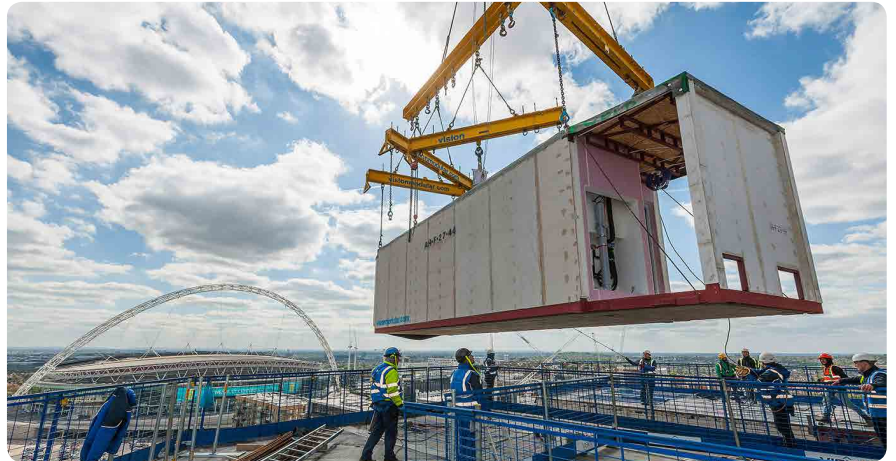


IMPACTO DE BARRERAS PRESENTES EN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO EN CHILE

Identificación y evaluación



IMPACTO DE BARRERAS PRESENTES EN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO EN CHILE

Identificación y evaluación

DOCUMENTO PATROCINADO POR



SECRETARÍA EJECUTIVA



PATROCINADOR



Centro UC
Excelencia en Gestión
de Producción - GEPUC



CCI
CONSEJO CONSTRUCCIÓN INDUSTRIALIZADA

Documento desarrollado por:

Ingeniero Civil y candidato a Doctor Jesús Ortega

Comité técnico:

Conformado por académicos de la Pontificia Universidad Católica, investigadores de GEPUC, CYPICS (centros de investigación UC) y profesionales del Grupo Técnico de Trabajo 2: Brechas, Normativa y Regulación para la Construcción Industrializada y el Grupo Técnico de Trabajo 4: Metodologías para la Construcción Industrializada, ambos grupos impulsados por el Consejo de Construcción Industrializada (CCI).

Para etapas de validación de contenido técnico, se contó con el apoyo de profesionales del Construye 2025, la Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT) y de empresas tales como: Constructora LyD, Desarrollos Constructivos AXIS, E2E Chile, Cintac, Volcán, Echeverría Izquierdo y ASIMET.

Diseño:

Paola Femenías

Fecha de publicación:

Abril de 2022

Índice

Introducción	5
Resumen Ejecutivo	6
1. Construcción fuera de sitio - contexto internacional y local	8
2. Metodología del proceso de investigación	11
3. Caracterización de la muestra	14
4. Resultados y hallazgos	17
4.1. Barreras Culturales	19
4.2. Barreras de Calidad	20
4.3. Barreras de Mercado	21
4.4. Barreras de Costos y Finanzas	22
4.5. Barreras de Diseño y Desarrollo	23
4.6. Barreras de Innovación y Tecnología	24
4.7. Barreras Asociadas a las Habilidades de las Personas	25
4.8. Barreras de Normativa y Estado	26
4.9. Barreras de Difusión	27
4.10. Barreras de Logística	28
5. Perspectivas generales de los interesados y recomendaciones	29
6. Agradecimientos	32
7. Bibliografía	34
8. Anexos	36

Introducción

La construcción fuera de sitio (CFS) (off site construction, por su nombre en inglés) ha sido reconocida en Chile y a nivel Internacional, por entregar numerosos beneficios durante todo el ciclo de vida del proyecto (p. ej., mejoramiento en los plazos de ejecución y entrega, mayor seguridad, calidad y mejor desempeño sustentable). La CFS es llamada a ser la clave para enfrentar la baja productividad, escasez de mano de obra, y el reto que representa construir bajo condiciones restrictivas asociadas al clima, locación, sanitarias como el escenario pandémico actual, entre otros.

Lo anterior, motivó el desarrollo de la presente investigación, que busca identificar y evidenciar las reales barreras que inhiben la adopción de la CFS en Chile, y presentar los argumentos que fundamentan la existencia de las más destacadas. Además, se recogieron las perspectivas generales de los participantes, sobre las estrategias a seguir para superar las barreras identificadas.

El documento presenta **10 dimensiones** en las que se enmarcan las barreras identificadas, las cuales son: culturales, calidad, mercado, costos y finanzas, diseño y desarrollo, innovación y tecnologías, habilidades y personas, difusión, normativa y estado, y logística.

La estructura del informe está conformada por 5 capítulos. El primer capítulo abordará la definición de la CFS, beneficios y limitantes actuales referentes a su adopción, en el contexto internacional y local. El capítulo dos explica el paso a paso de la metodología utilizada en la investigación. Respecto al capítulo tres y cuatro, estos presentan en detalle la caracterización de la muestra que participó en la recolección de datos del estudio y los resultados cuantitativos y cualitativos entorno a las barreras identificadas y evaluadas, respectivamente. Por último, el capítulo cinco, entrega las reflexiones y recomendaciones finales del estudio, apoyadas en la opinión de los profesionales/expertos que participaron en las actividades del análisis.

Se espera que el presente informe sirva como línea base para motivar a los diferentes interesados y organismos del estado en generar planes de acción precisos para incorporar de manera efectiva la CFS y hacer del sector construcción uno más productivo y sustentable.

Resumen ejecutivo

El estudio de “Identificación y Evaluación de Impacto de Barreras Presentes en la Adopción de la Construcción Fuera de Sitio en Chile” se encuentra amparado en el marco del proyecto de industrialización de fondo semilla (Seed fund) del proyecto “CORFO Ingeniería 2030”, que realiza la **Pontificia Universidad Católica de Chile** y que ha contado con el apoyo del **Consejo de Construcción Industrializada de Chile (CCI)**. El objetivo principal del estudio fue determinar las principales barreras que inhiben la adopción de la construcción fuera de sitio en Chile y comprender su origen dentro del contexto actual de la industria, con la finalidad de establecer una línea base sobre la cual generar estrategias precisas que permitan superar las barreras identificadas.

En el presente informe se realizó un levantamiento del estado del arte internacional y local para obtener un diagnóstico preliminar de las barreras existentes en la CFS. Luego, a través de la realización de entrevistas, encuestas y *focus groups*, que contaron con la participación de profesionales/expertos en la temática, vinculados a la industria y la academia, se logró convalidar y evaluar el nivel de impacto de las barreras para adoptar la CFS.

Entre los principales hallazgos del estudio se destaca el impacto inhibitor que genera la cultura conservadora del sector para adoptar la CFS, la necesidad de hacer converger normativas existentes con las emergentes, generar un lenguaje común en la CFS, que va desde clarificar términos y conceptos hasta qué se entiende por calidad, gestión y un correcto proceso de diseño para implementar de manera efectiva la CFS. Igualmente, se destaca la falta de protagonismo del estado para promover la CFS y su desconocimiento entorno a ella, asuntos de mercado y financieros ligados al limitado número de proveedores, la poca valoración que existe frente a los beneficios de la CFS, los altos costos iniciales que implica su adopción y dificultades para obtener financiamiento; fueron otras barreras mencionadas.

La falta de trabajo colaborativo e integración (dirigido con énfasis a la integración temprana) entre los diferentes actores de la cadena de suministro, y la falta de aplicación de tecnologías que faciliten la comunicación de estos, se plantean como barreras de interés asociadas al ámbito logístico. Respecto a las barreras de difusión, se enfatiza la importancia de promover de manera adecuada los beneficios de la CFS, situación que dista de la realidad actual y que va ligado a la carencia de sistemas que midan de manera objetiva los proyectos en la CFS, falta de recurso humano que ejerza esta labor y/o falta de voluntad por parte de las organizaciones para este efecto, así como, el riesgo que ven las empresas de perder competitividad, al mostrar sus experiencias positivas aplicando sistemas industrializados.

Por otra parte, se discutieron varios ejes estratégicos para superar dichas barreras, entre los que se destacan, *(i)* la elaboración de metodologías de gestión para medir y facilitar la incorporación de la CFS, *(ii)* desarrollo de estrategias para optimizar la cadena de suministro, con foco en aquellas que fomenten el trabajo colaborativo y la integración temprana de actores (p. ej., diseñadores, constructores y proveedores en la etapa de diseño), y *(iii)* mayor entrenamiento y educación en Lean Construction.

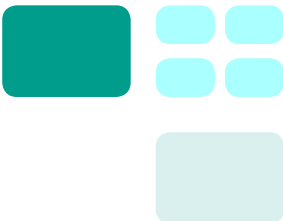
En general, los resultados del estudio muestran un panorama amplio de cuáles son las barreras presentes en la CFS y el nivel de impacto para inhibir su adopción en Chile. Los hallazgos validan que las características de gran parte de las barreras se encuentran relacionadas con aquellas identificadas en el levantamiento del estado del arte internacional.

La investigación busca por primera vez en Chile exponer de manera clara y amplia las barreras que inhiben la implementación de la construcción fuera de sitio, argumentar sobre el origen de estas y dar señales objetivas de los pasos que se deben seguir para lograr su efectiva adopción en la Industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AEC, por sus siglas en inglés).





1



Construcción fuera de sitio - Contexto internacional y local

En la actualidad los grandes desafíos causados por la creciente demanda de construcción, las fuertes presiones de los costos y los cada vez más agudos problemas ambientales, han atraído una gran atención del uso de la CFS en la industria de la construcción mundial (Lu et al., 2018). A nivel local, la realidad no es distinta. La productividad del rubro se encuentra estancada desde hace 10 a 15 años (CChC, 2020), viéndose afectada principalmente la construcción de viviendas, lo cual ha generado un déficit cercano a los 400.000 unidades de acuerdo a cifras oficiales entregadas por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo para el año 2017, y sin dejar a un lado, que sectores privados como la Cámara Chilena de la Construcción reflejan números más alto que bordean las 740.000 viviendas (CChC, 2017). De esta manera, al igual que la industria de la AEC mundial, Chile necesita hacer cambios en la manera tradicional de desarrollar sus proyectos a métodos innovadores como la CFS, que promuevan una mirada más integradora de la cadena de suministro y proyectos que apunten a vincular de manera temprana desde el diseño a sus principales actores.

La CFS comprende la planificación, el diseño, la fabricación y el montaje de elementos de construcción en un lugar distinto de su emplazamiento final in situ, una gestión integrada y estrategia de optimización de la cadena de suministro (NIBS & OSCC, 2018). Estas características hacen que la CFS sea reconocida desde hace mucho tiempo a nivel internacional, por ofrecer numerosas ventajas a la mayoría de las partes del proceso de construcción (Blismas and Wakefield, 2009), las cuales se manifiestan en el ahorro de tiempo, la mejora de la calidad, la reducción de los residuos, la disminución del consumo de energía, el aumento de la capacidad para hacer frente a la escasez de mano de obra y los entornos de trabajo seguros (Pan, Gibb and Dainty, 2007; Jaillon and Poon, 2009)

Estudios señalan que un aumento transformador de cinco a diez veces de productividad sería posible si la construcción pasara a un sistema de producción en masa similar a la manufactura con un grado mucho mayor de estandarización y modularización y el grueso del trabajo de construcción se realizara en fábricas fuera de las instalaciones (construcción fuera de sitio) (McKinsey, 2017). Por ejemplo, en Japón, EE.UU. y Europa se han conseguido ahorros de hasta el 30% en costos y tiempo gracias a la introducción de técnicas basadas en la CFS de las viviendas que se construyen en fábricas utilizando componentes estandarizados (Howes, 2002). Asimismo, en lo ambiental se ha evidenciado, a diferencia de la construcción tradicional, casos de éxito que señalan una reducción de los niveles de desperdicios de hasta un 52% con la adopción de CFS (Jaillon, Poon and Chiang, 2009) y un 20% en ahorro de energía (Zhang and Skitmore, 2012).

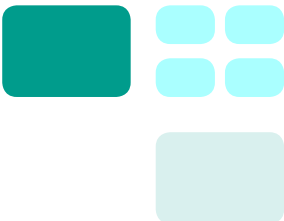
A nivel local, el estudio que realizó el Consejo de Construcción Industrializada (CCI) determinó que la CFS, en comparación con sistemas convencionales, logra reducir plazos para la construcción de elementos de obra gruesa entre un 76% y un 31%, aumentar la productividad entre el 48 % y 127 %, mejorar la calidad necesitándose solo entre un 8% y un 27% de las horas hombre utilizadas por el sistema tradicional para llevarlo a igual nivel de terminación y calidad, menores tasas de accidentabilidad y siniestralidad, así como una disminución de 3 a 3.5 veces de la cantidad de residuos generados en obra (PMG & CCI, 2018).

