

Impacto en la productividad de la integración temprana de las empresas de suministros en los proyectos de construcción



CARTA PRESENTACIÓN

El sector construcción presenta un muy bajo o nulo crecimiento de la productividad en los últimos años. Dentro de los factores que explican esto, están las fallas de coordinación, diseño y planificación, la baja estandarización y prefabricación industrializada y la escasa preparación del capital humano.

Desde la experiencia del **área Suministros de la CChC**, existe un potencial de mejora de productividad en el cual los proveedores de materiales de construcción, servicios y del sistema de abastecimiento tienen un rol fundamental, ya que en ellos se concentran un subconjunto importante de los factores incidentes.

Es por ello, que el **Grupo de Productividad del área Suministros de la CChC** con el apoyo de la **Corporación de Desarrollo Tecnológico (CDT)** y el **Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación de Estructuras y Materiales (IDIEM) de la Universidad de Chile**, han desarrollado este documento que resume los efectos de la integración temprana en la productividad luego del trabajo en terreno junto a varias constructoras e inmobiliarias en obras de edificación habitacional en extensión y en altura.

A partir de análisis de productividad en terreno, se confeccionaron casos de estudio, los cuales fueron tomados como base, para la realización de talleres de trabajo a los que se invitó a los principales actores de la cadena de valor de un proyecto de construcción, con el propósito de desarrollar soluciones que permitiesen mejorar la productividad de este tipo de proyectos en términos de plazos, pérdidas de material, uso eficiente de recursos y mejoras en las prestaciones y/o estándares de calidad; y que contribuyan a resolver las problemáticas identificadas. Entre las empresas participantes destacan constructoras, proveedores y distribuidores de materiales, coordinadores técnicos y especialistas.

En efecto, se detectaron más de 50 soluciones, de las cuales 14 de ellas integradas tempranamente y junto a los distintos actores que interactúan en un proyecto habitacional, generan ahorros en torno al 5% en costos y disminuciones significativas en los plazos.

Esperamos que este trabajo sirva para que las empresas socias de la **CChC** visualicen que la **integración temprana de actores** genera beneficios relevantes, permitiendo desarrollar soluciones más eficientes, incentivando una mejora en los procesos, la planificación y la coordinación, obteniéndose soluciones con resultados específicos, medibles y replicables en otros proyectos de edificación en altura y de extensión.

Claudio Cerda

Presidente Comité de Industriales

Diego Toro

Presidente Comité de Especialidades

Miguel Fleischmann

Presidente Comité de Proveedores

AGRADECEMOS LA PARTICIPACIÓN DE:

- Gerencia, profesionales y técnicos de las empresas inmobiliarias y constructoras nombradas a continuación, en orden alfabético: **Bricsa, Daniel Salinas, Echeverría Izquierdo, Fortaleza y Manquehue**, que aportaron sus proyectos y toda la información que fue necesaria durante el desarrollo del estudio.
- Los equipos de profesionales y técnicos de la **Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT**, responsable de desarrollar el estudio de vivienda en extensión y de generar el presente documento técnico.
- Los equipos de profesionales y técnicos del **IDIEM de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile**, responsable de desarrollar el estudio de vivienda en altura.
- Profesionales y técnicos de las empresas que conformaron las mesas de trabajo de los estudios de extensión y altura nombradas a continuación, en orden alfabético: **Acma, Atika, Buenos Vientos, Cap, Cerámica Santiago, Cintac, Construmart, Easy, EuroWindows, Gerdau, Hormipret, Imperial, Jeld-Wen, Knauf, Melón, Muebles Rojo y Negro, Nueva Forma, Parex, Peri, Pizarreño, ReadyMix, Sika, Sodimac, Tecno Truss, Tecpro, Tehmco, Tigre, Tricolor, Unispan, Vidrios Lirquén y Volcán.**

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I RESUMEN EJECUTIVO

Reseña del contenido del presente documento técnico

Pág. 7

CAPÍTULO II INTRODUCCIÓN

Contexto y motivaciones para el desarrollo del estudio

Pág. 8

CAPÍTULO III OBJETIVOS Y ALCANCE

Enfoque de los análisis a realizar y su alcance

Pág. 10

CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

Desarrollo metodológico del estudio, considerando 3 etapas

Pág. 12

CAPÍTULO V RESULTADOS

Resultados de los estudios, impacto en los proyectos y consideraciones particulares

Pág. 32

CAPÍTULO VI CONCLUSIONES

Principales conclusiones y análisis finales del documento técnico

Pág. 56

CAPÍTULO I

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto nació como una iniciativa del **área Suministros de la CChC**, conformada por los **comités de Especialidades, Industriales y Proveedores**, dado que el sector construcción presenta un muy bajo crecimiento de la productividad en los últimos años y que, desde la experiencia del **área Suministros de la CChC**, existe un potencial de crecimiento de productividad en etapas tempranas del proyecto en el cual ellos tienen un rol fundamental y que habitualmente no se aprovecha.

El foco del estudio fue determinar cómo la integración temprana con las empresas del **área Suministros de la CChC** en la cadena de valor de los proyectos de edificación, tanto en extensión como de altura, permite reducir los costos de un proyecto, disminuir los problemas de calidad de la obra o reducir los plazos de ejecución de cada partida.

Finalizado el proyecto se puede destacar la importancia del trabajo colaborativo centrado en la optimización de la productividad del proyecto y que fuese realizado por proveedores, constructoras, inmobiliarias y distribuidores en etapas tempranas de un proyecto de construcción, con la adecuada coordinación técnica.

A través de este trabajo participativo se ha logrado una mejora en todas las edificaciones que fueron modeladas y se tradujo directamente en un impacto positivo tanto en los costos como en los plazos del proyecto, que se pueden resumir en:

Edificaciones en extensión

- Reducción del 5,1% del costo total del conjunto de partidas mejoradas
- Reducción de 11 días hábiles en el plazo del proyecto

Edificaciones en altura

- Reducción del 4,1% del costo total del conjunto de partidas mejoradas
- Reducción de 24 días hábiles en el plazo del proyecto

Este trabajo conjunto en las mesas generó un espacio en el cual se discutieron abiertamente las problemáticas de obra aplicando experiencia, conocimiento técnico y puntos de vista diferentes con un objetivo común, que era la mejora de productividad del proyecto, lo que favoreció la generación de una amplia gama de soluciones.

Es importante considerar que los resultados presentados no son directamente extrapolables, sino que van a depender de las condiciones particulares de cada proyecto analizado. Lo que sí es válido para cualquier proyecto, es que aplicando la metodología de integración temprana de proveedores en la cadena de suministros, sin duda se generarán optimizaciones que permitirán ahorros en costo, reducción de plazo, disminución de fallas de calidad, menos residuos, baja en reclamos de posventa y aumento de la productividad en los proyectos.

CAPÍTULO II INTRODUCCIÓN

Este proyecto nació como una iniciativa del **área Suministros de la CChC**, conformada por los **comités de Especialidades, Industriales y Proveedores**, dado que el sector construcción presenta un muy bajo crecimiento de la productividad en los últimos años y que, desde la experiencia del **área Suministros de la CChC**, existe un potencial de crecimiento de productividad en el cual ellos tienen un rol fundamental, en etapas tempranas del proyecto y que habitualmente no es aprovechado.

La baja en la productividad laboral en el país, particularmente en el sector construcción, ha encarecido las edificaciones y ha afectado de manera negativa la economía y el desarrollo social.

Se puede atribuir mayoritariamente a la falta de coordinación y planificación de los proyectos, a la baja estandarización, al poco uso de prefabricación e industrialización, así como a la escasa preparación del capital humano que participa directamente en los procesos productivos.

Complementario a lo anterior, se debe considerar además que la productividad de un proyecto de edificación se ve afectada por múltiples factores, tanto en la etapa previa a la ejecución del proyecto (como por ejemplo, la calidad del diseño propiamente tal, la coordinación de las especialidades, el conocimiento de avances

tecnológicos y materialidades, entre otros), así como durante el desarrollo de la construcción (como son la gestión logística, de materiales, de la calidad y seguridad del proyecto, entre otros).

Desde la experiencia del **área Suministros de la CChC**, existe un potencial de crecimiento de productividad en el cual los proveedores de materiales de construcción, las empresas industriales y de especialidades tienen un rol fundamental, ya que en ellos se concentran un subconjunto importante de los factores incidentes. Por este motivo, el estudio que se presenta a continuación entrega antecedentes y ejemplos concretos que permiten fijar la participación de la cadena de suministros en el sistema de gestión de obra como una entidad capaz de llevar al proyecto a índices de productividad más elevados.

El foco del estudio fue determinar cómo la integración temprana con las empresas del **área Suministros de la CCHC** en la cadena de valor de los proyectos de edificación, tanto en extensión como de altura, permite reducir los costos de un proyecto, disminuir los problemas de calidad de la obra o reducir los plazos de ejecución de cada partida.

