



UNIVERSIDAD  
**MAYOR**

para espíritus emprendedores

Facultad de Ciencias

---

**CONSTRUCCIÓN  
CIVIL**

---

**COMPARATIVO DE CONSTRUCCIÓN EN PREFABRICADOS DE  
HORMIGÓN CON METODO DE ALBAÑILERIA, APLICADA A VIVIENDA  
UNIFAMILIAR EN CONJUNTOS HABITACIONALES EN LA ZONA  
CENTRO SUR DE CHILE.**

Proyecto de Título, para optar al Título de Constructor Civil.

Estudiante:  
José Iván Sanhueza Pérez.

Profesor Guía:  
Eliseo Herrera Núñez.

Fecha:  
Abril 2022

Santiago Chile.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Quiero agradecer a mis hijos, quienes siempre me apoyaron para lograr este objetivo, a José quien ya es un profesional, Ignacio quien cursa la educación superior, Renato que empieza la educación media, y que por cierto saben los sacrificios que hay que hacer para conseguir los objetivos de la vida. A mi hijo Diego a quien no tuve la dicha de verlo crecer pero que, siempre está en mis pensamientos.

Al profesor Eliseo Herrera, quien gentilmente me apoyo en este trabajo.

A los distintos profesores que durante la carrera nos apoyaron y dieron todo de si, para lograr el objetivo de finalizar el proceso educativo, sobre todo durante el transcurso de la pandemia.

Finalmente, a aquellos profesionales quienes gentilmente me resolvieron dudas y apoyaron en el transcurso de este trabajo.

SOLO USO ACADÉMICO

## RESUMEN

La zona centro sur de Chile, concentra una gran cantidad de población, y con ello una creciente demanda por vivienda y aumento del déficit cuantitativo, empujado en gran medida por los altos costos de acceso a la vivienda y los arriendos, que afecta en gran medida a familias de sectores medios y sectores vulnerables.

Por otro lado, si consideramos las grandes catástrofes naturales que ocurren cada cierto tiempo en el país, y que, hacen retroceder el avance en la reducción del déficit, requiere de respuestas y soluciones más ágiles a esta problemática.

Si bien es cierto, que existen subsidios gubernamentales para su acceso, no siempre estos, son rápidos y a menudo se utilizan sistemas constructivos tradicionales con plazos de entrega convencionales, que no hacen más que aumentar la espera.

La misión de iniciativas como Construye 2025, tienen como centro buscar la satisfacción de los usuarios, la sustentabilidad, la transformación de la industria incorporación y adopción de nuevas tecnologías constructivas, con la finalidad de fortalecer todo el ciclo de vida de las edificaciones.

En el presente estudio se analiza la conveniencia de utilizar un sistema prefabricado de paneles de hormigón por sobre el sistema tradicional de albañilería, el que es ampliamente preferido por las personas.

Para este objetivo se hará un recorrido por la industrialización de prefabricados de hormigón en el mundo y en nuestro país, comprender el déficit habitacional que afecta a la zona centro sur. Para posteriormente realizar la comparación en ambos sistemas constructivos en cuanto a costos, plazos y las ventajas de los prefabricados de hormigón y de su utilización en proyectos de viviendas unifamiliares.

**Palabras clave: Prefabricados de hormigón, Baumax, construcción, tiempo, costos.**

## **SUMMARY**

The central-southern area of Chile concentrates a large population, and with it a growing demand for housing and an increase in the quantitative deficit, largely driven by the high costs of access to housing and rents, which largely affects families in the middle and vulnerable sectors.

On the other hand, if we consider the major natural disasters that occur from time to time in the country, which set back progress in reducing the deficit, it requires more agile responses and solutions to this problem.

While it is true that there are government subsidies for access, these are not always quick and often traditional construction systems with conventional delivery times are used, which only increase the wait.

The mission of initiatives such as Construye 2025 is to seek user satisfaction, sustainability, transformation of the industry, incorporation and adoption of new construction technologies, with the aim of strengthening the entire life cycle of buildings.

This study analyses the convenience of using a prefabricated concrete panel system over the traditional masonry system, which is widely preferred by people.

For this purpose, a review will be made of the industrialisation of precast concrete in the world and in our country, in order to understand the housing deficit that affects the central-southern area. To then make a comparison of both construction systems in terms of costs, deadlines and the advantages of precast concrete and its use in single-family housing projects.

**Keywords: Precast concrete, Baumax, construction, time, costs.**

# INDICE

---

1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	13
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	13
3.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	13
4. MARCO TEORICO.....	14
4.1 PREFABRICADOS DE HORMIGÓN.....	14
4.2 CONCEPTO DE PREFABRICACIÓN.....	14
4.3 CONCEPTO DE INDUSTRIALIZACIÓN.....	15
4.4 HORMIGÓN PREFABRICADO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES.....	16
4.5 PROCESO DE FABRICACIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES INDUSTRIALIZADAS.....	16
4.6 ALGUNAS DESVENTAJAS DE LOS PREFABRICADOS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES.....	17
4.7 CONSTRUCCION EN ALBAÑILERIA.....	17
4.7.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ALBAÑILERIA.....	18
4.7.1.1 VENTAJAS.....	18
4.7.1.2 DESVENTAJAS.....	18
4.8 COSTOS.....	18
4.8.1 COSTO DIRECTO.....	20
4.8.2 COSTO INDIRECTO.....	20
4.9 PRESUPUESTO.....	21
4.10 TIEMPO.....	21
4.11 PERDIDAS.....	22
4.12 COSTOS DE CONSTRUCCIÓN EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES CON PREFABRICADOS DE HORMIGON.....	22
4.13 TIEMPO DE CONSTRUCCION EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES CON PREFABRICADOS DE HORMIGÓN.....	23
4.14 TECNOLOGIA BIM.....	23
5. ALCANCES Y METODOLOGÍA.....	23
6. ANTECEDENTES.....	25

6.1 PREFABRICADOS EN EL MUNDO.....	25
6.2 PREFABRICADOS EN CHILE.....	27
6.3 CARACTERISTICAS DE LOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN.....	30
6.4 CLASIFICACIÓN PREFABRICADOS DE HORMIGÓN.....	35
6.5 EMPRESAS DE PREFABRICADOS DE HORMIGÓN EN CHILE.....	35
6.6 INICIATIVA CONSTRUYE 2025.....	36
7. DEFICIT HABITACIONAL ZONA CENTRO Y CENTRO SUR DE CHILE.....	37
7.1. DEFICIT CUANTITATIVO.....	40
7.2. DESASTRES NATURALES.....	41
7.3. VIVIENDA SOCIAL INDUSTRIALIZADA EN CHILE.....	42
7.4 POLITICA DE GESTIÓN DE SUELO.....	42
7.5 DESAFIOS PARA EL DESARROLLO DE LA PREFABRICACION DE VIVIENDAS....	43
8 TECNOLOGIA BAUMAX.....	44
8.1 PROCESO DE FABRICACIÓN BAUMAX.....	44
8.1.1 ETAPA DE DISEÑO.....	45
8.1.2 PRODUCCIÓN.....	45
8.2. ETAPAS DE MONTAJE.....	50
8.3 SISTEMA DE UNIONES BAUMAX.....	53
8.4 PRODUCTOS DEL SISTEMA BAUMAX.....	56
8.5 INSTALACIONES.....	61
9. VIVIENDA A EVALUAR EN ESTE ESTUDIO.....	63
10. ANALISIS DE COSTO Y TIEMPO.....	65
10.1 ANALISIS DE COSTOS DIRECTOS.....	66
10.2 ANALISIS DE TIEMPO.....	67
10.3 ANALISIS DE COSTOS INDIRECTOS.....	67
11. CONCLUSIONES.....	69
ANEXOS.....	70
BIBLIOGRAFIA.....	91

## **INDICE DE FIGURAS**

---

Figura 1 - Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción.....	12
Figura 2 - Injerencia de los costos en las fases de un proyecto .....	19
Figura 3 - Relación duración - costo indirecto de una actividad.....	21
Figura 4 - Patente Eduard T. Potter 1889.....	25
Figura 5 - Edificio habitacional en Liverpool- John Brodie, 1904.....	26
Figura 6 - Construcción de edificios en Havre Francia, década 50' .....	26
Figura 7 - Edificios de hormigón prefabricado en la Habana .....	27
Figura 8 - Elevación típica Bloques KPD.....	28
Figura 9 - Fabrica KPD el belloto .....	28
Figura 10 - Carga de paneles Típicos KPD - El Belloto .....	29
Figura 11 - Ultima Obra KPD Departamentos Recoleta - Arq. Juan Verschueren.....	30
Figura 12 - Unión Típica - Structurapid Depetris .....	30
Figura 13 - Recubrimiento mínimo armaduras para hormigón prefabricado.....	31
Figura 14 - Muro doble con aislación .....	34
Figura 15 - Déficit habitacional 1996 - 2017 .....	39
Figura 16 - PIR de Chile con respecto a otros países.....	39
Figura 17 – instalación de perfiles magnéticos .....	46
Figura 18 - Proceso de hormigonado .....	47
Figura 19 - Proceso de alisado de paneles.....	48
Figura 20 - Cámara de curado .....	48
Figura 21 - Almacenamiento de paneles .....	49
Figura 22 - Equipo volteador de paneles VARIO TURN .....	50
Figura 23 - Transporte paneles prefabricados de hormigón.....	50
Figura 24 - Instalación de paneles.....	51
Figura 25 - Detalle unión de muros.....	52
Figura 26 - Instalación de paneles.....	53
Figura 27 - Unión muro a muro .....	54
Figura 28 - Unión radier muro .....	54
Figura 29 - Unión Muro Losa .....	55
Figura 30 - Tratamiento de Juntas.....	55
Figura 31 - Unión de losas Baumax .....	56

Figura 32 - Muro Simple con perforaciones para insertos .....	57
Figura 33 - Muro doble con instalaciones interiores y en obra .....	58
Figura 34 - Muro doble con parte central hormigonada.....	58
Figura 35 - Separación de muro y cimientos.....	59
Figura 36 - Vertido de hormigón en muro doble.....	60
Figura 37 - Losa .....	61
Figura 38 - Instalaciones Sanitarias .....	61
Figura 39 - Instalaciones Eléctricas .....	62
Figura 40 - Instalaciones eléctricas en muro de hormigón prefabricado.....	62
Figura 41 - Instalaciones Climáticas .....	63
Figura 42 – Plano de planta Vivienda propuesta .....	64
Figura 43 - Vivienda propuesta.....	65

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1 - Aspectos en la prefabricación de elementos .....	15
Tabla 2 - Factores de Industrialización .....	15
Tabla 3 - Importancia Relativa en etapas de un proyecto .....	19
Tabla 4 - Clasificación de resistencia al fuego hormigón armado .....	32
Tabla 5 - Exposición al fuego hormigón y temperaturas alcanzadas .....	33
Tabla 6 - Pérdida de resistencia de acuerdo a temperatura .....	33
Tabla 7 - Valores aislación acústico teórico ISO 717/1 .....	33
Tabla 8 - Empresas de elaboración de prefabricados .....	36
Tabla 9 - Tipos de viviendas zona centro sur - fuente observatorio urbano.....	37
Tabla 10 - Cantidad población zona centro sur Chile .....	38
Tabla 11 - Componentes del déficit habitacional cuantitativo .....	38
Tabla 12 - Déficit cuantitativo Zona Centro Sur.....	40
Tabla 13 - Proceso estimado de diseño Baumax.....	45
Tabla 14 - Valor M3 de prefabricado de hormigón.....	65
Tabla 15 - Comparación de presupuestos resumidos, Albañilería / Muro Doble.....	66
Tabla 16 - Duración ambos sistemas.....	67
Tabla 17 - Análisis de costos indirectos.....	67
Tabla 18 - Incidencias costos indirectos .....	68

## 1. INTRODUCCIÓN.

Los procesos constructivos son cada vez más exigentes y demandantes, la gestión y programación de obra juega un rol fundamental en el contexto de una buena planificación. Este proceso en sí, se vuelve crucial, pues coordinar la provisión de materiales, a las distintas unidades que participan en la obra, y a la vez ajustar los tiempos, se vuelve una tarea cada vez más compleja de ejecutar.

Es sabido que una planificación deficiente puede ocasionar pérdidas en una obra en construcción, que según Alarcón (2012) las clasifica en: Pérdidas en dinero, de materiales, por inactividad, por papeleo, por defectos etc. Por esto, se hace indispensable y fundamental contar con un buen análisis previo a variables como tiempo y costos de construcción.

Por lo general, la literatura de consulta disponible de esta problemática, se orienta a los grandes proyectos y corporaciones del área de la construcción, numerosos estudios realizados dan cuenta de esta situación (Cruz-Machado & Rosa 2007).

A partir de dicha problemática, La industrialización en la construcción viene a dar respuesta a las necesidades de vivienda y se concibe como el motor de la innovación tecnológica de la edificación y que impone una visión de la vivienda como un producto de calidad antes que un proceso como tal (Vargas, 2007).

¿Pero Por qué y para que industrializar?, la respuesta es, para aumentar el rendimiento de partidas de obras, bajar los costos y aumentar la calidad. Pues la producción se realiza en un entorno controlado con maquinarias, personal entrenado y con producción en serie, con ello se reducen notablemente los accidentes en obra. (Llorente 2016).

Alrededor del mundo, específicamente en países más desarrollados se encuentra ampliamente utilizado. Por ejemplo, en EEUU se concentra la mayor cantidad de la industria de construcción modular, seguida del Reino Unido, En España su uso ha ido ganando terreno cada vez más. (Llorente, 2016).

En América Latina, podemos citar la experiencia de Colombia que desde la década de los 90 utiliza la prefabricación de paneles de hormigón (Vargas, 2007).

En CHILE este proceso de industrialización se ha ido incorporando paulatinamente, desde hace 3 décadas como parte de la modernización del sector. Un ejemplo concreto se puede encontrar en algunos proyectos inmobiliarios, de conjuntos de departamentos. Ahí, las estructuras de baños son producidas y moduladas en plantas productivas con todas sus terminaciones y artefactos, para luego ser llevados a obra, para su posterior instalación y conexión a la red. Esto produce innumerables ventajas, pues en los baños, se generan muchos de partidas de obra, dada la gran cantidad de detalles a efectuar.

Por otra parte, en la zona central de Chile, habita el 73.55% de la población del país, esta zona presenta un creciente aumento del déficit habitacional cuantitativo de acuerdo al último censo del año 2017, influenciado en gran medida por el alto precio de las

viviendas y el valor del suelo (Campos 2021), que imposibilita a familias de ingresos medios y bajos el acceso a la vivienda, y con ello el aumento del hacinamiento.

De acuerdo con lo anterior, este proyecto de investigación pretende identificar los beneficios de la construcción prefabricada, específicamente en hormigón, aplicada a proyectos de viviendas unifamiliares en conjuntos habitacionales, en la zona centro sur de CHILE. En esta zona predominan edificaciones en Madera y Albañilería, con un 49% y 27% respectivamente, con una combinación de ambas en algunos casos (García y González, 2014).

En dicha zona se presentan condiciones climáticas que hacen favorable la utilización de prefabricados de hormigón, sobre todo en temporada de invierno, por lo que se puede aprovechar todas las ventajas de producir en ambientes controlados con una muy buena calidad, terminaciones, y en donde se puede alcanzar una velocidad de construcción superior al sistema tradicional.

Como dice La Rosa (2013), la construcción prefabricada aporta numerosos beneficios, como la automatización de tareas, velocidad de fabricación, alta productividad, y menor tiempo de producción, además de contar con procesos de montajes fáciles, precisas, no laboriosas con una menor generación de residuos en obra, disminuyendo así los plazos de entrega versus una construcción tradicional.

Tomando lo anterior en cuenta, este proyecto de investigación pretende llevar a cabo una comparación de una vivienda con paneles prefabricados de hormigón con una vivienda de construcción tradicional de albañilería, por ser un sistema al que se aprecia más por su apariencia resistente, de acuerdo a Sosa (1999) y la encuesta de la empresa Gemines Research realizada en junio de 2010 que evidencia que la materialidad preferida por los chilenos es la albañilería de ladrillos con un 86% de preferencias, frente a otras opciones como la madera.

Se comparará y se analizará de acuerdo a las siguientes variables: tiempo de ejecución y costos de construcción.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El crecimiento demográfico, implica un aumento de nuevas familias que requieren un espacio propio para desarrollarse como tal. Se estima que alrededor de 72 mil a 75 mil familias se forman cada año, lo que se traduce en que la demanda de viviendas aumente reflejando un déficit de 739.603 unidades en 2017, lo que representa un aumento de 13% con respecto a la medición del 2015 (Irrarázaval, 2019).

Por otra parte, en Chile, cada cierto tiempo se ve enfrentado y azotado por distintos desastres naturales, como también aquellos provocados por el hombre, esto hace referencia a acontecimientos tales como: terremotos, tsunamis, aluviones, incendios forestales, etc. Se requiere, entonces, una respuesta rápida ante estos eventos. Concretamente la baja resistencia de las viviendas frente a las catástrofes que han azotado a la zona centro sur. El terremoto del 27 de febrero de 2010 y los incendios ocurridos en 2017, afectaron mayormente a familias vulnerables. De aquí, se deduce que no existe una legislación que involucre calidad bajo criterios mínimos de habitabilidad, quedando ello sujeto a variables de tipo económico. Lo cual, se convierte en un problema de índole social y que, en gran medida se lo podría solucionar con políticas habitacionales que requieran de un diseño constructivo rápido y económico (Garay, 2015).

Los sistemas constructivos tradicionales como la albañilería, consisten en etapas consecutivas de ejecución, es decir, la etapa de muros, no puede ser construido si la fundación no ha sido terminada, la techumbre no podrá ser instalada si la estructura de cerchas está en plena faena o las terminaciones no podrán ser llevadas a cabo si los moldajes no han sido retirados.

Se entiende que los materiales usados son lentos, húmedos y pesados aun cuando poseen cualidades de durabilidad. Esta lógica que se da, en la construcción tradicional hará que el ritmo de ejecución de la obra dependa exclusivamente de la capacidad de trabajo y de una adecuada planificación, con el fin de no encarecer su proceso (Sosa, 1999).

Ha sido tradicional que las empresas constructoras mantengan métodos de producción inalterados durante mucho tiempo. Así, las etapas de diseño y construcción están insertos en una estructura que está muy arraigada en la cultura de la industria. Como contraparte, a los sistemas usados habitualmente en los proyectos de edificación, surgen nuevos métodos orientados a adoptar y mejorar nuevas técnicas de producción en la industria de la construcción. En Chile un 53% del tiempo trabajado en obra con sistemas constructivos tradicionales es dedicado a actividades no productivas, y presentan una carencia o inadecuada planificación en los proyectos de construcción (Botero y Álvarez, 2003).

## ESTUDIO DE PERDIDAS LA EXPERIENCIA CHILENA



**Figura 1 - Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción,**  
Fuente Botero, F., Álvarez M. (2003).

De acuerdo con lo anterior, la eliminación de las actividades no productivas en la construcción, recibe el nombre JIT (*just in time*, por su sigla en inglés), es un sistema de organización de la producción de origen japonés, también conocido como el “método Toyota”, ya que, fue esta compañía la que empezó a utilizarlo. El JIT es, precisamente, una filosofía de mejora productiva en el que los materiales y los elementos para construir, que componen deben llegar justo a tiempo para su fabricación. De esta manera, se logra reducir los tiempos de espera del personal y el acopio de materiales de construcción en una obra (Taranilla, 2009).

Tal como se planteará en este proyecto investigación, los sistemas prefabricados de hormigón facilitan la fabricación de paneles de manera más rápida ya que se empieza a trabajar en elementos en serie, repetitiva y normalizada, con mano de obra calificada, estos generan un mayor avance a un menor costo y con una mayor calidad, ya que el proceso está continuamente bajo control. Valenzuela (2018) sostiene que una vivienda con este método se puede ahorrar entre un 40% de tiempo de construcción con respecto a una vivienda de construcción tradicional.

A partir de las causas anteriormente descritas podemos mencionar que esta investigación se centrara en:

- Bajar los costos de construcción de una vivienda utilizando un sistema de prefabricados de hormigón.
- Reducir los tiempos de construcción.

### **3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL.**

Analizar las ventajas de los prefabricados de hormigón con respecto a la albañilería tradicional en viviendas unifamiliares en la zona centro sur de CHILE.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

**3.2.1** Determinar, comparar los tiempos y costos en una construcción de albañilería tradicional versus la de prefabricados de hormigón y beneficios de esta última.

**3.2.2** Entregar respuestas a la necesidad de la vivienda a través de los sistemas prefabricados de hormigón.

#### **3.3 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.**

Por lo tanto, la pregunta de investigación que guiara este proyecto es:

¿Cuáles son las ventajas de la construcción con prefabricados de hormigón con respecto a la albañilería tradicional en viviendas unifamiliares en la zona centro sur de CHILE?.

## 4. MARCO TEORICO.

### 4.1 PREFABRICADOS DE HORMIGÓN.

El sector de la construcción siempre ha buscado la manera de modernizarse para realizar las actividades propias de la industria de la construcción. Una de las innovaciones tecnológicas, ha sido la utilización de la industrialización y prefabricación de elementos.

Este proceso de elaboración, de componentes y subsistemas confeccionados en serie en fábricas o talleres con condiciones medioambientales controladas y procesos estandarizados para producir elementos fuera del lugar de la obra, tiene aproximadamente más de 100 años, desde que crearon las primeras patentes. Desde entonces su uso se ha ido extendiendo, pues posee varias ventajas con respecto a la construcción tradicional en cuanto a aspectos: ambientales, de ejecución, costos y terminaciones (Guerra, 2004).

Prefabricación e industrialización, son dos conceptos muy parecidos y que normalmente se tienden a confundir, por lo que, antes de seguir profundizando en este trabajo, es menester, definir qué se entiende por prefabricación e industrialización.

### 4.2 CONCEPTO DE PREFABRICACIÓN.

Algunos autores como González (2021) definen la prefabricación como un método constructivo distinto al tradicional, en donde el producto es confeccionado en una fábrica o taller fuera de la obra, y posteriormente trasladada al sitio de construcción, por lo tanto, se logra una optimización de los recursos, y además se deja de depender del clima.

De esta forma podemos entender que una vivienda prefabricada es aquella, en que, una gran parte de los componentes son producidos en recintos acondicionados para su elaboración, y posteriormente los elementos son trasladados para su fase de instalación y montaje en forma rápida y sin contratiempos.

En tanto Rodríguez (2019) señala los siguientes aspectos necesarios para una definición de prefabricación.

<b>Diseño y producción</b>	La concepción de prefabricación no implica por sí sola producir, ya que incluye una serie de fases previas, de similar importancia tales como: Investigación, Innovación, diseño, etc.
<b>Elaboración en serie</b>	La prefabricación de elementos aporta una serie de ventajas: mejor calidad, menores costos, mayor productividad, mano de obra capacitada y con mayores ventajas para aprender, independencia de las condiciones del clima, mayor control de producción, ahorro en tiempos de fabricación, etc.
<b>Fabricación fuera de la ubicación</b>	Los elementos prefabricados pueden estar cerca o

<b>final</b>	lejos de la obra o inclusive en la misma obra, en un taller, en este caso la implementación temporal puede ser más complicada dada la condicional temporal, pero aporta beneficios como disminución de costos de transporte, menores espacios de almacenamiento en función del avance la obra.
<b>Instalación, Montaje simple precisa y no laboriosa.</b>	La edificación prefabricada aporta reducción de actividades en terreno, pues estas consisten montar los elementos prefabricados en su sitio. Un índice de prefabricación a tomar en cuenta, es la generación de residuos y escombros, en la obra, a mayor cantidad de estos, menor prefabricación de elementos.

**Tabla 1 - Aspectos en la prefabricación de elementos, fuente Rodríguez (2019).**

### 4.3 CONCEPTO DE INDUSTRIALIZACIÓN.

La construcción industrializada es la aplicación de procedimientos en la construcción en la que se utilizan técnicas y procesos que se desarrollaron con el devenir de la revolución industrial (Ingeniería de producción), con la finalidad de aumentar la productividad (Grandoso, 2008), para que sea considerado industrialización se deben en cuenta los siguientes factores.

<b>FACTORES DE INDUSTRIALIZACIÓN</b>
Debe existir continuidad de producción
Debe existir normalización o estandarización de productos
Un proceso constructivo integrado
Organización del trabajo
Mecanización
Investigación y experimentación.

**Tabla 2 - Factores de Industrialización, Fuente Grandoso (2008).**

En definitiva, lo que se pretende con la industrialización es producir un elemento o producto sin la utilización de mano de obra artesanal, en cambio, se utilizan maquinarias con operadores capacitados para ello, o solamente maquinaria automática.

