

2019

# CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA SOCIAL MEDIANTE SISTEMA DE PANELES ICF TIPO BLOQUE COMO ALTERNATIVA SUSTENTABLE COMPARADA CON ALBAÑILERÍA

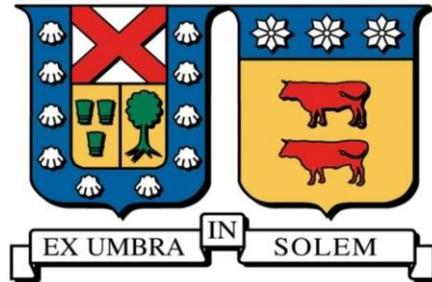
SAN MARTIN GONZÁLEZ, CAMILA ANDREA

---

<https://hdl.handle.net/11673/46501>

*Repositorio Digital USM, UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA*

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
DEPARTAMENTO DE OBRAS CIVILES  
VALPARAÍSO – CHILE



“CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDA SOCIAL  
MEDIANTE SISTEMA DE PANELES ICF TIPO  
BLOQUE COMO ALTERNATIVA SUSTENTABLE  
COMPARADA CON ALBAÑILERÍA”

CAMILA ANDREA SAN MARTÍN GONZÁLEZ

Memoria para optar al título de  
CONSTRUCTOR CIVIL

Profesor guía  
FRANCISCO LAGOS PERALTA

ABRIL - 2019



## *Agradecimientos*

A todas las personas que han sido parte de mi vida, porque cada interacción es un aprendizaje y por eso mismo forman parte de este proceso de una u otra manera.

En especial a todos los profesores que han educado más allá del ámbito académico, a los cuales siempre estaré profundamente agradecida. A las profesoras Verónica Sobarzo y Cecilia Concha de la básica quienes fueron las primeras en incentivar mi gusto por el estudio y de cuestionar más allá de lo que se plantease. A los profesores de media, en especial al “pelao” Emilio Moltedo y al profesor Enzo Fernández pues de corazón agradezco cada segundo de conversaciones, igualmente al profesor Hernán Urzúa y Juan Carlos Nahuelcura. Además de agradecer a la tía de la biblioteca Maritza y al inspector Menares del colegio por la paciencia y apoyo continuo.

También a mis seres queridos que espero lean esto y se sientan profundamente identificados, gracias, por tanto.

## *Dedicatoria*

Dedico esta memoria a todos los y las compañeras que lleguen a mi trabajo, espero les sirva para su formación y recuerden siempre que el aprendizaje de cada uno debe estar al servicio del pueblo.

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo comparar los sistemas constructivos mediante paneles ICF y de albañilería en proyecto de viviendas sociales evaluando las variables costo/plazo para comprobar que la construcción con paneles ICF tipo bloques es una alternativa constructiva para viviendas sociales.

Para poder desarrollar esta evaluación, en primer lugar, se evalúan los costos de ambos sistemas constructivos, se calculan los plazos asociados y se comparan ambas variables. Además, se calculan la cantidad de residuos que se reducen por el cambio de sistema constructivo lo cual trae beneficios para el medio ambiente y también se calcula el ahorro energético producto de una mejor aislación térmica, lo cual disminuye el consumo de calefacción trayendo consigo beneficios para el medio ambiente y para el ahorro económico de las familias.

Los resultados obtenidos contemplan una variación del 0,7% del costo total de proyecto al modificar las partidas asociadas a tabiquería exterior e interior, donde se modifica por tabiquería exterior de albañilería a paneles ICF y en el caso de tabiquería interior de paneles de metalcon a paneles COTUX. Para el caso de cambio de partidas netamente de las tabiquerías, en el caso de tabiquería exterior se tiene una reducción del 20,5% y en el caso de tabiquería interior un aumento del 91,1%, lo cual se contra resta con la disminución de tabiquería exterior, significando un ahorro de costos directos de 681,23 UF. En el caso de plazos, en ambos casos la disminución es considerable, disminuyendo aproximadamente 15 veces para tabiquería exterior y casi 14 veces para tabiquería interior.

En cuanto a los residuos se tiene una reducción del 51% considerando los valores expuestos por el Anexo I del decreto 122/2012 de la ley española para producto de estos cálculos. Para el caso de ahorro energético este tiene una disminución del 88% respecto a albañilería confinada.

Finalmente, se concluye que, al haber una reducción de los costos, reducción de los plazos de ejecución, disminución de residuos producto del sistema constructivo y ahorro energético producto de una mejor aislación térmica, este sistema constructivo si corresponde a una alternativa constructiva para viviendas sociales.

## ABSTRACT

The next work aims to compare construction systems using ICF panels and masonry in social housing projects, evaluating the cost/term variables to verify that construction with ICF panels type blocks is an alternative for social housing.