Sin embargo, su aplicación en el país sigue siendo limitada (CORFO, 2016). Algunos datos señalan que elementos estructurales y tecnologías de incidencia directa en la aplicación de la CFS, como muros, losas de hormigón y aplicación de BIM son usados ampliamente en los proyectos de países referentes, alcanzando el 28% para el caso de muros y losas, y un 70% en la implementación de BIM versus el uso en Chile que no supera el 2% (muros/losas) y 34% (BIM), respectivamente (CChC, 2020). Lo anterior se debe a numerosas barreras presentes para adoptar la CFS, que han sido evidenciadas a nivel internacional y otras propias del contexto local, que abordan desde asuntos culturales, de mercado, financieros, de estado, hasta aquellos propios del desarrollo de un proyecto como, el diseño, procedimientos de calidad, uso de tecnologías, temas logísticos y de gestión en general.

En Chile se han elaborado algunos informes sobre productividad y sustentabilidad, impactos de la integración temprana en la construcción, importancia de la industrialización, métricas de casos de estudios que adoptaron en alguna medida procesos industrializados, entre otros. Sin embargo, no existen estudios destacados para el contexto chileno que identifiquen de manera amplia y evalúen el impacto de las barreras en la CFS. Dadas estas razones, se considera que el alcance del presente informe en su primera versión es un componente esencial sobre el cual construir cualquier iniciativa o acción que busque impulsar la implementación de la CFS en la construcción.



2



Metodología del proceso de investigación

El estudio comprendió cuatro etapas principales para entregar rigurosidad a la evaluación del impacto de las barreras en la construcción fuera de sitio: (I) revisión del estado del arte, (II) validación e incorporación de barreras, (III) evaluación de impacto de barreras y (IV) difusión.

Revisión del estado del arte

Como resultado de la revisión del estado del arte, se logró agrupar las barreras identificadas en un total de 10 dimensiones, denominadas como:

- Barreras culturales.
- Barreras de calidad.
- Barreras de mercado.
- Barreras de costos y finanzas.
- Barreras de diseño y desarrollo.
- Barreras de innovación y tecnología.
- Barreras asociadas a las habilidades y personas.
- Barreras de normativa y estado.
- Barreras de difusión
- Barreras de logística.

Validación e incorporación de barreras

Estuvo dirigida a confirmar la presencia de las barreras levantadas producto de la revisión del estado del arte, en el escenario actual de la industria. Se realizó mediante la conformación de *Focus Groups* integrados por profesionales de la industria y la academia, vinculados al sector inmobiliario, construcción, diseño, suministro y al sector académico universitario. Luego, se realizó un panel abierto de exposición de resultados, que permitió recoger impresiones y recomendaciones para las siguientes etapas.



III Evaluación de impacto

Consistió en medir el nivel de impacto para inhibir la adopción de la CFS de las barreras validadas en la etapa anterior. La medición se llevó a cabo a través de una encuesta *online*, difundida con el apoyo de centros de investigación nacionales y entidades públicas/privadas de la industria, tales como: CIPYCS, GEPUC y el CCI, Minvu y Construye 2025. Esta tercera etapa culminó con un *Focus Groups*, en los cuales se discutieron los resultados, contextualizando el origen y la razón del impacto de las barreras en la CFS, así como la interdependencia existente entre ellas.

IV Difusión

Corresponde a la divulgación de los resultados parciales que se han ido obteniendo a lo largo del estudio, en fuentes nacionales e internacionales.

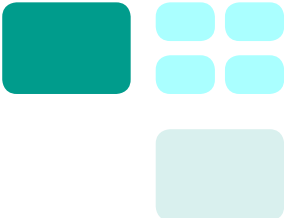
Los diversos **Focus Group** estuvieron conformados entre 5 a 10 profesionales/expertos y tuvieron lugar en los meses de junio, julio y octubre del 2021. Los datos de la encuesta fueron recolectados durante los meses de julio, agosto y septiembre del 2021 y contó con la participación de 113 profesionales ligados a la construcción industrializada. Como requerimientos mínimos los encuestados debían tener 5 años o más de experiencia profesional y contar por lo menos con un moderado grado de conocimiento sobre la CFS.



3



Caracterización de la muestra



La muestra estuvo conformada por la participación de 113 profesionales, de ellos, más del 90% son ingenieros, constructores civiles y arquitectos. Del total de encuestados, el 50% corresponde a tomadores de decisiones dentro de la organización a la que pertenecen, es decir, dueños de empresas, directores y gerentes. Además, el 77% de los profesionales señalaron poseer 16 años o más de experiencia en la industria de la AEC. Todos los profesionales, citaron poseer conocimiento respecto a la CFS, destacándose que, cercano al 30% son altamente experimentados en la temática.

GRÁFICO N°01 PROFESIÓN DE LOS ENCUESTADOS

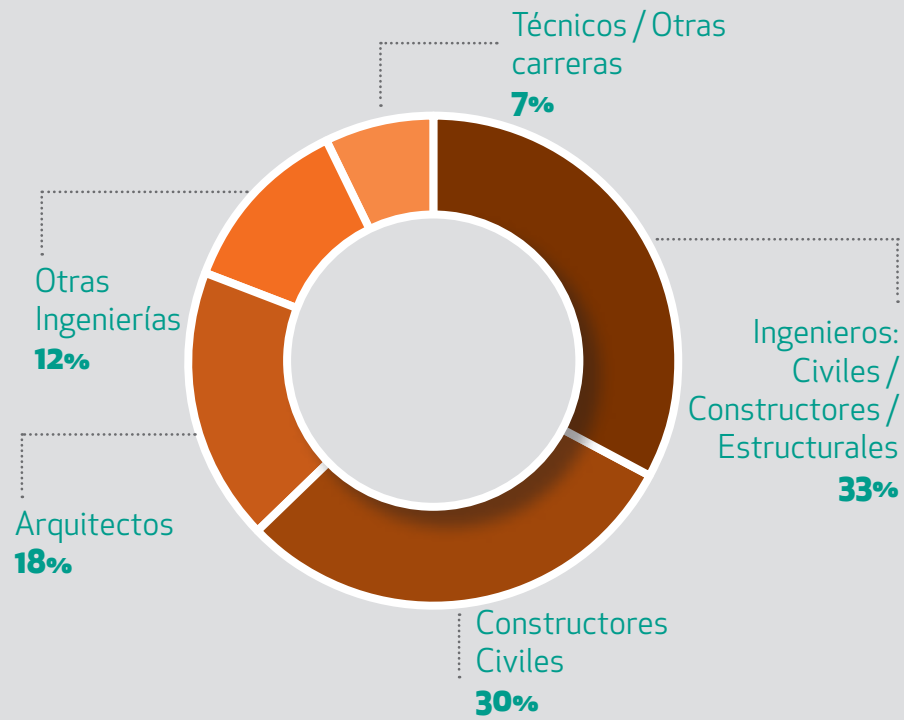


GRÁFICO N°02 POSICIÓN DENTRO DE LA ORGANIZACIÓN

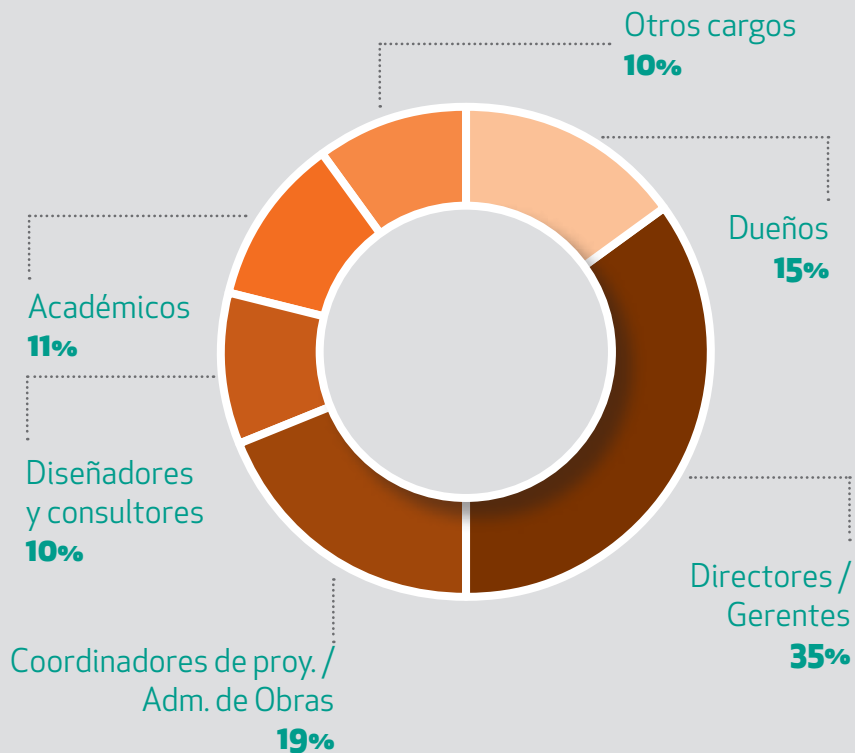


GRÁFICO N°03 AÑOS DE EXPERIENCIA EN LA INDUSTRIA

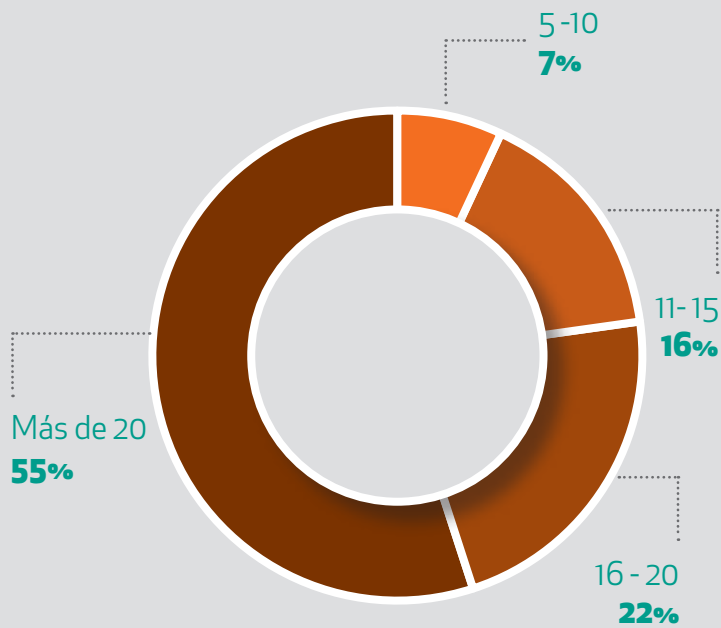
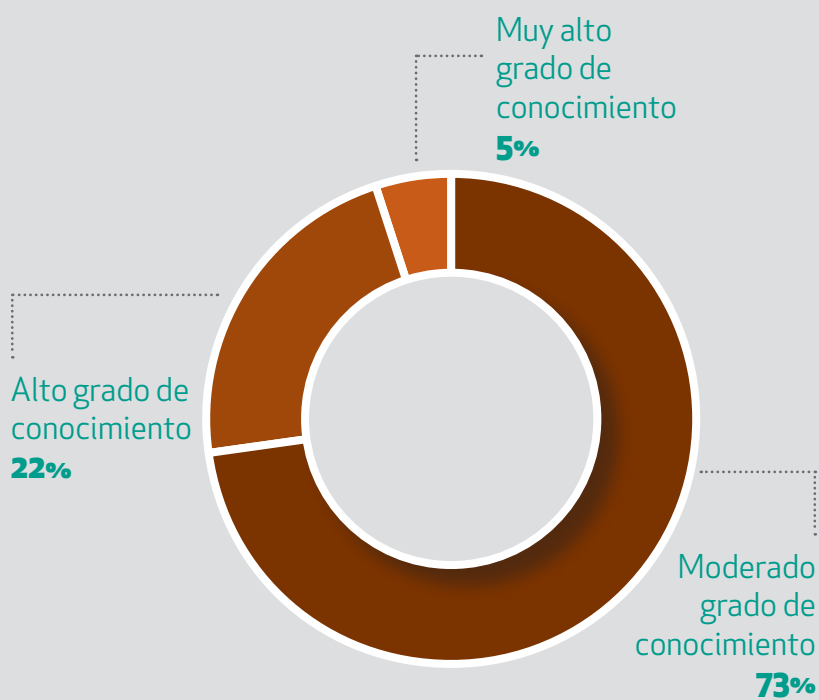