Las ventajas de la industrialización y colateralmente a la prefabricación son variadas, algunas de ellas a continuación:

- Aumento de la calidad.
- Mayor seguridad laboral.
- Reducción de mano obra no especializada
- Reducción de escombros y desechos.
- Mayor respeto al medio ambiente.

- Reducción del plazo de construcción.
- Mayor organización y planificación.

Se entiende entonces que la industrialización conlleva etapas de diseño, tecnología, producción en serie, calidad y en mejoras a la productividad, en cambio la prefabricación se refiere a la mecanización de partes o totalidad del proceso constructivo en talleres o fábricas, para luego ser transportado para ser montado en el lugar de la obra.

#### **4.4 HORMIGÓN PREFABRICADO EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES.**

Para De Sutter (2015), sostiene que los sistemas constructivos prefabricados mejoran los tiempos globales de construcción y significativamente los tiempos individuales por unidad de vivienda. Dado que, una vez que la planta produce los elementos, al mismo tiempo se comienzan los movimientos de terreno en obra y las cimentaciones, sin espera de los tiempos de fraguado para cada elemento.

Al utilizar una línea de producción continua, con las actividades más complejas de realizar en obra, una vez fabricada en planta son trasladadas a la ubicación y se procede al montaje.

Valenzuela (2018), sostiene que los prefabricados son parte de las nuevas tecnologías. Ante la presión y demanda por acceso a la vivienda hace imprescindible el desarrollo de nuevos métodos y tecnologías de prefabricados para solucionar este problema

#### **4.5 PROCESO DE FABRICACIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES INDUSTRIALIZADAS.**

Hevia (2021), señala que la construcción prefabricada de viviendas unifamiliares de hormigón, y particularmente BAUMAX, incorpora tecnología CAD-BIM, permitiendo dimensionar los elementos de una vivienda u edificio, bajo un análisis de ingeniería realizado en nuestro país y posteriormente fabricarlos en un proceso robotizado controlado incorporando las canalizaciones eléctricas y sanitarias, para posteriormente los bloques prefabricados enviarlos para su montaje en obra.

Así, solo resta el montaje de los paneles, y con ello se consigue ahorro en tiempo, en mano de obra, se aumenta la calidad final, se reduce el almacenaje, la pérdida de materiales y los residuos que se generan al fabricar in situ, prácticamente se puede montar una vivienda de 120m<sup>2</sup> en 24hrs.

#### **4.6 ALGUNAS DESVENTAJAS DE LOS PREFABRICADOS EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES**

Alvarado (2010), sostiene que existen algunas desventajas en las viviendas industrializadas tanto de factores de oferta, de costos, como factores de demanda que deben tenerse en cuenta, así como, modificaciones que pudieran existir una vez fabricados, por tanto, la planificación resulta de mucha importancia, se deben organizar con alto detalle técnico en la etapa de prefabricación, esto es, porque existe un mayor número de elementos prefabricados en una vivienda, por lo tanto las modificaciones que pudieran existir en etapas avanzadas, son difíciles de enfrentar sobre el total de las viviendas del proyecto.

También existen desventajas en cuanto a costos y riesgos propios del negocio, las empresas constructoras tienden a estructuras organizacionales más flexibles de acuerdo a cada obra y a subcontratos de servicios que permitan mantener los costos fijos y por lo tanto mantener a raya los riesgos implícitos del negocio, en cambio los riesgos de los fabricantes de viviendas industrializadas son muchos mayores al considerar costos fijos mucho mayores, asociados al funcionamiento de las plantas.

Otro de las desventajas tiene relación con la disponibilidad de mano de obra calificada. En países donde existen altos niveles de salarios en sector de la construcción en donde más se ha desarrollado la industria de la prefabricación, por el contrario, en países donde existe alta disponibilidad de este recurso puede resultar más competitiva que la producción industrial.

Otro factor importante a considerar dice relación con la fabricación de los distintos elementos en talleres, y dado el peso de los elementos mismos, el transporte cobra una vital importancia y se puede transformar en un ítem relevante en los costos finales de construcción de las viviendas industrializadas.

#### **4.7 CONSTRUCCION EN ALBAÑILERIA.**

Bravo (2016), Sostiene que la albañilería es un sistema constructivo en base a piezas de mampostería traslapadas, unidas por un mortero y reforzadas por medio de elementos de acero, tanto vertical como horizontalmente para que actúe monóticamente. La construcción en albañilería es lenta, pesada y cara, no siempre se avanza en tareas consecutivas, ya que en algunos casos se debe levantar las paredes en tramos hasta completar el muro y luego romper para permitir el paso de las instalaciones eléctricas y sanitarias.

Meza (2017), plantea que, una gran cantidad de los procesos constructivos tradicionales, son realizados en forma manual, por lo que el rendimiento y productividad recae principalmente en la experiencia que posean los trabajadores y contratistas, Lo que puede traer consigo la pérdida de eficiencia en la construcción. Si bien es cierto que las administraciones de proyectos aportan técnicas para mejorar ciertas áreas, pero no siempre se logra implementar un sistema de gestión integral productivo.

Desde el punto de vista de Alarcón & Rodríguez (2018), postulan que los sistemas convencionales constructivos, requieren de una gran cantidad de trabajadores técnicos,

debido a la falta de simplificación en los procesos, coordinar todas las áreas supone una pérdida de eficiencia y poca flexibilidad para adaptarse a cambios en el diseño afectando mayormente el tiempo.

Se entiende entonces que los sistemas constructivos tradicionales requieren mayor supervisión, control y dependencia de la mano de obra con experiencia, esto puede suponer una amenaza si la mano de obra se vuelve escasa, además considera más esperas por tiempos de fraguado de materiales, lo que finalmente repercute en la productividad de la obra.

#### 4.7.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ALBAÑILERIA.

Jiménez (2018), describe las ventajas y desventajas de la albañilería armada.

##### 4.7.1.1 VENTAJAS.

- **Resistencia al fuego:** La albañilería posee una alta resistencia al fuego, dada la utilización de materiales ignífugos como los ladrillos de arcilla y morteros.
- **Instalación:** Su instalación es fácil, ya que no requiere de moldajes, para seguir una forma, por lo que demanda poca cantidad de cemento.
- **Indumentaria:** Su instalación requiere de indumentaria convencional o estándar.

##### 4.7.1.2 DESVENTAJAS.

- **Espesor:** La selección del ladrillo se vuelve fundamental, ya que, al utilizar espesores mayores, este le quita superficie interior a la vivienda.
- **Modificaciones:** No es posible realizar modificaciones posteriores, específicamente ejemplo quitar muros de carga, esto afecta la estabilidad de la estructura.
- **Mano de Obra:** Se requiere mano de obra con amplia experiencia y también control y supervisión durante toda la fase de colocación, para evitar pérdidas.

#### 4.8 COSTOS.

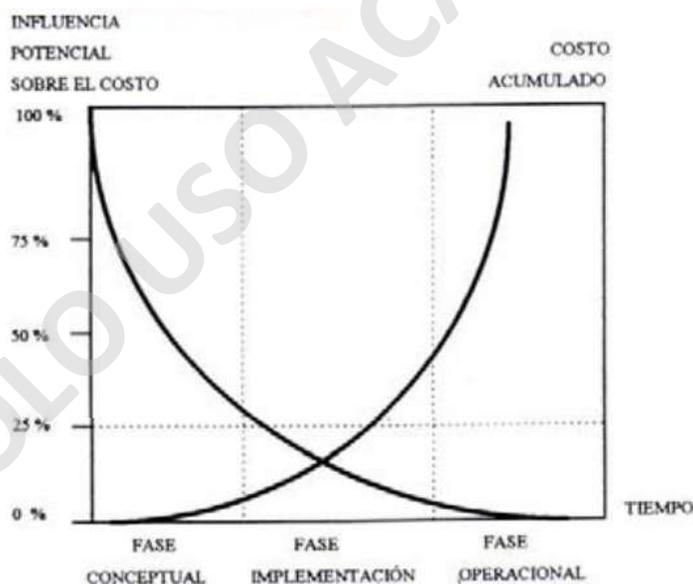
Rodríguez y Vergara (2018) definen el costo como un valor que representa el monto total de lo invertido en tiempo, dinero y esfuerzo en comprar un bien o servicio. En cuanto a costos en la construcción sostienen que es la suma en costos de materiales, mano de obra, herramientas y equipos involucrados en ella.

Si bien es cierto, la variación de costos de cada etapa del proyecto de construcción no tiene una variación tan considerable, Sepúlveda (2006) define y estima la importancia relativa de cada uno de ellos de la siguiente manera:

ETAPA	%
Diseño y planificación	5% – 10%
Materiales e insumos de construcción y maquinaria	30% - 50%
Mano de obra y montaje	20% - 40%
Equipos de construcción e instalación faenas	5% - 15%
Gastos de administración del contratista en oficina central y obra	10% - 15%

**Tabla 3 - Importancia Relativa en etapas de un proyecto de construcción, Fuente Sepúlveda (2006).**

En la siguiente figura se puede ver la injerencia potencial sobre el costo en las distintas fases del desarrollo de un proyecto de construcción.



**Figura 2 - Injerencia de los costos en las fases de un proyecto, fuente Sepúlveda (2006).**

Sobre el gráfico, en el eje “X” o abscisas, se representa el tiempo en función de las fases del proyecto, en el eje de la “Y” u ordenadas, se representa el costo acumulado y la influencia que tiene en las etapas del proyecto.

El costo en la etapa de diseño es bajo y el nivel de injerencia de esta etapa en el costo total del proyecto es muy alto, es decir que las decisiones que se tomen en esta fase pueden generar grandes beneficios en el coste total del proyecto.

En la fase de implementación o construcción la influencia se reduce sustancialmente a la vez que los costes van aumentando, es decir que los cambios que se apliquen en esta fase, tienen muy poco efecto en los resultados total del proyecto.

En contraparte en la etapa de operación del proyecto, los costes van en aumento, pero en menor medida, por otro lado la curva de influencia va disminuyendo considerablemente, y por lo tanto las decisiones que se tomen en esta fase tienen muy poca influencia en el resultado final del proyecto.

De lo anterior podemos inferir que, aunque la etapa de construcción es la que tiene mayores costes asociados, es en la etapa de diseño, en donde las decisiones que se tomen pueden impactar de forma positiva en los resultados finales del proyecto.

#### **4.8.1 COSTO DIRECTO.**

Samayoa (2008), define el costo directo como aquel que se puede atribuir directamente a una tarea concreta del proceso de construcción relacionado directamente con la producción o partidas. A menudo el costo directo también es conocido como gasto variable.

Los costos directos pueden sufrir fluctuaciones en la medida que una tarea pueda tomar menos o más tiempo del planificado. Al reducir la duración las actividades de la ruta crítica, puede que nuestro proyecto se aumente o disminuya el costo total del proyecto dependiendo de los costos directos e indirectos.

Se deben identificar las actividades principales y cuáles de estas se consideran críticas para el proyecto, y en ellas el constructor, debe prestar más atención y recursos.

#### **4.8.2 COSTO INDIRECTO.**

Los costos indirectos son aquellos que por su naturaleza afectan a más de una de las partidas de la obra, tampoco pueden asignarse a etapa particular del proceso constructivo. Como contraparte estos costos deben ser imputados como un todo en el proceso de la obra.

Rodríguez (2016), menciona algunos costos indirectos, tales como: “instalación de faenas, supervisión, alojamientos, comida, movilización, seguros, ensayos y consumibles, costos del personal administrativo, gerencia, gastos de oficina central, honorarios y utilidades.”, entre otros. Además, menciona que los costos indirectos se pueden conformar como una función lineal, en la cual estos pueden aumentar o disminuir en relación directa a la duración de la obra.

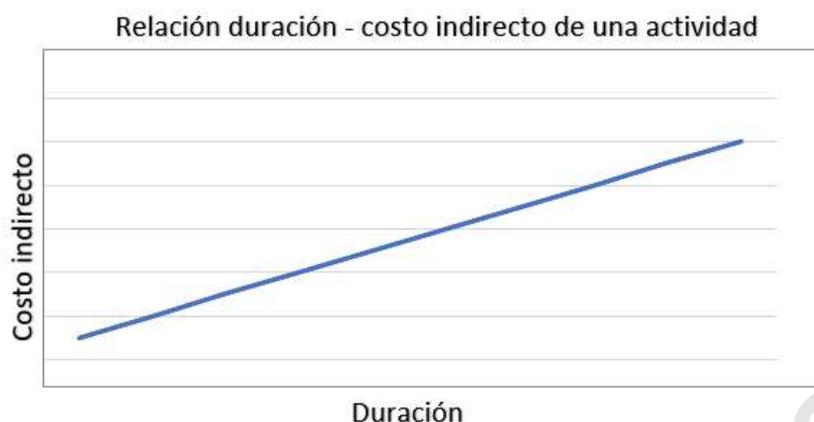


Figura 3 - Relación duración - costo indirecto de una actividad, Fuente Rodríguez (2016)

#### 4.9 PRESUPUESTO.

Sepúlveda (2006) señala que el presupuesto tiene la particularidad de entregar certeza anticipada del costo de un proyecto de construcción, de ese mismo modo, en su desarrollo tiene implícito el error.

Toda valoración se apoya en la experiencia de quien o quienes la ejecutan, y en los conocimientos que estas posean de lo que desea presupuestar. Normalmente se tiende a manejar estimaciones rápidas para analizar la factibilidad de un proyecto, y presupuestos más detallados y analizados bajo precios unitarios para presentar en una propuesta o trabajo a realizar.

El presupuesto tiene la finalidad de entregar un valor para satisfacer la necesidad que da origen a un proyecto de construcción, desde el punto de vista de los costos.

#### 4.10 TIEMPO.

Duarte y Martínez (2011) definen el tiempo de construcción como la planificación y programación de cada actividad a través de un arduo análisis por medio de un conjunto de métodos de construcción, tiempos de ejecución, tipos de materiales, y cantidades de estos involucrados en cada partida, entre otros datos necesarios para iniciar una obra. Para conseguir que un proyecto de construcción sea ejecutado en un tiempo óptimo, adecuado y conseguir un buen costo en lo posible.

Ruano (2010) señala que el tiempo es un actor fundamental en la industria de la construcción, por un lado, se busca entregar certeza, prontitud, réditos suficientes a las empresas, y que el cliente quede conforme. El costo no solamente está en relación a los materiales, personal, permisos, u otros para materializar la obra, estos tienen una estrecha relación con los tiempos de edificación, pues al disminuirlos, se puede recuperar más rápido la inversión.

El mismo autor menciona que las nuevas tecnologías de la industria permiten a las empresas reducir los tiempos considerablemente y con ello aumentar la calidad de la construcción, pero, no siempre las empresas están dispuestas a asumir altas inversiones, pues ello conlleva también una inversión en capacitación para que el personal pueda utilizarla correctamente.

Muñoz (2017), plantea que la productividad es fundamental para sacar provecho del tiempo en un proyecto, por lo que se deben identificar aquellas partidas que generen valor añadido en desmedro de aquellas que generan pérdidas y no agregan valor.

#### **4.11 PERDIDAS.**

Botero & Álvarez (2003), describen las pérdidas en la construcción, como todos los procesos tanto de maquinaria y materiales, que no agregan valor final al producto, menciona como ejemplo de ello, falta de conocimientos, falta de materiales, interrupciones, mala distribución de recursos por falta de planificación, tiempos ociosos por parte de los trabajadores, repetición de labores, que han sido mal ejecutadas, etc.

Los autores, clasifican las pérdidas en 3 categorías:

**Trabajo Productivo:** Conocido por su sigla (TP), es aquel tiempo utilizado por el trabajador en producir una tarea específica, ejemplo, Instalación de moldajes y vaciado de hormigón.

**Trabajo Contributivo:** (TC), es aquel tiempo que usa el trabajador para labores de soporte a otra labor productiva, ejemplo, armado de andamios, limpieza de moldajes.

**Trabajo no contributivo :** (TNC), es aquel tiempo que no considera las dos categorías anteriores, ejemplo, espera por falta de materiales, descansos, repetición de tareas mal ejecutadas.

Una vez categorizado el tiempo empleado e identificado la causa de la pérdida, se pueden tomar medidas indirectas que favorecen la productividad de la obra.

#### **4.12 COSTOS DE CONSTRUCCIÓN EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES CON PREFABRICADOS DE HORMIGON.**

Valenzuela (2018) afirma que la construcción con prefabricados de hormigón, tanto de muros como de marcos son alrededor de un 20% a 30% más caros que un sistema tradicional de construcción, pero son compensados por el tiempo, pues se tiene un mejor control de las partidas involucradas y se maximiza la producción. Agrega que la industrialización reduce los costos de fabricación de la estructura lo que repercute en una mayor relación calidad-precio. Menciona que mientras más altos los costos de mano de obra mejor se comporta la industrialización con respecto a la construcción tradicional.

#### **4.13 TIEMPO DE CONSTRUCCION EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES CON PREFABRICADOS DE HORMIGÓN.**

Valenzuela (2018) señala que la construcción con prefabricados de hormigón tiene un ahorro de un 40%, debido al menor tiempo de montaje, y en faenas de instalaciones y terminaciones, resulta más económica que la construcción tradicional, señala que experiencia sueca en este tipo de construcciones entrega una reducción de la mitad de las horas de construcción en comparación al sistema tradicional.

Para La Rosa (2013), la utilización de sistemas prefabricados reduce los costos indirectos de un proyecto, a la vez que se consiguen mejores controles de residuos en comparación con una construcción tradicional.

Novas (2010), en tanto, sostiene que el costo de construcción en países desarrollados es cada vez más alto, y el mercado necesita una suficiente cantidad de viviendas de alta calidad y a costos razonables, por lo tanto, los prefabricados de hormigón son la respuesta económicamente viable a esa necesidad.

#### **4.14 TECNOLOGIA BIM.**

González (2014) menciona que, la tecnología BIM (modelado de información de construcción), permite concentrar todas las especialidades y el modelamiento de la obra en un software CAD-CAM, que es un diseño asistido por computadora, esto permite diseñar directamente desde el modelo BIM incorporando toda la información y mejora la gestión de los proyectos, utilizando un modelado virtual inteligente. Otra de las características principales de esta tecnología, es que se utiliza un diseño paramétrico, como por ejemplo la forma del edificio, atributos geométricos y pasadas de cables, tuberías lo que permite realizar una bidireccionalidad asociativa la que permite modificaciones y actualizaciones de todas las vistas del proyecto en la etapa del diseño, evitando así las diferencias e inconsistencias entre los planos.

Es decir, que con la utilización de BIM, podemos detectar con anticipación cruces en etapas tempranas del proyecto, antes de la construcción, reduciendo notablemente los costos en obras extraordinarias. Esta tecnología permite concentrar todas las especialidades involucradas en el proyecto, lo que permite la toma de decisiones minimizando perdidas y tiempos de construcción.

### **5. ALCANCES Y METODOLOGÍA**

La prefabricación de elementos de hormigón armado, es un sistema ampliamente utilizado en países desarrollados, en Chile existen empresas que desarrollan elementos constructivos de hormigón armado, losas vigas, postes y hace unos pocos años la empresa Baumax introdujo en el país un sistema robotizado con tecnología BIM, para construcción de viviendas y edificios en virtud de la iniciativa Construye2025 impulsada por Corfo y la cámara chilena de la construcción.

La construcción con prefabricados de hormigón representa una mayor velocidad de fabricación, montaje, seguridad, altas prestaciones en durabilidad y calidad y baja generación de residuos en obra con respecto a una construcción de albañilería tradicional.

Para el presente informe se busca precisar y determinar los tiempos y costos entre ambos sistemas, por lo que, se utilizarán métodos de comparación de construcción con respecto al sistema de construcción tradicional en base a presupuestos y tiempo de construcción entre uno y otro sistema constructivo.

Se utilizará un diseño de casa similar para realizar el estudio, con el fin de obtener datos cuantificables, determinar las ventajas e inconvenientes que pueda observarse en su implementación.

Finalmente, con esta investigación se pretende dilucidar la conveniencia de utilizar un sistema de prefabricados de hormigón en viviendas unifamiliares en desmedro del sistema tradicional en albañilería.

SOLO USO ACADÉMICO





**Figura 5 - Edificio habitacional en Liverpool- John Brodie, 1904,  
fuente <https://repositorio-aberto.up.pt>**

Posteriormente después de la segunda guerra mundial se inicia un proceso de reconstrucción de la post guerra en Europa, y por lo tanto se desarrolla el uso de elementos prefabricados de hormigón para utilizarlos en carreteras y edificios.

En la década de los 50 se comienza utilizar en los países de Europa del Este las unidades habitacionales Khrushchyovka (conocido en Chile como KPD), URSS, a partir de una patente que los soviéticos compran al Frances Raymond Camus que habida diseñado el sistema en 1948. Las unidades habitacionales Khrushchyovka dieron cabida a millares de personas luego de la segunda guerra mundial, se estima que se construyeron alrededor de 170 millones de departamentos para satisfacer la creciente demanda por vivienda.



**Figura 6 - Construcción de edificios en Havre Francia, década 50'  
- Raymon Camus, fuente ACpresse**

A inicios de los 60, hace su arribo a Latinoamérica, Cuba adopta y adapta los paneles al clima y el calor de la isla, los hacen más livianos para ahorrar cemento en su elaboración. (Wiki, UCV).

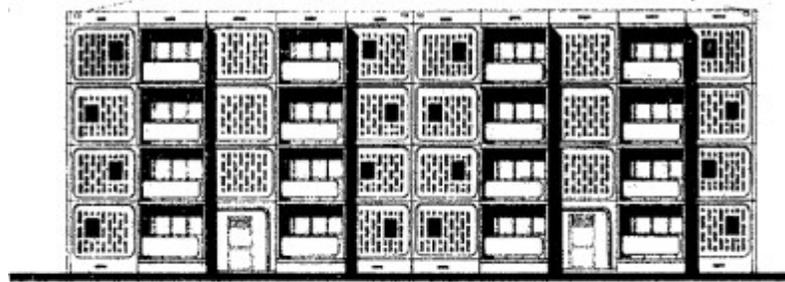


**Figura 7 - Edificios de hormigón prefabricado en la Habana, fuente Revista la Raza cómica.**

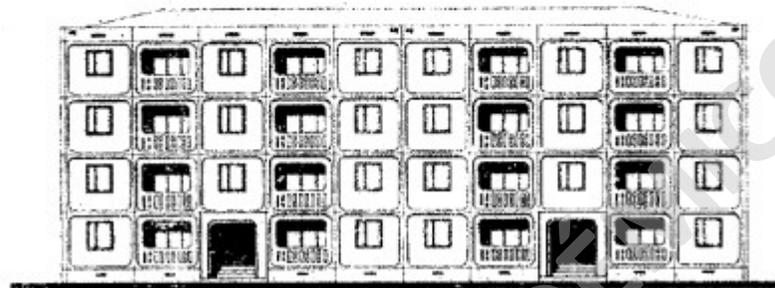
En la actualidad el uso de prefabricados de hormigón armado tiene una fuerte presencia en países desarrollados, La Rosa (2013) menciona que países con climas fríos es donde más se ha desarrollado la prefabricación de elementos de hormigón, dado que es imposible construir en ciertas épocas del año, entonces se hace necesaria la utilización de estos elementos para garantizar la calidad en la construcción sin importar la estacionalidad.

## **6.2 PREFABRICADOS EN CHILE.**

En Chile, el uso de prefabricados de hormigón tuvo sus primeras aplicaciones en edificios de viviendas sociales, producto de la donación de la Unión Soviética a nuestro país de una planta de prefabricación de paneles de hormigón, a raíz del terremoto de 1971. El sistema se llamaba KPD y posterior al golpe de estado del año 1973 paso a llamarse VEP (Viviendas económicas prefabricadas), y funcionó hasta el año 1981.



FACHADA POSTERIOR BLOQUE 1



FACHADA INGRESOS BLOQUE 1

Figura 8 - Elevación típica Bloques KPD, fuente Campos (2021).

KPD utilizaba un sistema estructural transversal con muros longitudinales, cruzados y con uniones húmedas que son hormigonadas en terreno (Nch 2369-2003), los paneles de hormigón integraban las canalizaciones e instalaciones de tuberías, canalizaciones eléctricas y anclajes para su posterior montaje en obra.

