

**PROGRAMA ESTRATÉGICO NACIONAL**  
**PRODUCTIVIDAD Y CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE**



**INFORME FINAL**  
**PROFUNDIZACIÓN DE INICIATIVAS DE LA HOJA DE RUTA PARA SU**  
**IMPLEMENTACIÓN**  
**INICIATIVA INDUSTRIALIZACIÓN Y PREFABRICACIÓN**

AGOSTO DE 2016

Arq. Alejandra Tapia Soto

# ÍNDICE

1.	ALCANCE, OBJETIVOS Y ESTRATEGIA METODOLÓGICA .....	4
1.1.	ALCANCE.....	4
1.2.	OBJETIVO GENERAL.....	5
1.3.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.4.	ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	5
2.	LA TRANSFORMACIÓN ECONÓMICA.....	8
2.1.	CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN .....	9
2.2.	CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO DE LA VIVIENDA .....	12
2.3.	LA VIVIENDA DE EMERGENCIA, SOCIAL Y EL ROL DE LA PREFABRICACIÓN COMO SOLUCIÓN....	12
3.	INICIATIVAS A NIVEL PAÍS.....	14
3.1.	INICIATIVAS, COMPROMISOS Y METAS: VISIÓN PAÍS .....	14
3.2.	CONSTRUYE 2025 INTEGRACIÓN DE INICIATIVAS.....	17
4.	INDUSTRIALIZACIÓN Y PREFABRICACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN .....	19
4.1.	REVISIÓN DE CONCEPTOS .....	19
4.2.	TENDENCIAS .....	22
5.	REFERENTES INTERNACIONALES E INSTITUCIONALIDAD.....	35
5.1.	CASO NUEVA ZELANDIA .....	35
5.2.	CASO JAPÓN .....	36
5.3.	CASO DE AUSTRALIA, HOJA DE RUTA (2014) .....	36
5.4.	CASO MODULAR BUILDING INSTITUTE (MBI) .....	37
5.5.	OTRAS INICIATIVAS CONCURSOS Y EXPOSICIONES.....	38
6.	REFERENTES NACIONALES Y STAKE HOLDERS.....	39
6.1.	PREFABRICADOS EN HORMIGÓN .....	39
6.2.	CONSTRUCCIÓN EN ACERO .....	42
6.3.	CONSTRUCCIÓN EN MADERA.....	44
7.	ANÁLISIS FODA .....	48

8.	BRECHAS Y SOLUCIONES .....	50
8.1.	CONDICIONES NECESARIAS PARA DESARROLLO DE OFERTA Y DEMANDA.....	51
8.2.	OFERTA DE VALOR.....	52
8.3.	INICIATIVAS HABILITANTES .....	53
9.	IMPACTOS DE UN NUEVO PARADIGMA DE INDUSTRIALIZACIÓN.....	55
10.	CONCLUSIONES .....	59
11.	BIBLIOGRAFÍA .....	60
12.	ANEXOS .....	62

# 1. ALCANCE, OBJETIVOS Y ESTRATEGIA METODOLÓGICA

## 1.1. ALCANCE

La iniciativa "Industrialización y Prefabricación" surge a partir de las etapas de Diagnóstico y Construcción de Hoja de Ruta del Programa Estratégico Nacional Productividad y Construcción Sustentable (2015), hoy Construye 2025, y ha sido validada a través de talleres donde participaron actores públicos, privados y representantes de la academia, en su desarrollo se reconoce una serie de brechas en productividad, sustentabilidad y tecnología.

La iniciativa nace en base a la problemática que plantea la **productividad operacional de la construcción habitacional**, medida en m<sup>2</sup>/hh, donde Chile alcanza tan solo un **55% de la de EEUU en el año 2007** (McKinsey & Company 2007) **bajando a un 48%** en el año 2011 (McKinsey & Company 2011).

En cuanto a la incidencia de los aspectos que influyen en la productividad operacional en la construcción habitacional, los estudios citados realizan una comparación que se desglosa de la siguiente manera:

**7%** corresponde al tema de **Materiales eficientes**, lo que se traduce como brecha en un "**bajo uso de materiales prefabricados**"

**32%** corresponde **Eficiencia operacional**, vinculada a una "**baja adopción de métodos avanzados de gestión**", "**Fragmentación de etapas críticas como diseño y construcción**", "**Falta de capacitación a trabajadores**", "**Deficiente rol de supervisión**".

**13%** corresponde a **Diferencias estructurales** en relación al "**costo capital con respecto a mano de obra**" y "**estructuras antisísmicas**"

En el análisis del 2007 destaca además las siguientes brechas, "**falta de estandarización de los procesos productivos**", y "**Menor estandarización de medidas**". En cuanto al capital humano resalta la "**falta de conocimientos y capacidades de los empleados**", "**Falta de certificaciones validadas**", y "**Falta de entrenamiento on the job**".

La iniciativa **Industrialización y Prefabricación**, si bien tiene como punto de partida el análisis realizado por McKinsey & Company, en cuanto a un bajo uso de materiales prefabricados también influye la eficiencia operacional.

La profundización de la iniciativa busca contextualizar estos aspectos en el ámbito nacional considerando al desarrollo futuro al que apunta el sector de la construcción en Chile, y el estado del arte de las tendencias internacionales, tanto en el sector privado como en las distintas políticas de gobierno que se focalizan en metas a largo plazo en productividad y sustentabilidad.

La propuesta para la profundización de la iniciativa se centra en una revisión en el estado del arte de estos conceptos, "industrialización y prefabricación", en la aplicación de los principales materiales de construcción: **madera, acero y hormigón**, en estructuras, fabricación de paneles, recintos prefabricados (3D); y componentes no estructurales. Su alcance corresponde principalmente al habitacional.

En una primera revisión de conceptos se detecta que la definición de **industrialización y prefabricación**, tiende a confundirse tanto en la literatura especializada como en las percepciones de los actores del rubro. Por esta razón, a partir de la revisión de bibliografía, se opta por la identificación de tendencias relacionadas a estos conceptos, más que por una definición conceptual. La caracterización de estas tendencias ayuda a orientar posteriormente líneas de trabajo futuras y la determinación de brechas para el desarrollo de un nuevo paradigma de la construcción industrializada y prefabricada en Chile.

## 1.2. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de este informe es generar una **propuesta de valor estratégica** para el sector, basada en la Industrialización y Prefabricación de la construcción con el fin de contribuir a alcanzar las metas de productividad y sustentabilidad que el programa CONSTRUYE 2025 ha planteado, identificando las condiciones necesarias para el desarrollo de la oferta y demanda, las iniciativas habilitantes, y la oferta de valor que poseen soluciones nuevas y existentes.

## 1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Profundizar el diagnóstico de brechas, oportunidades e iniciativas del sector.
- Levantar el estado del arte de la industrialización de la construcción a nivel nacional y referentes internacionales.
- Establecer una orientación a actores públicos y privados para la formulación de las iniciativas que habiliten el desarrollo de la oferta y demanda de la industrialización y prefabricación en la construcción.
- Establecer las **condiciones necesarias** para desarrollar tanto la oferta como la demanda de la industrialización y prefabricación de la construcción.
- Identificar **la oferta de valor** para soluciones existentes y generación de nuevas soluciones basadas en I+D para responder a las condiciones de desarrollo de oferta y demanda presentes y futuras de acuerdo a los compromisos asumidos por el país.
- **Identificar las iniciativas habilitantes** para el desarrollo de una oferta de valor que responda a las condiciones de demanda y proponer aquellas necesarias que no ha sido posible detectar.

## 1.4. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

Se propone la profundización de diagnóstico y levantamiento de iniciativas a partir de información bibliográfica y de terreno, a través de reuniones y entrevistas con stakeholders, con el fin de detectar las necesidades, problemas e iniciativas del sector teniendo en consideración algunas de las líneas de trabajo definidas en la etapa de construcción de Hoja de Ruta del programa CONSTRUYE 2025.

La metodología planteada se fundamenta en la necesidad de profundizar en los conocimientos del sector debido a la dispersión de actores y diversidad de temas que toda la cadena de valor. Por otra parte, el programa CONSTRUYE 2025 requiere de más iniciativas que contribuyan en forma estratégica al cierre de brechas de la temática.

## RELACIÓN CON STAKEHOLDERS

La relación con stakeholders, entendidos como individuos o grupos que afectan o se ven afectados por la iniciativa y su alcance, permite registrar conocimientos, visiones e iniciativas particulares que contribuyan al cierre de brechas y cumplimiento de metas del programa. Además se recogen distintas iniciativas y políticas públicas relacionadas a los temas de productividad y sustentabilidad, de tal forma de que las líneas de trabajo respondan un alineamiento estratégico frente a objetivos y metas.

En esta etapa se establecen las siguientes preguntas: ¿Por qué relacionarse?, ¿Con quién relacionarse? y ¿Para qué relacionarse? A continuación el esquema de este proceso.<sup>1</sup>

## GRUPOS DE INTERÉS Y LÍNEAS DE TRABAJO: COORDINACIÓN Y CAPITAL HUMANO

Se abordan determinados grupos de interés que se vinculan a temas de coordinación y capital humano relacionados a las líneas de trabajos propuestas en el diseño de Hoja de Ruta del programa.

No obstante el alcance de este informe considera dos aspectos de los cuatro planteados, la institucionalidad existente en torno a la conformación de gremios, y la integración con otras iniciativas que nacen del ámbito público en forma estratégica. Los temas de desarrollo de capital humano y normativa, no son abordados en el alcance de este informe.



Cuadro: Líneas de trabajo agrupadas en base a la temática de Coordinación y Capital Humano. Fuente: Elaboración propia en base a ficha de iniciativa, en Presentación de Hoja de Ruta (CPIE, enero de 2016).

## DESARROLLO DE INSTITUCIONALIDAD Y COORDINACIÓN DE AGENTES

A nivel nacional, se contactará a aquellas instituciones y/o gremios que se relacionan a la promoción de los tres principales materiales de construcción: hormigón, acero y hormigón

### ¿Con quién relacionarse?

Se entrevista a actores de instituciones y gremios relacionadas a la promoción de los tres principales materiales de construcción utilizados tanto en estructuras como materiales que conforman parte de la envolvente de una edificación.

### ¿Por qué relacionarse?

En general este tipo de instituciones apunta a intereses comunes en cuanto a la promoción del uso de materiales de construcción específicos, a través de difusión tecnológica, desarrollo de sistemas constructivos, normativas, formación y capacitación de capital humano, y otras acciones en la cadena de valor del mismo.

<sup>1</sup> Manual para la Práctica de las Relaciones con Grupos de Interés. <http://www.accountability.org/images/content/2/0/204.pdf>

### ¿Para qué relacionarse?

El establecer una relación con grupos que poseen un mismo interés, responde a tener una mayor cobertura a través de la institución, y de esta forma detectar necesidades y problemas comunes, así como facilitar el acceso a información de iniciativas.

### INTEGRACIÓN CON OTRAS INICIAIVAS

Se revisa las iniciativas planteadas por el sector público a nivel estratégico, aquellas que se relacionan al sector construcción enfocadas en sustentabilidad y productividad.

### ¿Con quién relacionarse?

Se revisa las principales estrategias planteadas al sector por organismos públicos, éstos son los ministerios de Vivienda y Urbanismo, de Energía, de Obras Públicas y CORFO, los programas de especialización inteligentes Transforma.

### ¿Por qué relacionarse?

Porque existe un esfuerzo del sector público por establecer metas y compromisos estratégicos a largo plazo, para que la industria pueda adoptarlos.

### ¿Para qué relacionarse?

El objetivo es detectar iniciativas y metas en común para encontrar puntos de convergencia y articulación, de tal forma de descubrir sinergias y alinear esfuerzos.

### REFERENTES NACIONALES Y LÍNEAS DE TRABAJO: TECNOLOGÍA

Respecto a las líneas de trabajo asociadas a tecnología, se realiza un levantamiento en cuanto al estado del arte a nivel internacional, a partir de casos puntuales y hojas de ruta diseñadas para la industrialización del sector de la construcción, como lo son los casos de Nueva Zelandia y Australia, y una institución privada en Estados Unidos. En estos ejemplos, también se abordan temas de institucionalidad como parte de la implementación.

En relación a la experiencia nacional, se levantan referentes que dan cuenta del estado del arte del sector y sus capacidades en cuanto a absorción de tecnología y tendencias reconocidas en el mercado de la industrialización de viviendas.



Cuadro: Líneas de trabajo agrupadas en base a la temática de tecnología. Fuente: Elaboración propia en base a ficha de iniciativa en Presentación de Hoja de Ruta (CPIE, enero de 2016).

En la temática "tecnología", las líneas de trabajo se abordan de la siguiente manera:

### **1. Estudio de soluciones industrializadas**

Se consideran las principales tendencias internacionales en materia de industrialización de viviendas, así como servicios y productos.

### **2. Evaluación de capacidades de la industria**

Este informe registra capacidades de la industria de forma cualitativa, basándose en las competencias tecnológicas de la industria y la absorción de tecnología.

### **3. Generación de soluciones a fines**

Las soluciones se enfocan a partir de las distintas tendencias que marcan su desarrollo, basadas en soluciones industrializadas.

### **4. Difusión y desarrollo de experiencias piloto**

Se identifican experiencias internacionales con gran potencial de desarrollo, las que requieren ciertas condiciones habilitantes que se abordan a modo de líneas de trabajo.

## **2. LA TRANSFORMACIÓN ECONÓMICA**

La transformación económica ha sido el motor de CORFO desde los inicios de la institución. Es posible entender una primera definición de este término a través de la publicación de un artículo en la revista "Arquitectura y Construcción", en marzo de 1946, donde el Vicepresidente Ejecutivo de la institución<sup>2</sup>, escribe el texto "*Algunas ideas sobre industrialización*", en el que plantea la búsqueda por alcanzar una solución al problema de la industrialización en Chile, focalizándose en dos aspectos. El primero se relaciona al abastecimiento del mercado interno poniendo especial énfasis en los precios, de tal manera que fuese rentable para las industrias nacionales. Y un segundo aspecto basado en los excedentes de la producción nacional, bajo el anhelo de ser exportados, para lograr una mayor disponibilidad de divisas extranjeras. Estos aspectos tenían dos simbolismos marcados, por una parte el nacionalismo y por otra, solucionar problemas sociales como la extrema pobreza, generar fuentes de empleos para obreros y operarios, elevar el nivel de vida, crear empleos para técnicos y empleados, entre otros, basándose en la experiencia de EEUU, Rusia y Suecia. Los esfuerzos de la institución en aquella época, se centraban en pasar de una economía agraria y minera, basada en la extracción y explotación de materias primas, hacia una economía industrializada. Asociado a este tema, estuvo la producción de la energía eléctrica y su ordenamiento territorial a través de la estrategia impulsada por ENDESA (Mondragón y Téllez, 2006: 225).

Setenta años después, los esfuerzos de CORFO continúan, se persigue en parte los mismos objetivos, pero el escenario ha cambiado, los países han abierto sus fronteras y la globalización es una realidad, existen nuevos desafíos en el desarrollo de economías y competitividad a nivel internacional. Por otra parte, surgen nuevas necesidades, tales como el desarrollo sustentable de las naciones y compromisos medioambientales internacionales; el agotamiento de las materias primas y energías no renovables; el impacto de las emisiones GEI relacionadas al cambio climático; la generación de residuos y uso del agua;

---

<sup>2</sup> Artículo publicado en la revista Arquitectura y Construcción (marzo de 1946) por Oscar Gajardo Villarroel. En: "Arquitectura y Construcción. Chile 1945-1950. Una Revista de Arquitectura Moderna" Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Paisaje. Universidad Central de Chile.

entre otros. Así como la demanda por mejorar la calidad de vida de la población, la generación de empleos de calidad, y eficiencia energética, son algunos de los temas del escenario presente.

## 2.1. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

En el contexto actual, los antecedentes exhibidos en la Hoja de Ruta de CONSTRUYE 2025 caracterizan al sector de la construcción a nivel nacional con el sexto lugar en su aporte al producto interno bruto. A continuación las cifras que lo describen.

*El sector aporta con un 7,8% al PIB, y con un 8,4% de participación en empleos al 2015. Entre 2003 y 2010, la actividad de la construcción fue responsable del 55% de la inversión total del país. Asimismo, al año 2012 el tamaño del mercado total de la construcción, incluyendo tanto infraestructura como edificación, fue de aproximadamente US\$ 29.900 millones de inversión anual, de los cuales un 35%, equivalente a US\$ 10.640 millones, correspondieron a edificación residencial y no residencial. El sector a su vez agrupa a 30 mil empresas relacionadas con el rubro de la construcción Comercial, Pública y Residencial (CPR) donde trabajan 700 mil personas. Un 98% son PYMES, las que crean el 81% de los puestos de trabajo en el sector y aportan el 34% de la facturación. Otros aspectos de la caracterización del sector, corresponde a que es responsable de un 33% de las emisiones de GEI (MMA, 2012); el 26 % del consumo de energía en etapa de operación, CPR (CDT, 2015); a nivel país hay más de 5,7 millones de viviendas existentes, y año a año se construyen alrededor de 150.000 viviendas (MINVU, 2014).<sup>3</sup>*

### EL ACERO Y EL HORMIGÓN

Entre los materiales más usados en la construcción se encuentran el acero y el cemento, sin embargo éstos han sufrido importantes cambios en los últimos periodos en cuanto a su uso, se han visto afectados por los altos precios de la energía y la oferta del mercado mundial. A continuación, se presenta información publicada por el Informe de Macroeconomía y Construcción de la Cámara Chilena de la construcción MACH 43 (2015), respecto a su desarrollo.

En cuanto al acero para Chile, China es el principal proveedor con más del 50% del total de valor CIF<sup>4</sup> de las importaciones, en consecuencia, el entorno adverso de costos y el acelerado aumento de la oferta siderúrgica mundial lleva a una reestructuración reciente del mercado local (CCHC, 2015). Esta reestructuración favorece la potenciación de los productos largos, barras, en comparación a los planos<sup>5</sup>, afectando en menor medida a los productos de este tipo utilizados en la construcción de edificios.

La industria del cemento, no escapa al crecimiento de las importaciones y al aumento del costo de la energía, últimamente se han integrado nuevos actores a competir. Asimismo, se ha ampliado la capacidad de producción local. Entre enero y marzo del 2015, el consumo aparente del cemento se expandió 12,6% respecto de igual periodo del año anterior y 3% en la tendencia de mediano plazo. No obstante las importaciones aumentaron en comparación a los despachos nacionales, marcando un 31,6% en cuanto a su tendencia (CCHC, 2015).

A continuación se muestra un cuadro con las tendencias de importaciones y despachos del cemento y de las barras de acero.

---

<sup>3</sup> Consultora PMG, Informe Final de Hoja de Ruta CONSTRUYE 2025. Santiago, enero de 2016.

<sup>4</sup> Cláusula de compraventa que incluye el valor de las mercancías en el país de origen, el flete y seguro hasta el punto de destino

<sup>5</sup> Se refiere a las barras por sobre las planchas.

TABLA 1  
CONSUMO DE CEMENTO Y BARRAS DE ACERO E ÍNDICES GENERALES DE INSUMOS, DE ENERO A SEPTIEMBRE

	2014	2015	Variación anual	
	Toneladas		Serie original	Tendencia*
<b>Cemento</b>				
Despacho	73.557	76.630	4,2%	1,7%
Importaciones	375.680	471.007	25,4%	31,6%
<i>Consumo aparente</i>	<i>84.758</i>	<i>95.421</i>	<i>12,6%</i>	<i>3%</i>
<b>Barras de acero para hormigón</b>				
Despacho	455.110	373.078	-18,0%	6,9%
Importaciones	131.613	125.905	-4,3%	5,4%
<i>Consumo aparente</i>	<i>586.723</i>	<i>498.983</i>	<i>-15%</i>	<i>8%</i>
<b>Indicadores generales (índices)</b>				
	Promedio de variación anual			
	2014	2015	Tendencia	
Despachos físicos	-19,6%	-1%	2,5%	
Ventas de proveedores	2,6%	10,7%	3,9%	

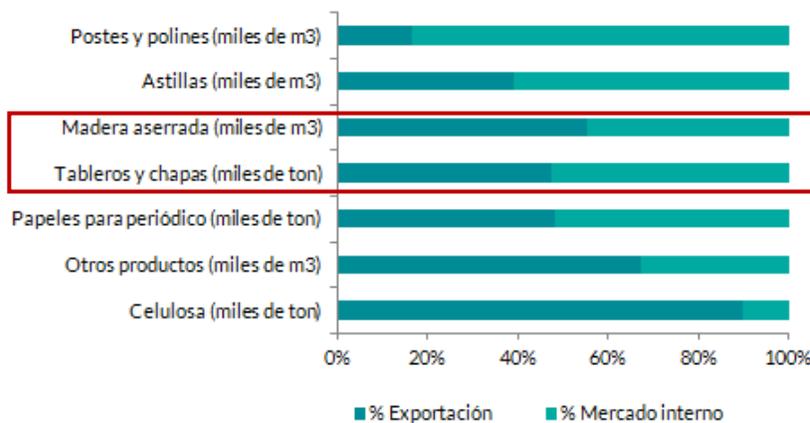
Fuente:  
MACH43  
(CCHC, 2015).

(\*) En base a serie acumulada entre 1990-2014, filtrada según criterio Hodrick-Prescott.  
Fuente: CChC.

## LA MADERA

La madera como material renovable y recurso natural de Chile, destaca su alto potencial de desarrollo tanto para el mercado interno como externo. El sector maderero representa el 1,4 % base nacional aportando cerca del 2.971 MUSD. De acuerdo a un informe de la etapa 2, correspondiente al diagnóstico del Programa Estratégico Mesoregional de la Madera, el sector MPM (PyME subsector maderero, empresas con ventas bajo 26 millones de USD), representando el 0,3% del PIB Nacional, un 9% del sector forestal nacional, con ventas anuales del orden de 600 MUSD.<sup>6</sup> Por otra parte, en la hoja de ruta de este programa, Madera de Alto Valor, se estima que en Chile se construyen anualmente cerca de 100 mil viviendas de las cuales el 15% aproximadamente posee madera como material predominante.

A continuación, se muestra un gráfico que representa la relación entre el mercado interno y externo de la madera para distintos tipos de productos.



**Porcentaje exportado de la producción de cada tipo de producto, 2014.** Porcentajes el mercado interno y de exportación en relación a la producción de cada tipo de producto, donde se destaca la producción de productos para la edificación.

Fuente: INFOR "Anuario forestal 2015". En <http://www.corma.cl/perfil-del-sector/mercados>

Desde el punto de vista del mercado interno y externo, el comportamiento de las importaciones es fluctuante para los distintos tipos de productos. A continuación se muestra la evolución que ha tenido la madera aserrada y cepillada.

<sup>6</sup> CDT Consultores. Informe Hoja de Ruta Programa Estratégico Mesoregional de la Madera. Enero 2016.