In order to develop this evaluation, in first place, the costs of both construction systems are evaluated, the associated deadlines are calculated and compared with both variables. In addition, the amount of wastes that is reduced for the construction system change is calculated which brings benefits for the environment and also the energy saving is calculated due to a better thermal insulation, which decrease the heating consumption bringing with it benefits for the environment and for the economic savings of families.

The obtained results consider a variation of 0.7% of the total Project cost as modify the ítems associated to exterior and interior partition walls, where it is modified by exterior masonry partition walls to ICF panels and in the case of interior panels partition walls of metalcon, to COTUX panels. For the case of only partition walls ítems changes, in exterior partition walls there is a reduction of 20.5% and in the case of interior partition walls an increase of 91.1%, which is counteract by the decrease of exterior partition walls, meaning a saving of direct costs in 681.23 UF. In deadlines cases, in both cases the decrease is considerable, decreasing approximately 15 times for external partitioning and almost 14 times for internal partitioning.

In terms of waste, there is a reduction of 51% considering the values set for the “Anexo I of decree 122/2012 of the spanish law for product of these calculations. In the case of energy savings this has a decrease of 88% respect to confined masonry.

Finally, it is concluded that, having a costs reduction, deadlines reduction, decrease in waste made by construction system and an energy saving due to a better termal insulation, this construction system does correspond to a building alternative for social housing.

## NOMENCLATURA

**Paneles ICF:** Insulated Concrete Forms

**MMA:** Ministerio del Medio Ambiente

**EPS:** Poliestireno Expandido

**EP o EGIS:** Entidad Patrocinante o Entidad de Gestión Inmobiliaria Social

**SERVIU:** Servicios de Vivienda y Urbanismo

**EC:** Entidad Constructora

**D&R:** Dellafori & Rios

**UF:** Unidad de Fomento

**IVA:** Impuesto al Valor Agregado

**CONAMA:** Comisión Nacional del Medio Ambiente

**OCDE:** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

**RSI:** Residuos Sólidos Industriales

**CEPAL:** Comisión Económica para América Latina y el Caribe

**RCD o RC&D:** Residuos de Construcción y Demolición

**RESCON:** Residuos de Construcción

**CChC:** Cámara Chilena de la Construcción

**CORFO:** Consejo de la Corporación de Fomento de la Producción

**APL:** Acuerdo de Producción Limpia

**RM:** Región Metropolitana

**PROFO:** Proyecto de Fomento

**REGEMAC:** Regeneradora de Materiales de la Construcción S.A.

**ONU:** Organización Naciones Unidas

**NAMA:** Acciones Nacionales de Mitigación Apropriadas

**RETC:** Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes

**SINADER:** Sistema Nacional de Declaración de Residuos

**SIDREP:** Sistema de Declaración y Seguimiento de Residuos Peligrosos

**LER:** Lista Europea de Residuos

**IEMA:** Informe del Estado del Medio Ambiente

**IPCC:** Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático

**GEI:** Gases de Efecto Invernadero

**MP:** Material Particulado

**PAEE20:** Plan de Acción de Eficiencia Energética 2020

**OGUC:** Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones

**MOP:** Ministerio de Obras Públicas

**Minvu:** Ministerio de Vivienda y Urbanismo

**Minenergía:** Ministerio de Energía

**ESAP:** Escuela Superior de administración pública

**PGIRS:** Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos

**BOE:** Boletín Oficial del Estado

**ICFMA:** Insulating Concrete Forms Manufacturers Association

**APU:** Análisis Precios Unitarios

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

<i>Agradecimientos</i> .....	2
<i>Dedicatoria</i> .....	3
RESUMEN.....	4
ABSTRACT.....	5
NOMENCLATURA .....	6
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	12
ÍNDICE DE TABLAS .....	13
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN.....	15
1.1. Antecedentes generales .....	15
1.2. Objetivos del estudio.....	17
1.2.1. Objetivo general.....	17
1.2.2. Objetivos específicos.....	17
1.3. Alcances del estudio.....	18
1.4. Metodología de trabajo.....	19
1.5. Estructura de la memoria.....	20
CAPITULO 2: PANELES ICF TIPO BLOQUES .....	21
2.1. Introducción .....	21
2.2. Tabiquería interior.....	30
2.3. Rendimientos .....	32
2.4. Proceso constructivo .....	33
2.4.1 Proceso constructivo Paneles ICF empresa COTUX.....	33
2.4.2 Proceso constructivo Paneles COTUX.....	34
CAPITULO 3: PROYECTO VIVIENDAS SOCIALES .....	35
3.1. Introducción al proyecto.....	35