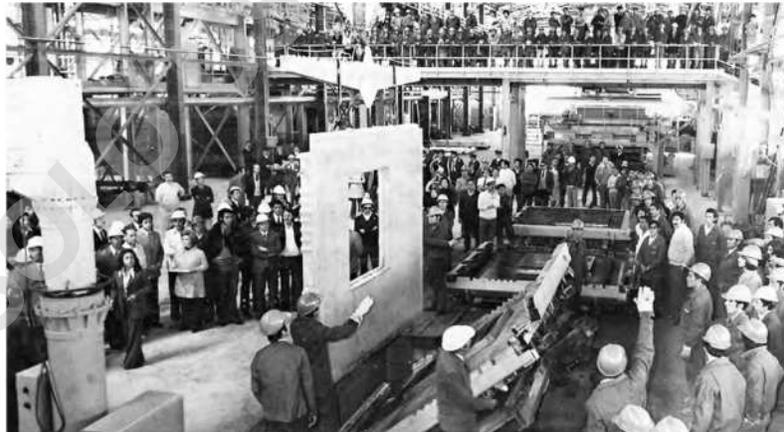


Figura 9 - Fabrica KPD el belloto, fuente [https://wiki.ead.pucv.cl/Conjuntos\\_Habitacionales\\_KPD,\\_V\\_Región](https://wiki.ead.pucv.cl/Conjuntos_Habitacionales_KPD,_V_Región)

El sistema KPD correspondía a procedimiento de prefabricación cerrada, a partir de un sistema en línea de montaje por etapas, por lo que necesitaba de una gran infraestructura del tipo industrial con patios de acopio y una gran nave de fabricación donde se construían los moldes y todos los elementos necesarios para confeccionar los paneles, sin posibilidades de

efectuar cambios una vez fabricados. Las instalaciones, poseían una capacidad de producción de 1000 departamentos de entre 70 a 80m<sup>2</sup> al año y se necesitaban dos turnos para producir, con una secuencia de montaje como la siguiente:

1. Construcción de fundaciones en obra.
2. Instalación de muros zocalos, instalación de losas de 1° piso.
3. Instalación de losas de 1° piso.
4. Montaje de muros de 1° piso.
5. Hasta terminar el bloque completo.



**Figura 10 - Carga de paneles Típicos KPD - El Belloto, fuente [https://wiki.ead.pucv.cl/Conjuntos\\_Habitacionales\\_KPD,\\_V\\_Región](https://wiki.ead.pucv.cl/Conjuntos_Habitacionales_KPD,_V_Región)**

Con este sistema se llegaron a construir 153 blocks de departamentos ubicados entre la quinta región y Santiago, los cuales han resistido de buena manera, el paso del tiempo y los últimos terremotos acontecidos en la zona central.



Figura 11 - Última Obra KPD Departamentos Recoleta - Arq. Juan Verschueren fuente <http://www.arquibus.cl/208/edificio-de-departamentos-kpd/#punto-8>

Otros sistemas prefabricados fomentados por la Corfo para abaratar los costos y plazos es **Structurapid Depetris** que era un sistema estructural basado en un marco rígido con pilares, vigas, y que permitía la introducción de elementos no prefabricados al sistema. De acuerdo a Valenzuela (2018) hasta 1983 se construyeron 60.000m<sup>2</sup>.

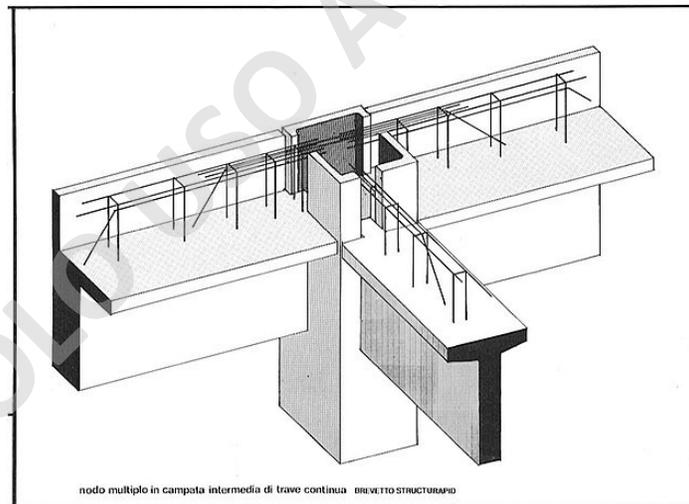


Figura 12 - Unión Típica - Structurapid Depetris, fuente Valenzuela (2018).

### 6.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

El aporte de los prefabricados de hormigón a la construcción, ha sido enorme y la industria se ha visto beneficiado de este sistema. Estos presentan una serie de ventajas y

características que permanecen para siempre en las estructuras frente a otros sistemas constructivos tradicionales.

Algunas de estas características las podemos nombrar a continuación.

**Durabilidad:** Es una de las características principales del hormigón, los prefabricados están diseñados para resistir condiciones climáticas exigentes y grandes esfuerzos estructurales. Los estrictos controles aplicados en la etapa de fabricación, garantizan una buena resistencia, y uniformidad del recubrimiento de las armaduras de los elementos.

	Recubrimiento libre mínimo mm	
	Condiciones normales	Condiciones severas
a) Hormigón expuesto al suelo o al aire libre:		
Paneles para muros:		
Barras Ø44 y Ø56	40	40
Barras Ø36 y menores	20	20
Otros elementos:		
Barras Ø44 y Ø56	50	50
Barras Ø18 al Ø36	30	40
Barras Ø16, alambres de 16mm de diámetro y menores	20	30
b) Hormigón no expuesto a la acción del aire libre ni en contacto con el suelo:		
Losas, muros, nervaduras:		
Barras Ø44 y Ø56 y tendones de pretensado Ø > 40 mm	30	30
Tendones de pretensado Ø 40 y menores	20	20
Barras Ø36 y menores	15	15
Vigas, columnas:		
Armadura principal pero no menor que y no mayor que	$d_b$ 15 40	$d_b$ 15 40
Amarras, estribos y zunchos	10	10
Cáscaras y placas plegadas:		
Tendones de pretensado	20	20
Barras Ø18 y mayores	15	15
Barras Ø16, alambres de 16 mm de diámetro y menores	10	10

Figura 13 - Recubrimiento mínimo armaduras para hormigón prefabricado (prefabricado en condiciones de control de planta), fuente Decreto 60 Minvu.

Para garantizar una buena durabilidad en el tiempo se debe tener en cuenta el desempeño del elemento frente al medio ambiente donde se someterá, para lo cual se debe tener en cuenta los siguientes aspectos.

- Elección del hormigón adecuado.
- Instalación de protecciones en caso de ambientes agresivos.
- Prevención de corrosión de las armaduras.

- Calidad adecuada del hormigón.
- Elección del recubrimiento apropiado para las barras de acero.
- Control de fisuras.
- Elección de formas estructurales adecuadas de acuerdo a estudio de ingeniería.

Los medios, con los que se deben tener cuidado para evitar la degradación del hormigón son variados, pero los más relevantes se mencionan a continuación.

- Medioambientales, ejemplo heladas fuego.
- Agentes químicos, ejemplo, terrenos con presencia de sulfatos, productos químicos de carácter industrial.
- Mecánicos, ejemplo sobrecargas y vibraciones.
- Biológicos, ejemplo microorganismos, vegetación.

Es decir que, para que los elementos prefabricados de hormigón puedan durar y mantenerse en el tiempo, se debe ejecutar un buen estudio y diseño del proyecto considerar aspectos tales como el tipo de estructura, lugar de instalación, agentes medioambientales presentes en el lugar etc., además durante la etapa de ejecución se debe realizar los controles y supervisiones adecuadas y en la etapa de uso de la estructura se debe considera un plan de mantenimiento adecuado.

**Resistencia al fuego:** Los elementos de hormigón no arden ni desprenden partículas incandescentes, por lo tanto, impiden que este se propague.

El listado oficial de comportamiento al fuego de elementos y componentes de la construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo clasifica a los elementos de hormigón con las siguientes resistencias:

Dimensiones del elemento		
100mm	150mm	200mm
F90	F150	F180

Tabla 4 - Clasificación de resistencia al fuego hormigón armado con y sin armadura, fuente Minvu (2014).

Sin embargo, la exposición constante del fuego en una estructura puede traer consigo perdida estructural a las armaduras y hormigón.

En la siguiente tabla se puede apreciar la exposición en minutos al fuego y las T° alcanzadas en la armadura.

Tiempo T (minutos)	Temperatura alcanzada (°C)			
	En el incendio	En el acero estructural sin protección	En la armadura con un recubrimiento r (mm)	
			r=30	r=45
30	815	815	205	140

60	925	925	370	270
90	990	990	490	350
120	1030	1030	570	425
150	1070	1070	620	490
180	1100	1100	660	510

**Tabla 5 - Exposición al fuego hormigón y temperaturas alcanzadas en base a una losa de hormigón de 10cm, fuente Vega et al (2007).**

La pérdida de resistencia a la tracción del acero de la armadura ( $f_{yk}$ ) y la pérdida de resistencia a la compresión ( $f_{ck}$ ) del hormigón armado, en base a la temperatura alcanzada por el elemento, se puede apreciar en la siguiente tabla.

Temperatura (°C) T (°C)	Pérdida de resistencia (%)	
	Acero armadura	Hormigón
20	0	0
400	15	15
500	30	30
600	60	40
700	85	60

**Tabla 6 - Pérdida de resistencia de acuerdo a temperatura, fuente Vega et al (2007).**

**Aislación acústica:** La densidad que presenta el hormigón lo hace un material con un excelente comportamiento al ruido.

Muro de hormigón armado	
Espesor (mm)	Aislamiento en dB(A)
80	45
100	47
120	49
140	50
160	51
180	53

**Tabla 7 - Valores aislación acústico teórico ISO 717/1, fuente Poo (2007).**

**Propiedades Térmicas:** El hormigón posee un comportamiento que va a depender de la densidad del elemento, estos pueden actuar reteniendo el calor disipando o ambas cosas.

El hormigón armado normal tiene una conductividad térmica  $\lambda$  (W/mK) 1.63, este puede ser mejorado agregando aislación térmica, la que puede estar ubicada en la capa exterior o interior del muro, usualmente se utiliza poliestireno expandido. Al usarlo al exterior corresponde a sistemas de aislación y terminación denominada EIFS ( Exterior Insulation Finish Systems), en donde las placas se adhieren al muro con adhesivos especiales o fijaciones con arandelas, en tanto al interior se utilizan placas de yeso cartón adosadas con planchas de poliestireno expandido las que son adheridas al muro de hormigón con adhesivos.

En el caso de los muros de hormigón prefabricado dobles, existe la posibilidad de incorporar aislación en su interior, para mejorar las propiedades térmicas del elemento, tal como lo muestra la figura 13.



Figura 14 - Muro doble con aislación, fuente EBAWE Anlagentechnik GmbH.

**Resistencia estructural ante las cargas:** Se puede controlar los esfuerzos para que los elementos permanezcan bajo la acción de cargas, sin variar las dimensiones de los elementos

**Mejor Acabado de muros:** Todas las piezas tienen acabados similares, al producirse en serie, se logra un mejor control de calidad de los elementos y como contraparte una agradable apariencia final.

**Menor mano de obra:** solo es necesario para montaje de los elementos en obra.

**Reducción de tiempo:** Los elementos prefabricados reducen el tiempo en obra, que es, uno de los factores más importante en la industria de la construcción.

**Sostenible:** Mayor limpieza, dado que los elementos son fabricados en talleres y fabricas acondicionadas para ello, generando menos residuos. Con los elementos prefabricados se logra un 50% menos de escombros, que en una obra con sistemas constructivos tradicionales y por lo tanto menores costos asociados.

#### 6.4 CLASIFICACIÓN PREFABRICADOS DE HORMIGÓN.

A medida que se fue desarrollando la prefabricación de elementos, se comienzan a distinguir distintos tipos de sistemas, pero podemos mencionar 4 distintos grupos de prefabricados.

**Abierto:** Cuando se producen partes o piezas que pueden intercambiarse sean prefabricados o no, y que están fabricados bajo especificaciones universales, y pueden utilizarse con otros productos o independientemente.

**Cerrados:** Son partes o piezas que solo pueden usarse con elementos prefabricados del mismo sistema, y la utilización de elementos externos no es posible técnicamente, y en algunos casos el diseño de los edificios o viviendas debe adecuarse al sistema.

**En base Piezas:** Corresponde a elementos del tipo cerrado, pero que se pueden utilizar de distintas formas y que al unirse y empalmarse forman un conjunto edificatorio.

**Parciales:** Cuando se prefabrican elementos o partes del conjunto, y estos se pueden mezclar con elementos tradicionales.

#### 6.5 EMPRESAS DE PREFABRICADOS DE HORMIGÓN EN CHILE.

Actualmente en nuestro país podemos encontrar distintas soluciones constructivas que ofrecen empresas de prefabricados de hormigón, las que están desarrolladas para distintos mercados del sector de la construcción, entre las cuales podemos encontrar: infraestructura vial, naves industriales, mercado inmobiliario, mobiliario público, postes eléctricos. Etc.

EMPRESA	FABRICACION
HORMIPRET	LOSAS ALVEOLARES, POSTES PRETENSADOS, VIGUETAS
TENSACON	INFRAESTRUCTURA VIAL, EDIFICACIÓN, NAVES INDUSTRIALES, PROYECTOS ESPECIALES.
BAUMAX	EDIFICACIÓN HABITACIONAL (MUROS, LOSAS)
PREFAST	CAMARAS, CANALETAS DE HORMIGON, DURMIENTES PREFABRICADOS, ESCALAS PREFABRICADAS, FUNDACIONES, LOSETAS, MUROS, PILARES.

<b>PREANSA</b>	PREFARICADOS PARA MINERIA, INFRAESTRUCTURA VIAL, NAVES INDUSTRIALES, LOSAS ALVEOLARES, PILARES.
<b>HORMITEK</b>	CIERRES PRIMETRALES, URBANIZACIONES, OBRA GRUESA, PIEZAS ESPECIALES.

**Tabla 8 - Empresas de elaboración de prefabricados, fuente elaboración propia.**

Si bien es cierto que existen distintas soluciones ofrecidas por empresas de prefabricados de hormigón, muchas de ellas con soluciones para infraestructura vial y naves industriales, para efectos de este estudio nos enfocaremos en la tecnología que ofrece la empresa Baumax, la que esta, desarrollada para el ámbito de las edificaciones habitacionales.

## **6.6 INICIATIVA CONSTRUYE 2025.**

La iniciativa Construye 2025 es un programa al alero de la Corfo, que consiste en una estrategia a nivel país, para transformar la industria de la construcción, contribuir a mejorar la productividad y la sustentabilidad del sector impactando fuertemente en áreas como: la social, medioambiental y económica, agregando eficiencia en los procesos de la cadena de valor, tomando en cuenta el efecto del ciclo de vida de un proyecto y el bienestar social.

Para lograr el éxito de esta iniciativa se debe lograr la participación y coordinación de los distintos entes que participan en la industria de la construcción, propiciando iniciativas innovadoras, adopción de nuevas tecnologías, potenciación del recurso humano, con un énfasis en el bienestar de los usuarios, y regulaciones necesarias en torno a un cambio cultural, que permitan avanzar hacia la sustentabilidad con repercusiones positivas en el ciclo de vida de la obra.



Figura 14 - Ejes estratégicos Construye 2025, fuente Construye 2025.

## 7. DEFICIT HABITACIONAL ZONA CENTRO Y CENTRO SUR DE CHILE.

La zona centro sur de Chile (33°, -36°S) abarca una superficie de 134.187 km<sup>2</sup> y alberga una población de 13.882.853 de personas en 4.694.575 viviendas particulares y colectivas, normalmente ubicadas en zonas urbanas, de acuerdo al observatorio urbano del Ministerio de Vivienda y Urbanismo Minvu, Censo (2017).

TIPO DE VIVIENDA	CASOS	%
Casas	3.591.920	76.51%
Departamentos	988.319	21.05%
Vivienda Tradicional Indígena	839	0.02%
Pieza en casa antigua o conventillo	38.915	0.83%
Mediagua, rancho o choza, mejora	55.126	1.17%
Móvil (carpa o casa rodante o similar)	963	0.02%
Otro tipo de vivienda particular	18.493	0.39%
<b>TOTAL</b>	<b>4.694.575</b>	<b>100%</b>

Tabla 9 - Tipos de viviendas zona centro sur - fuente observatorio urbano Minvu en base a censo 2017.

Esta zona concentra, una mayor cantidad de habitantes que el resto del país y, además se expresa un alto predominio residencial en extensión, que es similar a lo que podemos encontrar en gran parte del país y en naciones de similar desarrollo, aunque los recientes desarrollos inmobiliarios en altura han reducido estas cifras.

Nº	REGION	POBLACIÓN
5	Valparaíso	1.815.902

13	Metropolitana	7.112.808
6	O'Higgins	914.555
7	Maule	1.044.950
16	Ñuble	480.609
8	Bio Bio	1.556.805
<b>TOTAL</b>		<b>12.925.629</b>

**Tabla 10 - Cantidad población zona centro sur Chile – Fuente Censo 2007.**

De acuerdo al estudio serie informe social del instituto Libertad y Desarrollo de agosto del 2019, y de acuerdo a la metodología el déficit habitacional en nuestro país tiende a ser separado en dos tipos: déficit cuantitativo y cualitativo. El déficit cuantitativo considera las necesidades habitacionales a partir de los individuos y familias que viven en un estado de allegamiento. En cambio, el déficit cualitativo se preocupa de la materialidad de la vivienda y de aquellas que no cumplen con los requerimientos, de acuerdo a los estándares mínimos para la protección de la vida o no cuentan con los servicios básicos.

<b>COMPONENTE</b>	<b>DETALLE</b>
Vivienda irrecuperable	Hogares principales residentes en viviendas consideradas como irrecuperables según índice de calidad global de la vivienda
Hogares allegados	Número de hogares adicionales al hogar encuestado según lo reportado por hogar principal en la encuesta.
Núcleos allegados hacinados	Número de núcleos familiares adicionales al núcleo principal del hogar y que presenten niveles de hacinamiento medio, alto o crítico.
Déficit cuantitativo Total	Viviendas irrecuperables + Hogares allegados + Núcleos allegados hacinados

**Tabla 11 - Componentes del déficit habitacional cuantitativo , según CASEN 2017.**

El déficit habitacional cuantitativo entre los años 2009 a 2015 indicaba una tendencia hacia la baja. Luego del terremoto del año 2010. La cantidad de viviendas requeridas hasta antes del año 2017 era menor a lo que se necesitaba en 1996.

Una posterior medición de la Encuesta de Caracterización Socioeconómica CASEN realizada en 2017, arroja un aumento del déficit cuantitativo, que se explica básicamente por un fuerte aumento de los hogares que estaban allegados externamente y que no son necesariamente los principales en una vivienda.

Similar conclusión tiene la Cámara Chilena de la Construcción CCHC en su más reciente estudio acerca del déficit habitacional en nuestro país, para el año 2017 representa un aumento de un 35% en la cantidad de allegados en hogares, muy superior al estudio del año 2015.



Figura 15 - Déficit habitacional 1996 - 2017, fuente encuesta Casen 2015 -2017.

Otra de las causas principales de esta alza, está relacionada con el alto precio que han alcanzado las viviendas y arriendos en los últimos años. El índice de acceso a la vivienda 2019 PIR de la Cámara Chilena de la construcción CCHC, ubica a nuestro país, con un valor de 7.6 puntos, catalogado como “severamente no alcanzable”, muy superior al de otros países del estudio.

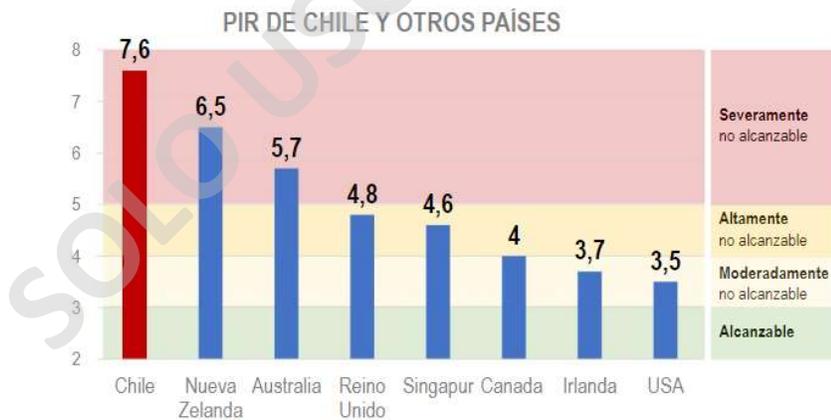


Figura 16 - PIR de Chile con respecto a otros países, fuente CCHC (2019)

## 7.1. DEFICIT CUANTITATIVO.

La última encuesta case del 2017, se pueden identificar en la tabla N°7, las viviendas irrecuperables, también es posible determinar los hogares allegados y la estimación de núcleos hacinados correspondientes a la zona centro sur de Chile, se logra identificar el déficit cuantitativo que alcanza las 413.263 viviendas, que equivalen al 6.35% en comparación a las viviendas particulares con habitantes y al 6.08% de los hogares censados.

REGIÓN	HOGARES ALLEGADOS	NUCLEOS SECUNDARIOS HACINADOS	VIVIENDAS IRRECUPERAB.	DEFICIT HABITACIONAL CUANTITATIVO
Valparaíso	21.092	15.418	3.272	541.428
Metropolitana de Santiago	175.377	79.618	15.719	33.540
Lib.Gral. Bernardo O'Higgins	7.849	6.731	2.190	39.896
Maule	9.134	6.347	4.467	16.486
Ñuble	3.457	2.378	2.408	70.238
Biobio	21.583	9.824	3.712	781.152
<b>TOTAL</b>	<b>238.492</b>	<b>120.316</b>	<b>31.768</b>	<b>1.482.740</b>

Tabla 12 - Déficit cuantitativo Zona Centro Sur, fuente Casen 2017.

Del total de viviendas requeridas un 61,06% corresponde a hogares allegados y núcleos hacinado al interior de las viviendas, mientras que el otro 38,94% son familias que requieren viviendas nuevas, dado que las que habitan se consideran irrecuperables, ya sea por tipología o materialidad. Aunque de acuerdo a las limitaciones del marco metodológico considerado durante el censo de 2017, se desconoce la cantidad de viviendas irrecuperables que están adosadas a otras en el mismo terreno, es importante contar con esta información, pues de esta forma se puede cuantificar los datos de hacinamiento existentes de mejor manera.

La distribución de requerimientos de viviendas se centra principalmente en las regiones con mayor concentración de población como la región metropolitana con un 69,31% del déficit nacional, la región del Valparaíso con un 10,19% y región de Biobio con un 8,99%.

En un reciente estudio del año 2021 “Desafíos en el acceso a la vivienda y el entorno urbano” realizado por la cámara Chilena de la construcción CCHC, se mantiene constante el nivel de allegamiento con respecto a las últimas cifras registradas en 2017, pero con datos un tanto más desalentadores, el estudio indica que en los últimos cinco años de se

adjudicaron, cada año, un poco menos de 3000 subsidios DS 49 por lo que se necesitan alrededor de 31 años para satisfacer la demanda de acceso a la vivienda de 84.000 familias allegadas de ingresos bajos que habitan en Santiago y en el caso de la familias allegadas de ingresos medios que residen en la capital, que son alrededor de 104.000, se han otorgado cerca de 6000 subsidios cada año, es decir se necesitan 17 años para dar solución a la demanda por acceso a la vivienda de estas familias.

## **7.2. DESASTRES NATURALES.**

En Chile a lo largo del tiempo se producen desastres naturales como también aquellos producidos por la mano del hombre, entre ellos, los incendios forestales, aluviones, terremotos, etc. Uno de los más grandes desastres naturales acontecidos en la última década, que aumento el déficit cuantitativo de 300.000 a 529.000 viviendas, e hizo retroceder 10 años el avance logrado en los últimos años (Alvarado 2010). Este terremoto afecto a zonas habitadas por trece millones de personas, alrededor de 500.000 viviendas quedaron con daños graves y sobre 17.392 viviendas fueron dañadas por el tsunami que ocurrió a minutos de producido el movimiento telúrico, siendo las tipologías de viviendas más dañadas, las de construcción liviana de madera, parcialmente las estructuras de albañilería o adobe, y en escasa medida las de hormigón, (Contreras & Wincler, 2013).

En el Caso de los incendios forestales registrados en Valparaíso el año 2014 (Declarado mega incendio), los que se extendieron por varias áreas, produjeron la pérdida de 3.582 viviendas afectando a 11.000 personas. También fueron importantes los incendios del año 2008 en el sector de las colinas de la Cruz, donde alrededor de 100 viviendas fueron destruidas y 400 personas afectadas. El incendio del cerro los placeres con la pérdida de 284 viviendas, dejando afectadas a 994 habitantes y el de playa ancha donde 215 viviendas fueron destruidas y 994 habitantes fueron afectados. Todos estos incendios tienen un elemento en común, se ubican en asentamientos informales y cercanos a áreas forestales, algo muy común en el crecimiento urbano de ciudades como Valparaíso.