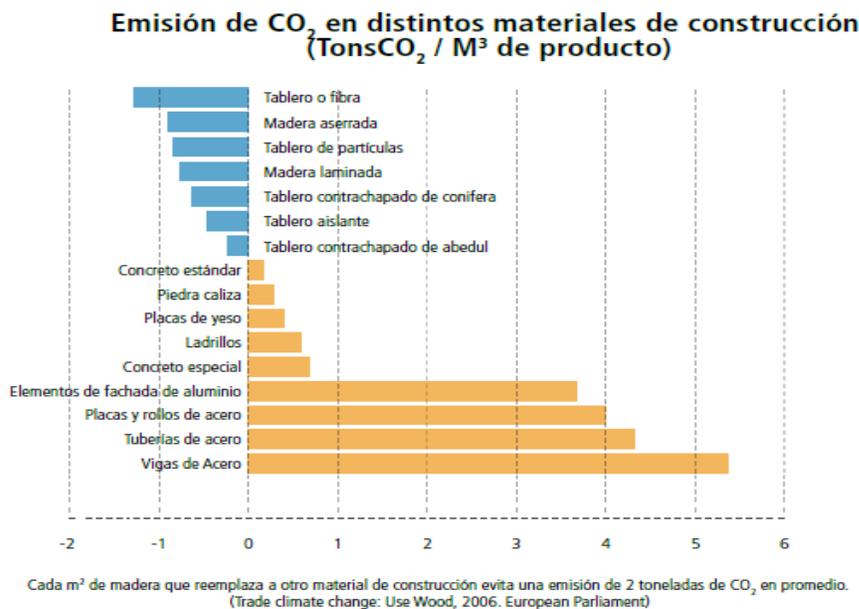
Cuadro: Importaciones de productos forestales.

Fuente: Importaciones forestales 2014. Boletín 148, INFOR

En general, los altos costos en el precio de la energía constituyen un desincentivo para la producción local de materiales, por otra parte el sector de la construcción presenta un bajo índice en "investigación y desarrollo" de materiales y soluciones constructivas<sup>7</sup>, esto sumado a la mayor competitividad de otros países en provisión de materiales como el acero y el cemento, constituye una desventaja para el sector incidiendo en un mayor desarrollo e innovación. Por otra parte, la necesidad de un crecimiento más sostenible en el tiempo, requiere el impulso de materiales que sean renovables y que propicien un menor consumo de energía en toda la cadena de valor, en este sentido la madera destaca con un alto potencial para la exportación de productos.

### MATERIALES Y SUSTENTABILIDAD

Desde el punto de vista de los impactos que tiene la producción de materiales, a continuación se muestra un cuadro con las emisiones de CO<sub>2</sub> de distintos materiales de construcción.



Cuadro: Emisiones de CO<sub>2</sub> en distintos materiales.

Fuente: Información obtenida en Hoja de Ruta PEM Madera (CDT 2015)

<sup>7</sup> Consultora PMG, Informe Fase 2, Programa Estratégico Nacional Productividad y Construcción Sustentable (2015).

## 2.2. CARACTERIZACIÓN DEL MERCADO DE LA VIVIENDA

En relación al desarrollo del mercado de la vivienda, el informe MATCH 43 (CCHC, 2015), hace referencia a su comportamiento acumulado entre enero y septiembre de 2015, en el que la superficie total aprobada alcanzó a 11,9 millones de m<sup>2</sup>. En cuanto al tipo de vivienda, los departamentos continúan aumentando su participación en la edificación residencial, concentrando en 2015 el 57% de la superficie autorizada para viviendas casi duplicando su importancia relativa dentro del sector vivienda en comparación con cinco años atrás, además aclara que esta tendencia se enmarca en el proceso de densificación demográfica al interior de las ciudades. En cuanto a la tipología de la casa, se mantiene el predominio de casas aisladas (72%) frente a las pareadas (25%) y las continuas (3%). También informa que en el último año, las casas aisladas perdieron 7 puntos de participación, los cuales fueron ganados por las casas pareadas.

En cuanto a las materialidades utilizadas, un estudio<sup>8</sup> realizado por la CITEC de la Universidad del Bío Bío, en relación a la hermeticidad al aire de las edificaciones, identifica que la participación de los materiales dominantes en muros en edificaciones corresponden a 37% hormigón, 33% ladrillo y 17% madera.

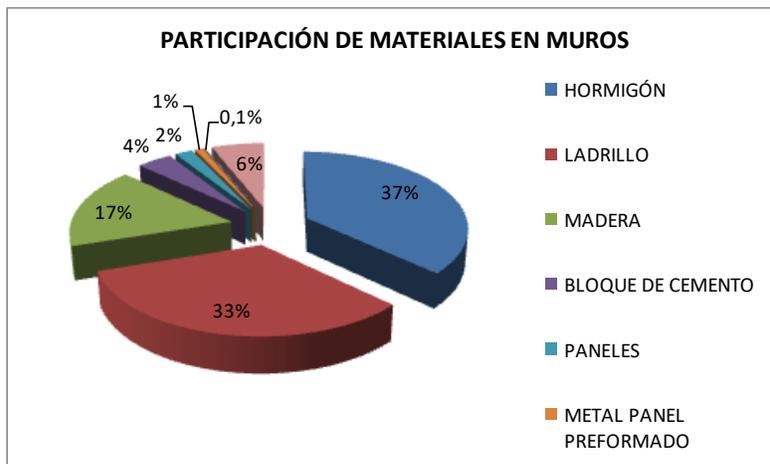


Imagen 1, distribución porcentual de los sistemas constructivos participantes del parque de edificación nacional al año 2011.

Fuente: Manual de Hermeticidad del Aire en Edificaciones, según datos del Instituto Nacional de Estadísticas, 2011

## 2.3. LA VIVIENDA DE EMERGENCIA, SOCIAL Y EL ROL DE LA PREFABRICACIÓN COMO SOLUCIÓN

La prefabricación de viviendas históricamente ha tenido un rol, importante como respuesta a situaciones de emergencia ante desastres naturales. En este sentido, Chile tiene un gran desafío dado por su experiencia. A modo de evidencias, es posible señalar que según antecedentes de la ONEMI, en Chile han ocurrido:

**25 terremotos** en los últimos **70 años**

**8 tsunamis** en los últimos **90 años**

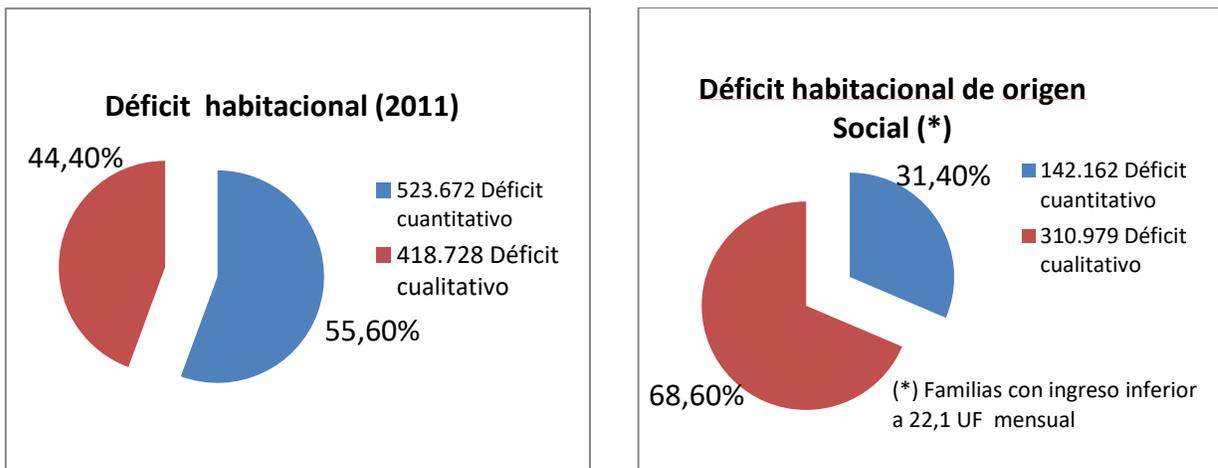
**28 erupciones** volcánicas en los últimos **100 años.**

**13 sequías** en los últimos **50 años**

<sup>8</sup> CITECUBB. Manual De Hermeticidad al Aire de las Edificaciones.

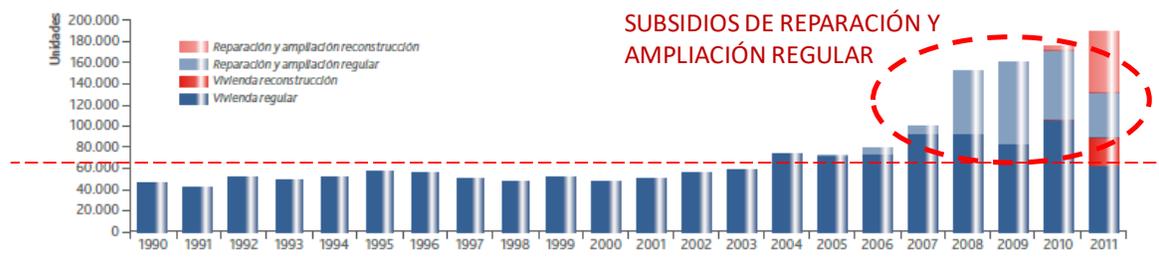
El desafío de construir en forma sustentable se hace necesario a partir de estos sucesos, así como la necesidad de reconstrucción de viviendas y edificaciones ante desastres naturales. Estas situaciones han ido generando soluciones que vale la pena analizar en la historia de Chile y la demanda de vivienda de carácter social.

Según el Balance de la vivienda (CCHC, 2014) al año 2011 existe un déficit tanto cuantitativo como cualitativo, a continuación se muestra el gráfico 1, ilustra la proporcionalidad entre ambos déficit. Así como el gráfico 2, muestra el déficit de viviendas de origen social.



Imágenes: gráfico 1 y gráfico 2. Fuente: Elaboración propia en base a datos del estudio.

Por otra parte, los subsidios pagados como "vivienda regular" presentan alrededor de un 19% de déficit habitacional de origen social (\*) al 2011, incrementándose en los últimos años los subsidios de reparación y ampliación regular y los asociados a reparación y reconstrucción.



Fuente: MINVU.

Imagen: Gráfico subsidios pagados según tipo de subsidio. Fuente: Gráfico con intervención.

En cuanto a soluciones para la vivienda social en el contexto histórico del país, uno de los casos más emblemáticos es la prefabricación de viviendas con paneles KPD, tema que ha sido revisado recientemente a través de la propuesta "Monolith Controversies" presentada por Chile en el marco de la Bienal de Venecia de 2014, por Pedro Alonso y Hugo Palmarola. A partir de esta muestra, se abre la historia de la prefabricación en Chile, como respuesta a la demanda de vivienda de carácter social. Asimismo, visibiliza el rol de un Estado dispuesto a cubrir las necesidades de vivienda de los más vulnerables a través de una solución de calidad. La propuesta, además destaca el rol del trabajador en la producción industrializada de viviendas, por sobre el arquitecto, aludiendo a una arquitectura masiva de todos.

Dejando de lado, cualquier juicio político, lo interesante de este caso es entender cómo fue posible dar respuesta a la demanda de viviendas, tras el terremoto del 1971. La prefabricación con el panel "KPD",

Edificación con Grandes Paneles, estuvo a cargo de una empresa chileno-soviética y surgió como una donación de la URSS al gobierno de Chile, en el marco de cooperación y asistencia tecnológica tras este desastre. En 1975, la fábrica pasó a manos del Gobierno Militar, cambiando su nombre a "VEP", Vivienda Económica prefabricada, manteniendo las operaciones de fabricación hasta 1979, llegando a construir un total de 153 bloques de departamentos de 64 a 74 m<sup>2</sup> en Viña del Mar, Quilpué y Santiago.<sup>9</sup>



Imagen 1 y 2, fabricación de paneles. Fotografías, Nolberto Salinas Fuente: en: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/623067/en-detalle-especial-sistema-de-panel-prefabricado-kpd/53acc18c07a8021be000030>

Las fábricas de paneles prefabricados de hormigón de gran tamaño, situadas en diversos países, permitieron producir hasta 2.000 unidades de vivienda al año y un total aproximado de 170 millones de viviendas en países como Francia, Suiza, República Democrática Alemana, Reino Unido, Estados Unidos, Japón, Cuba y Chile, entre otros.<sup>10</sup>

La propuesta presentada en la bienal de arquitectura antes mencionada, ha sido galardonada con el León de Plata, en este contexto es posible encontrar material visual relacionado a la propuesta<sup>11</sup>, donde se puede apreciar las excelentes condiciones en que han sido mantenidos los departamentos por sus residentes, resaltando y confirmando el valor que tiene una vivienda de calidad para potenciar el patrimonio de sus habitantes.

### 3. INICIATIVAS A NIVEL PAÍS

#### 3.1. INICIATIVAS, COMPROMISOS Y METAS: VISIÓN PAÍS

En el proceso de elaboración de este estudio se detecta importancia del apoyo a la industria a nivel gubernamental de acuerdo a la experiencia internacional, a través de políticas e iniciativas públicas que potencian el desarrollo de la industria de la prefabricación. En el caso de Chile, aún falta muchísimo por avanzar, sin embargo a continuación se registra una serie de iniciativas gubernamentales que inciden sobre el desarrollo presente y futuro de la edificación industrializada.

<sup>9</sup> En Detalle: Especial / Sistema de panel prefabricado "KPD". En: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/623067/en-detalle-especial-sistema-de-panel-prefabricado-kpd>

<sup>10</sup> En Detalle: Especial / Sistema de panel prefabricado "KPD".

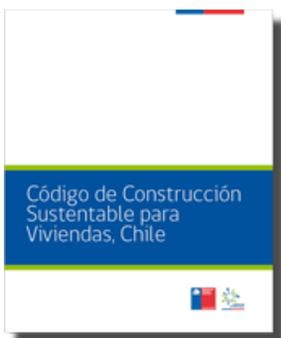
<sup>11</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=QUp0ASHObhQ>, <http://www.cinechile.cl/pelicula-2295>, [http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Conjuntos\\_Habitacionales\\_KPD,\\_V\\_Regi%C3%B3n](http://wiki.ead.pucv.cl/index.php/Conjuntos_Habitacionales_KPD,_V_Regi%C3%B3n)

## Estrategia de Construcción Sustentable



Chile ha asumido una serie de compromisos a nivel nacional e internacional. El Ministerio de Vivienda y Urbanismo establece la Estrategia Nacional de Construcción Sustentable que plantea objetivos al sector, tales como **reducir en 20% las emisiones proyectadas al 2020**, y un **12% de reducción de la demanda energética proyectada para el mismo año**.

## Código de Construcción Sustentable para Viviendas



El Código de Construcción Sustentable para Viviendas (MINVU) consiste en una **guía de buenas prácticas para mejorar el desempeño ambiental de las viviendas**, utilizando criterios objetivos y verificables. Este Código cubre siete categorías en relación a la sustentabilidad en viviendas, éstas son: **Salud y bienestar, Energía, Agua, Entorno inmediato, Impacto ambiental, Residuos, y Materiales**.



La Agenda de Energía (MMA 2014) plantea entre sus metas, fomentar el uso eficiente de la energía como un recurso energético, estableciendo una **meta de ahorro de 20% al año 2025**, considerando el crecimiento esperado en el consumo de energía del país para esa fecha y la incorporación de un **45% de la capacidad de generación eléctrica de ERNC entre los años 2014 a 2025**.



La **Política Energética** propone una visión del sector energético al 2050, su objetivo principal es lograr y mantener la confiabilidad de todo el sistema energético, con el cumplimiento de criterios de sostenibilidad e inclusión, contribuyendo a la competitividad de la economía del país.

Esta política tiene 4 pilares: Seguridad y Calidad de Suministro, **Energía como Motor de Desarrollo**, Compatibilidad con el Medio Ambiente, y Eficiencia y Educación Energética.

Destacan las siguientes **metas al 2050**:

- El 100% de las edificaciones nuevas cuentan con estándares OCDE de construcción eficiente, y cuentan con sistemas de control y gestión inteligente de la energía.
- Al menos el 70% de la generación eléctrica proviene de energías renovables.
- La cultura energética está instalada en todos los niveles de la sociedad, incluyendo los productores, comercializadores, consumidores y usuarios.



La **Hoja de Ruta 2050** establece metas en relación a comunidades y pobreza energética, su visión se centra en el acceso universal y equitativo a servicios energéticos para satisfacer las necesidades de la población. Entre sus metas destaca *alcanzar estándares de confort térmico y lumínico en las viviendas de familias vulnerables de Chile. Así como a nivel comercial, público y residencial (CPR), edificar de manera sustentable, por medio de la incorporación de estándares de sustentabilidad en el diseño, construcción y reacondicionamiento de edificaciones, a fin de minimizar los requerimientos energéticos y las externalidades ambientales a lo largo de su ciclo de vida, alcanzando niveles adecuados de confort.*



La Agenda de Productividad, Innovación y crecimiento, plantea la necesidad de acelerar el paso desde una economía basada en los recursos naturales a una basada en el conocimiento, innovación y talento.

Por otra parte, Corfo plantea una serie de objetivos alineados a esta agenda a través de Transforma y los programas de especialización inteligentes cuyo objetivos son:



Imagen, la transformación productiva.  
Fuente: Corfo

- **Promover la diversificación y desarrollo productivo.**  
Difusión de conocimiento / Encadenamiento productivo / Mayor sofisticación.
- **Impulsar sectores con alto potencial de crecimiento.**  
Oportunidades de mercado / Cambios relevantes
- **Aumentar la productividad de las empresas.**  
Incrementar ingresos / Empleos de calidad
- **Generar nuevo impulso a las exportaciones**  
Apoyo e instrumental para expansión de mercados.

### 3.2. CONSTRUYE 2025 - INTEGRACIÓN DE INICIATIVAS

El programa Construye 2025 plantea entre sus metas estratégicas, reducir un 20% los costos de construcción y mejorar la productividad laboral (PIB/Trabajadores), igualando la tasa promedio agregada de Chile con un 2,6 % al 2025. En relación a la integración de la "Industrialización y Prefabricación" con otras iniciativas del programa, existe una fuerte vinculación y dependencia con dos iniciativas estratégicas en particular en relación a la absorción de tecnologías, el Centro Tecnológico y el Plan BIM.

A continuación un cuadro con la integración de objetivos de las iniciativas y su relación entre sí.

**CUADRO DE INTEGRACIÓN DE OBJETIVOS ALCANZABLES POR INICIATIVAS DE CONSTRUYE 2025**

OBJETIVOS BIM	OBJETIVOS INDUSTRIALIZACIÓN	OBJETIVOS CENTRO TECNOLÓGICO
Mejorar la <b>calidad</b> de la construcción		
<b>Énfasis en el diseño integrado con la operación</b>		
Mejorar productividad en la construcción con la incorporación de BIM y otras herramientas.		
<b>Estandarización de partes y piezas y procesos constructivos</b>		
<b>Incorporación de tecnología y conocimiento de avanzada (CAD, CAM, ETC.)</b>		
Reducción de tiempos de construcción (Plan BIM <b>20%</b> - <b>Industrialización 30%-50%</b> )		
Reducción de la variabilidad de costo y tiempo de construcción (Plan BIM 50%)		
Optimización de recursos materiales y humanos		
	Facilitar la coordinación, articulación y alineación entre estrategias del Estado (ENCS), infraestructura tecnológica y respuesta de la industria de la construcción.	
Reducción de costos de construcción de <b>20%</b> ; más proyectos por la misma inversión (Públicos)	Menor impacto del proceso constructivo en el lugar de la obra	Facilitar implementación de nuevas normativas y determinación de sus impactos.
	Reducción de residuos en la etapa de construcción	Facilitar la verificación de cumplimientos de estándares a través del prototipado.
	Reducción de emisiones asociadas a transporte de materiales.	Facilitar seguimiento de estándares y su mejora continua.
	Mejoramiento de la calidad del empleo.	Contar con plataforma de prototipación
	Mayor seguridad laboral	Aumento de la inversión en I+D
	Adaptabilidad a las necesidades del usuario	Facilitar el acceso a la innovación, PYMEs
	Desarrollar productos, servicios y talentos exportables	Contar con una red nacional de tecnología de la construcción (centros regionales) y alianzas internacionales (posicionamiento)

Fuente: Elaboración propia en base a presentación de iniciativas en el documento de Hoja de Ruta CONSTRUYE 2025.

A través de la articulación de las iniciativas: Industrialización y Prefabricación, Plan BIM y Centro tecnológico, se busca mejorar la calidad de la construcción; mejorar la productividad a través de la absorción de tecnologías e investigación y desarrollo; y la estandarización de partes y procesos constructivos a través de metodologías de diseño integrado.

En cuanto a la integración de Industrialización y Prefabricación con el Plan BIM, ambas iniciativas buscan reducir plazos y costos en la construcción a través del uso de tecnologías, así como también **reducir los impactos en el ciclo de vida de las edificaciones.**

La integración de "Industrialización y Prefabricación" con "Centro Tecnológico", este último es un habilitador y a la vez facilitador para la producción industrial de prototipos prefabricados teniendo como referencia internacional, la experiencia de BRE<sup>12</sup>, proporcionando los medios necesarios para la medición de impactos en la implementación de códigos sustentables, nuevas normativas y reglamentaciones, absorción de tecnología existente y desarrollo de I+D.

Respecto a su integración con otras iniciativas respecto a los programas de Corfo, cabe destacar el Programa Estratégico Mesoregional de la Madera, el cual comparte con CONSTRUYE 2025 la meta de aumentar el 30% del MPM<sup>13</sup> por año, valor de las exportaciones de productos de madera para la construcción, la madera se presenta como un material renovable, y por tanto sustentable y con alto potencial de desarrollo tanto para los mercados internos como exportaciones.

El programa de Manufactura Avanzada toma en cuenta el desarrollo de proveedores y de la industria, para dar respuestas a la demanda del sector construcción. Existen desafíos en cuanto a la implementación de sistemas y desarrollo de la manufactura de sistemas prefabricados, donde el capital humano y la adopción de tecnologías juegan un rol fundamental en la creación de valor. Sin embargo, el programa CONSTRUYE 2025, debe tomar en cuenta que dentro de su estrategia sectorial, muchos recursos pasarán de la obra a la manufactura (industria). No obstante, de acuerdo a los escenarios futuros que se esperan con la nueva reforma tributaria, esta situación podría representar una oportunidad para el sector impactando en su productividad a través de la reducción de plazos y mayor certeza en los costos. Otro programa interesante, es el de Industria Solar, es posible generar sinergias en el desarrollo de productos como se verá más adelante en el caso "ZEROfactory" y los casos de Japón PanaHome y ToyotaHome, conforme a las tendencias "Cero energía" y el uso de ERNC, casos que se presentan más adelante en este informe.