El estudio se realizó para edificaciones en extensión y edificaciones en altura, el primero fue encargado a la **Corporación de Desarrollo Técnico de la Cámara Chilena de la Construcción (CDT)** y el segundo al **IDIEM de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.**



CAPÍTULO III

OBJETIVOS Y ALCANCE

OBJETIVOS GENERALES:

- Mejorar la productividad de los proyectos de edificación en extensión y altura, a partir de reducción de plazos y pérdidas de material, uso eficiente de recursos, mejoras en prestaciones y estándares de calidad.
- Generar coordinación entre actores dispuestos a invertir en productividad *-early adopters-* en soluciones concretas, con resultados específicos, medibles y replicables en obras vivienda que sirvan como casos de éxito para el sector.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Obtener un análisis comparativo de la situación base del proyecto en ejecución, con la modelación de ahorros teóricos.

El estudio considera realizar la coordinación integrada de proyectos, dentro de un espacio de desarrollo colaborativo de los **comités CChC** con las empresas inmobiliarias y constructoras.

ALCANCE

El estudio contempla el análisis de 3 proyectos habitacionales en extensión y 5 proyectos habitacionales en altura, todos en fase de régimen, para comparar y monitorear las mejoras producidas en relación al caso base (no modelado con mejoras).

Para ello se cuantifica el impacto en productividad debido a la incorporación temprana de un grupo de empresas del **área Suministros de la CChC** en el análisis, modelación e implementación de soluciones que permitan reducir costo, plazo, pérdidas (trabajo rehecho), logística y posventa respecto del proyecto original, orientándose a la innovación de productos, soluciones y servicios con su logística asociada.



Como requisito, el proyecto resultante debía mantener sus características arquitectónicas de cara al cliente final, sin perjuicio de que pudiera sufrir pequeñas variaciones como consecuencia de la estandarización e industrialización.

El estudio considera realizar la coordinación integrada de proyectos, dentro de un espacio de desarrollo colaborativo de los **comités CChC** con las empresas inmobiliarias y constructoras.

Los estudios se realizaron bajo la tutela de un Comité Ejecutivo formado por representantes del **área de Suministros y Vivienda y Urbanismo**.

Los resultados y las buenas prácticas identificadas serán presentados de manera pública como recomendaciones de mejoramiento y buenas prácticas para la industria. No existe apropiabilidad de los resultados por parte de las inmobiliarias participantes.



CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

La **metodología** para la modelación teórica de las mejoras en los estudios de productividad para proyectos de edificación en extensión y en altura, se estructuró en base a tres etapas secuenciales:





• **Etapa 1 - Conformación de equipos y proyectos en estudio**

En esta etapa se definen los equipos de trabajo y se seleccionan los proyectos a ser evaluados, incorporando visitas a terreno con los integrantes de los comités. Esta etapa termina con los proyectos seleccionados para realizar los estudios.

• **Etapa 2 - Evaluación en terreno y diagnóstico de obras**

Esta etapa corresponde al estudio de problemáticas de los proyectos a través de mediciones en terreno, junto con análisis de información histórica de las obras seleccionadas y posterior diagnóstico a través de indicadores objetivos. Esta etapa culmina con un análisis de brechas de productividad de los proyectos.

• **Etapa 3 - Integración temprana de actores y soluciones**

Esta etapa contempló el desarrollo de talleres de integración temprana de actores, orientados a generar soluciones optimizadas, tomando como base los antecedentes de las obras seleccionadas y los resultados obtenidos de las mediciones realizadas en estos.

La etapa finaliza con las soluciones optimizadas teóricamente para los proyectos y la evaluación de su impacto.

Etapa 1

- ▶ Conformación del equipo y proyectos en estudio

Etapa 2

- ▶ Evaluación en terreno y diagnóstico de obras

Etapa 3

- ▶ Integración temprana de actores y soluciones



Etapa 1

Conformación de equipos y proyectos en estudio

En esta etapa inicial del proyecto se desarrolla la convocatoria de inmobiliarias y constructoras para participar en el proyecto, así como la selección y definición de proyectos sobre los cuales se trabajará.

E 1.1 Conformación del Comité Directivo

Se conformó el Comité Directivo del proyecto con dos representantes de cada uno de los siguientes comités (presidente más reemplazante):

- Comité de Proveedores
- Comité de Industriales
- Comité de Especialidades

E 1.2 Selección de Inmobiliarias / Constructoras

El Comité Directivo invitó a participar del proyecto a inmobiliarias que tengan su propia constructora, con las cuales se realizaron reuniones para presentar los alcances y obtener el compromiso de participación. Los requisitos para participar fueron: tener obras de extensión o altura en régimen y que contaran con etapas por desarrollar.

E 1.3 Conformación del Comité Ejecutivo

Se conformó el Comité Ejecutivo del proyecto con representantes del Comité Directivo más Inmobiliarias seleccionadas. **CDT** participa como ejecutor del estudio en el caso de edificaciones en extensión e **IDIEM** en el caso de edificaciones en altura.

El Comité Ejecutivo sesionó durante todo el proceso para revisar los avances del proyecto, ajustar el alcance e ir priorizando los temas a desarrollar.

E 1.4 Selección de posibles proyectos

Se trabajó con el Comité para analizar los proyectos que propusieron las inmobiliarias participantes, de forma de evaluar la aptitud del proyecto para participar del estudio. Su localización, características de las viviendas, estado de avance del proyecto, forma en que se dispone de la información del proyecto (si es generada con BIM, por ejemplo), tipos de viviendas distintas, materialidades, entre otros aspectos, fueron algunos requisitos de acuerdo a los cuales las inmobiliarias contactadas proponían la cantidad y tipo de proyectos que podrían ser aptos para realizar el estudio.

En el estudio en extensión se seleccionaron 3 proyectos de 2 empresas constructoras. En el estudio en altura se seleccionaron 5 proyectos de 4 constructoras distintas.



E 1.5 Visita y análisis de proyectos

CDT e IDIEM, con algunos participantes del Comité Directivo, visitaron los proyectos propuestos para el estudio, con la finalidad de seleccionar aquellos que cumplieran con los requerimientos.

Se incorporaron otros criterios propios de terreno como la logística y bodega de la obra, planificación operacional, organigrama directivo del proyecto, estado de avance y condiciones actuales de la obra.

E 1.6 Selección final de proyectos

En función de su localización, estado de avance del proyecto, tipología de unidades de casas o departamentos (según corresponda al estudio), factibilidad de ejecutar mediciones de productividad y partidas en ejecución durante el período de estudio, se definieron los proyectos sobre los cuales trabajar.

En el estudio en extensión se seleccionaron 3 proyectos de 2 empresas constructoras, en el estudio en altura se seleccionaron 5 proyectos de 4 constructoras distintas.

Etapa 2

Evaluación en terreno y diagnóstico de obras

En esta etapa se desarrollaron las evaluaciones en terreno y diagnóstico de cada uno de los proyectos seleccionados para el estudio, generando la **Línea Base** de los proyectos sobre la cual se aplicaría la mejora. Para ello se realizaron varias visitas previas de forma de recopilar información documental de los proyectos y coordinar los estudios que se realizarían en terreno.

La información documental recogida de los proyectos para análisis y obtención de datos representativos fue la siguiente:



- Planos del proyecto
- Presupuesto del proyecto (incluyendo análisis de precios unitarios APU)
- Programas de obra (y de recursos si estuvieran disponibles)
- Especificaciones técnicas
- Cuadros de cubicaciones
- Cuadro de pedidos de materiales
- Informes semanales (y de *Last Planner* si se realizara)
- Control de costos
- Control de subcontratos
- Consolidado RDI
- Dotación de cuadrillas
- Información de residuos
- Estadísticas de calidad del proyecto y de sus fases anteriores (sólo estudio en extensión)
- Estadísticas de posventa de las fases anteriores del proyecto (sólo estudio en extensión)

E 2.1 Estudio de productividad en terreno

Se realizó un diagnóstico en cada uno de los proyectos para identificar los problemas que afectan el normal y eficiente funcionamiento de los distintos procesos productivos. Se enfocó en observar qué partidas son las que marcan el ritmo, cuáles requieren ser mejoradas, la logística de materiales, prefabricación, las secuencias constructivas, las pérdidas, el trabajo rehecho, entre otras.

Realizar el análisis de la información histórica que disponen las empresas de sus proyectos ya completados, es la base para establecer las brechas de productividad

Esto se realiza mediante un análisis de niveles de actividad, o estudio de tipo *time on tools* de las cuadrillas de trabajadores de partidas críticas identificadas en obra. El principal objetivo del estudio de tiempos es determinar las causas de pérdida de productividad y cuáles de ellas se deben a problemas de suministros y de logística de materiales en terreno.

Corresponde a una medición de tiempos de duración de las actividades que realizan los trabajadores en obra durante un período de tiempo representativo. Las actividades son clasificadas en 4 grupos distintos, en los denominados **Niveles de Actividad:**

Agrega Valor: Tiempo invertido por trabajadores y/o equipos en actividades que directamente agregan valor al proceso de construcción.

Soporte: Tiempo invertido en actividades que apoyan a las que agregan valor, y que son necesarias para materializar los procesos constructivos.