En los mega incendios forestales del 2017 alrededor de 2.288 viviendas resultaron con algún daño y el caso más dramático es el de pueblo de santa Olga donde se perdieron 850 viviendas afectando a unas 5.000 personas, donde prácticamente el pueblo entero se incendió.

El reporte del plan de reconstrucción del terremoto y tsunami del 27F con avance al 31 de julio de 2021, indica que, a más de 10 años de ocurrido este desastre natural, hay un 99.96% de soluciones habitacionales ejecutadas y solo resta un 0.04% que se encuentran en etapa de ejecución, en su mayoría corresponde a subsidios de reparación y construcción de viviendas.

### **7.3. VIVIENDA SOCIAL INDUSTRIALIZADA EN CHILE.**

Autores como Heitmann (1996), sitúan las primeras viviendas industrializadas en Chile en la década de los 40, y lo que, fue su primer sistema constructivo, “Isolita” en 1946, y el de la empresa Desco de 1948-1955, los cuales tenían la particularidad de ser producidos y montados a pedido. El mismo autor describe que por esos años existía un financiamiento público de viviendas, pero con un bajo impacto para reducir el déficit de 400.000 viviendas de la época, pues apenas se construían 640 viviendas económicas anuales.

Posteriormente entre los años 1958, aparecen los primeros atisbos de viviendas industrializadas, La CORVI (Corporación de la vivienda), registra alrededor de 30 sistemas constructivos comerciales, ninguno de ellos se encuentra activo al día de hoy.

En 1965 nace la “Operación sitio” la que consistía en la creación de sistemas constructivos prefabricados, creados por equipos formados por Ingenieros, Constructores Civiles, Arquitectos etc., con materiales provenientes de todo el país.

En 1972 se instala la planta KPD, la que es considerada como la primera planta avanzada de paneles de hormigón que incorporaba una alta industrialización en el proceso de fabricación y montaje, considerada por Heitmann (1996) como una experiencia única para la época.

Entre 1977 y 1990, el estado deja de producir viviendas junto con el crédito destinado a ello, y el sector privado asume esta tarea, relegando al estado solo como un ente normativo y subsidiario, Heitmann (1996) señala que, en esta nueva etapa, el mercado comienza a ser un actor clave en la política habitacional considerada en armonía con sistema económico imperante.

Actualmente al alero del programa Construye 2025 impulsado por Corfo, la empresa nacional Baumax ha desarrollado proyectos de subsidios DS-19, como el de la ciudad de Rancagua, con un total de 180 departamentos, el proyecto consideraba inicialmente 5,8 meses de duración, con Baumax el tiempo disminuyó a 3.7 meses, un 36% menos de tiempo (Construye2025, 2020).

### **7.4 POLITICA DE GESTIÓN DE SUELO.**

Una nueva política implementada recientemente por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (Minvu), con el objeto de reducir el déficit actual de vivienda, y el creciente aumento de los allegados y campamentos a nivel país.

Esta iniciativa se llama “banco del suelo”, y lo que busca es canalizar el uso de la información en base a criterios, para tomar decisiones en donde y cuales terrenos usar y adquirir para ser utilizados en proyectos habitacionales sociales, basada en el uso de suelos tanto públicos como privados.

Actualmente el banco ya maneja alrededor 1.900 hectáreas disponibles para desarrollo de soluciones habitacionales a lo largo de todo el país, en donde alrededor de 450 hectáreas

corresponden a la región metropolitana, en donde actualmente se están ejecutando proyectos.

Esta nueva herramienta permite visualizar la inversión habitacional urbana del Minvu en la última década, junto con los terrenos seleccionados para la compra, generando el cruce de información para la integración urbana.

Lo que se busca es utilizar terrenos bien localizados en zonas centrales y bien integrados en la ciudad, junto con la construcción de viviendas de alto estándar y la integración social de las familias, junto con una visión de la planificación territorial de la ciudad, otorgándole al estado un rol más activo en la política de vivienda.

## **7.5 DESAFIOS PARA EL DESARROLLO DE LA PREFABRICACION DE VIVIENDAS.**

Alvarado (2010), señala que la industria de la construcción, es la que presenta los mayores impedimentos para el desarrollo de la industrialización en Chile. Particularmente la ubicación de las obras, en donde los materiales, proyectos y normativas son muy distintas de acuerdo a la zona donde se instale la vivienda. En el caso de los muros de hormigón prefabricado para poder cumplir con las normativas térmicas de cada zona, estos pueden ser resueltos incorporando un aislante al interior de muros dobles o agregando posteriormente trasdosados al interior o exterior de los muros por ejemplo la utilización de EIFS.

El mismo autor, menciona que la industria de la construcción se desenvuelve en un mercado que presenta riesgos propios de la actividad y que por lo tanto las estructuras organizacionales tienden a ser más livianas por obra, subcontratando servicios y las partidas para minimizar los costos fijos y con ello disminuir los riesgos. En contrapartida las empresas fabricantes de viviendas industrializadas pueden sufrir la misma incertidumbre en épocas de baja demanda, ya que los costos fijos de las fábricas son mayores al de las empresas constructoras tradicionales, en gran medida porque están asociados a la elaboración permanente de elementos constructivos para viviendas.

Taranilla (2009) y Campos (2021), sostienen que la investigación y desarrollo de tecnologías constructivas para viviendas, tiene una muy baja inversión, frente a otras áreas de similar importancia, dado que se acostumbra a usar técnicas constructivas tradicionales, en vez de adoptar nuevos sistemas.

Sin embargo, en cuanto a la materialidad de vivienda se puede concluir que los prefabricados de hormigón armado si pueden contar con la aceptación del público, de acuerdo a la encuesta Géminis Research del 2010 a grupos socioeconómicos, a los que se enfocan los subsidios habitacionales, la vivienda nueva con mejor aceptación del público, fue la vivienda de Albañilería (77%), en gran parte por ser un material que se percibe sólido, por lo que, se estima que para las viviendas de hormigón armado la percepción de solidez debería ser de similar aceptación.

## 8 TECNOLOGIA BAUMAX.

Baumax, es una startup chilena creada en el 2015, al alero del programa construye 2025 de la Corfo. Es una empresa que se dedica a la construcción robotizada con impresión 3D en hormigón, del tipo cerrada, se encuentra ubicada en la comuna de Lampa y las instalaciones poseen una superficie de 40.000m<sup>2</sup>. En un comienzo fueron socios estratégicos con la constructora Manquehue para proveer paneles en sus proyectos inmobiliarios a lo largo del país.

El sistema BAUMAX permite producir hasta 1000m<sup>2</sup> de prefabricados de hormigón al día en la planta ubicada en la comuna de Lampa, además de reducir las mermas y residuos que se generan al interior de las obras. Alcanza un alto control, que garantiza su calidad y utiliza un robot que diseña las piezas desde la plataforma BIM, paralelamente los obreros van confeccionando las enfierraduras de los elementos que conforman los paneles y losas.

La planta utiliza tecnología alemana única en Sudamérica, de la empresa Vollert Anlagenbau GmbH, y la ingeniería es de la oficina estructural SIRVE, o en su defecto la que defina el mandante. De acuerdo a las normas de construcción antisísmicas predominantes en Chile, este sistema utiliza más enfierradura de la que pueda utilizar una planta que está ubicada en Europa (Vollert, 2017).

En cuanto a las normas y documentos de referencia para diseño de elementos Baumax son las siguientes (Sirve, 2018).

- **PCI design handbook**, precast and prestressed concrete.
- **ACI 318-08** Código de diseño de hormigón armado.
- **NCh 170-2016**, Hormigón – Requisitos Generales.
- **NCh 204-2006**, acero – barras laminadas en caliente para hormigón armado.
- **NCh 218 Of.1977**, Acero – Mallas de alta resistencia para hormigón armado – especificaciones.
- **NCh 1173 Of.1977**, Acero, Alambre liso con entalladuras de grado AT-56-50H, para uso en hormigón armado – Especificaciones.
- **NCh 430 of 2008**, Hormigón Armado – Requisitos de diseño y calculo.
- **NCh-1998 Of.89**, Hormigón – Evaluación estadística de la resistencia mecánica.
- **NCh-2183 Of.92**, Hormigón y mortero – Método de ensayo – Determinación del tiempo de fraguado.
- **Decreto Supremo 60-2011**, Aprueba el reglamento que fija los requisitos de diseño y calculo para el hormigón armado y deroga el decreto N°118 de (V. y U.), de 2010.

### 8.1 PROCESO DE FABRICACIÓN BAUMAX.

El sistema constructivo robotizado para la construcción de Baumax, se caracteriza por ser milimétrico, de una alta calidad y productividad para empresas constructoras e

inmobiliarias, de acuerdo a Fuentealba (2018) y Vollert (2017) el proceso de prefabricación se realiza de la siguiente manera.

### 8.1.1 ETAPA DE DISEÑO.

En la primera etapa de producción y para lograr un buen diseño con la menor cantidad de procesos, sin sacrificar la propuesta de la oficina arquitectura, se debe considerar las siguientes etapas.

**Planos:** Una vez que el cliente define el proyecto, entrega los planos para ser evaluados por departamento técnico de la empresa, el cual, se encarga de cargar el modelo en un software especializado, de esta forma se obtiene la cantidad de paneles y losas necesarios para dar vida a la construcción del proyecto. Es importante aclarar que este sistema tiene ciertas restricciones que están ligadas al tamaño de las mesas de carrusel donde se fabrican los paneles.

PROCESO ESTIMADO DE DISEÑO 35 – 60 DÍAS	
ACTIVIDAD	PLAZO
Revisión de antecedentes y factibilidad	5-10 días
Geometría	10 a 20 días
Revisión cliente	5 días (Sugerido)
Enfierradura	15 a 25 días.
Revisión final	3 días (Sugerido)
Versiones	10 a 15 días.
Revisión final	5 días

Tabla 13 - Proceso estimado de diseño Baumax, fuente Baumax.

**Presupuestos y plazos:** concluida la etapa anterior, y ya determinados el volumen y la cantidad de elementos a prefabricar, se determina el presupuesto y los plazos de la obra.

**Coordinación y Aceptación:** Se coordinan reuniones de trabajo con el mandante para verificar que la interpretación de los planos de arquitectura sean 100% coincidentes con los elementos que se prefabricaran por parte de la empresa Baumax.

### 8.1.2 PRODUCCIÓN

Se da comienzo a la etapa de fabricación de los elementos necesarios para la materialización del proyecto, para lo cual se utilizan mesas carrusel y que van avanzando por distintas estaciones a medida que el proceso lo requiere, y que es controlado por un software CAD/CAM, esto permite cierta flexibilidad al diseño de arquitectura.

### 8.1.2.1 ETAPAS DE LA PRODUCCIÓN.

Este es un proceso, en que los elementos deben pasar por distintas etapas antes de finalizar la línea de producción.

- 1- **Dimensionado:** En esta etapa se dimensionan los elementos tales como, el alto y el ancho de los paneles por un robot de encofrado SMART SET, este posiciona los perfiles magnéticos en la mesa de circulación preparada, con precisión y a altas velocidades, además se realiza un pre trazado de los contornos en caso de existir vanos y puertas, y se trazan elementos que incluye el muro o losas: cajas eléctricas, tubos eléctricos, tubos sanitarios, etc. Posteriormente los obreros van incorporando en forma progresiva los elementos que fueron marcados anteriormente. Finalmente, antes de hormigonar se realiza un exhaustivo control de calidad que garantiza la trazabilidad de cada elemento en la estructura.

El Robot que incorpora esta tecnología tiene la capacidad de moverse en forma simultánea en cuatro ejes horizontales X e Y, este grado de automatización garantiza procesos que resultan muy efectivos y eficientes.



Figura 17 – instalación de perfiles magnéticos, fuente Vollert.

- 2- **Hormigonado:** En esta etapa un distribuidor de concreto SMART CAST también controlado por CAD/CAM aplica la cantidad precisa de hormigón en el área especificada, mediante un rodillo dentado. El volumen del hormigón vertido y la velocidad de los cilindros se pueden configurar para distintas consistencias de mezclas de hormigón, además el sistema posee unas compuertas hidráulicas para restringir el flujo de hormigón a los lugares donde no debe ser aplicado como por ejemplo los vanos de puertas y ventanas.

De acuerdo al manual de las especificaciones de obra gruesa de Sirve(2018) el hormigón utilizado por la planta es de grado G30, con un nivel de confianza de un 90%, el diámetro máximo del agregado grueso es de 10mm, y el cono de Abrams deberá estar comprendido entre 8 a 10cm



**Figura 18 - Proceso de hormigonado fuente Vollert.**

- 3- Vibrado:** Posteriormente para que el hormigón alcance su máxima densidad, la mesa carrusel pasa a una estación combinada de vibrado del hormigón VARIO COMPACT2 equipada con movimientos de oscilación y vibración, lo que, asegura una capa superior con una buena terminación con características de hormigón a la vista, de la misma forma se procede para paneles dobles y del tipo sándwich. El movimiento de agitación es de baja frecuencia, y es producida por cuatro unidades de desequilibrio, lo que permite un movimiento circular muy eficiente con un bajo nivel de ruido. Finalmente, los operarios proceden a platachar el hormigón para dejarlo de manera lisa. No está permitido aplicar vibradores a las armaduras.



Figura 19 - Proceso de alisado de paneles – fuente Vollert.

- 4- **Curado:** En esta etapa la mesa carrusel con elementos semiacabados es desplazada y direccionada por medio de un transelevador VARIO STORE hacia una cámara completamente aislada VARIO CURE, la que cuenta con un clima controlado y en donde el concreto se cura dentro de los periodos de tiempo que se necesitan para el proyecto. Posteriormente el producto se retira de la mesa por medio de grúas y se almacena en forma vertical, lo que permite optimizar el ciclo de curado.



Figura 20 - Cámara de curado, fuente Vollert.

La producción de paneles dobles cuenta con una de las tecnologías más modernas. Un dispositivo VARIO TURN (Robot) es capaz de voltear las mesas y conecta la capa superior con la inferior, entonces la capa superior curada se conecta por medio de brazos hidráulicos los cilindros de elevación elevan la estructura para iniciar el viraje, el peso de los elementos es soportado por un travesaño, este asegura un proceso de volteado seguro sin que haya un deslizamiento lateral de los elementos prefabricados.



Figura 21 - Almacenamiento de paneles – fuente Baumax.

- 5- **Control de calidad:** Durante todos estos procesos, se realizan los controles de calidad respectivos por parte del personal de la empresa, de tal manera de garantizar la calidad en todo el ciclo de prefabricación.



Figura 22 - Equipo volteador de paneles VARIO TURN, fuente Vollert.

## 8.2. ETAPAS DE MONTAJE.

En esta etapa supone la finalización de la fabricación de paneles en la fábrica Baumax, a continuación, los paneles numerados están listos para ser trasladados a la obra, y podemos distinguir las siguientes actividades.

- 1- **Transporte:** Los elementos prefabricados numerados de acuerdo a la secuencia de montaje son transportados a obra a través de camiones articulados con camas y racks diseñadas especialmente para transporte de paneles en forma vertical, de esta manera se evita que los paneles puedan resultar dañados en el trayecto.



Figura 23 - Transporte paneles prefabricados de hormigón, fuente Keegan precast

- 2- **Montaje de paneles primer nivel:** El personal de Baumax, procede a instalar los paneles mediante el uso de grúas y se aploman con el uso de alzaprimas, en los insertos de acero que fueron dejados en las fundaciones y que permiten el amarre de los elementos. Finalizando con el relleno y sellado de las juntas mediante sistema de uniones frescas o húmedas “in situ”.



Figura 24 - Instalación de paneles, fuente Baumax.

- 3- **Unión entre muros:** Finalizada la etapa anterior se procede a instalar las armaduras de cada una de los muros y moldajes de ser necesarios, estas se instalan dependiendo del tipo de unión entre los paneles “L” o en “T”, posteriormente se vierte el hormigón in situ y luego se procede a vibrar, esto asegura una unión monolítica entre los distintos elementos instalados.

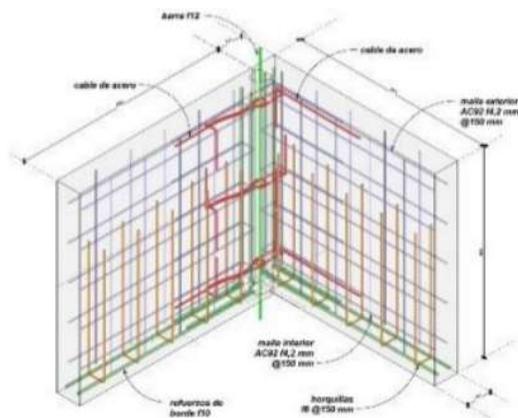


Figura 25 - Detalle unión de muros - Fuente ingeniería Baumax-Sirve.

- 4- **Instalación de losas:** Se deben ubicar correctamente las alzaprimas para recibir las pre losas, estas actúan como moldajes para recibir la losa de compresión y los refuerzos que se instalan en obra, posteriormente se despliegan las enfierraduras que incorporan los muros para hacer la conexión con la losa, y posteriormente se procede a llenar la losa de compresión con hormigón “in situ”. Los espesores varían desde 100mm hasta los 200mm, finalmente la losa queda unida y amarrada al resto de la estructura monolíticamente, este elemento, se puede utilizar con muros dobles, muros simples, o procesos constructivos tradicionales.
- 5- **Montaje de paneles segundo Nivel:** El montaje se realizar similar al procedimiento de instalación de muros del primer nivel. Se instalan los paneles sobre los insertos de los muros que sobresalen desde la losa, luego las grúas procedan con el izaje de los paneles, al mismo tiempo los operarios de montaje hacen calzar los insertos de acero con los del panel en su posición definitiva. Una vez instalados se procede a hormigonar “in situ” las uniones para que funcionen de manera monolítica con la estructura.
- La unión de muros en “L” y “T” funcionan de la misma manera, se instalan las enfierraduras y luego se procede a verter hormigón tipo grouting, y se vibra sin tocar los insertos de acero.



Figura 26 - Instalación de paneles, fuente Baumax.

- 6- **Recepción:** Finalmente en conjunto con el cliente se procede a validar y recepcionar los elementos instalados por Baumax, de acuerdo al manual de sistema BAUMAX.

### 8.3 SISTEMA DE UNIONES BAUMAX.

Valenzuela (2018), describe y agrupa las uniones “in situ” para elementos prefabricados de hormigón de la siguiente manera:

- 1- Unión hormigonada in situ reforzado con barras de acero de construcción.
- 2- Realizada mediante soldaduras de acero de las armaduras del elemento y barras de acero agregadas con el posterior relleno de hormigón en la junta.

En el caso de la empresa **Baumax**, esta utiliza uniones hormigonadas “in situ” reforzadas con barras de acero de construcción (1).

Estas uniones son realizadas “in situ” mediante un conjunto de uniones frescas generando una unión sismo resistente, y que han sido desarrolladas por la empresa BAUMAX y la oficina de ingeniería SIRVE, cuentan con ensayos del DICTUC, además de cumplir con las normas ACI 318-08 y por D.S. N°60 del Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

**UNIÓN MURO A MURO:** Esta unión permite el traslape con barras de acero incorporadas en los muros a través de un sistema de encaje hembra-hembra, para posteriormente agregar hormigón de alta resistencia.

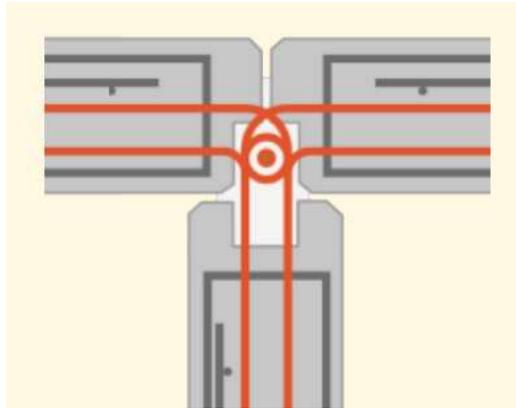


Figura 27 - Unión muro a muro – Fuente Baumax.

**UNIÓN RADIER-MURO:** Los insertos de acero quedan embutidos o empotrados en las vigas de fundación o losas, y posteriormente se conectan de manera precisa con los muros, para finalizar se rellena la unión con hormigón de alta resistencia tipo grout.

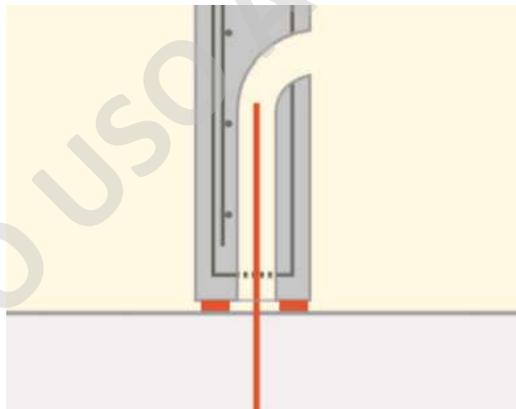


Figura 28 - Unión radier muro - Fuente Baumax.

**UNIÓN MURO LOSA:** Las barras de acero se instalan en los muros y se conectan con la losa, posteriormente se procede a rellenar la losa de compresión, asegurando una unión monolítica.

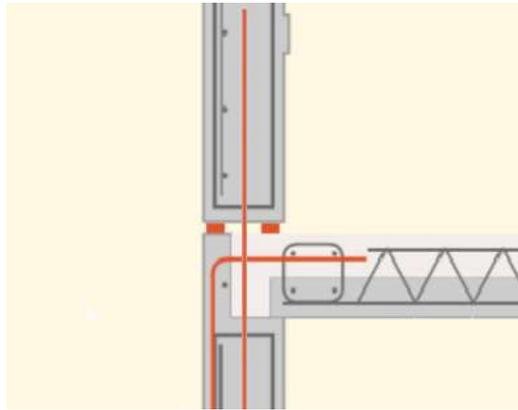


Figura 29 - Unión Muro Losa - Fuente Bauman

**TRATAMIENTO DE JUNTAS:** El tratamiento de juntas se realiza con una franja de 20cm, con un mortero de grano fino sobre una malla de fibra de vidrio, la que actúa como refuerzo sobre el mortero aplicado. Este tratamiento actúa en forma resistente y elástica sobre la unión de los elementos.

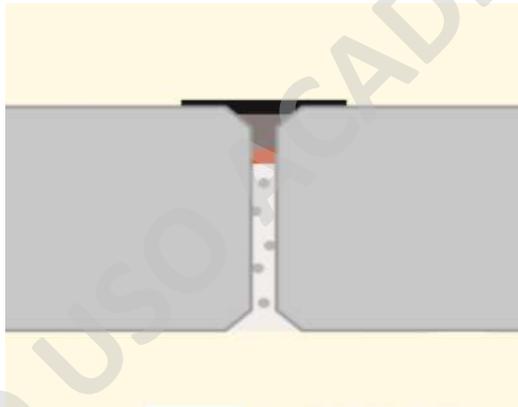


Figura 30 - Tratamiento de Juntas - Fuente Bauman.