La industrialización y Prefabricación representa una gran oportunidad para el sector público-privado en cuanto a la implementación de políticas públicas alineadas con el desarrollo productivo del sector. Esta iniciativa es capaz de articular los ámbitos de Productividad, Sustentabilidad, y Sofisticación y Diversificación. A continuación la integración de las iniciativas.

---

<sup>12</sup> Building Research Establishment (BRE)

<sup>13</sup> Mediana y pequeña industria.



Imagen: Iniciativa Industrialización y Prefabricación como clave para la articulación de la Productividad, Sustentabilidad, y Sofisticación y Diversificación. Fuente: Elaboración Propia.

## 4. INDUSTRIALIZACIÓN Y PREFABRICACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN

### 4.1. REVISIÓN DE CONCEPTOS

#### INDUSTRIALIZACIÓN Y PREFABRICACIÓN

Bajo la revisión bibliográfica se devela cierta dificultad para establecer una única definición de los conceptos de industrialización y prefabricación adoptados por el sector de la construcción, por tanto a continuación se presenta una serie de definiciones que abordan distintos focos.

El concepto de industrialización se puede reconocer en dos ámbitos del sector de la construcción. La primera acepción se monta a los inicios de CORFO y se refiere a una transformación económica a partir de la industria entendida como manufactura, y el segundo, a la industrialización de los procesos constructivos de la edificación como lo es el caso de la vivienda industrializada<sup>14</sup> en hormigón, desarrollada en Colombia, Chile y Uruguay, entre otros países de Latinoamérica.



El proceso industrializado en unidades de viviendas en baja y en altura, consiste en un sistema de moldajes de aluminio estandarizado para hormigón monolítico, portable por un operador y dimensionados a la medida del proyecto, incluyendo detalles para solución de puertas y ventanas de tal forma de optimizar el sistema y mejorar la productividad del mismo, un hormigón que permite mayor fluidez en su llenado y enfierradura electrosoldada.

Imágenes: Moldajes de aluminio. Fuente: Presentación de Ricardo Kammerer, Encofrado Monolítico PERI UNO. Expohormigón 2013, ICH.

<sup>14</sup> Este sistema se encuentra disponible en Chile a través de dos empresas, la empresa alemana PERI y la empresa colombiana FORSA. Algunas empresas constructoras que han lo utilizado en viviendas y edificios residenciales son: Ecomac, Galilea e Inca, entre otras.

En un análisis que hace referencia a la revisión histórica en Chile, el concepto de industrialización derivó más allá del concepto productivo, también influyó en la organización territorial y en la arquitectura. Ejemplo de ello se evidencia en un medio de la época, en la revista "Arquitectura y Construcción", donde aparece publicado un proyecto de una fábrica de cervezas en Renca (1949)<sup>15</sup>, el que vincula industria y vivienda a través del diseño, basado en tres criterios: el diseño industrial como tal para la producción de cerveza de acuerdo a sus características técnicas, el diseño de un conjunto de viviendas para el personal de la industria y sus familiares, y un sistema constructivo para la prefabricación de las viviendas. Este último punto, demuestra la absorción de la industrialización por el sector construcción a partir de los procesos constructivos, teniendo como referente el caso de Europa, cuya necesidad se centra reconstruir optimizando tiempos y costos, tras la destrucción provocada por la segunda guerra mundial.

En un contexto nacional más actual, cabe destacar la demanda de viviendas de emergencia generada tras la experiencia del terremoto del 2010. Esta situación de catástrofe, al igual que en casos anteriores en la historia de Chile<sup>16</sup>, impulsa el desarrollo de una oferta por parte de la industria, tales como las viviendas de emergencia, mediaguas, que provee la organización "Un Techo Para Chile", y la Fundación "Casa Básica".



Imagen 1, Solución de mediagua de Un Techo Para Chile. Imagen 2, Solución de Fundación Casa Básica. Fuente:

<http://www.plataformaurbana.cl/archive/2010/05/26/el-proceso-de-asignacion-de-una-mediagua-o-vivienda-social/>

<http://www.fourcadeco.cl>

En un intento por mejorar la solución de mediagua entregada por Un Techo, posee 18 m<sup>2</sup> nace la vivienda de la Fundación Casa Básica, con una superficie que fluctúa de 21 a 43 m<sup>2</sup>, incorporando mejoras como la separación de ambientes, tratamientos de la madera, ventanas de PVC, paneles exteriores de OSB con pintura impermeable, poyos de hormigón y papel fieltro entre las vigas y el techo de zinc<sup>17</sup>.

En este mismo contexto, tras el terremoto de 2011, la prefabricación se reconoce como una herramienta para reponer las viviendas dañadas, o al menos dar una solución a las familias afectadas. Al respecto, los términos de referencia del SERVIU Bío Bío, definen que "**se entenderá por viviendas y construcciones industrializadas aquellas cuando alguno de sus componentes principales tales como fundaciones, estructura vertical interior y exterior, techumbre, instalaciones, etc., sean preparados en un local o fábrica, empleando procedimientos repetitivos o seriados, que transportados posteriormente a la ubicación definitiva, sean armados siguiendo trazados y diseños tipificados con anterioridad, constituyendo la vivienda terminada.**" En cuanto a la diferenciación de los términos industrialización y prefabricación, la DITEC del MINVU, en relación a un llamado a concurso para la construcción de viviendas tras el mismo terremoto define y aclara las diferencias de la siguiente forma, "**vivienda prefabricada, vivienda industrializada: vivienda que en su diseño contempla la prefabricación de uno o todos los sistemas constructivos que la conforman. Cuando la prefabricación contempla procesos de industrialización se llamará vivienda industrializada**". En este sentido, en una vivienda prefabricada, los

<sup>15</sup> " Mondragón López, Hugo; Téllez Tavera, Andrés. "Arquitectura y Construcción. Chile 1945-1950. Una Revista de Arquitectura Moderna" Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Paisaje. Universidad Central de Chile.

<sup>16</sup> Ver ejemplo de paneles KPD tras el terremoto de 1971.

<sup>17</sup> Descripción casa básica en: <http://www.muniyerbasbuenas.cl/index.php/22-fundacion-casa-basica>

procesos son los que esencialmente determinan su nivel de industrialización. Sin embargo, cabe destacar que ambas definiciones solo hacen referencia a procesos y en ningún caso a la definición de estándares de calidad de la construcción u otros aspectos como productividad.

Al revisar bibliografía respecto al estado del arte internacional, la industrialización se considera en la medida que la mayor parte de los componentes que conforman una edificación son desarrollados en fábrica, respondiendo a una estandarización y modulación de los mismos. Dentro de la literatura consultada encontramos dos definiciones que amplían el término de prefabricación, éstos son **prefabricación cerrada y prefabricación abierta**.

Este informe hace referencia a la producción de la edificación fuera del sitio en una fábrica o taller, debido a los impactos económicos, sociales y ambientales que tiene este tipo de soluciones en la cadena de valor de las edificaciones. Como conclusión, más que definiciones acerca de este concepto, lo que se observa son tendencias hacia donde ha derivado la prefabricación e industrialización.

### **PREFABRICACIÓN CERRADA**

La **prefabricación cerrada**, denominada también pesada o **sistemas cerrados** (Salas, 2008: 24) plantea que *"los elementos se fabrican conforme a especificaciones internas del propio sistema, responden únicamente a reglas de compatibilidad interna y el proyecto arquitectónico ha de subordinarse en forma no necesariamente sumisa a los condicionantes del sistema"*. Se considera la construcción a través de grandes paneles de hormigón, los que requieren importantes volúmenes de obra para la construcción en serie, es rígida en cuanto al diseño, y los medios de transporte y montaje inciden en los procesos en forma importante. Como referentes, generalmente se citan unidades habitacionales en Polonia (años 60') y los construidos post 2° guerra mundial, en Chile existe la experiencia de los paneles "KPD". Dentro de sus características más reconocibles se enuncian: exigencias mínimas del orden de mil viviendas, mínimas variaciones formales, bloques tipologías lineales de gran frente, luces mínimas en moldajes, nula flexibilidad en la planta y utilizados principalmente en viviendas económicas. La crisis económica, la disminución de demanda, la crisis del petróleo, normativas más exigentes, más el emblemático caso del derrumbamiento por una explosión de gas, Ronan Point, propiciaron su fracaso. No obstante, la experiencia en Chile fue bastante buena, las viviendas construidas con estos sistemas perduran hasta hoy en muy buen estado de conservación, y superan en creces la calidad y superficie de este tipo de soluciones habitacionales construidas a partir de los años 80, momento en que la producción de viviendas sociales por parte del Estado pasa a ser ejecutada por el sector privado<sup>18</sup>.

### **PREFABRICACIÓN ABIERTA**

La **prefabricación abierta** o también denominada ligera, se define como **sistemas abiertos** (Salas 2008: 24) *"constituidos por elementos o componentes de distinta procedencia aptos para ser colocados en diferentes tipos de obras, industrializadas o no, y en contextos diversos. Suelen valerse de juntas pretenciosamente universales; gamas modulares acotadas; flexibilidad de proyecto prácticamente total, etc."* La prefabricación abierta en sus inicios es una respuesta a la prefabricación cerrada en pos de mayor flexibilidad en los proyectos, permitiendo la posibilidad de combinación entre componentes complejos de diferente procedencia y forma de fabricación, orientados bajo ciertas directrices y procedimientos constructivos.

---

<sup>18</sup> Muchas viviendas construidas a partir de los años 80, tras el cierre de la fábrica de paneles en Chile, han tenido que ser demolidas por su mala calidad. Ver caso <http://ciperchile.cl/2013/05/16/damnificados-de-villa-canada-un-caso-ejemplar-de-los-graves-problemas-de-la-reconstruccion-tras-el-27f/>

Si bien estas definiciones intentan describir la prefabricación de acuerdo a sus características, la incidencia de las distintas tecnologías amplían las posibilidades en su definición, por esta razón a continuación se opta por analizar diferentes tendencias contemporáneas que permiten de mejor manera identificar posibles líneas de trabajo para el desarrollo de industria.

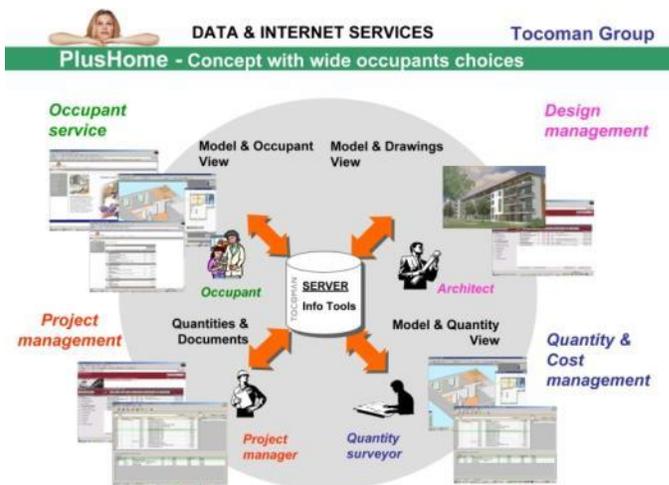
## 4.2. TENDENCIAS

A partir del levantamiento de información bibliográfica basada en los artículos del autor Julián Salas publicados en "Informes de la Construcción", las hojas de ruta de Nueva Zelanda y Australia e información digital levantada y casos particulares de empresas, se registran ocho tendencias basadas en casos internacionales y nacionales en torno a la industrialización y prefabricación de viviendas.

- **Sistema abierto de construcción - Open System Building**
- **Incorporación de tecnologías BIM, CAD-CAM y otros**
- **Diseño de Código Abierto**
- **Construcción Off-Site**
- **Posicionamiento de productos de calidad y alta productividad**
- **Personalización del encargo**
- **Cero Energía**
- **Smart House**

### SISTEMA ABIERTO DE CONSTRUCCIÓN - OPEN SYSTEM BUILDING

La prefabricación abierta se relaciona a un sistema de construcción abierto ('open system building'), que incorpora un entramado y un soporte o armazón. Para la industria de la construcción comprende: productos; organización e información; coordinación dimensional; reglas de tolerancias; especificaciones de productos basadas en valores cuantitativos ('performances'); datos de modelos de producción (Salas, 2009). Este concepto también incorpora tecnologías de la información que permiten la intervención del usuario final en el proceso de diseño participativo, permitiendo combinar una serie de alternativas según sus preferencias.



El caso de Sato Plus Home, se basa en el reconocimiento de dos aspectos en el diseño de una vivienda colectiva: los componentes desmontables y los permanentes. Los elementos permanentes - soporte o base de construcción, como la estructura, los servicios, el acceso y la fachada; y los desmontables, los tabiques interiores, closet, baños, cocinas y tuberías y conductos relacionados con estos equipos. La separación del proceso de diseño de un edificio residencial en dos etapas o fases de construcción, permite la participación del usuario para responder a sus requisitos específicos.

Imagen: Caso de estudio Plus Home experiencia en Helsinki (2005)

Fuente: En

[https://perkinswill.com/sites/default/files/ID%203\\_PWRJ\\_Vol0701\\_02\\_Developments%20in%20Residential%20Open%20Building.pdf](https://perkinswill.com/sites/default/files/ID%203_PWRJ_Vol0701_02_Developments%20in%20Residential%20Open%20Building.pdf)

## INCORPORACIÓN DE TECNOLOGÍAS BIM, CAD-CAM Y OTROS

La incorporación de tecnologías en el diseño de los proyectos permite un mayor detallamiento de los mismos, y por tanto una mayor precisión en los procesos, y una mejor integración y coordinación entre las especialidades. Una alta definición del proyecto a través del uso de tecnologías, permite una planificación más rigurosa, en beneficio de las etapas de fabricación y montaje, así como una mayor certeza en costos y plazos.

Hoy en día la tecnología facilita trabajar con Modelos de Información de la Construcción (BIM), permitiendo diseñar, presupuestar, resolver la ingeniería y obtener procesos productivos a través de modelos que incorporan un gran nivel de detalles, lo que permite flujos de trabajos más eficientes. Además esta tecnología provee software especializados para la prefabricación en madera, acero y hormigón.

La tecnología CAD-CAM, diseño asistido y manufactura asistida por computador, integra el diseño con la fabricación. La incorporación de estas tecnologías permiten mejorar la productividad y sustentabilidad en la construcción. Esta tendencia también se asocia al concepto de industrialización abierta, donde incluye desde componentes complejos a componentes 3D de producción avanzada posibilitando la fabricación industrializada personalizada o por encargo. A continuación algunos ejemplos de esta tendencia en el ámbito internacional y nacional.

### Experiencia internacional: iniciativa clave en Hoja de Ruta de Industrialización de viviendas, Australia

A nivel internacional se recoge la experiencia de Australia, en cuanto a la formulación de su hoja de ruta para lo que se denomina OPA, *Off-site Pre-Assembly for Residential Projects* (Construcción fuera de sitio pre-ensamblada para proyectos residenciales). Dentro de las claves que se establecen en la investigación para potenciar su desarrollo, se identifica la "pre-planificación" como factor crítico en el éxito de los proyectos, una mayor precisión en la etapa de planificación para tomar decisiones de diseño más rápidas. El diseño y desarrollo de herramienta **Modularize tool**, para el pre-planeamiento, permite con un diseño esquemático generar líneas de flujo y diseño de procesos. Con la integración a Rhinoceros y Grasshoper (BIM) se puede generar estandarización y a la vez productos exclusivos. En consecuencia, este sistema permite obtener rápidamente un estudio del cabida de un proyecto a través de una herramienta especializada en sistemas modulares.

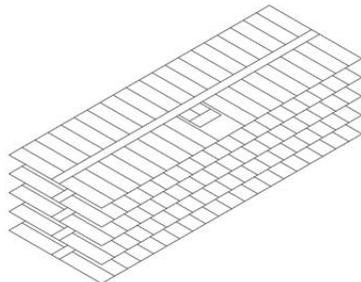


Imagen 1: Parámetros de entrada.

Imagen 2: Salida, envoltente del edificio.

Fuente: Australian Residential Construction. Off-Site Pre-Assembly Roadmap 2014 (P.13 y 14)

El modelo requiere que el usuario introduzca datos como las dimensiones del sitio, la altura y constructibilidad máxima de edificación, estimar contratiempos, establecer mix de tipologías de departamentos y orientación del sitio. Con la información el programa utiliza un modelo paramétrico para realizar un esquema de diseño con sistemas modulares y volumétricos, un ejemplo es el caso del sistema HBS Hickory Group el cual se abordará más adelante.

**Experiencia Internacional, empresa prestadora de servicios Vector Praxis**, esta empresa estadounidense, miembro de la institución Modular Institute, se especializa en el uso de diseño paramétrico (BIM), tecnología de visualización 3D para la resolución de problemáticas de arquitectura de alta gama, "*cualquier material a cualquier escala*". Ellos enfrentan desafíos en cuanto a fabricación de materiales y procesos, desarrollo, detallamiento y entrega. Poseen experiencia en multiprocesos, integrando diseño y producción oportuna a proyectos. Los materiales utilizados regularmente son estructuras de acero pesado, acero inoxidable finamente trabajados, vidrio estructural, materiales compuestos, piedra, madera, iluminación y sistemas electrónicos, en general todo tipo de materiales.



Imágenes: Desarrollo de materiales, productos, sistemas constructivos. Fuente: [www.vectorpraxis.com](http://www.vectorpraxis.com)

### **Experiencia Internacional, investigación y tecnología aplicada a madera**

El programa de Design & Make (Timber Technologies) de la Asociación de Arquitectura Parque Hooke, Inglaterra, se basa en la creación de prototipos y construcción de edificios como vehículo para la investigación aplicada en diseño y desarrollo de formas arquitectónicas a gran escala. Los cursos se emplazan en un contexto único de bosques ingleses. La investigación consiste en tecnologías aplicadas a madera, considerando una arquitectura rural alternativa en un contexto rico en tradición artesanal. Las investigaciones se estructuran en dos vertientes: el diseño ambiental innovador probado a través del diseño integral de edificios, y el desarrollo de sistemas de construcción que utilizan las nuevas tecnologías de fabricación y la madera disponible de los bosques de los alrededores.

A continuación la construcción de un granero, que considera la construcción de una estructura arqueada que se forma a partir de componentes de árboles de haya bifurcados, procedentes de los bosques de los alrededores del lugar.

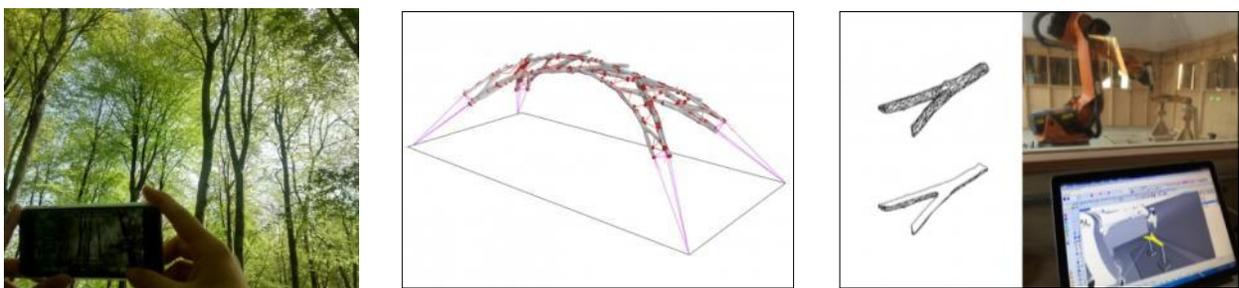


Imagen 1: Selección fotográfica de los árboles. Imagen 2: Proceso de diseño estructural a través de software. Imagen 3: Integración de tecnologías, robot que procesa las piezas de madera. Fuente: <http://designandmake.aaschool.ac.uk/woodchip-barn/>

La forma natural inherente del árbol y su capacidad estructural son transferidos y explotados dentro de la estructura entramada utilizando técnicas 3D de escaneado y fresado robótico para formar las

conexiones. Cada árbol se caracteriza, enumera y fotografía usando teodolito<sup>19</sup>, el que luego es catalogado y analizado utilizando el software Rhino y Grasshopper scripts.

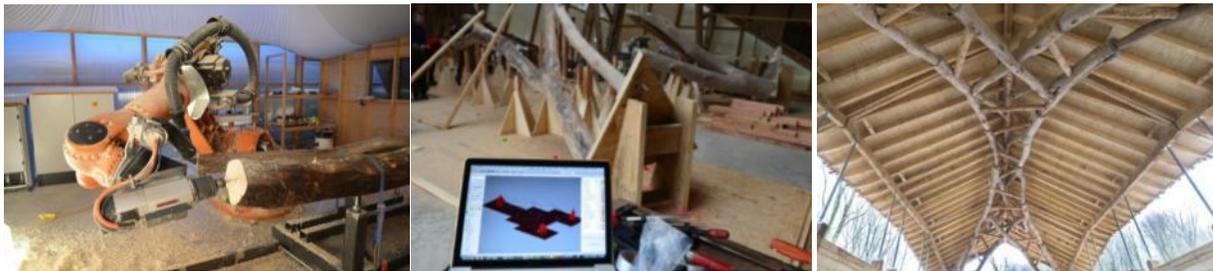


Imagen 1: Robot ejecutando perforaciones para conexiones. Imagen 2: Prefabricación de la estructura de techo. Imagen 3: Estructura de techo a base de piezas de árboles. Fuente: <http://designandmake.aaschool.ac.uk/woodchip-barn/>

Este trabajo se basa en la investigación académica, su valor reside en la explotación del potencial de diferentes tecnologías aplicadas a la producción de construcción en madera.

#### Experiencia Nacional, prefabricación en madera con alta tecnología



La empresa **Timber** ubicada en Lautaro, utiliza tecnología CAD-CAM en su proceso de fabricación cuenta con maquinaria de control numérico (CNC) que le permite elaborar cada elemento con todos los ajustes necesarios para el ensamblaje y unión con el resto de la estructura de tal forma que se minimizan los trabajos en obra. Cada elemento lleva una numeración que permite localizarlo en todo momento.

Imagen: Proceso productivo. Fuente: <http://www.timber.cl/>

#### Experiencia Nacional, prefabricación en hormigón con alta tecnología



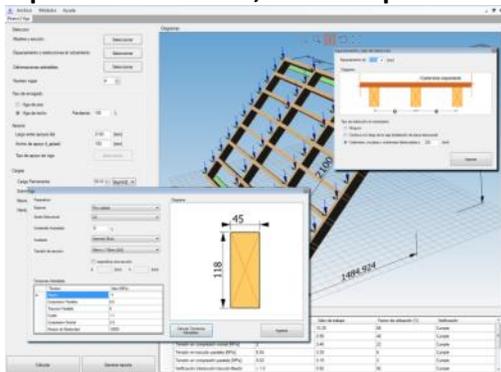
Imagen: Fabrica BauMax Chile.