No Agrega Valor: Tiempo perdido en detenciones, esperas o gastado en actividades que no agregan valor a las operaciones de construcción.

Detención Autorizada: Tiempo utilizado en detenciones y/o descansos conformes a la ley, normas del mandante o contratistas.

De acuerdo con lo anterior, se realiza un análisis de la distribución de las actividades en una jornada, agrupadas por **Nivel de Actividad** y se representan luego como un segmento de una jornada de 100% de duración.

Etapa 2

Evaluación en terreno y diagnóstico de obras

La representación porcentual se debe a que los resultados buscan mostrar características normalizadas de las obras y ofrece un sistema de referencia común entre obras o partidas con distinta duración de la jornada.

Las muestras tomadas con esta metodología permiten obtener una representación precisa del comportamiento de las cuadrillas de trabajo monitoreadas.

Durante cada jornada del estudio, se realizan mediciones de las actividades en rondas periódicas de entre 20 y 40 minutos de duración. Las mediciones se realizan por cada partida crítica de interés a evaluar y el estudio se extiende, normalmente, durante una semana del proyecto.



Una de las características más importantes de esta metodología corresponde a la capacidad de entregar una apertura completa de las causas de pérdida de productividad, principalmente asociadas a aquellas actividades que **No Agregan Valor**. Al identificarse las actividades en las cuales se producen pérdidas de tiempo, se pueden inmediatamente proponer, implementar y evaluar mejoras en la gestión, operación, supervisión o metodología de trabajo. Es, por este motivo, una metodología potente de control de trabajo al ofrecer información realista, obtenida directamente en el frente de trabajo, sobre las características de este.

E 2.2 Análisis de información de calidad (sólo estudio en extensión)

Se recopilaron archivos históricos con registros de calidad de fases anteriores en los 3 proyectos de viviendas en extensión, de forma tal de analizar cuáles eran las problemáticas más recurrentes, su frecuencia, su impacto en los avances del proyecto y en caso de estar registrado, los impactos en costos directos de la obra y plazos del proyecto.

Con la finalidad de poder comparar información de obras y empresas distintas, se generó una estandarización de la documentación para poder tabular los tipos de falla en forma similar para los distintos proyectos y poder cuantificar de manera única su impacto en las obras.

E 2.3 Análisis de información de posventa (sólo estudio en extensión)

Se recopilaron archivos históricos con registros de posventa de fases ya completadas, de los 3 proyectos de viviendas en extensión, de forma tal de analizar cuáles eran los reclamos y reparaciones más recurrentes en las viviendas, su frecuencia, cuánto demoraron en solucionarse (en caso de estar registrado) y eventualmente los impactos en costos, aunque en la mayoría de los casos las cuadrillas de posventa son un costo mensual por empresa, que atiende todos los proyectos.

La información recopilada se estandarizó para poder comparar empresas y proyectos distintos, registrar las reparaciones y sus costos directos e indirectos en forma similar para los proyectos y poder cuantificar de manera única su impacto en las obras.

Etapa 2

Evaluación en terreno y diagnóstico de obras

E.2.4 Análisis de presupuesto y precios unitarios

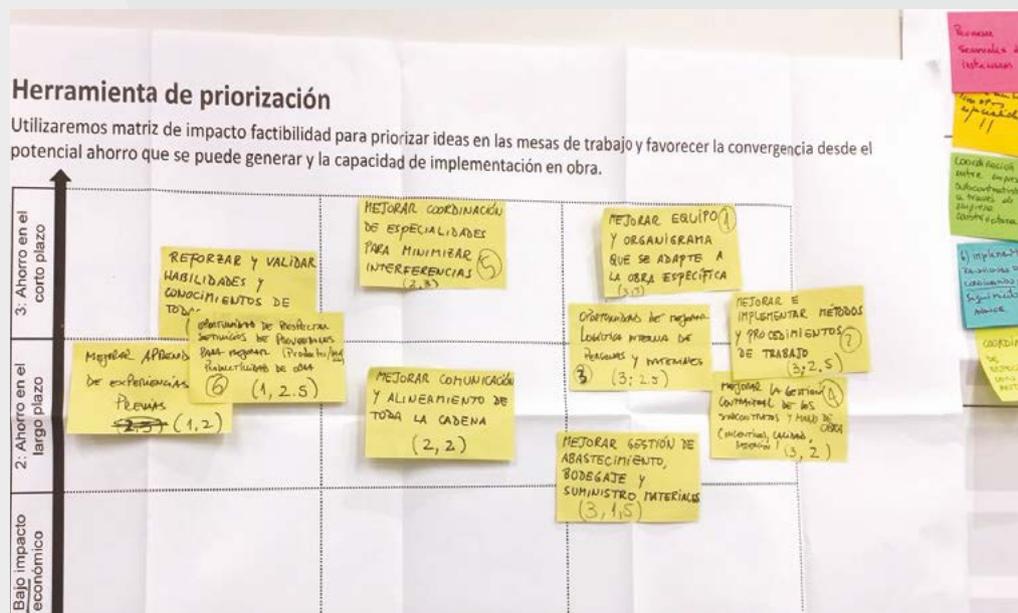
Se analizó el presupuesto de cada uno de los proyectos, de tal forma de tener identificadas las composiciones de precios unitarios de las partidas que se abordarían posteriormente durante la modelación de las mejoras.

Dado que en el caso de extensión los proyectos tenían distintos modelos de casas y en el caso de edificación en altura, distintos modelos de departamentos, se llevaron a una unidad común, como es por m², de forma tal de poder realizar luego la modelación correspondiente.

E.2.5 Análisis del programa del proyecto

Se consideraron los programas de ejecución de los proyectos y sus rutas críticas, para poder impactar en ellos los cambios de proyecto o partidas, asociadas a las mejoras. De esta manera, se podría cuantificar si los cambios afectaban o no el programa de la obra y cuántos días de adelanto podrían eventualmente conseguirse con la solución optimizada.

En el caso de vivienda en extensión, se contempló la modelación de las viviendas utilizando BIM para determinar el impacto en plazo de la solución optimizada.





E 2.6 Generación de informe con Línea Base del proyecto

Por cada uno de los 3 proyectos (en caso de edificación en extensión) y 5 proyectos (en caso de edificación en altura) se elaboró un informe con la **Línea Base** del proyecto recogiendo todos los resultados de las subetapas anteriores.

A partir de este informe y sus brechas desde el punto de productividad, calidad, planificación de obra, problemáticas de posventa, se desarrollan los aspectos a mejorar en las **Mesas de Trabajo**.

Estos informes priorizaban las problemáticas por cada tipo de proyecto y no se incluyen en este documento técnico por motivos de confidencialidad. Por lo demás, corresponden a particularidades de cada una de las obras estudiadas y en la práctica interesa a nivel de resultado del proyecto, recoger las partidas y soluciones técnicas que fueron objeto de ser mejoradas y que representan una muestra para entender la dinámica de la metodología.

Etapa 3

Integración temprana de actores y soluciones

Esta etapa es la más relevante de este estudio, dado que en ella se produce el trabajo colaborativo entre profesionales de las obras, las empresas ejecutoras de los estudios y los distintos profesionales de los 3 comités conformantes del **área Suministros de la CChC** (Proveedores, Industriales y Especialidades) con el fin de optimizar los proyectos de edificación en extensión y altura que se encuentran estudiados ya con su **Línea Base**.

Se destaca que estas mejoras se realizan sobre proyectos en ejecución, con etapas previas ya entregadas y por lo tanto es un desafío mayor el de encontrar aspectos a optimizar, manteniendo el espíritu de este proyecto que es no intervenir el diseño “de cara al cliente final”.

E 3.1 Selección de partidas y actividades sobre las cuales trabajar

El Comité Directivo analizó los informes de los proyectos y establecieron en conjunto con los entes ejecutores, las potenciales partidas a ser evaluadas durante los talleres de integración temprana de actores. La selección se basó en los resultados de las mediciones realizadas en las obras seleccionadas para participar del presente estudio, y en el levantamiento de información obtenido a partir de los antecedentes de cada obra estudiada y las etapas anteriores de obras (en caso de extensión).

- **Incidencia en el costo directo del proyecto:** la incidencia en el costo del proyecto de la partida, medida en base al presupuesto, refleja la importancia que tendrán los problemas de productividad, calidad o posventa que puedan producirse ya que, a mayor proporción dentro del presupuesto, mayor susceptibilidad a verse afectado por los problemas detectados.

Cabe destacar que los análisis se realizaron distinguiendo entre las partidas que forman parte de la etapa de obra gruesa y las que forman parte de las terminaciones.

- **Incidencia en la productividad:** mediante la cuantificación del tiempo perdido y sus causas, detallados en el estudio de productividad, se detectan las razones asociadas a problemas logísticos y de materiales que generan detenciones en el flujo de trabajo, pérdidas operacionales, pérdidas asociadas a problemas de calidad, entre otras.
- **Incidencia de problemas de calidad y posventa (sólo estudio de extensión):** mediante el levantamiento documental de información histórica de la empresa de etapas anteriores de los proyectos de viviendas, se realizan análisis de las fichas de observaciones de calidad, trabajo rehecho, descripción de problemas de posventa, o cualquier aspecto que genere un trabajo adicional buscando corregir un defecto del producto.

