluar las emisiones y el consumo de recursos a lo largo de todo el ciclo de un producto o material, se ha vuelto especialmente relevante para fomentar la adopción de nuevas tecnologías y la incorporación de materiales biobasados, como la madera.
- Las políticas que incluyen apoyo económico a proyectos emblemáticos y subvenciones para iniciativas con I+D facilitan la incorporación de nuevas tecnologías y materiales en la industria de la construcción. Estos apoyos ayudan a mitigar los sobrecostos asociados a la implementación de tecnologías emergentes y a la curva de aprendizaje que implican. Además, se han desarrollado campañas enfocadas en capacitaciones y asistencia técnica especializada para impulsar edificaciones en madera.
- Por último, es importante resaltar que los aspectos regulatorios que rigen a las edificaciones en madera se han actualizado en distintos países durante la última década. Distintas iniciativas abordan desde las dificultades de incorporar madera en procesos de cálculo estructural de edificios, debido a la exigencia de antiguos aspectos regulatorios, hasta la validación de nuevas tecnologías como el CLT y componentes industrializados en madera dentro de los nuevos códigos normativos, los cuales han definido criterios en torno al rendimiento/performance que deben cumplir las edificaciones. Esto permite una mayor flexibilidad en las soluciones de diseño y construcción, siempre que se cumplan los requisitos de desempeño normados, como seguridad, eficiencia energética, accesibilidad, entre otros.

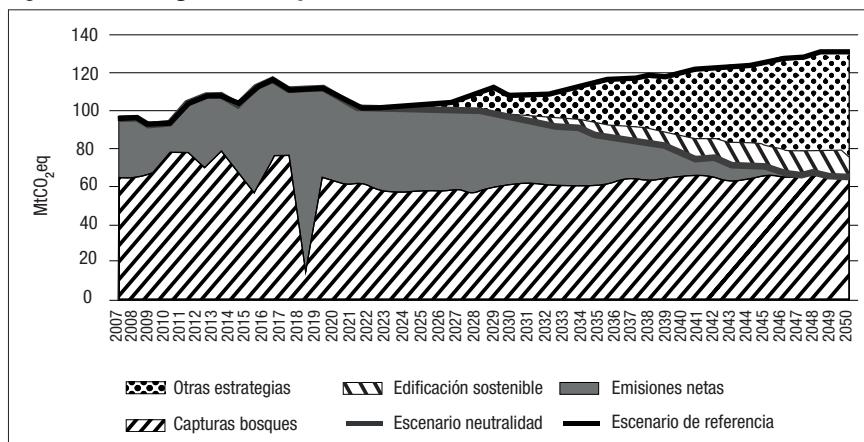
5.2 Políticas públicas chilenas para la reducción de emisiones del sector construcción y promoción del uso de madera en edificaciones de media y gran altura

Chile se ha comprometido firmemente con la carbononeutralidad para 2050 como parte de su Estrategia Climática de Largo Plazo. Este plan promueve tecnologías limpias, energías renovables y prácticas sostenibles, especialmente en la construcción, donde el uso de productos madereros podría ser clave para su futuro éxito. En este sentido, el potencial forestal del país ofrece una oportunidad para reducir las emisiones de GEI en línea con los objetivos internacionales.

La determinación de Chile para mitigar el cambio climático se manifiesta no solo en su compromiso con el Acuerdo de París, sino también en la promulgación de la Ley Marco de Cambio Climático en 2022. Esta legislación establece un marco jurídico que impulsa la implementación de planes sectoriales vinculantes para la acción climática, asignando responsabilidades

a nivel regional y comunal. Además, la Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile, actualizada en 2020, propone metas ambiciosas en áreas como la reducción de emisiones de GEI, la economía circular, la gestión de bosques y la adaptación a los impactos del cambio climático.

Figura 2. Estrategia chilena para la carbononeutralidad al 2050³



Fuente: Victorero, Bustamante y Ubilla (2024).

Chile tiene una gran oportunidad de avanzar hacia sus compromisos de carbononeutralidad para 2050 a través de la construcción con madera, aprovechando su potencial para reducir las emisiones de CO₂ en los inventarios nacionales. Aunque el país ha logrado importantes avances en la descarbonización de su matriz energética, persisten desafíos significativos para disminuir las emisiones asociadas a los materiales de construcción. La promoción de la madera en la construcción, especialmente mediante productos de alto valor agregado como la madera masiva de ingeniería, se alinea con los actuales enfoques de desarrollo del país. Asimismo, el sector forestal, con una industria de primer nivel, actualmente captura el 50% de las emisiones nacionales, una contribución que se proyecta mantener hasta 2050.

Por otra parte, la construcción en Chile enfrenta un estancamiento en la productividad con un crecimiento de solo un 1% en las últimas décadas (Comisión Nacional de Productividad, 2020), pero la industrialización en madera puede mejorar la eficiencia, reducir los plazos de construcción y aumentar la calidad, respondiendo de manera sostenible al creciente déficit habitacional.

³ La línea negra representa las emisiones de CO₂eq proyectadas de Chile, en caso de que no medie ninguna estrategia de reducción, mientras que la línea gris representa la meta de emisiones al 2050. Sobre la línea gris se encuentran en achurado las estrategias tendientes a reducir las emisiones sectoriales, mientras que bajo la línea gris la captura realizada por bosques (nativos y plantaciones) y productos forestales asociados.

Este enfoque permite una rápida construcción de viviendas, lo cual es crucial considerando la demanda por nuevas viviendas, que en Chile es mayor a 550.000 (Ministerio de Desarrollo Social y Familia, 2023).

En el contexto chileno, ninguna política pública promociona el uso de productos de madera y su potencial para el desarrollo de edificaciones de madera que capturen carbono. Así, si bien Chile posee múltiples políticas públicas orientadas al desarrollo sostenible y construcción con menor impacto, estrategias como el uso de madera sostenible se han limitado exclusivamente a algunos programas en regiones madereras e iniciativas acotadas.

De igual modo, con relación a las políticas públicas chilenas y el beneficio de la captura de CO₂ de la atmósfera por parte de la madera, este ha quedado relegado casi exclusivamente al aporte del sector forestal y a la promoción de forestación y reforestación asociada a los inventarios de carbón nacionales. Por consiguiente, en documentos como la NDC Chile 2020, la Estrategia Climática a Largo Plazo o el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático de 2014, se hace referencia mayoritariamente a metas de aumento de la masa forestal con enfoque a bosque nativo de largo desarrollo. Sí se destaca, en el caso de la NDC Chile 2020, el fomento al desarrollo de nuevos usos para materiales derivados de la madera, que permitan mantener el carbono almacenado.