Fuente: [www.baumax.cl](http://www.baumax.cl)

El sistema prefabricado **BauMax** consiste en la fabricación robotizada de paneles de hormigón, incorpora diseño integrado (BIM) y con la aplicación de CAD-CAM permite dimensionar directamente los elementos para su fabricación bajo un proceso controlado. Disminuye plazos, reduce mermas y residuos, y considera un alto control que garantiza su calidad. La ventaja de esta tecnología es que permite adaptar la fabricación a los requerimientos de un diseño flexible y de alta calidad. Este proyecto ha sido apoyado por el programa Construye 2025 a través de Corfo.

<sup>19</sup> Instrumento topográfico de precisión para medir ángulos de distintos planos.

### Experiencia Nacional, software para cálculo en madera



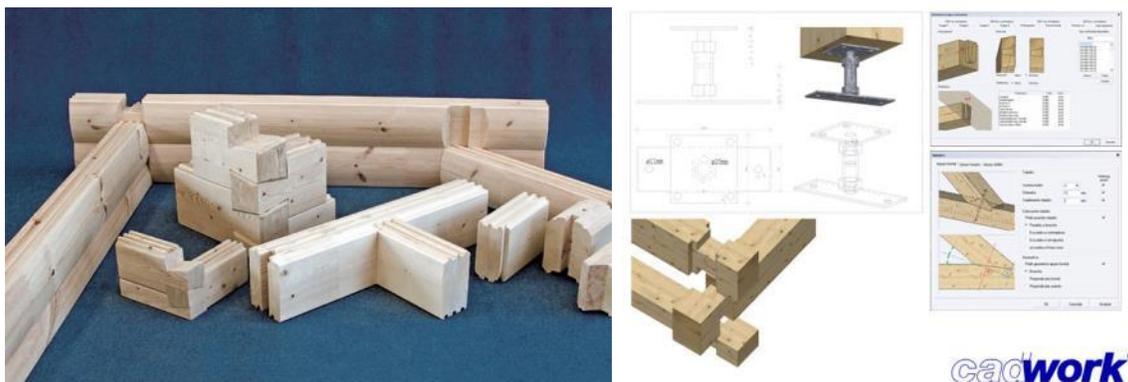
El software C+T (Change+Timber, 2016), es el primer software estructural para madera en Chile, permite diseñar estructuras para viviendas y edificios de mediana altura, esta plataforma permite a los profesionales calcular estructuras en madera aserrada y madera laminada permitiendo importantes ahorros de tiempo.

Imagen: Plataforma C+T.

Fuente: <http://www.eligemadera.cl/software>

### Experiencia Nacional, servicios para la fabricación en madera, Playgood

Esta empresa ofrece una amplia gama de servicios relacionados a la fabricación de componentes y construcción en madera. Entre los servicios ofrecidos destacan, la prefabricación en CNC y la utilización del software Cadwork, tecnología CAD/CAM 3D aplicada a la construcción en madera, con módulos especializados para alcanzar una solución integrada desde el dibujo a la fabricación, entre otros servicios.



Imágenes: Prefabricación en CNC. Fuente: <http://www.playgood.cl/productos-servicios/>

### Experiencia Nacional, servicios de microfábrica, NOT

Esta empresa está conformada por diseñadores y arquitectos quienes ofrecen diversos servicios de manufactura digital. El área de fabricación, Microfábrica, ofrece servicios corte y mecanizado CNC, prototipado, fabricación de productos terminados y pequeñas series. Además ofrecen servicios de corte, mecanizado, impresión 3D, Router CNC, Corte por cuchillos CNC, Corte láser e Impresión 3D FDM. A continuación se muestra la fabricación de revestimientos utilizando tecnologías de diseño paramétrico y fabricación.

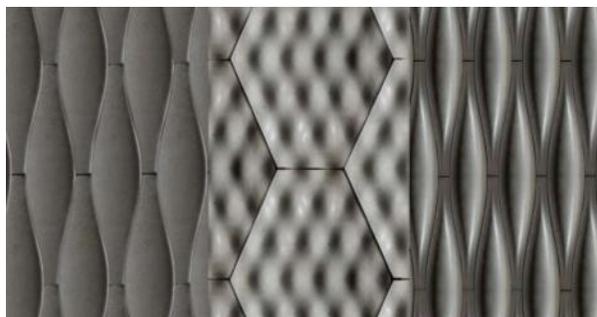


Imagen 1: Revestimientos Reconstituidos y Maderas Naturales  
Imagen 2: Revestimientos Personalizados en Hormigón G.F.R.C.  
Fuente: <http://not.cl/>

## DISEÑO DE CÓDIGO ABIERTO

La plataforma Wikipedia, es uno de los exponentes más conocidos que se asemejan al concepto el "diseño de código abierto". El concepto wiki, es una herramienta que forma parte de una plataforma, un sitio web, que permite el trabajo colaborativo. Por ejemplo, los contenidos pueden ser editadas directamente desde el navegador, los usuarios pueden crear, modificar o eliminar lo que comparten. La diferencia entre esta plataforma y el concepto de "diseño de código abierto", es que este último permite el desarrollo de productos físicos, máquinas y sistemas a través del uso de información del diseño compartida públicamente. El diseño abierto implica la aplicación de un software libre y de código abierto (FOSS), así como también de hardware de fuente abierta. El proceso se facilita en general a través de Internet, a menudo llevándose a cabo sin compensación monetaria. Los objetivos y la filosofía son idénticos a los del movimiento de código abierto, pero aplicados al desarrollo de productos físicos en lugar de software.<sup>20</sup> A continuación se presenta el caso de WikiHouse como exponente de construcción prefabricada.

### WikiHouse

El caso de la plataforma WikiHouse (2013), creada por el inglés Alastair Parvin, basado en una antigua experiencia realizada por el arquitecto alemán Walter Segal, tiene como objetivo, que ciudadanos comunes construyan sus propias viviendas sostenibles<sup>21</sup>. Esta plataforma, [www.wikihouse.cc](http://www.wikihouse.cc), sin interés de lucro, considera un objetivo común, muchas personas trabajan en conjunto para desarrollar sistemas de construcción más sostenibles. El trabajo es compartido libremente para que cualquier persona lo pueda seguir trabajando y mejorando. A través de WikiHouse Commons los equipos que forman parte de la comunidad, comparten a través de Google Drive los archivos de trabajo en común según términos y condiciones establecidos (Licencia 4.0 CC-BY-SA). En su sitio web se puede descargar los planos en forma gratuita para construir una pequeña casa modular personalizable con tabiques interiores de yeso cartón o contrachapado.



Imagen 1 y 2: Montaje de sistemas y conexiones. Fuente: <http://www.diariodelaconstruccion.cl/wikihouse-el-hagalo-usted-mismo-llega-a-la-construccion-de-casas/>

El diseño se fabrica con productos asequibles, específicamente tableros contrachapados, las partes que materializan la vivienda se pueden fabricar en talleres en cualquier parte del mundo, utilizando **tecnología como impresoras 3D y máquinas CNC**. El modelo **permite personalizar** el diseño según requisitos particulares del usuario, lugar y contexto. Las piezas se fabrican digitalmente, y están

<sup>20</sup> En [https://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o\\_abierto](https://es.wikipedia.org/wiki/Dise%C3%B1o_abierto)

<sup>21</sup> En <http://www.diariodelaconstruccion.cl/wikihouse-el-hagalo-usted-mismo-llega-a-la-construccion-de-casas/>

enumeradas para que puedan ser identificadas en el sitio de montaje. Los modelos 3D se comparten en formatos libres como Sketchup, a partir del cual se pueden crear los archivos de corte.

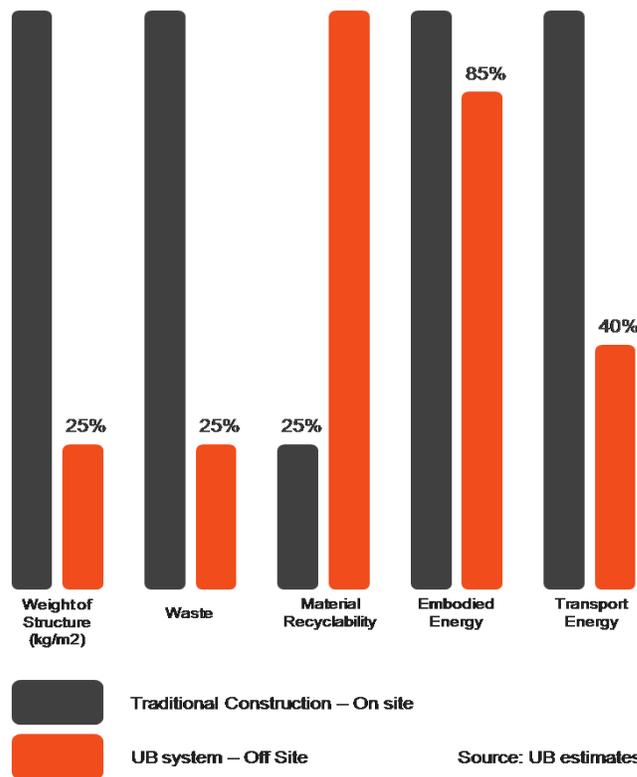
La estructura incorpora rieles en su sistema basal, los que se adaptan a distintos tipos de fundaciones y calidades de terrenos. Los elementos verticales y horizontales son ensamblables y conforman un sistema de marcos. Todas las partes se conectan a través de clavijas y cuñas, además incluye los mazos que también se cortan con el kit de armado, por lo que adicionalmente solo se necesitan tornillos y herramientas básicas.

Este sistema de casas prefabricadas, otorga al usuario final las capacidades, instrumentos y know-how para convertirse en el propio gestor de vivienda.

### CONSTRUCCIÓN OFF-SITE

Otra de las tendencias reconocibles en el estado del arte internacional en la prefabricación de viviendas y edificios en general, es el posicionamiento del término Off- Site o construcción fuera de sitio, concepto que se asocia a un cambio de paradigma de la construcción prefabricada, vinculado a dos iniciativas de industrialización, a las hojas de rutas de Nueva Zelanda y de Australia. Esta última iniciativa además formula la sigla OPA, la que se refiere a "métodos fuera del sitio y pre-ensamblado". El objetivo de esta definición es alejarse de prejuicios relacionados a una menor calidad de construcción, resaltando sus cualidades sustentables como la reducción de pérdidas y residuos, menores consumos de energía y agua, y disminución de impactos en el sitio de construcción, como lo son los proyectos de las empresas australianas Hickory y Unitised Building.

Desde el punto de vista de la sustentabilidad, a continuación se muestra un gráfico con los principales beneficios de la construcción fuera de sitio respecto a la construcción tradicional. Tales como la reducción de peso de la estructura (25%), reducción de residuos (25%), un aumento en el reciclaje de materiales (100%), menor energía incorporada (85%) y reducción de energía para el transporte (40%).



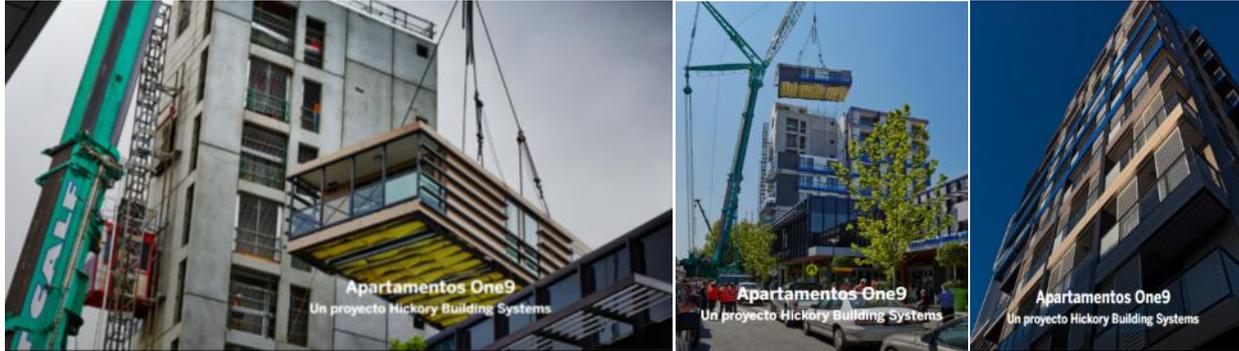
Además incorpora otros beneficios como:

- Reducción de tiempo de hasta 50%
- Hasta un 90% menos interrupciones a los vecinos y el tráfico
- Reducción de requerimientos de material.
- Reducción de pérdidas.
- Reducción de consumo de agua
- Menor energía incorporada durante el ciclo de vida del edificio
- Reducción de huella de carbono.

Fuente:  
<http://www.unitisedbuilding.com/sustainability/>

La empresa Hickory define sus soluciones como "sistemas estructurales que integran núcleos, muros de corte, baños y fachadas, concebidos fuera del sitio de la obra, además destaca la libertad arquitectónica que otorga a partir de mecanismos intercambiables y escalables que dan flexibilidad al diseño", y resalta beneficios en ahorros en plazos, pudiendo ser un 60% más rápido que una construcción tradicional. Por otra parte, destaca mayor certeza y ahorro en costos y plazos, y mayor seguridad para los trabajadores. Esta empresa resuelve y ejecuta en forma íntegra sus proyectos bajo el concepto de llave en mano, integrando las divisiones de fabricación y construcción. A continuación un proyecto de esta empresa.

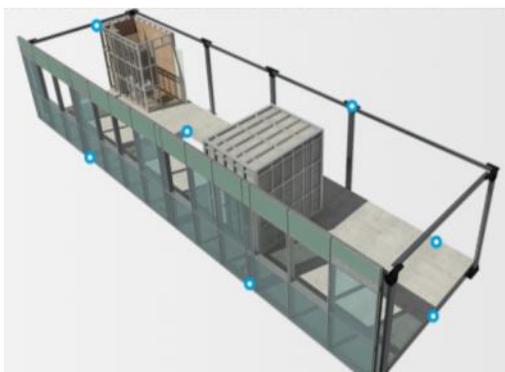
### Proyecto One 9, Victoria Australia (2013)



Imágenes: Proyecto One 9, proceso de montaje y resultado final. Fuente: <http://www.hickory.com.au/projects/one9-apartments/>

Este proyecto consta de 9 pisos y está compuesto por 36 unidades modulares prefabricadas las que fueron montadas en el sitio en 5 días. Además el proyecto incorpora una serie de atributos sustentables como ventanas termopanel para aislamiento acústico y térmico, reciclaje de aguas grises, paneles solares para agua caliente, entre otros, y cuenta con calificación energética de 6 estrellas<sup>22</sup>. El edificio residencial destaca como una edificación sustentable, y parte importante de esta definición es atribuible a la construcción fuera de sitio.

Prefabricación de módulos tridimensionales (3D), fabricados, montados y terminados en la obra por la misma empresa.



El sistema de la empresa Hickory incluye losas de hormigón liviano, refuerzos diagonales, flexibilidad de tamaño en unidades estructurales, fachadas pre-ensambladas, baños terminados y receptáculos impermeabilizados.

Fuente: <http://www.hickory.com.au/what-we-do/our-systems/hickory-building-systems/>

<sup>22</sup> En <http://www.energyrating.gov.au/>

## POSICIONAMIENTO DE PRODUCTOS DE CALIDAD DE ALTA PRODUCTIVIDAD

Al igual que la construcción fuera de sitio, el posicionamiento de los conceptos alta calidad y productividad se asocian a un cambio de paradigma de la construcción prefabricada, es el caso de la industria sueca con las viviendas "BokLok" de la empresa IKEA, consistente en la fabricación de módulos 3D con posibilidades de personalización limitada por parte de los usuarios, en cuanto a la distribución interior y algunas posibilidades de elección de terminaciones finales.

Según Salas (2009: 13), el gobierno sueco desde hace ya varias décadas invierte en investigación y desarrollo sobre estándares mínimos de vivienda. Los estándares promovidos se focalizan en eficiencia energética, calidad y competitividad entre empresas, primordialmente sobre los costos iniciales los que son compensados con productividad y subsidios gubernamentales. Según se indica los valores aceptados por Suecia para una vivienda unifamiliar de 45 m<sup>2</sup>, construida en base a paneles, requiere alrededor de 50 horas de trabajo en fábrica (proceso productivo), 40 horas para el montaje (4 operarios y un gruoero) y entre 200 y 250 horas para las terminaciones in situ, lo que se traduce en 8 horas- hombre por m<sup>2</sup>. Destaca la producción mecanizada y la personalización de los diseños.

### Caso viviendas "BokLok" de Ikea, viviendas asequibles para gente común.

Este desarrollo inmobiliario nace de las empresas sueca Ikea, cuya actividad más conocida se centra en el negocio de muebles y decoración, y la empresa constructora Skanska. Boklok surge como una alternativa de vivienda asequible para la gente común, a partir de la falta de oferta de viviendas de buena calidad asequible a un tipo de usuario en particular, familias<sup>23</sup> de tamaño reducido, sueldo intermedio, con capacidad de tomar un crédito hipotecario. Los desarrolladores de esta iniciativa destacan que *"todo el mundo debería tener la misma oportunidad de vivir bien"* ([www.boklok.com](http://www.boklok.com)). De esta forma, el tipo de producto a comercializar se determina a través de un estudio que define las características de la viviendas, entre las que destacan la luz natural, una buena distribución, funcionalidad, amueblamiento, y uso de materiales naturales como la madera.<sup>24</sup> Dentro de los tipos de viviendas que se comercializan están las casas individuales, pareadas de 1 o 2 pisos, y departamentos en bloques de hasta 4 pisos. La demanda productiva en los inicios de este negocio fue tan alta, que hoy en día se ha ideado un sistema de sorteo para realizar el proceso de venta y conformar pequeños barrios.

En relación a la sustentabilidad destacan algunas frases publicadas por la empresa, como *"la madera mejor que el hormigón"*, resaltando el material renovable, considerando menores consumos de energía y emisiones. *"Interior mejor que exterior"*, refiriéndose a la construcción en fábricas eficientes y modernas. *"Nuevo mejor que viejo"*, destaca básicamente por un mejor rendimiento energético. *"Pequeño mejor que grande"*, también se relaciona al ahorro energético. *"Bueno pero no Premium"*, destaca la calidad a un precio asequible, respetando todas las normas y reglamentos de energía y sustentabilidad. Además enfatiza la creación de pequeños barrios. No obstante, cabe destacar que los estándares en cuanto a superficies, en comparación con los estándares inmobiliarios de Chile<sup>25</sup>, son bastante más altos, por ejemplo una vivienda de un dormitorio alcanza los 53 m<sup>2</sup>, y una vivienda familiar alcanza los 108 m<sup>2</sup>.

A continuación imágenes publicadas en el sitio online de IKEA.

---

<sup>23</sup> En sus inicios se focaliza en madres solteras con un hijo.

<sup>24</sup> En <http://laurbana.com/blog/2012/05/17/boklok-las->.

<sup>25</sup> En Chile una unidad de vivienda para un usuario tiene alrededor de 38 m<sup>2</sup>

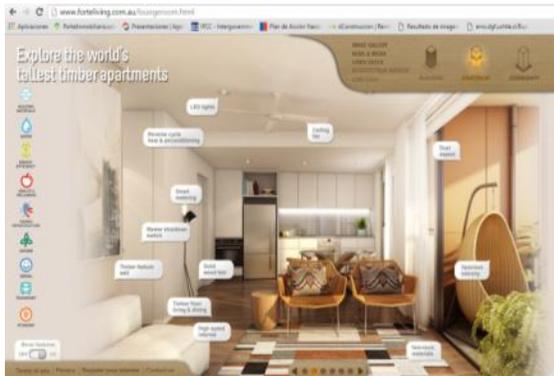


Imagen 1, casas de dos pisos adosadas. Imagen 2, viviendas en bloques de 2 y 4 pisos. Imagen 3, realización de sorteo en tienda durante fin de semana. Imagen 4, planta de vivienda de 53 m<sup>2</sup> Fuente: [https://www.boklok.com/about-the-BoKlok-concept/#\\_81212](https://www.boklok.com/about-the-BoKlok-concept/#_81212)

## CLT, Lend Lease Desarrollador Inmobiliario, caso Australia

### Edificio Forte, 9 pisos.

El edificio Forte fue desarrollado como una experiencia piloto para evaluar el uso masivo del sistema CLT en edificios residenciales en altura para futuros proyectos de la inmobiliaria, a continuación los beneficios percibidos en la experiencia.<sup>26</sup>



- 30% de disminución de plazos, mayor velocidad de construcción.
- 25% más liviano que una estructura de tradicional.
- 25% menos de fundaciones.
- Mejor desempeño térmico, al mismo costo o menor que edificios en acero u hormigón.
- Mejor calidad interior del aire.
- Material renovable y carbón sink (absorción de carbono)

Fuente: <http://www.forteliving.com.au/loungeroom.html>

Promueve el uso de madera sólida, reduciendo el uso del hormigón, material intensivo en el consumo energético generador de GEI. El edificio fue diseñado en BIM, y la fabricación de los tableros fue realizada por la empresa alemana KLH, los paneles fueron enviados por barco en 25 containers.

### PERSONALIZACIÓN

Esta tendencia se integra a otras como "Sistema Abierto De Construcción" y "Diseño de Código Abierto". Permite a los futuros usuarios combinar una serie de alternativas según sus preferencias como distribución interior, revestimientos. Algunos ejemplos son "Sato Plus Home" de Finlandia y "Boklok" de Ikea y Skanska en Suecia.

### CONCEPTO CERO ENERGÍA

Concepto "cero energía" se relaciona a viviendas (Zero Energy House, ZEH) y también a edificios residenciales (Zero Energy Building, ZEB) prefabricados o no, que consideran cero consumo neto de energía, lo que significa que la cantidad total de energía utilizada por el edificio es más o menos igual a la cantidad de energía renovable creada por el mismo, con el objetivo de mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

<sup>26</sup> Gutiérrez, Alejandro. Reporte Misión a Australia, Feria Design Build Expo. Melbourne, mayo de 2016.

El edificio BedZED en Londres (2002), sistema de construcción abierto, tiene una gran visibilidad en relación a esta tendencia. Sus diseñadores han desarrollado el concepto ZED (Zero Energy Development) planteando un sistema constructivo prefabricado para viviendas y edificios de baja altura, que considera factura cero (Zero Bills Home).

Otro caso interesante, es la experiencia japonesa, **el gobierno tiene como objetivo nacional aplicar el concepto de vivienda energía cero (ZEH) como un estándar para la construcción de nuevas casas al 2020**, lo que ha impulsado el desarrollo de nuevas soluciones de viviendas, como son los casos de ToyotaHome y PanaHome. Estas empresas incorporan alta tecnología en la producción de viviendas, además de alta calidad, eficiencia energética y confort ambiental. Este tipo de viviendas se basan en altas prestaciones incorporando sistemas de captación de energía solar fotovoltaica o de alta eficiencia energética.<sup>27</sup>

### Caso Zero Bills Home

Este sistema constructivo, diseñado por ZEDfactory para viviendas, se compone de un kit híbrido con estructura pesada de marcos de madera, con costos altamente eficientes en base a procesos estandarizados, cumpliendo con requisitos térmicos de alto rendimiento con el fin de lograr cero carbono y las especificaciones de "factura cero". Tanto la calefacción como el agua caliente sanitaria utilizan energía eléctrica generada por energía solar. El sistema fotovoltaico del techo está integrado a una bomba de calor que calienta el agua que se distribuye en el piso radiante, además cuenta con un sistema inteligente de recuperación de calor para la ventilación, de tal forma que el aire nuevo esté también calefaccionado. En cuanto a los sistemas pasivos incorpora tres conceptos: masa térmica, altos niveles de aislamiento y construcción hermética.



