



Definición de una matriz de roles y capacidades del capital humano para la construcción industrializada



INFORME



CCI

CONSEJO CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

Definición de una matriz de roles y
capacidades del capital humano para la
construcción industrializada

INFORME

Fecha de publicación: Julio 2021



SECRETARÍA EJECUTIVA



PATROCINADOR



Índice

1.	Resumen Ejecutivo	4
2.	Agradecimientos	7
3.	Glosario	10
4.	Siglas	12
5.	Contexto mundial de la industria de la construcción en un escenario post pandemia: La importancia del capital humano	14
5.1.	Contexto industria de la construcción post pandemia	15
5.2.	Productividad del sector construcción en Chile	20
5.3.	Características de capital humano en la construcción	21
5.4.	Capacidades necesarias para la construcción industrializada	24
6.	Justificación del estudio	26
7.	Objetivos	28
8.	Metodología	30
9.	Desarrollo de la matriz de roles y capacidades	33
9.1.	Benchmarking de programas de estudio nacional e internacional	34
	Programas Nacionales	34
	Programas Internacionales	37
9.2.	Validación de capacidades según etapas	42
9.3.	Definición de roles y experiencia	44
9.4.	Validación de roles y verbos según capacidad/rol	46
9.5.	Implementación de la Matriz de roles	47
10.	Bibliografía	53



1

Resumen Ejecutivo



La industria de la construcción es una de las actividades productivas más relevantes del país, durante 2019 el Producto Interno Bruto (PIB) representó cerca de un 7% de la economía nacional y alrededor del 8.5% de del país (Comisión Nacional de Productividad, 2020, #), más allá de la participación en el PIB, empleo o inversión, lo más relevante de este sector radica en el efecto multiplicador que produce en la economía, debido que gran parte de los insumos que se utilizan provienen de otras industrias, induciendo al dinamismo de estas últimas. (CPI, 2017, #).

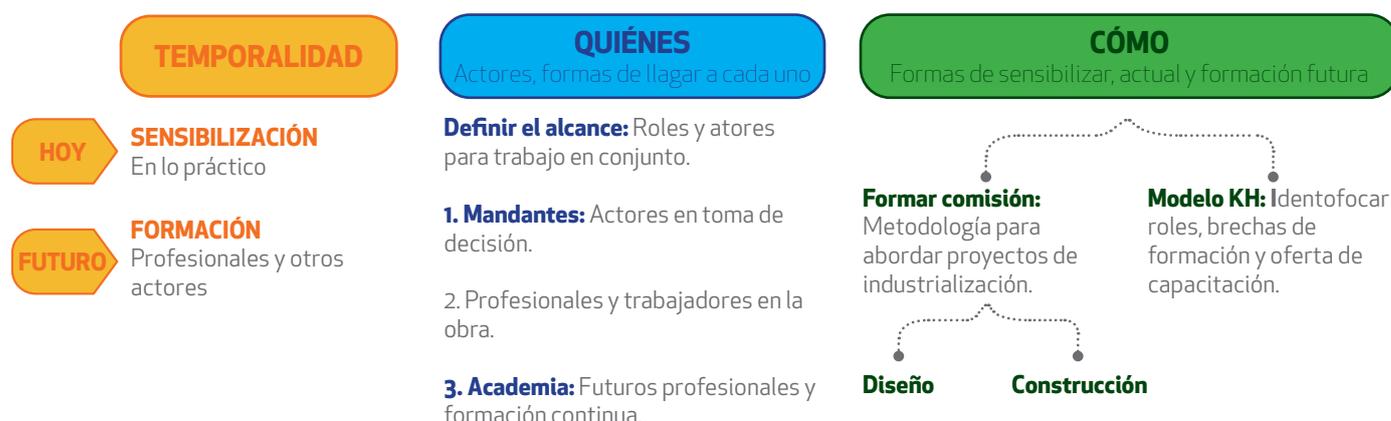
Para la industria de construcción nacional, los desafíos radican en aumentar la productividad y ser más eficientes, actualmente Chile se encuentra en el lugar 39 respecto a la productividad laboral en la construcción con otros países (Matrix Consulting, 2020). Uno de los pilares centrales que se propone para alcanzar una mejor productividad es la adopción de la construcción industrializada, fabricación en serie, la estandarización y automatización de procesos. Donde es necesario incentivar el uso de la construcción en fábrica, implementando soluciones constructivas industrializadas, con un sistema de construcción, transporte y montaje que permitan adelantar parte de las actividades en una fábrica y por lo tanto disminuir los tiempos de construcción in situ.

La Construcción industrializada, es una forma de construir que existe hace décadas, donde hoy vuelve a posicionarse gracias a tendencias que están marcando el mercado de la construcción, tal como el concepto de lean construction, el uso de tecnologías BIM, automatización en la producción y el aumento de construcción sustentable. Sus ventajas están relacionadas a: alto estándar en su fabricación como una oportunidad para mejorar la calidad y la productividad del sector construcción con procesos de manufactura más sofisticados y repetitivos. Dentro de sus principales beneficios se destacan:

- Disminución en los costos finales de construcción, plazos (tiempo en obra y potenciales retrasos asociados a la ejecución).
- Plazos de ejecución menores a los obtenidos con sistemas de construcción tradicional.
- Mayor certeza en el cumplimiento de plazos contractuales.
- Disminuye la probabilidad de sobrecostos en proyectos y por ende disminuye la conflictividad en los contratos.
- Calidad: Alto grado de control de calidad en fábrica, terreno y optimización de abastecimiento.
- Disminuye la postventa.
- Impactos ambientales y sostenibilidad: reducción impactos en obra como ruido y polvo. Reducción de generación de residuos y retiro escombros).
- Mejores condiciones de seguridad de la obra y fomenta mano de obra con mayor calificación.

Esto a su vez permite dar respuesta a condiciones climáticas adversas, reconstrucción post catástrofes, déficit de viviendas, generación de infraestructura en menores tiempos (hospitales, escuelas, etc), al mismo tiempo que se enfrentan temas como la escasez de mano de obra calificada, entre otros. Para la adopción de este tipo de construcción, se hace necesario potenciar la capacitación y el conocimiento del capital humano, e inversión en Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I), mejores prácticas organizacionales y de los procesos productivos. Donde la tecnología e innovación permitirán disminuir variabilidad a través de la automatización de procesos y la industrialización de la construcción.

Dentro de este contexto, el Consejo de Construcción Industrializada, CCI, durante el 2020 impulsa un Grupo Técnico de Trabajo: "Educación, sensibilización e investigación sobre construcción industrializada", cuyo objetivo es "Coordinar acciones de difusión, transferencia de conocimiento y metodologías, y articulación con la academia, para en conjunto promover el cambio en la industria". Definiendo así dos temporalidades de acción; para el presente impactar en temas prácticos y para el futuro ver temas relacionados a formación de profesionales y otros actores.



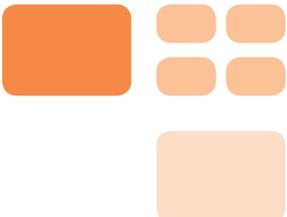
Es así cómo se conforma el Comité de Capital Humano, el cual busca sensibilizar con un mensaje común sobre qué es la construcción industrializada e influir en la adopción de los tomadores de decisión y constructoras. Así como también adecuar formación y relación con academia donde se requiere de competencias renovadas acordes a los desafíos en la industria, nuevas prácticas y metodologías de diseño y construcción.

Para poder encaminar los esfuerzos en impactar positivamente el capital humano en temas de construcción industrializada, se desarrolla una iniciativa que busca relevar las capacidades teóricas y técnicas sobre industrialización, las que se suman a las competencias de cada disciplina (arquitectura, construcción e ingeniería).



2

Agradecimientos



Para la construcción de esta “Matriz de roles de CI para Chile”, el Consejo de Construcción Industrializada (CCI), en conjunto con el Centro Tecnológico para la innovación en la Construcción (CTeC) y un grupo de expertos de la construcción, realizan mesas de trabajo multidisciplinarios con representantes del sector público, privado y la academia para validar y consensuar sobre aquellas capacidades teóricas y técnicas que requieren los técnicos y profesionales para la CI.

El equipo ejecutor, fue el encargado de liderar esta iniciativa, el cual fue conformado por:

- **Consejo Construcción Industrializada (CCI)**
Sebastián Galaz, Katherine Martínez y Ximena Finschi.
- **Centro Tecnológico para la Innovación en la Construcción (CTeC)**
Carolina Briones y Yasna Pardo.
- **Representantes Academia**
Ítalo Sepúlveda, Universidad Autónoma de Chile.

Pablo Pulgar y David Blanco, Universidad Tecnológica Metropolitana de Chile.
- **Representante de la industria construcción**
Pabla Ortúzar, Arquitecta independiente.

Para la validación de los avances y el trabajo, se realizan una serie de Focus Group con un grupo de expertos de la construcción, a continuación se presentan los nombres de los profesionales:

- **Inmobiliaria/ Proyectistas**
Pabla Ortúzar, Juan David Restrepo (ARCHIPLAN), Víctor Ortega (EXXACON).
- **Constructora**
Carlos Cárcamo y Enzo Bozo (LyD), Jorge Massiel y Mikel Fuentes (AXIS), Sebastián Fourcade (FOURCADECO), Priscila Becerra (ECHEVERRÍA IZQUIERDO).
- **Suministro**
Jan Heran y Sandro Casanova (CINTAC), Salvador Correa (E2E), Tatiana Martínez y Héctor Garrido (HORMIPRET), Sebastián Lüders (BAUMAX).

- **Academia**

Luis Fernando Alarcón (CIPYCS), José Luis Salvatierra (LEAN-INN UNIVERSIDAD DE CHILE), David Blanco (UTEM), Pablo Pulgar (UTEM), Boris Naranjo (UC), Simón Briell (INACAP).

- **Ministeriales y otros**

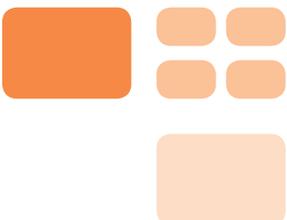
Yasmila Herrera (MINVU), Marcos Brito (CONSTRUYE2025), Loreto Reyes y José Undurraga (MADERA ALTO VALOR)

El Consejo de Construcción Industrializada, CCI, **agradece la continua participación a todos los profesionales involucrados** en el desarrollo de la “Matriz de Roles y Capacidades en Construcción Industrializada”.



3

Glosario



A continuación, se presentan una serie de términos y conceptos presentados en el **“Anteproyecto de Norma: Industrialización - Principios y Definiciones Generales” desarrollado** por un Comité Técnico convocado por el Instituto de la Construcción en el marco del Convenio de Colaboración suscrito entre el Ministerio de Vivienda y Urbanismo y el Instituto de la Construcción y aprobado por Resolución Exenta N° 13751 en su plan de trabajo 2020 de fecha 01 de julio de 2020. Elaborados para poder establecer “un lenguaje común respecto a términos y definiciones de Diseño y Construcción Industrializada, de forma que todos puedan hablar bajo los mismos conceptos consensuados”.

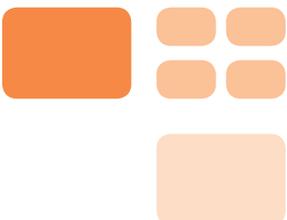
Principales términos y definiciones

- **Construcción Industrializada:** Obras de construcción ejecutadas mediante procedimiento seriado, repetitivo, rítmico y estandarizado, que puede incluir prefabricados, realizados en sitio, robotizados, automatizados, entre otros.
- **Componente industrializado:** Producto de construcción fabricado mediante un proceso industrializado.
- **Elemento industrializado:** Elemento de construcción en base a componentes o materiales, o combinaciones de ambos fabricados mediante un proceso industrializado.
- **Prefabricación:** Proceso constructivo que incorpora a la construcción diferentes elementos y componentes, fabricados antes de su montaje en su posición definitiva en la obra.



4

Siglas



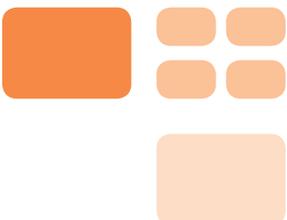
A continuación, se presentan los significados de las siguientes siglas que fueron utilizadas en el presente informe:

- CI** Construcción Industrializada.
- CCI** Consejo de Construcción Industrializada.
- CTeC** Centro Tecnológico para la Innovación en la Construcción.
- CChC** Cámara Chilena de la Construcción.
- DESUC** Dirección de Estudios Sociales UC.
- CLAPES UC** Centro Latinoamericano de Políticas Económicas y Sociales.
- CPI** Consejo Políticas de Infraestructura.