Además, herramientas como el Sistema Nacional de Inventarios de Gases de Efecto Invernadero de Chile han revelado que –desde los megaincendios forestales de 2017– la captura forestal de CO₂ ha bajado, mientras que el aporte de los productos forestales ha pasado a ser fundamental con una participación de entre un 10% y un 11% de la captura (Ministerio del Medio Ambiente, 2024). Esto, asociado a las actualizaciones en estándares internacionales del año 2019 respecto a la contabilidad del carbono capturado por los productos forestales cosechados que incorporan, dentro del balance de carbono nacional, materiales como cartones, tableros y aserrados, siendo estos dos últimos los que entregan un mayor potencial de captura en el tiempo (Rüter et al., 2019). Pese a esto, los últimos años han presentado una menor producción de maderas aserradas, debido a desafíos de la industria forestal y una menor demanda vinculada al sector construcción (Ministerio del Medio Ambiente, 2024).

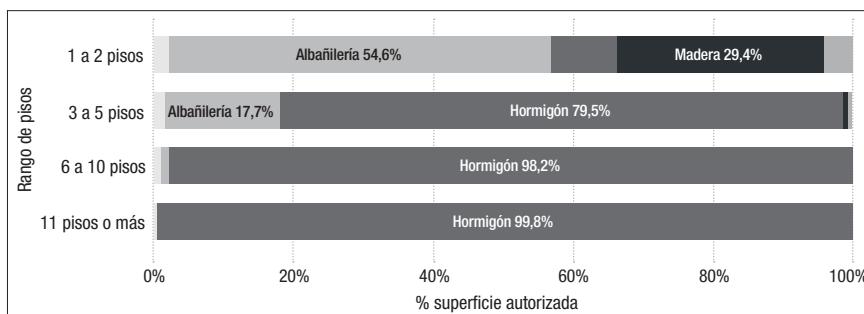
Es relevante mencionar que los bosques plantados a nivel nacional, que producen casi la totalidad de los productos forestales, contribuyen con cerca de la mitad del carbono capturado, según el Inventario Nacional de GEI. Esto pese a representar solo un séptimo de la superficie del bosque nativo. Así, 47,3% de la captura de emisiones de carbono proviene del aumento anual de masa forestal de plantaciones y 11,5% por captura a largo plazo en productos madereros. Esto se entiende debido a los ciclos de tala de los árboles, en los cuales los bosques en las primeras décadas de crecimiento son capaces de capturar más CO₂ que una vez alcanzada la madurez (Pugh et al., 2019;

Stephenson et al., 2014). De este modo, cualquier reducción en la contribución del sector plantación y productos forestales cosechados podría afectar hasta un 59% de la captura de CO₂ en el país⁴.

Por otro lado, la estrategia nacional considera un foco en la reducción del consumo energético nacional y captura de bosques, pero sectores como la construcción no alcanzan a visibilizar el efecto de las emisiones incorporadas en materiales y sus potenciales efectos en el sector forestal. Si bien la NDC está orientada a alcanzar una reducción de un 17% de las emisiones al 2050 del sector construcción, estas se concentran en reducir el consumo energético y especialmente el asociado a climatización. Así, nuevas normativas vinculadas a planes de mitigación y adaptación sectoriales buscan exigir mayores estándares de desempeño térmico y eficiencia energética; mientras que las estrategias proyectadas a 2030 plantean la incorporación paulatina LCA, aunque no especificando requerimientos relativos al uso de materiales renovables con carbón biogénico incorporado como la madera.

En otro orden de cosas, la participación de la madera en el sector construcción chileno se encuentra casi exclusivamente relegada a la baja altura y calidades edificatorias media a inferior (INE, 2024). De este modo, si bien los registros del año 2022 presentan una participación importante de la madera a nivel nacional en edificaciones de uno a dos pisos, esta se reduce a cero en edificaciones de más de seis pisos de altura y mayores estándares de calidad constructiva. Asimismo, considerando que la madera no posee participación en estos segmentos, la tendencia nacional a densificar las ciudades con edificios cada vez más altos a fin de maximizar el uso de suelo, amenaza con reducir el uso de este material en el entorno urbano y por ende la demanda por productos de construcción de madera proveniente de las plantaciones chilenas (Victorero, Bustamante y Ubilla, 2024).

Figura 3. Superficie de viviendas autorizada en Chile, según número de pisos y materialidad



Fuente: Victorero, Méndez y Bascuñán (2023).

4 Esto según datos registrados por el Inventario Nacional de GEI de Chile para el año 2020 (Ministerio del Medio Ambiente, 2024), considerando que la captura de CO₂ proveniente del aumento de biomasa de plantaciones corresponde a un 47,3% de la captura total del sector y los productos de madera a un 11,5%, lo que sumado alcanza un 58,8%. Es importante señalar que este análisis puede variar a la baja, de considerarse las emisiones por cosecha vinculadas a los ciclos productivos de las plantaciones.

Otras políticas públicas orientadas a cubrir el déficit habitacional, como el Plan de Emergencia Habitacional (PEH), aunque su objetivo no es abordar la sostenibilidad o el medioambiente directamente, sí promueven a nivel regional el uso de madera en la edificación. El PEH impulsado por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu) plantea la preferencia en el uso de sistemas constructivos industrializados en madera para dar respuesta al déficit habitacional de regiones madereras como Ñuble y Biobío. Sin embargo, otras regiones solo han presentado llamados a pilotos que no han alcanzado las metas esperadas, mientras que otras no consideran ninguna iniciativa al respecto. Más aún, la Región Metropolitana, que posee la mayor demanda de vivienda a nivel nacional, no considera ninguna política pública específica orientada al uso de madera en nuevas edificaciones o la promoción de edificios de madera en media y gran altura. Pese a esto último, a nivel metropolitano, se destaca la construcción en el año 2024 del primer edificio de madera industrializado de viviendas de Minvu⁵.

Es también importante destacar que en el pasado han existido múltiples iniciativas que han buscado impulsar el uso de la madera en el sector construcción chileno, siendo la mayor parte de estas orientadas al desarrollo económico de la industria forestal regional. Estas se caracterizan por haber tenido un alto nivel de convocatoria y en su mayoría poseían un foco de desarrollo regional. Si bien muchas fueron exitosas en sus objetivos iniciales, no consiguieron consolidar estrategias que propiciaran de manera contundente el desarrollo de edificaciones de madera en media o gran altura en el conjunto del país. Sin embargo, se destacan proyectos e instancias como el Programa Estratégico Meso Regional Industria de la Madera de Alto Valor (PEM Madera de Alto Valor), Comisión Futuro Forestal para un Chile Sostenible de la Comisión Desafíos del Futuro, la Mesa de la Madera del Ministerio de Agricultura, el Programa Estratégico Regional de Industrialización de Construcción de Viviendas en Madera, entre otras.