Imagen 1, el uso de materiales densos en los techos y suelos reduce las fluctuaciones en la temperatura de las ganancias de calor internas y las pérdidas a través de las ventanas abiertas. RuralZED pared de tablonés de hormigón.

Imagen 2, envolvente con alto aislamiento. Imagen 3, hermeticidad en la envolvente.

Fuente: En <http://www.zedfactory.com/#!zedfabric/an7t2>

El proyecto Zero Bills Home<sup>28</sup> ha construido el primer prototipo en el Parque de Innovación del BRE (Building Research Establishment), de tal forma de evaluar y validar el comportamiento de la vivienda, para el posterior desarrollo de 96 viviendas en Newport Essex (2016). Como filosofía de trabajo, el ZEDfactory destaca una colaboración constante con los proveedores de productos y materiales para el desarrollo de componentes y procesos constructivos.

<sup>27</sup> Ídem, Salas.

<sup>28</sup> En: <http://www.zerobillshome.com/zerobillshome/?q=content/construction-system>

## ToyotaHome

Toyota Home es parte del Grupo Toyota, y es una de las mayores empresas de construcción de vivienda en Japón, destaca por traspasar el know how de la industria de fabricación de automóviles a la construcción de viviendas industrializadas. Este desarrollo de viviendas, incorpora una alta tecnología en su fabricación. Las viviendas son ejecutadas a partir de módulos 3D conformados por estructuras de acero montados en fábrica, utilizando la tecnología de fabricación automotriz. La estrategia de comunicación de la empresa resalta los atributos de sustentabilidad tales como el diseño pasivo, la utilización de paneles fotovoltaicos y baterías de litio para el almacenamiento de la electricidad; así como la gestión inteligente de la energía a través del control de temperatura de los ambientes en forma individual y a distancia, a través de dispositivos móviles o desde el propio automóvil.



Imagen 1, automatización en el proceso de fabricación. Imagen 2, representación de sistema estructural en vivienda. Fuente: <http://www.toyotahome.co.jp/tokuty/skeleton/>

Imagen 3, Esquema de protección a radiación solar y ventilaciones. Fuente: <http://www.toyotahome.co.jp/tokuty/comfort/>

ToyotaHome ofrece garantías de la vivienda hasta por 60 años (garantía extendida sobre 30 años de la hipoteca), enfatizando la alta calidad y excelente durabilidad de la vivienda, con mantenciones cada 5 durante los primeros 25 años, bajo un concepto similar al de las mantenciones que comúnmente tienen los automóviles. Además promociona el concepto de Smart House relacionado al Sistema de Gestión de la Energía (HEMS).

## PanaHome

PanaHome es un desarrollo del grupo Panasonic que se encarga del proyecto en forma integral, opera tanto en Taiwán como en Malaysia. En su publicidad destaca la incorporación de generación de energía, el ahorro, y sistemas de almacenamiento. El uso de la tecnología se relaciona al concepto de Sistema de Gestión de la Energía (HEMS) para mejorar la eficiencia energética y reducir aún más las emisiones de CO<sub>2</sub>, así como también velar por la durabilidad del inmueble asignándole un alto valor al patrimonio familiar.

La cantidad total del consumo anual de energía primaria de las casas es más o menos igual a la cantidad anual de energía renovable creada en el sitio, la energía generada puede ser canalizada para el consumo directo dentro del hogar o vendida a las compañías eléctricas.

A través de la aplicación de HEMS, se propone lograr la meta "cero energía neta" para todas sus construcciones unifamiliares al 2018, dos años antes de la meta nacional, alineando sus objetivos a la estrategia del país.

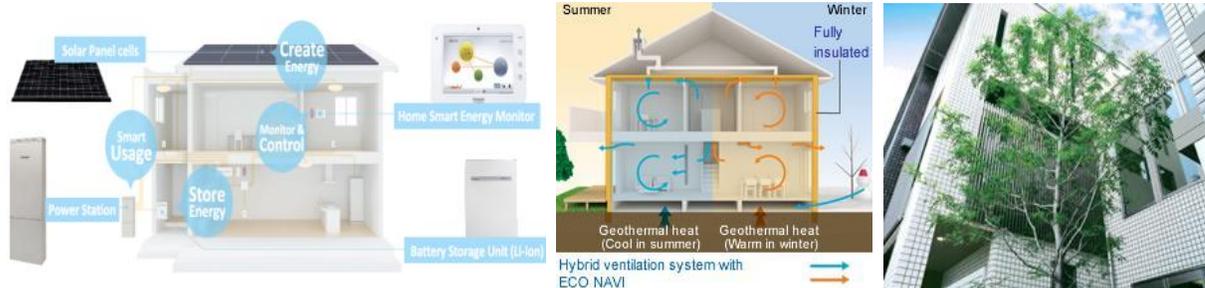


Imagen 1, Diagrama conceptual de referencia de un Sistema de Gestión de Energía para el Hogar inteligente HEMS. Fuente: <http://www.my-panahome.com.my/concept/energy-technology/>

Imagen 2, Pure Tech, sistemas de ventilación inteligente mediante el uso de la menor energía posible, nuestras casas son frescas en verano y caliente en invierno.

Imagen 3: KIRATECH paredes exteriores de baldosas emplean la tecnología fotocatalítica avanzada, lo que les permite auto-limpieza cuando se expone al sol o la lluvia, lo que significa que no se ensucian a largo plazo. También descomponen los contaminantes atmosféricos peligrosos, incluyendo el óxido de nitrógeno (NOx), purificando con ello el aire circundante.

Fuente: [http://www.panahome.jp/english/tech\\_and\\_service/technology.html#con01](http://www.panahome.jp/english/tech_and_service/technology.html#con01)

Destaca el diseño pasivo de la vivienda en cuanto a iluminación, aislación térmica, calidad del aire interior y ventilación (tecnología Pure Tech). Resalta la seguridad en cuanto a cambios de condiciones climáticas adversas, y la seguridad ciudadana como concepto de protección a la familia. Por otra parte enfatiza el valor del activo a través de atributos sustentables, la adaptabilidad, la durabilidad y protección del patrimonio familiar a lo largo del tiempo. Bajo este último concepto subraya la tecnología Kira Tech para paredes exteriores, que tiene un efecto de autolimpieza, las manchas se descomponen con la exposición directa de la luz ultravioleta del sol.

En cuanto a su método constructivo, la prefabricación se basa en estructuras de acero, para asegurar una estructura sísmo resistente, reducir el tiempo de construcción y menor impacto en el sitio de construcción, construcción más limpia y más respetuosa con el medio ambiente. El uso de la estructura de acero también permite mayores luces para una sala de estar más espaciosa y abierta, y mayor adaptabilidad para remodelaciones futuras.

Las casas PanaHome pueden alcanzar el grado más alto en la evaluación de la eficiencia ambiental llevada a cabo por el Ministerio de Tierra, Infraestructura, Transporte y Turismo de Japón, utilizando el Sistema de Evaluación Global para la construcción de Eficiencia Ambiental (CASBEE).

## CONCEPTO SMART HOUSE

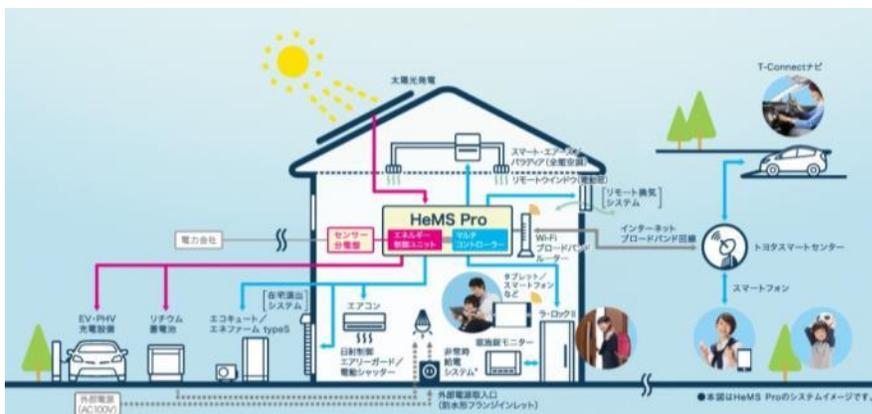


Imagen 1, control a través de dispositivos como un teléfono inteligente o un automóvil.

Fuente:

<http://www.toyotahome.co.jp/smarthouse/hems/>

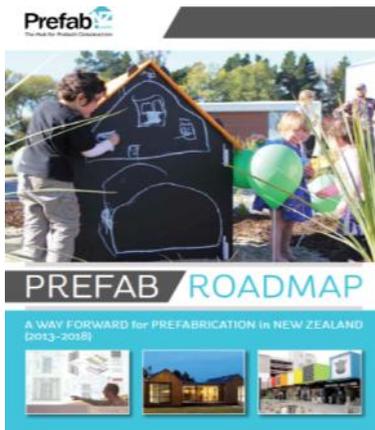
Este concepto integra la tecnología en la etapa de operación de la vivienda, otorgando al usuario la posibilidad de controlar aspectos ambientales, consumo energético, parámetros de confort y de

seguridad a distancia a través de dispositivos, como el caso Toyota Home mencionado anteriormente, que permite el control desde el automóvil. Antes de llegar a la vivienda, es posible encender los sistemas de calefacción controlando el consumo de energía de cada habitación, así como verificar otros servicios como el agua, la carga de la batería de almacenamiento de electricidad. Además es posible realizar el seguimiento de los consumos y sus precios reales como control de gastos.

Otros ejemplos que incorporan este concepto de Smart home, son PanaHome y WikiHouse.

## 5. REFERENTES INTERNACIONALES E INSTITUCIONALIDAD

### 5.1. CASO NUEVA ZELANDIA



#### Caso de Nueva Zelanda, Hoja de Ruta (2013-2018)

Su Hoja de Ruta se basa en un contexto histórico muy largo y rico, para formular una visión contemporánea que aumente la calidad de la producción prefabricada y haga crecer el valor para el cliente.

Su **visión** se basa en el éxito de la producción de alta calidad, edificios residenciales y comerciales, bien diseñados, económicos, funcionales e inspiradores para **clientes satisfechos de la industria de la prefabricación.**

Fuente: <http://www.prefabnz.com/News/Roadmap/>

Esta hoja de ruta, se centra en que *"un sector potente de la prefabricación va a generar auténticos beneficios para toda la industria de la construcción Nueva Zelanda, el fomento a la innovación y la mejora de la eficiencia a través de este proceso de construcción optimizada"*.

Su **Institucionalidad**, es apoyada desde sus inicios por el gobierno. Busca integrar a toda la cadena de valor, a clientes (públicos, privados, administradores), especificadores (arquitectos, ingenieros, constructores), productores (fabricantes, contratistas, otros), reguladores (territoriales, ministerios, etc.) y el gobierno (ministerios, etc.).

**Foco:** Sustentabilidad "Prefabricación verde".

La prefabricación es una estrategia que afecta a todo el proyecto desde su inicio, en lugar de ser sólo una selección de productos o tecnologías aplicadas más adelante.

Esta Hoja de Ruta se relaciona con una tesis (BELL 2009), donde se identifican dos áreas de crecimiento: **Investigación y Desarrollo; y Comercialización y Comunicación.**

Se identifica cuatro temas clave que inhiben la reabsorción de la prefabricación:

- Ampliar las percepciones a través de información para combatir los conceptos erróneos.
- Conexión con los clientes para aumentar el tamaño del mercado.
- Asistir a la innovación en el mercado.
- Difusión de conocimientos técnicos.

**Acciones:** Comunicación, difusión, educación y demostración (Pruebas).

- Bases de datos de productos
- Herramientas interactivas
- Publicaciones técnicas específicas
- Eventos de exposición

El siguiente paso consiste en clasificar la prioridad de los resultados y productos, e identificar las organizaciones para ayudar en la entrega de estos proyectos durante el período de tiempo de cinco años de esta Hoja de Ruta.

## 5.2. CASO JAPÓN

Este caso se inscribe en el benchmarking internacional publicado en la Hoja de Ruta de Nueva Zelanda, donde se realiza una síntesis de la experiencia internacional y describe las características del mercado japonés en cuanto a la prefabricación.

- Vivienda vista como activo consumible 20-30 años amortizable.
- 74% de los hogares tienen 27 años de antigüedad o menos en 2008.
- La prefabricación vista como un medio para productos de alta gama.
- Hasta el 20% del mercado nacional de casas prefabricadas.
- Cinco grandes empresas suministran el 80% del mercado interno prefabricado.
- Inversión en I+D desde 1946, hoy el mercado de la prefabricación es maduro.
- Centros de I + D ofrecen elección personalizada de los accesorios, opciones, alternativas de materiales acabados.
- Predominio del sistema Steel - frame, paneles modulares con estructura de acero.
- Industria altamente mecanizada y automatizada debido a la influencia de industrias manufactureras.
- La mayor parte de la construcción es iniciada por sus dueños.

A partir de esta información es posible entender el desarrollo que han tenido las empresas ToyotaHome y PanaHome en el diseño de sus productos.

## 5.3. CASO DE AUSTRALIA, HOJA DE RUTA (2014)



La hoja de ruta de Australia promueve proyectos más sustentables, costos más bajos, alta calidad, terminaciones por sobre lo tradicional, altamente reciclable, reducción de residuos y grandes ahorros en el ciclo de vida.

Su foco apunta a potenciar la innovación, nuevas técnicas, alta calidad a un bajo costo por sobre los métodos tradicionales de construcción.

Propone un cambio de paradigma: de la construcción prefabricada a la construcción Off-site. Formula la sigla OPA, la que se refiere a métodos fuera del sitio y Pre-ensamblado.

Su foco apunta al desarrollo de la industria.

**Una de sus claves es el diseño y desarrollo de herramienta Modularize tool**, la que permite generar estandarización y productos exclusivos. A través del software Rhinoceros y Grasshoper (BIM), se ayuda a

dar una rápida respuesta en decisiones de diseño, para la viabilidad temprana del proyecto, esta herramienta permite obtener rápidamente un estudio de la cabida del proyecto considerando los componentes modulares.

#### 5.4. CASO MODULAR BUILDING INSTITUTE (MBI)

El Instituto de Construcción Modular (Modular Building Institute - MBI) de origen norteamericano es una asociación internacional sin fines de lucro al servicio de la construcción modular (1983). Sus miembros son fabricantes, contratistas y proveedores de distintos segmentos de la industria -construcción modular permanente (PMC) y construcciones relocables (RB). Los miembros asociados son compañías que suministran componentes de construcción, servicios y financiamiento.

Su **misión** es expandir el uso de la construcción fuera de sitio, a través de prácticas de innovadoras de construcción, difusión y educación a la comunidad de la construcción y los clientes, y el reconocimiento de los diseños e instalaciones modulares de alta calidad.



Uno de los grandes beneficios promovidos por esta organización, es el ahorro de tiempos.

Imagen1, gráfico que representa la disminución de plazos de la obra.

Fuente:

[http://www.modular.org/HtmlPage.aspx?name=why\\_modular](http://www.modular.org/HtmlPage.aspx?name=why_modular)

En cuanto a su **institucionalidad** -privados y academia, se rige por un Consejo de Administración compuesto por un mínimo de diez personas elegidas por y entre los miembros regulares y asociados. Además cuenta con comités que están formados por miembros voluntarios del Consejo de Administración y pueden incluir miembros en general. Estos grupos se centran en un corto plazo, según las necesidades específicas de la asociación y la membresía, por lo general en respuesta a nuevos problemas y tendencias. Además cuenta con un Director Ejecutivo. Entre sus miembros, destaca la participación de un sindicato de trabajadores de la construcción, Northern California Carpenters Regional Council, con enfoque pro-empresa.

#### Actividades de difusión

- **Convenciones Anuales:** Evento en formato de feria de exposición donde se reúnen todos los socios, se dictan charlas y hay muestras en stand.
- **Premiaciones:** Cabe destacar que en la última convención, 2016, la empresa chilena Tecnofast Home, socia de esta institución obtuvo una mención honrosa por su sitio web en Marketing
- **Cursos online:** por ejemplo, curso buenas conductas en negocios.
- **Promoción de eventos en el extranjero.**
- **Venta de libros online.**
- **Cursos de seguridad laboral.**
- **Cursos de formación online gratis de aproximadamente 30 minutos (conceptos básicos)** ([http://www.modular.org/HtmlPage.aspx?name=Modular\\_101](http://www.modular.org/HtmlPage.aspx?name=Modular_101))
- **Postcards descargables**

## Relaciones con otras instituciones

- **Educación y Capacitación: Building, Design + Construction University**, plataforma digital que imparte cursos online gratuitos sobre materias de corta extensión que incluyen un texto de estudio y un test.
- **Marco Contractual: The American Institute of Architects**: a través del sitio de MBI se puede acceder a una serie de contratos tipo, del Instituto de Arquitectos, proyectos con foco en sustentabilidad.
- **Otras instituciones internacionales similares:**
  - Modular Building Industry Association Australia (MBIAA).
  - Modular & Portable Building Association (MPBA)- UK
  - Prefab New Zealand (PrefabNZ)

## 5.5. OTRAS INICIATIVAS CONCURSOS Y EXPOSICIONES



### Decathlon

El concurso "Decathlon Solar", se realiza entre universidades norteamericanas y algunas europeas invitadas, consiste en diseñar y construir prototipos de viviendas energéticamente autosuficientes, que deben prefabricarse en talleres (off - site).

Imagen: Plataforma Decathlon. Fuente: <http://www.solardecathlon.gov/>

### Muestra en Museo de Arte Moderno (MOMA de Nueva York)



Esta reconocida muestra busca difundir la prefabricación. "Home Delivery Fabricating the modern dwelling" es un hito dentro de las acciones de difusión de la construcción prefabricada en Estados Unidos, muestra el pasado, presente y futuro de la vivienda prefabricada.

Imagen : Plataforma de exhibición. Fuente: <http://www.moma.org/interactives/exhibitions/2008/homedelivery/>

### Muestra de construcciones innovadoras en el BRE Innovation Park (Watford)



El Building Research Establishment, BRE, lleva a cabo muestras de prototipos montados en sus instalaciones donde se evalúan, validan y muestran las propiedades de los Métodos Modernos de Construcción (MMC) , esta muestra ha sido visitada por más de cinco mil profesionales del sector.

Los MMC de viviendas, se aproximan al concepto de 'cero emisiones de CO2', estas viviendas pretenden demostrar el cumplimiento del Código de vivienda sustentable.

Imagen: Muestra "OFF-SITE 2007". Fuente: <http://www.bre.co.uk/news/First-houses-designed-to-conform-to-the-Code-to-be-unveiled-at-OFFSITE2007-441.html>

## 6. REFERENTES NACIONALES Y STAKE HOLDERS

### 6.1. PREFABRICADOS EN HORMIGÓN

Los prefabricados de hormigón en Chile se han desarrollado más masivamente en obras de infraestructura, construcciones industriales, pavimentos y mobiliario urbano. Sin embargo, el desarrollo constructivo en edificaciones- CPR- en los últimos años ha incorporado nuevas tecnologías, no obstante su absorción por parte del mercado ha sido extremadamente lenta. Estas tecnologías consisten en la creación de una segunda generación de anclajes - Empresa Momenta - y la incorporación de sistemas de protección sísmica basal que ha sido implementada por empresas líderes, como lo son Momenta y Tensocret. La implementación de esta tecnología no se ha expandido a otras empresas de prefabricados, probablemente por una baja demanda de los sistemas.

La mayor oportunidad para la industrialización de la construcción, la eficiencia y beneficios de los sistemas, está en la coordinación en la etapa de diseño y concepción del proyecto desde el día cero, incorporando desde el inicio el concepto de prefabricación. Así como, el involucramiento desde el comienzo de todos los agentes, considerando un diseño integrado. Hoy en día existen las capacidades para entregar una solución integrada y completa.

#### INSTITUCIONALIDAD

Bajo el alero del Instituto del Cemento y del Hormigón se ha creado el Comité Elementos y Estructuras Prefabricadas de Hormigón ([www.prefabricando.cl](http://www.prefabricando.cl)).

El Comité Elementos y Estructuras Prefabricadas de Hormigón funciona a través de mesas de trabajo, el desarrollo de seminarios y publicaciones especializadas, busca promover una cultura constructiva del uso de elementos y estructuras prefabricadas. Dentro de sus objetivos ha planteado cuatro líneas de trabajo:

1. Conexiones eficientes, seguras y reconocidas por el medio técnico.
2. Formación de Capital Humano.
3. Normativa para prefabricados de hormigón.
4. Difusión de conocimiento técnico

Dentro de sus objetivos está el desarrollo de documentos de referencia para el diseño y uso de elementos prefabricados y el fortalecimiento de una cultura de uso de elementos y estructuras prefabricadas de hormigón.

**Empresas Asociadas:** Las empresas asociadas en materia de prefabricados son: Hormisur, Grau, Tensocret, Preansa, Momenta, Tensacon y Hormipret.

#### STAKEHOLDERS

- En una reunión llevada a cabo con este comité y otras empresas invitadas, se identifica que los principales aspectos que aquejan al sector son la falta de difusión de estas tecnologías en todos los niveles de la cadena de valor, resaltando el rol que cumple el "*gerenciamiento de proyectos*" y la asesoría técnica a mandantes, desde el punto de vista del sector privado. En el caso del sector público, se menciona la inclusión del tema en las licitaciones públicas con el fin de gatillar una mayor demanda por los sistemas prefabricados.
- Por otra parte, en una reunión sostenida con el gerente del ICH, Augusto Holmberg, se identifican líneas de trabajo en temas de anclajes de segunda generación, desarrollo de capital humano en todos los niveles de la cadena, normativa y difusión.

## CASOS

### Edificio Chacay, Temuco - Momenta (Tensocret) - 2012



Imágenes: Edificio Chacay, Temuco. Fuente: [www.momenta.cl](http://www.momenta.cl)

#### Ficha técnica

<b>Arquitectura:</b>	Equipo Jaspard (Inmobiliaria)
<b>Diseño Estructural:</b>	Sirve S.A.
<b>Protección Sísmica:</b>	Sirve S.A.
<b>Constructora:</b>	Constructora del Bosque
<b>Solución Ingeniería y Construcción:</b>	Momenta (Llave en mano)

La Inmobiliaria Nehuentue Ltda. encarga el diseño del edificio estructurado en base a pórticos compuestos por elementos prefabricados de hormigón armado. Columnas, vigas portantes y losas prefabricadas. Tiene una altura de 5 pisos y 2700 m<sup>2</sup> de superficie. El edificio cuenta con un sistema de aislamiento sísmico basal conformado por aisladores elastoméricos y friccionales, instalados en una parte del edificio en el cielo del subterráneo, y en otra a nivel de fundaciones.