5

Contexto mundial de la industria de la construcción en un escenario post pandemia: La importancia del capital humano



5.1. Contexto industria de la construcción post pandemia

La industria de la construcción posee un rol importante en las economías y la vida diaria de las personas. Ha sido la encargada de brindar la infraestructura y los medios necesarios para la producción en todos los sectores económicos, y de poner a disposición los espacios y servicios imprescindibles para la calidad de vida y el desarrollo de las actividades diarias y fundamentales de la sociedad.

A lo largo de la historia se han logrado exitosos proyectos y superar grandes desafíos, con procesos cada vez más novedosos y que alcanzan mayores dimensiones, sin embargo, se caracterizan por formas de trabajo artesanales, estandarización de procesos productivos, y de gestión empresarial anacrónica, con grandes desafíos hacia la industrialización y la digitalización. A consecuencia de estos aspectos, el desempeño del sector construcción ha sido insatisfactorio en los últimos veinte años (McKinsey & Company, 2020).

La industria de la construcción es uno de los pilares del desarrollo económico de los países, ya que ha sido la encargada de brindar la infraestructura y los medios necesarios para actividades con fines productivos, políticos, sociales y personales (CEPAL, 2004, #), poniendo a disposición espacios y servicios imprescindibles que permiten multiplicar beneficios y consecuentemente aumentar el bienestar de la población (Fay, 2012, #). Además su impacto específico en la creación de empleos, debido a la vinculación con las políticas de creación de actividad económica a nivel local, permite el incremento de ingreso en las poblaciones vulnerables y la reducción de desigualdad (BID, 2020, #).

Es así como este sector ha contribuido enormemente a satisfacer las distintas necesidades de infraestructuras, industria y edificaciones de todo tipo, cada vez de mayor envergadura y con procesos más complejos (CPI, 2017, #), impulsando la competitividad del país, ya que al materializar proyectos de construcción se esperan efectos positivos como: el aumento del capital físico, el uso de mano de obra e incremento de productividad. Se estima que en Chile por cada 10% de aumento de inversión en infraestructura pública, el PIB per cápita crece en promedio 1,7%. (CPI, 2019, #).

Sin embargo, al observar más detalladamente nos encontramos con algunas falencias que deben transformarse en oportunidades de mejora como; una productividad estancada, formas de trabajo artesanal, baja estandarización de procesos productivos, gestión empresarial anacrónica, baja industrialización y falta de madurez en digitalización (PyCS 2025, 2016, #). A consecuencia de estos aspectos, el desempeño del sector construcción ha sido insatisfactorio en los últimos veinte años (McKinsey & Company, 2020).

De acuerdo a numerosos estudios, el inconveniente con el desempeño de la construcción se debe a la baja productividad durante las últimas dos décadas, con un “promedio de crecimiento a nivel mundial de 1% anual, en comparación con un crecimiento del 2,8% para la economía mundial y 3,6% en el caso de la industria manufacturera” (McKinsey & Company, 2017). Si la productividad del sector de la construcción alcanzará la de la economía total, aumentaría el valor agregado en casi un 50%, utilizando los mismos recursos (McKinsey & Company, 2017). Por lo que se observa un desaprovechamiento de las oportunidades y herramientas para mejorar el desempeño del sector.

Comparativamente, la industria de la construcción en Chile ha presentado peores números que países referentes como Estados Unidos, Canadá, Alemania o Japón en aspectos de productividad (m² por persona-día), desviaciones en los plazos de obra, formación y capacitación de trabajadores, carga regulatoria, facilidad para hacer cumplir el contrato, facilidad de tramitación de permisos de construcción, volumen de escombros generados, ratio de supervisión en obra (cantidad de trabajadores por supervisor en obra) y margen económico (Matrix Consulting, 2020).

De acuerdo con McKinsey & Company (2020), las características que han llevado al desempeño insatisfactorio de la industria son procesos altamente complejos y basados en proyectos que son desarrollados a partir de especificaciones únicas del cliente, utilizando diseños planificados desde cero con un grado de repetición limitado, con cadenas de valor fragmentadas, uso limitado de herramientas y procesos digitales, ejecución en entornos hostiles y con una gran parte de la mano de obra temporal y manual. Esto ha generado una baja rentabilidad general en modelos de negocios de alto riesgo para la industria de la construcción.

A este escenario que se describe anteriormente, se suma la crisis sanitaria mundial producto de la pandemia. Es por ello que cada vez más actores son los que identifican las problemáticas de este escenario actual e intentan generar cambios drásticos en la industria a modo de acelerar los cambios y adaptarse a los nuevos desafíos imperantes. Esto ha dado lugar a disrupciones emergentes, como la CI, el uso de nuevos materiales, la digitalización de los procesos y productos, y la emergencia de nuevos actores que apuestan por estas mejoras que buscan brindar un mayor desempeño e innovación en la industria. Si bien la transformación del sector podría llevar décadas, estos procesos se han acelerado por la crisis del COVID-19 (McKinsey & Company, 2020).

La industria de la construcción se caracteriza por ser una industria que tiende a ser particularmente vulnerable a los ciclos económicos (McKinsey & Company, 2020), por lo que resulta lógico creer que la pandemia puede generar grandes impactos en esta, debido principalmente a las medidas que se han debido incorporar para el funcionamiento seguro de las faenas, la restricción de funcionamiento y a las estrategias de reactivación económica.

La siguiente tabla muestra los efectos de la pandemia para la industria, de acuerdo a la información presentada en European International Contractors (2020).

TABLA N°1. EFECTOS DE LA PANDEMIA EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.

SALUD, SEGURIDAD Y EMPLEO	MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	LEGAL Y ADMINISTRATIVO	DEMANDA Y FINANCIAMIENTO
<p>Detención total de variados proyectos y negocios parcialmente no operativos producto de la cuarentena y la distancia social.</p>	<p>Disminución de la producción de materiales, producto de la desaceleración y cierre del sector producción en algunos países.</p>	<p>Problemas en toda la cadena de suministro. Debido al riesgo de quiebra de las pequeñas empresas y disputas legales por no entrega de materiales y el gasto "vacío".</p>	<p>Muchos países han introducido instrumentos de soporte financiero para cubrir las pérdidas de ingresos ante la enorme carga financiera para el sector.</p>
<p>Medidas de cuidado de la salud mental tras reportes de ansiedad entre los trabajadores.</p>	<p>Mayor costo para los contratistas por la escasez de materiales y ralentización de los proyectos.</p>	<p>Mayor carga administrativa en los proyectos transfronterizos.</p>	<p>Se espera que la producción disminuya entre un 20% y un 40%, junto a una probable caída en la inversión en infraestructura, afectando a contratistas especializados en infraestructura.</p>
<p>Condiciones laborales a corto plazo de en trabajadores para evitar despidos.</p>	<p>Subcontratos con problemas para el suministro de materiales por las restricciones de transporte.</p>	<p>Urgencia en el reclamo de las constructoras por posibles derechos de cobertura financiera y de tiempo.</p>	<p>Escenarios posibles para contratistas como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de pago para proyectos actuales y futuros. • Suspensión de funcionamiento de fábricas y lugares de trabajo. • Restricciones de viaje y asistencia social para trabajadores. • Sobrecostos y retrasos.
	<p>Empresas de alquiler de equipos con problemas debido a la paralización de obras.</p>	<p>Consecutivos reclamos de prestatarios en virtud de acuerdos de concesión para evitar incumplir las fechas de finalización e incurrir en responsabilidad por daños liquidados.</p>	<p>Implementación de seguros de créditos a la exportación a corto plazo para cubrir pérdidas.</p>

A efecto de la crisis de productividad acelerada por la pandemia a nivel global, los gobiernos han debido establecer políticas públicas de reactivación económica, demandando inversión pública para el sector de la construcción, debido a su importancia en la economía, la creación de empleo, su capacidad de potenciar otros sectores e industrias y la injerencia en la calidad de vida de las personas. Es por ello que los gobiernos han debido plantearse políticas públicas ante las necesidades de reestructuración del espacio urbano y las condiciones de hacinamiento y contaminación en sectores de mayor pobreza, los cuales han sido resaltados por la pandemia (Barómetro de la construcción, 2020).

En particular las medidas sanitarias que se han impuesto en el día a día de la construcción han afectado de diferentes maneras a las empresas. En un comienzo se paralizaron las labores de variados proyectos, exigiendo el monitoreo de la proximidad física entre los trabajadores, la diversificación de las áreas de trabajo y la implementación de plataformas de coordinación de la cadena de valor en el contexto de teletrabajo (Barómetro de la construcción, 2020).

En el caso particular de Chile, las restricciones impuestas por la autoridad sanitaria provocaron la paralización de 912 proyectos inmobiliarios durante julio, registrando una destrucción en torno a 212 mil puestos de trabajo, lo que representa una caída del 26%, además de la reasignación presupuestaria en la inversión del Sector Público para satisfacer el Plan de Emergencia Sanitaria, lo que explica la caída del 12,6% en la inversión y un 15,2% en el PIB sectorial en los meses de enero a septiembre de 2020 (CChC, 2020).

Posterior a las paralizaciones, las obras pudieron retomar sus labores bajo la aplicación de protocolos de acción que involucran la aplicación de EPP sanitarios, readecuación de los espacios, evaluar y monitorear síntomas de los trabajadores, flexibilidad horaria, limitar la capacidad de personas en los recintos, formación y capacitación de los trabajadores y vigilar la aplicación de estas medidas en contratistas y subcontratistas (Barómetro de la construcción, 2020).

Es en este contexto de medidas sanitarias en obras y esfuerzos público-privados por fomentar el sector, donde además existe escasez de fuerza laboral y baja productividad de la industria, es en donde la CI se presenta como una sólida opción para satisfacer las necesidades y adaptar la industria a las características del escenario post pandemia y a los procesos propios de la construcción 4.0.

Es muy común asociar la CI con el uso de sistemas constructivos prefabricados, lo cual, si bien se encuentra relacionado, es mucho más amplio. La CI se entiende como:

Procesos de construcción enfocados en la eficiencia productiva, con flujos continuos, ejecución de partidas de obra estandarizadas, de forma seriada y repetitiva, generalmente bajo condiciones de ambiente controlado, con ritmos definidos, maximizando la planificación y el análisis de procesos, minimizando pérdidas de recursos y tiempo.

Estos procesos consideran un diseño que favorece la integración temprana de proveedores, habilitando la manufactura o prefabricación de partes y piezas, logística y montaje.

Esta planificación implica cumplir con condiciones de satisfacción, minimizando trabajo rehecho, aprovechando el uso de tecnología, automatización y sistemas de control de producción, involucrando mano de obra competente y especializada, para realizar la actividad bajo condiciones de seguridad superiores, optimizaciones en los plazos de construcción, disminuyendo considerablemente la variabilidad de los procesos menores desviaciones en los presupuestos de la obra y una disminución considerable en los residuos generado (Consejo de Construcción Industrializada, 2020)

Estos procesos de construcción podrían mejorar, según opiniones de actores de la industria, los proyectos de construcción a través de la reducción de la programación (en un 66%), los costos (en un 65%), los residuos (en un 77%) y el uso de materiales (en un 62%), además de mejorar la seguridad en obra (en un 34%) y disminuir los precios de compra de materiales (en un 47%) (Bernstein, 2011). Asimismo, se le atribuyen otros beneficios como la menor dependencia de capital humano y menor contaminación acústica y visual en las comunidades próximas a la obra (Matrix Consulting, 2020).