3.2. Sección del proyecto a analizar .....	41
CAPITULO 4: ANÁLISIS DE LA SECCIÓN DEL PROYECTO .....	43
4.1. Costos asociados .....	43
4.2. Plazos asociados.....	49
CAPITULO 5: ANÁLISIS DEL PROYECTO CON PANELES ICF .....	50
5.1. Estimación de costos .....	50
5.2. Estimación de plazos .....	54
CAPITULO 6: COMPARACIÓN DE AMBOS SISTEMAS .....	55
6.1. Análisis de los costos .....	55
6.2. Análisis de los plazos .....	64
6.3. Análisis costos - plazos .....	67
CAPITULO 7: RESIDUOS DEL PROYECTO.....	68
7.1. Residuos del sector de la construcción en Chile .....	68
7.2. Residuos actuales asociados a albañilería .....	75
7.3. Residuos que se generarían con el uso de paneles ICF .....	77
7.4. Comparación de residuos en ambos casos.....	81
CAPITULO 8: AHORRO ENERGÉTICO PRODUCTO DE MEJOR AISLACIÓN TÉRMICA .....	86
8.1. Influencia de la construcción en la contaminación ambiental .....	86
8.2. Ahorro energético.....	91
CONCLUSIONES .....	96
REFERENCIAS .....	105
ANEXOS .....	110
ANEXO A: FOTOS VISITA EMPRESA COTUX .....	110
ANEXO B: APU HORMIGÓN .....	113
ANEXO C: COTIZACIÓN DE LA EP SOBRE TABIQUERÍA .....	114
ANEXO D: ITEM B Y C PROYECTO ACTUALIZADO .....	115
ANEXO E: APU PANELES ICF Y COTUX .....	118
ANEXO F: RESIDUOS Y SU VALORIZACIÓN (2014) .....	119
ANEXO G: TABLAS ESTIMACIÓN RESIDUOS .....	121

ANEXO H: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS CONTAMINANTES POR LOCALIDAD ..... 122

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1.1. Detalle de los bloques ICF de 15 cm. y de 20 cm. de la empresa SYNTHEON.....	22
Figura 2.1.2. Interior de hormigón armado de los paneles.....	23
Figura 2.1.3. Representación de bloques esquineros.....	24
Figura 2.1.4. Separador plástico paneles ICF.....	27
Figura 2.1.5. Borde dentado paneles ICF.....	27
Figura 2.1.6. Máquina productora de Paneles ICF.....	29
Figura 2.1.7. Acopio Paneles ICF, COTUX.....	29
Figura 2.2.1. Muestra panel COTUX.....	31
Figura 2.2.2. Detalle sistema de anclaje.....	31
Figura 2.2.3. Muro COTUX sin revestimiento.....	31
Figura 2.2.4. Ejemplo de tipos de revestimiento.....	31
Figura 3.1.1. Ubicación proyecto subrayado con rojo.....	36
Figura 3.1.2. Terreno con comienzo de obras (Círculo rojo), sobre paso La Pólvora.....	36
Figura 3.1.3. Plano planta conjunto.....	37
Figura 3.1.4. Tipos de módulos en el proyecto.....	37
Figura 3.1.5. Identificación de bloques en el proyecto.....	38
Figura 3.1.6. Corte en elevación renderizado.....	39
Figura 3.1.7. 3D explotado Norte.....	39
Figura 3.1.8. 3D explotado Sur.....	39
Figura 3.1.9. Ejecución muro atirantado.....	40
Figura 3.2.1. Albañilería proyecto real.....	42
Figura 7.1.1. Vertedero empresa REGEMAC.....	74
Figura 8.2.1. Esquema paneles ICF empresa BuildBlock.....	91

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 6.1.1. UF de ítem B, C y presupuesto total por proyecto.....	56
Gráfico 6.1.2. Variación por ítem entre el proyecto ICF y el proyecto original.....	57
Gráfico 6.1.3. Variación por ítem entre el proyecto ICF y el proyecto actualizado.....	57
Gráfico 6.1.4. Variación en UF por ítems ordenados entre el proyecto ICF y el actualizado.....	60
Gráfico 6.1.5. Valores en UF de tabiquería exterior, interior, obra gruesa y terminaciones según proyecto.....	60
Gráfico 6.1.6. Valores en UF/m2 de tabiquería exterior e interior según proyecto.....	61
Gráfico 6.1.7. Valores en UF/vivienda total según cada proyecto.....	61
Gráfico 6.1.8. Porcentaje de ahorro en cada ítem que varía entre proyecto actualizado y con ICF...	62
Gráfico 6.2.1. Plazos en días para tabiquería exterior e interior según proyecto.....	65
Gráfico 6.2.2. Rendimiento en m2/d para cada tabiquería según proyecto.....	65
Gráfico 6.2.3. Porcentaje de tiempo que corresponde a cada tabiquería según proyecto.....	66
Gráfico 6.3.1. Días según tabiquería y proyecto y costo diario asociado.....	67
Gráfico 7.1.1. Generación de residuos sólidos en Chile en MM Ton. (CONAMA, 2010).....	69
Gráfico 7.1.2. Valores en Toneladas de residuos por categoría dentro de residuos sólidos industriales. (CONAMA, 2010).....	70
Gráfico 7.1.3. Producción porcentual de residuos primarios, por sector económico, 2009.....	71
Gráfico 7.2.1. Porcentaje de peso correspondiente a cada categoría.....	77
Gráfico 7.2.2. Variación en toneladas según categoría.....	77
Gráfico 7.3.1. Variación toneladas de residuos por categoría proyecto ICF.....	80
Gráfico 7.4.1. Variación de residuo en toneladas, en naranja P. ICF en azul P. Actual.....	81
Gráfico 7.4.2. Variación de residuo en toneladas, en naranja P. ICF en azul P. Actual.....	82
Gráfico 7.4.3. Toneladas totales según proyecto.....	83
Gráfico 7.4.4. % de residuos que se reducen y que se sigue generando.....	83
Gráfico 8.1.1. Distribución porcentual por tipo de fuente (2013). (IEMA, 2016).....	88
Gráfico 8.1.2. Emisiones de MP2,5 por región y rubro (2013). (IEMA, 2016).....	89
Gráfico 8.2.1. Flujos térmicos según tipo de muro.....	95