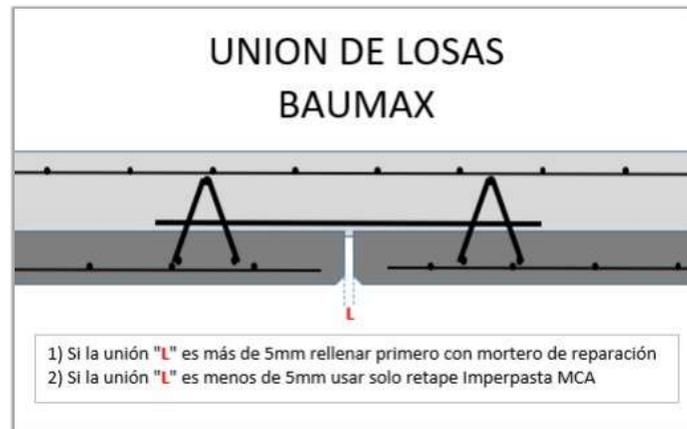
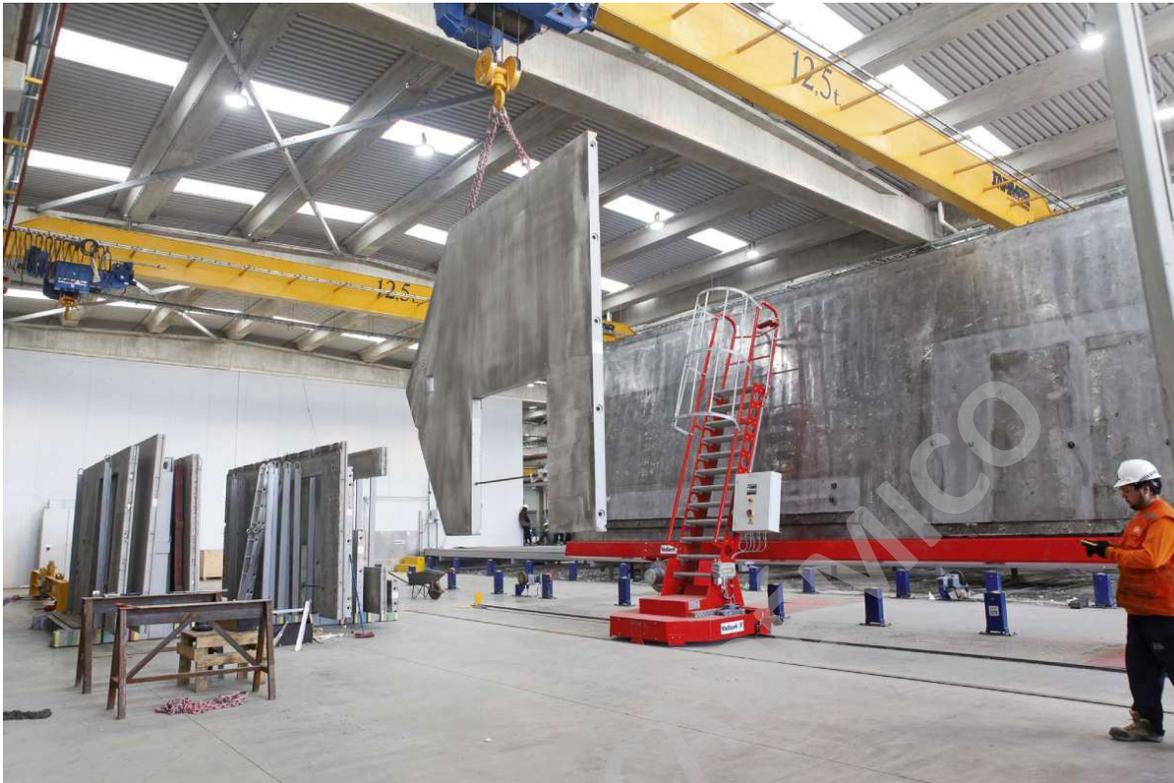


Figura 31 - Unión de lasas Baumax - Fuente Imprefull.

#### 8.4 PRODUCTOS DEL SISTEMA BAUMAX.

En sistema Baumax podemos distinguir 3 productos principales, los muros simples, los muros dobles o shell walls y las lasas prefabricadas. La diferencia radica en el tamaño de los paneles, el peso y las conexiones empleadas.

**MURO SIMPLE:** También conocido como muro macizo, donde solo se vierte hormigón en la conexión con los distintos elementos que componen el sistema, por ejemplo, podemos mencionar que el sistema KPD utilizaba este tipo de panel. Los muros simples pueden ser fabricados con espesores desde los 100mm hasta los 400mm, con longitudes de hasta 12,16m de largo y una altura máxima de 3,55m.



**Figura 32 - Muro Simple con perforaciones para insertos, fuente Baumax-ICH.**

Una de las desventajas de los muros simples es que los insertos deben coincidir exactamente con las perforaciones de los muros, dado que este posee una menor holgura para ajustes in situ, afectando mayormente a la etapa de montaje, por retrasos y no conformidades, pudiéndose producir plazos y costes mayores a los proyectados.

**MURO DOBLE:** También conocido como Shell Walls, con este tipo de panel se incorporan las armaduras tipo celosías que permiten la conexión de ambas caras y se incorporan las tuberías que corresponden a las instalaciones embutidas del muro, junto con el hormigón, posteriormente cuando fragua una cara del muro, se procede a voltear el panel y se une con la otra cara, a la que se ha aplicado hormigón fresco, una vez fraguada, se forma una especie de encofrado sin moldajes. El montaje en obra se realiza sobre insertos instalados previamente en la fundación, posteriormente se vacía el hormigón restante in situ formando una estructura monolítica. El espesor mínimo de este muro es de 17cm.

Las ventajas del muro doble es que su instalación es mucho más rápida y eficiente, ya que, existen más holguras en su instalación evitando retrasos en la etapa de montaje.



**Figura 33 - Muro doble con instalaciones interiores y en obra - fuente Valenzuela (2018) y Keegan precast.**



**Figura 34 - Muro doble con parte central hormigonada, fuente Archiexpo.**

Entre el muro y los cimientos se debe dejar aproximadamente 3 a 4 cm de separación de manera que una vez que se vierta el hormigón en la parte central del muro prefabricado puedan unirse ambos elementos.

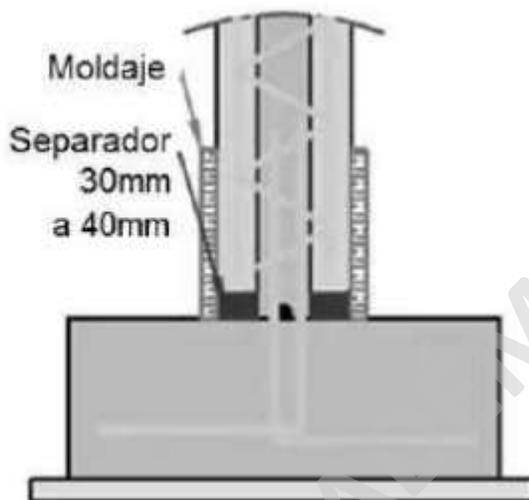


Figura 35 - Separación de muro y cimientos, fuente Sirve (2018).

Una vez instalado el muro doble sobre los insertos de la fundación y apuntalados los distintos muros de la obra, se procede con el vertido del hormigón de la zona central del muro. Este hormigón deberá ser autocompactante HAC, grado G25, de acuerdo a norma NCh 170:2016, con nivel de confianza de 90%, la temperatura al momento de la colocación no deberá superar los 35°C, además debe cumplir con especificaciones del punto 11 de la NCh 170-2016, el tamaño del agregado grueso, será de 13mm, el ensayo del cono de Abrams invertido debe estar entre 60 a 70cm. La colocación del hormigón deberá emplearse tubo tremie o similar, en muros altos se deben dejar ventanas intermedias para vaciado del hormigón, cuidando que la altura no sobrepase los 2.50m, la velocidad de colocación para temperaturas mayores a 15°C deberá ser de 70cm por hora, y para temperaturas menores de 15°C deberá ser de 50cm por hora (Sirve, 2018).



**Figura 36 - Vertido de hormigón en muro doble, fuente prefabricados Austral Precast.**

**LOSAS:** Las losas son producidas en fabrica con una pre losa de 50mm de espesor y posteriormente se rellena en terreno con una losa de compresión con espesores que pueden variar desde los 60mm hasta los 150mm, con largos máximos de 8,5m y ancho máximo de 3,66m.

Para relleno de losas, se utiliza hormigón premezclado G25, según NCh 170:2016, con nivel de confianza de 90%, y en el momento de la colocación la temperatura no deberá sobrepasar los 35°C, deberá cumplir con el punto 11 de la misma norma, el diámetro máximo del agregado grueso será de 20mm, y el cono de Abrams deberá estar comprendido entre 8 y 10cm (Sirve, 2018).



Figura 37 - Losa, fuente Vollert Anlagenbau GmbH.

### 8.5 INSTALACIONES.

**SANITARIAS:** Las tuberías se pueden instalar fuera del muro y posteriormente cubrirlas con una tabiquería sencilla. Como alternativa se pueden incorporar perforaciones sanitarias para evitar que queden directamente a la vista.

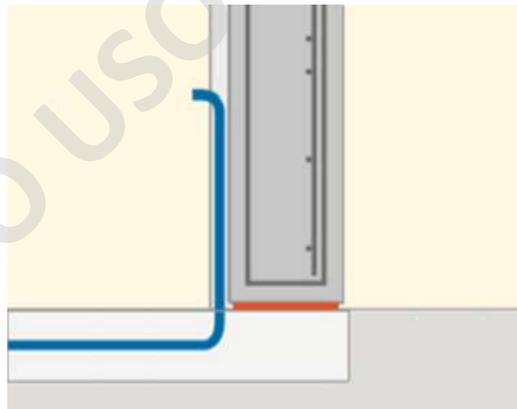


Figura 38 - Instalaciones Sanitarias - Fuente Baumax.

**ELECTRICAS:** Las instalaciones eléctricas vienen incorporadas en los paneles desde la fábrica con una muy alta precisión. Las cajas de registro se ubican en el radier y/o las losas, lo que permite la conexión de los Conduit eléctricos con los muros.

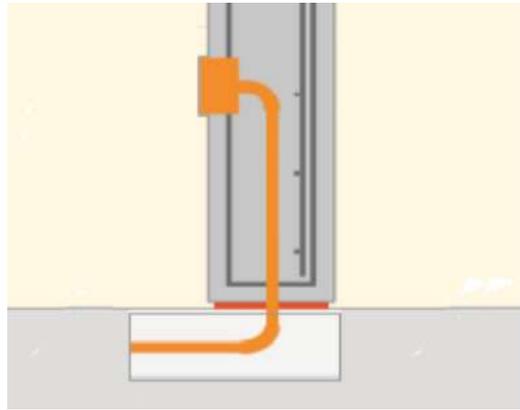
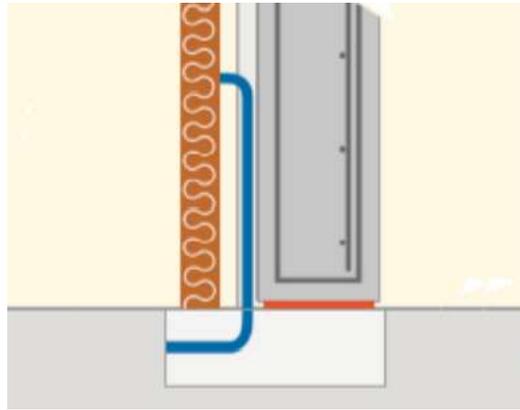


Figura 39 - Instalaciones Eléctricas - Fuente Baumax.



Figura 40 - Instalaciones eléctricas en muro de hormigón prefabricado - fuente Keegan precast.

**CLIMATICAS:** Se consideran perforaciones y pasos en los muros para evitar que las tuberías queden a la vista, también se pueden utilizar tabiques para esconderlas. Las conexiones se realizan a través de cajas de registro ubicadas en el radier o losa.



**Figura 41 - Instalaciones Climáticas - Fuente Baumax.**

### **9. VIVIENDA A EVALUAR EN ESTE ESTUDIO.**

Se procede a evaluar vivienda de albañilería armada construcción tradicional con vivienda de paneles de hormigón prefabricado, para ambos casos es la misma tipología o modelo y metros cuadrados.

Las características de la vivienda elegida para el presente estudio son: vivienda de 1 piso con 59.69m<sup>2</sup> construidos. Este tamaño de vivienda está en sintonía, con el proyecto de ley que modificará la ley de urbanismo y construcción (OGUC) que exigirá un mínimo de 56m<sup>2</sup> de construcción, debiéndose ampliar 10 m<sup>2</sup> por cada habitante adicional superior a 3. La visión de vivienda social ha ido cambiando con el tiempo, ahora se privilegian los espacios necesarios para la habitabilidad, que las personas necesitan para desarrollar su vida, y no con un criterio meramente económico.

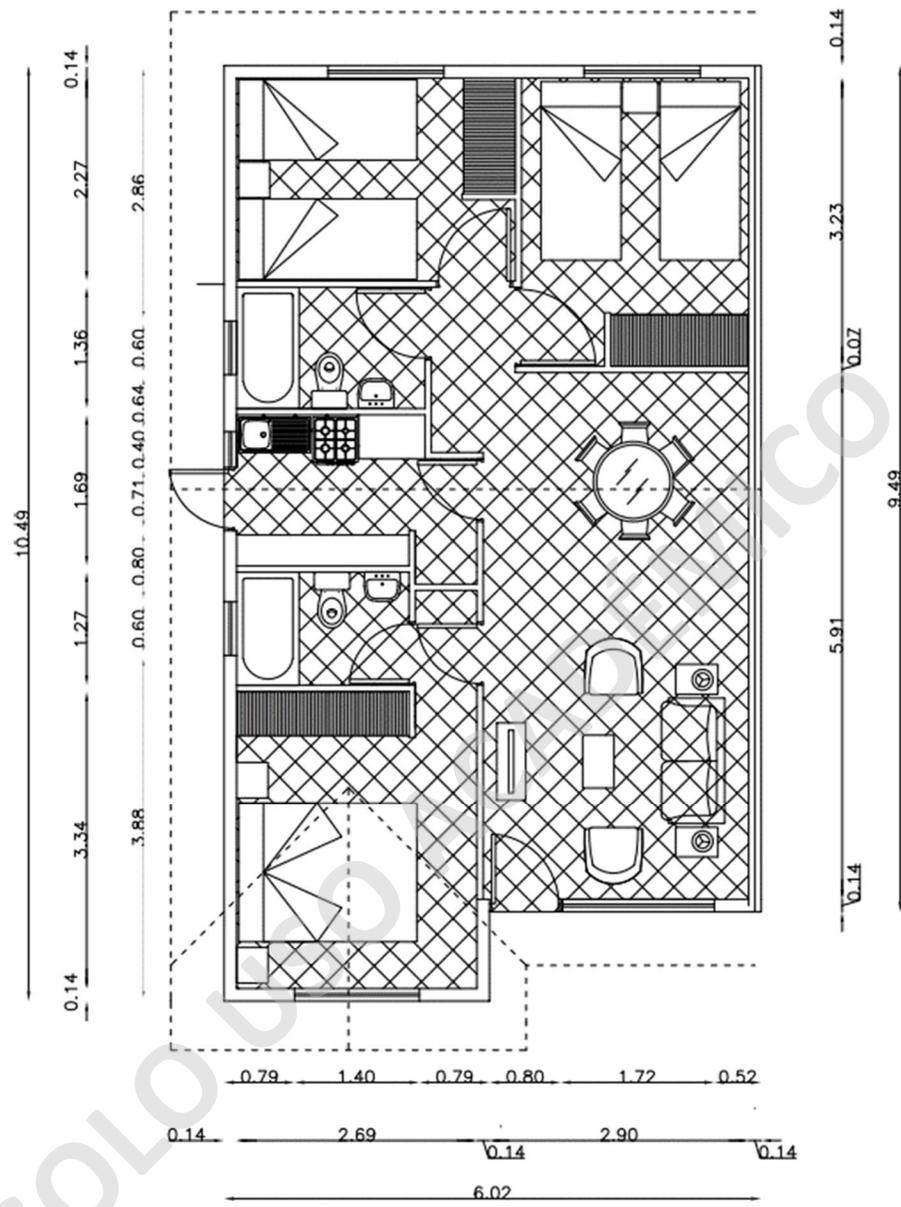


Figura 42 – Plano de planta Vivienda propuesta - Fuente elaboración propia.

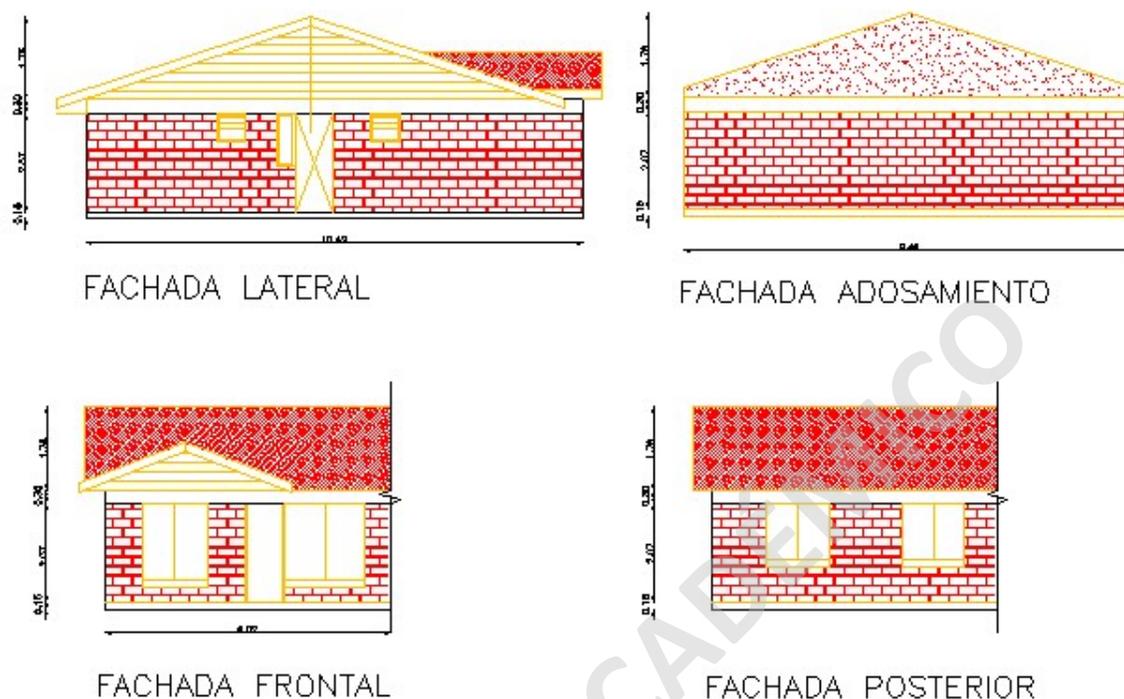


Figura 43 - Vivienda propuesta - Fuente elaboración propia.

## 10. ANALISIS DE COSTO Y TIEMPO.

Para analizar los costos es necesario comparar ambas viviendas con sus presupuestos respectivos, para ello se ha utilizado el manual de precios de la construcción ONDAC, que permite, solucionar la tarea de costear proyectos de obras y además la revisión de bibliografía para muros prefabricados, particularmente se consulta el trabajo de Valenzuela (2018) para valores de materiales de muros prefabricados.

Tabla 14 - Valor M3 de prefabricado de hormigón.

PREFABRICADO	MONTAJE
18.5 UF	5 UF

De acuerdo a la cámara chilena de la construcción CCHC, los precios de los materiales han aumentado hasta en un 300%, en productos como la madera y el acero, debido a la

pandemia por coronavirus y las restricciones impuestas que frenaron la producción y contrajeron la oferta.

### 10.1 ANALISIS DE COSTOS DIRECTOS.

Se analizan los costos directos de construcción con método tradicional de albañilería versus paneles de hormigón prefabricado utilizando muro doble, ya que este presenta mayores holguras y por lo tanto un mayor avance en la etapa de montaje. Para este estudio se considera muro con espesor de 18cm, con cara externa de 7cm, 5cm interior con espacio entre ambos muros a rellenar in situ de 6cm con mortero.

ITEM	PARTIDA	ALBAÑILERIA		PANELES PREFABRICADO H.	
		TOTAL UF	%	TOTAL UF	%
<b>1.0.0</b>	<b>OBRAS PROVISORIAS</b>	<b>147,88 UF</b>	<b>11,96%</b>	<b>147,88 UF</b>	<b>11,37%</b>
<b>2.0.0</b>	<b>OBRA GRUESA</b>	<b>504,72 UF</b>	<b>40,82%</b>	<b>552,06 UF</b>	<b>42,44%</b>
<b>2.0.1</b>	MOVIMIENTOS DE TIERRAS, RELLENOS	32,44 UF	2,62%	23,39 UF	1,80%
<b>3.0.0</b>	FUNDACIONES	63,55 UF	5,14%	72,90 UF	5,60%
<b>4.0.0</b>	RADIER	47,69 UF	3,86%	47,69 UF	3,67%
<b>5.0.0</b>	MUROS	262,40 UF	21,22%	309,45 UF	23,79%
<b>6.0.0</b>	ESTRUCTURA TECHUMBRE	98,63 UF	7,98%	98,63 UF	7,58%
<b>7.0.0</b>	<b>TERMINACIONES</b>	<b>282,38 UF</b>	<b>22,84%</b>	<b>299,47 UF</b>	<b>23,02%</b>
<b>7.1.1</b>	CIELOS	67,25 UF	5,44%	67,25 UF	5,17%
<b>7.2.0</b>	HOJALATERIA	4,31 UF	0,35%	4,31 UF	0,33%
<b>7.3.0</b>	PINTURAS Y REVESTIMIENTOS	44,65 UF	3,61%	44,11 UF	3,39%
<b>7.4.0</b>	PUERTAS Y VENTANAS	65,91 UF	5,33%	65,91 UF	5,07%
<b>7.5.0</b>	QUINCALLERIA	8,81 UF	0,71%	8,81 UF	0,68%
<b>7.6.0</b>	PISO	45,84 UF	3,71%	45,84 UF	3,52%
<b>7.7.0</b>	MOLDURAS	18,93 UF	1,53%	18,93 UF	1,46%
<b>7.7.0</b>	TERMINACIONES EXTERIORES	26,67 UF	2,16%	44,30 UF	3,41%
<b>8.0.0</b>	<b>INSTALACIONES</b>	<b>301,46 UF</b>	<b>24,38%</b>	<b>301,46 UF</b>	<b>23,17%</b>
	<b>TOTAL</b>	<b>1.236,43 UF</b>	<b>100%</b>	<b>1.300,87 UF</b>	<b>100%</b>

Tabla 15 - Comparación de presupuestos resumidos, Albañilería / Muro Doble prefabricado 18cm – fuente: elaboración propia, en base a uf 30.991,74 al 31/12/2021.

Se aprecia una diferencia de **64,44 UF**, lo que no, representa una diferencia tan significativa entre ambos sistemas, y puede deberse, a que la vivienda para este estudio, no es tan grande.

También se aprecia, que la vivienda, con panel doble de hormigón prefabricado corresponde a un **105,21%** del sistema tradicional de albañilería, comparada en base al presupuesto total.

La etapa de obra gruesa para ambos casos es la más representativa en cuanto a costos, la utilización de paneles de hormigón prefabricado es un **9,38%** más cara que el sistema tradicional.

## 10.2 ANALISIS DE TIEMPO

En cuanto al tiempo se analizan las cartas Gantt para ambos proyectos determinándose los siguientes días corridos o naturales para cada proyecto.

	VIVIENDA ALBAÑILERIA		VIVIENDA PANELES H.P.	
Duración de la obra	80 días	4.0 meses	49 días	2.45 meses

Tabla 16 - Duración ambos sistemas, Fuente elaboración propia.

El ahorro de tiempo de la vivienda con paneles de hormigón prefabricado es de **38.75%** con respecto a la vivienda de albañilería.

## 10.3 ANALISIS DE COSTOS INDIRECTOS

Al analizar los costos indirectos, la vivienda con paneles de hormigón prefabricado, podemos notar una disminución de los mismos, dado que, el tiempo de construcción es inferior al de la vivienda tradicional.

ITEM	VALOR UNITARIO	ALBAÑILERIA (MESES)	MURO PREFAB.DOUBLE (MESES)
		4	2,45
ENCARGADO DE OBRA	32,27 UF	129,07 UF	79,05 UF
ADMINISTRATIVO	17,75 UF	70,99 UF	43,48 UF
ARRIENDO OFICINA	5,81 UF	23,23 UF	14,23 UF
AGUA	3,55 UF	14,20 UF	8,70 UF
ELECTRICIDAD	4,84 UF	19,36 UF	11,86 UF
HERRAMIENTAS/MAQ.		50,34 UF	7,90 UF
<b>TOTAL</b>		<b>307,18 UF</b>	<b>165,22 UF</b>

Tabla 17 - Análisis de costos indirectos, fuente: elaboración propia.

La incidencia de costos indirectos para cada sistema constructivo es la siguiente:

<b>SISTEMA CONSTRUCTIVO</b>	<b>COSTOS DIRECTOS</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>%</b>
<b>TRADICIONAL</b>	1.236,43 UF	307,18 UF	<b>24,84%</b>
<b>MUROS P.H.A.</b>	1.300,87 UF	165,22 UF	<b>12,70%</b>

**Tabla 18 - Incidencias costos indirectos, fuente: elaboración propia.**

Se aprecia una disminución de los costos indirectos del proyecto influenciado directamente por la duración del montaje de la vivienda de muros de hormigón prefabricado. Esta resulta ser **77,52UF** más económica que la tradicional, y **1,30 UF x m2**.

Por tanto, la duración de la etapa de la construcción resulta fundamental en el costo final de la vivienda.

La fase diseño, programación deben ser muy bien analizadas, determinado las rutas críticas para evitar imprevistos que puedan afectar mayormente el devenir de la obra, se debe colocar atención y recursos en su estudio, ya que como sabemos los cambios a realizar en esta etapa, tiene un menor o casi nulo impacto en el costo final del proyecto

## 11. CONCLUSIONES.

La aplicación de nuevas políticas de acceso a la vivienda, junto la utilización de prefabricados de hormigón, para conjuntos habitacionales sociales, pueden ayudar a reducir el déficit cuantitativo de las familias que esperan por soluciones habitacionales. También es válido, para el caso de las catástrofes naturales, ya que este costo de oportunidad, de obtener una vivienda definitiva, en menor tiempo, y con altos estándares de calidad, se considera un beneficio a las familias que esperan una solución habitacional definitiva.