Actualmente se destaca el Programa Estratégico Regional de Métodos Modernos de Construcción Sostenible en Madera (Biobío Madera), el que busca apoyar la transformación tecnológica de la construcción en madera de la región del Biobío y posicionarla como un polo de desarrollo a nivel nacional⁶. Asimismo, este programa también se enmarca en los esfuerzos realizados por el Ministerio de Economía, a través de la Corporación de Fomento de la Producción (Corfo) y su programa Construye 2025, para el desarrollo de la productividad y sustentabilidad en la construcción en Chile.

⁵ Durante el transcurso del año 2024, el Minvu, a través de la empresa Tecnofast, concreta el desarrollo del primer edificio de cuatro pisos de madera en la comuna de Lo Espejo. Este proyecto no considera la aplicación de ningún incentivo público especial, pese a contar con un estándar mayor al ordinario.

⁶ Ver más en: <https://biobiomadera.cl/>

También destaca la iniciativa Consorcio Ciudad Madera, lanzada durante la elaboración de este documento. Este proyecto, apoyado por Corfo, es liderado por la inmobiliaria Territoria y coejecutado por el Centro Nacional para la Excelencia de la Industria de la Madera (Cenamad) del Centro UC de Innovación en Madera (CIM UC) de la Pontificia Universidad Católica de Chile. La iniciativa incluye un portafolio de 12 proyectos destinados a desarrollar el primer edificio de madera masiva en altura y a promover la masificación de tecnologías para edificaciones híbridas de hasta 15 pisos. Asimismo, es importante también mencionar el proyecto Anillo Advancing Mass Timber and Precast Concrete-Timber Building Research de la Universidad de Santiago, enfocado en investigaciones avanzadas sobre madera masiva y su integración en edificaciones híbridas.

A continuación, se presenta un breve resumen de las principales iniciativas identificadas y su potencial efecto en la promoción del uso de la madera en entornos urbanos.

Tabla 2. Documentos de interés para el desarrollo de políticas públicas de densificación de ciudades en madera, como medio para reducir emisiones

Nombre ley, plan, programa, otro	Organismo	Año	Promoción de uso madera	Estado
Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático	Ministerio de Medio Ambiente de Chile (MMA)	2014	No se menciona explícitamente.	Vigente
Plan de Acción Nacional de Cambio Climático 2017-2022	MMA	2017	Promueve la forestación con especies nativas y la reducción de emisiones del sector construcción.	Vigente
Plan de Adaptación y Mitigación de los Servicios de Infraestructura al Cambio Climático 2017-2022	Ministerio de Obras Públicas (MOP)	2017	No se menciona explícitamente.	Vigente
Plan de Adaptación al Cambio Climático del Sector Salud	Ministerio de Salud (Minsal)	2017	No se menciona explícitamente.	Vigente
Plan de Adaptación al Cambio Climático para Ciudades 2018-2022	Minvu	2018	No se menciona explícitamente.	Vigente
Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de Chile. Actualización 2020.	Gobierno de Chile	2020	Aumenta la meta de recuperación a 200.000 hectáreas de bosque. Fomentan los productos maderables, que mantengan secuestrando el carbono.	Vigente
Estrategia Climática de Largo Plazo de Chile	Gobierno de Chile	2021	Incluye medidas de conservación y forestación.	Vigente

Ley Marco de Cambio Climático	Congreso	2022	Promueve la forestación y la conservación de ecosistemas.	Vigente
Plan de Emergencia Habitacional	Minvu	2022	Promueve el uso de sistemas de madera industrializada en regiones específicas.	Vigente
Hoja de Ruta 2022-2025 - Programa Construye 2025	Corfo	2022	En el área temática de la sostenibilidad, se identifica la oportunidad de la madera y la necesidad de avanzar en su validación como material sustentable.	Vigente
Hoja de Ruta Programa Métodos Modernos de Construcción Sostenible en Madera para la Región del Biobío (Biobío Madera)	Corfo	2023	Programa de apoyo para a la transformación tecnológica de la construcción en la Región del Biobío.	Vigente
Plan de Adaptación al Cambio Climático Sector Silvoagropecuario periodo 2024–2028	Ministerio de Agricultura de Chile (Minagri)	2024	No se menciona explícitamente.	Elaboración
Anteproyecto Plan Sectorial de Mitigación del Ministerio de Vivienda y Urbanismo	Minvu	2024	No se menciona explícitamente.	Elaboración
Anteproyecto Actualización del Plan de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático Sector Infraestructura	MOP	2024	No se menciona explícitamente.	Elaboración
Anteproyecto Plan Sectorial de Mitigación del Ministerio de Salud	Minsal	2024	No se menciona explícitamente.	Elaboración
Anteproyecto de actualización Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático	MMA	2024	No se menciona explícitamente.	Elaboración

Fuente: elaboración propia.

5.3 Áreas prioritarias que abordar en el entorno nacional

El desarrollo de estrategias para impulsar la construcción en madera y su adopción a mayor escala requiere una acertada comprensión de las barreras, desafíos y oportunidades del sector. A partir de un trabajo exhaustivo de entrevistas con actores clave, como profesionales de la construcción, agentes reguladores y representantes de la industria maderera, han surgido diversas líneas de acción. Estas propuestas abarcan desde la percepción del material y su impacto ambiental, hasta la necesidad de actualizar las normativas y dinamizar el mercado. A continuación, se presenta un análisis de las áreas

prioritarias para impulsar el uso de la madera como un material competitivo, seguro y sostenible para la construcción en Chile:

- Es fundamental abordar la percepción que existe sobre el uso de madera en construcción, destacando aspectos como su durabilidad y resistencia estructural, que muchas veces se subestiman. Además, es crucial enfatizar los beneficios medioambientales, incluyendo su capacidad de almacenar carbono y contribuir a la reducción de la huella de CO₂ de las edificaciones. La seguridad ante incendios también debe ser resaltada, abordando cómo las actuales tecnologías en madera y el diseño estructural pueden asegurar altos estándares de protección contra incendios.
- Es prioritario integrar criterios de sustentabilidad en la evaluación y desarrollo de proyectos de construcción, lo que incluye incorporar un análisis sobre el carbono incorporado en las edificaciones. Asimismo, se debe agregar el LCA completo de las edificaciones, evaluando su impacto desde la extracción de materiales hasta la demolición y disposición final, para promover construcciones más sostenibles y responsables con el medioambiente.
- Para estimular el crecimiento de la industria de la construcción en madera, es esencial promover llamados especiales y proyectos detonantes que hagan atractivo este mercado. Una estrategia efectiva sería establecer un porcentaje mínimo de utilización de madera en proyectos de edificación pública, lo que no solo incentivaría la inversión en tecnologías y capacidades de construcción en madera, sino que también fortalecería la cadena de valor local, contribuyendo a una industria más robusta y competitiva.
- La normativa vigente debe evolucionar para incluir y validar nuevas tecnologías constructivas basadas en madera, permitiendo que estas se reconozcan como sistemas aprobados por los organismos públicos reguladores. Esto implica la actualización de los códigos normativos y la generación de protocolos de evaluación que respalden la utilización de madera para la densificación de ciudades, facilitando así su adopción y asegurando que cumplan con los estándares de seguridad, eficiencia y sostenibilidad requeridos en la edificación contemporánea.