A pesar de los beneficios mencionados anteriormente, la CI posee una baja penetración en el sector construcción, “alrededor del 1% de las obras en el país utilizan CI. Esto, en contraste a alrededor de un 25% en los países nórdicos” (CCI como se citó en CNP, 2020). Es por este motivo que se hace necesario aumentar la oferta de soluciones constructivas y de profesionales capacitados para aplicar estos procesos, dado que “tienen un enorme impacto en el nivel de productividad que se puede alcanzar en un proyecto, dado que ellos lo formulan y diseñan desde un inicio” (Matrix consulting, 2020)

5.2. Productividad del sector construcción en Chile

Para comprender el problema de la productividad es necesario comprender a qué se referirá este documento en particular, debido a que no existe en Chile un consenso en cuanto a su definición. Se definirá la productividad como la relación entre la “cantidad de productos generados por un sistema y los recursos utilizados en dicho proceso” (CLAPES UC, 2016). Entonces, es posible decir “que un sector económico es productivo si es capaz de producir más con los mismos recursos o producir lo mismo con menos recursos” (CLAPES UC, 2016).

El problema de la baja productividad en el sector construcción, presentada en las últimas dos décadas, no es ajeno a la industria chilena. Según el Centro Latinoamericano de Políticas Económicas y Sociales (2016) “la productividad media laboral en la construcción tuvo un crecimiento medio anual nulo en el periodo 1996-2016”. Por lo que Chile se sumaría a la lista de países en los que el sector construcción no ha logrado un desempeño satisfactorio.

Ahora bien, ¿por qué es un problema de gran importancia? Esto se debe a que “el comportamiento de este sector económico impacta de manera significativa la economía de cada país” (CLAPES UC, 2016). Además, que una mejora en la productividad es capaz de brindar mayor valor usando menos recursos, lo cual se logra combinando mayor calidad a menor costo para los propietarios, mayor rentabilidad para los contratistas y mayores salarios para los trabajadores a la vez (McKinsey & Company, 2017).

Otra pregunta que nace a partir de lo anterior es ¿por qué el sector construcción tiene un impacto significativo en la economía? Esto se debe a que aporta una cantidad considerable de ingresos al Producto Interno Bruto de cada país, además de brindar empleo a una porción significativa de la fuerza laboral (McKinsey & Company, 2017).

La construcción es importante porque representa cerca del 7% del PIB y cerca del 9% del empleo (CLAPES UC, 2016). Por lo que es posible comprender que “un alza en la actividad de la construcción puede generar un mayor crecimiento y calidad de vida del país. En el caso contrario, una recesión en el sector puede influir fuertemente en un menor crecimiento económico” (CLAPES UC, 2016). Además, se debe recordar que la construcción posee un rol relevante en la reactivación económica dado el retorno que genera el fisco en términos de impuestos y su capacidad para potenciar otros sectores e industrias (Barómetro de la construcción, 2020).

El problema de la baja productividad en “la industria de la construcción, respecto a la economía nacional, significó una pérdida de 9.300 millones de dólares en el último año, equivalente al 2,3% del PIB nacional” (CLAPES UC, 2016). Además, “si se consideran los últimos 20 años, se tienen pérdidas acumuladas de 100.400 millones de dólares asociadas a la menor productividad en la construcción respecto a la economía nacional” (CLAPES UC, 2016).

Algunas de las causas responsables de la baja productividad identificadas son el incremento de la complejidad de los proyectos; la amplia regulación, fragmentación de terrenos y naturaleza cíclica de la inversión pública; la informalidad y el potencial de corrupción que distorsionan el mercado; la fragmentación de sus actores; las estructuras contractuales y los incentivos altamente fragmentados; los requisitos de propietarios a la medida o subóptimos; los procesos de diseño e innovación inadecuados; los conceptos básicos de gestión y ejecución de proyectos deficientes; la falta de inversión en digitalización, innovación y capital; y mano de obra con calificación insuficiente (McKinsey & Company, 2017).

Este último punto, la mano de obra con calificación insuficiente, es uno muy relevante debido a que “el cambio en el sector construcción no se puede lograr sin la reestructuración de una fuerza laboral que está envejeciendo y cambiando su composición a través de la migración” (McKinsey & Company, 2017). Lo cual, es aún más relevante en Chile debido a que “la industria presentaría bajos niveles de capacitación, inferior a otras industrias del país y a la de países referentes” (Matrix Consulting, 2020), como Alemania, Irlanda, Canadá, Francia, Reino Unido y Dinamarca.

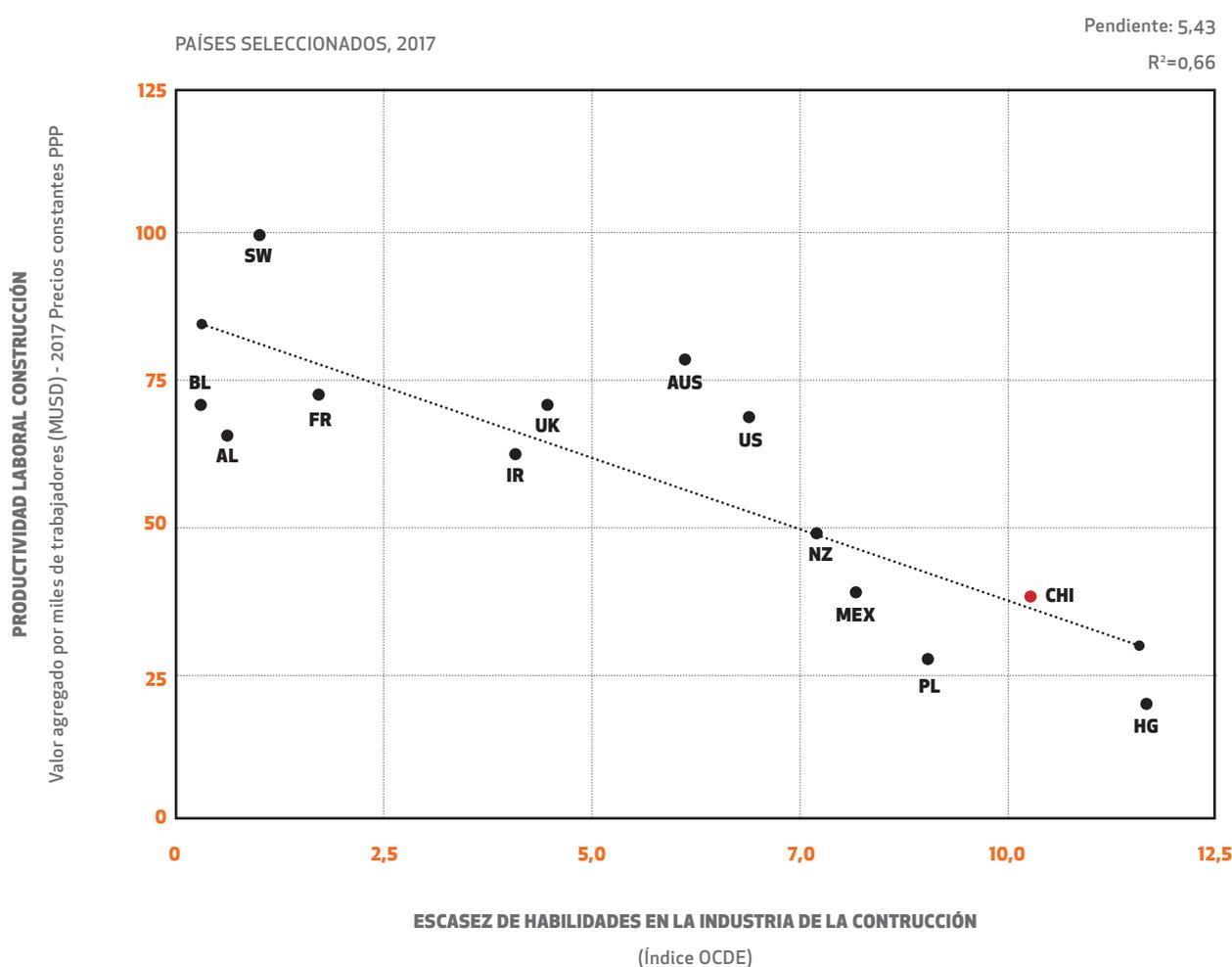
Dada su relevancia, es importante considerar el capital humano en la implementación de estrategias que mejoren la productividad de los proyectos de construcción como la CI, incorporando la especialización y capacitación de la mano de obra, el uso herramientas digitales y la automatización.

5.3. Características de capital humano en la construcción

Como se explicó anteriormente, es sumamente relevante ocuparse de la productividad del sector construcción, principalmente debido a que es el sexto sector económico que emplea más personas a nivel nacional, contando con 728 mil ocupados y a que concentra el 63% de la inversión nacional (Matrix consulting, 2020). Considerando la magnitud del capital humano que emplea, es posible entender el impacto que podría generar el cambio cultural, la especialización, la profesionalización y la capacitación del capital humano en la productividad del sector.

“La productividad del sector está estrechamente relacionada con la disponibilidad de personas capacitadas y de un sistema que las instruya de manera continua. Esto especialmente en un contexto de transformación tecnológica a nivel mundial, donde la adopción de BIM y la industrialización son la nueva norma” (Matrix consulting, 2020). Es posible observar esta relación graficada a continuación.

RELACIÓN ENTRE ESCASEZ DE MANO DE OBRA CALIFICADA Y PRODUCTIVIDAD LABORAL¹ EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN



Al observar la disponibilidad de mano de obra capacitada en el sector construcción es posible comprender por qué este fenómeno se identifica como uno de los motivos del estancamiento de la productividad en Chile. La mayoría de las empresas posee dificultad para contratar ciertas vacantes, lo que se debe principalmente a que los candidatos no cuentan con las competencias técnicas, teniendo como principal consecuencia un aumento en la carga laboral de otros empleados (Sence, 2019).

Al existir pocos candidatos con las competencias técnicas necesarias, es posible comprender por qué cuando In Data (2019) consulta a las empresas por este tema, la mayoría menciona que la formación de capital humano es uno de los tres problemas más importantes y que la baja calificación es considerada por lejos como la principal falencia de los trabajadores de la construcción. Esto es comprensible, debido a que, "anualmente, un 8% de los colaboradores del sector recibe capacitación" y a que, además, del total de capacitaciones que se realizan al año, solo un 20% corresponde a temas y técnicas propias de la construcción, dejando ver un claro problema de foco (Matrix consulting, 2020)

Junto con lo anterior, se observan otros dos problemas en la capacitación. El primero es la baja escolaridad promedio de los trabajadores, con 10,1 años, por detrás de las industrias manufacturera y minera. El segundo es la baja de un 13,1% en la cantidad de estudiantes matriculados entre 2012 y 2013 en establecimientos técnicos profesionales, y la disminución de las matrículas en carreras técnicas del área en cerca de 2500 plazas desde 2014 (Matrix consulting, 2020), dejando ver el aumento del desinterés de los jóvenes por trabajar en la industria.

De 2011 a 2017, la edad promedio pasó de 39 a 42 años (Matrix consulting, 2020). Esto refleja el envejecimiento que sufre la industria, lo cual es consecuencia del desinterés de los jóvenes por trabajar en esta. Los motivos de este desinterés podrían ser variados, como la informalidad en los contratos laborales (Construye 2025, 2018) falta de estabilidad contractual, horarios extenuantes (DESUC, 2020), tener los índices de accidentes laborales más altos o el esfuerzo físico y la discriminación, que se indican como la principal razón de la baja participación de las mujeres, la cual es de entre un 6% y un 11% (matrix consulting, 2020).

El desinterés por la industria no solo afecta la productividad por la escasez de mano de obra capacitada, sino que también, al aumentar el envejecimiento de los trabajadores la productividad también se ve afectada. En el límite en que se solapan los mayores años de experiencia con un mayor rango etario, se observa una probable disminución de la productividad media para este grupo de trabajadores (CChC, 2017).

5.4. Capacidades necesarias para la construcción industrializada.

Actualmente, la industria se basa en procesos de construcción altamente fragmentados y complejos, debido a la presencia de demasiados actores en la cadena de valor que no colaboran entre sí y al enfoque en proyectos con especificaciones únicas del cliente. Esto genera, por un lado, barreras en la innovación y digitalización, y por otro lado, limitaciones a repetibilidad y adaptabilidad de los proyectos (Mckinsey & Company, 2020). Al implementar metodologías de CI en una organización o proyecto se necesitan cambios en los procesos descritos, los cuales requieren de una consolidada e integrada cadena de valor.