Cabe destacar que los análisis se realizaron distinguiendo entre las partidas que forman parte de la etapa de obra gruesa y las que forman parte de las terminaciones.

E 3.2 Invitación a proveedores relacionados con estas actividades

Según el listado de partidas seleccionadas para modelar en mesas de trabajo, se invitó a los proveedores de las distintas empresas socias de los comités del **área Suministros de la CChC**, así como casos particulares de proveedores de las obras no asociados a **CChC**, de forma tal de tener representada la partida correspondiente de análisis.

Se formaron mesas de trabajo por cada proyecto estudiado. En cada mesa, se distribuyeron las empresas proveedoras según partida asociada y de forma homogénea en todos los proyectos, siempre que la cantidad y variedad de proveedores lo permitiera (puede haber casos en que la cantidad de proveedores participantes no cubre la cantidad de veces que se repite una partida por proyecto, o lo contrario). Se incorporó al equipo el coordinador de proyecto quien posteriormente modeló las soluciones para ver su compatibilidad, ya sea por métodos tradicionales o BIM.

Etapa 3

Integración temprana de actores y soluciones

En las mesas de trabajo participaron:

- Representantes de los **comités de Especialidades, Industriales y Proveedores CChC**
- Representantes de las **inmobiliarias y constructoras**
- Representantes de la directiva del **área Suministros de la CChC**
- Representantes de **CDT** (en caso de vivienda de extensión) e **IDIEM** (en caso de vivienda en altura)
- Desarrollo **BIM** para modelar las soluciones que impactaban en plazo (sólo en caso del estudio en extensión)

Se realizó una reunión *kick off*, con el propósito de introducir a los participantes de las mesas de trabajo en los alcances y objetivos del estudio, así como a la metodología de trabajo de las mesas.

Las líneas de trabajo para la optimización de las problemáticas analizadas deberán seguir los focos señalados en el esquema presentado y descrito a continuación:





El esquema indica que existe una serie de problemáticas u oportunidades de mejora de productividad en proyectos de construcción asociados a suministros y que se presentan en todo tipo de obra: problemas de abastecimiento, estandarización de soluciones y la industrialización, que representan los ejes de trabajo del proceso de análisis de soluciones o propuestas para mejorar un determinado problema identificado en el estudio.

A la vez, existen otros ejes transversales a los ya señalados, que son la planificación y la gestión de recursos humanos, que trascienden a todas las líneas de trabajo para la mejora de productividad.

De esta manera, toda solución propuesta tendrá asociados en su formulación componentes de planificación y/o gestión de recursos humanos, además de sus cualidades técnicas específicas.

Etapa 3

Integración temprana de actores y soluciones

E 3.3 Desarrollo de Mesas de Trabajo por proyecto

En conjunto con el Comité Ejecutivo, se definieron las empresas que participaron en los talleres de integración temprana de actores.

En el caso de vivienda en extensión se formaron 3 mesas de trabajo, 1 por cada proyecto, las cuales abordaron de forma separada los análisis de partidas de obra gruesa y terminaciones. Sin embargo, en el caso de vivienda en altura, se establecieron 3 mesas de trabajo de

acuerdo a las partidas a intervenir y los casos de estudio elaborados, 1 para cada etapa del proyecto: obra gruesa, instalaciones y terminaciones.

Los talleres de trabajo se desarrollaron en las dependencias de la **CChC**, en 6 sesiones en el caso de vivienda en extensión, y 4 sesiones, en el caso de viviendas de altura, todas ellas de aproximadamente 5 horas de duración, siguiendo una dinámica de trabajo similar, con ciertas diferencias según el cronograma siguiente:

Vivienda en extensión

Sesión 1	Kick off y presentación de Línea Base de los proyectos
Sesión 2	Análisis soluciones propuestas proveedores
Sesión 3	Análisis soluciones propuestas proveedores
Sesión 4	Análisis soluciones propuestas proveedores
Sesión 5	Revisión de alternativas propuestas y factibilidad
Sesión 6	Propuestas finales

Vivienda en altura

Sesión 1	Identificación de oportunidades
Sesión 2	Propuesta de soluciones
Sesión 3	Identificación de la Línea Base
Sesión 4	Propuesta de valor y plan de implementación

E 3.4 Generación de propuestas de mejoras y análisis

En las distintas mesas de trabajo se desarrollaron a nivel de modelación teórica, soluciones que permitieran mejorar la productividad de los proyectos y que generaran:

- Reducción en los costos
- Menor plazo de ejecución
- Menos trabajo rehecho

Para ello, se analizaron en las mesas las brechas de productividad levantadas en las obras, con profesionales de las empresas ejecutoras del proyecto, que enfocaban a los equipos participantes en soluciones prácticas, realizables, con un plan concreto de implementación y que permitieran a los proveedores del **área Suministros de la CChC**, mostrar las mejoras que podrían aportar en la optimización de soluciones.

Las soluciones propuestas se enfocaron en cumplir con los siguientes requerimientos:

- Desarrollarse bajo el principio de la integración temprana de actores.
- Deben incluir su respectivo plan de implementación.
- No pueden introducir cambios al diseño del proyecto (producto “de cara al cliente”).
- Deben mantener o mejorar las condiciones de seguridad y sustentabilidad respecto a la situación base.

E 3.5 Definición de soluciones optimizadas y valorizadas

El procedimiento para la optimización de una solución está constituido por 3 componentes principales:

- Efecto en el costo directo de la partida
- Efecto de la reducción del trabajo rehecho
- Efecto en la disminución de los plazos de ejecución

Luego de cuantificados estos efectos, se suman y se ponderan por la incidencia de la partida en el presupuesto de la obra, obteniendo así el impacto final de la solución respecto al presupuesto total.

Etapa 3

Integración temprana de actores y soluciones

Efecto en el costo directo de la partida

Se analiza el efecto de la solución, en el análisis de precio unitario (APU) de la partida, incorporando las variaciones de cantidades y de precios, tanto de la mano de obra como de los subcontratos, materiales y maquinarias que considera dicha partida.

A partir de estas variaciones se genera un nuevo análisis de precios unitarios (APU) asociado a la solución propuesta por la mesa de trabajo integrada.

Efecto de la reducción del trabajo rehecho

El efecto en calidad de la solución fue calculado como el potencial ahorro en el costo directo de la partida, debido a la reducción del trabajo rehecho y la disminución de fallas de posventa que aportaba dicha solución.

La cuantificación de estas reducciones modifica el APU de la partida, en base a la información entregada por los proveedores.

Efecto en la disminución de los plazos de ejecución

Corresponde a la cuantificación de la eventual disminución de los plazos de ejecución de la obra, debido al impacto de la aplicación de la solución. Esta disminución se refleja en un ahorro de costos de gastos generales de la obra.

En particular en el estudio en extensión, se utilizó modelación BIM de las viviendas para el cálculo del impacto global de las soluciones optimizadas, en el plazo del proyecto.



E 3.6 Generación de informe final con impacto en costo y plazo

Muchas de las soluciones desarrolladas durante las mesas de trabajo, no generaron como balance final un ahorro en el proyecto o una disminución de plazo, por lo que fueron desechadas respecto de la solución optimizada. Sin embargo se hace notar que estas modelaciones se realizan sobre la base de proyectos en ejecución, por lo cual la posibilidad de impacto se reduce respecto a implementarlas en forma más temprana aún.

De todas las soluciones optimizadas desarrolladas durante los talleres, se seleccionaron aquellas que cumplían con el principio de desarrollar beneficios en ahorros de costo, plazo y calidad combinados. Junto con esto se determinó el beneficio de aplicar conjuntamente aquellas soluciones que resultaban compatibles de implementar en un mismo proyecto. El cálculo del beneficio en términos de costo y plazo se realizó tomando como base el costo y plazo del programa de la situación sin soluciones implementadas. Al término del período de optimización por las mesas, se generó un documento con la solución final definida y su simulación de ahorro posible.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados específicos de cada estudio, vivienda en extensión y vivienda en altura, haciendo notar que cada vez que se aplique la metodología de integración temprana, habrá resultados distintos, partidas definidas para el proyecto que son sujetas a mejora desde el foco de la productividad.

La participación de los profesionales de obra, sumado a la experiencia de los proveedores respecto a las soluciones que ellos ofrecen, generan un sinnúmero de oportunidades de mejorar los proyectos, incluso después de iniciada la construcción del proyecto. A continuación se presentan las soluciones específicas propuestas para los proyectos, sin identificar en cuál de ellos se podrían aplicar:

5.1 Resultados en edificaciones en extensión

Selección de soluciones propuestas

A continuación, se muestra en detalle las soluciones propuestas por las mesas de trabajo para los diversos problemas identificados y clasificados durante el estudio de productividad y levantamiento documental. Esta lista es la base del análisis posterior y la optimización que permitirá cuantificar las mejoras. Se hace notar que surgen en distintos proyectos, por ende no hay un orden establecido en los listados que se muestran a continuación.