Los sistemas constructivos de hormigón prefabricado mejoran la calidad final del producto, al incorporar procesos repetitivos bajo un ambiente controlado en fábrica con mano de obra especializada, con el consiguiente aumento de la velocidad de construcción, montaje y menores accidentes de trabajo.

También hay un aumento de la sustentabilidad puesto que se reducen los residuos que se generan en obra, se mejora la competitividad, se aumenta la eficiencia del sector de la construcción y contribuyen a optimizar el uso de los materiales.

Dado que la prefabricación ofrece menores tiempos y también reduce los costos de construcción, las empresas inmobiliarias pueden utilizar paños de terrenos más pequeños y construir etapas más reducidas aumentando así su eficiencia operacional.

Con la construcción industrializada se obtiene una certeza en los plazos de entrega versus los sistemas constructivos tradicionales, se observa que estos últimos presentan mayores imprevistos en obras tales como, tiempos muertos, atrasos en las entregas y pérdidas de materiales.

Los sistemas prefabricados industrializados son más caros en obra gruesa que los sistemas tradicionales, pero en contrapartida si existe una buena planificación, estos se ven beneficiados con menores tiempos de construcción.

## **ANEXOS**

### **ANEXO A**

## **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS VIVIENDA UNIFAMILIAR DE ALBAÑILERÍA.**

### **CAMPO DE APLICACIÓN.**

Las presentes Especificaciones Técnicas, definen los materiales en cuanto a su procedencia, características particulares, como también los procedimientos requeridos para la ejecución de las obras de construcción de las viviendas. Se complementan además con las respectivas especificaciones Técnicas y Proyectos de Especialidades.

### **NORMAS Y REGLAMENTOS COMPLEMENTARIOS.**

En todo aquello que sea aplicable a las obras materia del proyecto y salvo estipulaciones en contrario, se tendrán como parte íntegra y/o complementarias de las presentes especificaciones técnicas, las siguientes Normas, Leyes y Reglamentos que concurren a la definición del proyecto:

- Ley General de Urbanismo y Construcción.
- Ordenanza General de Urbanismo y Construcción de 1992 y sus modificaciones posteriores (Decreto N° 173 de Diciembre 1996 y N° 78 de Diciembre 1997 del Minvu) actualizada al 21 de Marzo de 2016, incorpora modificación DS N°50 de fecha 4 de Marzo de 2016.
- Plan regulador comunal, correspondiente a la comuna donde se ubica el proyecto.
- Leyes, decretos, reglamentos, y resoluciones relativas a permisos, aprobaciones, derechos, impuestos e inspecciones fiscales y municipales.
- Reglamentos y Especificaciones Técnicas para la construcción de pavimentos vehiculares ó peatonales (Serviu).
- Reglamento sobre los proyectos y construcciones de redes de instalación de alumbrado y fuerza motriz (SEC).
- Reglamentos generales sobre Instalaciones Domiciliarias de Alcantarillado y Agua Potable. Reglamento y Manual de Normas Técnicas de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado.
- Normas de Seguridad sobre Accidentes del Trabajo y Seguridad en excavaciones (Nch. 436 Of.51 – Nch.349 Of.55).
- Normas I.N.N. referidas a calidad, métodos de muestreo y ensayos de los materiales a utilizar en el proyecto.

## **DOCUMENTOS QUE DEBEN MANTENERSE EN OBRA**

Será responsabilidad de la empresa constructora mantener un archivo actualizado en obra, para consulta de los profesionales que intervienen en el proyecto.

- Libro de Obra (manifold triplicado foliado), en el que se individualizará la nómina de profesionales participantes. En él se consignará, de manera oficial, todo el flujo de información entre los diferentes profesionales intervinientes.
- Juego de Planos Completo de los proyectos de Arquitectura y Cálculo.
- Juego de Planos Completo de los proyectos de especialidades.
- Especificaciones técnicas de: Arquitectura, Cálculo y Especialidades.
- Fotocopia del permiso de edificación.

### **A.6. CALIDAD DE LOS MATERIALES**

Los materiales especificados son de primera calidad, debiendo cumplir con la totalidad de las características técnicas ofrecidas por el fabricante, así también deberán cumplir con todas las Normas I.N.N. vigentes en cuanto a calidad de los materiales.

### **A.7. ENSAYOS DE MATERIALES Y CONTROL EN OBRA**

Se realizarán los siguientes ensayos mínimos, en laboratorios inscritos en el MINVU:

- Suelos: - El estrato de suelo será informado por el profesional mecánico de suelos.
- Morteros de Pega: - Nch 158 Of. 67 ensayo de flexión y compresión de morteros.  
- Nch 2123 y 1928, según corresponda.
- Hormigones: - Nch 170.Of. 85 hormigón – Requisitos generales.
- Ladrillo Cerámico: - Nch 169 Of. 2001.  
- Nch 2123 y 1928, según corresponda.
- General materiales: Todo sistema constructivo, y su aplicación en Obras de Construcción, debe cumplir la Norma en cuanto a resistencia al fuego, acústica y térmica.

## **GASTOS ADICIONALES**

### **PERMISOS**

Se sacarán los permisos necesarios para el buen desarrollo de la obra.

### **CONTRATO DE CONSTRUCCIÓN Y GASTOS NOTARIALES**

Se hará el contrato y los gastos notariales necesarios.

## **SEGUROS Y GARANTÍAS**

Se tomarán los seguros necesarios para el buen desarrollo de la obra.

### **1. OBRAS DE CONSTRUCCIÓN**

#### **1.1 TRABAJOS PREVIOS**

##### **1.1.1 LETRERO INDICATIVO DE LA OBRAS**

Se colocará el letrero indicativo respectivo.

##### **1.1.2 CIERROS PROVISORIOS**

Se consultan los cierros provisorios necesarios para el buen desarrollo de las obras, serán en tabla tapa de 1" x 4", o cuartón con tablero de OSB 1.22 x2.44 mts.

##### **1.1.3 CONSTRUCCIONES E INSTALACIONES PROVISORIAS**

Se consultan sólo las necesarias para el buen desarrollo de la obra.

##### **1.1.4 ENSAYOS DE MATERIALES Y CONTROL EN OBRA**

Se harán los ensayos necesarios para la buena ejecución de la obra, en laboratorios inscritos en el MINVU.

##### **1.1.5 MAQUINARIA Y EQUIPO**

Se contará con las máquinas necesarias para el buen desarrollo de la obra.

##### **1.1.6 ASEO Y CUIDADO DE LA OBRA**

Será responsabilidad del contratista el aseo y cuidado de la obra hasta su entrega.

##### **1.1.7 DESPEJE DEL TERRENO**

Se limpiará el terreno retirando todos los elementos que impidan el buen desarrollo del proyecto.

##### **1.1.8 REPLANTEO**

Se realizarán los replanteos necesarios para el buen desarrollo de la obra.

##### **1.1.9 TRAZADO Y NIVELES**

Se realizarán los trazados y niveles necesarios para el buen desarrollo de la obra. Los trabajos topográficos y de trazado se realizarán bajo la supervisión de un profesional idóneo a quien le corresponderá la supervigilancia de la absoluta y total exactitud de estos trazados y niveles, respecto a lo definido en los planos de arquitectura y especialidades. Deberán ser recepcionados por el arquitecto del proyecto.

#### **1.2 OBRA GRUESA**

##### **1.2.1 CIMIENTOS**

###### **1.2.1.1 Excavaciones y rellenos**

La nivelación del terreno y mejoramientos de terreno estarán hechos a cargo del mandante, el que entregará los niveles de subrasantes de las obras. Por tanto, se deben realizar los rellenos pertinentes para dar cobertura a las fundaciones hasta el nivel de terreno natural que aparece en los planos. La cobertura se considerará en una distancia a 2 m desde la línea del muro terminado de la casa y cubrirá todo el perímetro. Los suelos utilizados deberán ser de tierra apisonada.

#### **1.2.1.2 Emplantillados**

Se deben consultar de acuerdo a proyecto de cálculo. En caso de no estar especificado, se harán en base a mezcla de cemento y áridos con un contenido de cemento de 2 sacos por m<sup>3</sup> de emplantillado.

#### **1.2.1.3 Hormigón estructural**

Se harán de hormigón de acuerdo a dimensiones y dosificaciones indicadas en el plano de estructura con una resistencia mínima H10. Se acepta un máximo de 20 % de volumen ocupado por bolón desplazador. La preparación del hormigón considera revoltura mecánica. La compactación también se debe realizar de manera mecánica. Se considerará dejar las pasadas necesarias para las instalaciones de agua potable, alcantarillado y otras que incluya el proyecto.

### **1.2.2 SOBRECIMIENTOS**

#### **1.2.2.1 General**

Serán de hormigón de acuerdo a dimensiones y dosificaciones indicadas en plano de estructura. Debe recibir tratamiento impermeabilizante a la humedad y quedar a un nivel de piso terminado (NPT) de +0.20 m sobre el terreno adyacente en el punto más desfavorable.

#### **1.2.2.2 Hormigón**

La resistencia será definida por proyecto de cálculo, siendo su resistencia mínima H-15. La preparación del hormigón considera revoltura y compactación mecánica. Como impermeabilizante contra la humedad tendrá hidrófugo incorporado. La sección del sobrecimiento es de 15,4 cms, ancho de acuerdo al ladrillo especificado y de un alto mínimo de 27 cms.

#### **1.2.2.3 Enfierradura**

En caso de ser necesario se ejecutarán de acuerdo a dimensionamiento y especificaciones del plano de estructura.

#### **1.2.2.4 Moldajes de cimiento y sobrecimiento**

Serán preferentemente metálicos, totalmente ajustados en sus piezas o componente, a fin de evitar pérdidas de lechadas de cemento, nivelados y aplomados convenientemente; dimensiones de acuerdo a plano de estructuras. Como alternativa se podrá usar moldaje de madera recubierto con placa terciada tipo Bomafilm.

#### **1.2.2.5 Gradas de hormigón**

Las gradas serán formadas por el sobrecimiento en la puerta de acceso, cocina y baño 1° nivel. Se deberá conformar gradas adicionales exteriores en los accesos cuyo sobrecimiento exceda los 20 cm. de altura.

### **1.3 RADIERES / BASES PAVIMENTOS**

#### **1.3.1 GENERAL**

Se consulta un radier de hormigón de 8 cms. de espesor. El radier deberá quedar confinado en los sobrecimientos. Podrá consultar juntas de retracción de fraguado cuando corresponda. La terminación del radier debe ser pareja para recibir pavimento en estas especificaciones técnicas.

#### **1.3.2 AISLACIONES Y BARRERAS**

El relleno se hará siguiendo las recomendaciones de la mecánica de suelos y será compactado con placa o con rodillo compactador manual.

Se consulta una cama de ripio compactado de 8 cm.

La dosificación del cemento será definida por el ingeniero calculista. En caso que esta sea inferior a 250 kg. cem./m<sup>3</sup> se usará aditivo impermeabilizante.

Antes de hormigonar el radier, se revestirá toda la superficie rypiada con polietileno negro de 0.2 mm, como barrera de humedad. Se cuidará que el traslapo en los empalmes sea de 0,50 Mts. como mínimo y debiendo cuidar que no se produzcan fisuras al vaciar el hormigón.

Se deberá reemplazar todo el material orgánico o vegetal que se encuentre bajo radier, por relleno granular según se indique en el informe de mecánica de suelos.

#### **1.3.3 HORMIGÓN**

La resistencia será definida por el Ingeniero Calculista, siendo su resistencia mínima

G-17, tamaño máximo de grava de 2.5 cm.

### **1.4 MUROS DE ALBAÑILERÍA ARMADA**

#### **1.4.1 GENERAL**

Se harán los muros indicados en los planos, en base a ladrillo Tipo Titán de 29 x 14 x 11,3 cm. Las albañilerías se harán con mortero de pega en proporción 1:3. Su ejecución debe considerar las Normas Nch 2123 y 1928, según corresponda. Los morteros serán confeccionados por medios mecánicos por el tiempo necesario para completar al menos 100 revoluciones. Las canterías serán rehundidas máximo 2 mm..

Este muro cumple con la Resistencia al Fuego F-180 según ensaye IDIEM N° 373.809 y solución N° 8 del Listado Oficial de Comportamiento contra el Fuego para Muros F-180 del MINVU.

Este muro cumple con un Índice de Reducción Acústica de 47dBA, según certificado IDIEM N°373.661. Elemento Constructivo Vertical N° 2-B9 del Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Aislamiento Acústico del MINVU.

Cumple con la solución de Aislamiento Térmico para ZONA 3, según Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico, código N° 1.2.M.B9.1 del MINVU.

Se contemplan todos los ensayos de laboratorio de albañilerías según indicaciones del ingeniero calculista y la norma NCh 1928 para ladrillos y NCh 158 para morteros. El representante del propietario también podrá ordenar la realización de los ensayos de cualquier otro material o elemento a ocuparse en la obra, a modo de ejemplo humedad, penetración impregnación, grado estructural de la madera, etc.

## **1.4.2 ESTUCOS**

### **1.4.2.1 Estucos Exteriores**

Considera estucos exteriores, en remate de elementos de hormigón que asegure la verticalidad y planeidad de los elementos.

La vivienda considera impermeabilizante que garantiza durabilidad de 5 años.

### **1.4.2.2 Estucos Interiores**

Se considera estuco en muros de albañilería; en cocina, muro exterior que contiene el lavaplatos y solo en baño con una dosificación mínima de 1:4. Adición máxima de 15% de cal hidráulica aérea, respecto al peso del cemento.

## **1.4.3 ESCALERILLAS**

Se ejecutarán de acuerdo a dimensionamiento y especificaciones del plano de estructura. El recubrimiento mínimo horizontal de la armadura de 16 mm en muros exteriores.

## **1.4.4 HORMIGÓN DE TENSORES**

En los alvéolos donde se ubiquen los tensores determinados por cálculo, se colocará un hormigón de relleno con una resistencia de 175 kg/cm<sup>2</sup> con un nivel de confianza de 96%. Deberá cuidarse que el hormigón sea lo suficientemente fluido para evitar la formación de nidos.

## **1.5 MUROS Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE HORMIGÓN ARMADO**

### **1.5.1 GENERAL**

Se consulta losa entre primer y segundo piso (espesor mínimo de 12 cm.), vigas, cadenas y pilares, todo de acuerdo a dimensionamiento y resistencias señaladas en plano de estructuras, siendo la mínima G-17. Serán amasados en planta o betonera.

No se aceptarán separadores metálicos. Se deben dejar todas reservas para pasadas e instalaciones que vayan embutidas. Las soluciones que crucen elementos estructurales (vigas, cadenas, losas, pilares) deberán venir señaladas en el proyecto de cálculo o aprobadas por él en obra.

Los muros exteriores consideran tratamiento impermeabilizante.

Se deben considerar en todos los elementos de hormigón ensayos para certificados de resistencia de los hormigones utilizados en la obra mediante un laboratorio oficial según MINVU (DICTUC, IDIEM). 1 ensayo cada 20 viviendas por cada elemento de hormigón, con un mínimo de 6 muestras.

### **1.5.2 PILARES**

Serán de hormigón de acuerdo a dimensiones y dosificaciones indicadas en plano de estructura.

### **1.5.3 VIGAS Y CADENAS**

Serán de hormigón de acuerdo a dimensiones y dosificaciones indicadas en plano de estructura.

### **1.5.4 MOLDAJE DE PILARES, VIGAS Y CADENAS**

Serán preferentemente metálicos, totalmente ajustados en sus piezas o componente, a fin de evitar pérdidas de lechadas de cemento, nivelados y aplomados convenientemente; dimensiones de acuerdo a plano de estructuras.

Como alternativa se podrá usar moldaje de madera recubierto con placa terciada tipo Bomafilm.

### **1.5.5 LOSAS**

Serán de hormigón de acuerdo a dimensiones y dosificaciones indicadas en plano de estructura, teniendo espesor mínimo de 12 cms.

### **1.5.6 MOLDAJES LOSAS**

Serán en base a placas terciadas tipo bomafilm, sobre elementos preferentemente metálicos, ajustados en sus piezas o componente, a fin de evitar pérdidas de lechadas de cemento, nivelados y aplomados convenientemente. Se deberá considerar las instrucciones del Ingeniero Estructural para el descimbre de los moldajes.

## **1.6 ENTRAMADOS SIN REQUERIMIENTO ESTRUCTURAL / TABIQUES**

### **1.6.1 TABIQUES ZONAS SECAS**

Estarán conformados con soleras y pies derechos tipo Volcometal de acero galvanizado de  $e = 0,5\text{mm}$ . perfil 45 x 38mm. El revestimiento por ambas caras estará constituido por planchas de Yeso cartón de 10 mm.

La estructura de tabiques de pie derechos y cadenas cumplirá con los distanciamientos recomendados por los fabricantes de los revestimientos e irán en recintos indicados en planos.

Se deberán considerar todos los refuerzos necesarios para la instalación de artefactos eléctricos, centros, marcos de puerta, closet.

### **1.6.2 TABIQUES ZONAS HÚMEDAS**

Estarán conformados con soleras y pies derechos tipo Volcometal de acero galvanizado de  $e = 0,5\text{mm}$ . perfil 45x38mm. La cara de los tabiques que conforman el interior del baño y cocina irán revestidos con una plancha de volanita RH 12,5mm. El revestimiento de la otra cara (si es seca) será con planchas de Yeso cartón de 10mm.

La estructura de tabiques de pie derechos y cadenas cumplirá con los distanciamientos recomendados por los fabricantes de los revestimientos e irán en recintos indicados en planos.

Se deberán considerar todos los refuerzos necesarios para la instalación de artefactos eléctricos, centros, marcos de puerta y muebles de cocina.

### **1.6.3 ESQUINEROS METÁLICOS**

Se consultan esquineros metálicos en todas las aristas vivas de los tabiques.

## **1.7 ANTEPECHOS**

### **1.7.1 GENERAL**

Se consultan alfeizar con corta goteras o similar.

Además, los antepechos de albañilería deberán considerar escalerillas de refuerzo o indicación según proyecto de cálculo.

## **1.8 MUROS EXTERIORES**

### **1.8.1 GENERAL**

El revestimiento de los muros exteriores es impermeable, se garantiza por un plazo mínimo de 5 años.

## **1.9 ENFIERRADURAS**

### **1.9.1 GENERAL**

Acero de acuerdo a dimensionamiento y especificaciones del plano de estructura, pudiendo utilizarse alternativa Acma, debidamente aprobadas por el calculista. En ningún caso se permitirá el traslapo vertical de barras, salvo autorización e indicación del ingeniero calculista.

Se deberán considerar todas las recomendaciones indicadas por el calculista, para la incorporación de ductos, pasadas y artefactos eléctricos que queden incorporados en los elementos de hormigón.

### **1.9.2 TRADICIONAL (BARRAS Y ROLLOS)**

Según especificaciones del plano de estructuras aprobado por el calculista.

### **1.9.3 ACERO ACMA**

Según especificaciones del plano de estructura ACMA, con visto bueno del Ingeniero Estructural.

### **1.9.4 TENSORES**

Según especificaciones del plano de estructuras aprobado por el calculista

## **2 TERMINACIONES**

### **2.1 PAVIMENTOS**

#### **2.1.1 GENERAL**

Estos deben quedar parejos, continuos mientras que los pavimentos de recintos húmedos deben quedar impermeables.

#### **2.1.2 PISOS CERÁMICOS**

**Baño:** Sobre radier en, además de faldón de tina, se consulta cerámicos estándar.

**Cocina:** Sobre radier, se consulta piso de cerámicos estándar.

**Terraza:** No incluidos en alcance de contrato.

### **2.1.3 PISOS**

Se considera la utilización de piso cerámico estándar beige, tanto para los espacios comunes como para los dormitorios y closets.

## **2.2 CIELO Y AISLACIÓN**

### **2.2.1 CIELOS FALSOS DE VOLCANITA**

Se hará un cielo raso con planchas de yeso-cartón, atornillada a una estructura de acero galvanizado de acuerdo a normas del fabricante con volcanita de 10 mm. BJI y junta invisible.

Las planchas irán fijas a los perfiles de cielo con tornillos autoperforantes cabezas de trompeta de 6x1 ¼" distanciados máximo 20 cm entre sí.

En recitos de cocinas se revestirá con planchas de yeso cartón, atornillado a una estructura de volcometal de acuerdo a las normas del fabricante con volcanita RF 12,5mm. BJI y junta invisible.

### **2.2.2 AISLACIÓN TÉRMICA DE CIELOS**

Se proveerá e instalará sobre el cielo del segundo piso una aislación térmica consistente en lana de vidrio Aislanglass, en colchoneta, papel en una cara, de espesor 80 mm, material cuyo R100 cumple con el mínimo de 188, según la reglamentación térmica vigente; Complejo Techumbre para ZONA 3. Se debe cubrir la totalidad del cielo raso hasta el borde exterior de la estructura evitando cualquier puente térmico y cumpliendo así a cabalidad lo señalado en art. 4.1.10. De la O.G.U.C.

### **2.2.3 RESISTENCIA AL FUEGO EN CIELOS**

Cumple con la norma de resistencia al fuego según ensaye del IDIEM Nro. 239.225 y con la solución Nro. F.2.1.15.07 F-15 para complejo cielo techumbre del Listado Oficial de Comportamiento al fuego del MINVU.

## **2.3 PINTURAS Y BARNICES**

### **2.3.1 GENERAL**

Se aplicará un mínimo de 2 manos. Aplicado de acuerdo a indicaciones del fabricante, previo descarachado, limpieza y aplicación de sellado acrílico. En todos los paramentos de la vivienda.

### **2.3.2 ANTIOXIDO**

En todos los elementos metálicos como los elementos de refuerzos estructurales (arrostramiento lateral de las cadenas) llevarán como mínimo 2 manos de antióxido.

### **2.3.3 OLEOS Y ESMALTES**

#### **2.3.3.1 Esmalte Hidrofugante AR**

En fachada sin excepción. Se incluye textura graneada en hormigones a la vista. Previamente se debe preparar la superficie retapando poros y canterías con pata cementicia luego aplicar sellador acrílico según recomendación del fabricante.

### **2.3.3.2 Esmalte al Agua Satinado**

- Se aplicarán 2 manos en muros, cielos y tabiques en zonas húmedas, según especificación de pto. 2.10.1.
- Se aplicarán 2 manos en puertas interiores y exteriores.

## **2.3.4 LÁTEX Y BARNICES**

### **2.3.4.1 Látex**

- Losas, 2 manos al 100%, como terminación, previo textura pasta proyectada en losa y hormigones interiores y cielo volcánita segundo piso.
- En todos los paramentos de baño y cocina como primera mano.
- Se aplicarán las manos que sean necesarias para cubrir homogéneamente las superficies de muros, cielos y tabiques en zonas secas, según especificación de pto. 2.10.1.

## **2.4 REVESTIMIENTOS / OTROS**

### **2.4.1 REVESTIMIENTOS INTERIORES**

#### **2.4.1.1 Baño**

Se considera cerámicos; en nicho de tina y faldón. Una hilera detrás de w.c. y lavamanos, colocado con adhesivo para superficies flexibles según plano de detalles.

#### **2.4.1.2 Cocina**

Se colocará cerámicos sobre el salpicadero, considerar altura de colocación a 90cm sobre NPT hasta muebles de cocina en todos los muros. Se considerarán esquineros de acero inox en las salientes de los muros.

## **2.5 RELLENOS EXTERIORES**

Se consultan los rellenos necesarios para encauzar las aguas lluvia, hacia los pavimentos que enfrenen la vivienda, debidamente compactada.

## **2.6 ASEO FINAL Y ENTREGA**

Se realizará un aseo final, entregando la vivienda conforme a las observaciones realizadas por el mandante y la inspección técnica.

Las ventanas se deben proteger con papel kraft.

## ANEXO B. CUANTIAS DE PERFILES ACERO GALVANIZADO LIVIANO.



### Cuantías Estimadas para el Cálculo de una Vivienda

- Se considera toda la estructura de una vivienda materializada en perfiles galvanizados **METALCON**.
- Pie derecho a 40 cm.