La industrialización, supone la reproducción de los sistemas y técnicas de producción propias de la industria. Para esto es importante que arquitectos y diseñadores cuenten con toda la información sistematizada y organizada en un lenguaje común, alineados con los proveedores; una industria robotizada, flexible, con gran capacidad de adaptación y respuesta; uso de herramientas tecnológicas y software en la construcción, alineados con diseñadores y productores/proveedores; Especificaciones que detallan atributos y desempeños deseados de los productos (CDT)

Así mismo, La industrialización de la construcción supone la “especialización de los trabajos realizados en obra, generando un mayor nivel de expertise y eficiencia en los distintos procesos” (Matrix Consulting, 2020), esto llevaría a los profesionales a implementar una organización de la obra en base a una programación seriada, muy probablemente de la mano de softwares especializados para la planificación, el seguimiento y la gestión, y a la especialización de las cuadrillas de operarios en determinadas partidas (Matriz Consulting, 2020).

A partir de esto, es posible identificar tres características en la incorporación de metodologías de CI: integración temprana y prefabricación, eficiencia productiva y estandarización y flujos continuos. En cada una de estas características se registran capacidades que deben estar presentes en los profesionales que han tomado responsabilidades en la incorporación de CI en las organizaciones y proyectos.

Para la incorporación de pre-fabricación o manufactura de elementos y componentes de construcción, los proyectos deben cumplir con condiciones que favorecen o los hacen adecuados a este tipo de procesos. Esto favorece la incorporación de proveedores y contratistas en las fases tempranas del proyecto, con el propósito de reunir las competencias necesarias para analizar las posibilidades de modulación y prefabricación, plazo de ejecución, condiciones y accesibilidad del trabajo en obra y las restricciones que posea el emplazamiento del proyecto.

Relación capacidades construcción tradicional / capacidades CI:

- Integración temprana y prefabricación (Condiciones de satisfacción y ambiente controlado)
- Eficiencia productiva (Condiciones de satisfacción → Ambiente controlado y ritmo de producción, trabajo rehecho)
- Estandarización y flujos continuos (seriada y repetitiva)
- Capacidades que deben tener las personas que se desenvuelven en la construcción industrializada, las competencias y las capacidades que debe tener la construcción de cara a la mejora en la productividad y la industrialización
- Se requieren conocimientos sobre: Códigos de diseño y estándares, materiales sustentables, productos y sistemas relevantes, metodologías Lean, Procesos de producción Offsite, tecnologías actuales y emergentes, seguridad en el izaje y manipulación, procesos y tolerancias de montaje, procesos y ensayos de calidad y gestión de residuos.
- Se requieren habilidades vitales de: Comunicación efectiva y continua, resolución de problemas, trabajo en equipo, atención a los detalles, mejora de procesos, atención al cliente, casos de industrialización, adaptabilidad, resiliencia, organización.

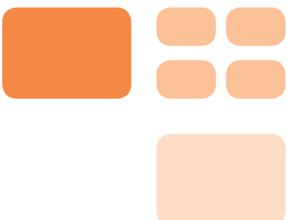
Escasez y costo de capital humano

- Chile presenta mayor escasez de mano de obra calificada en relación a países referentes. Esto se debe a falta de preparación y/o formación adecuada.
- Índice de escasez de mano de obra es 10.

Fuente matrix consulting: https://drive.google.com/drive/u/3/folders/1Llb-idnd1Akuxed7iX8UXOfsF_FWB6QZ

6

Justificación del estudio



El principal problema que aborda este estudio es la necesidad de sistematizar los conocimientos precisos y establecer una estructura de responsabilidades para la implementación de metodologías de CI en una organización y/o proyecto. Esta necesidad nace a partir del problema de la baja productividad en la construcción y del escenario post pandemia descritos en los capítulos anteriores, en los que la CI resalta como una solución que llevaría a la industria a adaptarse a las nuevas restricciones y contribuir satisfactoriamente a la economía del país.

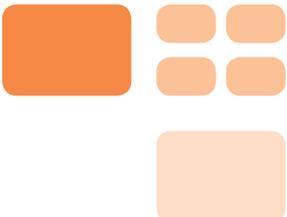
En mayor detalle, este estudio debe fomentar la capacitación de los trabajadores de la construcción para aumentar el valor generado al incorporar CI, permitiendo a las empresas lograr una adecuada implementación y alcanzar los beneficios que estas metodologías ofrecen. Esto se basa en que “los beneficios esperados por sistemas industrializados no siempre son percibidos, debido principalmente a problemas de gestión” (PMG, 2018). Por lo que, al incorporar capacidades tanto en gestión como planificación en CI, se lograría mayores beneficios en la implementación de los sistemas industrializados.

Por otro lado, debe contribuir a reducir la barrera cultural con respecto a la adopción de nuevas tecnologías al aumentar los logros de aprendizaje en el área de innovación y tecnología en las mallas de las carreras del sector construcción, el cual actualmente es de sólo entre un 2% y un 7% (Matrix Consulting, 2020). Al igual que el programa de PlanBIM que utilizando la misma metodología logró que el 90% de las universidades declaren enseñar BIM (<https://planbim.cl/>).



7

Objetivos



En el contexto de una baja productividad y la brecha en capital humano en el sector construcción, el presente estudio tiene por objetivo determinar las capacidades teóricas y técnicas del capital humano que se desempeña en funciones y responsabilidades relacionadas a la CI. Estas se suman a las competencias que constituyen las disciplinas de programas académicos del mundo de la construcción tales como arquitectura, construcción, ingeniería y otras afines.

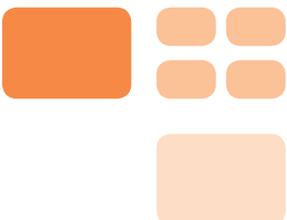
La definición de los roles del capital humano de la CI, serán la base para los siguientes objetivos específicos:

- 1.** Guiar a las empresas e instituciones en comprender las competencias y roles sobre la CI que requieren sus equipos de trabajo que se desempeñan en dichos ámbitos, considerando metodologías, procesos y soluciones industrializadas en el ciclo de vida de un proyecto, considerando planificación, diseño, construcción, operación/mantenimiento y deconstrucción de las edificaciones e infraestructura.
- 2.** Guiar a las instituciones académicas, tanto profesionales como técnicas, en actualizar e introducir nuevos contenidos en sus mallas y programas curriculares, considerando competencias y habilidades de CI con el fin de formar profesionales acordes a los nuevos desafíos de la industria.
- 3.** Fomentar un ecosistema que comparta un lenguaje común sobre industrialización, e impulsar la adopción de un trabajo colaborativo e interdisciplinario dentro de los actores de la cadena de valor.



8

Metodología



El presente estudio se desarrolla para la creación de un mapa de roles que asignan funciones y responsabilidades a las personas en cuanto al desarrollo de proyectos de CI, a lo largo de todo el ciclo de vida, desde una etapa inicial de diseño hasta una etapa de deconstrucción de una edificación o infraestructura.

Para construir la definición de roles de CI para Chile, el Consejo de Construcción Industrializada (CCI), en conjunto con Centro Tecnológico para la innovación en la Construcción (CTeC) y un grupo de expertos de la construcción, en nueve meses desarrollaron una serie de reuniones y mesas de trabajo entre el 2020 y 2021, con representantes del sector público, privado y la academia.

La estructura metodológica de la investigación consistió en 4 etapas:

1. Levantamiento de Capacidades y benchmarking programas de estudio

Primeramente, se realiza un levantamiento de información secundaria de fuentes digitales, esencialmente basada en los programas y cursos de formación nacionales e internacionales, los que aportan información clave para establecer las capacidades de industrialización, las cuales se relevan de los objetivos generales y específicos de estos, siendo abordados en la primera etapa del estudio, relacionado al benchmarking que se presenta más adelante.

Para eso se hace un análisis de la oferta actual, levantamiento de las capacidades y objetivos de aprendizaje de programas y cursos internacionales de industrialización, haciendo un exhaustivo barrido que compila gran parte de ellos, y defina un marco de objetivos de enseñanza-aprendizaje.

2. Validación de capacidades y brechas con agentes clave del sector construcción

Se realizan al menos dos instancias de validación de información levantada, cuyo objetivo es identificar percepciones y validación de las capacidades identificadas en la etapa previa, y de las brechas. En base al desarrollo de mesas de trabajo multisectorial: actores de empresas que, por una parte, ofrecen productos prefabricados o industrializados, y también representantes de empresas que hagan uso de dichas soluciones, junto a docentes de carreras.

3. Definir los roles de industrialización apoyándose en la taxonomía de Bloom

Desarrollo y definición de roles. Cada rol se relaciona a una responsabilidad específica sobre la lista de 60 capacidades, responsabilidad que se individualiza a través de los niveles de la Taxonomía de Bloom, permitiendo clasificar objetivos de aprendizaje a diferentes niveles de complejidad. Por medio de una matriz de roles de CI, se definen 60 capacidades requeridas.

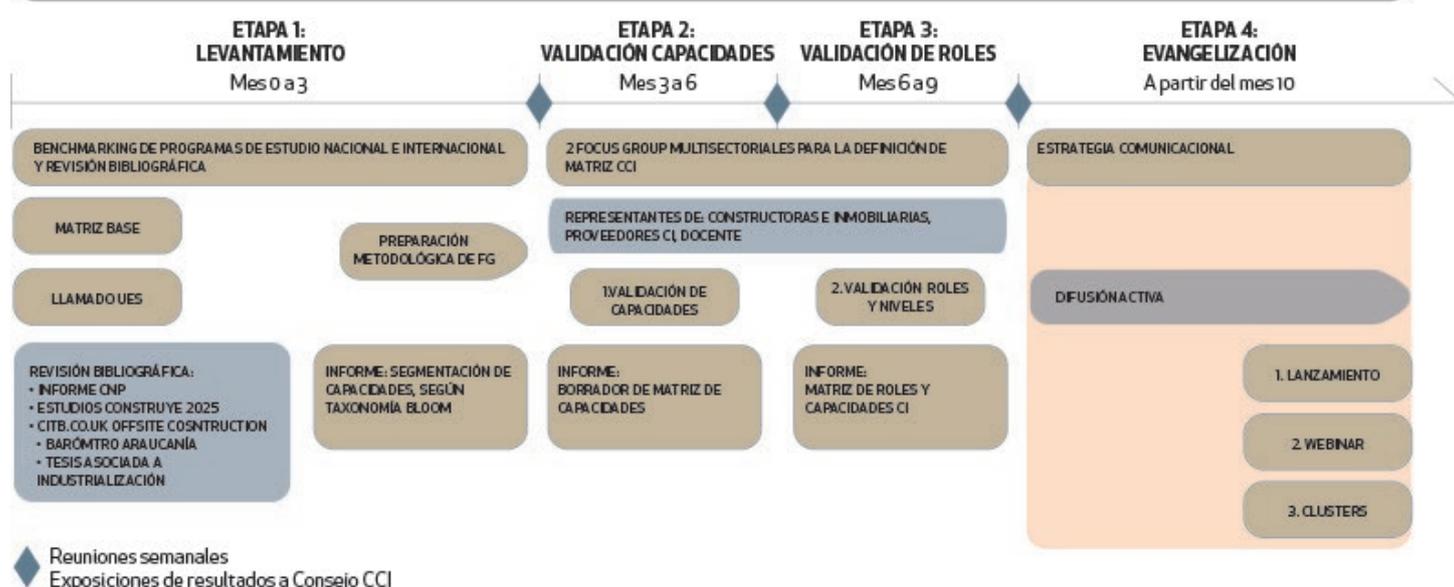
4. Validación de la Definición de los roles de industrialización y la responsabilidad de estos sobre las capacidades identificadas

Se realiza una instancia de validación de las definiciones de los roles elaboradas y un trabajo grupal para asignar niveles de capacitación de los roles para cada una de las capacidades levantadas. Esta actividad se realiza en base al desarrollo de una mesa de trabajo multisectorial al igual que lo descrito en el punto 2 de esta lista.

5. Sesiones de difusión con agentes de la industria e instituciones académicas

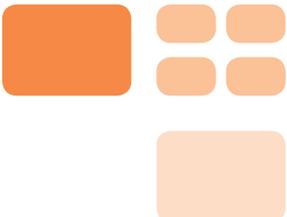
A continuación, se presenta la planificación de las 4 principales etapas del desarrollo de este Estudio.