El sistema constructivo utilizado tiene como ventajas los siguientes aspectos: 50% reducción de plazos respecto a sistemas tradicionales; menor dependencia de mano de obra; 100 % antisísmico; y mejor calidad de obra gruesa. Además plantea una solución "llave en mano" (la estructura fue montada en 12 días según registro de video publicado online)

### CONDOMINIO LOMAS DE JAVIERA, TEMUCO - Momenta



Imágenes de video que muestra la construcción prefabricada. Fuente: [www.momenta.cl](http://www.momenta.cl)

#### Ficha técnica

<b>Solución Ingeniería y Construcción:</b>	Momenta
--	---------

Este proyecto ubicado en la ciudad de Temuco es un referente en edificación de viviendas en media altura. En el marco del subsidio habitacional extraordinario para proyectos de integración social decreto DS 116, el proyecto Condominio Lomas de Javiera ([www.lomasdejaviera.cl](http://www.lomasdejaviera.cl)) fue aprobado en agosto de 2015, considera 200 departamentos distribuidos en 10 torres de 5 pisos. El sistema constructivo plantea

como ventajas los siguientes aspectos: 30% reducción de plazos respecto a sistemas tradicionales; menor dependencia de mano de obra; 100 % antisísmico; y mejor calidad de obra gruesa.

### **EDIFICIO MARINA PAIHUE, PUCÓN - Tensocret**



Imágenes: Construcción edificio Marina Paihue, Pucón. Fuente: [www.tensocret.cl](http://www.tensocret.cl)

#### **Ficha técnica**

**Arquitectura:** DMD Arquitectos

**Prefabricados y Protección Sísmica:** TENSOCRET

Edificio residencial de 6 pisos de altura, ubicado en Pucón, destaca por su aislación sísmica basal.

### **EDIFICIO DUOC PLAZA NORTE**



Imágenes: Construcción de edificio Duoc Plaza Norte. Fuente: [www.concretarq.cl](http://www.concretarq.cl)

#### **Ficha técnica**

**Arquitectura:** Sabbagh Arquitectos

**Constructora:** Precon

**Proveedor prefabricados:** Tensacom

Este edificio de uso educacional tiene 6 pisos de altura y una superficie de 11.320 m<sup>2</sup>. La estructura está compuesta por un sistema de marcos de hormigón armado in situ, por vigas, pilares y muros de hormigón. Se consideraron losas de fundación producto de la calidad del suelo. El sistema de cerramiento fue realizado en base a paneles arquitectónicos prefabricados en hormigón, los cuales incorporan vanos circulares de diferentes tamaños. Estos paneles están conectados a la estructura de marcos a través de anclajes metálicos. La terminación superficial de los muros de Hormigón y de los prefabricados considero una textura de moldaje de tablilla.

## 6.2. CONSTRUCCIÓN EN ACERO

La construcción en acero en esencia considera la industrialización. Al igual que la prefabricación en hormigón el mayor volumen de construcciones de acero en edificación corresponden a infraestructura industrial y minera. En el caso de las viviendas destaca el uso de sistemas de construcción en seco, en base a estructuras entramadas de acero galvanizado, un ejemplo es el sistema Metalcom® de la empresa CINTAC.



Imagen1, Sistemas en base a perfiles metálicos industrializados, montados en obra.

Fuente: <http://www.cintac.cl/perfiles-metalcon/>

En Chile la construcción de estructuras de edificios CPR es muy baja, principalmente se enfoca en edificios comerciales, educaciones y corporativos de baja altura, con un diseño arquitectónico de autor, como es el caso de los edificios de las oficinas Iglésis Prat Arquitectos, Sabbagh Arquitectos, Polidura+Talhouk Arquitectos, entre otros, tratándose principalmente de construcciones que también integran estructuras de hormigón y revestimientos en madera. Existen muy pocos casos de edificios en altura. Destaca el edificio Munchen en Providencia (1981) de 11 pisos en total incluyendo subterráneos, y la estructura de coronación del edificio Costanera Center. Una de las ventajas importantes del acero en cuanto a su uso corporativo, es su flexibilidad para obtener formas volumétricas creativas, la longitud de luces y menores secciones en relación al hormigón.

En cuanto a otros usos del acero en la construcción, destaca el uso mallas prefabricadas utilizadas en estructuras de hormigón. Las mallas de enfierradura electrosoldada consideran un mayor control del material en cuanto a exactitud en las cubicaciones y calidad en la ejecución.

Los productos en acero para la construcción pueden llegar a ser muy variables, destacando también la aplicación en revestimientos metálicos. Este tipo de productos, actualmente son importados, por tanto existe una gran dispersión en el mercado en cuanto a calidad y precios. En cuanto a obras emblemáticas a enfatizar, se encuentra el revestimiento metálico del GAM fabricado por la empresa Hunter Douglas.

### INSTITUCIONALIDAD

En cuanto a la institucionalidad del sector del acero, podemos identificar a tres actores: Instituto Chileno del Acero (ICHA); la Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmecánicas A.G.(Asimet) y el Instituto Tecnológico de la Enfierradura para la Construcción.

#### **Instituto Chileno del Acero (ICHA)**

Es una Corporación Instituto Chileno del Acero, entidad privada sin fines de lucro, que tiene como misión contribuir a la productividad y calidad de vida, mejorando la sustentabilidad, siendo el referente técnico que impulse soluciones en acero para el desarrollo integral, ajustadas a las necesidades de los sectores, procurando un nivel adecuado de exigencias técnicas y de fiscalización a través de la colaboración pública y privada.

El ICHA es una organización que reúne a los distintos componentes de la Red de Valor del Acero, con el objetivo de desarrollar el mercado mediante acciones tecnológicas puestas al servicio de las empresas, eliminando o disminuyendo las barreras que puedan limitar su utilización, a través del trabajo de comisiones a través de un Comité Técnico; gestión de pasantías tecnológicas en el extranjero; proyectos

de difusión; actualización y preparación de Normas; desarrollo de Ediciones Técnicas; cursos de capacitación; congresos y seminarios, entre otras.



En cuanto a su visión, busca **promover diferentes usos del acero**, provocar cambios que permitan **mejorar la operación de la cadena de valor del acero** y de **proveer capital humano para el desarrollo del rubro**, ser un aporte en la discusión pública respecto a normas y estudios, como referente técnico que a la vez es un facilitador de soluciones, con fuerte ética empresarial. Está conformado por distintas empresas asociadas que se muestran en el cuadro adjunto.

Fuente: [www.icha.cl](http://www.icha.cl)

### Asociación de Industrias Metalúrgicas y Metalmeccánicas A.G.(Asimet)

Asimet A.G. es una organización que ofrece un lugar para el encuentro empresarial, brindando apoyo especializado a sus asociados del sector, para el constante perfeccionamiento en ámbitos tales como el tecnológico, legal, apertura de negocios, gestión y recursos humanos, entre otros.

Su **misión** es impulsar el desarrollo del sector metalúrgico y metalmeccánico en Chile, promover y materializar la creación de valor en las empresas asociadas y representarlas ante las entidades públicas y privadas a nivel nacional e internacional, con el objeto de lograr el desarrollo integral y sustentable de las mismas. Asimet posee un Centro de Certificación de Competencias Laborales en el sector metalmeccánico, basado en el catálogo nacional de perfiles ocupacionales de ChileValora.

### STAKEHOLDERS

Se realizó una reunión con el gerente del ICHA, Juan Carlos Gutiérrez, donde se detectaron las siguientes líneas de en cuanto a la trazabilidad de la calidad del acero y sus productos en la cadena de valor, difusión de tecnologías, aspectos de formación de capital humano en Pymes y profesionales, y aspectos normativos.

### CASOS

#### EDIFICIO MUNCHEN, PROVIDENCIA.



Imágenes: construcción edificio en acero. Fuente: Presentación Arq. Alfredo Reyes.

#### Ficha técnica

**Arquitectura:** A R C A q u i t e c t o s

Edificio comercial y residencial de 11 pisos de altura, cuenta con 3 subterráneos, 3 pisos comerciales y 8 pisos residenciales

## EDIFICIO GAM



Imágenes:  
Revestimiento  
metálico, Hunter  
Douglas.

Fuente:  
[www.plataformaarquitectura.cl](http://www.plataformaarquitectura.cl)

### Ficha técnica

Arquitectura:

Cristián Fernández Arquitectos. Lateral arquitectura & diseño

## 6.3. CONSTRUCCIÓN EN MADERA

La experiencia de la construcción en madera en la historia de Chile a lo largo de su historia revela amplias capacidades en el ámbito artesanal, como los son las iglesias de Chiloé construidas hace más de un siglo. Asimismo, en la actualidad también es posible identificar capacidades tecnológicas, que si bien se localizan en un número reducido de empresas, focalizándose en obras arquitectónicas de alta sofisticación, esta realidad convive con una construcción más masiva en madera, pero con una percepción de menor calidad, la cual que se ejecuta todavía a través de métodos más tradicionales.



Imagen: Evolución de la madera en Chile, casos representativos. Fuente: Elaboración propia.

## INSTITUCIONALIDAD

Desde el punto de vista de la institucionalidad coexisten distintas iniciativas alineadas bajo un objetivo común que es promover el uso de la madera, pero a su vez en torno a diferentes objetivos particulares. A continuación se presenta las distintas instituciones e iniciativas.



**CORMA** es una asociación gremial chilena que reúne a cerca de 180 actores del sector forestal, cubriendo más del 55% de las hectáreas plantadas del país y el 85% de las exportaciones forestales.

Su misión es representar al sector forestal privado ante diversas instancias nacionales e internacionales, promoviendo el desarrollo social, económico y ambiental de la industria forestal de Chile.

Dentro de sus líneas de acción destaca la agenda Pro Pyme, cuyo objetivo es fortalecer su desarrollo.



Madera 21 surge a partir de la reestructuración del Centro de Transferencia Tecnológica de la Madera, CTT, que fue creado el año 2001 por CORMA, para fomentar el uso de la madera de Pino Radiata como material constructivo en el país y promover la existencia de productos de calidad.

Entre las actividades de difusión destaca el evento de la semana de la madera donde se realizan charlas de expertos internacionales, concursos donde participan universidades, y exposiciones en relación a las posibilidades que ofrece la madera y difusión de obras ([www.madera21.cl](http://www.madera21.cl))



Pertenece a la CORMA y a las Facultades de Ingeniería Civil, Agronomía e Ingeniería Forestal, Arquitectura, Diseño y Estudios Urbanos de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Integra a profesionales del área de la Arquitectura, Diseño, Construcción Civil e Ingeniería, busca mejorar la calidad de vida de las personas, incentivando soluciones en madera que sean sustentables, innovadoras y de calidad. Entre sus acciones destaca el convenio creado con el MINVU para la creación de eco barrios, como el proyecto de Chañaral, entre otros.



El Programa Estratégico Mesoregional Madera de Alto Valor, ya mencionado anteriormente, es una iniciativa de Corfo y su institucionalidad es pública, privada y academia. Su visión, es *“Desarrollar una Industria Secundaria Maderera competitiva e inserta en mercados nacionales e internacionales, generando productos de madera destinados a abastecer principalmente al mercado de la construcción”*. Sus metas son:

- Aumentar en un 30% las exportaciones de las MPM al 2025, lo que se traduce en el desafío de aumentar las exportaciones MPM en US\$ 100 millones por año al 2025 (compartida con Construye 2025).
- Aumentar en 30% la superficie construida en base a sistemas intensivos en madera respecto de la superficie total construida a nivel nacional, lo que significa aproximadamente 5.000 viviendas adicionales a la situación base, implicando un aumento de abastecimiento maderero en torno a 150 mil m<sup>3</sup> anuales, capaz de satisfacer la demanda.

En cuanto al desarrollo de la madera en el sector construcción, se detectan las siguientes brechas:

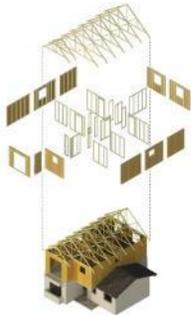
1. Problemas de abastecimiento (madera de calidad)
2. Falta de escala en todos los eslabones de la cadena productiva.
3. Falta de innovación en productos y servicios (escaso valor agregado), y falta de tecnología en MPM.
4. Madera sin estándares de calidad.
5. Falta normativa construcción y otros usos requeridos.
6. Falta difusión y reposicionamiento de la madera en stakeholders relevantes.
7. Falta de capital humano calificado.

En el desarrollo de esta consultoría se realizó una presentación del programa CONSTRUYE 2025 y del programa de la Madera en la ciudad de Concepción<sup>29</sup>, con el apoyo del CITEC de la Universidad del Bío Bío. En el encuentro participaron alrededor de 20 personas, entre ellos empresas pymes fabricantes de casas prefabricadas y otras de mayor tamaño. Al respecto, se sostuvieron conversaciones con los asistentes donde se pudo concluir que la falta de abastecimiento de madera de calidad es un factor importante, se reconoce que solo la empresa Arauco tiene la capacidad de fabricar madera de alto desempeño para la construcción, no obstante las pymes al comprar menores volúmenes acusan menor poder de negociación en cuanto a precios y plazos.

Otro factor importante, en cuanto a empresas desarrolladoras de soluciones de alta gama, también acusan la necesidad de aumentar los proveedores de madera de calidad para una mayor competitividad, solicitan mayor apoyo en cuanto a la difusión de soluciones constructivas dirigida a los profesionales del sector, ya que la mayoría desconoce este tipo de soluciones constructivas y por tanto no las utilizan. Otro factor importante es la falta de competencias relacionadas a la madera en cuanto al capital humano involucrado en la cadena de valor.

## CASOS

Respecto al estado del arte en Chile, se reconoce que varias de las tendencias han sido abordadas en nuestro país por actores como lo son Timber, Compatible y Playgood, entre otras. Estas empresas utilizan en sus procesos la tecnología CAD-CAM. En el caso de Timber, destaca la capacidad tecnológica y de respuesta a proyectos de alta calidad. La empresa Playgood, por su parte destaca por la generación de servicios y productos con tecnología aplicada, el que ofrece a otras empresas para la construcción de edificaciones en madera.



En el ámbito de servicios, la empresa Compatible ofrece la combinación de software y maquinaria para asegurar la calidad y velocidad de producción de soluciones constructivas para empresas inmobiliarias y constructoras. Ofrece la especificación y fabricación de elementos constructivos tales como: Muros exteriores, muros interiores, cerchas de techo y sistemas de pisos. Esta empresa nace al alero del Centro de Innovación y Desarrollo de la Madera UC – CORMA

Fuente: <http://compatible.cl/>

En cuanto a la tendencia "**Personalización**" cabe destacar la propuesta de Tecnofast Home, la que a través cápsulas, de módulos 3D, permite combinar recintos de acuerdo a las necesidades del usuario.



Esta solución modular permite optimizar plazos de entrega entre 50% y 65%, en dos meses es posible obtener una casa de 140 m2. Ofrece flexibilidad y adaptabilidad a cualquier contexto, además de permitir su crecimiento agregando cápsulas. También incorpora procesos automatizados en su fabricación, asegurando calidad y velocidad.

Imagen 1, viviendas modulares Tecnofast Home. Fuente: <http://www.tecnofasthome.cl/ventajas-tecnofast-home/>

<sup>29</sup> En mayo del 2016 se realiza una presentación de los programas Construye 2025, PEM Madera de Alto Valor, parte del avance de este trabajo y una presentación de Corfo acerca de casos exitosos.

Asimismo, resalta la sustentabilidad de este tipo de proyectos apuntando a disminuir su impacto ambiental en el sitio, minimizar ruidos molestos, reducir el consumo de energía en sus procesos y el uso de madera certificada. Además señala que la construcción puede ser desensamblada en otro lugar, y por tanto es reutilizable.

### **CLT, elementos de madera contralaminada**

En relación al desarrollo de los productos y sistemas constructivos con CLT se reconocen dos iniciativas, CLT Chile y los proyectos de Marcus y Calderón.

CLT Chile ([www.conmaderausach.cl](http://www.conmaderausach.cl)), proyecto financiado por Corfo, sus mandantes son el Centro de Desarrollo Tecnológico de la Cámara Chilena de la Construcción (CDT-CChC). Se basa en la elaboración de estudios de ingeniería para introducir en Chile un sistema constructivo de rápida ejecución para edificios de mediana altura, utilizando elementos de madera contralaminada, con el fin de desarrollar un sistema que permita la innovación constructiva en:



- Procedimiento de fabricación de madera contralaminada y su caracterización físico-mecánica
- Diseño estructural: Cálculo estructural y diseño uniones
- Proyecto arquitectónico
- Método constructivo

Fuente: <http://www.conmaderausach.cl/index.php/proyecto-clt>

Los estudios están disponibles en el sitio del proyecto

El ingeniero Juan Marcus y Jorge Calderón han desarrollado diversos proyectos en CLT, tales como la construcción de oficinas de la empresa (2005-2006); luego a partir de la reconstrucción del terremoto del 2010 desarrollaron un prototipo de vivienda, así como también la fabricación y montaje de una casa Pasiva en Concepción (proyecto Fondef). Actualmente se encuentran participando en una iniciativa en desarrollo, encabezada por Corfo y la Junji que levantará cuatro jardines infantiles en Ovalle, Curicó, Cauquenes y la Región Metropolitana con madera CLT<sup>30</sup>

Destaca en sus proyectos la primera vivienda en Chile con CLT bajo el estándar Passivhaus, la cual fue construida con placas contralaminadas de madera de pino, proyecto desarrollado por un equipo de académicos de la Universidad del Bío Bío.<sup>31</sup>



Imagen 1 y 2 en presentación de empresa.

Fuente:

<http://seminarioedificiosenmadera.ubiobio.cl/presentaciones/juan%20marcus%20CLT%20SEMINARIO%202017%20NOV%202015.pdf>

Imagen 3, primer vivienda en Chile en CLT Pasivhaus.

Fuente: [www.corma.cl](http://www.corma.cl)

<sup>30</sup> <http://www.corma.cl/corma-al-dia/biobio/inedito-proyecto-de-jardines-infantiles-sera-construido-con-madera>

<sup>31</sup> <http://www.corma.cl/corma-al-dia/biobio/en-madera-construyen-primera-vivienda-chilena-capaz-de-obtener-aire-y-calor-del-suelo>

## Pabellones internacionales de Chile

Otros casos interesantes de abordar son los pabellones de Chile en exposiciones internacionales,



Los pabellones internacionales representan para Chile una manifestación de lo que el país quiere mostrar y ser, *"pasar de un productor de recursos naturales a un país que agrega valor a sus productos a través del conocimiento y tecnología"*.

Imagen1, pabellón de Chile en Expo Sevilla 1992.

Fuente: <http://www.legadoexposevilla.org/el-pabellon-de-chile-elegido-de-los-mas-interesantes/>

### Pabellón de Chile Expo Sevilla 1992 (Arquitectos, José Cruz y Germán del Sol)

El pabellón de Chile para la Expo Sevilla en 1992, representa uno de los íconos de la construcción en madera. Además de tratarse de una obra que incorpora bastante tecnología, compuesto de marcos rígidos y piezas laminadas. En su diseño concentra criterios de diseño pasivo resaltando la madera como material sustentable. Destaca el tratamiento de la luz y el control solar como respuesta al clima de Sevilla, además utiliza cámaras de aire ventiladas y otras estrategias de ventilación como salidas para el aire caliente en los puntos más altos del edificio.<sup>32</sup>

### Pabellón de Milán 2015 (Arqto. Cristián Undurraga)

Este edificio se materializa como una gran viga habitada de madera, construido con madera de pino radiata que fue enviada desde Chile para ser encolada y prensada en Italia. La madera se posiciona como un material sustentable, y su rol es brindar calidez, por tanto hay una exploración como material que otorga confort al visitante, concepto que se inscribe en el concepto "El Amor de Chile".



Imágenes 1, 2 y 3: Pabellón de Milán. Fuente: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/790051/el-amor-de-chile-el-documental-sobre-el-pabellon-chileno-en-la-expo-milan-2015>

## 7. ANÁLISIS FODA

A continuación se realiza un análisis FODA considerando el desarrollo de un nuevo paradigma de Industrialización de acuerdo a las tendencias identificadas en cuanto a tecnología, eficiencia energética (Cero energía) y sustentabilidad (Construcción Off-Site), y Productividad y Calidad.

---

<sup>32</sup> Palmer, Montserrat. La arquitectura contemporánea de la madera en Chile (Fondecyt 0655-91). Santiago, marzo de 1993. P88

## FORTALEZAS

- ✓ Capacidad de mejorar productividad en cuanto a reducción de plazos y mayor certeza en los costos de construcción.
- ✓ Capacidad de trabajar con tecnología disponible (BIM; CAD-CAM, etc.).
- ✓ Capacidad de reducir impactos en el sitio de construcción: residuos, agua, energía, etc. (Construcción Off-site)
- ✓ Capacidad de optimizar materiales de construcción.
- ✓ Potencial de desarrollo de productos de alto valor, como la madera.
- ✓ Ambiente más controlado fuera de la obra, mejor seguridad para los trabajadores (reducción de accidentes laborales)
- ✓ La incorporación de tecnologías de la información permite mayor flexibilidad en el diseño.

## OPORTUNIDADES

- ✓ Mercado en desarrollo con tendencia hacia la construcción sustentable impulsado por políticas públicas enfocadas en eficiencia energética y sustentabilidad considerando aspectos como el confort ambiental en las edificaciones, la reducción de residuos en la etapa de construcción y la utilización de materiales renovables y sustentables.
- ✓ Necesidad de mejorar la productividad en proyectos de construcción utilizando Tecnologías a fines (BIM).
- ✓ Sofisticación y Diversificación, se requiere acelerar el paso de una economía basada en recursos naturales a una basada en conocimientos, innovación y talentos a través del desarrollo productivo.
- ✓ Ventajas para el diseño de prototipos acorde a nuevos estándares (Código sustentable).
- ✓ La nueva Reforma Tributaria (I.V.A), si bien puede considerarse una amenaza para el sector de la construcción, podría entenderse como una oportunidad para mejorar su productividad en cuanto a costos y plazos. La construcción industrialización y prefabricación podría ser una oportunidad para mejorar la rentabilidad de los proyectos, sin embargo requiere una reconversión del sector.
- ✓ Chile ha tenido buenos resultados en el emprendimiento de nuevas empresas, asociadas a la tecnología digital. Esta experiencia podría ser replicada a emprendimientos en el área de tecnología en el sector generando instrumentos para su apoyo.
- ✓ La existencia de los programas estratégicos de Corfo Manufactura avanzada e Industria solar.
- ✓ La formación de un Centro Tecnológico, iniciativa que actualmente se encuentra en desarrollo.