GRÁFICO N°04 NIVEL DE CONOCIMIENTO SOBRE LA CFS

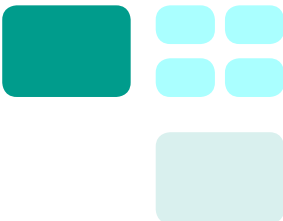




4

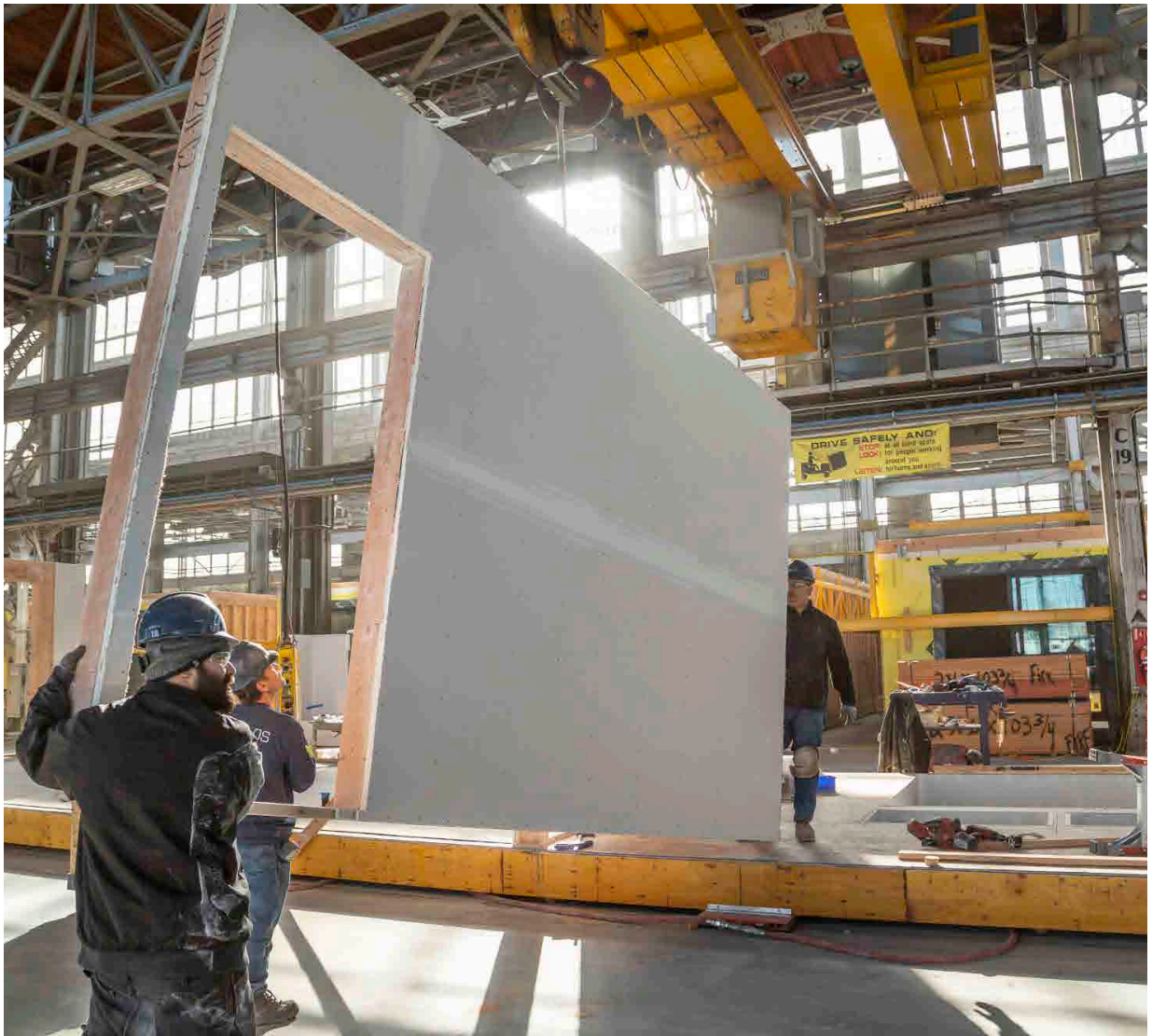


Resultados y hallazgos



Los profesionales que participaron en la encuesta ponderaron el impacto de cada barrera para inhibir la CFS en Chile. La ponderación se muestra en una serie de gráficos asociados a cada dimensión de barreras, en los cuales, se expresa el promedio de los porcentajes citados entre “alto y muy alto impacto” de la opinión conjunta de ingenieros, constructores civiles, arquitectos, y otras carreras a fin. Adicionalmente, por cada dimensión se da una breve descripción de los principales hallazgos que fundamentan las barreras más citadas.

En la sección de anexos, se incluyen gráficos que expresan de manera individual por grupo de profesionales la evaluación del impacto de cada una de las barreras. Para este caso, el análisis de los hallazgos que dan origen a las puntuaciones será entregado en una segunda versión del documento.

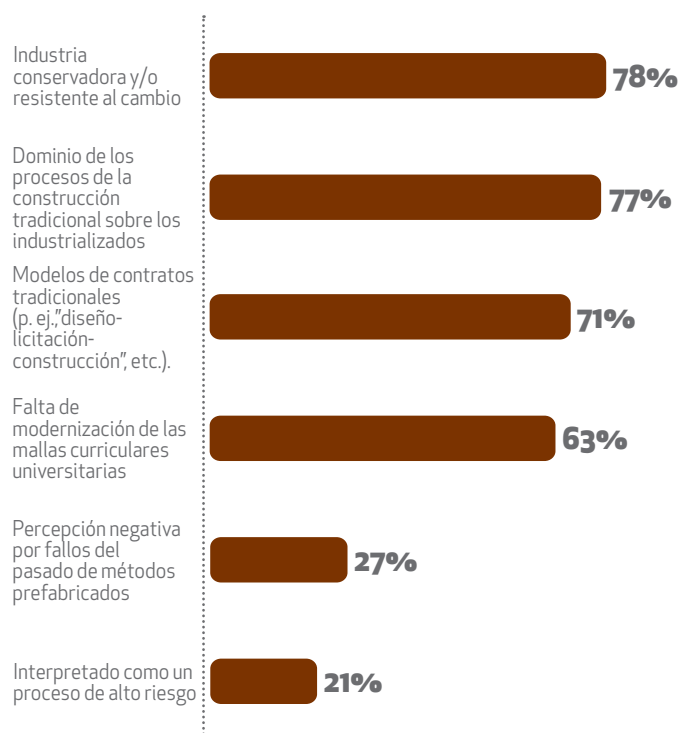


4.1. Barreras culturales

Los profesionales encuestados consideran que la cultura conservadora de la industria genera un gran impacto para la adopción de la CFS (78%). En la misma línea, destacan el dominio de los procesos de la construcción tradicional sobre los industrializados (77%) y el uso de modelos de contratos tradicionales (71%). Con menor frecuencia se citó la percepción negativa por fallos del pasado de elementos prefabricados (27%) y ser interpretado la CFS como un proceso de alto riesgo (21%).

En el orden de impacto del grupo de barreras, la falta de modernización de las mallas curriculares se ubica relativamente en el medio (63%) y se asocia a la diferencia que existe entre los contenidos que necesita la industria sean impartidos y aquellos que enseña la academia. Además, los expertos concuerdan que es un potenciador de las principales barreras citadas, dado que, esto ha implicado la llegada de profesionales al mundo laboral sin manejar temas relacionados a la CFS, apreciándose mayormente en aquellos que laboran en las instituciones públicas, los cuales por desconocimiento no integran estas metodologías en sus modalidades de contrato y termina siendo un círculo vicioso, en donde predominan los procesos de construcción tradicional, y derivan en una industria conservadora.

GRÁFICO N°05 BARRERAS CULTURALES QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO



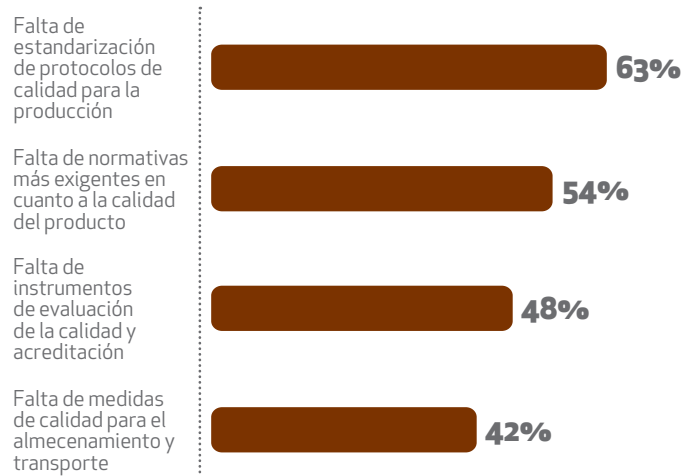
Porcentaje de encuestados que citan entre "Alto y muy alto impacto"

4.2. Barreras de calidad

Las principales barreras socializadas que afectan la calidad abordaron temas ligados a la falta de protocolos estandarizados para la producción (63%) y de normativas más exigentes en cuanto a la calidad del producto (54%). En la segunda mitad del gráfico, aparecen la falta de instrumentos de evaluación y acreditación de la calidad (48%) y de medidas de calidad para el almacenamiento y transporte (42%).

Entre los argumentos se señala que, además de la necesidad de generar normativas de calidad más exigente, actualmente la CFS está contaminada con empresas subestándar que no cumplen con normativas a nivel estructural, de durabilidad, termoacústica, entre otros; salvo aquellas reconocidas, y que conforman un grupo reducido, afectando tanto la cantidad como la confiabilidad de protocolos estandarizados para la producción en la CFS. Sumado a lo anterior, se resaltó el hecho de que la industria no cuenta con un estándar transversal para hablar de calidad en la CFS.

GRÁFICO N°06 BARRERAS DE CALIDAD QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO



Porcentaje de encuestados que citan entre "Alto y muy alto impacto"

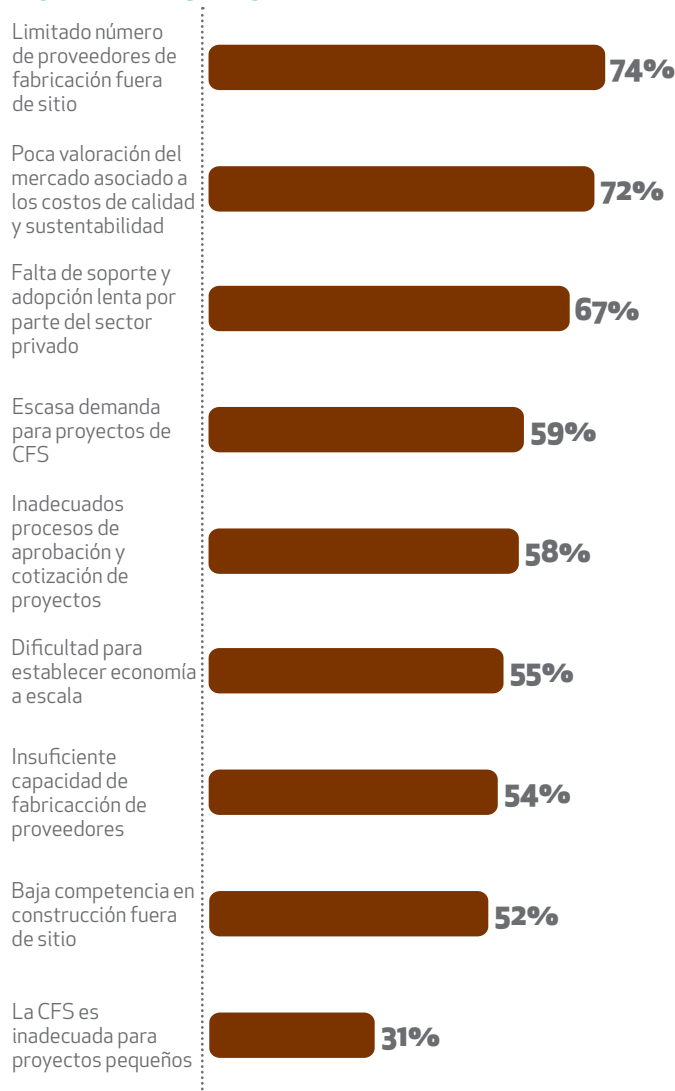
4.3. Barreras de mercado

El limitado número de proveedores de fabricación fuera de sitio (74%), la poca valoración que hace el mercado de los beneficios de la CFS asociados a los costos de calidad y sustentabilidad (72%) y la falta de soporte y adopción lenta por parte del sector privado (67%), fueron citadas como las barreras más influyentes. El rango medio del cuadro refleja una paridad importante entre las barreras, resaltando la escasa demanda para proyectos de CFS (59%) y los inadecuados procesos de aprobación y cotización de proyectos (58%). La menor ponderación evaluada, corresponde a lo inadecuado que puede ser la CFS para proyectos pequeños (31%).

Los hallazgos asociados al impacto que genera el limitado número de proveedores se basan en que anteriormente nadie ocupaba la CFS, y se estaba a la espera de que otra organización la aplicase. Ahora, se aprecia una demanda mayor en la cual el cliente espera tener mayor número de proveedores que les permita cotizar y comparar previo a implementarla. Respecto a la segunda barrera, se infiere que, el mercado está consciente de que existe un beneficio a largo plazo referente a la calidad y sustentabilidad que ofrece el sistema constructivo, y que ello implica inicialmente invertir un poco más. Sin embargo, la falta de monetización de estos beneficios de las fases posteriores a los desarrolladores genera un aumento del costo directo que saca a la CFS del mercado.