Para construir la matriz de roles de CI para Chile, el Consejo de Construcción Industrializada (CCI), en conjunto con el Centro Tecnológico para la Innovación en la Construcción (CTeC) y un grupo de expertos de la construcción, en nueve meses desarrollarán una serie de reuniones y mesas de trabajo entre el 2020 y 2021, con representantes del sector público, privado y la academia. La estructura metodológica de la investigación consiste en 4 etapas:



9

Desarrollo de la matriz de roles y capacidades



9.1. Benchmarking de programas de estudio nacional e internacional (programas nacionales)

Programas Nacionales:

Para el desarrollo del estudio, parte de la estrategia y metodología es el levantamiento de objetivos de aprendizaje de programas y cursos de industrialización tanto nacional como internacional. Donde se busca poder compilar gran parte de ellos, y así definir un marco de objetivos de enseñanza-aprendizaje.

Se establece dentro la primera etapa, una tabla como matriz de requisitos mínimos para la búsqueda, donde se establecen campos mínimos de información para poder analizar en detalles los objetivos y capacidades que buscan impartir los programas y cursos de industrialización en Chile como en el extranjero.

Se presentan a continuación los campos definidos como requisitos mínimos para comenzar la búsqueda: Nombre programa o curso educacional, nombre de la institución que lo imparte, el enfoque, el grado, los objetivos, el contenido, Levantamiento de objetivos de aprendizaje en base al ciclo de vida de un proyecto, grupo docente, horas, valor, sistema de evaluación, modalidad, lugar. (Ver anexo)

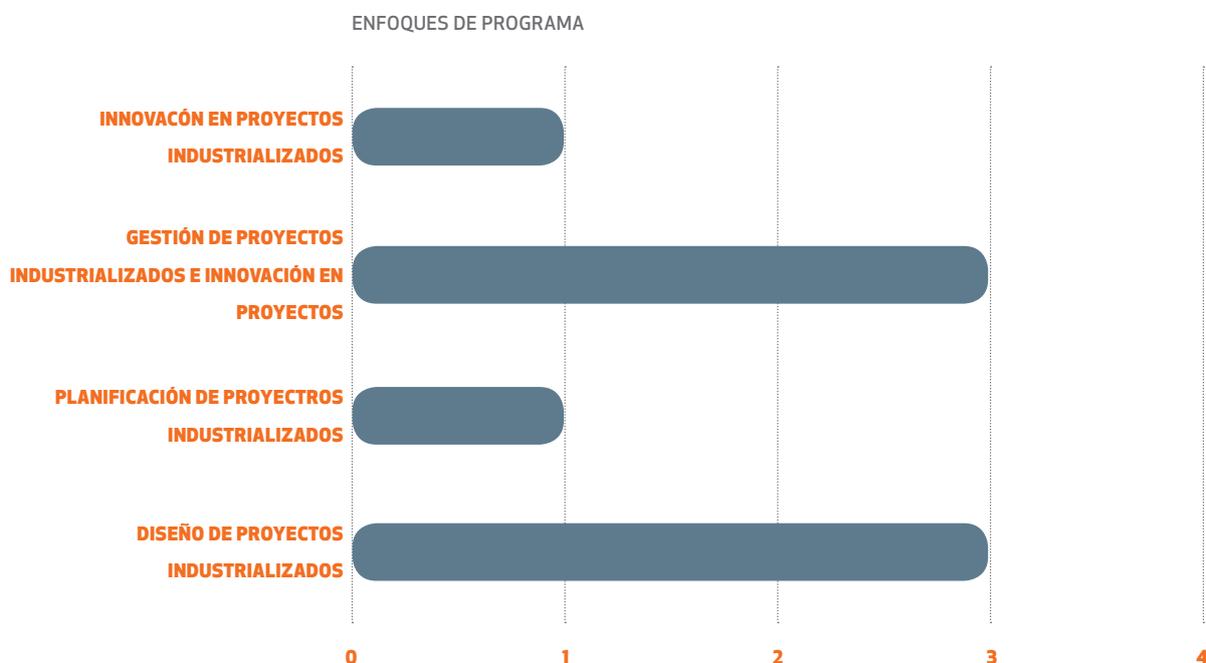
Dentro del levantamiento nacional, se registran 8 programas educacionales, donde las principales instituciones que imparten estos cursos son la Pontificia Universidad Católica, la Universidad de Chile, Centro UC de innovación en Madera y la Corporación de Desarrollo Tecnológico CDT de la CChC. A continuación, se presenta una tabla resumen:

TABLA 2. RESUMEN DE PROGRAMAS, INSTITUCIONES Y ENFOQUES DE CURSOS NACIONALES. ELABORACIÓN PROPIA CCI, 2020.

PROGRAMA EDUCACIONAL CHILE	INSTITUCIÓN	ENFOQUE
Diplomado en gestión para la construcción industrializada PUC	PUC	Gestión de Proyectos de construcción industrializada
Curso de especialización: Industrialización en la construcción UCH	UCH	Gestión de Proyectos de construcción industrializada
Curso Diseño para la industrialización y prefabricación	CDT	Diseño de proyectos de industrialización
Curso Planificación de obras industrializadas	CDT	Planificación en proyectos industrializados
Curso Excelencia operacional	CDT	Gestión de Proyectos de construcción industrializada
Curso Construcción modular y uso de BIM	CDT	Diseño de proyectos de industrialización
Curso: introducción al diseño, cálculo y construcción con madera	CIM UC	Diseño de proyectos de industrialización
Innovación e industrialización en la construcción	PUC	Innovación en proyectos industrializados

Dentro de los principales análisis de los programas nacionales fue el poder definir en base a los objetivos del programa, cómo se clasifican los enfoques para abarcar la industrialización, las cuales clasificamos en cuatro categorías; Diseño de proyectos industrializados, Planificación de proyectos industrializados, Gestión de proyectos industrializados e Innovación en proyectos industrializados.

TABLA 3. ENFOQUES DE PROGRAMAS NACIONALES. ELABORACIÓN PROPIA CCI, 2020



Respecto a la clasificación de enfoques, el 76% de los programas nacionales están enfocados en el diseño y gestión de proyectos industrializados, centrando los conocimientos en temas de introducción a conceptos de industrialización y análisis operacionales de integración temprana de soluciones en la cadena de valor de un proyecto.

Analizando los contenidos impartidos en los cursos, podemos inferir que principalmente se busca poder abordar los principales conceptos de industrialización y entregar conocimientos y fundamentos iniciales para el desarrollo de competencias y habilidades específicas para la gestión de proyectos industrializados en etapa de diseño y construcción.

Para aquellos programas con enfoque en el **“Diseño de proyectos industrializados”**, los contenidos introductorios al concepto de industrialización y entregar herramientas para la decisión de incorporación temprana de sistemas industrializados. Se busca que los estudiantes puedan conocer y aplicar teoría básica de prefabricación e industrialización en etapas tempranas de proyecto y la administración de líneas de producción dando énfasis en la planificación, seguimiento y evaluación. También incorpora dos bajadas en metodologías BIM y en diseño, cálculo y construcción en madera.

Sobre la **“Gestión de proyectos industrializados”**, los principales contenidos están enfocados a ver excelencia operacional, gestión de calidad, productividad off site y analizar el flujo de la cadena de valor. Se espera que los estudiantes de estos cursos puedan dirigir, optimizar y comprender la importancia del análisis operacional de los procesos industrializados, para poder reconocer y evaluar el impacto de las decisiones en la cadena de valor de un proyecto.

En el caso del programa con enfoque **“Innovación en proyectos industrializados”**, los contenidos están dirigidos a comprender los fundamentos de innovación e industrialización, con una bajada al análisis de las ventajas y desventajas de la implementación en base a un plan de negocios.

Finalmente, en el programa de enfoque **“Planificación de obras industrializadas”**, los contenidos están relacionados a introducir a temas de industrialización y líneas de producción, con una bajada a planificar, controlar y hacer seguimiento a obras de construcción, por medio de análisis y monitoreo de los procesos de toda la cadena de valor.

Analizando los contenidos de los programas, independiente del enfoque, todos buscan entregar una introducción a los fundamentos de la industrialización a través de los beneficios, ventajas y conceptos generales. A continuación, una tabla con los principales contenidos abordados en relación al enfoque del programa:

Programas Internacionales

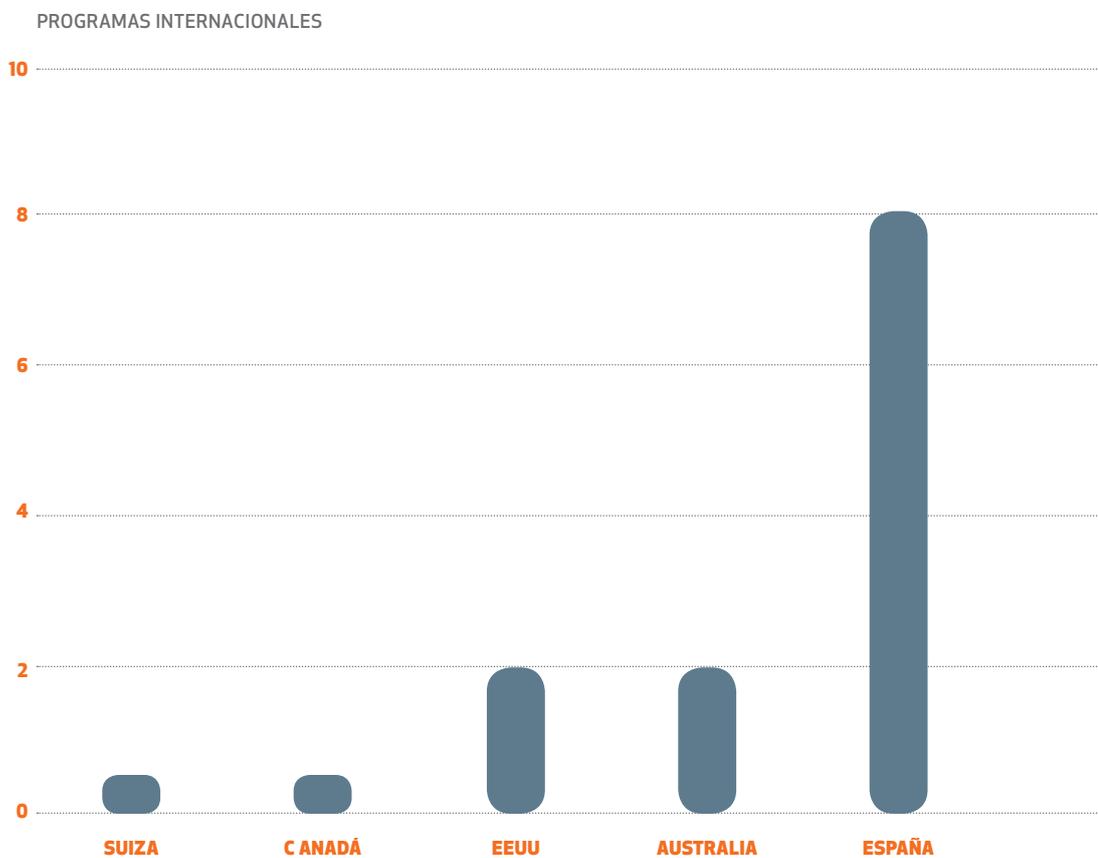
Para el presente estudio, resulta fundamental poder levantar y comprender hacia dónde se dirigen los contenidos de aprendizaje sobre la industrialización. Gran parte de las tendencias en construcción se desarrollan en países del extranjero, que luego son adoptados en Chile. Estos cambios van de la mano con la llamada “Industria 4.0”, la cual supone una industrialización y transformación digital en los procesos constructivos gracias a los avances tecnológicos. Esta “cuarta revolución industrial” incluye el “internet de las cosas”, sistemas ciber-físicos, computación en la nube (cloud computing), entre otros conceptos.

La industrialización ha surgido con gran fuerza en países como Australia, Estados Unidos, España, entre otros. Donde se puede observar que son los mismos países que hoy imparten programas o cursos relacionados en industrialización.

Dentro del levantamiento, se identifican 14 programas relacionados a industrialización, en países de Europa, América del norte y Oceanía. Donde cerca del 60% son impartidos en España en la Universidad de Alicante, Structuralia, Universidad politécnica de Cataluña, universidad politécnica de valencia, Instituto de arquitectura avanzada de Barcelona y la Universidad de la laguna.