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.1. Resistencia Térmica, al Fuego y Aislación Acústica.....	24
Tabla 2.1.2. Propiedades Bloques ICF. Ficha técnica SYNTHEON 2015.....	25
Tabla 2.1.3. Materiales complementarios, consumos y armadura recomendada por bloques ICF. Ficha técnica SYNTHEON 2015.....	25
Tabla 2.1.4. Información técnica de empresa COTUX para bloque recto altura 16 in.....	27
Tabla 2.1.5. Información técnica de empresa COTUX para bloque esquinero altura 16 in.....	28
Tabla 3.1.1. Tabla identificativa del tipo de módulo que corresponde a cada bloque.....	38
Tabla 4.1.1. ITEM B, presupuesto general obra gruesa.....	44
Tabla 4.1.2. ITEM C, presupuesto general obras de terminaciones.....	46
Tabla 5.1.1. Ítem B modificado con datos empresa COTUX.....	51
Tabla 5.1.2. Ítem C modificado con datos empresa COTUX.....	52
Tabla 2.1.1. Comparación en UF de presupuesto del proyecto.....	55
Tabla 6.1.2. Valores Tabiquería exterior en ítem B.....	58
Tabla 6.1.3. Valores Tabiquería interior metalcon en ítem B y real, paneles COTUX y variación para cada caso.....	58
Tabla 6.1.4. Variación en tabiquerías según obra gruesa del ítem B y según obra gruesa real.....	59
Tabla 6.1.5. Variación entre proyectos sobre obras de terminaciones según ítem C y las partidas reales.....	59
Tabla 6.1.6. Variación porcentual y en UF del ahorro entre el proyecto ICF y el actualizado.....	63
Tabla 6.1.7. Variación % y en UF de Ora gruesa, terminaciones y total presupuesto entre Proyecto actualizado e ICF.....	63
Tabla 6.2.1. Valores para obtener el plazo según tabiquería interior o exterior y según proyecto.....	64
Tabla 6.2.2. Plazo en días para el total de muros según proyecto.....	64
Tabla 6.3.1. Valores para obtener el plazo según tabiquería interior o exterior y según proyecto.....	67
Tabla 7.1.1. Generación de Residuos Sólidos Industriales (RSI) por categoría.....	70
Tabla 7.2.1. Toneladas de residuo total para proyecto.....	75
Tabla 7.2.2. Cantidad de residuos totales por categoría en toneladas y metros cúbicos.....	76

Tabla 7.3.1. Cantidad de toneladas consideradas para el proyecto ICF.....	78
Tabla 8.1.1. Clasificación de fuentes emisoras (IEMA 2016).....	87
Tabla 8.2.1. Conductividad térmica de materiales involucrados. Tabla A-1. Anexo 1, Nch 853 of. 07.....	93
Tabla 8.2.2. Resistencia según material.....	93
Tabla 8.2.3. Transmitancia térmica de materiales para albañilería.....	94
Tabla 8.2.4. Transmitancia térmica según tipo de muro.....	94
Tabla 8.2.5. Flujos térmicos según tipo de muro.....	94

# CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

## 1.1. Antecedentes generales

Hoy en día a nivel mundial hay un problema de gran magnitud, el cual tiene relación con la contaminación que se da producto del consumo de los seres humanos y la producción energética que se genera para satisfacer este consumo, lo que conlleva al problema del calentamiento global. Como medida paliativa se debe buscar en cada proceso de producción energética y de consumo minimizar estos valores.

En el caso de Chile se tiene que el 33% de las emisiones de gases de efecto invernadero son generadas por el sector residencial - público - comercial, ligado íntegramente a edificaciones. (MMA, 2012) y también es responsable del 90% del material particulado fino a nivel país (MMA, 2015), es por esto que es de suma importancia buscar alternativas, tanto en el sistema constructivo como en la materialidad de las construcciones, para minimizar estos porcentajes.