El análisis de fondo refleja un escenario positivo, pero que demanda la necesidad de esclarecer los beneficios de la CFS con data confiable, y a su vez, generar condiciones de mercado, para que más empresas puedan invertir y mejorar la visibilidad de sus ofertas de soluciones de sistemas constructivos asociados a la CFS.

GRÁFICO N°07 BARRERAS DE MERCADO QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO



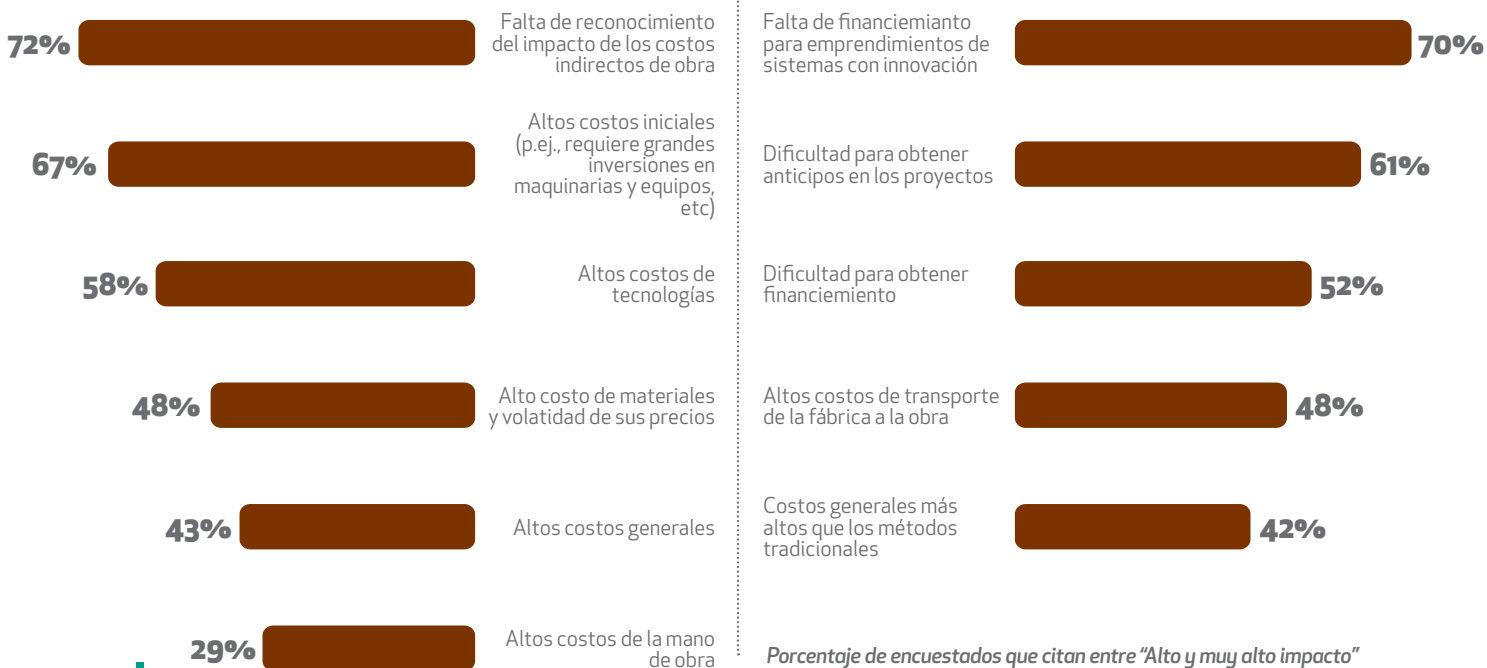
Porcentaje de encuestados que citan entre "Alto y muy alto impacto"

4.4. Barreras de costos y finanzas

En el ámbito financiero, los profesionales encuestados consideran que la falta de reconocimiento de los costos indirectos en obras es la barrera de mayor impacto (72%), seguida de cerca por la falta de financiamiento para emprendimientos de sistemas con innovación (70%) y los altos costos iniciales de la CFS (67%). Por otra parte, con menor relevancia se consideró el efecto de los costos generales más altos en la CFS que los métodos tradicionales (42%) y específicamente los altos costos de la mano de obra (29%).

Respecto a la barrera principal, se señala poco reconocimiento de los beneficios o externalidades que conlleva el implementar CFS, principalmente desde lo ambiental, reducción de plazos para la entrada operativa temprana de la obra, menos accidentalidad y mayor calidad a futuro del producto final. Lo anterior, obedece generalmente a la falta de claridad para medir estos beneficios o porque simplemente alguno de ellos no se ajusta a la oferta de valor del cliente. Además de presentarse como una barrera muy compleja porque no depende del producto mismo, sino, de cómo se organiza la obra. En segundo término, el no contar con facilidades de financiamientos para un sistema que requiere altas inversiones como la CFS lo hacen ver de entrada como un método no rentable para los empresarios. A su vez, los altos costos iniciales se relacionan no solo a las grandes inversiones para maquinaria y equipos, sino también, a que las materias primas nacionales muchas veces no son las adecuadas para poder implementar CFS, y se debe apelar a la importación de productos, elevando el costo de inversión.

GRÁFICO N°08 BARRERAS DE FINANZAS Y COSTOS QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO



4.5. Barreras de diseño y desarrollo

Lo que concierne a las barreras ligadas al diseño y desarrollo de proyectos en la CFS, figuran la falta de estandarización en el diseño (78%) y la falta de integración temprana de la cadena de valor (proveedores, mandantes, constructores, diseñadores) (77%) como las principales barreras. Muy de cerca se observa la incapacidad de definición temprana del diseño (73%) y la poca estandarización de materiales y elementos de construcción (70%), temas que en la actualidad la industria ha demostrado un alto interés en abordarlos para promover la industrialización en general. En la sección media de ambas columnas del gráfico aparecen la baja inversión en etapa de diseño de proyectos de CFS (65%) y la escasa adopción de BIM (64%), situación que conversa con parte de las medidas más relevantes a tomar para lograr una efectiva incorporación de la CFS, la cual demanda mayor integración con una adecuada coordinación y comunicación entre diseñadores, proveedores y constructores.

En general, se critica el hecho de que en el sector no existe la voluntad de estandarizar los diseños salvo en edificación en altura o condominios sociales. Adicionalmente, los estándares no permiten nada más que trabajar a nivel de componentes.

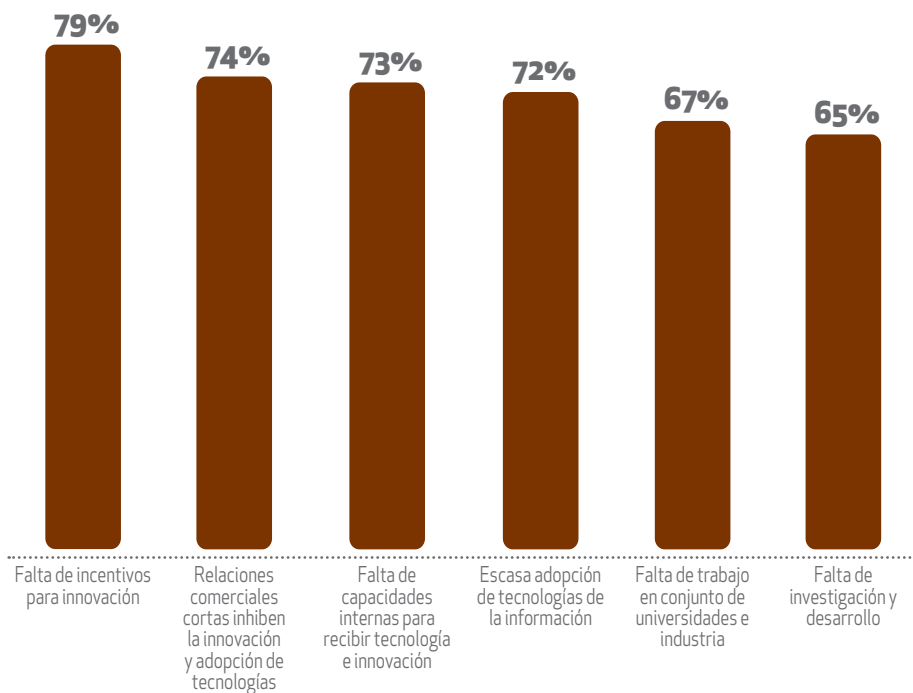
GRÁFICO N°09 BARRERAS DE DISEÑO Y DESARROLLO QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO



4.6. Barreras de innovación y tecnología

En general las barreras asociadas a la innovación y tecnología fueron citadas con gran frecuencia (todas sobre un 65%) entre un “alto y muy alto impacto”. De estas destacaron la falta de incentivos para innovación (79%) y el hecho de que las relaciones comerciales cortas inhiben la innovación y adopción de tecnologías (74%). Respecto a la falta de incentivos para innovación, se menciona que los concursos actuales no están diseñados para empresas medianas o pequeñas, sino más bien para empresas grandes, por la cantidad de horas hombre y complejidades técnicas que presentan. En la misma línea, cada vez toma más fuerza la necesidad de configurar marcos de contratación que promuevan relaciones comerciales a largo plazo entre las empresas, que busquen promover un ambiente para la innovación y adopción de nuevas tecnologías. Por último, entre las barreras menos votadas, se planteó que la falta de investigación y desarrollo (65%) se debe en cierta medida a la falta de trabajo conjunto entre Universidades e Industria (67%).

GRÁFICO N°10 BARRERAS DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO

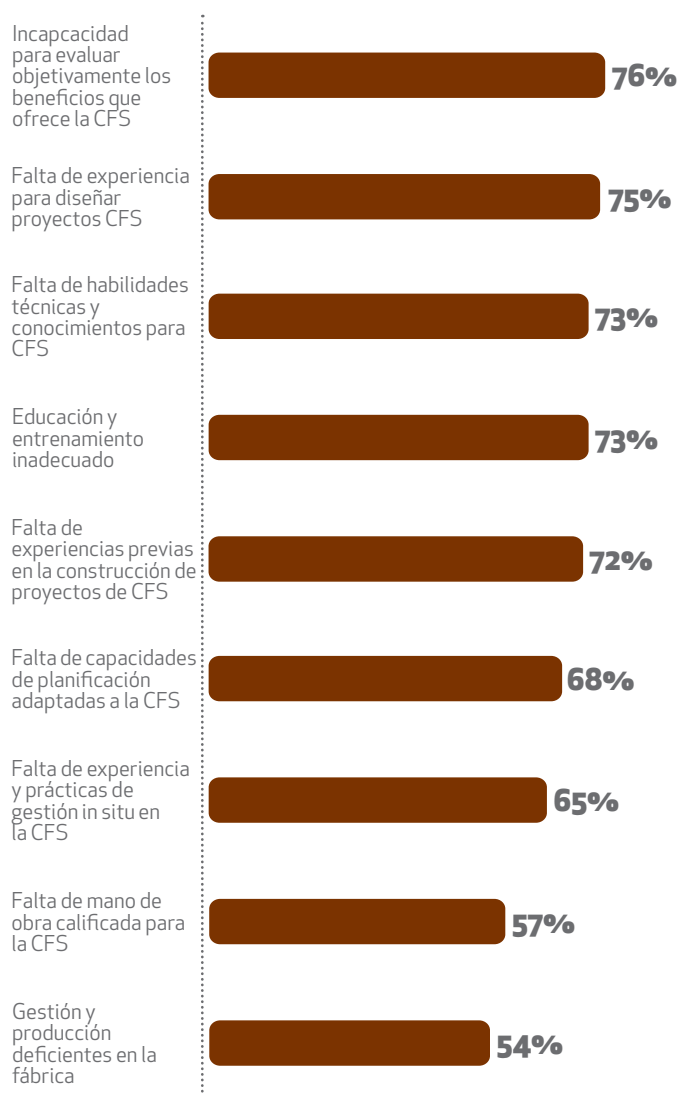


Porcentaje de encuestados que citan entre “Alto y muy alto impacto”

4.7. Barreras asociadas a las habilidades de las personas

Los profesionales señalaron la incapacidad para evaluar objetivamente los beneficios que ofrece la CFS (76%) y la falta de experiencia para diseñar proyectos de CFS (75%), como las principales barreras asociadas a las habilidades de las personas. Seguido con igual puntuación la falta de habilidades técnicas y conocimientos para la CFS (73%), y educación y entrenamiento inadecuado (73%). Esta última barrera, se genera a consecuencia de la interrelación con la barrera cultural de "falta de modernización de las mallas curriculares", fundamentada por bibliografía antigua que imparten las universidades, mayormente dirigidas a sistemas tradicionales de construcción. De manera similar al resto, en la sección media del gráfico, se muestra la falta de experiencias previas en la construcción de proyectos de CFS (72%) y de capacidades para su planificación (68%). Por último, pero con una ponderación considerable, aparece la falta de mano de obra (MO) calificada para la CFS (57%) y gestión/producción deficiente en fábricas (54%), ambos representando un desafío importante que implica formar una MO que trabaje bajo esta nueva cultura (CFS) de ensamblaje y montaje de partes/piezas.