En el otro 28% se encuentran Australia y Estados Unidos, donde identifican dos programas en cada país, en el caso de Australia son cursos de “Introducción al diseño y construcción modular prefabricados” impartido en Swinburne University of Tecnology, y otro de “Gerencia de construcción avanzada” en la Universidad de South Australia. En el caso de Estados Unidos se identifican dos programas que son impartidos por la Universidad de Stanford, sobre “Curso de la carrera de ingeniería civil y medioambiental” y “Stanford center for integrated facility engineering (cife)”.

TABLA 4. NÚMERO DE PROGRAMAS LEVANTADOS POR PAÍS. ELABORACIÓN PROPIA CCI, 2020



A continuación, se presenta una tabla resumen de los programas levantados, la institución y el país donde se imparten y un breve resumen del enfoque:

TABLA 5. PROGRAMAS Y CURSOS INTERNACIONALES DE CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA. ELABORACIÓN PROPIA CCI

PROGRAMA EDUCACIONAL	PAÍS	INSTITUCIÓN	ENFOQUE
Master de ingeniería civil. Especialización en gestión de construcción y mantenimientoT	Suiza	Eth zurich	Este curso ofrece una introducción y descripción general de la CI, un concepto que emerge rápidamente en la industria de la construcción. El curso presentará las fuerzas impulsoras, los conceptos, las tecnologías y los aspectos administrativos de la CI, con énfasis en las aplicaciones actuales de la industria y las futuras oportunidades empresariales en el campo.
Curso de la carrera de ingeniería civil y medioambientalT	EEUU	Universidad de Stanford	Requisito, curso de manejo sostenible de proyectos de construcción.
Stanford center for integrated facility engineering (cife)T	EEUU	Universidad de Stanford	
Master de técnico especialista en construcción industrializada.	España	Escuela de edificación, fundacion. madrid / digital construction hub	La formación de un técnico especialista que sobre la base de los conocimientos propios de los arquitectos, arquitectos técnicos e ingenieros de edificación, sea capaz de diseñar y gestionar la construcción de edificios con procedimientos industrializados.
Master de construcción industrializada en hormigón.	España	Structuralia	Aplicación de técnicas de producción en instalaciones fijas de alto rendimiento, con elevados niveles de control que aseguran una mayor calidad a través de la eliminación de incertidumbres en el resultado final de los elementos constructivos, que conducen no sólo a mejores acabados sino también a mejores precios de la solución final de los que puedan alcanzarse en realizaciones a pie de obra.

PROGRAMA EDUCACIONAL	PAÍS	INSTITUCIÓN	ENFOQUE
Mbarch curso de técnicas y sistemas de construcción industrializada en master : línea innovación tecnológica en la arquitectura.	España	Máster universitario en estudios avanzados en arquitectura- Barcelona mb arch	<p>Se plantea la asignatura de técnicas y sistemas de CI con el fin de enseñar y aprender las nuevas vías de evolución de la tecnología de la arquitectura, en particular de la CI.</p> <p>En los últimos cursos hemos estudiado el progresivo proceso de sustitución de las prácticas artesanas por los procesos industrializados y las consecuencias tecnológicas de este cambio en la arquitectura y la construcción.</p> <p>En consecuencia hemos analizado las nuevas relaciones obra-industria en el proyecto y en el proceso de ejecución, a partir de los conceptos de sistematización, racionalización y mecanización; de la tecnología de los sistemas industrializados; de la prefabricación: y de la coordinación dimensional y de la adición modular.</p> <p>También hemos incorporado las exigencias medioambientales en el discurso de la industrialización, porque si no es así, no tendrá futuro.</p>
Grado de master en construcción avanzada de edificios: nuevas técnicas de industrialización aplicada a la construcción de edificios.	España	Universidad politécnica de Cataluña	<p>El conocimiento del alcance de los avances tecnológicos en el campo de la construcción y la capacidad de su aplicación.</p> <p>Calificación para realizar auditorías de proyectos y planes maestros.</p> <p>Capacidad para transmitir conocimientos y experiencias a los compañeros de trabajo. habilidad en liderazgo.</p> <p>Conciencia de la responsabilidad que incumbe a los ingenieros de edificación sobre aspectos de sostenibilidad y respeto a la medio ambiente.</p>
Gerente de proyecto de servicios digitales en el área de industria 4,0 con doctorado.			
Edificación y construcción industrializada.	España	Universidad de Alicante	Conocimientos del ingeniero civil sobre proyección de elementos estructurales, ejecución, calidad, organización y consultoría de proyectos de construcción.
Bim, lean & construcción industrializada en edificación.	España	universidad politécnica de valencia	Gestión de proyectos de construcción industrializada.

PROGRAMA EDUCACIONAL	PAÍS	INSTITUCIÓN	ENFOQUE
Introducción al diseño y construcción modular prefabricados.	Australia	Swinburne University of Technology	La construcción modular prefabricada es una técnica de construcción inteligente e innovadora que ofrece proyectos con una reducción en la duración del proyecto, un desperdicio mínimo, mejora la seguridad y la alta calidad en la construcción.
Master en robótica y construcción avanzada.	España	Instituto de arquitectura avanzada de Barcelona	<p>El máster en robótica y construcción avanzada (mrac) busca formar una nueva generación de profesionales interdisciplinarios que sean capaces de afrontar nuestra creciente necesidad de un ecosistema constructivo más sostenible y optimizado. El máster se centra en el diseño emergente y las oportunidades de mercado que surgen de los novedosos sistemas robóticos y avanzados.</p> <p>A través de una mezcla de seminarios, talleres y proyectos de estudio, el programa de maestría desafía los procesos tradicionales en el sector de la construcción. Investiga cómo los avances en robótica y herramientas de fabricación digital cambian la forma en que construimos y desarrollamos procesos y herramientas de diseño para estos nuevos métodos de producción.</p>
Construcción prefabricada.	Canadá	Rdh Learn Building Science	Existe hoy una atención renovada a los procesos de construcción acelerados utilizando componentes prefabricados y modulares. El impulso para controlar la humedad durante la construcción, acelerar los ciclos de construcción y minimizar los desechos de la construcción ha agudizado el interés en las casas prefabricadas. ¿qué nos puede decir la ciencia de la construcción sobre las diferentes opciones prefabricadas? ¿en qué se diferencian y en qué se parecen a la construcción tradicional? ¿qué necesita saber para evitar problemas y utilizar las opciones prefabricadas con éxito?
Gerencia de construcción avanzada.	Australia	Universidad de South Australia	

PROGRAMA EDUCACIONAL	PAÍS	INSTITUCIÓN	ENFOQUE
Master en gestión e innovación tecnológica en la construcción.	España	Universidad de la laguna	El sector de la construcción transita hacia un nuevo marco conceptual que demanda nuevos requerimientos y capacidades tecnológicas, sociales, económicas y medioambientales. La construcción aparece ligada a nuevos conceptos como la innovación, la sostenibilidad, la rehabilitación y el mantenimiento, y las nuevas tecnologías aplicadas al diseño y construcción arquitectónica y urbanística, la industrialización y la eficiencia en la gestión de todo el proceso. este máster propone formar a profesionales en estas nuevas metodologías que son de relevante actualidad y se manifiestan como uno de los sectores de innovación en el ámbito de la gestión de la construcción en los próximos años: los modelos de información en la construcción - BIM (building information modeling), los sistemas integrados de gestión, sistemas de gestión medioambiental, sistemas de gestión de la calidad, la identificación y evaluación de los riesgos, la responsabilidad social-ambiental de la empresa de construcción, el control de la gestión de la construcción en plazos, tiempo y coste, el análisis y diagnóstico en la rehabilitación de edificios, las tecnologías constructivas innovadoras en la rehabilitación de edificios, la inspección técnica y auditoría y certificación energética de edificios, así como los procesos de innovación y nuevas tendencias en el sector de la construcción.

9.2. Validación de capacidades según etapas

Posterior al levantamiento de capacidades para la CI tanto en programas nacionales como internaciones, se procede a sistematizarlas y clasificarlas según las etapas del ciclo de vida de un proyecto.



Donde se entiende como **“transversales”**, aquellas capacidades que son aplicables a todas las etapas. Se incorpora la etapa **“deconstrucción”**, ya que se entiende que la construcción industrializada puede desmontarse, reutilizarse tanto como en sus componentes como estructura.

Una etapa fundamental fue la validación de capacidades y brechas identificadas, donde se realiza un Focus Group, el cual consiste en una metodología de investigación cualitativa en la que se reúne a un grupo de personas (en este caso profesionales de la construcción) para captar y analizar las opiniones y comentarios realizados por los participantes. Donde, además se guía la discusión a través de un moderador.

Para la actividad, se programan cinco módulos en 2 horas con 10 minutos. En los que, el principal fin, es revisar la redacción y contenido de las capacidades levantadas para la CI. Los participantes se dividen en 4 grupos, donde cada grupo se conforma por un actor del área académica, ministerial, de suministro, construcción e inmobiliario. Estos deben revisar las capacidades pertenecientes a una de etapa del ciclo de construcción (Planificación de proyecto, Diseño, Construcción, Operación y mantenimiento y Deconstrucción) además de revisar las transversales luego. A continuación se presenta una tabla con la programación del focus group.

TABLA 6. PROGRAMA DE FOCUS GROUP 1 FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CCI, 2020

HORA	TEMA	GRUPOS
15:30 - 16:00	Sección A: Capacidades de las etapas 1 a 5. Trabajo en salas grupales.	GRUPO 1: Planificación de proyecto (Estudio de mercado y cabidas)
16:00 - 16:30	Feedback grupal. Trabajo en sala general.	GRUPO 2: Diseño. (Anteproyecto y detallamiento)
16:30 - 17:00	Sección B: Capacidades transversales. Trabajo en salas grupales.	GRUPO 3: Construcción
17:00 - 17:30	Feedback grupal. Trabajo en sala general.	GRUPO 4: Operación y Mantenimiento.
17:30 - 17:40	Cierre y próximos pasos	

A partir de esta actividad se edita el contenido y redacción de las capacidades levantadas, corrigiendo, eliminando, agregando nuevas y redactando en una sola aquellas de mayor similitud. Logrando concentrar un total de 60 capacidades, en donde 15 capacidades fueron eliminadas, 37 modificadas o nuevas y 23 validadas. Estas se distribuyen 12 capacidades transversales, 11 capacidades de planificación de proyecto, 16 capacidades de diseño, 12 capacidades de construcción, 4 capacidades de operación y mantenimiento y 5 de deconstrucción.

9.3. Definición de roles y experiencia

Para la clasificación de las capacidades según las funciones, se definieron los roles para la CI y la experiencia asociado a la función que se ejerce en alguna etapa de la planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento y deconstrucción, y aquellas que son transversales a todas las etapas del proyecto, basado en las capacidades de CI que se suman a la de la construcción tradicional.



En relación a lo que definen los roles; estos asignan funciones y responsabilidades a las personas de un equipo en cuanto a la generación y gestión de los proyectos de Construcción Industrializada. Estos pueden ser ejercidos por una o varias personas. Es importante destacar que;

- Los roles NO definen una nueva disciplina.
- Un Rol NO es un cargo, sino responsabilidades sobre determinadas acciones.
- Los Roles deben ser desempeñados durante todo el ciclo de vida de un proyecto.
- Los Roles pueden ser desempeñados por personas existentes en un equipo al capacitarse.

TABLA 7. DEFINICIÓN Y EXPERIENCIA DE ROLES. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CCI 2020

	DIRECCIÓN EN CI	GESTIÓN EN CI	COORDINACIÓN EN CI	EJECUCIÓN EN CI	REVISIÓN EN CI
DEFINICIÓN ROL	Líder y fomentar estrategias de implementación de CI en una organización, de acuerdo a las necesidades, beneficios y recursos destinados al desarrollo de proyectos e inversiones en el tiempo.	Líderar la implementación de la estrategia de CI, en relación a los RRHH, procesos y tecnologías. Gestionar la planificación, diseño, comunicación, programación y/o producción onsite y offsite con los distintos actores. Definir los procesos y partidas a industrializar.	Implementar y coordinar el proceso de integración, comunicación y flujo de información entre las diferentes especialidades de un proyecto. Prever conflictos y consensuar soluciones con la cadena de suministro, considerando la secuencialidad y repetitividad de las soluciones industrializadas, ya sea en la etapa de diseño, modelación, producción onsite y offsite, logística y/o montaje.	Desarrollar los procesos de CI de proyectos según especialidad en las etapas de planificación, diseño, construcción, operación y deconstrucción, utilizando diferentes tecnologías y metodologías de prefabricación e industrialización.	Examinar y verificar el cumplimiento detallado de la calidad de la información, procesos, elementos y/o componentes industrializados, según especialidad y etapa del ciclo de vida del proyecto.
EXPERIENCIA	Experiencia en el liderazgo, definición estratégica y toma de decisiones en organizaciones y proyectos.	Experiencia en el liderazgo de equipo, gestión organizacional, administración, planificación y operación de proyectos onsite y/o offsite. Estandarización y optimización de procesos constructivos. Habilidades comunicacionales.	Experiencia en el desarrollo y ejecución de proyectos , según la etapa del ciclo de vida. Conocimiento técnico, normativo, de procesos proyectuales y constructivos.	Conocimiento y competencias sobre los alcances técnicos y normativos, procesos y procedimientos de la especialidad a ejecutar.	Conocimiento y competencias técnicas en alguna de las siguientes responsabilidades según la etapa del ciclo de vida de los proyectos: fiscalizar, desarrollar, validar, auditar, controlar, cotejar y/o ejecutar.