6. Presentación de la propuesta de política pública

El levantamiento de antecedentes realizado destaca varios ámbitos clave para avanzar en el desarrollo de políticas públicas orientadas a la construcción sustentable. Entre ellos, la valorización de materiales renovables se presenta como un pilar fundamental, especialmente en el caso de los materiales biobasados como la madera, que capturan carbono de manera natural y contribuyen significativamente a la reducción de la huella de carbono en edificaciones. Para lograr este objetivo, es necesario desarrollar instrumentos y herramientas que permitan medir y promover la sostenibilidad de estos materiales en la construcción.

Además, se enfatiza la importancia de las alianzas público-privadas, que faciliten la inversión en proyectos de I+D para abordar brechas normativas y tecnológicas, así como el fomento de la innovación tecnológica, esencial para mejorar la productividad y eficiencia en una industria históricamente resistente al cambio. Finalmente, se subraya la necesidad de superar los desafíos culturales asociados al uso de madera en la construcción, mediante estrategias efectivas de información y difusión que impulsen la aceptación y adopción de estas tecnologías.

En el ámbito nacional, aunque existen diversas políticas públicas orientadas a fortalecer los indicadores de sustentabilidad, estas no promueven de manera directa iniciativas destinadas a incentivar el uso de la madera en la construcción. Del mismo modo, aunque los NDC 2020 de Chile mencionan explícitamente el fomento del desarrollo de productos madereros durables capaces de almacenar carbono, no se identifican acciones concretas relacionadas con este objetivo en otros instrumentos públicos ni se establece su vínculo con los productos de construcción.

En este contexto, se requiere la participación de actores relevantes que desempeñen roles estratégicos en la implementación de estas políticas públicas, incluyendo entidades gubernamentales, empresas privadas, organizaciones académicas y gremios relacionados con la construcción y la industria forestal.

Actores relevantes

Los actores clave para la implementación de políticas públicas en construcción de madera incluyen organismos sectoriales del aparato público, destacando nueve entidades de influencia nacional.

- El Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu) lidera la generación de políticas habitacionales y de construcción. A través de su División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional (Ditec), colabora con el Centro UC de Innovación en Madera (CIM UC) y el Instituto Forestal (Infor) en iniciativas como el “Plan de Emergencia Habitacional” y la promoción del uso de madera en servicios regionales.
- El Ministerio de Obras Públicas (MOP), encargado de infraestructura, tiene experiencia en proyectos con madera, pero carece de políticas concretas en este ámbito, aunque posee el potencial de promover su uso en edificaciones públicas.
- El Ministerio de Medio Ambiente (MMA) lidera la agenda climática del país. Aunque sus instrumentos destacan la captura de CO₂ de los bosques, existe una oportunidad para reconocer explícitamente los beneficios de los materiales de madera en la construcción y su impacto en la mitigación del cambio climático.

- El Ministerio de Agricultura (Minagri), a través de Corporación Nacional Forestal (Conaf) e Infor, puede fomentar una industria forestal sostenible alineada con su agenda de recuperación y expansión forestal.
- El Ministerio de Economía, mediante Corfo, impulsa una construcción más productiva y sostenible con programas como Construye 2025, enfocados en las regiones forestales y la industria maderera.
- El Ministerio de Ciencias y Tecnologías, mediante Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID), apoya el I+D a través de fondos para proyectos que cierren brechas en la construcción en madera, contribuyendo al diseño de políticas públicas basadas en evidencia.
- Las Gobernaciones regionales, responsables del desarrollo social y territorial, administran recursos como el Fondo Nacional de Desarrollo Regional (FNDR) para proyectos de infraestructura y planes regionales de mitigación y adaptación al cambio climático.
- Las municipalidades, a través de las direcciones de obras municipales, gestionan el desarrollo territorial mediante planes reguladores y acciones locales de mitigación climática.
- Finalmente, actores públicos y privados sin fines de lucro complementan los esfuerzos para densificar ciudades en madera. Entre estos destacan: universidades, Corma, la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT), el Instituto de la Construcción (IC), Chile Green Building Council (Chile GBC), la Asociación de Oficinas de Arquitectos (AoA), la Asociación de Desarrolladores Inmobiliarios (ADI), colegios profesionales, BancoEstado, Superintendencia de Bancos e Instituciones Financieras de Chile (SBIF), Comisión para el Mercado Financiero (CMF) y Asociación de Bancos e Instituciones Financieras de Chile (ABIF), entre otros.

Derivado del análisis de políticas, del levantamiento bibliográfico y las entrevistas, se identifican tres lineamientos de políticas públicas para promover la densificación urbana sostenible en madera en Chile: (i) divulgación de beneficios asociados a la construcción sustentable en madera; (ii) promoción de productos de madera como herramientas de captura de carbono; y (iii) apoyo al desarrollo de edificaciones en madera para dinamizar la industria, que se desarrollan a continuación.

6.1 Entrega de información y divulgación sobre los beneficios de la construcción sustentable en madera

En Chile, como en otros países, la falta de información sobre los beneficios de la construcción en madera y los avances técnicos y normativos recientes ha perpetuado mitos que limitan su adopción en la industria. Aunque iniciativas

como Diseña Madera⁷ han desarrollado más de 200 soluciones certificadas para edificaciones de hasta seis pisos, este progreso sigue siendo desconocido para muchos actores. A pesar de los esfuerzos gremiales y académicos, la difusión de las ventajas de construir con madera, así como de las capacidades tecnológicas y logísticas del mercado chileno, continúa siendo insuficiente.

Además, los avances en el desarrollo de la madera sustentable en Chile, como los principios promovidos por el programa Sustainable Wood for a Sustainable World (SWforSW) de la ONU o las certificaciones internacionales de manejo sustentable (FSC y PEFC), no han logrado posicionarse en la agenda de actores clave de la industria y el Gobierno. Aunque el 70% de los bosques plantados en Chile están certificados (Banco Mundial, 2020), persisten sesgos y dudas sobre los beneficios de los bosques como productores de madera renovable. Esto dificulta el avance de políticas que fomenten su uso en construcciones más sostenibles. Por ello se considera pertinente avanzar en políticas públicas que aborden la entrega de información sobre estas materias en diferentes niveles.