Soluciones propuestas para obra gruesa

N°	PARTIDA	OPORTUNIDAD	PROPUESTA DE MEJORA
1	ALBAÑILERÍA	Pérdida de materiales y trabajos rehechos por mala ejecución. Proveedor entrega cantidad de ladrillos no soluciones constructivas	Participar de cubicación y modulación de ladrillos, revisión y ajuste de planos de ejecución de albañilería
2	ENFIERRADURA Muros y losas	Errores en ejecución de enfierraduras	Reemplazar armado de enfierraduras con elementos electrosoldados, predimensionados y cortados
3	ENFIERRADURA Radier	Errores en ejecución de enfierraduras	Reemplazar fundaciones actuales y radier (enfierradura tradicional) por losa de fundación de hormigón con fibra de acero (sujeto a cambio normativo)
4	ENFIERRADURA Losas y Vigas	Pérdidas en los despuntes de los fierros	Comprar fierros en largos optimizados v/s medida de 12m, para evitar pérdidas
5	HORMIGÓN	Sobredimensionamiento de pedidos anticipados de hormigón, ocupan capacidad de planta para atender otros proyectos lo cual encarece costos	Ajustar cubicaciones a la realidad desde obra para que los pedidos sean cercanos a los requerimientos reales. Incorporar cláusulas de contrato para regular esta práctica
6	HORMIGÓN	Incumplimiento en los despachos del hormigón	Control desde obra de causas de sobre estadía. Incorporar cláusulas de contrato para regular esta práctica

Soluciones propuestas para obra gruesa

N°	PARTIDA	OPORTUNIDAD	PROPUESTA DE MEJORA
7	HORIMIGÓN	Incumplimiento en los despachos del hormigón	Plataforma donde cliente visualiza la demanda de pedidos de hormigón en el horario de solicitud
8	HORIMIGÓN	Pérdidas de hormigón	Control de pérdidas de hormigón y ajuste de cubicaciones en pedidos (camiones completos o incompletos)
9	HORMIGÓN	Incumplimiento en los despachos del hormigón	Hormigonar en horarios contrarios a la demanda. Incorporar cláusula en los contratos
10	HORMIGÓN	Problemas de ejecución y nidos en hormigón	Hormigón autocompactante en vez de hormigón tradicional
11	IMPERMEABILIZACIÓN Muros	Humedad en capas inferiores de muros por capilaridad, pese a colocación de producto original	Cambiar producto por uno de mejor desempeño
12	MOLDAJES	Desarme de juegos de moldajes durante la ejecución del proyecto, generando pérdidas de tiempo buscando piezas específicas	Diseño de un set de moldajes como base a todos los diseños de casa, con expansiones para cada modelo diferente
13	MOLDAJES	Proveedor define la modulación, pero luego despacho no retroalimenta a proyecto faltas de stock de algunos elementos y se despachan soluciones incompletas	Se propone un sistema o software que cruce disponibilidad de stock, con requerimiento de proyecto, para las necesidades de la obra de acuerdo al plano generado
14	MOLDAJES	No se tiene optimizada la secuencia de uso de moldajes	Participar en modulación y definición de juegos de moldajes, junto a equipo de obra al inicio del proyecto

Soluciones propuestas para obra gruesa

N°	PARTIDA	OPORTUNIDAD	PROPUESTA DE MEJORA
15	MOLDAJES	No se tiene optimizada la secuencia de uso de moldajes	Trabajo conjunto entre proveedor de hormigones y moldaje para dar solución a elementos bien ejecutados
16	TECHUMBRE	Minimizar pérdidas	Realizar la optimización del diseño (cálculo) de cada cercha, para reducir costos por material
17	GENERAL	En modulaciones de moldajes proveedor interviene en definición de cantidad de juegos para cumplir la secuencia, ese requerimiento es indicado por obra	Hacer partícipe a proveedor en la modulación, definir cantidad de material etc.
18	GENERAL	Problemas de comunicación, coordinación y cumplimiento entre proveedor, distribuidor y contratista	Generar flujos de procesos desde el requerimiento de un producto hasta la entrega en obra, identificando etapas y tiempos de duración o respuesta de cada etapa, cuándo interactúan con constructoras, distribuidores o subcontratos
19	GENERAL	Bodegueros no cumplen con el buen acopio de materiales y control de stock adecuado	Trabajar propuesta de capacitación de bodegueros en aspectos multidisciplinarios de controles de stock, almacenamientos, etc.

Soluciones propuestas para terminaciones

N°	PARTIDA	OPORTUNIDAD	PROPUESTA DE MEJORA
1	PINTURAS	Pinturas no logran cobertura esperada para el proyecto	Pintura de una mano, un producto en prueba (aún no sale a mercado)
2	VENTANAS	Vanos no cumplen medidas y se tiene que rectificar	Estandarización de medidas de ventanas
3	TABIQUERÍAS	Problemas de ritmo en tabiquerías	Utilizar elementos prefabricados en shafts, vigones, cenefas, etc.
4	PUERTAS	Pérdidas de material, tiempo y daño en material por armar las puertas en proyecto	Puertas precolgadas
5	PUERTAS	Medidas de vanos no es estándar ni queda ejecutado de acuerdo a planos, obligando a colocar puertas con diferencias de medidas para suplir este error	Estandarización de medidas de puertas
6	YESO	Malos rendimientos en colocación de yeso y excesos de pérdidas de materiales	Yeso proyectado
7	CERÁMICAS	Problemas de adherencia y soplado de cerámicas	Uso de adhesivo nivelador en vez de mortero nivelador más adhesivo
8	MUEBLES	Problemas de ritmo en ejecución de muebles	Muebles predimensionados para un fácil armado (kit)
9	MUEBLES	Armado de muebles en obra es complicado	Traer muebles prearmados e instalados por proveedor
10	MUEBLES	En un proyecto existen muchos tipos de muebles para un mismo recinto en diferentes modelos de casas	Estandarización de medidas y formas de los muebles entre proyectos

Soluciones propuestas para terminaciones

N°	PARTIDA	OPORTUNIDAD	PROPUESTA DE MEJORA
11	PINTURAS	EE.TT. son deficientes o muy generales y contratistas no siempre tienen capacidad para evaluar pertinencia de las mismas al proyecto	Metodología de ejecución incorporando a proveedor en definición de esquemas de pintura desde las EE.TT. originales
12	MUEBLES	Interrupciones en flujo de ejecución de muebles (por interacción constructora -subcontrato - proveedor)	Incorporar al proveedor desde el inicio del proyecto, con los planos, cubicaciones, participando del costeo, apoyando en logística y estandarización para luego coordinar con instalador la ejecución
13	MUEBLES	Proveedor no participa en la ejecución de los muebles, el que lo realiza es el subcontrato de instalación de muebles	Incorporar al instalador de la programación de los muebles
14	MUEBLES	Desconocimiento de los trabajadores responsables de la instalación	Realizar capacitación, faltan equipos especializados de instalación (lo podría asumir el proveedor)
15	PINTURAS	Desconocimiento de los trabajadores responsables de la aplicación	Mejorar la aplicación de pinturas con pilotos o capacitación en obra
16	VENTANAS	Daño en marcos y vidrios de ventanas	Aplicación de films en marcos desde fabrica
17	VENTANAS	Falta coordinación en los despachos de ventanas de acuerdo a los requerimientos de obra	Coordinación de despacho en kit acorde a necesidades de obra y no despacho por tipo

Soluciones propuestas para terminaciones

N°	PARTIDA	OPORTUNIDAD	PROPUESTA DE MEJORA
18	CERÁMICAS	Problemas de ejecución de la partida cerámica asociados al pegamento	Certificación de mano de obra en aplicación de productos
19	CERÁMICAS	Problemas de tonos de cerámica	Entrega de kits por casa
20	VENTANAS	Rasgos no quedan ejecutados de acuerdo al proyecto	Utilización de premarcos
21	GENERAL	Diferentes metas entre proveedor y constructora interfieren en la buena ejecución de las soluciones	Se propone transparentar procedimiento de proveedores con constructoras para efectos de logística, abastecimiento, planificación y coordinación de materiales, metas comunes
22	GENERAL	Comunicación de los proveedores es entre jefe de ventas y jefe de adquisiciones empresa, ninguno participa en la operación y ejecución de las soluciones en obra, no se retroalimenta las problemáticas operacionales o de abastecimiento	Generar una instancia en que constructora presente problemáticas y requerimientos del proyecto para que sean solucionados con propuestas por los proveedores, información que debe ser utilizada al momento de cerrar los contratos
23	GENERAL	Daños en elementos de terminaciones (puertas, ventanas, mueble, etc.)	Protección de todos los elementos de terminaciones desde el traslado, instalación y entrega a propietario final



Soluciones valorizadas en edificaciones en extensión

Se realizó una selección de aquellas partidas cuya información disponible permitía realizar un cálculo de variaciones de precios en presupuesto y de los plazos de ejecución. Además, se evaluó el efecto de la implementación de la mejora propuesta para cada una de ellas y no obstante se evaluaron todas las soluciones propuestas en cada mesa, se seleccionaron aquellas que generaban una reducción neta en costo directo, por efecto en el precio unitario o por reducción de trabajo rehecho. En resumen, el resultado del análisis se muestra en la tabla a continuación, en ella se indican:

- **Impacto en costo directo del presupuesto:** correspondiente a la variación porcentual específica generada en la partida intervenida con una mejora puntual en su APU.
- **Impacto en costo directo de reducción del trabajo rehecho:** correspondiente a la variación porcentual específica generada en la partida intervenida con una mejora puntual, de los efectos en la reducción de trabajos rehechos, valorados en función del costo directo.
- **Impacto en gastos generales:** valorización de la reducción del plazo de ejecución de una partida debido a la implementación de una mejora específica. Sólo se consideran aquellos casos en que la partida pertenece a la ruta crítica.
- **Incidencia individual en costo de la partida:** sumatoria de variaciones anteriores (ya que todas están cuantificadas en función del costo directo).