Cabe destacar que el 90% del material particulado se debe principalmente a sistemas residenciales de calefacción por leña (MMA, 2015) por lo que una de las formas de contribuir a lo mencionado anteriormente es mejorando la aislación de las viviendas, con lo cual además se favorece a las familias al reducir los gastos provenientes de la calefacción.

De esta manera, se busca evaluar el sistema constructivo: “Construcción con paneles ICF tipo bloques” el cual incluye un alto estándar en cuanto a aislación térmica y en el sistema constructivo reduce en gran medida los residuos dado que los paneles se generan específicamente según el proyecto. Además, se compararán las variables costo/plazo en un proyecto de viviendas sociales con albañilería, con el objetivo de demostrar que es un sistema constructivo factible de aplicar desde el punto de vista económico.

Cabe destacar que de parte del departamento de Obras Civiles de la Universidad Técnica Federico Santa María hace unos años buscaron indagar en este nuevo sistema constructivo, resultado en varios estudios principalmente para memorias optando por el título de Ingeniero Civil con el

objetivo de analizar el comportamiento sísmico de este. Todos estos estudios estuvieron bajo la supervisión del profesor Gilberto Hernán Leiva Henríquez, siendo el proyecto FONDEF de investigación y desarrollo el que incluye más aristas a evaluar a parte de la parte sísmica. Este proyecto lleva por título “Sistemas ICF: Una solución sismorresistente y funcional para edificaciones de baja y mediana altura”. En este estudio se menciona:

1.- “Actualmente, de acuerdo a los resultados obtenidos de comportamiento de los muros tanto para flexión como para corte, su aplicación sería adecuada para viviendas de baja altura (1 a 2 pisos).”

2.- “De la misma forma, con una posterior certificación de los diversos muros que se pueden construir sobre la base de las distintas configuraciones geométricas de moldes de poliestireno existentes, tanto nacionales como extranjeras, que presentan un comportamiento distinto asociada al rango de deformación lateral en función de la altura dependiendo del tipo de falla, se podría utilizar para viviendas de hasta 5 pisos.”

3.- “En términos estructurales, los muros ICF presentan una capacidad de deformación lateral mayor a la de los muros de albañilería y comparable a los de hormigón armado tradicional. En función de la altura, dependiendo del tipo de falla, los muros alcanzan un valor tipo de 1.5% para el caso de respuesta dominada por flexión y de 1.0% para el caso de respuesta dominada por corte. Cabe señalar que la albañilería en el caso de flexión alcanza el 0.7%. Las propiedades estructurales permitirán lograr una respuesta sísmica más segura ante la ocurrencia de sismos de gran intensidad como los que ocurren en el país.”

4.- “Dadas sus características, el sistema ICF corresponde a una solución que, a similares costos, presenta ventajas respecto a sus características estructurales (sísmicas) y de servicio, como son la aislación térmica y acústica. Respecto al productor, el sistema presenta características de eficiencia constructiva al no requerir moldajes, no requerir mano de obra calificada y presentar bajos tiempos de construcción en obras de media o gran escala. Respecto al usuario, las viviendas construidas con sistemas ICF presentarán un mayor grado de protección sísmica, de confort habitacional por sus características aislantes tanto térmicas como acústicas y un ahorro por su mayor eficiencia energética. Por el lado gubernamental de cara a los siniestros experimentado por las viviendas sociales en los recientes sismos, una solución habitacional basada en construcción modular y garantizada en su seguridad antisísmica.”

## **1.2. Objetivos del estudio**

### *1.2.1. Objetivo general.*

Comparar los sistemas constructivos mediante paneles ICF y de albañilería en proyecto de viviendas sociales evaluando las variables costo/plazo y su aporte medioambiental, tanto en eficiencia energética como en reducción de residuos.

### *1.2.2. Objetivos específicos.*

- Introducir la construcción con paneles ICF tipo bloques como una alternativa constructiva para viviendas sociales.
- Demostrar la reducción de costos totales del proyecto a analizar al utilizar el sistema constructivo mediante paneles ICF tipo bloques en vez de albañilería.
- Demostrar la reducción de plazo del proyecto a analizar al utilizar el sistema constructivo mediante paneles ICF tipo bloques en vez de albañilería.
- Estimar el aporte que realiza en la disminución de la contaminación por residuos por proyecto al construir mediante los paneles ICF tipo bloques.
- Estimar el ahorro energético en cuanto a calefacción por vivienda como aporte de haber utilizado los paneles ICF tipo bloques en la construcción de las viviendas.

### **1.3. Alcances del estudio**

Con la presente memoria se busca en primera medida poner en la palestra un tipo de sistema constructivo que se utiliza en otros países, paneles ICF tipo bloques, el cual aún no se explota en gran medida en Chile, por lo que busca incentivar la utilización de este sistema.