A nivel nacional sectorial (ministerios de Gobierno) es necesario facilitar la entrega de información a funcionarios públicos sobre las ventajas de construir con madera, para que estas sean consideradas en los instrumentos de inversión en infraestructura pública, con énfasis en los planes sectoriales de mitigación y adaptación al cambio climático, e incorporando actividades de difusión y capacitación como el programa SWforSW, que ha realizado diversas campañas informativas desde 2018 para difundir sobre los beneficios sociales económicos y sostenibles del uso de madera en las nuevas edificaciones.

A nivel de gobiernos regionales, resulta fundamental reconocer las capacidades locales para el desarrollo de edificaciones sostenibles en madera, así como su contribución potencial a los planes regionales de cambio climático. De este modo, regiones madereras pueden poner en valor la información sobre su industria, mientras que regiones no madereras pueden identificar beneficios asociados a su necesidad de infraestructura de manera informada. Mientras que, a nivel de municipio, sus planes de cambio climático se presentan como una oportunidad interesante para la generación de acciones que entreguen información relevante respecto a las ventajas ambientales de construir con materiales renovables como la madera. Esto en condiciones similares a las realizadas por iniciativas como Timber First en Londres, en las cuales se consideraba la entrega a desarrolladores inmobiliarios que solicitaban permiso de edificación, información importante y redes para abordar este tipo de proyectos.

⁷ La plataforma Diseña Madera enfocada a la difusión de antecedentes técnicos para la construcción con madera (www.disenamadera.cl) es actualmente parte del portafolio de proyectos del Consorcio Ciudad Madera. Tiene sus orígenes en el año 2019 a través de un proyecto financiado por Corfo y el Minvu, y está albergada dentro del CIM UC.

El resumen de acciones, potenciales actores relevantes y posibles instrumentos de implementación para la presente propuesta puede ser visto en la Tabla 3.

Tabla 3. Entrega de información y divulgación sobre los beneficios de la construcción sustentable en madera

Acciones	Potenciales actores relevantes	Posibles instrumentos de implementación
Desarrollo de seminarios y talleres a profesionales del sector público	Minvu, MMA, MOP, Corfo, Infor y universidades.	<ul style="list-style-type: none"> • Convenios sectoriales con universidades y centros tecnológicos. • Fondos públicos concursables específicos para este fin (ejemplo: Programa Viraliza Eventos de Corfo).
Desarrollo de documentos técnicos que aborden brechas específicas de la construcción con madera en altura.	Minvu, MMA, MOP, Corfo, Infor y universidades.	<ul style="list-style-type: none"> • Convenios sectoriales con universidades y centros tecnológicos. • Fondos públicos concursables específicos para este fin (ejemplo: Programa de Difusión Tecnológica de Corfo).
Consolidación de organismo público-privado que presente antecedentes objetivos respecto a las ventajas de construir en madera.	Universidades, centros tecnológicos, Infor, Corfo y ANID.	<ul style="list-style-type: none"> • Fondos públicos concursables específicos para este fin (ejemplo: financiamiento Corfo o ANID).
Generar misiones tecnológicas internacionales que viajen a Chile y expliquen las oportunidades desde una visión internacional.	Centros tecnológicos, Corfo y organismos privados (Corma, CChC y CDT).	<ul style="list-style-type: none"> • Fondos públicos concursables específicos para este fin (ejemplo: financiamiento Corfo).
Definición de fondos regionales específicos para identificar capacidades regionales y beneficios en el contexto de planes regionales de cambio climático.	Gobernaciones regionales, municipios, Corfo, universidades regionales y asociaciones gremiales con representación regional (CChC o Corma).	<ul style="list-style-type: none"> • Formulación específica de fondos regionales (ejemplo: Fondo de Innovación para la Competitividad Regional FIC-R). • Designación de fondos específicos de gobernaciones regionales.
Desarrollo de compendio informativo a nivel municipal para desarrolladores privados que buscan construir en madera.	Municipios y Corfo	<ul style="list-style-type: none"> • Fondos públicos concursables específicos para este fin. • Designación de fondos municipales específicos.

Fuente: elaboración propia.

Este tipo de iniciativas también son abordadas en políticas públicas como More Timber In Construction en Växjö, Suecia, o el Green Deal Timber Construction Covenant en Holanda, donde han identificado e impulsado el uso de madera en regiones particulares del país.

6.2 Promoción del uso de productos de madera para la captura de carbono en nuevas edificaciones

Tanto los bosques plantados como los productos forestales son parte íntegra de la compensación de emisiones asociadas a la construcción del inventario de carbono nacional. Esto significa que los bosques productivos que cuenten con un manejo sostenible y sus productos cosechados contribuyen de manera importante a la estrategia chilena de carbononeutralidad al 2050⁸. Por ello, es crucial promover la producción de materiales de construcción a base de madera, que no solo disminuyen las emisiones de sectores intensivos en carbono, como la construcción, sino que también capturan y almacenan carbono biogénico a largo plazo. De este modo, algunas acciones de interés para este fin pueden ser vistas en la Tabla 4.

Tabla 4. Promoción del uso de productos de madera para la captura de carbono en nuevas edificaciones

Acciones	Potenciales actores relevantes	Posibles instrumentos de implementación
Reconocer el uso de materiales biobasados que capturen carbono de la atmósfera por largo tiempo y su uso en la construcción por medio de una acreditación o certificación.	Minvu, MOP, centros tecnológicos, organismos privados (Chile GBC, IC y CDT) y colegios profesionales.	• Planes sectoriales de adaptación y mitigación al cambio climático, reconociendo el potencial según sector.
A nivel público, definir un porcentaje mínimo de materiales biobasado en estructuras y sistemas constructivos de edificios públicos.	Minvu, MOP, gobernaciones, municipalidades y Ministerio de Economía.	• Definir en planes de mitigación y adaptación al cambio climático de Minvu, MOP, gobernaciones y municipalidades, metas de porcentajes mínimos de uso de madera en la construcción de edificación nueva con financiamiento público.
Promover el desarrollo de Declaraciones Ambientales de Productos (DAP) para la construcción a nivel nacional.	Minvu, MOP, centros tecnológicos, organismos privados (Chile GBC, IC y CDT) y colegios profesionales.	• Planes sectoriales de adaptación y mitigación al cambio climático, definir acciones específicas (ejemplo: consolidación de una base nacional de información u operador de programa de DAP).
Promover el desarrollo de LCA en nuevas edificaciones, que consideren los flujos de carbón biogénico.	Minvu, MOP, centros tecnológicos, organismos privados (Chile GBC, IC y CDT) y colegios profesionales.	• Planes sectoriales de adaptación y mitigación al cambio climático, definir acciones específicas.
Promover el uso de materiales de origen nacional y local en construcciones públicas.	Minvu, MOP y Ministerio de Economía.	• Planes sectoriales de adaptación y mitigación al cambio climático, definir acciones específicas. • Actualización de normas que faciliten el uso de madera nacional en proyectos.