GRÁFICO N°11 BARRERAS ASOCIADAS A LAS HABILIDADES DE LAS PERSONAS QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO



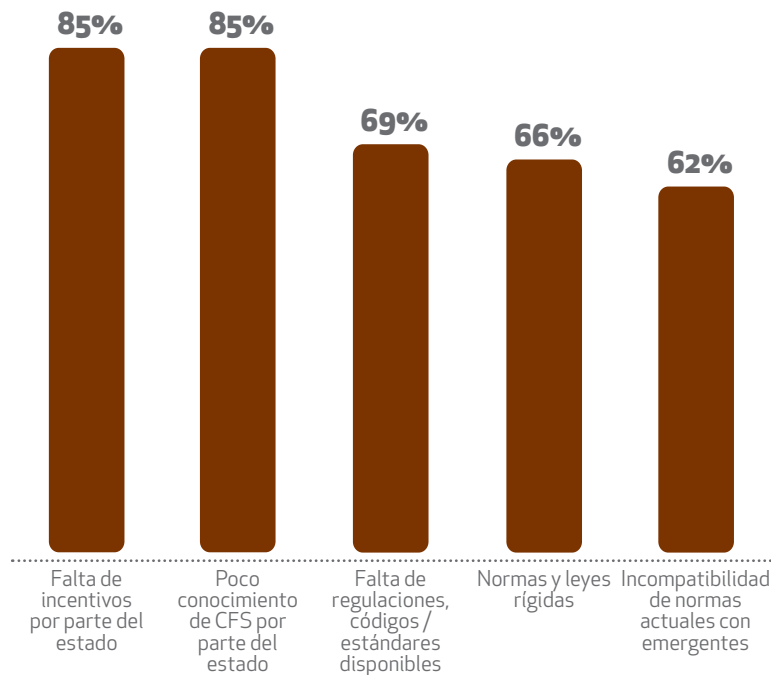
Porcentaje de encuestados que citan entre "Alto y muy alto impacto"

4.8. Barreras de normativa y estado

Al visualizar la puntuación de las barreras referentes a temas normativos y de Estado, la falta de incentivos para estimular el mercado hacia la adopción e implementación de la CFS (85%) y el poco conocimiento por parte del estado (85%) destacan como las principales barreras, con una brecha considerable sobre el resto. Luego, en la segunda mitad del cuadro, con puntuaciones sobre el 60%, se muestra, la falta de regulaciones, códigos/estándares disponibles (69%), la existencia de normas y leyes rígidas (66%), y la incompatibilidad de normas actuales con emergentes (62%).

Entre los argumentos, que dan origen a las primeras barreras, se expresó la necesidad de un mayor involucramiento del Estado para presentar políticas públicas que promuevan el uso de sistemas de construcción industrializados, así como, un plan de educación y entrenamiento de los funcionarios que forman parte de los organismos responsables de la correcta promoción, desarrollo y ejecución de obras civiles. Por otro lado, la falta de regulaciones/códigos/ estándares hace que los profesionales se vean obligados a seguir trabajando con los estándares conocidos en la construcción tradicional, trasladando errores e ineficiencias no propias de la CFS.

GRÁFICO N°12 BARRERAS DE NORMATIVA Y ESTADO QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO

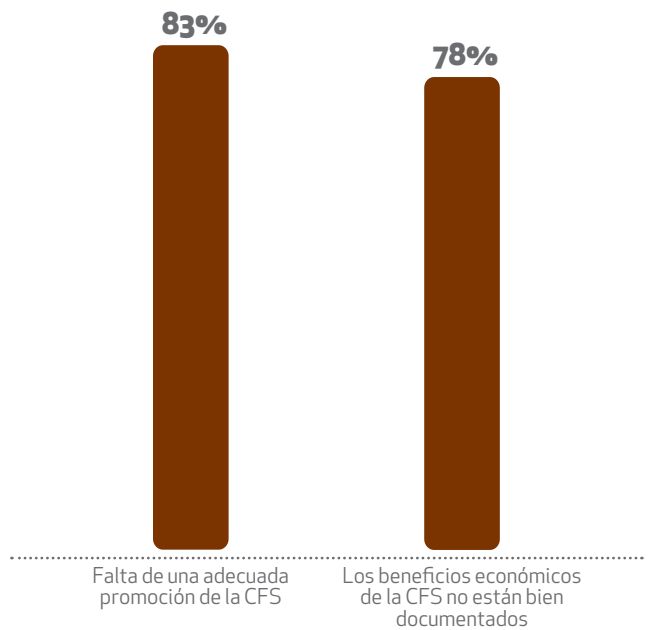


Porcentaje de encuestados que citan entre "Alto y muy alto impacto"

4.9. Barreras de difusión

La dimensión de barreras de difusión se concentró en dos aspectos, la falta de una adecuada promoción de la CFS y la inadecuada documentación de los beneficios económicos que entrega tal sistema de construcción. Ambas barreras, fueron citadas con un alto porcentaje de 83 % y 78 %, respectivamente. En buena parte de los hallazgos, se expresa que en Chile no existen indicadores que permitan medir y cuantificar el número de obras que están industrializadas, para levantar registros y hacer una adecuada promoción. Además, un señalamiento recurrente que denota el estado joven en el que está el sector respecto a la CFS, es que “la industria aún está armando un marco común para entender la construcción industrializada”.

GRÁFICO N°13 BARRERAS DE DIFUSIÓN QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO



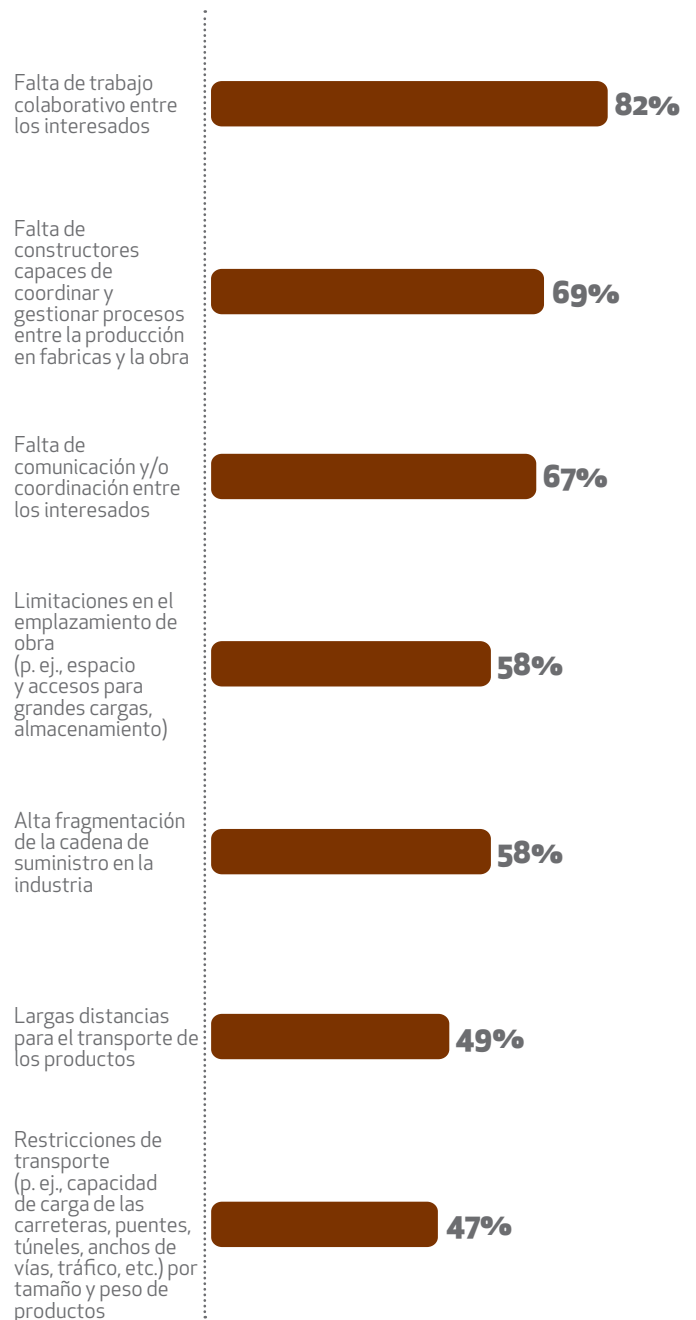
Porcentaje de encuestados que citan entre “Alto y muy alto impacto”



4.10. Barreras de logística

Dentro de las barreras de logística destaca con una brecha importante del 23% la falta de trabajo colaborativo (82%) sobre la segunda barrera de mayor impacto, la cual hace hincapié en la falta de constructores capaces de coordinar y gestionar procesos entre la producción en fábricas y la obra (69%). En tercer lugar, aparece la falta de comunicación y/o coordinación entre los interesados (67%), lo cual no solo abarca la cadena de actores entre la fábrica y el emplazamiento final de la obra, sino también, aquellos que pueden estar aguas abajo como los clientes finales y aguas arriba como los diseñadores del proyecto. Además, de ser catalogada como una barrera que incide directamente en el débil trabajo colaborativo (barrera 1) que actualmente se realiza. Asimismo, dentro de los hallazgos que vinculan a las tres principales barreras aparece la falta de implementación de tecnologías que permitan mantener informado en tiempo real a los desarrolladores del proyecto. En la parte inferior del gráfico, se aprecia claramente que las barreras con menor ponderación están relacionadas a limitaciones por las largas distancias e infraestructura actual para el transporte de productos (módulos/elementos).

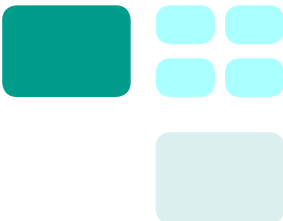
GRÁFICO N°14 BARRERAS DE LOGÍSTICA QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO



Porcentaje de encuestados que citan entre "Alto y muy alto impacto"



5



Perspectivas generales de los interesados y recomendaciones

Los resultados demuestran que la industria de la construcción chilena aún está en estado joven de aprendizaje y lenta adopción respecto a la adopción de la CFS. Sin embargo, se aprecia que aquellas barreras que el sector destaca están relacionadas con los puntos claves que se han superado en otros países que ya se encuentran en un nivel de industrialización avanzado. El hecho de que el sector está consciente de que debe dar cabida a prácticas innovadoras, con una mirada menos conservadora, con modelos de contratos relacionales que promuevan la integración de los actores, además de la modernización del contenido que se imparte en los centros de estudios, es un gran paso, que apunta a generar soluciones que cimentan un futuro prominente en la CFS. Por otra parte, evaluar con un alto impacto el limitado número de proveedores y la poca valoración que da el mercado asociado a beneficios y externalidad en términos de calidad y sustentabilidad que entrega la CFS, permite inferir, que existe una demanda real en incorporar soluciones basadas en la CFS a las obras de construcción, y que es necesario poder medir y transparentar de manera confiable los beneficios que otorga la CFS para que las empresas se sumen en su adopción.

La industria debe avanzar en elaborar un estándar de calidad que permita evaluar y diferenciar un proyecto donde se aplica CFS versus un proyecto de construcción tradicional, es decir, que se permita evidenciar las ventajas que conlleva el uso de la CFS sobre la tradicional, apoyado de un plan de políticas públicas que facilite principalmente a las medianas y pequeñas empresas, la cuales conforman alrededor del 90% del sector (CORFO, 2016), a emprender con sistemas innovadores de construcción, por ejemplo, entregar beneficios en la accesibilidad de terrenos, menores tasas de interés y facilidades en el otorgamiento de financiamiento, apoyos en programas de formación y capacitación de trabajadores del sector, especialmente la mano de obra, entre otros. Lo anterior, ha sido identificado como acciones que impactan positivamente en países referentes con un alto nivel de industrialización.

En la misma línea, el estado debe destinar más su atención en potenciar el círculo virtuoso de generación de conocimiento e innovación a través del trabajo colaborativo entre universidades y la industria a nivel local y global, por ejemplo, disminuyendo la burocracia en la tramitación de concursos I+D y el otorgamiento de beneficios a empresas que desean colaborar con investigación. En definitiva, los profesionales del rubro hacen un llamado al estado de abocarse a servir más de un ente que vele por el real desarrollo y adopción de tecnologías y sea garante de su permanencia a lo largo del tiempo en el país.

Entre las principales estrategias que fueron mencionadas durante el desarrollo de la investigación, se encuentran: (1) mayor entrenamiento y educación en *Lean Construction*, (2) elaboración de metodologías de gestión para facilitar la incorporación de la CFS, (3) potenciar el uso de BIM y (4) el desarrollo de estrategias para optimizar la cadena de suministro, (5) incorporar estrategias que fomenten el trabajo colaborativo y la integración temprana de actores, apoyado en (6) innovar con nuevos métodos de contratación, (7) guiar el diseño hacia la modularización e (8) incorporar la automatización de procesos. En esta línea, se desprenden propuestas más específicas como el desarrollo de un plan de zonificación del país, por uso de soluciones constructivas, en la fabricación de materiales y productos para la CFS, así como la adaptación de los criterios de ingenierías de detalles a la CFS, entre otros.