La importancia de la utilización de este y no otro sistema constructivo aún no explotado en Chile, es que con este sistema se soluciona un punto de gran importancia en el mundo y por sobre todo en el país, el cual está relacionado con los problemas de contaminación provocados por la calefacción de las viviendas. Este punto se abarca gracias al mejoramiento de la aislación térmica donde se dependerá en menor medida de una calefacción para la vivienda.

De igual manera realiza otro aporte al medio ambiente reduciendo la cantidad de residuos propios a la ejecución de la obra asociados al tipo de sistema constructivo.

Por otro lado, se busca abordar temas de conveniencia para la empresa constructora que utilice este nuevo sistema por lo que se evalúan los costos plazos comparando con el sistema constructivo más utilizado en viviendas sociales: Albañilería.

## 1.4. Metodología de trabajo

Para el desarrollo de la memoria se realizará el siguiente plan de trabajo:

1.- Obtención de la información técnica de los paneles ICF tipo bloques, a través de la empresa distribuidora del material, SYNTHEON y la empresa prontamente constructora COTUX la cual ya tiene la licencia para operar las maquinarias necesarias para los paneles ICF en Chile.

2.- Investigar sobre los costos asociados al sistema constructivo con paneles ICF tipo bloques y el rendimiento de este, también mediante las empresas antes mencionadas y generar el presupuesto para el proyecto a evaluar.

3.- Obtener la información actualizada del rendimiento que llevan en las diversas partidas del proyecto de viviendas sociales “Camino a Nuestro Hogar –VA2” ubicado en el segundo sector de Playa Ancha, en el cual se participó en la práctica profesional.

4.- Obtener el presupuesto actualizado correspondiente a las partidas a evaluar del proyecto (las correspondientes a albañilería propiamente tal).

5.- Realizar una comparación de las variables costo-plazo con ambos sistemas constructivos.

6.- Evaluar la cantidad estimada de residuos que se generan mediante ambos sistemas constructivos, por medio de la metodología española para estimar las toneladas de residuos generados.

7.- Evaluar la cantidad estimada de ahorro energético que implica el mejoramiento de la aislación térmica, esto por medio de procedimiento detallado en el capítulo 8.

## 1.5. Estructura de la memoria

La presente memoria está compuesta por ocho capítulos los cuales se detallan a continuación:

- **Capítulo 1:** Corresponde a la introducción de la memoria, donde se presentan los antecedentes generales para la elaboración de la memoria, los objetivos propuestos, tanto el objetivo general como los objetivos específicos, los alcances del estudio, la metodología de trabajo y la estructura de la memoria.
- **Capítulo 2:** Está enfocado en presentar este nuevo sistema constructivo correspondiente a los paneles ICF tipo bloques, tanto por la empresa SYNTHEON y COTUX y la elección de uno de los dos tipos de bloques.
- **Capítulo 3:** Se da a conocer el actual proyecto de viviendas sociales que se quiere analizar, detallando el proyecto global, luego explicando en que consiste el sistema constructivo con el cual se está ejecutando la obra, el que corresponde a albañilería y finalmente, dar una explicación de la elección de la sección del proyecto a analizar.
- **Capítulo 4:** Análisis de los costos y plazos reales de la sección del proyecto.
- **Capítulo 5:** Corresponde al análisis del proyecto evaluándolo con paneles ICF tipo bloques, es decir, realizar una estimación de los costos y de los plazos asociados a la sección del proyecto con este nuevo sistema constructivo.
- **Capítulo 6:** Se realiza una comparación entre ambos sistemas para la sección del proyecto, es decir, se comparan costos, plazos y la relación de las variables costos – plazos para los sistemas constructivos con albañilería y con paneles ICF tipo bloques.
- **Capítulo 7:** Se evalúan los residuos que se generan en la obra asociados a los sistemas constructivos, tanto los residuos reales que se generan con albañilería en la sección a analizar como también un estimativo de los residuos que se generarían al utilizar paneles ICF tipo bloques.
- **Capítulo 8:** Finalmente se evalúa el ahorro energético que se genera producto de tener una construcción con una mejor aislación térmica, proporcionado por la construcción con paneles ICF tipo bloques.

## **CAPITULO 2: PANELES ICF TIPO BLOQUES**

### **2.1. Introducción**

Dentro de la industria de la construcción se encuentran diversos sistemas constructivos para llevar a cabo un proyecto; se tienen los sistemas tradicionales, los más utilizados en Chile: albañilería, madera y hormigón armado y los no tradicionales, entre los que se encuentran los paneles ICF tipo bloque.