8 Se espera que el sector compense el 50% de las emisiones, pero la falta de incentivos para nuevos bosques y la reducción en la producción de madera aserrada han disminuido la captura de carbono en los últimos años.

Que los diferentes ministerios sectoriales incorporen en su desarrollo de infraestructura exigencias mínimas de emisiones incorporadas y reconozcan la relevancia del carbón biogénico.	Minvu, MOP, centros tecnológicos, organismos privados (Chile GBC, Instituto de la Construcción y CDT) y colegios profesionales.	<ul style="list-style-type: none"> • Planes sectoriales de adaptación y mitigación al cambio climático, definir acciones específicas.
Generar acciones específicas que promuevan el desarrollo de una industria forestal sustentable, con especial foco en productos cosechados de larga duración para la industria de la construcción.	MMA, Minagri, Minvu, MOP, Ministerio de Economía y Corma.	<ul style="list-style-type: none"> • Incentivos tributarios y/o apoyos fiscales a la plantación forestal sustentable para el desarrollo de productos cosechados de larga duración para la construcción. • Generación de acciones específicas en planes de mitigación y adaptación al cambio climático del MMA, Minagri, Minvu y MOP.

Fuente: elaboración propia.

Este tipo de iniciativas son abordadas en políticas públicas como la finlandesa, que busca utilizar madera en el 31% de las edificaciones públicas para el 2022 y 45% para el 2045, o la de Francia, mediante la Ley de Sustentabilidad del Ministerio de Ciudades y Viviendas, la cual exige incorporar un 50% de materiales biobasados en las nuevas edificaciones públicas. Ambas amparadas bajo el marco del Pacto Verde Europeo y la búsqueda de reducción de emisiones nacionales.

6.3 Apoyo al desarrollo de construcciones sustentables en madera como elementos detonantes de la industria

Países desarrollados como Canadá, Austria o Reino Unido han demostrado la importancia de impulsar proyectos detonantes en madera que rompan con las brechas culturales, vacíos técnicos e inercia del sector construcción. Esto, asumiendo costos o generando subvenciones a través de diversos instrumentos públicos que mitiguen el riesgo asociado a ser los primeros en desarrollar este tipo de proyectos. La concreción de proyectos detonantes ha demostrado abrir la industria, generar ecosistemas y desarrollar nuevas tecnologías más sustentables. Así, en el contexto chileno se considera de interés acciones que pueden ser vistas en tabla inferior.

Tabla 5. Apoyo al desarrollo de construcciones sustentables en madera como elementos detonantes de la industria

Acciones	Potenciales actores relevantes	Posibles instrumentos de implementación
Promoción de centros de investigación o consorcios tecnológicos, de origen público/privados, que aborden los desafíos de la construcción sustentable en madera y en altura.	ANID, Corfo, universidades, organismos privados (CChC, Corma, Instituto de la Construcción y CDT) y colegios profesionales.	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de convocatorias para la entrega de fondos públicos para la consolidación de centros tecnológicos ANID enfocados al desarrollo de la madera en la construcción (ejemplo: potenciar y dar continuidad en el tiempo a centros que potencien la madera). • Elaboración de convocatorias Corfo para la entrega de fondos públicos para el desarrollo de consorcios tecnológicos abocados a la construcción sustentable en madera.
Promoción de concursos y llamados específicos para el financiamiento de I+D, junto a su transferencia, en el desarrollo de edificios de madera en altura.	ANID, Corfo, universidades y centros tecnológicos.	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboración de convocatorias ANID específicas (ejemplo: Fondef). • Elaboración de convocatorias Corfo específicas (ejemplo: Crea y Valida e Innova Región).
Definición de llamados de licitación pública específicos para el desarrollo y construcción de edificios con baja huella ambiental y la incorporación de materiales renovables con alta captura de carbón.	Minvu, MOP y Corfo.	<ul style="list-style-type: none"> • Llamados de licitación para el desarrollo de vivienda social en madera. • Llamados de licitación para el desarrollo de proyectos públicos en madera. • Fondos concursables Corfo para el desarrollo de proyectos detonantes en madera.
Incorporación de beneficios a nivel municipal en permisos de edificación para proyectos que incorporen materiales renovables con captura de carbono.	Municipios, Minvu y direcciones de obra.	<ul style="list-style-type: none"> • Directrices a nivel de Dirección de Obra Municipal para la entrega de beneficios a proyectos detonantes en madera (ejemplo: prioridad en la revisión de permisos, entrega de beneficios en constructibilidad, y/o reducir los costos de algunos de los trámites asociados a proyecto).

Reducción de la carga tributaria asociada a proyectos detonantes en madera sustentable en altura.	Cámaras de Diputados y Senadores, Ministerio de Hacienda, Tesorería General de la República, Servicio de Impuestos Internos y municipio.	<ul style="list-style-type: none"> • Beneficios asociados a la reducción de tributos por contribuciones de bienes raíces. • Reducción de impuestos municipales asociados al otorgamiento de patentes comerciales. • Condiciones preferenciales a través del crédito especial para las empresas constructoras (CEEC) con relación al IVA de edificaciones de madera detonantes (ejemplo: mantención de condiciones en primera etapa transitoria durante segunda etapa transitoria de la ley que modifica diversos cuerpos normativos para adecuarlos al plan de emergencia habitacional y facilitar la ejecución de obras urbanas).
Coordinación con la banca para el financiamiento y promoción de proyectos de madera sustentable en altura.	Minvu, Ministerio de Economía, Banco Estado, agencias gubernamentales (Agencia Sustentabilidad y Cambio Climático), SBIF, CMF, ABIF y organismos privados (CChC y ADI).	<ul style="list-style-type: none"> • Entrega de créditos hipotecarios con tasas preferenciales (ejemplo: créditos verdes). • Acceso a financiamiento verde (ejemplo: principios de la taxonomía verde). • Generación de directrices y/o reglamentos para la evaluación de entrega de financiamiento a desarrolladores de proyectos detonantes en madera. • Generación de directrices y/o reglamentos para el aseguramiento de proyectos detonantes en madera.

Fuente: elaboración propia.

Este tipo de iniciativas son abordadas de manera consistente en políticas públicas de Canadá, como en Tall Wood Building Demonstration Initiative (2013) o en el Green Construction Wood Program (2017, hasta la actualidad), programas que han invertido en el subsidio de proyectos de I+D para construir edificaciones demostrativas con nuevas tecnologías en madera.

7. Orientaciones respecto a la implementación

Debido a los efectos multisectoriales de políticas públicas orientadas a fomentar el uso de la madera en la construcción de edificaciones y su potencial para el desarrollo de la economía, se identifica como necesario la definición de un organismo transversal que aborde toda la cadena de valor de la construcción en madera sustentable y sus efectos para el país. Más aún, con el fin de desarrollar políticas públicas efectivas, este organismo debe contar con el apoyo tanto del sector público como la academia y privado.