Se seleccionaron las siguientes mejoras:

N°	PARTIDA	UBICACIÓN	PROPUESTA DE MEJORA	IMPACTO EN COSTO DIRECTO DEL PPTO. (A)	IMPACTO EN COSTO DIRECTO DE REDUCCIÓN DEL TRABAJO RE HECHO (B)	IMPACTO EN GASTOS GENERALES (C)	INCIDENCIA INDIVIDUAL EN COSTO DE LA PARTIDA A+B+C
1	ENFIERRADURA	Muros y Losas	Reemplazar armado de enfierraduras con elementos electrosoldados, predimensionados y cortados	11,9%	1,5%	1,9%	15,3%
2	ENFIERRADURA	Radier	Reemplazar fundaciones actuales y radier (enfierradura tradicional) por losa de fundación de hormigón con fibra de acero (sujeto a cambio normativo)	23,1%	0,0%	0,0%	23,1%
3	MOLDAJE	Muros, losas y vigas	Diseño de un set de moldajes como base a todos los diseños de casa, con expansiones para cada modelo	4,9%	0,0%	0,0%	4,9%
4	ALBAÑILERÍA	Muros	Participar de cubicación y modulación de ladrillos, revisión y ajuste de planos de ejecución de albañilería	4,3%	0,0%	0,0%	4,3%

Se seleccionaron las siguientes mejoras:

N°	PARTIDA	UBICACIÓN	PROPUESTA DE MEJORA	IMPACTO EN COSTO DIRECTO DEL PPTO. (A)	IMPACTO EN COSTO DIRECTO DE REDUCCIÓN DEL TRABAJO RE HECHO (B)	IMPACTO EN GASTOS GENERALES (C)	INCIDENCIA INDIVIDUAL EN COSTO DE LA PARTIDA A+B+C
5	PINTURAS	Todas	Pintura de una mano, un producto en prueba (aún no sale a mercado)	15,2%	0,0%	4,1%	19,3%
6	VENTANAS	Todas	Estandarización de medidas de ventanas	7,1%	0,0%	0,0%	7,1%
7	TABIQUERIAS	Shaft, vigones, cenefas	Utilizar elementos prefabricados en shafts, vigones, cenefas	22,9%	0,0%	0,0%	22,9%
8	PUERTAS	Todas	Puertas precolgadas	5,1%	0,0%	12,8%	17,9%
9	PUERTAS	Todas	Estandarización de medidas de puertas	1,7%	1,0%	0,0%	2,7%



Los datos anteriores evidencian que aquellas mejoras relacionadas con la prefabricación o que incorporan productos innovadores, tienen una alta incidencia en la reducción del costo de la partida individual, y también en su plazo de ejecución.

También aparecen soluciones de impacto moderado en el costo de la partida, pero que resultan relevantes desde el punto de vista de mejorar los plazos de ejecución del proyecto.

Una vez completado el análisis de cada solución, obteniendo su efecto tanto en costo directo de la partida, como en la reducción del trabajo rehecho y el impacto en plazos del proyecto; se suman estos tres ejes de análisis y se ponderan por la incidencia de la partida en el presupuesto total de la obra.

De esta manera se tiene una lista de soluciones con su impacto, proporcional a la incidencia de cada solución en el presupuesto total del proyecto.

Soluciones optimizadas y compatibles

Finalmente, del total de 9 soluciones disponibles se seleccionaron aquellas compatibles en una misma unidad de vivienda, resultando 8 soluciones a través de las cuales se determinó el impacto global del estudio.

En particular, se mantuvo la optimización de la albañilería, sacando la optimización del moldaje que aplica en caso de viviendas de hormigón armado.

Resultados vivienda en extensión

N°	PARTIDA	PROPUESTA DE MEJORA	INCIDENCIA INDIVIDUAL EN COSTO DE LA PARTIDA	INCIDENCIA DE LA PARTIDA EN EL PPTO. TOTAL	INCIDENCIA DE LA MEJORA EN COSTO CON RESPECTO AL PPTO. TOTAL
			A	B	A x B
1	ENFIERRADURA Muros y losas	Reemplazar armado de enfierraduras con elementos electrosoldados, predimensionados y cortados	15,3%	5,6%	0,9%
2	ENFIERRADURA Radier	Reemplazar fundaciones actuales y radier (enfierradura tradicional) por losa de fundación de hormigón con fibra de acero (sujeto a cambio normativo)	23,1%	3,5%	0,8%
3	ALBAÑILERÍA Muros	Participar de cubicación y modulación de ladrillos, revisión y ajuste de planos de ejecución de albañilería	4,3%	6,4%	0,3%
4	PINTURAS	Pintura de una mano, un producto en prueba (aún no sale a mercado)	19,3%	8,1%	1,6%
5	VENTANAS	Estandarización de medidas de ventanas	7,1%	7,4%	0,5%
6	TABIQUERIAS	Utilizar elementos prefabricados en shafts, vigones, cenefas	22,9%	0,4%	0,1%
7	PUERTAS	Puertas precolgadas	17,9%	4,6%	0,8%
8	PUERTAS	Estandarización de medidas de puertas	2,7%	4,6%	0,1%
TOTAL, INCIDENCIA DE PARTIDAS MODELADAS (EN PRESUPUESTO Y REDUCCIÓN DE COSTOS)				40,6%	5,1%

Las soluciones que presentaron un mayor beneficio resultaron ser las que intervenían en las partidas de la etapa de terminaciones, especialmente por el alto impacto de la partida de pinturas.

En el caso de las partidas de obra gruesa, las de mayor impacto resultan ser las que se relacionan con las enfierraduras, reemplazando por ejemplo, el armado en obra por mallas electrosoldadas.

Se hace notar que se consideran soluciones propuestas durante las mesas de trabajo colaborativas, que requieren cambios normativos, o aprobaciones de productos que se encuentran aún en pruebas. Ellas surgieron de la experiencia de uso en países industrializados, entendiendo que en el futuro próximo podrían ser aplicadas en Chile.

Impacto en plazo

Aplicando modelación BIM a un tipo de casa seleccionado aleatoriamente, considerando cuatro de las mejoras propuestas que eran las que impactaban directamente en el plazo de ejecución de la vivienda, **se obtuvieron 11 días hábiles de adelanto de la casa mejorada**, respecto de la ejecución de la casa sin modificaciones. Las mejoras consideradas en esta modelación BIM teórica fueron: enfierradura prearmada, mallas electrosoldadas, puertas precolgadas y pintura de una mano.

En resumen, se optimizaron soluciones para un **40,6% del presupuesto, obteniéndose una mejora del 5,1% del costo directo y una reducción de 11 días hábiles en el plazo del proyecto de vivienda en extensión.**



Estudio de productividad vivienda en extensión



(*) sujeto a cambio normativo

(**) producto en pruebas

5.2 Resultados en edificaciones en altura

Selección de soluciones propuestas

A continuación, se muestra en detalle las soluciones propuestas por las mesas de trabajo para los diversos problemas identificados y clasificados durante el estudio de productividad y levantamiento documental. Esta lista es la base del análisis posterior y la optimización que permitirá cuantificar las mejoras. Se hace notar que surgen en distintos proyectos, por ende no hay un orden establecido en los listados que se muestran a continuación.