Los paneles ICF corresponden a bloques huecos de poliestireno expandido, los cuales una vez se instalan en terreno se refuerzan con barras de acero dispuestas en su interior tanto de forma horizontal como vertical con la cuantía que especifique el ingeniero calculista, para luego rellenar el interior de los bloques ensamblados con hormigón y de esta manera disponer de los muros de la vivienda, los cuales resultan ser exteriormente de poliestireno expandido e interiormente de hormigón armado.

La principal característica de este tipo de panel ICF es que se presenta en formato de bloques, quiere decir que, similar al juego de niños “LEGO”, este corresponde a piezas rectangulares huecas con bordes especiales para que se puedan ir ensamblando para formar una estructura.

En este estudio se presentan dos tipos de bloques que varían según el proveedor, por un lado, se tienen los paneles tipo bloque patentados por la empresa SYNTHEON y por otro los bloques que están ingresando al país por medio de la empresa COTUX, quienes cuentan con la licencia para distribuir y utilizar los paneles ICF patentados por la empresa estadounidense BUILDBLOCK.

Los paneles ICF tipo bloque de la empresa SYNTHEON tienen las siguientes características:

En primer lugar, se tiene que ellos llaman a los paneles ICF como “Bloques aislantes para muro-ICF” y describen a estos bloques como moldajes de avanzada tecnología fabricados en base a Poliestireno Expandido (EPS) de alta densidad ( $23 \text{ kg/m}^3$ ) rellenos con hormigón armado.

El bloque aislante de SYNTHEON puede ser utilizado como muro estructural exterior o divisorio y permite cualquier tipo de acabado tanto exterior como interior. Los bloques que están diseñados para exteriores tienen un ancho de 20,32 cm. pero son conocidos como ICF 20 cm. y los divisorios son de 15 cm., ambos tienen una altura de bloque de 30,5 cm. En la figura 2.1.1. se observan las medidas correspondientes a cada uno de estos dos tipos de bloques prefabricados:

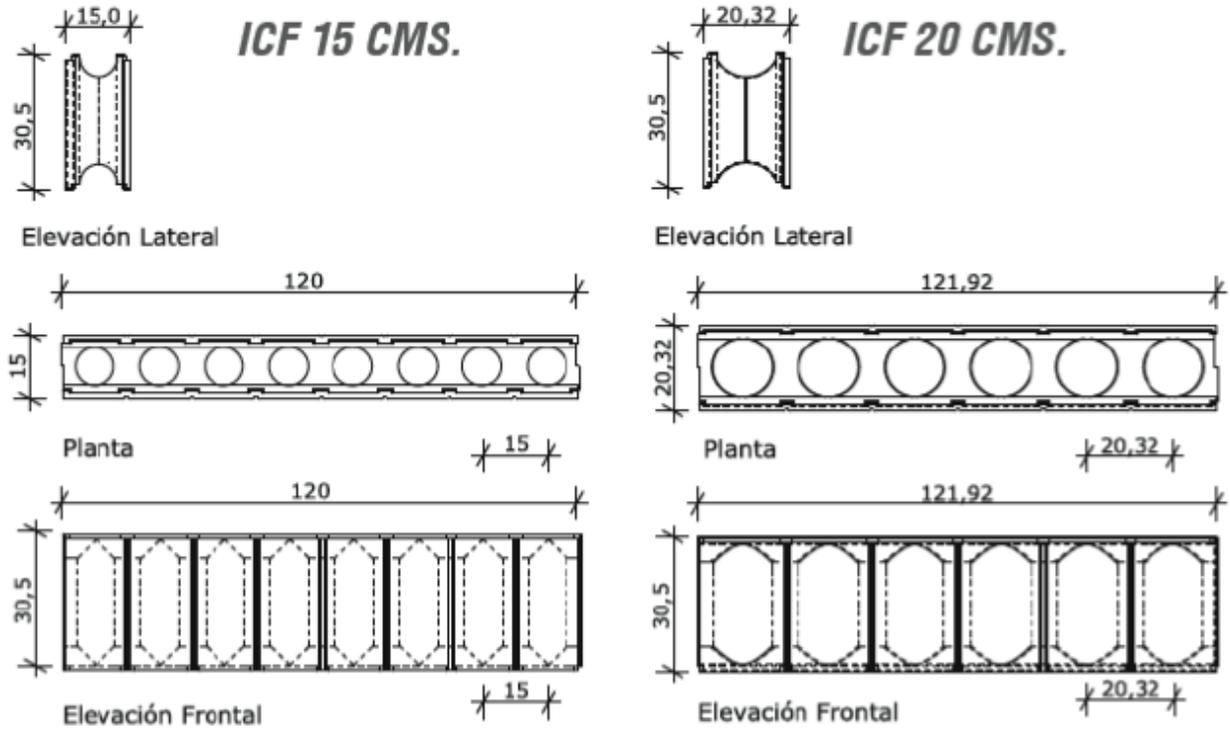


Figura 2.1.1. Detalle de los bloques ICF de 15 cm. y de 20 cm. de la empresa SYNTHEON. (2015)