### MUROS SOPORTANTES

q1 = 7.0 a 8.0 Kgf/m<sup>2</sup> (m<sup>2</sup> = Superficie Muro)  
q2 = 8.0 a 9.0 Kgf/m<sup>2</sup>

### MURO NO SOPORTANTE

Tabique (Muro Soportante Alineado y Estabilizado) = q = 5.0 Kgf/m<sup>2</sup>

Envigado de Piso = q = 10 Kgf/m<sup>2</sup>

### CUBIERTA

**CERCHAS** q = 5.5 a 7.0 Kgf/m<sup>2</sup>

**COSTANERAS** q = 3.0 a 4.5 Kgf/m<sup>2</sup>

**En Conjunto cercha y costaneras** 8.5 a 11.5 Kgf/m<sup>2</sup>

### VIVIENDA COMPLETA

q1 = 15 a 20 Kgf/m<sup>2</sup> (m<sup>2</sup> = Superficie Construida en un piso)  
q2 = 25 a 35 Kgf/m<sup>2</sup> (m<sup>2</sup> = Superficie Construida en dos pisos)

q1 = Cuantía Vivienda de un Piso

q2 = Cuantía Vivienda de dos Pisos

Cintac S.A – Centro de atención a clientes - Sepúlveda Leyton 3172 – Santiago

Fono: 4849415 – Fax: 4849430

Web: [www.cintac.cl](http://www.cintac.cl) – email: [sac@cintac.cl](mailto:sac@cintac.cl)

## ANEXO C. PRESUPUESTO CASA DE ALBAÑILERIA ARMADA.

**CASA 59,69M2**

UF      30.991,74    31-12-2021

ITEM	PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. UF	TOTAL UF	%
<b>1.0.0</b>	<b>OBRAS PROVISORIAS</b>				<b>147,88</b>	<b>11,96%</b>
1.1.1	Instalación de Faenas	gl	1,00	85,54	85,54	6,92%
1.1.2	Letrero de Obra	u	1,00	5,45	5,45	0,44%
1.1.3	Aseo de la Obra y Entrega	gl	1,00	6,23	6,23	0,50%
1.1.4	Escarpe terreno	m2	120,00	0,34	41,03	3,32%
1.1.5	Trazados, niveles y replanteo	gl	1,00	9,63	9,63	0,78%
<b>2.0.0</b>	<b>OBRA GRUESA</b>				<b>504,72</b>	<b>40,82%</b>
<b>2.0.1</b>	<b>MOVIMIENTOS DE TIERRAS, RELLENOS Y OTROS</b>				<b>32,44</b>	<b>2,62%</b>
2.0.2	Excavaciones	m3	7,96	1,74	13,88	1,12%
2.0.3	Extracción de Escombros	m3	16,20	1,15	18,56	1,50%
<b>3.0.0</b>	<b>FUNDACIONES</b>			0,00	<b>63,55</b>	<b>5,14%</b>
3.0.1	Emplantillado	m3	0,80	3,02	2,40	0,19%
3.0.2	Enfierradura, Acero de Armadura	kg	278,76	0,09	24,02	1,94%
3.0.3	Hormigon de Fundaciones G-05	m3	7,96	2,23	17,72	1,43%
3.0.4	Hormigon Sobrecimiento G-170	m3	1,49	3,70	5,49	0,44%
3.0.5	Moldaje	m2	19,89	0,58	11,55	0,93%
3.0.6	Impermeabilizacion igol	m2	21,22	0,11	2,38	0,19%
<b>4.0.0</b>	<b>RADIER</b>				<b>47,69</b>	<b>3,86%</b>
4.0.1	Radier H-170	m3	4,44	3,95	17,55	1,42%
4.0.2	Base estabilizada y compactada	m3	12,21	0,91	11,16	0,90%
4.0.3	Impermeabilizacion bajo ceramicos	m2	55,51	0,34	18,98	1,54%
<b>5.0.0</b>	<b>MUROS</b>				<b>262,40</b>	<b>21,22%</b>
5.0.1	Tensores, Acero de Armaduras	Kg	359,30	0,09	30,95	2,50%
5.0.2	Ladrillos titan 29,7x14x7,1	m2	68,62	0,91	62,44	5,05%
5.0.3	Moldajes	m2	21,22	0,58	12,32	1,00%
5.0.8	Lana Mineral 40mm	m2	51,43	0,57	29,37	2,38%
5.0.9	Tabique Seco	m2	20,29	1,13	22,98	1,86%
5.0.10	Tabique Humedo	m2	31,14	1,20	37,30	3,02%
5.0.11	Tabique Cortafuego	m2	9,30	1,36	12,65	1,02%
5.0.12	Impermeabilización Muros int/ext	m2	167,08	0,23	38,84	3,14%
5.0.13	Hormigón Cadena	m3	1,49	3,70	5,49	0,44%
5.0.14	Enfierradura cadena	kg	116,70	0,09	10,05	0,81%
<b>6.0.0</b>	<b>ESTRUCTURA TECHUMBRE</b>			0,00	<b>98,63</b>	<b>7,98%</b>
6.0.1	Cerchas Acero Galvanizado	Kg	679,68	0,06	41,67	3,37%
6.0.2	Teja asfaltica	m2	84,96	0,60	51,28	4,15%
6.0.3	Fieltro	m2	84,96	0,04	3,57	0,29%
6.0.4	Osب frontones	m2	10,00	0,21	2,12	0,17%
<b>7.0.0</b>	<b>TERMINACIONES</b>				<b>282,38</b>	<b>22,84%</b>
<b>7.1.1</b>	<b>CIELOS</b>				<b>67,25</b>	<b>5,44%</b>
7.1.2	Cielo Seco	m2	44,86	0,43	19,32	1,56%
7.1.3	Cielo Humedo	m2	10,65	0,52	5,53	0,45%
7.1.4	Lana Mineral 80mm	m2	55,51	0,61	33,85	2,74%
7.1.5	Cielos exteriores, aleros	m2	14,20	0,60	8,54	0,69%
<b>7.2.0</b>	<b>HOJALATERIA</b>				<b>4,31</b>	<b>0,35%</b>
7.2.1	Canales	gl	9,79	0,42	4,15	0,34%
7.2.2	Forros	gl	1,00	0,16	0,16	0,01%
<b>7.3.0</b>	<b>PINTURAS Y REVESTIMIENTOS</b>			0,00	<b>44,65</b>	<b>3,61%</b>
7.3.1	Estuco muros interiores	m2	7,13	0,36	2,54	0,21%

7.3.2	Pintura Muros Interior	m2	182,43	0,18	32,28	2,61%
7.3.3	Pintura Cielo	m2	55,51	0,18	9,82	0,79%
7.3.4	Pasta muro	m2	7,13	0,06	0,42	0,03%
<b>7.4.0</b>	<b>PUERTAS Y VENTANAS</b>			<b>0,00</b>	<b>65,91</b>	<b>5,33%</b>
7.4.1	Ventanas Aluminio	m2	19,66	2,66	52,24	4,23%
7.4.2	Puertas, Marcos	un	8,00	1,71	13,67	1,11%
<b>7.5.0</b>	<b>QUINCALLERIA</b>			<b>0,00</b>	<b>8,81</b>	<b>0,71%</b>
7.5.1	Cerraduras Tubulares	un	6,00	0,85	5,12	0,41%
7.5.2	Cerraduras Puertas	un	2,00	1,84	3,69	0,30%
<b>7.6.0</b>	<b>PISO</b>				<b>45,84</b>	<b>3,71%</b>
7.6.1	Ceramicos 60x60	m2	55,51	0,72	40,01	3,24%
7.6.2	Ceramicos muro 30x30 zonas Humedas	m2	9,95	0,59	5,83	0,47%
<b>7.7.0</b>	<b>MOLDURAS</b>			<b>0,00</b>	<b>18,93</b>	<b>1,53%</b>
7.7.1	Guardapolvos	ml	76,01	0,14	10,30	0,83%
7.7.2	molduras cielo	ml	76,01	0,11	8,63	0,70%
<b>7.7.0</b>	<b>TERMINACIONES EXTERIORES</b>				<b>26,67</b>	<b>2,16%</b>
7.7.1	Siding Frontones.	m2	10,00	0,50	5,00	0,40%
7.7.2	Pavimentos Exteriores	m3	1,92	3,95	7,59	0,61%
7.3.4	Pintura Exterior	m2	79,56	0,18	14,08	1,14%
<b>8.0.0</b>	<b>INSTALACIONES</b>				<b>301,46</b>	<b>24,38%</b>
8.0.1	Instalación Eléctrica empalme	gl	1,00	14,52	14,52	1,17%
8.0.2	Centros de distribución eléctrica	gl	1,00	74,39	74,39	6,02%
8.0.3	Lamparas, Luminarias	un	10,00	1,19	11,85	0,96%
8.0.4	Instalaciones artefactos Sanitarios	gl	1,00	63,57	63,57	5,14%
8.0.5	Agua potable u.d.	gl	1,00	90,35	90,35	7,31%
8.0.6	Instalaciones sanitarias	gl	1,00	46,79	46,79	3,78%
<b>SUB TOTAL</b>					<b>1.236,43</b>	<b>100%</b>

## ANEXO D. PRESUPUESTO CASA CON PANELES DE HORMIGÓN PREFABRICADO.

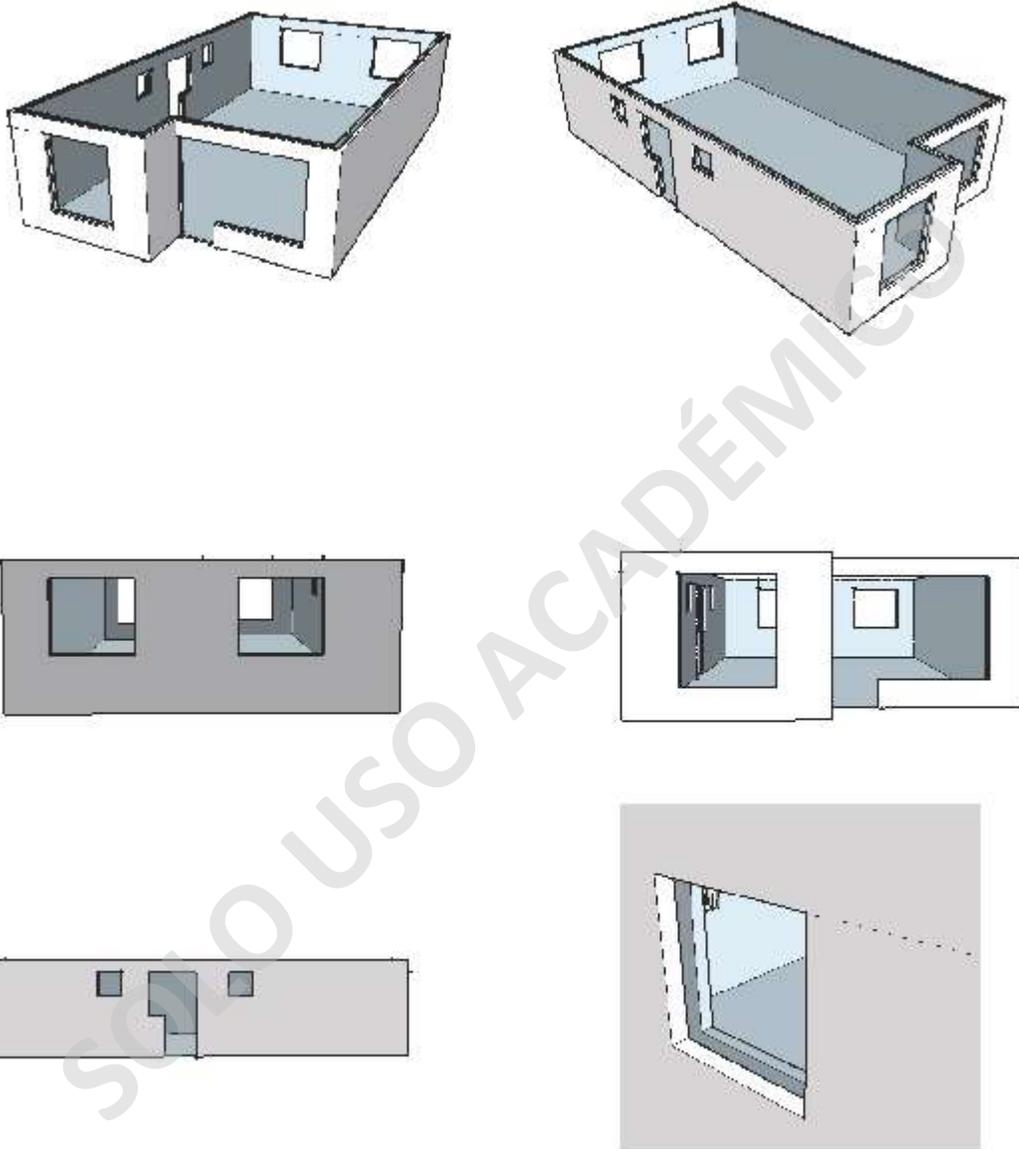
CASA 59,69M2

UF 30.991,74 31-12-2021

ITEM	PARTIDA	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. UF	TOTAL UF	%
<b>1.0.0</b>	<b>OBRAS PROVISORIAS</b>				<b>147,88</b>	<b>11,37%</b>
1.1.1	Instalación de Faenas	gl	1,00	85,54	85,54	6,58%
1.1.2	Letrero de Obra	u	1,00	5,45	5,45	0,42%
1.1.3	Aseo de la Obra y Entrega	gl	1,00	6,23	6,23	0,48%
1.1.4	Escarpe terreno	m2	120,00	0,34	41,03	3,15%
1.1.5	Trazados, niveles y replanteo	gl	1,00	9,63	9,63	0,74%
<b>2.0.0</b>	<b>OBRA GRUESA</b>				<b>552,06</b>	<b>42,44%</b>
<b>2.0.1</b>	<b>MOVIMIENTOS DE TIERRAS, RELLENOS Y OTROS</b>				<b>23,39</b>	<b>1,80%</b>
2.0.2	Excavaciones	m3	7,96	1,74	13,88	1,07%
2.0.3	Extracción de Escombros	m3	8,30	1,15	9,51	0,73%
<b>3.0.0</b>	<b>FUNDACIONES</b>				<b>72,90</b>	<b>5,60%</b>
3.0.1	Emplantillado	m3	0,80	3,02	2,40	0,18%
3.0.2	Enfierradura, Acero de Armadura	kg	374,26	0,09	32,24	2,48%
3.0.3	Hormigon de Fundaciones	m3	7,96	2,23	17,72	1,36%
3.0.4	Hormigon Sobrecimiento	m3	1,79	3,70	6,61	0,51%
3.0.5	Moldaje	m2	19,89	0,58	11,55	0,89%
3.0.6	Impermeabilizacion igol	m2	21,22	0,11	2,38	0,18%
<b>4.0.0</b>	<b>RADIER</b>				<b>47,69</b>	<b>3,67%</b>
4.0.1	Radier H-170	m3	4,44	3,95	17,55	1,35%
4.0.2	Base estabilizada y compactada	m3	12,21	0,91	11,16	0,86%
4.0.3	Impermeabilizacion bajo ceramicos	m2	55,51	0,34	18,98	1,46%
<b>5.0.0</b>	<b>MUROS</b>				<b>309,45</b>	<b>23,79%</b>
5.0.1	Mortero Relleno muro	m3	2,56	3,75	9,59	0,74%
5.0.2	Muro prefabricado Doble E=18cm	m3	8,08	18,50	149,44	11,49%
5.0.3	Montaje	m3	8,08	5,00	40,40	3,11%
5.0.9	Lana Mineral 40mm	m2	51,43	0,57	29,37	2,26%
5.0.10	Tabique Seco	m2	20,29	1,13	22,98	1,77%
5.0.11	Tabique Humedo	m2	31,14	1,20	37,30	2,87%
5.0.12	Tabique Cortafuego	m2	9,30	1,36	12,65	0,97%
5.0.13	Impermeabilización Muros int/ext	m2	13,26	0,58	7,70	0,59%
<b>6.0.0</b>	<b>ESTRUCTURA TECHUMBRE</b>				<b>98,63</b>	<b>7,58%</b>
6.0.1	Cerchas Acero Galvanizado	Kg	679,68	0,06	41,67	3,20%
6.0.2	Teja asfáltica	m2	84,96	0,60	51,28	3,94%
6.0.3	Fieltro	m2	84,96	0,04	3,57	0,27%
6.0.4	Osب frontones	m2	10,00	0,21	2,12	0,16%
<b>7.0.0</b>	<b>TERMINACIONES</b>				<b>299,47</b>	<b>23,02%</b>
<b>7.1.1</b>	<b>CIELOS</b>				<b>67,25</b>	<b>5,17%</b>
7.1.2	Cielo Seco	m2	44,86	0,43	19,32	1,49%
7.1.3	Cielo Humedo	m2	10,65	0,52	5,53	0,43%
7.1.4	Lana Mineral 80mm	m2	55,51	0,61	33,85	2,60%
7.1.5	Cielos exteriores, aleros	m2	14,20	0,60	8,54	0,66%
<b>7.2.0</b>	<b>HOJALATERIA</b>				<b>4,31</b>	<b>0,33%</b>
7.2.1	Canales	gl	9,79	0,42	4,15	0,32%
7.2.2	Forros	gl	1,00	0,16	0,16	0,01%
<b>7.3.0</b>	<b>PINTURAS Y REVESTIMIENTOS</b>				<b>44,11</b>	<b>3,39%</b>
7.3.1	Pintura Muros Interior	m2	182,43	0,18	32,28	2,48%
7.3.2	Pintura Cielo	m2	55,51	0,18	9,82	0,76%
7.3.3	Empastado de muros	m2	68,00	0,03	2,00	0,15%

<b>7.4.0</b>	<b>PUERTAS Y VENTANAS</b>				<b>65,91</b>	<b>5,07%</b>
7.4.1	Ventanas Aluminio	m2	19,66	2,66	52,24	4,02%
7.4.2	Puertas, Marcos	un	8,00	1,71	13,67	1,05%
<b>7.5.0</b>	<b>QUINCALLERIA</b>				<b>8,81</b>	<b>0,68%</b>
7.5.1	Cerraduras Tubulares	un	6,00	0,85	5,12	0,39%
7.5.2	Cerraduras Puertas	un	2,00	1,84	3,69	0,28%
<b>7.6.0</b>	<b>PISO</b>				<b>45,84</b>	<b>3,52%</b>
7.6.1	Ceramicos 60x60	m2	55,51	0,72	40,01	3,08%
7.6.2	Ceramicos muro 30x30 zonas Humedas	m2	9,95	0,59	5,83	0,45%
<b>7.7.0</b>	<b>MOLDURAS</b>				<b>18,93</b>	<b>1,46%</b>
7.7.1	Guardapolvos	ml	76,01	0,14	10,30	0,79%
7.7.2	molduras cielo	ml	76,01	0,11	8,63	0,66%
<b>7.7.0</b>	<b>TERMINACIONES EXTERIORES</b>				<b>44,30</b>	<b>3,41%</b>
7.7.1	Siding Frontones.	m2	10,00	0,50	5,00	0,38%
7.7.2	Pavimentos Exteriores	m3	1,92	3,95	7,59	0,58%
7.3.4	Pintura Exterior	m2	79,56	0,40	31,72	2,44%
<b>8.0.0</b>	<b>INSTALACIONES</b>				<b>301,46</b>	<b>23,17%</b>
8.0.1	Instalación Eléctrica empalme	gl	1,00	14,52	14,52	1,12%
8.0.2	Centros de distribución eléctrica	gl	1,00	74,39	74,39	5,72%
8.0.3	Lamparas, Luminarias	un	10,00	1,19	11,85	0,91%
8.0.4	Instalaciones artefactos Sanitarios	gl	1,00	63,57	63,57	4,89%
8.0.5	Agua potable u.d.	gl	1,00	90,35	90,35	6,95%
8.0.6	Instalaciones sanitarias	gl	1,00	46,79	46,79	3,60%
<b>SUB TOTAL</b>					<b>1.300,87</b>	<b>100%</b>

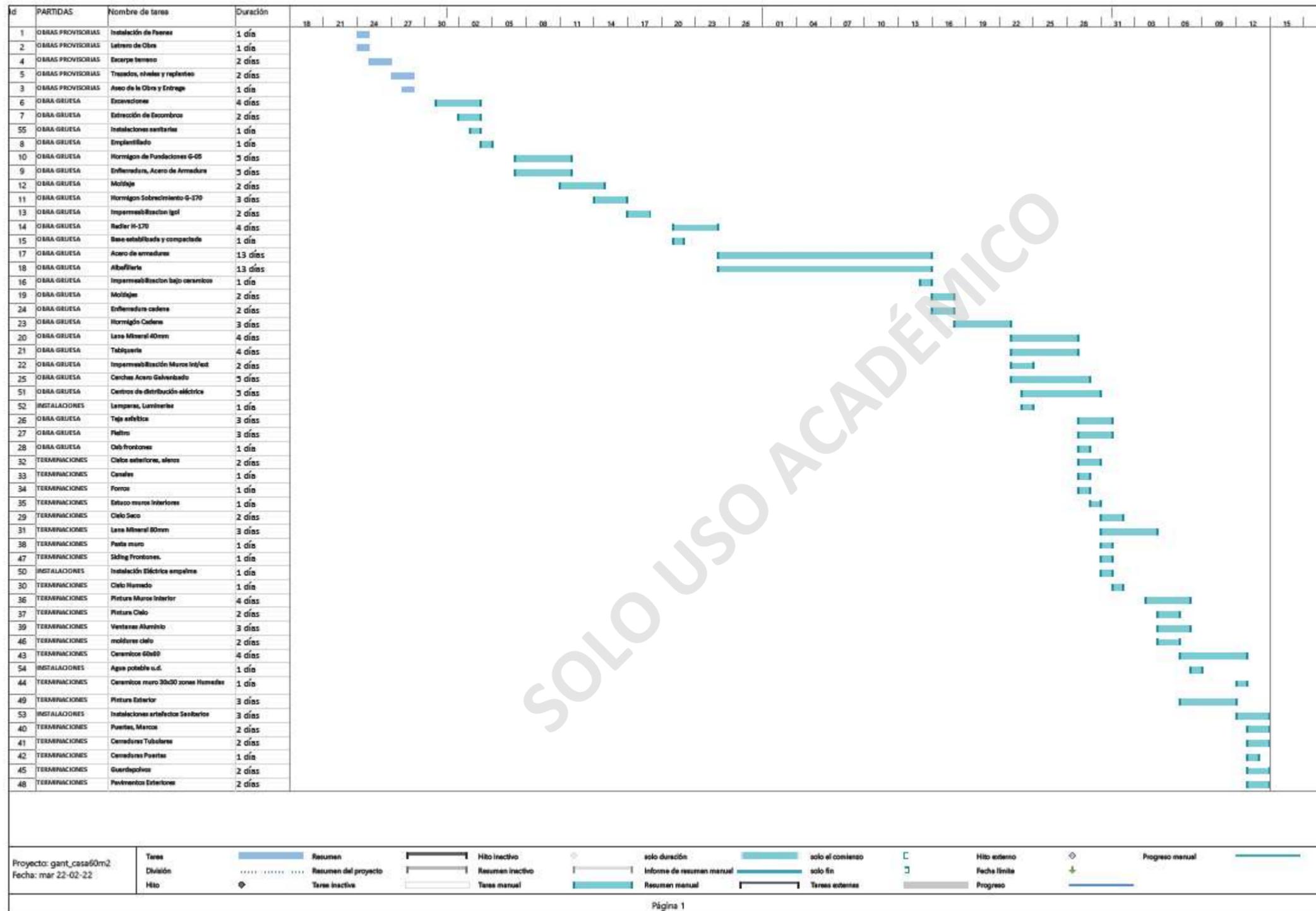
**ANEXO E. DETALLE VIVIENDA, PANELES DE HORMIGÓN PREFABRICADO.**



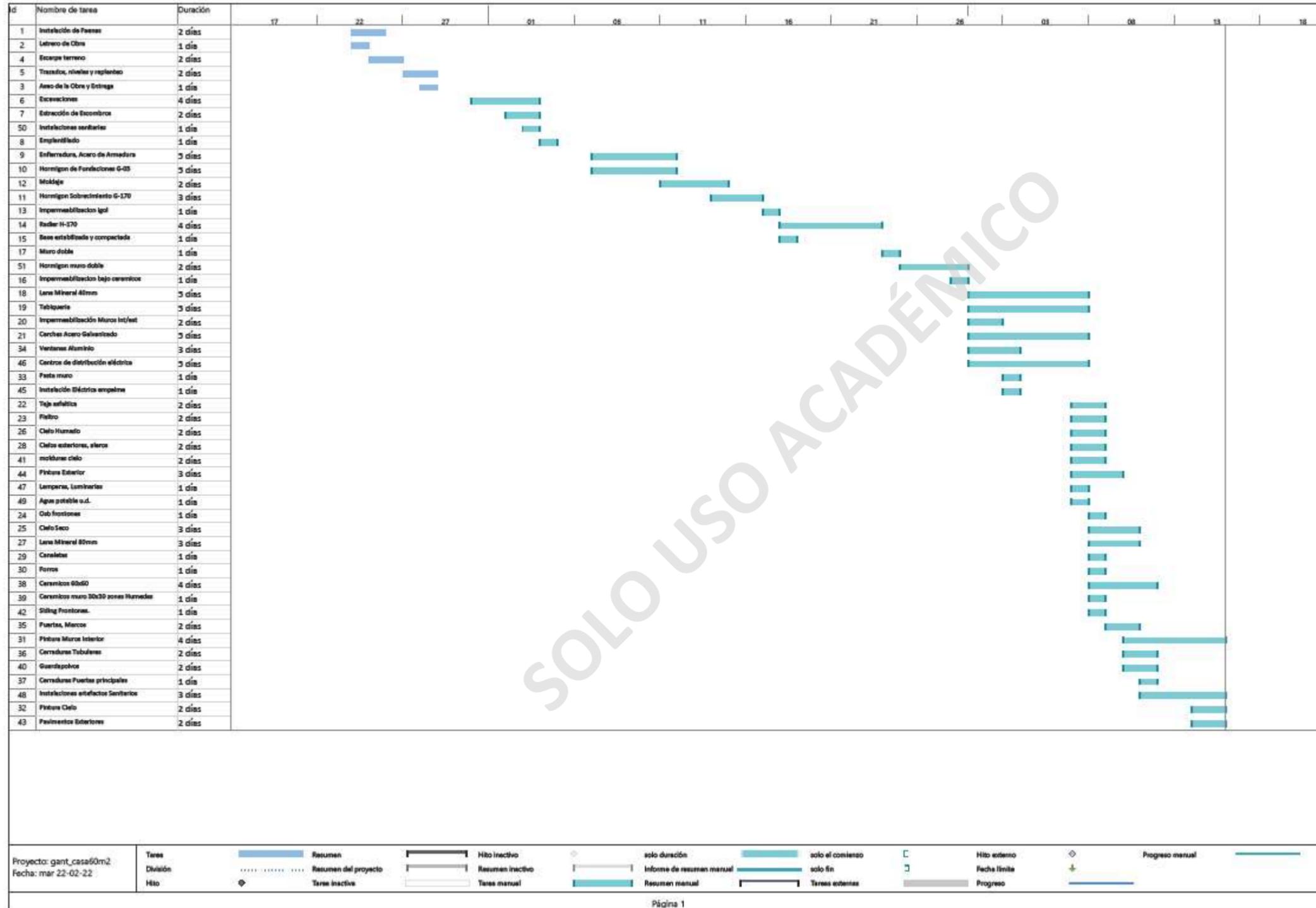
VIVIENDA 59.69m<sup>2</sup>  
PANELES DE PREFABRICADOS DE HORMIGÓN ARMADO  
VISTAS PROYECTO

FECHA : 12/2021  
DIBUJÓ: JS.