Los roles propuestos fueron definidos en base a los diversos actores que intervienen en el ciclo de vida de un proyecto, estos roles se plantean en función de niveles taxonómicos, para lo cual se utilizó la definición por Bloom (1956); una clasificación de objetivos llevada a cabo de forma jerárquica, organizada en base a si la actividad requiere de un procesamiento más o menos complejo.



9.4. Validación de roles y verbos según capacidad/rol

Para la validación de roles y capacidades y brechas se realiza un Focus Group, el cual consiste en una metodología de investigación cualitativa en la que se reúne a un grupo de personas (en este caso profesionales de la construcción) para captar y analizar las opiniones y comentarios realizados por los participantes. Donde, además se guía la discusión a través de un moderador.

Para la actividad, se programan cuatro módulos en 2 horas. En los que, el principal fin, es revisar la redacción y contenido de los roles CI tanto en su definición como experiencia requerida. Los participantes se dividen en 5 grupos, donde cada uno se conforma por un actor del área académica, ministerial, de suministro, construcción e inmobiliario. Estos deben revisar los roles para luego establecer y revisar los verbos de la taxonomía de bloom que fueron establecidos para cada capacidad pertenecientes a una de etapa del ciclo de construcción. A continuación se presenta una tabla con la programación del focus group 2:

TABLA 8. PROGRAMA DE FOCUS GROUP 2. FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA CCI, 2020

HORA	REPRESENTANTE A CARGO	TEMA	PRE ASIGNACIÓN DE GRUPOS
15:00 - 15:15	Moderadores	Presentación Matriz y Roles CI	GRUPO 1: Transversales
15:15 - 15:20	Presentadora	Explicación trabajo en grupo	GRUPO 2: Planificación de proyecto (Estudio de mercado y cabidas)
15:20 - 15:40	Moderadores	Inicio Trabajo en grupos: revisión de 1 rol	GRUPO 3: Diseño (Anteproyecto y detallamiento)
15:40 - 16:10	Presentadora	Feedback grupal. Trabajo en sala general.	GRUPO 4: Construcción
16:10 - 16:20		Break	GRUPO 5: Operación y Mantenimiento.
16:20 - 16:40	Moderadores	Trabajo en grupos: revisión verbos por etapas	
16:40 - 17:00		Feedback grupal	
17:00	Presentadora	Cierre y próximos pasos.	

A finalizar esta actividad se edita el contenido y redacción de los roles y los verbos de la taxonomía de bloom, corrigiendo, eliminando o agregando verbos. Logrando concentrar un total de 52 capacidades, en donde 8 capacidades fueron eliminadas

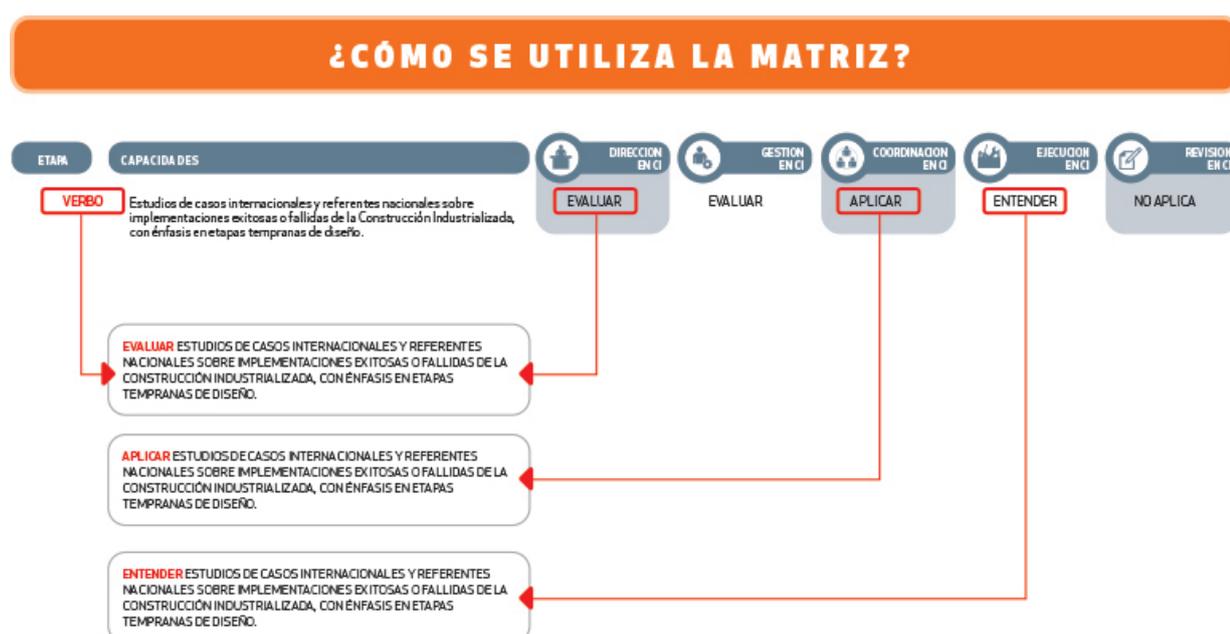
9.5. Implementación de la Matriz de roles

Una vez que realizado el Focus Group para la validación de capacidades por rol se construyó la matriz de roles, la cual considera los siguientes elementos:

- Rol: Dirección, Gestión, Coordinación, Ejecución, Revisión.
- Etapa: Transversal, Planificación, Diseño, Construcción, Mantenimiento, Deconstrucción
- Capacidades: Teóricas y técnicas.

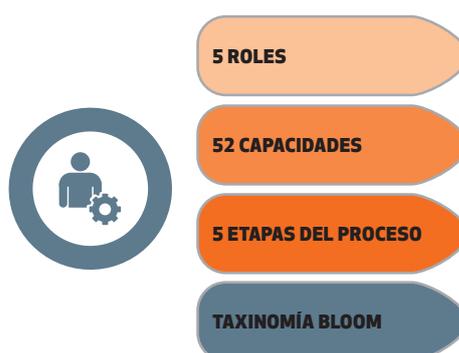
Todos los elementos se conectan en la matriz en función a un verbo que se selecciona desde la Taxonomía de Bloom, como ejemplo ilustrativo tenemos el siguiente:

TABLA 9. EJEMPLO SOBRE LA APLICACIÓN DE VERBOS DE LA MATRIZ. ELABORACIÓN PROPIA CCI, 2020



- **Etapas:** Transversal
- **Capacidad:** “Estudios de casos internacionales y referentes nacionales sobre implementaciones exitosas o fallidas de la Construcción Industrializada, con énfasis en etapas tempranas de diseño”.
- **Rol: Dirección en Construcción Industrializada**
Evaluar Estudios de casos internacionales y referentes nacionales sobre implementaciones exitosas o fallidas de la Construcción Industrializada, con énfasis en etapas tempranas de diseño.
- **Rol: Gestión en Construcción Industrializada**
Evaluar Estudios de casos internacionales y referentes nacionales sobre implementaciones exitosas o fallidas de la Construcción Industrializada, con énfasis en etapas tempranas de diseño.
- **Rol: Coordinación en Construcción Industrializada**
Evaluar Estudios de casos internacionales y referentes nacionales sobre implementaciones exitosas o fallidas de la Construcción Industrializada, con énfasis en etapas tempranas de diseño.
- **Rol: Ejecución en Construcción Industrializada**
Entender Estudios de casos internacionales y referentes nacionales sobre implementaciones exitosas o fallidas de la Construcción Industrializada, con énfasis en etapas tempranas de diseño.
- **Rol: Revisor en Construcción Industrializada**
No aplica Estudios de casos internacionales y referentes nacionales sobre implementaciones exitosas o fallidas de la Construcción Industrializada, con énfasis en etapas tempranas de diseño.

Finalmente la “Matriz de roles y capacidades para la CI”, identifica 52 capacidades, las cuales se clasifican en 12 capacidades transversales, 07 capacidades de planificación de proyecto, 14 capacidades de diseño, 5 capacidades de construcción, 4 capacidades de operación y mantenimiento y 4 de deconstrucción.



A continuación, se presenta la versión final de la “Matriz de Roles y Capacidades en Construcción Industrializada”:

MATRIZ DE ROLES Y CAPACIDADES EN CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

ETAPA (*)	CAPACIDADES	DIRECCION EN CI	GESTION EN CI	COORDINACION EN CI	EJECUCION EN CI	REVISION EN CI
TRANSVERSALES	1 Estudios de casos internacionales y referentes nacionales sobre implementaciones exitosas o fallidas de la Construcción Industrializada, con énfasis en etapas tempranas de diseño.	EVALUAR	EVALUAR	APLICAR	ENTENDER	NO APLICA
	2 Futuras tendencias y prospección tecnológica de Construcción Industrializada e Industria 4.0.	EVALUAR	EVALUAR	ANALIZAR	NO APLICA	NO APLICA
	3 Modelo productivo de la Construcción Industrializada versus el modelo tradicional y las nuevas oportunidades de negocio y mejora en la productividad y sustentabilidad.	PLANEAR	EVALUAR	APLICAR	ENTENDER	ENTENDER
	4 Impactos y fundamentos de la Construcción Industrializada relacionados con: estándares, procesos onsite (en sitio) y offsite (fuera de sitio), tecnologías, capital humano, procesos y sustentabilidad, disminuyendo variables de incertidumbre.	EVALUAR	EVALUAR	ANALIZAR	ENTENDER	ENTENDER
	5 Los roles de la Construcción Industrializada, desde su caracterización de capacidades hasta las responsabilidades que deben ser asumidas por el capital humano de una organización.	ENTENDER	EVALUAR	EVALUAR	ENTENDER	NO APLICA
	6 Los desafíos y cambios que implica implementar una cultura de Construcción Industrializada en una organización, sus condiciones de éxito y las responsabilidades para cada sector: público, privado y academia.	PLANIFICAR	PLANIFICAR	ORGANIZAR	ENTENDER	NO APLICA
	7 Herramientas digitales para el proyecto a lo largo de todo su ciclo de vida.	ENTENDER	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	APLICAR
	8 Análisis de Ciclo de Vida (ACV) que evalúe el impacto ambiental y social de un proyecto, garantizando un desarrollo sostenible.	ENTENDER	EVALUAR	EVALUAR	APLICAR	ENTENDER
	9 Impacto e incidencia de la Construcción Industrializada en sistemas de certificación sustentable, tanto nacionales como internacionales.	ENTENDER	EVALUAR	EVALUAR	APLICAR	ENTENDER
	10 Metodologías de gestión temprana y colaborativa de proyectos, para el flujo continuo y correcto de información, junto con la evaluación de rendimientos indicadores y predictores que permitan garantizar la mejora continua.	ENTENDER	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	11 Metodologías de evaluación que miden el grado de industrialización de un proyecto, en relación con variables de costos, durabilidad, plazos, recursos humanos, huella de CO2, estética, calidad y prevención de riesgos, como el Índice de Constructibilidad de Singapur, el IBS Score de Malasia, entre otros.	ENTENDER	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	12 Pilotaje y prototipado de sistemas de Construcción Industrializada para la optimización de diseños y procesos.	ENTENDER	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR

(*) Esta matriz se desarrolla en base a las etapas del ciclo de vida de un proyecto de construcción