La construcción de una mesa intersectorial liderada por MMA y su división de cambio climático es una oportunidad para alcanzar la meta de carbononeutralidad chilena que depende en un 50% de la captura de bosques y desarrollo de los productos cosechados de madera. Asimismo, el desarrollo del Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático impulsado por el MMA, o el aporte de este ministerio a la futura actualización de la Estrategia Climática de Largo Plazo, es una oportunidad clara para el fomento de este tipo de políticas públicas y su posterior bajada a los distintos planes de mitigación y adaptación desarrollado por los ministerios sectoriales pertinentes.

De igual modo, esta mesa debería tomar como base el trabajo avanzado en instancias previas por actores como el Ministerio de Agricultura y su Mesa de la Madera, la Comisión Futuro previamente mencionada y programas impulsados desde Corfo a nivel regional. Así, con un foco en la densificación de ciudades en madera y sus beneficios para la captura y mitigación de las emisiones de carbono nacional, esta instancia liderada por el MMA debería trabajar en conjunto al menos con el Minvu, el MOP, Minagri y Corfo, a fin de generar acciones que permitan el desarrollo de edificaciones de madera sustentable en altura en todas las ciudades de Chile y con el objetivo de dar un vuelco a la tendencia a la baja respecto a la captura de carbono del sector forestal y emisiones del sector construcción.

De lo anterior, se destaca que algunas de estas acciones e iniciativas de políticas públicas deberían ser recogidas en las actualizaciones de los planes de mitigación y adaptación al cambio climático sectoriales, regionales y municipales, junto a su incorporación de manera explícita en programas que promuevan la construcción sustentable por parte de los ministerios involucrados. Asimismo, la actualización de normas técnicas de construcción y productos para la construcción sustentable en madera es fundamental (por ejemplo, NCh 1198 y NCh 433 en temas estructurales o la incorporación de normas similares a la UNE-EN 16449:2014 que entrega directrices para la cuantificación del carbón biogénico en la madera) a fin de volver esta alternativa más competitiva respecto a sistemas tradicionales basados en combustibles fósiles y que muchas veces son importados de otros países.

De esta manera, el trabajo de la mesa intersectorial, basado en las propuestas de políticas públicas identificadas, tiene el potencial de transformar la industria de la construcción en Chile. El impulso a los edificios de madera en segmentos de seis a 15 pisos representa una oportunidad histórica para consolidar la madera como un material competitivo y sostenible en el sector. A pesar de contar con la tecnología y capacidades necesarias, la participación de la madera en este segmento sigue siendo inexistente, según datos del INE 2021, lo que resalta la urgencia de estas acciones. A su vez, unidas a estrategias de construcción industrializada, podrían permitir mejorar aspectos del

sector como la productividad y capacidad de apoyar la reducción del déficit habitacional y necesidad de infraestructura a nivel país.

Además, el incremento en la demanda de madera para edificaciones de mayor altura generaría un efecto multiplicador, impulsando el desarrollo de productos de alto valor agregado y aumentando la captura de carbono biogénico en el tiempo. Este avance no solo dinamizaría la economía forestal, sino que también contribuiría al aumento de la masa forestal nacional, fortaleciendo el balance de carbono en los inventarios del país y consolidando el compromiso de Chile con la carbononeutralidad al 2050. Esta visión integrada, alineada con objetivos económicos, sociales y ambientales, marca el camino hacia un futuro más sostenible para la construcción en el país.

En conclusión, la densificación urbana mediante la construcción sostenible en madera es clave para reducir las emisiones de carbono y avanzar hacia la neutralidad climática en Chile, tal como establece la Estrategia Climática de Largo Plazo. La madera proveniente de bosques sustentables puede capturar hasta 3,67 kilos de CO₂ por cada kilo de carbono almacenado, destacándose como una alternativa con menor impacto ambiental frente a materiales como el hormigón y el acero. Para ello, es esencial implementar políticas públicas que promuevan su uso, como análisis de ciclo de vida en edificaciones y requisitos mínimos de madera en proyectos públicos, además de superar barreras normativas y culturales.

Referencias

- Advisory Committee on Sustainable Forest-based Industries (Acsfi)** (2020). *Status of public policies encouraging wood use in construction—an overview*. Food and Agriculture Organization [FAO]. Disponible en: <https://www.fao.org/forestry-fao/49801-0cae892398185071321d397e2c1e0d520.pdf>
- Aenor** (2014). UNE-EN 16449; Wood and wood-based products. Calculation of the biogenic carbon content of wood and conversion to carbon dioxide.
- AIA, USDA FLP y FPIInnovations** (2015). *Solid Timber Construction. Off-Site Studies*. Disponible en: https://www.nibs.org/files/pdfs/NIBS_OSSC_OffSiteStudies_STC2015.pdf
- Banco Mundial** (2020). *Los bosques de Chile: Pilar para un desarrollo inclusivo y sostenible*. Disponible en: <https://documents1.worldbank.org/curated/en/466411591268480067/pdf/Chile-s-Forests-A-Pillar-for-Inclusive-and-Sustainable-Development.pdf>
- Bunster, V. y Bustamante, W.** (2020). *A mass personalization platform to reduce life-cycle energy demand in Chilean social housing View project Groundhog: Open Source lighting analysis for everyone View project*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21107.55843>
- Churkina, G., Organschi, A., Reyer, C.P.O., Ruff, A., Vinke, K., Liu, Z., Reck, B.K., Graedel, T.E. y Schellnhuber, H.J.** (2020). Buildings as a global carbon sink. *Nature Sustainability*, 3(4), pp. 269–276. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0462-4>