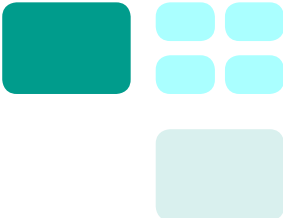
En definitiva, es importante aclarar que la ruta hacia la CFS es un proceso que implica mayor integración vertical entre empresas, los fabricantes deben contar con un mayor conocimiento de su ecosistema, desarrollar procesos estandarizados, aumentar capacidades de gestión ágil y desarrollar nuevas prácticas/conocimientos de diseño y gestión de proyectos. Además, la decisión de aplicar CFS no debe verse como algo optativo durante el ciclo de vida del proyecto, sino como la manera de viabilizar el proyecto desde su fase de gestación y que evidentemente variará el grado de su adopción según las condiciones de cada proyecto de construcción.



6



Agradecimientos



Queremos agradecer por esta publicación “Identificación y Evaluación de Impacto de Barreras presentes en la adopción de la Construcción Fuera de Sitio en Chile” a su autor Jesús Ortega, por su esfuerzo y compromiso en llevar adelante el estudio. Además, reconocer el apoyo y *expertise* brindado por sus tutores Luis Fernando Alarcon y Harrison Mesa.

Asimismo, resaltar la contribución de CIPYCS y GEPUC, ambos centros de investigación de la Pontificia Universidad Católica, por proveer de las herramientas necesarias para el análisis cuantitativo y cualitativo del estudio.

Este informe refleja el trabajo colaborativo realizado principalmente con el CCI y otras entidades como Construye 2025 y el MINVU, todas ellas prestaron su experiencia y apoyo para conseguir la participación en el estudio, tanto en las encuestas cuantitativas en línea como en los *Focus Group* de trabajo.

También, agradecer a Ximena Finschi por su compromiso y aporte en la redacción del documento y que, al igual que Katherine Martínez hicieron posible la coordinación efectiva de las actividades y aglomerar el interés de distintos expertos del área en el presente estudio.

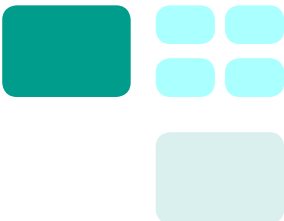
Finalmente, dar gracias a todos los profesionales que participaron confidencialmente en las actividades por compartir de manera franca sus experiencias y a todos aquellos vinculados a la temática, de los cuáles se recogieron sus ideas y permiten ayudar a conocer este tema vital para el sector construcción.



7



Bibliografía



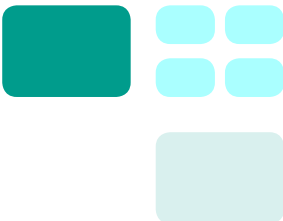
- Blismas, N. and Wakefield, R. (2009) 'Drivers, constraints and the future of offsite manufacture in Australia', *Construction Innovation*, 9(1), pp. 72–83. doi: 10.1108/14714170910931552.
- CChC (2017) 'Déficit habitacional: Un desafío pendiente', *Camara Chilena de La Construcción*, p. 18.
- CChC (2020) 'Impulsar la productividad de la industria de la Construcción en Chile a estándares mundiales'. Available at: https://cchc.cl/assets/landings/2020/informe-productividad/pdf/ResumenEjecutivo_Estudio_de_Productividad_Construcción2020.pdf.
- CORFO (2016) 'INFORME FINAL FASE 3 - Hoja de Ruta PyCS 2025'
- Howes, R. (2002) 'Industrialized housing construction—The UK experience', *Advances in Building Technology*, 1(1998), pp. 383–390. doi: 10.1016/b978-008044100-9/50050-4.
- Jaillon, L. and Poon, C. S. (2009) 'The evolution of prefabricated residential building systems in Hong Kong: A review of the public and the private sector', *Automation in Construction*, 18(3), pp. 239–248. doi: 10.1016/j.autcon.2008.09.002.
- Jaillon, L., Poon, C. S. and Chiang, Y. H. (2009) 'Quantifying the waste reduction potential of using prefabrication in building construction in Hong Kong', *Waste Management*, 29(1), pp. 309–320. doi: 10.1016/j.wasman.2008.02.015.
- Lu, W. et al. (2018) 'Searching for an optimal level of prefabrication in construction: An analytical framework', *Journal of Cleaner Production*. Elsevier Ltd, 201, pp. 236–245. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.07.319.
- McKinsey (2017) 'Reinventing Construction: A Route To Higher Productivity', McKinsey, (February), p. 20. doi: 10.1080/19320248.2010.527275.
- NIBS & OSCC (2018) 'Report of the Results of the 2018 Off-Site Construction Industry Survey', *National Institute of Building Sciences*, 202(202), p. 18. Available at: <https://cdn.ymaws.com/www.nibs.org/resource/resmgr/oscc/oscc-2018surveyreport.pdf>.
- Pan, W., Gibb, A. F. and Dainty, A. R. J. (2007) 'Perspective of UK housebuilders on the use of offsite modern methods of construction', *Construction Management and Economics*, 25(2), pp. 183–194. doi: 10.1080/01446190600827058.
- PMG & CCI (2018) 'Acompañamiento Proyecto Construcción Industrializada'.
- Zhang, X. and Skitmore, M. (2012) 'Industrialized housing in China: A coin with two sides', *International Journal of Strategic Property Management*, 16(2), pp. 143–157. doi: 10.3846/1648715X.2011.638945.



8



Anexos



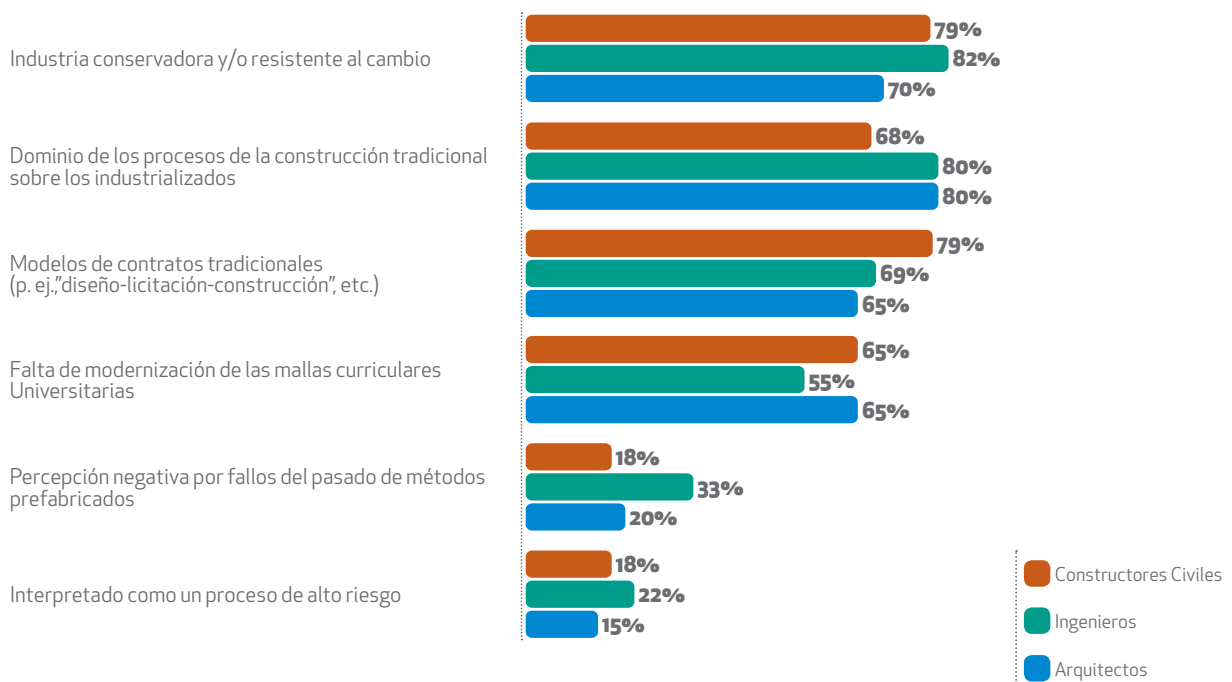


IMPACTO DE BARRERAS PRESENTES EN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO EN CHILE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN

A continuación, se anexan a este documento "Identificación y Evaluación de Impacto de Barreras Presentes en la Adopción de la Construcción Fuera de Sitio en Chile", diversos gráficos separados por dimensión de barreras, que expresan de manera individual por grupo de profesionales la evaluación del impacto por barrera. La evaluación del impacto consiste en el promedio de la frecuencia en que fuera citadas entre un "alto y muy alto impacto" cada barrera. Para efectos de la presentación de los datos solo se consideraron los principales tres (3) grandes grupos de profesiones que constituyen más del 90% de la muestra, los cuales son: ingenieros, constructores y arquitectos.

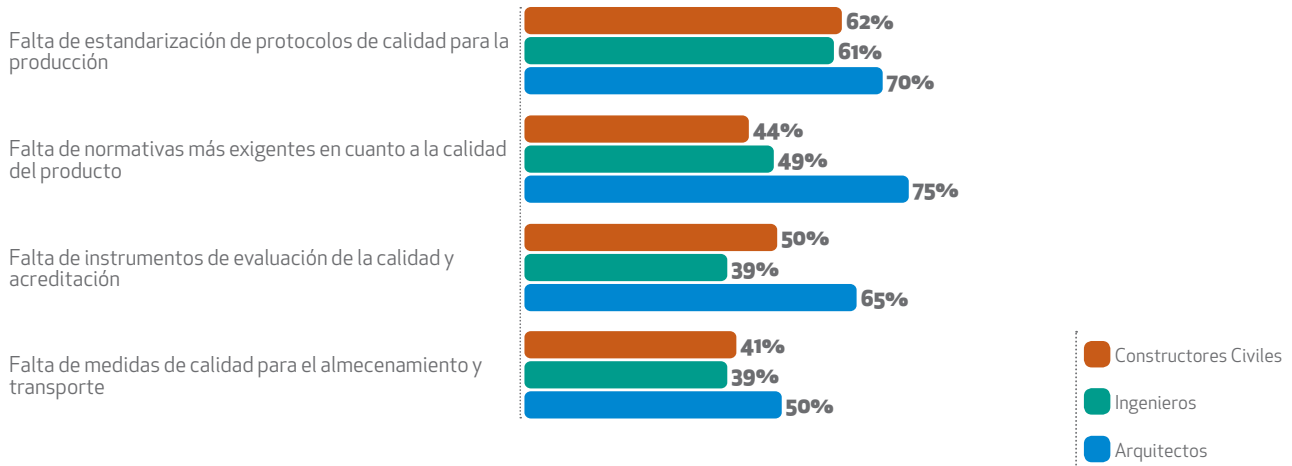
Respecto al análisis de los hallazgos de las gráficas que se presentan a continuación, se espera compartir una segunda versión del documento con una bajada más detallada de los resultados.

GRÁFICO N°15 BARRERAS CULTURALES QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO



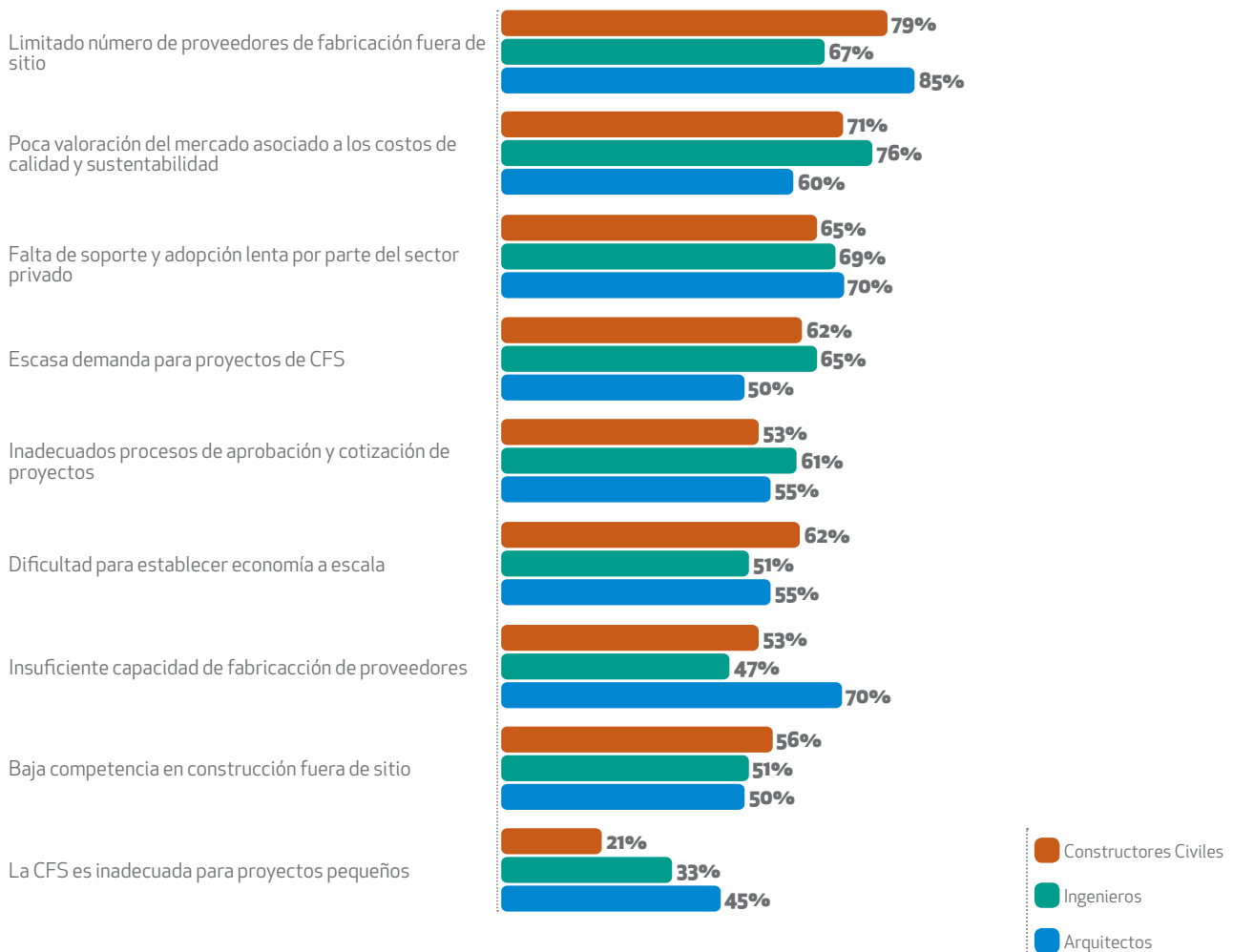
Porcentaje de encuestados que citan entre "Alto y muy alto impacto"