## DEBILIDADES

- ✓ Baja percepción de calidad respecto a cierto tipo de obras prefabricadas (madera).
- ✓ Percepción de rigidez en el diseño.
- ✓ Baja adopción de tecnologías.
- ✓ Falta de capacitación del capital humano en la cadena de valor.
- ✓ Poca disponibilidad de mano de obra calificada.

## AMENAZAS

- ✓ Falta de provisión de materiales de calidad certificada, caso de la madera.
- ✓ Baja eficiencia operacional, relacionada a una baja adopción de métodos avanzados de gestión en obra y tecnologías.
- ✓ Baja planificación en obras y fragmentación de etapas críticas como diseño y construcción.
- ✓ Bajo valor de mano de obra poco calificada.
- ✓ Incertidumbre ante los cambios de la nueva Reforma laboral.
- ✓ Emigración de capital humano a otros sectores productivos como la minería.
- ✓ Transferencia de recursos del sector construcción a la industria manufacturera.

## 8. BRECHAS Y SOLUCIONES

La iniciativa industrialización y prefabricación contempla un amplio espectro de actores y campos de influencia. Ya al establecer una separación por materiales como el acero, hormigón y madera, nos encontramos con actores y situaciones totalmente distintos. Por ejemplo, grupos que cuentan con una institucionalidad más consolidada como lo son el grupo de empresas de prefabricados de hormigón, y la industria del acero, y empresas de mayor tamaño frente a las empresas pymes, como es el caso de las empresas que fabrican viviendas prefabricadas de madera, sector bastante más heterogéneo, y que actualmente no cuenta con una institucionalidad que los represente de acuerdo a sus necesidades particulares.

## 8.1. CONDICIONES NECESARIAS PARA DESARROLLO DE OFERTA Y DEMANDA

A continuación se plantea cuáles serían los aspectos necesarios para la activación de la oferta y la demanda de la industrialización de viviendas considerando las condiciones necesarias, la oferta de valor y las iniciativas habilitantes, identificando brechas y soluciones.

**Cuáles serían las condiciones necesarias para desarrollar tanto la oferta como la demanda de la industrialización y prefabricación de la construcción.**

- **Poder de compra y licitaciones**

En los tres sectores representativos de los principales materiales de construcción, surge como tema común "**el poder de compra del Estado**" como activador de la demanda, a través de encargos que involucren un número significativo de viviendas de carácter social. No obstante, una vivienda con altos estándares de calidad en cuanto a superficie, eficiencia energética y sustentabilidad, necesariamente resultará más cara. En ese sentido la industria proveedora coincide en que para justificar el desarrollo de una oferta de viviendas de carácter social, se requiere el encargo del Estado de un volumen de alrededor 2 mil viviendas, y un mayor costo de inversión por parte del mismo, ya que el presupuesto actual para una vivienda social es de máximo 950 UF, incluyendo el terreno. Sin embargo, la industria apela que si bien el costo de las viviendas es mayor, el Estado ganaría en cuanto a ahorro de plazos en las entregas, alrededor de un 30% frente a la construcción tradicional, y con estándares de calidad más controlados al estar ejecutada en fábrica.

**Brechas:** La industria de la prefabricación actual tiene dificultades para responder a los requerimientos de vivienda que aspira el Estado considerando los valores de financiamiento actual. Se requiere incrementar el aporte del Estado con financiamiento acorde a los estándares que se aspira implementar de acuerdo a políticas públicas, considerando metas en eficiencia energética y sustentabilidad. Dentro de las principales brechas detectadas, en este mismo aspecto se encuentran barreras de entrada en las bases de licitación, las que no permiten el desarrollo de la prefabricación, tomando en cuenta que ésta debe considerarse desde el origen del planteamiento del proyecto.

**Soluciones:** El Estado como promotor de los atributos de sustentabilidad en las viviendas de carácter social, y promotor de la competitividad de la industria. Valorización por parte del Estado de los atributos de eficiencia energética, sustentabilidad y productividad (disminución de plazos), en relación a los costos asignados a las viviendas de carácter social- mejor calidad de vida, menos gastos en salud. Para su implementación, estos requerimientos deben ser considerados en etapas tempranas en la formulación del proyecto, eliminando barreras de entrada en las bases de licitación que pueden impedir el desarrollo de soluciones prefabricadas competitivas aumentando la productividad en los proyectos.

- **Certificaciones e incentivos**

Utilización de herramientas tributarias que podrían ser utilizadas para incentivar la construcción de viviendas de mayor estándar, una de ellas son los subsidios y otras, los beneficios tributarios para que las empresas ofrezcan productos con estándares más altos. En este sentido la prefabricación tiene varias ventajas tales como, minimizar el impacto de construcción, optimizar de mejor forma los recursos como la energía y el agua, y reducir los residuos. Además, como oportunidades surgen las metas que promueve la nueva política de eficiencia energética, en cuanto a la utilización de energías limpias (ERNC), e implementación de sistemas de control y gestión inteligente de la energía integrados tanto a productos "viviendas" como a los procesos de fabricación.

La industrialización y prefabricación de viviendas facilita la instalación de una cultura energética en todos la cadena de valor, incluyendo a los productores, constructores y usuarios. Así como otros ámbitos de la

sustentabilidad como la aplicación del Código de Construcción Sustentable: Salud y bienestar, Energía, Agua, Entorno inmediato, Impacto ambiental, Residuos, y Materiales.

**Brechas:** Falta de incentivos que apunten a la **producción** de viviendas más sustentables.

**Soluciones:** La construcción industrializada y prefabricada tiene importantes ventajas en cuanto a disminuir los impactos en la cadena de valor en la construcción de viviendas, así lo muestra la experiencia internacional en cuanto al apoyo los gobiernos al desarrollo de la industria, y la investigación y desarrollo que se ha realizado en torno al tema. Chile cuenta con grandes avances en materia de certificaciones y en la elaboración de un Código de Construcción Sustentable. El establecer un plan de implementación de este código focalizado en las viviendas prefabricadas a través de un sistema de certificación representa una gran oportunidad para el sector. Plan, que al mismo tiempo incorpore incentivos a la industria, instrumentos efectivos para la activación de la oferta y la demanda. Dentro de los incentivos, es posible premiar con subsidios adicionales a aquellas propuestas que consideren esta oferta de valor en sus proyectos, premiar a su vez la producción limpia con incentivos tributarios (I.V.A., etc.), situación que puede ser percibida como una "zanahoria" para el sector e incentivo tras la implementación de la nueva reforma tributaria.

Una iniciativa reciente es el descuento en tasas en los créditos hipotecarios, medida implementada por el BancoEstado de Chile.

## 8.2. OFERTA DE VALOR

**Cómo agregar valor a la oferta de soluciones existentes y generación de nuevas soluciones basadas en I+D para responder a las condiciones de desarrollo de oferta y demanda presentes y futuras de acuerdo a los compromisos asumidos por el país.**

- **Tecnología en productos y servicios**

Si bien el poder de compra del Estado puede establecer condiciones importantes para que se produzca una mayor demanda, la integración de la tecnología es uno de los factores fundamentales para mejorar la competitividad y desarrollo de la industria. De acuerdo a las tendencias revisadas anteriormente, éstas pueden ser aplicadas en distintos eslabones de la cadena de valor, tanto en la generación de productos, en los procesos y también en servicios. Hoy en día, a diferencia de la prefabricación cerrada de los años setenta, la tecnología permite el desarrollo de productos y servicios a diferentes escalas, esto dependerá del nivel de inversión que requiera el proyecto de implementación de un sistema. En este ámbito, la integración de los conceptos de manufactura avanzada juegan un rol fundamental. A continuación diversas brechas, debido a lo heterogeneidad del sector.

**Brechas:**

1. Falta mayor inversión en Investigación y Desarrollo para apoyar a la industria, para aumentar la sofisticación y diversificación del sector, se requiere acelerar el paso de una economía basada en recursos naturales a una basada en conocimientos, innovación y talentos a través del desarrollo productivo, considerando las distintas tendencias en tecnología aplicada a prefabricación.
2. Falta de incentivos para el emprendimiento de empresas que desarrollen servicios asociados a la prefabricación con el fin de mejorar la productividad y la sustentabilidad de las edificaciones.
3. Falta una oferta de productos de madera con valor, para el desarrollo de sistemas constructivos sustentables que se integren en la Cadena Global de Valor (CGV), para la demanda internacional de productos con atributos de sustentabilidad.

**Soluciones:**

1. Concursos para el desarrollo de productos y sistemas constructivos con atributos de sustentabilidad, que contribuyan a mejorar la eficiencia energética de las edificaciones, y mejoren la productividad de la construcción. Así como la incorporación de sistemas de gestión de energía (internet de las cosas), desarrollo de tecnología para ERNC (Industria Solar, etc.)

2. Emprendimientos basados en la aplicación de tecnología aplicada a la edificación (CAD-CAM, CNC, BIM, etc.), desafíos en cuanto a fabricación de materiales y procesos, desarrollo, detallamiento y montaje. Chile tienen experiencia en la generación de ambientes de emprendimientos, existen oportunidades en este ámbito para el uso de la tecnología en la prefabricación.

3. Desarrollo de productos de madera para Exportación, esta iniciativa se complementa con los objetivos de los programas PEM Madera y Manufactura Avanzada.

- **Cero Factura**

Actualmente conviven varias iniciativas en el sector que apuntan a la valorización de los atributos sustentables en las edificaciones, no obstante la absorción de estos conceptos así como su percepción por parte de los usuarios aún no ha tenido los efectos esperados. Se requiere la implementación de estrategias de comunicación más agresivas que pongan en manifiesto los beneficios que perciben los usuarios en cuanto a ahorros en sus gastos de energía. Esta iniciativa se basa en el caso Zero Bills Home y los casos de Japón, y constituye una oportunidad para la diferenciación de viviendas prefabricadas en relación a la construcción tradicional.

**Brecha:** Falta mayor comunicación que transmita los beneficios de los atributos de sustentabilidad en forma más intensiva, destacando los ahorros económicos.

**Soluciones:** Posicionamiento de la prefabricación a través del concepto cero-energía, cero-factura, destacando los ahorros percibidos por parte de los usuarios.

### 8.3. INICIATIVAS HABILITANTES

**Qué iniciativas habilitantes podemos identificar**

A continuación se presentan tres iniciativas a considerar con impacto en la prefabricación, éstas se detectan principalmente en reuniones con proveedores de soluciones prefabricadas en hormigón y en madera.

- **Licitaciones :**

Los sistemas industrializados y prefabricados requieren ser abordados en una etapa temprana del proyecto. Esta línea de trabajo se relaciona a la integración del concepto en licitaciones públicas y en el diseño integrado del proyecto, permitiendo la complementación con tecnologías BIM.

**Brechas:**

Existen barreras de entrada en las bases de licitación de proyectos, se requiere permitir la integración en etapas tempranas, en la planificación previa y en diseño. Generalmente las licitaciones se confeccionan para la construcción de un proyecto ya diseñado, lo cual lo hace que la prefabricación sea un tema difícil y complejo de abordar, dificulta la optimización de los sistemas e impide aprovechar las ventajas y beneficios de la prefabricación.

Otra barrera asociada es la falta de normativa en relación a sistemas innovadores.

**Soluciones:**

Licitaciones que se focalicen en temas de productividad y calidad, posibilitando la integración tanto del diseño como la construcción proyecto, con el objetivo de poder estandarizar componentes y procesos para su prefabricación, y de esta forma obtener los beneficios esperados.

En cuanto a la falta de normativas de sistemas innovadores, se propone abordar el tema a través de especificaciones por desempeño más que prescriptivas.

- **Difusión y Comercialización**

De acuerdo al levantamiento del estado del arte de sistemas prefabricados, se reconoce la existencia de métodos de prefabricación avanzados, no obstante la falta de difusión de los mismos para una mayor adopción, así como el apoyo en estrategias de comunicación de atributos y beneficios. De acuerdo a la experiencia internacional, tanto Australia como Nueva Zelandia, consideran un fuerte apoyo a la industria en estrategias de comercialización y difusión.

**Brechas:****Falta de herramientas para la comercialización y difusión de productos.**

1. Falta mayor apoyo en la organización estratégica de las empresas, desarrollo de productos y estrategias de comercialización de los mismos (Acceso a tecnologías, etc.)
2. Falta de difusión de soluciones de alta calidad y productividad, para absorción por parte de los profesionales del sector (formación y capacitación, etc.)

**Soluciones:**

Los Centros de Extensionismo pueden ser un importante canal de apoyo para las empresas, en cuanto al desarrollo de productos y estrategias de comercialización.

Adaptación de instrumentos de financiamiento, Nodos y Programas de Difusión Tecnológica, para el fortalecimiento de redes entre emprendedores/as, micro y/o pequeñas empresas, impulsando la colaboración entre pares, la vinculación con actores relevantes de la industria y con las fuentes de información y conocimiento, contribuyendo así a mejorar su innovación y competitividad ([www.corfo](http://www.corfo)). Algunos resultados esperados son: desarrollo colaborativo de tipologías de viviendas de alto estándar, difusión y apoyo en estrategias de comercialización de las mismas.

- **Centro Tecnológico**

El Centro Tecnológico, iniciativa de Construye 2025, aspira a ser una plataforma de innovación y generación de nuevos negocios que impulsen el desarrollo del país con el fin de alcanzar las metas y objetivos definidos por políticas públicas. Además de ser un soporte para la investigación y desarrollo. Se plantea disponer de infraestructura para el pilotaje y transferencia tecnológica. Asimismo, uno de sus objetivos específicos es facilitar la coordinación, articulación y alineación entre estrategias del Estado, infraestructura tecnológica y respuesta de la industria de la construcción, con el fin de mejorar la calidad de la construcción (Guía Técnica, Corfo 2016).

**Brechas:**

Actualmente es posible identificar ciertas barreras para la adopción de nuevas normativas en materia de sustentabilidad, debido a los impactos que producen los cambios en el sector de la construcción. Por otra parte, la falta de normativas para nuevos productos o sistemas también constituye una brecha para su desarrollo.

**Soluciones:**

El Centro Tecnológico constituirá un instrumento para que la industria pueda absorber los cambios normativos, optimizando los esfuerzos del sector privado y mitigando los posibles impactos que tenga en el sector. La industrialización y prefabricación de la construcción presenta una oportunidad para la

realización de pilotajes en torno a una edificación más productiva y sustentable. Por otra parte, podría propiciar el desarrollo de una industria más enfocada en el desempeño de las edificaciones, más que basada en especificaciones prescriptivas.

## 9. IMPACTOS DE UN NUEVO PARADIGMA DE INDUSTRIALIZACIÓN

La industrialización y prefabricación como se mencionó anteriormente, desarrolla soluciones en elementos 3D, partes y piezas, y subsistemas. La fabricación de estos componentes necesariamente pasa por un proceso industrial realizado en fábrica, donde el sector manufactura juega un rol predominante. En consecuencia, parte de la producción de un edificio construido en forma "artesanal" obra en terreno pasa a ser parte de un proceso que incorpora la aplicación de tecnologías con el fin de mejorar la productividad y competitividad, así como la sustentabilidad de las edificaciones. Sin embargo, a la hora de analizar y proyectar la industrialización en el sector construcción, la adopción de tecnologías es una brecha importante para facilitar la transformación productiva y la conversión de la industria. No obstante, se reconocen avances como es el caso de la empresa BauMax, que cuenta como socio estratégico a la Inmobiliaria Manquehue, proyecto realizado con el aporte de Corfo.

En cuanto al alcance de la iniciativa Industrialización y Prefabricación, la figura tradicional se modifica, cambiando la incidencia de la constructora en "la obra" en su forma tradicional. Se modifica la cadena de valor a partir del diseño, fabricación y montaje. A continuación parte de la cadena de valor y sus beneficios.



Imagen: Esquema de parte de la cadena de valor.

Fuente: Elaboración propia.

### DISEÑO

- Diseño por desempeño
- Diseño integrado
- Personalización
- Materiales sustentables (madera)

### FABRICACIÓN

- Calidad controlada
- Estándares controlados
- Verificación de desempeño
- Reducción de residuos.
- Mayor control sobre costos.
- Mayor seguridad laboral

### MONTAJE

- Calidad controlada
- Estándares controlados
- Verificación de desempeño
- Reducción de residuos.
- Mayor control sobre costos.
- Mayor seguridad laboral

Según la experiencia internacional y nacional, a continuación se muestra un cuadro resumen que recoge los principales beneficios de un nuevo paradigma de la prefabricación desde el punto de vista de la sustentabilidad y productividad:

FACTORES ECONÓMICOS	•Reducción de costos
	•Mayor certeza en los costos
	•Reducción de plazos y mayor certeza.
	•Calidad controlada
	•Alta calidad en las terminaciones.
	•Mejora productividad con uso de BIM, ERP y otras herramientas
	•Incorporación de tecnología CAD-CAM.
FACTORES SOCIALES	•Empleo de mejor calidad
	•Mayor seguridad para los trabajadores
	•Mayores posibilidades de incorporación de la mujer en procesos de fabricación.
	•Se adapta a las necesidades del cliente.
	•Rápida respuesta a viviendas de emergencia.
	•Menos impactos en el sitio de construcción, que afecten a la comunidad.
FACTORES AMBIENTALES	•Menor irrupción en entorno.
	•Reducción de residuos
	•Reducción de impactos en el ciclo de vida
	•Menores ruidos producto de la construcción.
	•Urbanizaciones sustentables, construcción en media y alta altura.

## FACTORES ECONÓMICOS

- Reducción de costos**  
 Si bien la experiencia internacional apunta a que la incorporación de sistemas industrializados reduce costos de construcción, en general esto sucede en contextos en que la mano de obra es escasa y costosa. Para el caso de Chile, donde se cuenta con mano de obra poco calificada y de bajo costo, creciente incorporación de inmigrantes; en los casos actuales la adopción de la industrialización y prefabricación no ha considerado una reducción de costos importante.
- Mayor certeza en costos**  
 La construcción con elementos industrializados considera en un principio un mayor tiempo en la etapa de diseño en comparación a una obra tradicional, no obstante supone un mayor nivel de precisión en detalles y especificaciones técnicas, por tanto una alta planificación. Un proyecto mejor definido desde su etapa de diseño, se traduce en costos más controlados y mayor certeza en los resultados finales.

- **Reducción de plazos**  
La ejecución de obras a partir de elementos prefabricados puede disminuir los plazos de un proyecto en al menos un 30 % en la experiencia nacional y hasta un 50% de acuerdo a la experiencia internacional. No obstante es importante considerar que la optimización de plazos ocurre cuando todo el proceso, desde su inicio a su fin es ejecutado por una sola entidad responsable, dado que de igual manera a las obras tradicionales, la fragmentación de etapas en una obra puede estar dada por la falta de coordinación entre los agentes, y en consecuencia incurrir en un aumento de plazos, perdiéndose los beneficios de la prefabricación.
- **Calidad controlada**  
Por tratarse de procesos estandarizados, y fabricados bajo condiciones más o menos estables, la experiencia internacional y nacional hace mención a una mejor calidad de la construcción. No obstante dependerá de cada caso, de los procedimientos, controles de calidad y tecnologías empleadas.
- **Alta calidad en las terminaciones.**  
La experiencia internacional refleja que en los casos más avanzados como Australia y Nueva Zelanda, las construcciones prefabricadas se diferencian por una alta calidad en las terminaciones. Sin embargo, esta situación ha sido dada por objetivos planteados a nivel sectorial a través una hoja de ruta en común.
- **Mejora de la productividad con uso de BIM.**  
Esta tecnología facilita el diseño integrado, permite la comunicación entre las especialidades y una mejor coordinación, obteniendo resultados aplicables a todo el ciclo de vida de la edificación. Incluso, según la experiencia internacional, permite hacer partícipe al usuario en el producto final.
- **Incorporación de tecnología CAD-CAM y otras herramientas.**  
La tecnología CAD-CAM, diseño asistido y manufactura asistida por computador, integra el diseño con la fabricación y la gestión de información asociada a proyectos (PDM) y gestión integrada de procesos productivos (ERP). La incorporación de estas tecnologías permiten mejorar la productividad y la calidad de la construcción reduciendo considerablemente los servicios de post-venta, en algunos casos incluso a "0".

## FACTORES SOCIALES

- **Empleo de mejor calidad.**  
Los procesos industrializados, requieren de personal calificado por tanto el acceso a mejores remuneraciones. Por otra parte, considera mejores condiciones laborales al trabajar en lugares habilitados y protegidos del clima exterior. A incorporar condiciones más controladas, de acuerdo a la experiencia internacional, es también posible una mayor incorporación de la mujer al trabajo.
- **Mayor seguridad para los trabajadores**  
El ejecutar componentes en fábrica, las condiciones de trabajo son más controladas, de esta forma se reduce la tasa de accidentes laborales.
- **Se adapta a las necesidades del cliente.**

Gracias a la incorporación de tecnologías BIM, la estandarización de piezas y partes, y la modulación de componentes, es posible incorporar al usuario en etapas tempranas, en la decisión de ciertas variables de diseño sin alterar la productividad en los procesos.

- **Rápida respuesta a viviendas de emergencia.**

Debido a la reducción de plazos y optimización de los costos, contar con una industria consolidada permitiría generar una rápida respuesta a la demanda de vivienda producto de emergencias y catástrofes.

- **Menores impactos en el sitio de construcción que afecten a la comunidad.**

Generalmente la construcción de edificios en el terreno altera el entorno y a sus habitantes, producto de la polución y ruido producidos por las faenas. La construcción prefabricada desplaza gran parte de las faenas molestas a la fábrica reduciendo el impacto en el lugar y acorta la etapa de montaje in-situ.

## FACTORES MEDIOAMBIENTALES

- **Menor irrupción en el entorno.**

La construcción in situ no solo afecta a las personas que viven en el entorno inmediato a la obra, sino que también puede alterar el medioambiente a través de la contaminación del aire, del terreno y ruidos. El reducir las faenas in situ disminuye el impacto en el sitio.

- **Reducción de residuos.**

La fabricación en fábrica permite disminuir las mermas, gastos en bodegaje y administrativos, así como reducir los residuos debido a la optimización de materiales según procesos de producción, realizando una mejor gestión de los mismos.

- **Reducción del consumo de agua.**

La gestión en fábrica permite tener mayor control en el consumo de agua, permite implementar medidas para su tratamiento y reutilización, situación que es muy difícil de implementar in situ en la etapa de construcción.

- **Reducción de consumo de energía.**

La gestión en fábrica permite tener mayor control en el consumo de energía, permitiendo implementar medidas de control y gestión, así como la incorporación de ERNC, situación que es muy difícil de implementar in situ en la etapa de construcción.