Soluciones propuestas para obra gruesa

Código	PARTIDA	OPORTUNIDAD	PROPUESTA DE MEJORA
OG-1	HORMIGÓN	Mejorar la coordinación del abastecimiento externo de materiales. Reducir pérdidas económicas y de tiempo por retrasos de despacho de hormigones	Minimizar tiempos de espera de suministro del hormigón a través de una plataforma para la coordinación con el proveedor. Aumentar el cumplimiento de tiempo de despacho de hormigones
OG-2.1	ENFIERRADURA	Redefinir procesos constructivos de las partidas de hormigonado y enfierradura	Modificación de enfierraduras de losas y muros (de A630 a AT56 en losas y a A630S en muros). Para el armado de elementos se considera la utilización de mallas prearmadas con fijación electrosoldadas de barras

Soluciones propuestas para obra gruesa

Código	PARTIDA	OPORTUNIDAD	PROPUESTA DE MEJORA
OG-2.2	ENFIERRADURA	Redefinir procesos constructivos de las partidas de hormigonado y enfierradura	Modificación de enfierraduras preparadas en obra por enfierradura prearmada de forma industrial y despachada <i>Just in time</i>
OG-2.4	ENFIERRADURA	Redefinir procesos constructivos de las partidas de hormigonado y enfierradura	Modificar el acero utilizado en la enfierradura por uno de mayor fluencia (520 MPa) y, por lo tanto, de mayor resistencia. De esta forma se busca reducir cuantía de acero que requieren los elementos estructurales del edificio
OG-3.1	HORMIGÓN	Evitar las reparaciones y rehacer trabajos. Redefinir procesos constructivos de las partidas de hormigonado	Uso de hormigón autocompactante en el hormigonado de la estructura. De este modo se agiliza el proceso, se reduce el requerimiento de mano de obra y se logra un mejor acabado. Óptima terminación de la superficie de los elementos de hormigón beneficia las faenas posteriores, tanto de reparaciones como de enlucidos y revestimientos
OG-3.2	MOLDAJES HORMIGÓN	Evitar las reparaciones y rehacer trabajos. Redefinir procesos constructivos de las partidas de hormigonado	Uso de hormigón autocompactante en el hormigonado de la estructura, junto con el uso de moldajes monolíticos. Se reduce mano de obra y se logra un mejor acabado. Disminución de reparaciones y partidas de enlucidos y revestimientos
OG-4	ENFIERRADURA MOLDAJE HORMIGÓN	Evitar las reparaciones y rehacer trabajos. Redefinir procesos constructivos de las partidas de hormigonado. Incorporar elementos prefabricados y sistemas industrializados en los procesos constructivos de obra	Incorporar prelosas de hormigón pretensado que cumplan con las EE.TT. Del proyecto (en coordinación con calculista). Se reducen las faenas que se tienen que ejecutar en obra. Se reduce el requerimiento de mano de obra

Soluciones propuestas para terminaciones

Código	PARTIDA	OPORTUNIDAD	PROPUESTA DE MEJORA
INST-1	TABIQUERÍAS INST. ELÉCTRICAS	Mejorar la logística interna referido a la gestión del personal y de los materiales	Implementar kit de materiales de tabiquería por pisos (placas estructuras, estructuras, tornillo, aislación, tratamientos, canalización y yeso)
INST-2	TABIQUERÍAS	Mejorar e implementar métodos y procedimientos de trabajo. Mejorar la logística interna referido a la gestión del personal y de los materiales	Implementación de shaft prefabricado. De este modo se optimiza el uso de materiales y se reducen los residuos generados
TT-1.1	CERÁMICAS	Mejorar la coordinación del abastecimiento de materiales con proveedores	Generar kit de materiales para partida de cerámica por piso
TT-1.2	PINTURAS	Mejorar la coordinación del abastecimiento de materiales con proveedores	Generar kit de materiales para partida de pintura por piso
TT-2.1	CERÁMICAS	Capacitar técnicamente a todos los involucrados en la instalación, desde la línea de supervisión a los instaladores. Mejorar la coordinación para una correcta confección de EE.TT. Con todos los actores involucrados en los procesos constructivos. Mejorar y asegurar la calificación de la mano de obra	Especializar y capacitar a cuadrilla de instalación y línea de supervisión para reducir la cantidad de trabajos rehechos. Certificación de cuadrilla de instalación avalada por algún ente certificador. Supervisión de coordinador técnico de EE.TT. apoyado por el uso de software de soporte de gestión

Soluciones propuestas para terminaciones

Código	PARTIDA	OPORTUNIDAD	PROPUESTA DE MEJORA
TT-2.2	PINTURAS	Capacitar técnicamente a todos los involucrados en la instalación, desde la línea de supervisión a los instaladores. Mejorar la coordinación para una correcta confección de EE.TT. Con todos los actores involucrados en los procesos constructivos. Mejorar y asegurar la calificación de la mano de obra	Especializar y capacitar a cuadrilla de instalación y línea de supervisión para reducir la cantidad de trabajos rehechos. Certificación de cuadrilla de instalación abalada por algún ente certificador. Supervisión de coordinador técnico de EE.TT. apoyado por el uso de software de soporte de gestión
TT-3.1	CERÁMICAS	Mejorar la supervisión y acompañamiento de los distintos procesos constructivos	Asistencia técnica de obra por parte de proveedores en la partida de instalación de cerámica para reducir la cantidad de trabajos rehechos
TT-3.2	PINTURAS	Mejorar la supervisión y acompañamiento de los distintos procesos constructivos	Asistencia técnica de obra por parte de proveedores en la partida de pintura para reducir la cantidad de trabajos rehechos

Soluciones valorizadas en edificaciones en altura

Se realizó una selección de aquellas partidas cuya información disponible permitía realizar un cálculo de variaciones de precios en presupuesto

y de los plazos de ejecución. El resumen del análisis de los beneficios de las soluciones desarrolladas en los talleres, se muestran en la tabla siguiente:



Se seleccionaron las siguientes mejoras:

		% BEN. CD SOL.	% BEN. X IMP. PROG.	% BEN. TOTAL SOL.	% INC. PART. EN PPTO	% IMP. PPTO	% IMP. PLAZO PART.	% IMP. PLAZO OBRA
Código	SOLUCIÓN	(A)	(B)	(A+B)	(C)	(A+B) X (C)	(D)	(E)
OG-1	Hormigón "Just in time"	-4,00%	6,80%	2,70%	5,10%	0,14%	22,00%	2,80%
OG-2.1	Modificación de enfierraduras de losas y muros (de A630 a AT56 en losas y a A630S en muros). Combinado con fierros con cortado y doblado industrial	1,40%	20,40%	21,90%	5,70%	1,25%	19,50%	2,50%
OG-2.2	Modificación de enfierraduras preparadas en obra por enfierradura industrializada	2,10%	10,20%	12,40%	5,70%	0,71%	9,80%	1,30%
OG-2.4	Barras grado 75 (fluencia 520 Mpa)	9,40%	10,20%	19,60%	5,70%	1,13%	9,80%	1,30%
OG-3.1	Hormigón autocompactante + moldaje tradicional	5,90%	5,10%	11,00%	5,10%	0,56%	9,80%	1,30%
OG-3.2	Hormigón autocompactante + moldaje monolítico	6,50%	19,80%	26,30%	9,50%	2,49%	39,00%	5,00%
OG-4	Elementos prefabricados de hormigón (prelosa)	-17,50%	23,20%	5,60%	10,70%	0,61%	29,30%	3,80%
INST-1	Kit de tabiquería por piso	10,90%	-	10,90%	2,90%	0,31%	-	-
INST-2	Sistema de shaft prefabricados por piso	16,00%	-	16,00%	0,20%	0,03%	-	-
TT-1.1	Generar kit de materiales para cerámica por piso	1,00%	-	1,00%	2,30%	0,02%	-	-
TT-1.2	Generar kit de materiales para pintura por piso	1,00%	-	1,00%	2,10%	0,02%	-	-
TT-2.1	Especialización de cuadrilla de instalación de cerámica	4,50%	-	4,50%	2,30%	0,11%	-	-
TT-2.2	Especialización de cuadrilla de instalación de pintura	12,20%	-	12,20%	2,10%	0,25%	-	-
TT-3.1	Asistencia técnica partida cerámica por piso tipo	12,70%	-	12,70%	2,30%	0,29%	-	-
TT-3.2	Asistencia técnica partida pintura por piso tipo	9,90%	-	9,90%	2,10%	0,20%	-	-

Soluciones optimizadas y compatibles

De las soluciones seleccionadas existen algunas que son excluyentes entre sí, es decir, la implementación de una solución no permite la implementación de otra. Por ejemplo, no es compatible la implementación conjunta de la solución de prelosas prefabricadas y el hormigonado in-situ de losas con hormigón autocompactante.