GRÁFICO N°16 BARRERAS DE CALIDAD QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO



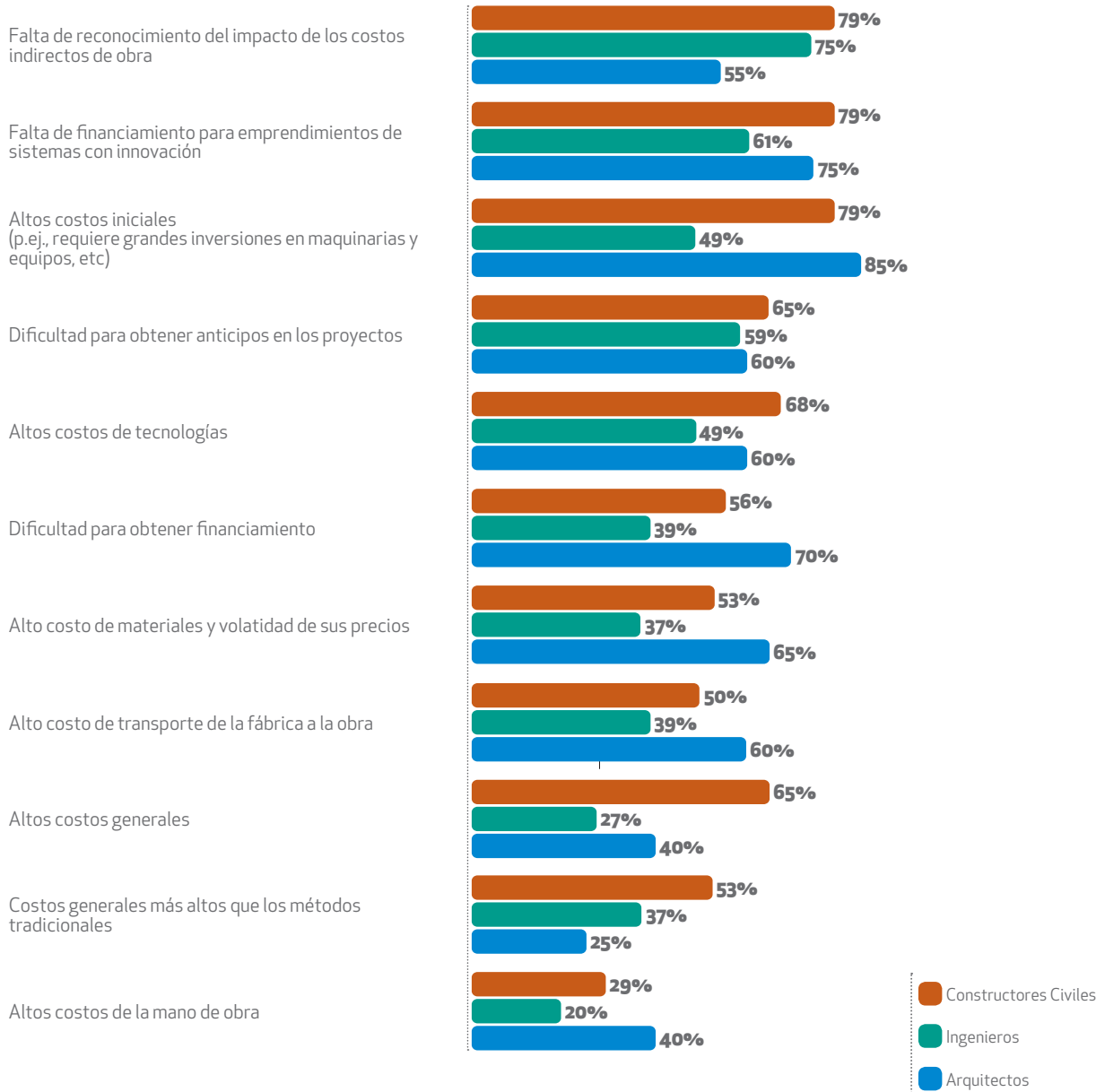
Porcentaje de encuestados que citan entre "Alto y muy alto impacto"

GRÁFICO N°17 BARRERAS DE MERCADO QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO



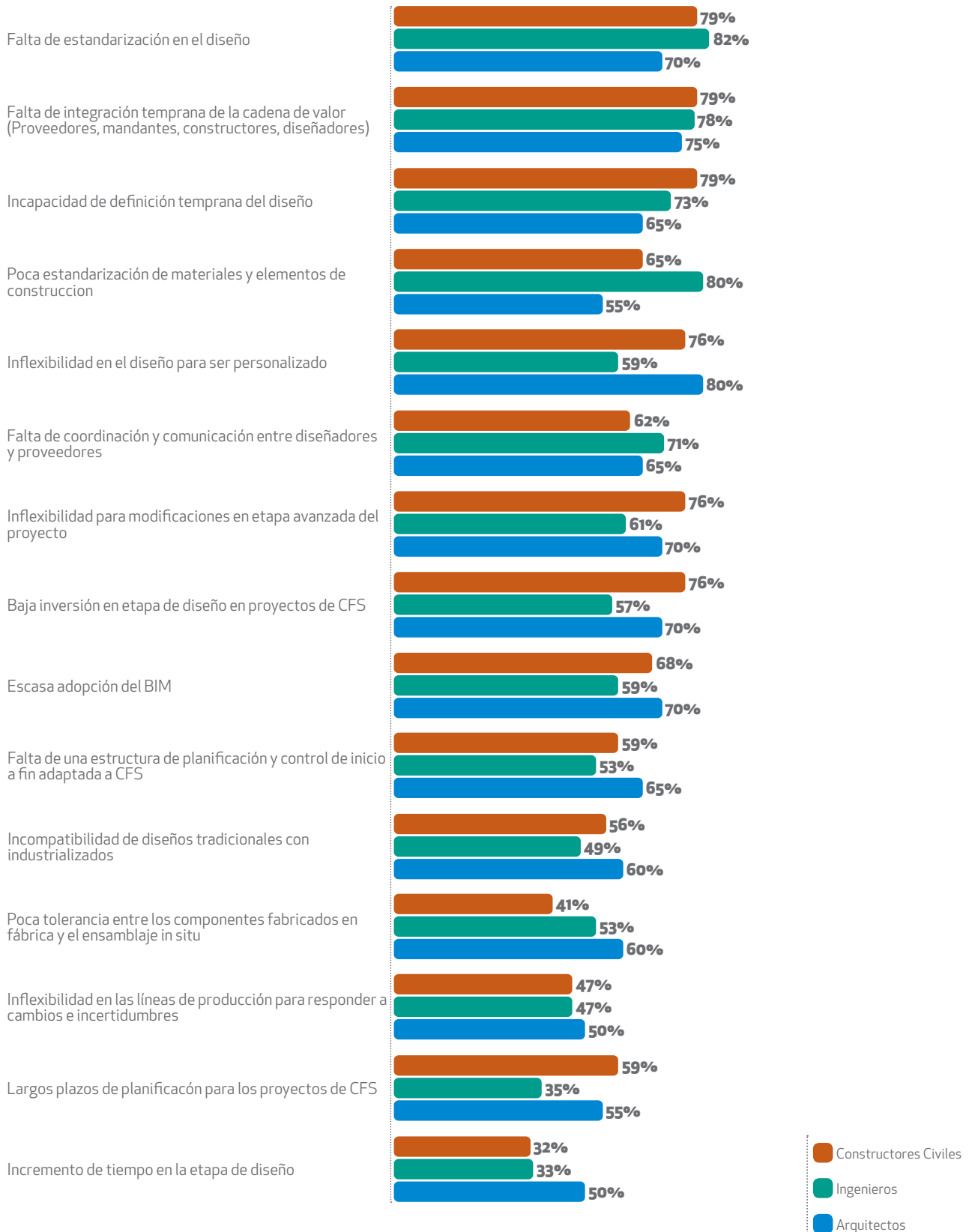
Porcentaje de encuestados que citan entre "Alto y muy alto impacto"

GRÁFICO N°18 BARRERAS DE FINANZAS Y COSTOS QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO



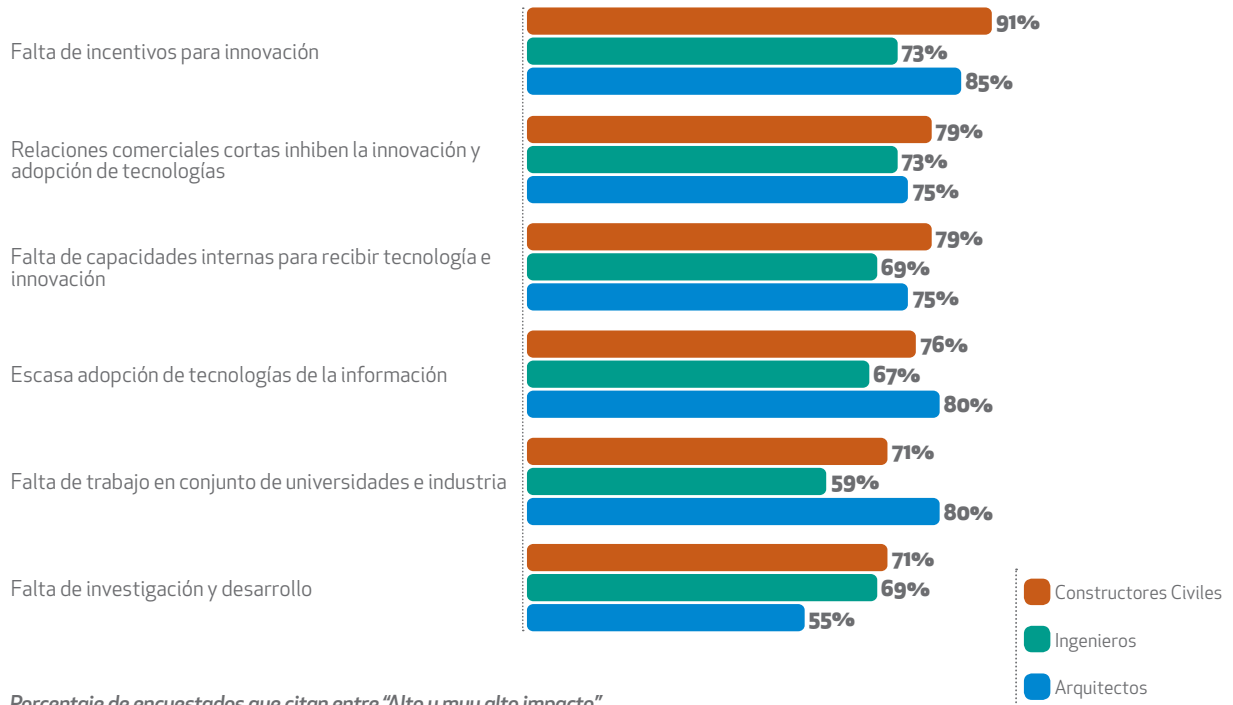
Porcentaje de encuestados que citan entre "Alto y muy alto impacto"

GRÁFICO N°19 BARRERAS DE DISEÑO Y DESARROLLO QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO



Porcentaje de encuestados que citan entre "Alto y muy alto impacto"