ANEXO F. CARTA GANTT CASA ALBAÑILERIA.



ANEXO G. PRESUPUESTO CASA CON PANELES DE HORMIGÓN PREFABRICADO.



## ANEXO H. REDIMIENTO MANO DE OBRA.

ESCUELA : CONSTRUCCIÓN CIVIL  
 CARRERA : INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN  
 ASIGNATURA : PRESUPUESTO  
 CODIGO : ICN 413  
 REGIMEN : SEMESTRAL  
 Profesor :Unel Padilla Carreño



Tabla de rendimiento de mano de obra				
Nº Partida	Especificación	Unidad	Obreros	Rend. diario
1	Excavaciones 40/90 cm. a mano terreno duro	m3	Concretero	2,2
2	Acarreo a carretilla hasta 20 m	m3	Jornalero	10
3	Esparcimientos sin compactar	m3	Jornalero	20
4	Compactaciones	m3	Jornalero	9
5	Enplantillados de hormigón, confeccionados y colocados	m3	Concretero	1,2
6	Concretadura cimientos con 20% de bolón, confeccionado del hormigón y colocación conjuntamente con el bolón	m3	Concretero	1
7	Concretadura sobrecimientos, confección y colocación	m3	Concretero	0,9
8	Moldaje corriente, confección, colocación, descimbre, limpieza y aperchamiento	m2	Carpintero y ayudante	8
9	Fierro A-44, colocado	Kg	Enfierrador y ayudante	100
10	Fierro A-63, colocado	Kg	Enfierrador y ayudante	90
11	Hormigón, confección y colocación en pilares, cadenas, vigas y losas	m3	Concretero	0,8
12	Ripiadura de 6 cm, espesor para radieres	m2	Jornalero	22
13	Radier concreto de 7 cm, confección y colocación	m2	Maestro I y jornal	17
14	Radier concreto de 10 cm, confección y colocación	m2	Maestro I y jornal	13
15	Albañilería constante de 20 cm	m2	Albañil y 1/2 AY.	8
16	Albañilería constante de 15 cm	m2	Albañil y 1/2 AY.	9
17	Pandereta ladrillo muralla	m2	Albañil y 1/2 AY.	10
	<b>Ladrillo princesa</b>			
18	De 17,5 cm, rejilla super flaco	m2	Albañil y 1/2 AY.	5
19	De 17,5 cm, rejilla super	m2	Albañil y 1/2 AY.	5
20	De 14 cm, Titan	m2	Albañil y 1/2 AY.	5
21	De 14 cm, Gran Titan	m2	Albañil y 1/2 AY.	6,6
22	Hueco Tabicol & 7,1 cm	m2	Albañil y 1/2 AY.	8
23	Tabiquería madera cepillada 2"x3"	m2	Carpintero y ayudante	16
24	Tabiquería madera cepillada 2"x2"	m2	Carpintero y ayudante	19
25	Tabique Real volcánita	m2	Volcanit, y Ayudante	25
26	Revestimiento volcánita 10 mm, sobre tabique mad, cep	m2	Volcanit, y Ayudante	15
27	Revestimiento volcánita 15 mm, sobre tabique mad, cep	m2	Volcanit, y Ayudante	13
28	Juntura invisible volcánita	ml	Volcanitero	30
29	Envigado de madera 2"x6" a 45 cm	m2	Carpintero y ayudante	25
30	Enmaderación techumbre 2"x6" a 90 cm	m2	Carpintero y ayudante	22
31	Aislán P-5 sobre tapas	m2	Carpintero y jornalero	35
32	Aislán P-5 sobre cielos	m2	Ayudante	26
33	Aislapol 10 mm, sobre cielos	m2	Ayudante	35
34	Aislapol 20 mm, sobre cielos	m2	Ayudante	32
35	Cubierta pizarreño con costaneras	m2	Carpintero y ayudante	15
36	Cubierta fierro acanalado con costaneras	m2	Carpintero y ayudante	18
37	Cubierta fierro liso embatellado	m2	Hojalát, y ayudante	20
38	Entablado base	m2	Carpintero y ayudante	16
39	Cubierta tejuela #6 Pizarreño	m2	Tejador y ayudante	16
40	Cubierta tejuela #4 Pizarreño	m2	Tejador y ayudante	20

41	Teja macollana cemento con costaneras y caballetes	m2	Tejedor y ayudante	22
<b>Caballetes</b>				
42	Línea plástica pandeata 20%6	ml	Carpintero y ayudante	20
43	Línea articulada plástica	ml	Carpintero y ayudante	17
44	Articulado standard plástica	ml	Carpintero y ayudante	16
45	Articulado gran onda plástica	ml	Carpintero y ayudante	16
46	De fierro alzado 38 cm.	ml	Hojalero	
47	Alura, 50cm de volada, obra gruesa y revestimiento	ml	Carpintero y ayudante	7
48	Canal cajón fierro zinc, 45 cm	ml	Hojal. y ayudante	18
49	Fueros fierro, zinc liso de 43 cm	ml	Hojal. y ayudante	20
50	Canales lloraboya fierro zinc, 30 cm.	ml	Hojal. y ayudante	20
51	Canales y bajadas F.a. Zinc. 38 cm.	ml	Hojal. y ayudante	16
52	Bastones exterior (sin anclajes)	m2	Estrad. y Ay.	8
53	Revoque interior	m2	Estrad. y Ay.	10
54	Puntacodo	m2	Concretero	20
55	Bataido yeso en muros	m2	Enyesad. y Ay.	25
56	Revoque y bataido a yeso sobre tejas lama	m2	Enyesad. y Ay.	9
57	Cielos volantes 18 mm. para cubrir	m2	Volant. y Ay.	15
58	Acero arena para aislamiento parapet por fibrado	m2	Jornalero	40
59	Colocación plomo curulesco	m2	Calcoad. y ay.	6
60	Bataido yeso multicapa 1"x1 1/2" - 4 1/2"	m2	Carpint. y ay.	12
61	Calco. Baldosa líquida 20/20 cm.	m2	Calco. y Ay.	10
62	Calco. Baldosa tipo Vlla 20/20 cm.	m2	Calco. y Ay.	12
63	Calco. Baldosa micro vibrada 25/25 cm.	m2	Calco. y Ay.	10
64	Calco. Baldosa marmol reconstituido 30/30 cm. Pulido de baldosa a mano	m2	Calco. y Ay.	9
65	Al líquido 20/20 cm.	m2	Pulidor	15
66	Micro vibrada 25/25 cm.	m2	Pulidor	13
67	Marmol reconstituido 30/30 cm.	m2	Pulidor	11
68	Pantallas cemento 50/30 cm. Calco. No incluye preparación relleno base e canchales	m2	Mastro I y Ay.	13
69	Sub-lama alzada para colocación superficial	m2	Mastro I y Ay.	13
70	Puntacodo y limpieza mader	m2	Jornalero	24
71	Colocación superficial	m2	Calco. y Ay.	40
72	Aseo y encajado	m2	Jornalero	25
73	Colocación guardapolvos zincos con sequetes y juguill.	ml	Mastro	20
74	Calcos para sequetes	c/u	Jornalero	30
75	Guardapolvos baldosa en general	ml	Calco. Bald.	25
76	Colocación guardapolvos plásticos pulidos guardapolvos	ml	Mastro y Ay.	63
77	Al líquido de 10x20 cm.	ml	Pulidor	28
78	Micro vibrada y marmol reconstituido	ml	Pulidor	26
79	Calco. Muecos puerta 75x200 cm.	c/u	Carpint. y ay.	6
80	Calco. Hojas puertas 75x200 cm.	c/u	Carpintero	5
81	Calco. Hojas de ventana 51x108 cm.	c/u	Carpintero	7
82	Calco. Marcos metálicos puertas de 75x200 cm.	c/u	Carpintero y ay.	7
83	Calco. Vent. Met. Abatit o cerrada con acero	m2	Mastro I y Ay.	7
84	Calco. Chapas puerta de calle factomat con tirador y guarnición 130 cm.	c/u	Mastro I (carp.)	4
85	Colocación chapas Factomat	c/u	Carpintero	6
86	Colocación cilindro sobrepuestas (chapas)	c/u	Carpintero	6
87	Calco. Chapas embudidas puerta de calle con guarnición y tirador factomat 130	c/u	Carpintero	4,5
88	Calco. Chapas embudidas puertas interiores	c/u	Carpintero	5

89	Celco. Españoles con fierro	c/a	Carpintero	7
90	Celco. Tiraneras punta de callo	c/a	Carpintero	10
91	Celco. Anaqueles 1.5x1.5 cm.	m2	maqueo y Ay.	8
	<b>Pinturas</b>			
92	Imax	m2	Pintor I	15
93	Glas	m2	Pintor I	15
94	Acabado de muros	m2	Pintor I	22
95	Reparado muros porros	m2	Pintor I	16
96	Tendido y curado	m2	Pintor I	12
97	Empunte sobre revaque	m3	Pintor I	33
98	Cilco de panderos tradicionales completo de 2m. De gila con encastrado y simienta	ml	Albañil y Jcc.	1,7
	<b>Alcantarillado</b>			
99	Callecra 4" con encastrado- encastracion	ml	Ay. Do Alcant.	5
	<b>Colocacion</b>	ml	Alcant. y Ay.	10
100	Pasadas circulares 40 cm.	c/a	Ay. Do Alcant.	2,3
101	Camara de inspeccion de 1 m.	c/a	Alcant. y Ay.	8,5
102	Piletas can. 6x4"	c/a	Alcant. y Ay.	5
103	Ventilaciones alabastro 3" y 4" x 4 m.	c/a	Alcantarillado	3
104	Arrozales o rumbos de moail 2" x hasta 2 m.	c/a	Gasfiter y Ay.	4
105	Sifones F. 2" de "B" y "P"	c/a	Gasfiter y Ay.	6
106	Descarga cañeria fierro fundido 2"	ml	Gasfiter y Ay.	7
107	Descarga cañeria fierro fundido 3"	ml	Gasfiter y Ay.	4,5
108	Descarga cañeria fierro fundido 4"	ml	Gasfiter y Ay.	3
109	Instalacion articulos	c/a	Gasfiter y Ay.	2,5
	<b>Coleccion Muebles Barbecue</b>			
110	De 1/2 y 3/4 mado	ml	Ay. de Gasfiter.	15
111	Colocacion	ml	Gasfiter y Ay.	18
112	De 1" Calados	ml	Ay. de Gasfiter.	13
113	Colocacion	ml.	Gasfiter y Ay.	17
114	De L. 1 1/4" Calados	ml	Ay. de Gasfiter.	12
115	Colocacion	ml	Gasfiter y Ay.	16
116	De 1 1/2" Calados	ml	Ay. de Gasfiter.	11
117	Colocacion	ml	Gasfiter y Ay.	15

Fuente: Consulta personal a Jefe de Oficina de Construcciones en Valparaíso, 2008-2009

## BIBLIOGRAFIA.

- Alarcón R., Rodríguez F. (2018). Optimización en técnicas de construcción modular (Tesis). Universidad Técnica Federico Santa María, Concepción. Recuperado de, <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/41150/3560901550310UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Alvarado, A (2010). Construcción industrializada para la vivienda social en Chile. Recuperado de <http://fen.uahurtado.cl/wp-content/uploads/2010/08/Paper-Vivienda-Industrializada-AAD-Oct2010-.pdf>
- Botero, F., Álvarez M. (2003). Identificación de Pérdidas en el Proceso Productivo de la Construcción. Recuperado de <https://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/911>
- Bravo, O. (2016). Análisis comparativo del costo y tiempo de construcción de una vivienda de dos plantas tipo clase baja utilizando el sistema constructivo no convencional Hormi 2 y el sistema constructivo tradicional. (Tesis de pregrado), Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/14482>
- CCHC (2019), Índice de acceso a la vivienda, Cámara Chilena de la Construcción. Recuperado de <https://cchc.cl/centro-de-informacion/publicaciones/publicaciones-otras-publicaciones/indice-de-acceso-a-la-vivienda-price-income-ratio-pir>
- Contreras M., Winckler P, (2013). Pérdidas de vidas, viviendas, infraestructura y embarcaciones por el tsunami del 27 de febrero de 2010 en la costa central de Chile. Recuperado de <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132013000200001>
- Cruz-Machado, Virgilio, & Rosa, Pedro. (2007). Modelo de Planificación Basado en Construcción Ajustada para Obras de Corta Duración. Información tecnológica, 18(1), 107-118. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642007000100015>
- Duarte A., Martínez S. (2011). Manual práctico de control de costos en obras civiles, aplicado a construcciones de edificaciones. Enfoque básico para el ingeniero (Tesis de pregrado), Universidad Andrés Bello, Caracas. Recuperado de <http://biblioteca2.ucab.edu.ve/anexos/biblioteca/marc/texto/AAS0661.pdf>
- Escobar, M., (2017). Construcción Modular, Sistema constructivo industrializado (Tesis de pregrado), Universidad Mayor, Santiago. Recuperado de <http://repositorio.umayor.cl/xmlui/handle/sibum/454>

- Fuentealba, L., (2018). Estudio de prefactibilidad técnico económico para crear una empresa dedicada a la construcción y venta de viviendas incorporando tecnología robotizada en hormigón (Tesis de pregrado), Universidad Técnica Federico Santa María, Viña del Mar. Recuperado de <https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/43856/3560901064063UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garay, R. (2015). Viviendas de emergencia: reflexiones a partir de la experiencia del terremoto del 27F. Revista INVI, 30(83), 213-221. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582015000100007>
- González L., Pedro (2021). La industrialización de la arquitectura. Cuando las casas vienen de fábrica. Una nueva forma de hacer arquitectura. (Tesis de Pregrado), Recuperado de <https://oa.upm.es/66150/>
- Guerra, F. Elizabeth (2004). Prefabricados de concreto en la industria de la construcción. (Tesis de pregrado), Instituto Tecnológico de la Construcción. México D.F. Recuperado de [https://infonavit.janium.net/janium/TESIS/Licenciatura/Guerra\\_Hernandez\\_Elizabeth\\_44724.pdf](https://infonavit.janium.net/janium/TESIS/Licenciatura/Guerra_Hernandez_Elizabeth_44724.pdf)
- Grandoso, Oscar (2008). Industrialización vs. Prefabricación. Artículo, recuperado de <https://dspace.palermo.edu/dspace/handle/10226/180>
- Hevia, V. Antonio (2021). Automatización de procesos constructivos de material ligero dentro de una obra. (tesis de pregrado), Universidad de Chile. Santiago de Chile. Recuperado de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/180294/Automatizacion-de-procesos-constructivos-de-material-ligero-dentro-de-una-obra.pdf?sequence=1>
- Heitmann, B. Luis (1996), Vivienda social industrializada: La experiencia chilena (1950-1995), Revista Invi, Recuperado de <https://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/62055/66129>
- Irrázaval, G. (2019), Déficit habitacional en Chile: Desafíos de la política pública. Recuperado de <https://lyd.org/wp-content/uploads/2019/09/serie-informe-social-179-agosto.pdf>
- Jiménez, T. Nicolas (2017), Comparación de una vivienda mediante el sistema constructivo tradicional vs. modular; y los posibles beneficios del sistema modular. (Tesis de pregrado) Universidad Andrés Bello, Santiago. Recuperado de [https://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/7433/a123579\\_Jimenez\\_N\\_Comparacion\\_de\\_una\\_vivienda\\_mediante\\_2017\\_Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/7433/a123579_Jimenez_N_Comparacion_de_una_vivienda_mediante_2017_Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- La Rosa, M. Estudio de vivienda unifamiliar prefabricada de hormigón (Tesis de pregrado) Universitat Jaume, Valencia. Recuperado de <http://repositori.uji.es/xmlui/handle/10234/79931>
- Llorente, S. (2016), Industrialización, claves y motivos. Hacia un necesario cambio de mentalidad. Recuperado de <http://www.riarte.es/handle/20.500.12251/750>
- Martin, A. (2021), Los procesos de industrialización de la construcción tradicional. (Tesis de pregrado). Escuela Técnica Superior de Madrid, Madrid. Recuperado de [https://oa.upm.es/67752/1/TFG\\_Jun21\\_Martin\\_Ramon\\_Alberto.pdf](https://oa.upm.es/67752/1/TFG_Jun21_Martin_Ramon_Alberto.pdf)
- Meza, M. Franklin (2017), Propuesta de aplicación de la filosofía Lean construction en un proyecto de albañilería confinada para reducir costos de ejecución. (Tesis de pregrado). Universidad privada de Trujillo, Trujillo. Recuperado de <http://181.176.219.234/bitstream/handle/UPRIT/19/MEZA%20MARCATOMA%20FRANKLIN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Muñoz, O. Araceli (2017), Estudio de identificación de pérdidas de edificación en altura. Proyecto de estudio: edificio habitacional Parque García de la Huerta. (Tesis de pregrado). Universidad Andrés Bello, Santiago. Recuperado de [http://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/3528/a118577\\_Munoz\\_A\\_Estudio\\_de\\_identificacion\\_de\\_perdidas\\_2017\\_Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unab.cl/xmlui/bitstream/handle/ria/3528/a118577_Munoz_A_Estudio_de_identificacion_de_perdidas_2017_Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Novas, C. Joel (2010), Sistemas constructivos prefabricados aplicados a la construcción de edificaciones en países en desarrollo. (Tesis para optar a título de Master). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Recuperado de [https://oa.upm.es/4514/1/TESIS\\_MASTER\\_JOEL\\_NOVAS\\_CABRERA.pdf](https://oa.upm.es/4514/1/TESIS_MASTER_JOEL_NOVAS_CABRERA.pdf)
- Ojeda, L., Bacigalupe, G., & Pino, A. (2019). Coproducción después de un incendio forestal urbano: reconstrucción posterior a un desastre de un asentamiento informal en Chile. *Medio Ambiente y Urbanización*, 90(1), 205-234.
- Poo, B., Claudio (2007). Aislamiento Acústico, Muros de Hormigón Armado. Recuperado de <https://extension.cchc.cl/datafiles/20106.pdf>
- Irrázaval, Z. Guillermo (2019). Déficit habitacional en Chile: desafíos de política pública. Serie informe social. Libertad y Desarrollo. Recuperado de <https://lyd.org/wp-content/uploads/2019/09/serie-informe-social-179-agosto.pdf>
- Rodríguez A., Vergara R. (2019), Estudio de factibilidad para la construcción de viviendas de interés social utilizando el sistema de construcción en seco Steel

Framing por medio de una comparación con el sistema de construcción tradicional de mampostería confinada (Tesis de pregrado) Universidad de Cartagena, Cartagena. Recuperado de <http://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/10177/ramiro%20vergara%20pajaro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rodríguez V. Emilio (2016), Análisis de metodologías de estimación de duración de actividades en proyectos de ingeniería civil (Tesis de pregrado) Universidad de Chile, Santiago. Recuperado de <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/137987/Analisis-de-metodologias-de-estimacion-de-duracion-de-actividades-en-proyectos-de-Ingenieria-Civil.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez, G. (2019). Prefabricación y diseño. Textos De Tecnología, (00), pp 73-82. Recuperado de <https://revistas.udelar.edu.uy/OJS/index.php/RTdT/article/view/90>
- Rodríguez, Sergio (2020). Banco de Suelo del Minvu dispone de 1.827 hectáreas para proyectos habitacionales, Revista Invi. Recuperado de <https://infoinvi.uchilefau.cl/banco-de-suelo-del-minvu-dispone-de-1-827-hectareas-para-proyectos-habitacionales/>
- Ruano, P. Daniela (2010), Análisis de los Plazos de Construcción de Edificios en Chile y su Relación con los Métodos Constructivos Utilizados (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago. Recuperado de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/100026/browse?type=author&value=Ruano+Peña%2C+Daniela+Valentina>
- Samayoa, P. Carlos (2008), Administración y control del costo en la construcción (Tesis de pregrado). Universidad San Carlos de Guatemala, Ciudad de Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_2945\\_C.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2945_C.pdf)
- Sosa, P. Tomas (1999). La aplicación de sistemas constructivos alternativos en vivienda de bajo costo y su impacto en el usuario. Recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/48390754.pdf>
- Sutter, A. Yves (2015). Viviendas prefabricadas de hormigón realizadas mediante una planta móvil a pie de obra dirigida a los estratos socioeconómicos bajos (Tesis de Magister). Universidad de Chile, Santiago. Recuperado de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/130334>
- Taranilla, G. David (2009). Estudio comparativo de viabilidad económica y comercial de promociones de viviendas: Sistema convencional y sistema

industrializado de acero (Tesis de pregrado). Universitat politècnica de Catalunya, Barcelona. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/7601/pfc-e%202009.172%20memòria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Tipanta F., Tonguino E., (2019). Analisis de factibilidad para la construcción de viviendas de interés social con el sistema Steel framing (caso de aplicación “ciudad el rosario” cantón Rumiñahui) (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito. Recuperado de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/16653>
- Thenoux, Z. Guillermo (1997). Sistema modular" LT" para la construcción industrializada de viviendas. Recuperado de <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/10063/000177454.pdf?sequence=1>
- Valenzuela, R. René, (2018). Evaluación de sistemas constructivos para edificios de mediana altura con elementos de hormigón prefabricado. (Tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago. Recuperado de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/169982>
- Vargas, G. Bellanith. (2007). Industrialización de la construcción para la vivienda social. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo>
- Vega, C. Luis, Burón, M. Manuel (2007). Seguridad frente al fuego de las estructuras de hormigón. Recuperado de [https://www.andece.org/images/BIBLIOTECA/fuego\\_buron\\_ieca.pdf](https://www.andece.org/images/BIBLIOTECA/fuego_buron_ieca.pdf)
- Vollert, A. (2017). BauMax desarrolla sistema de construcción prefabricado para edificios de viviendas en Chile. Recuperado de [https://www.vollert.de/fileadmin/Vollert-Dateiliste/3\\_Referenzen/1\\_Betonfertigteilwerke/2016/Baumax/Referenz\\_Baumax\\_2017\\_es.pdf](https://www.vollert.de/fileadmin/Vollert-Dateiliste/3_Referenzen/1_Betonfertigteilwerke/2016/Baumax/Referenz_Baumax_2017_es.pdf)
- Sirve (2018). Edificaciones con paneles de hormigón prefabricado, Especificaciones técnicas de obra gruesa. (Ed. 18061-01-ET-01-RA).