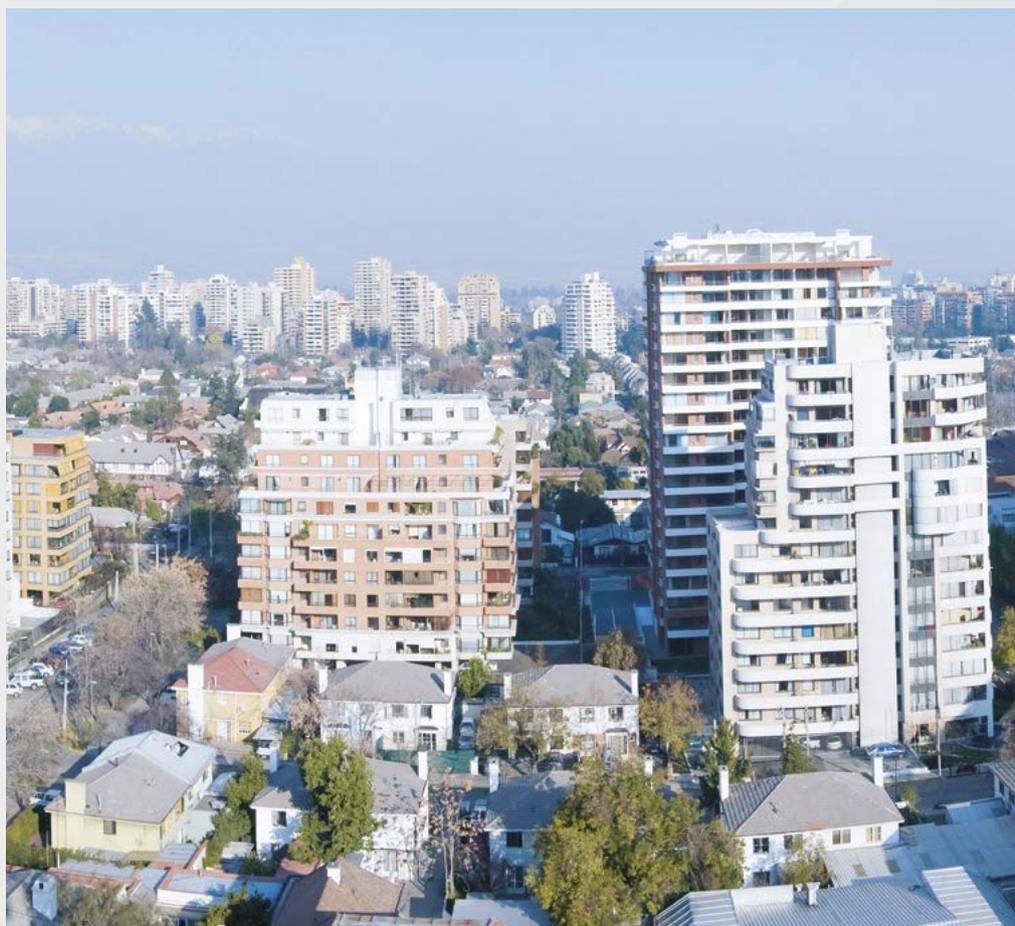
El conjunto óptimo de soluciones está compuesto por 6 soluciones, que se resumen en la tabla siguiente:

Considerando este factor, se confeccionó el portafolio óptimo de soluciones seleccionadas que registra el mayor beneficio combinado.



Resultados vivienda en altura

		BENEFICIO DE LA SOLUCION EN EL COSTO DIRECTO DE LA PARTIDA	INCIDENCIA DE LA PARTIDA EN EL PRESUPUESTO DE OBRA	INCIDENCIA RESPECTO AL COSTO DIRECTO TOTAL DE LA OBRA	REDUCCIÓN DEL PLAZO (DÍAS)
Código	DESCRIPCIÓN	(A)	(B)	(A x B)	(C)
OG-2.1	Modificación de enfierraduras de losas y muros (de A630 a AT56 en losas y a A630S en muros). Combinado con fierros con cortado y doblado industrial	21,90%	5,70%	1,25%	8
OG-3.2	Uso de hormigón autocompactante junto con moldajes monolíticos	26,30%	9,50%	2,49%	16
INST-1	Generar kit de tabiquería por piso	10,90%	2,90%	0,31%	-
INST-2	Sistema de Shaft prefabricado por piso	16,00%	0,20%	0,03%	-
TT-1.1	Generar kit de materiales para cerámica por piso	1,00%	2,30%	0,02%	-
TT-1.2	Generar kit para pinturas por piso	1,00%	2,10%	0,02%	-
TOTAL, INCIDENCIA DE PARTIDAS MODELADAS (EN PRESUPUESTO, REDUCCIÓN DE COSTOS Y PLAZOS)			22,60%	4,13%	24



Las soluciones que presentaron un mayor beneficio resultaron ser las que intervenían en las partidas de la etapa de obra gruesa. Parte del beneficio de las soluciones de obra gruesa se fundamenta en la reducción de los tiempos de ejecución que afectan la ruta crítica, de este modo se disminuyen los gastos de administración.

La solución que presentó el mayor beneficio resultó ser la solución que considera la incorporación del hormigón autocompactante y moldajes monolíticos en el proceso constructivo, considerando tanto su intervención en las partidas a las que se relaciona, como su impacto a nivel de presupuesto de obra.

En el caso de la etapa de instalaciones y terminaciones, las soluciones se basan principalmente en la conformación de kits, lo que permite optimizar materiales y reducir residuos. Este tipo de soluciones son de fácil implementación.

En resumen, **se optimizaron soluciones para un 22,6% del presupuesto, obteniéndose una mejora del 4,1% del costo directo y una reducción de 24 días en el plazo del proyecto de vivienda en altura.**

Estudio de productividad vivienda en altura



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

Finalizado el proyecto se puede destacar la importancia del trabajo colaborativo centrado en la optimización de la productividad del proyecto y que fuese realizado por proveedores, constructoras, inmobiliarias y distribuidores en etapas tempranas de un proyecto de construcción, con la adecuada coordinación técnica.

A través de este trabajo colaborativo, se ha logrado una mejora en todas las edificaciones que fueron modeladas y que se tradujo directamente en un impacto positivo tanto en los costos como en los plazos del proyecto, que se pueden resumir en:

Edificaciones en extensión

- Reducción del 5,1% del costo total del conjunto de partidas mejoradas
- Reducción de 11 días hábiles en el plazo del proyecto

Edificaciones en altura

- Reducción del 4,1% del costo total del conjunto de partidas mejoradas
- Reducción de 24 días hábiles en el plazo del proyecto

Las partidas optimizadas fueron aquellas que desde el punto de vista de la productividad, tenían brechas más considerables para abordar, por lo cual su incidencia en el resultado sería más relevante. Hay que tener en consideración que en los proyectos analizados, se observó un bajo nivel de industrialización y prefabricación en los procesos constructivos, por ello surgían desafíos interesantes de abordar siguiendo estas líneas.

Durante la modelación se van destacando soluciones en partidas que tienen una mayor incidencia en el presupuesto, las cuales deben ser abordadas con mayor atención, dado que cualquier impacto en mejora se traduce en una reducción posiblemente mayor del presupuesto.



Asimismo, soluciones innovadoras e industrializadas generan un alto impacto en los plazos, lo que obliga también a poner un mayor énfasis en su modelación, sin dejar de atender las partidas críticas del programa de obra.

Estas soluciones pueden en el futuro ser aplicadas en nuestro país (aprovechando experiencias de países industrializados), así como en el estudio se promueve el uso de soluciones sencillas y de fácil implementación, que surgieron desde la experiencia de los participantes en las mesas de trabajo.

El estudio también permitió la identificación de factores incidentes en la productividad y que son recurrentes en los proyectos de construcción de viviendas, los cuales se levantaron a través de mediciones en terreno, estudio documental y de la experiencia de los equipos de obra aplicada en las mesas de trabajo.

Este trabajo conjunto en las mesas generó un espacio en el cual se discutieron abiertamente las problemáticas de obra aplicando experiencia, conocimiento técnico y puntos de vista diferentes con un objetivo común, que era la mejora de productividad del proyecto, lo que favoreció la generación de una amplia gama de soluciones.

Hubo soluciones propuestas que al ser valorizadas, no se tradujeron en un beneficio final en costo, calidad, reducción de pérdidas o plazo del proyecto, lo cual no las hizo formar parte del cálculo de la solución optimizada, sin embargo son factibles de ejecutar en otros proyectos.

Sin duda que para el éxito de este tipo de estudios se debe partir de una base histórica que permita el análisis de las brechas de productividad de los proyectos terminados, por lo que es fundamental que las empresas constructoras cuenten con registros detallados de fallas de calidad, rendimientos de partidas, sobrecostos por trabajos rehechos, historial de posventa, logística de suministros, cumplimientos e incumplimientos de la planificación, entre otros aspectos, que faciliten los análisis de mejora en las partidas que realmente incidirán en un aumento de la productividad.

La colaboración de los participantes de las mesas de trabajo fue de forma voluntaria, con el interés de demostrar la importancia de su incorporación temprana previa a la liberación del proyecto para construcción, con el fin de aportar con soluciones innovadoras y optimizadas en base a su experiencia.

Finalmente, se destaca que en el caso de edificaciones en extensión la solución optimizada considera 8 soluciones cuya incidencia conjunta en presupuesto era algo superior al 40%, para el caso de edificaciones en altura se modelaron 6 soluciones que representan una incidencia algo superior al 22% del presupuesto, lo cual deja un interesante desafío para poder abordar un volumen mayor de partidas con un impacto aún más alto para el proyecto.

Es importante considerar que los resultados presentados no son directamente extrapolables, sino que van a depender de las condiciones particulares de cada proyecto analizado. Lo que sí es válido para cualquier proyecto, es que aplicando la metodología de integración temprana de proveedores en la cadena de suministros, sin duda se generarán optimizaciones que permitirán ahorros en costo, reducción de plazo, disminución de fallas de calidad, menos residuos, baja en reclamos de posventa, y aumento de la productividad en los proyectos.



Cámara Chilena de la Construcción
Av. Apoquindo 6750, Las Condes, Santiago - Chile
www.cchc.cl

ccbc

CAMARA CHILENA DE LA CONSTRUCCION