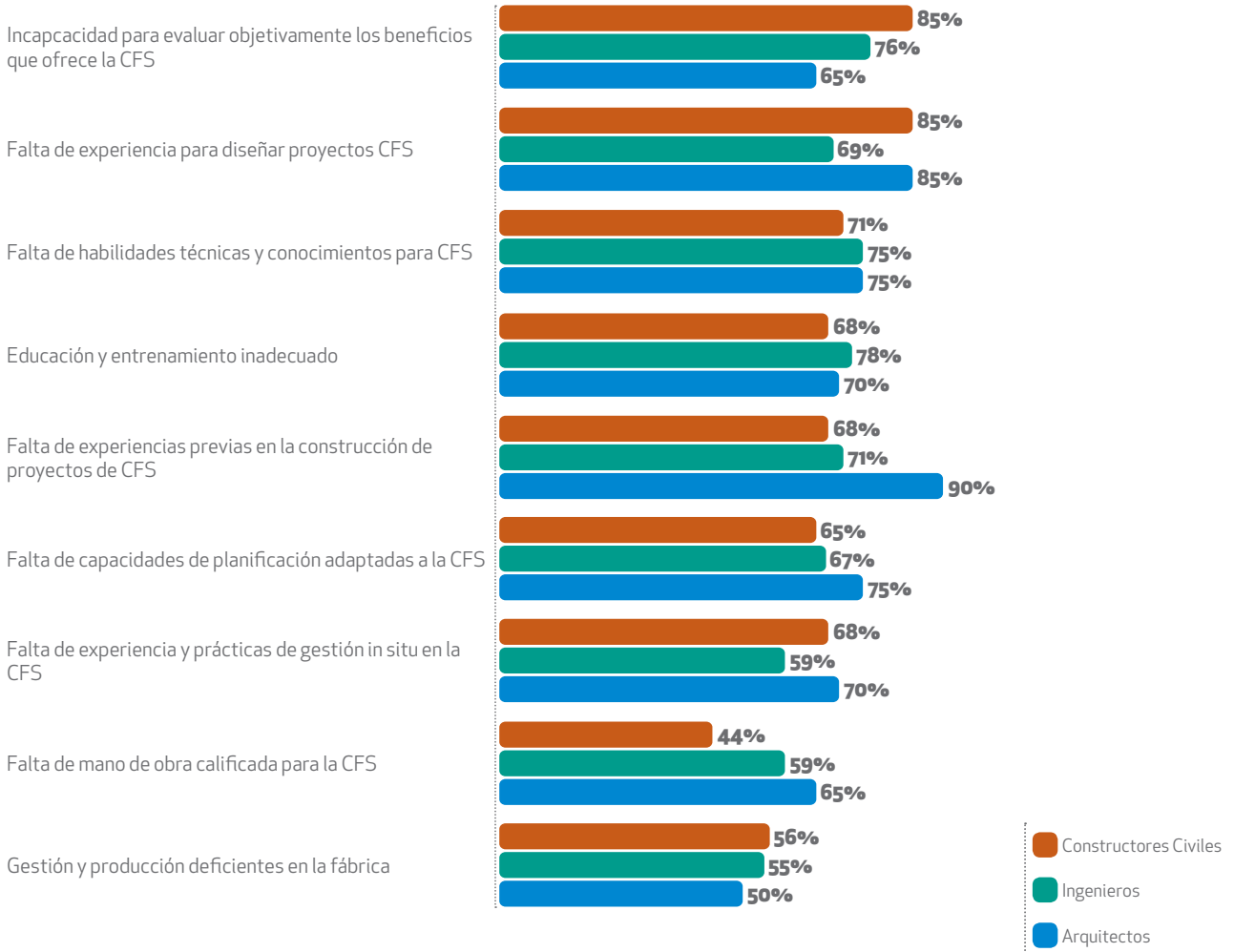
GRÁFICO N°20 BARRERAS DE INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO



Porcentaje de encuestados que citan entre "Alto y muy alto impacto"

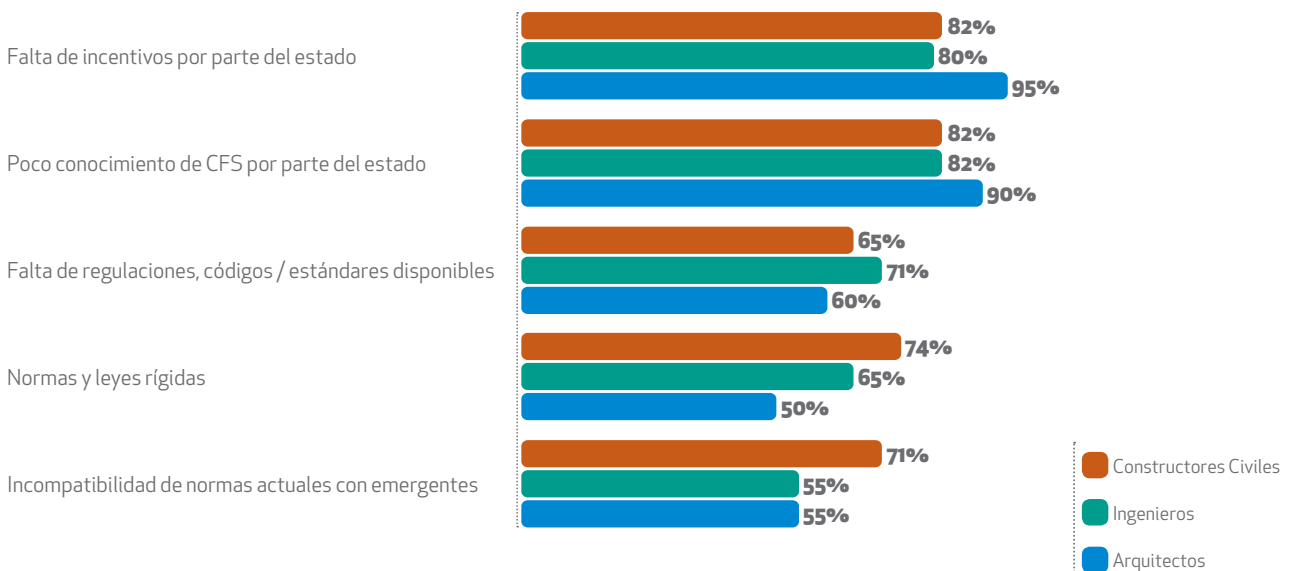


GRÁFICO N°21 BARRERAS ASOCIADAS A LAS HABILIDADES DE LAS PERSONAS QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO



Porcentaje de encuestados que citan entre "Alto y muy alto impacto"

GRÁFICO N°22 BARRERAS DE NORMATIVA Y ESTADO QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO



Porcentaje de encuestados que citan entre "Alto y muy alto impacto"

GRÁFICO N°23 BARRERAS DE DIFUSIÓN QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO

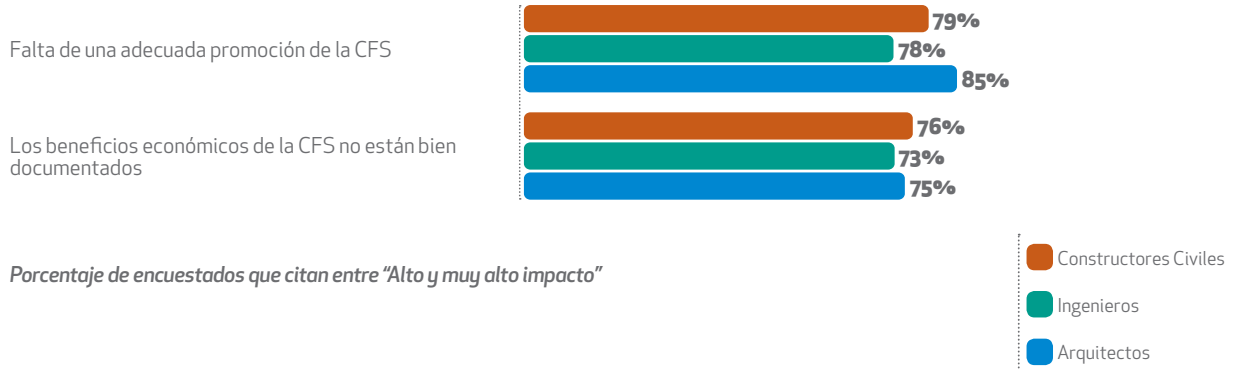
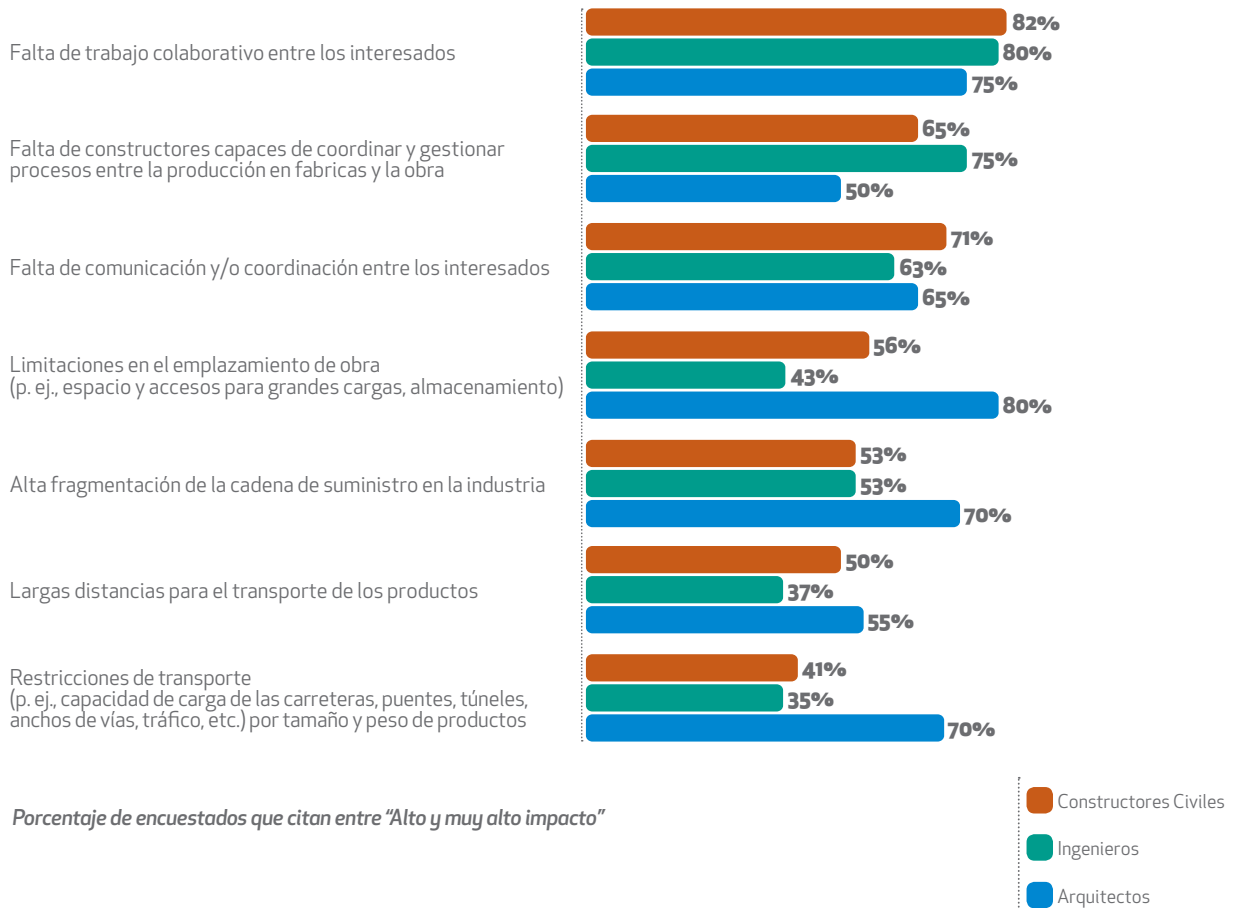
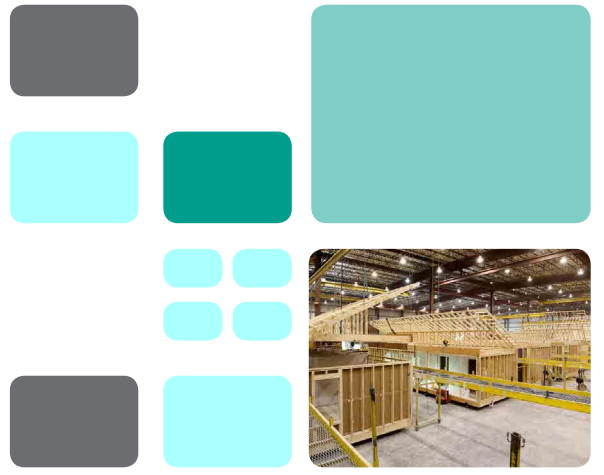


GRÁFICO N°24 BARRERAS DE LOGÍSTICA QUE INHIBEN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO





IMPACTO DE BARRERAS PRESENTES EN LA ADOPCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN FUERA DE SITIO EN CHILE

Identificación y evaluación