- **Reducción de impactos en el ciclo de vida**

La manufacturación de las viviendas permite estudiar sus impactos en el ciclo de vida de la edificación de manera más precisa a través del prototipado para estudiar distintos flancos, desde mediciones de productividad en materia de construcción, hasta su impacto en eficiencia energética, confort ambiental, emisiones GEI, incorporación de ERNC, consumo de agua, entre otros aspectos en su operación, e incluso hasta su demolición.

- **Urbanizaciones sustentables, construcción en media y alta altura.**

Los avances tecnológicos actuales en materia de prefabricación permiten construir tanto viviendas como edificios de media y alta altura. Va a depender de las características dimensionales de los componentes y sus limitaciones.

## 10. CONCLUSIONES

### CADENA DE VALOR Y CICLO DE VIDA

- La industrialización de la construcción permite una mayor incidencia en el impacto en la "**cadena de valor**" y en el "**ciclo de vida**" de las edificaciones, en cuanto a incorporar la sustentabilidad y productividad en los procesos, debido a un mayor control integrando el diseño, la fabricación y el montaje.
- Actualmente, es posible contar con incentivos asociados a la eficiencia energética de las edificaciones que pueden ser aprovechados por la industria para viviendas de mejor desempeño.

### TRABAJO COLABORATIVO

- El **trabajo colaborativo** permite **optimizar recursos** y sacar **mayores beneficios** tales como: diseño, ingeniería, manufactura, gestión de la sustentabilidad, estrategias comerciales y de difusión, investigación y desarrollo, y capacitación.

### TECNOLOGÍAS

- La aplicación y adopción de tecnologías, fortalece la competitividad y habilita la producción de productos y servicios con mayor sofisticación (mercado interno y externo).

### FACILITADORES

- La iniciativa **Centro tecnológico** representa una **plataforma de apoyo** al sector para facilitar la investigación, desarrollo e innovación en sustentabilidad y productividad. Así como la vigilancia de normativas e implementación de verificación de estándares de la edificación por desempeño.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

Cámara Chilena de la Construcción, Informe MATCH 43. Santiago, diciembre de 2015.

En: <http://www.cchc.cl/centro-de-informacion/publicaciones/publicaciones-mach/mach-43>

Consultora PMG, Informe Final de Hoja de Ruta CONSTRUYE 2025. Santiago, enero de 2016.

En: <http://www.corfo.cl/sala-de-prensa/noticias/2016/marzo-2016/informe-de-hoja-de-ruta-desarrollado-por-pmg-para-el-programa-construye-2025>

Krick, Thomas; Forstater, Maya; Monaghan, Philip; Sillanpää, Maria (2006). Manual para la Práctica de las Relaciones con Grupos de Interés. AccountAbility, United Nations Environment Programme, Stakeholder Research Associates Canada Inc.

En: <http://www.accountability.org/images/content/2/0/204.pdf>

Mondragón López, Hugo; Téllez Tavera, Andrés (2006). "Arquitectura y Construcción. Chile 1945-1950. Una Revista de Arquitectura Moderna" Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Paisaje. Universidad Central de Chile. Registro N° 159.768, ISBN 956-7134-81-2.

Pavez V., Alejandro. " Necesidad productiva industrialización en la construcción". Revista BIT 87. Santiago, noviembre 2012.

Pham, Charlie; Dent, Marie-Claire; Ridoy, Sarif. Australian Residential Construction. Off-Site Pre-Assembly Roadmap 2014.

En: <http://chuckpham.com/OPARoadmap.pdf>

Prefab Roadmap 2013. A WAY FORWARD for PREFABRICATION in NEW ZEALAND (2013–2018)

En: <http://www.prefabnz.com/News/Roadmap/>

Salas, Julián (2008). De los Sistemas de Prefabricación Cerrada a la Industrialización Sutil de la Edificación: Algunas claves del cambio tecnológico. Informes de la Construcción, Vol. 60, 512, 19-34, octubre- diciembre 2008. ISSN: 0020-0883. eISSN: 1988-3234. doi: 10.3989/ic.07.001

En: <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/issue/archive>

Salas, Julián; Oteiza, I. (2009). Estrategias divergentes de industrialización abierta para una edificación pretenciosamente sostenible. Informes de la Construcción, Vol. 61, 513, 11-31, enero-marzo 2009. ISSN: 0020-0883. eISSN: 1988-3234. doi: 10.3989/ic.08.050

En:

<http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/761/846>

## AUTOR

### Alejandra Tapia Soto

Arquitecto Universidad Central

Magíster en Arquitectura, Pontificia Universidad Católica.

Diplomado en Eficiencia Energética: Diseño, Construcción y Gestión, DeconUC.

Profesional con más de 15 años de experiencia laboral, con amplio conocimiento del sector de la construcción y sus actores. Cuenta con conocimientos en el área de desarrollo constructivo y construcción sustentable aplicados a proyectos de edificación.

Dentro de sus logros profesionales destaca la formación y desarrollo el departamento técnico y atención al cliente de una empresa alemana proveedora de materiales (2004-2013).

Experiencia en capacitaciones, y formación docente basada en modelo de competencias y aprendizaje virtual. Docente de la asignatura Construcción Sustentable y Tecnología en Madera en DuocUC.

## 12. ANEXOS

1. Resumen de Diagnóstico y Plan T de iniciativa "Prefabricación e Industrialización"
  2. Mapa causa - efecto. Principales causas de los problemas que se vinculan a productividad en la etapa de construcción de una obra.
  3. Gráfico Cadenas de Valor Global.
2. Situación de emprendimientos en Chile

### 1. RESUMEN DE DIAGNÓSTICO Y PLAN T DE INICIATIVA "PREFABRICACIÓN E INDUSTRIALIZACIÓN" BRECHAS ETAPA DE DIAGNÓSTICO - CONSULTORÍA PMG

Durante las fases de Diagnóstico y Construcción de Hoja de Ruta, etapas realizadas por la consultora PMG (2015), se identificaron brechas, clasificaron, jerarquizaron y priorizaron, de modo de alcanzar los objetivos trazados al 2025.

Si bien, "la industrialización y prefabricación en la construcción" es una de las iniciativas que más se centra en mejorar la productividad, también incide en ella la sustentabilidad y la tecnología.

Durante la etapa, las brechas levantadas de diagnóstico fueron revisadas por el Consejo Directivo del programa y bajo una metodología planteada por la consultora (PMG 2015) se procedió a su clasificación en tres dimensiones: productividad, sustentabilidad y tecnología para luego ser jerarquizadas y priorizadas, vinculando a cada brecha un puntaje producto de su evaluación<sup>33</sup> según importancia en escala de 1 a 5, donde 5 es una brecha de alta importancia para el cumplimiento de objetivos del programa.

#### BRECHAS RELACIONADAS A INDUSTRIALIZACIÓN Y PREFABRICACIÓN

- **Mano de obra calificada y certificada:** en orden de importancia adquiere un 2° lugar en productividad y un 1° lugar en sustentabilidad.
- **Estandarización:** en orden de importancia adquiere un 3° lugar en productividad y un 4° lugar en sustentabilidad.
- **Planificación, gestión y coordinación de agentes:** adquiere el 4° lugar de importancia en productividad.
- **Industrialización y prefabricación de productos:** en orden de importancia adquiere un 6° lugar en productividad y un 8° lugar en sustentabilidad.
- **Marco regulatorio y normativo:** en orden de importancia adquiere un 7° lugar en productividad y un 3° lugar en sustentabilidad.
- **Gestión de residuos:** adquiere el 9° lugar de importancia en sustentabilidad.
- **En cuanto a tecnología,** las brechas en orden de prioridad son: Infraestructura y equipamiento tecnológico; Capital humano avanzado; Investigación, desarrollo e innovación; y por último Tecnologías genéricas.

En complemento, el benchmarking realizado por la consultora PMG durante la fase de Diagnóstico, permitió reconocer que la experiencia internacional indica que la incorporación de soluciones

---

<sup>33</sup> Evaluación realizada por Consejo Directivo del programa PyCS, en etapa de Diagnóstico previo a la elaboración de la Hoja de Ruta.

industrializadas en la construcción trae consigo una serie de beneficios tanto en productividad como en sustentabilidad.

### **FASE HOJA DE RUTA: PROFUNDIZACIÓN DE BRECHAS Y PLAN T**

Durante la etapa de Hoja de Ruta, bajo la consultoría de PMG, se realizaron talleres con apoyo metodológico del IfM de Cambridge, en los que participaron diversos actores, de acuerdo a la metodología desarrollada se elaboró una ficha para cada Plan-T<sup>34</sup> donde se especificaron los objetivos, foco, límite y horizonte de tiempo de implementación de los proyectos relacionados con la temática "Prefabricación e Industrialización". En estos talleres **participaron**:

- Yves Besançon - Asociación de Oficinas de Arquitectos
- Marcos Brito - Gerente del PyCS
- Adelchi Colombo- Inmobiliaria Manquehue
- Augusto Holmberg - ICH (Instituto del Cemento y del Hormigón)
- Enrique Loesser - Cámara Chilena de la Construcción
- Francisco Lozano - Corporación Chilena de la Madera
- Rodrigo Briceño - Consultora PMG
- Helen Ipinza - CORFO

**Los OBJETIVOS planteados en este taller, fueron:**

#### **¿Qué estamos tratando de lograr?**

- Establecer las condiciones necesarias para desarrollar tanto la oferta como la demanda de materiales y sistemas constructivos prefabricados.
- Añadir valor agregado a la oferta de materiales y sistemas constructivos, estimulando en la industria conceptos tales como estandarización y Diseño Para La Producción Y Ensamblaje (DFMA), que permita ofrecer soluciones de mayor calidad y sustentabilidad y en línea con las metodologías de Diseño Integrado de Proyectos.

#### **¿Cómo esperamos que se vea el resultado?**

- El resultado se verá reflejado en una mayor oferta en el mercado de soluciones prefabricadas e industrializadas, así como normas de estandarización.

#### **¿Qué sabemos actualmente?**

- Existen estudios realizados en Chile que evidencian la baja penetración en el país de elementos prefabricados e industrializados con respecto a otros países.

#### **El FOCO: ¿Cuáles son los temas de mayor importancia y relevancia?:**

Mejorar la productividad que hoy se encuentra atascada en la evolución del sector construcción

#### **El LÍMITE: ¿Qué está dentro y fuera?**

Edificaciones y su entorno inmediato, excluyendo edificaciones industriales

#### **El HORIZONTE DE TIEMPO:**

Corto (CP), mediano (MP) y largo plazo (LP)

**Los RESULTADOS fueron:**

---

<sup>34</sup> Plan T se refiere a un plan de trabajo específico para la temática de acuerdo a la metodología del IfM de Cambridge.

Como resultado de la lluvia de ideas y posterior agrupación de conceptos, derivados del trabajo de los talleres, se obtuvieron los siguientes resultados para cada una de las subcapas planteadas por la metodología:

**Drivers de Mercado y Negocio:**

- Baja productividad
- Disminuir tiempos
- Calidad y cantidad de mano de obra
- Mejorar calidad
- Aumentar rentabilidad (reducción costo)
- Tendencia sustentabilidad
- Cultura de la improvisación
- Comprador más exigente

**RECOPIACIÓN DE COMENTARIOS:** Este tema se aborda desde el punto de vista de aumento de rentabilidad por reducción de costos, y cómo las tendencias evolucionan en el tiempo.

En el caso de la rentabilidad, actualmente hay una tendencia a la baja y seguirá así por lo menos por dos años, con la esperanza de que en 3 a 5 años la rentabilidad se estabilice para que en el largo plazo se mantenga. La rentabilidad se verá afectada por la implementación del IVA en venta y plusvalía de las propiedades, así como por la reforma laboral; se estima que aumentarán los costos de construcción.

El resto de las tendencias, tienden ser constantes y ascendentes, es importante observar cómo se van conjugando con la rentabilidad de los proyectos.

En cuanto al aumento de costos de la mano de obra, pueden ser variables debido a la integración de inmigrantes lo que podría bajar los costos, esto acompañado de la integración de tecnología.

Por otra parte, las reglas en la construcción son poco claras, hay burocracias y la fase de diseño está poco integrada.

**Soluciones:**

- Capacitación
- Empresas piloto
- Certificación de contratistas y mano de obra
- Investigación
- Absorción tecnológica
- Estandarización
- Planificación

**RECOPIACIÓN DE COMENTARIOS:**

En el ámbito de las soluciones destaca la capacitación y la necesidad de valoración de las carreras y oficios vinculados a la construcción. Actualmente, los jóvenes tienen poca aspiración de seguir la carrera de oficio, hoy se aspira a ganar rápidamente dinero, no obstante los maestros de oficios pueden llegar a tener buenas remuneraciones sobre otras alternativas.

En cuanto a **la planificación**, surge la discusión de cómo medir la industrialización, para que funcione en los proyectos, la etapa de diseño debiese ser más larga para que se acorte el periodo de obra. En general en Chile pasa lo contrario, el periodo del proyecto es muy corto y muchos temas quedan pendientes para solucionarlos en la etapa de obra. Surge la discusión de cómo abordar el tema a través de una iniciativa que defina "**etapas de diseño**" tanto para arquitectura como ingeniería.

En cuanto a **la planificación** y su relación con BIM, se requiere la incorporación del conocimiento de operación y construcción en la etapa de diseño. Se plantea cómo generar etapas de diseño más largas con una mayor inversión para planificación y cómo incorporar estos conocimientos con el fin de obtener mejores resultados en la productividad de las obras. En este contexto, se podría fomentar la trazabilidad en la industria a través de BIM, industrialización, etc.

La **adaptación tecnológica**, requiere mirar a otros países y salir a buscar soluciones. Es fundamental contar con financiamiento para ello, así como la difusión de casos de éxito, y la integración de pequeñas y medianas empresas para la adaptación de tecnologías. Un ejemplo podría ser el desarrollo de la madera como material de alto estándar.

Respecto a la **certificación de contratistas y mano de obra**, surge como referencia la experiencia de Argentina, donde se está empadronando a los trabajadores para registrar su experiencia y accidentabilidad.

En relación al desarrollo de iniciativas piloto, la diferencia radica en pasar de la construcción artesanal, fabricación y transformación en obra, a la industrialización donde se produce el montaje en la obra. O bien, un proceso intermedio, como paso de construcción artesanal a la industrialización.

### **Recursos y Habilitadores**

- Institucionalidad
- Capital humano, formación y capacitación
- Infraestructura
- Financiamiento
- Coordinación de agentes
- Comunicación / Difusión

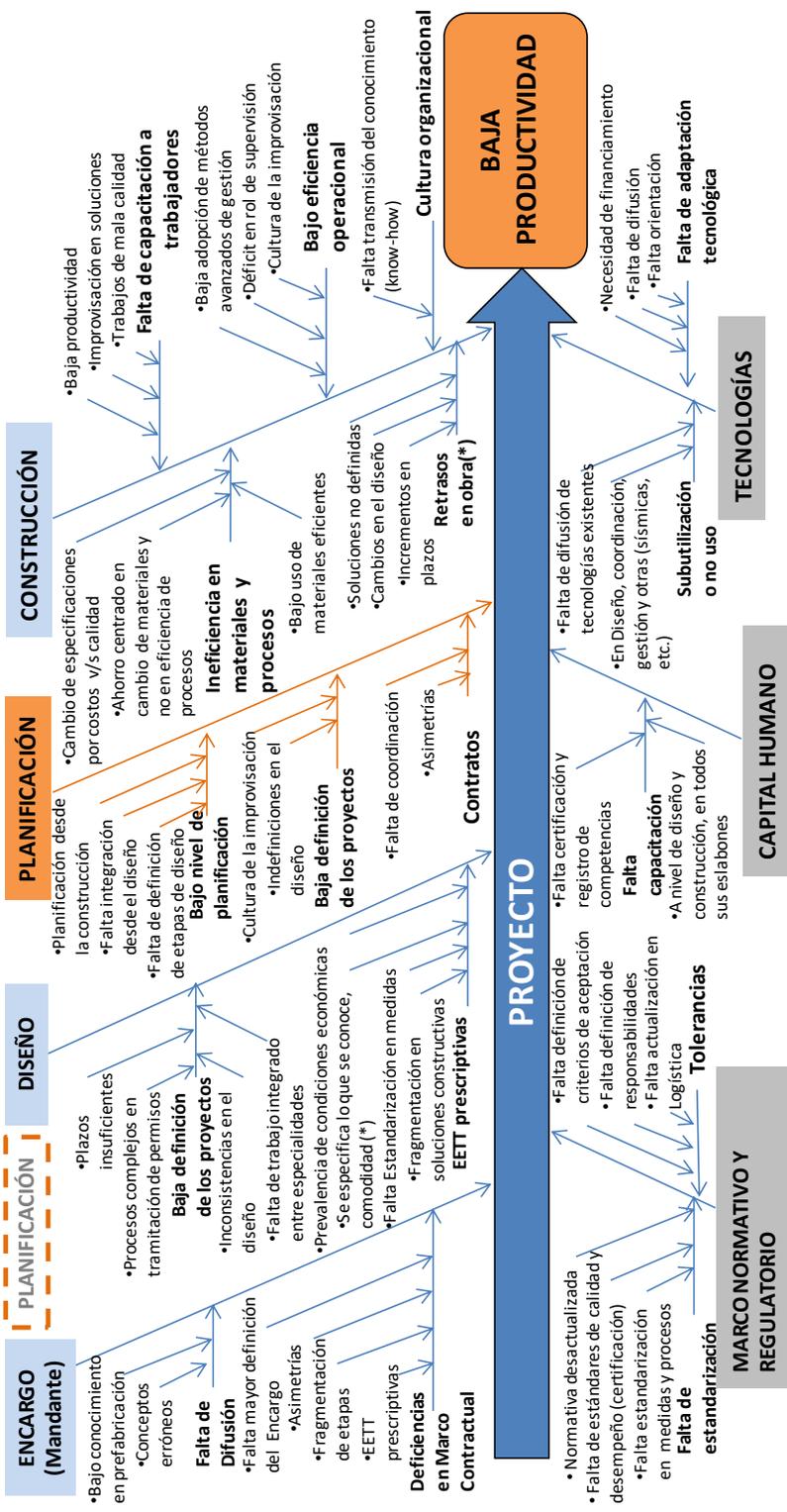
### **RECOPIACIÓN DE COMENTARIOS:**

La institucionalidad juega un rol importante en la obtención de resultados y metas, cómo se desenmarca la iniciativa de la contingencia política, la necesidad de toma de decisiones en forma territorial y la posibilidad de seguir trabajando con la conformación de mesas de actores relevantes para la industria.

En cuanto a la infraestructura, un centro I+D también sería un aporte para la iniciativa en cuanto a generación de normativa y ensayos.

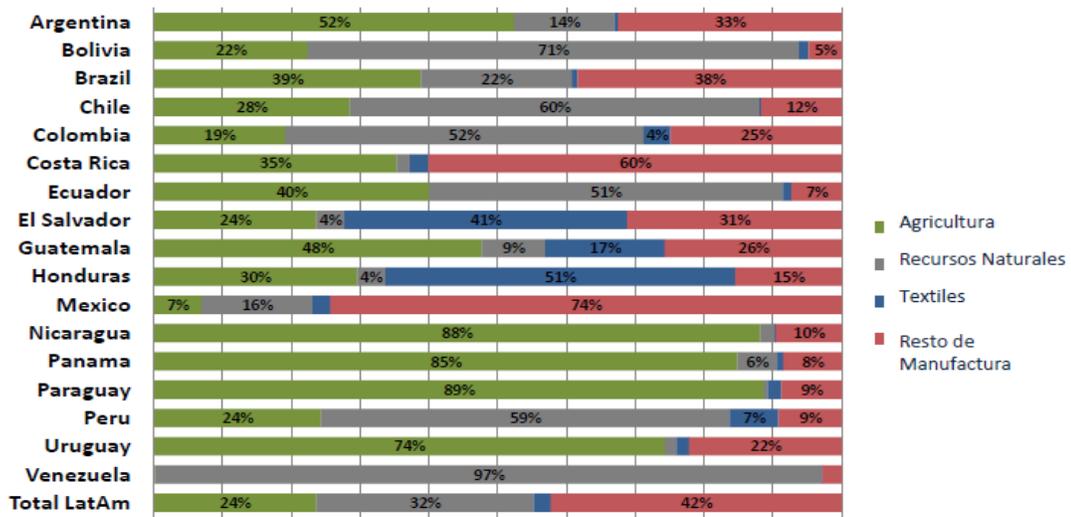
## **2. MAPA CAUSA - EFECTO. PRINCIPALES CAUSAS DE LOS PROBLEMAS QUE SE VINCULAN A PRODUCTIVIDAD EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN DE UNA OBRA.**

A continuación se presenta un "Diagrama Causa- Efecto" en relación a la profundización de brechas que inciden en el bajo uso de materiales prefabricados. Bajo esta figura, se reconoce la incidencia de las brechas mencionadas anteriormente, a su vez como causa de una "baja adopción de métodos prefabricados"



Fuente: Elaboración propia.

### 3. CADENAS GLOBALES DE VALOR

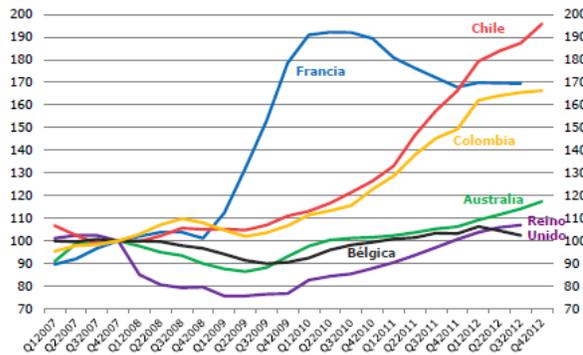


En: [http://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/presentacion\\_francisco\\_monge\\_comex.pdf](http://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/presentacion_francisco_monge_comex.pdf)

### 4. SITUACIÓN EMPRENDIMIENTOS.

Los emprendimientos en Chile están dados en su mayoría por empresas relacionadas a tecnología digital.

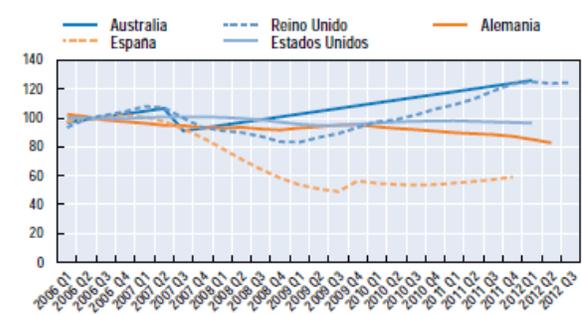
Gráfico 1: Empresas nuevas en países exitosos en emprendimiento en la OCDE  
Serie desestacionalizada, media móvil 4 trimestres  
Índice promedio 2007=100



Fuente: OECD *Timely Indicator of Entrepreneurship* y estadísticas de empresas de cada país<sup>2</sup>.

### Número de nuevas empresas

Ciclo-tendencia, 2006=100



Fuente: Base de datos de la OCDE *Timely Indicators of Entrepreneurship*.