- Comisión Nacional de Productividad** (2020). *Productividad en el Sector de la Construcción*. Disponible en: <https://cnep.cl/wp-content/uploads/2021/08/Productividad-Sector-Construcion.pdf>
- Crawford, R.H., Bartak, E.L., Stephan, A. y Jensen, C.A.** (2016). Evaluating the life cycle energy benefits of energy efficiency regulations for buildings. En: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 63, pp. 435-451. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.061>
- Elhacham, E., Ben Uri, L., Grozovski, J., Bar-On, Y.M., Milo, R.** (2020). Global human-made mass exceeds all living biomass. *Nature* 588, 442–444. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-3010-5>
- Gysling, J., Kahler, C., Soto, D., Mejias, W., Poblete, P., Álvarez, V., Bañados, J.C., Baeza, D. y Pardo, E.** (2021). *Madera y Construcción: Hacia una simbiosis estratégica*. Disponible en: <https://bibliotecadigital.infor.cl/bitstream/handle/20.500.12220/31291/31291.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Hildebrandt, J., Hagemann, N. y Thrän, D.** (2017). The contribution of wood-based construction materials for leveraging a low carbon building sector in Europe. *Sustainable Cities and Society*, 34, pp. 405-418. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.06.013>
- International Energy Agency (IEA)** (2018). *2018 Global Status Report Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector*. Disponible en: <https://worldgbc.org/wp-content/uploads/2022/03/2018-GlobalABC-Global-Status-Report.pdf>
- International Energy Agency (IEA)** (2019). *Global Alliance for Buildings and Construction*. Disponible en: <https://www.iea.org/reports/global-status-report-for-buildings-and-construction-2019>
- Instituto Nacional de Estadísticas (INE)** (2024). *Permisos de edificación*. Disponible en: <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/economia/edificacion-y-construccion/permisos-de-edificacion>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)** (2023). *Climate change 2023 Synthesis Report*. Disponible en: https://www.ipcc.ch/report/ar6-syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf
- Kibert, C.J.** (2001). Policy instruments for sustainable built environment. *Land Use & Envtl. L.*, 17, 379. Disponible en: <https://www.iisbe.org/iisbe/gbpn/documents/policies/research/pol-instruments-forSB-kibert.pdf>
- Matrix Consulting y Cámara Chilena de la Construcción** (2020). *Estudio de productividad: Impulsar la productividad de la industria de la Construcción en Chile a estándares mundiales*. Disponible en: <https://issuu.com/camaraconstruccion/docs/resumen-ejecutivo-estudio-de-productividad-constru>
- McKinsey & Company** (2017). Reinventing Construction: A Route To Higher Productivity. *McKinsey & Company, February*, 168.
- Ministerio de Desarrollo Social y Familia** (2023). *Encuesta Casen 2006-2022: Déficit habitacional cuantitativo y asequibilidad de la vivienda en Chile*. Disponible en: https://observatorio.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/storage/docs/casen/2022/Resultados_Vivienda_Casen_2022.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente** (2024). *Sector UTCUTS*. Disponible en: <https://snichile.mma.gob.cl/sector-uso-de-la-tierra-cambio-de-uso-de-la-tierra-y-silvicultura/>

- Mukim, M. y Roberts, M.** (2023). Thriving: Making Cities Green, Resilient, and Inclusive in a Changing Climate. World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/38295>
- PMG e Idiem** (2018). *Acompañamiento Proyecto Construcción Industrializada*. Disponible en: <https://construye2025.cl/2022/07/20/estudio-acompanamiento-proyecto-construccion-industrializada/>
- Pugh, T.A.M., Lindeskog, M., Smith, B., Poulter, B., Arneth, A., Haverd, V. y Calle, L.** (2019). Role of forest regrowth in global carbon sink dynamics. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 116(10), pp. 4382–4387. <https://doi.org/10.1073/pnas.1810512116>
- Ramage, M.H., Burridge, H., Busse-Wicher, M., Fereday, G., Reynolds, T., Shah, D.U., Wu, G., Yu, L., Fleming, P., Densley-Tingley, D., Allwood, J., Dupree, P., Linden, P.F. y Scherman, O.** (2017). The wood from the trees: The use of timber in construction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68 (September 2016), pp. 333-359. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.107>
- Ritchie, L., Lavisci, P., Carter, N., Kennedy, T., Forest and Wood Products Australia y WoodSolutions** (2019). *Cost engineering of mid-rise timber buildings*. Disponible en: <https://www.woodsolutions.com.au/publications/cost-engineering-mid-rise-timber-buildings>
- Rodriguez-Soria, B., Dominguez-Hernández, J., Pérez-Bella, J.M., y Del Coz-Díaz, J.J.** (2014). Review of international regulations governing the thermal insulation requirements of residential buildings and the harmonization of envelope energy loss. En: *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 34, pp. 78-90. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.03.009>
- Rüter, S., William Matthews, R., Lundblad, M., Sato, A. y Ahmed Has-san, R.** (2019). *Chapter 12 Harvested Wood Products*. Disponible en: https://www.ipcc-nngip.iges.or.jp/public/2019rf/pdf/4_Volume4/19R_V4_Ch12_HarvestedWoodProducts.pdf
- Stephan, A., Crawford, R.H. y De Myttenaere, K.** (2013). A comprehensive assessment of the life cycle energy demand of passive houses. *Applied Energy*, 112, pp. 23-34. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.05.076>
- Stephenson, N.L., Das, A.J., Condit, R., Russo, S.E., Baker, P.J., Beckman, N.G., Coomes, D.A., Lines, E.R., Morris, W.K., Rüger, N., Álvarez, E., Blundo, C., Bunyavejchewin, S., Chuyong, G., Davies, S. J., Duque, Á., Ewango, C.N., Flores, O., Franklin, J.F., ... Zavala, M.A.** (2014). Rate of tree carbon accumulation increases continuously with tree size. *Nature*, 507 (7490), pp. 90-93. <https://doi.org/10.1038/nature12914>
- Stocchero, A., Seardon, J.K., Falshaw, R. y Edwards, M.** (2017). Urban Equilibrium for sustainable cities and the contribution of timber buildings to balance urban carbon emissions: A New Zealand case study. *Journal of Cleaner Production*, 143, pp. 1001-1010. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.020>
- The Economist Intelligence Unit** (2019). Resilience to climate change? A new index shows why developing countries will be most affected by 2050. Disponible en: http://www.eiu.com/public/thankyou_download.aspx?activity=download&campaignid=climatechange2019

UN-Habitat (2022). *World Cities Report 2022: Envisaging the Future of Cities*. Disponible en: https://unhabitat.org/sites/default/files/2022/06/wcr_2022.pdf

Victorero, F., Bustamante, W. y Ubilla, M. (2024). Edificios de entramado de madera de media altura y su potencial para reducir los GEI en diferentes climas: El caso chileno y su objetivo de carbono neutralidad para 2050. *Actas Del Congreso Latinoamericano de Estructuras de Madera*.

Victorero, F., Méndez, D. y Bascuñán, F. (2023). *Base de datos e indicadores para el seguimiento de la construcción en Chile*. Centro UC de Innovación en Madera (CIM UC). Disponible en: https://madera.uc.cl/images/recursos/Base_de_datos_e_indicadores_para_el_seguimiento_de_la_construcción_en_Chile.pdf

WoodWorks (2023). *Tests Highlight Seismic Resilience of Tall Mass Timber*. Disponible en: <https://www.woodworks.org/tests-highlight-seismic-resilience-of-tall-mass-timber/>

CÓMO CITAR ESTE CAPÍTULO:

Victorero, F., Caamaño, J.L. y Méndez, D. (2025). Ciudades sostenibles en madera: políticas públicas para la densificación de ciudades con bajas emisiones de carbono. En: Centro de Políticas Públicas UC (ed.), *Propuestas para Chile. Concurso Políticas Públicas 2024. Pontificia Universidad Católica de Chile*, p. 79-113.