MATRIZ DE ROLES Y CAPACIDADES EN CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

ETAPA (*)	CAPACIDADES	DIRECCION EN CI	GESTION EN CI	COORDINACION EN CI	EJECUCION EN CI	REVISION EN CI
PLANIFICACION	13 Diseño de sistemas de producción y logística de Construcción Industrializada.	ENTENDER	EVALUAR	PLANIFICAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	14 Soluciones industrializadas y sistemas constructivos, identificando ventajas y desventajas bajo diferentes criterios.	ENTENDER	EVALUAR	PLANIFICAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	15 Conceptos y estándares, teóricos y técnicos para el diseño de proyectos con soluciones de prefabricación, modularización e industrialización de la construcción.	ENTENDER	EVALUAR	PLANIFICAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	16 Definición de los lineamientos para una correcta modularización y diseño industrializado en BIM.	ENTENDER	IMPLEMENTAR	PLANIFICAR	APLICAR	APLICAR
	17 Infraestructura tecnológica (software, hardware y redes) para la planificación, programación y desarrollo de un proyecto.	ENTENDER	EVALUAR	PLANIFICAR	APLICAR	APLICAR
	18 Innovaciones y nuevas tecnologías para la mejora de procesos, como; nuevos materiales, sistemas constructivos, realidad extendida (aumentada y virtual), optimización y automatización, inteligencia artificial, robotización, etc.	ENTENDER	EVALUAR	APLICAR	APLICAR	APLICAR
	19 Modelo de reutilización y rehabilitación de edificaciones, considerando métodos de montaje y desmontaje de los componentes de Construcción Industrializada.	ENTENDER	EVALUAR	APLICAR	APLICAR	INSPECCIONAR
DISEÑO	20 Condiciones y especificaciones técnicas de los productos, procesos y sistemas constructivos, articulando partidas industrializadas y tradicionales.	NO APLICA	EVALUAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	21 Marco regulatorio según especialidad, nomenclaturas, codificaciones técnicas, sistemas de clasificación internacional y específica sobre industrialización, fabricación y montaje.	NO APLICA	IMPLEMENTAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	22 Modelos BIM para diseño de arquitectura y especialidades conentidades (familias o componentes) de construcción repetibles y modularizadas.	NO APLICA	IMPLEMENTAR	ORGANIZAR	CREAR	INSPECCIONAR
	23 Modelos BIM para coordinar, prever y subsanar colisiones o posibles fallas.	NO APLICA	IMPLEMENTAR	ORGANIZAR	CREAR	INSPECCIONAR
	24 Modelos BIM para planificar y optimizar procesos de montaje, ensamble y desmontaje.	NO APLICA	IMPLEMENTAR	ORGANIZAR	CREAR	INSPECCIONAR
	25 Grados de precisión de componentes y elementos según materialidad.	NO APLICA	PLANIFICAR	INTEGRAR	APLICAR	INSPECCIONAR

MATRIZ DE ROLES Y CAPACIDADES EN CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

ETAPA (*)	CAPACIDADES	DIRECCION EN CI	GESTION EN CI	COORDINACION EN CI	EJECUCION EN CI	REVISION EN CI
DISEÑO	26 Grados de tolerancia según procesos constructivos.	NO APLICA	PLANIFICAR	INTEGRAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	27 Grados de variabilidad de dimensiones de elementos según comportamiento físico de los materiales.	NO APLICA	PLANIFICAR	INTEGRAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	28 Métodos de montaje para conexiones en sitio, instalación y mantenimiento de materiales y componentes de Construcción Industrializada.	NO APLICA	PLANIFICAR	INTEGRAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	29 Estimación y coordinación temprana de partidas, responsables, plazos y costos asociados a la Construcción Industrializada.	EVALUAR	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	VALIDAR
	30 Cubicación, estandarización, optimización de materiales considerando la planificación del manejo de residuos (RCD), despuntes y sobras.	ENTENDER	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	VALIDAR
	31 Optimización temprana del transporte, almacenaje de productos y sistemas industrializados.	NO APLICA	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	VALIDAR
	32 Optimización temprana de logística y montaje de elementos y componentes industrializados.	NO APLICA	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	VALIDAR
	33 Métodos de Evaluación de Riesgos tempranos para la seguridad de la operación y montaje.	NO APLICA	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
CONSTRUCCIÓN	34 Procesos y técnicas para ensamblar, montar y unir zonas, partes y piezas de proyectos de edificación e infraestructura.	NO APLICA	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	35 Procesos y herramientas de digitalización para la gestión de la obra, fabricación, robotización y/o manufactura avanzada.	ENTENDER	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	36 Modelos BIM para planificar y hacer seguimiento de la obra de Construcción Industrializada.	NO APLICA	PLANIFICAR	ORGANIZAR	CREAR	INSPECCIONAR
	37 Acciones preventivas y correctivas para el procesos constructivo que surgen de la industrialización.	NO APLICA	EVALUAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	38 Programación y requerimientos técnicos para el correcto flujo de información bidireccional y programación de partidas onsite y offsite.	NO APLICA	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	39 Gestión y seguimiento de obras de construcción y/o fabricación: considerando un plan de control y monitoreo, metodologías, indicadores, predictores y acciones correctivas.	NO APLICA	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR

MATRIZ DE ROLES Y CAPACIDADES EN CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

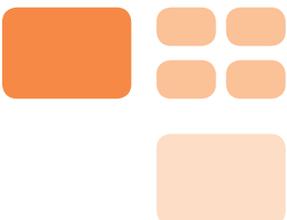
ETAPA (*)	CAPACIDADES	DIRECCION EN CI	GESTION EN CI	COORDINACION EN CI	EJECUCION EN CI	REVISION EN CI
CONSTRUCCIÓN	40 Optimización de la secuencia y simultaneidad constructiva y/o productiva: mano de obra, equipos, materiales y herramientas.	NO APLICA	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	41 Fabricación de elementos, componentes industrializados y su montaje en obra, de forma solvente en lo relativo a la calidad, seguridad y salud de los trabajadores.	NO APLICA	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	42 Logística del transporte, almacenaje de productos y sistemas industrializados.	NO APLICA	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	43 Logística de manipulación de productos y sistemas industrializados.	NO APLICA	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	44 Líneas de producción, automatización y fabricación, empleando métodos lógicos y procesos avanzados.	ENTENDER	EVALUAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
MANTENIMIENTO	45 Elementos y componentes de la construcción industrializada que requieren seguimiento para mantenimiento y reparación.	NO APLICA	EVALUAR	ORGANIZAR	ENTENDER	ENTENDER
	46 Mantenimiento inteligente "I-Maintenance" a través de métodos tecnológicos de gestión de facility management, como gemelos digitales u otros.	NO APLICA	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	47 Modelos BIM para desarrollar el seguimiento, mantenimiento y operación de activos.	NO APLICA	PLANIFICAR	ORGANIZAR	CREAR	INSPECCIONAR
	48 Control, monitoreo y optimización de consumo energético, eficiencia sustentable de elementos y componentes industrializados, en base a indicadores y predictores.	NO APLICA	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
DECONSTRUCCIÓN	49 Elementos, componentes y materiales industrializados que posean valor de reutilización, en función del ciclo de vida y su vida útil.	NO APLICA	EVALUAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	50 Metodologías de desmontaje; materiales usados, separación de MEP; garantías de materiales y componentes industrializados.	NO APLICA	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	51 Programa de gestión de secuencia de desmontaje, metodología evacuación, almacenamiento, gestión de RCD.	NO APLICA	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR
	52 Estrategia de seguridad y salud laboral para el desmontaje de elementos y componentes industrializados, y el impacto en el entorno.	NO APLICA	PLANIFICAR	ORGANIZAR	APLICAR	INSPECCIONAR

Para hacer uso de este material, se solicita referenciar su fuente: Matriz de Roles y Capacidades en Construcción Industrializada (2021), CCI, Grupo Técnico de Trabajo Capital Humano. Consultado en www.construccionindustrializada.cl, fecha consulta



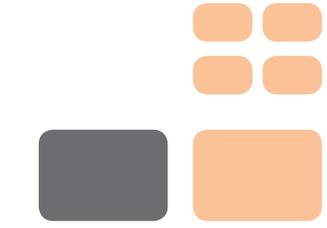
10

Bibliografía



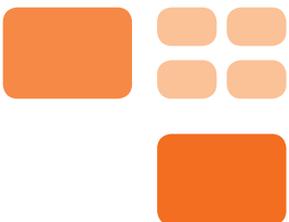
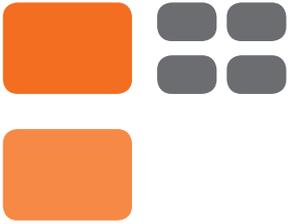
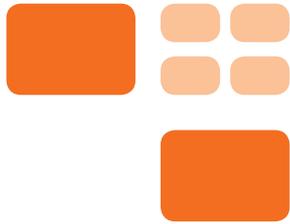
- Ribeirinho, M., Mischke, J., Strube, G., Sjödin, E., Blanco J., Palter, R., Börck, J., Rockhill, D. y Andersson, T. (4 de junio de 2020). The next normal in construction: How disruption is reshaping the world's. McKinsey & Company. www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Capital%20Projects%20and%20Infrastructure/Our%20Insights/The%20next%20normal%20in%20construction/The-next-normal-in-construction.pdf
- Barbosa, F., Woetzel, J., Mischke, J., Ribeirinho, M., Sridhar, M., Parsons, M., Bertram, N. y Brown, S. (27 de febrero de 2021). Reinventing construction: A route to higher productivity. McKinsey & Company. www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Business%20Functions/Operations/Our%20Insights/Reinventing%20construction%20through%20a%20productivity%20revolution/MGI-Reinventing-construction-A-route-to-higher-productivity-Full-report.pdf
- Barómetro de la Construcción Araucanía (Septiembre de 2020). Reporte de experiencia internacional: El sector de la construcción frente a la crisis sanitaria. Barómetro de la construcción. <https://barometrodelaconstruccion.cl/download/399/>
- Matrix Consulting (Octubre 2020). Estudio de productividad: Impulsar la productividad de la industria de la construcción en Chile a estándares mundiales. Cámara Chilena de la Producción. www.cchc.cl/semanadelaproductividad
- Comisión nacional de Productividad (2020) Productividad en el sector construcción. Recuperado de www.comisiondeproductividad.cl/wp-content/uploads/2020/12/Consolidado-Informe-Construccion-final.pdf
- Cámara Chilena de la Construcción. 2020. Informe MACH 55: Macroeconomía y construcción. Recuperado de www.cchc.cl/centro-de-informacion/publicaciones/publicaciones-mach/informe-mach-55
- Solminihaç, H. y Dagá, J. (2018). Productividad Laboral en la Construcción en Chile: Comparación Internacional. Centro Latino Americano de Políticas Económicas y Sociales. https://s3.us-east-2.amazonaws.com/assets.clapesuc.cl/media_post_5610_a120938ae9.pdf
- Bernstein, H. M. (2011, Marzo) Prefabrication & modularization: Impact on productivity in the Construction Industry. Póster presentado al Modular Building Institute Annual Conference, Las Vegas, Estados Unidos.
- European International Contractors. 2020. COVID-19 and the global construction business. Recuperado de www.eic-federation.eu/covid-19-and-global-construction
- BID. (2020). El potencial de la inversión en infraestructura para impulsar el empleo en América Latina y el Caribe (BID ed.). Banco Interamericano de Desarrollo.

- CEPAL (Ed.). (2004). Desarrollo de infraestructura y crecimiento económico: revisión conceptual. CEPAL.
- Comisión Nacional de Productividad. (2020). Productividad en el Sector Construcción.
- CPI. (2017). Infraestructura para nuestro desarrollo. Consejo de Políticas de Infraestructura.
- CPI. (2019, Mayo). CHILE: INVERSIÓN EN INFRAESTRUCTURA DE USO PÚBLICO 2005 - 2018. Reporte Infraestructura, (1).
- Fay, M. A. (2012). Módulo 3 Infraestructura. In La realidad macroeconómica. Banco Interamericano del Desarrollo.
- PyCS 2025. (2016). INFORME FINAL. HOJA DE RUTA PYCS 2025. CORFO.



Definición de una matriz de roles y capacidades del capital humano para la construcción industrializada

INFORME



SECRETARÍA EJECUTIVA



PATROCINADOR