La principal característica diferenciadora de este tipo de bloque propio de la empresa SYNTHEON, es que la zona hueca solo corresponde a perforaciones verticales que se representan por medio de los círculos que se observan en la figura 2.1.1., y perforaciones horizontales que se van generando a medida que se ensamblan los bloques, el resto es una estructura completa de poliestireno expandido. En el caso de los ICF 15 cm. el diámetro de la perforación vertical es de 9 cm. y en los ICF 20 cm. el diámetro es de 14 cm. En el caso de los diámetros equivalentes de las perforaciones horizontales se tiene que en el caso de los ICF 15 cm. corresponde a 9 cm. de igual manera que las perforaciones verticales, en cambio en los ICF 20 cm. estos son de 12 cm.

Además, como se observa en la figura 2.1.1. anterior, según el tipo de bloque varía también la cantidad de perforaciones verticales teniendo que en los ICF 15 cm. hay 8 perforaciones y en los ICF 20 cm. hay 6.

En cuanto al tipo de hormigón se tiene que la calidad mínima que se tolera son para ICF 20 cm. H20 (90)-10-12 y para ICF 15 cm. H20 (90)-10-14. Para el caso del acero estructural en ambos casos se debe utilizar A630-420H.

Estos paneles al tener perforaciones verticales y horizontales, si se pudiese ver su interior de hormigón armado, éste sería de la siguiente manera:



*Figura 2.1.2. Interior de hormigón armado de los paneles.*

La empresa SYNTHEON también cuenta con piezas especiales para las esquinas, esquineros derecha e izquierda los que se detallan en la figura 2.1.3.:

Bloque e=15: 60 cm. de largo, 30.5 cm. de alto y 15 cm. de espesor.

Bloque e=20: 60.95 cm. de largo, 30.5 cm. de alto y 20.32 cm. de espesor.

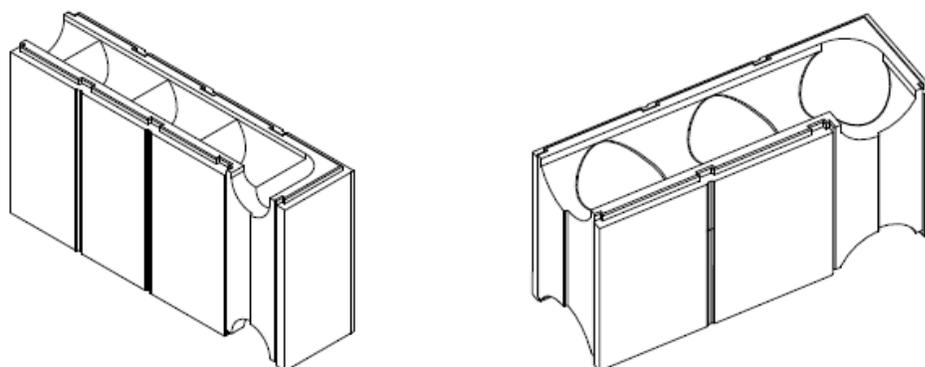


Figura 2.1.3. Representación de bloques esquineros.

Además, se presentan a continuación en las tablas 2.1.1., 2.1.2. y 2.1.3. los detalles especificados en la ficha técnica propia de los paneles ICF tipo bloques de la empresa SYNTHEON.

Tabla 2.1.1. Resistencia Térmica, al Fuego y Aislación Acústica. Ficha Técnica SYNTHEON 2015.

	<b>Unidades</b>	<b>ICF 15</b>	<b>ICF 20</b>
<b>Resistencia térmica (Rt) Nch 853. Of 2007</b>	m <sup>2</sup> * °K/W	2,63	2,7
<b>Transmitancia térmica (U) Nch 853. Of 2007</b>	W/(m <sup>2</sup> * °K)	0,38	0,37
<b>Resistencia al fuego Nch 935/1. Of 1997</b>	Clasificación	F15 a F180	F15 a F60
<b>Aislación acústica Nch 2785. Of 2013</b>	dB (A)		45

\*Bloque ICF aislante, cumple reglamentación en todo Chile.

\*Reglamentación térmica: Según Ordenanza General de Urbanismo y Construcción. Título y artículo 4.1.10 Tabla 1.

Tabla 2.1.2. Propiedades Bloques ICF. Ficha Técnica SYNTHEON 2015.

<b>Materiales Complementarios y Consumos aproximados y sin pérdida</b>	<b>Unidades</b>	<b>ICF 15</b>	<b>ICF 20</b>
<b>Calidad mín. Hormigón</b>		H 20(90)-10-14	H 20(90)-10-12
<b>Consumo Hormigón</b>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0,052	0,09
<b>Acero</b>		A630-420H	A630-420H
<b>Consumo mín. Armadura</b>	kg/m <sup>2</sup>	4,3	3,19
<b>Armadura mín. (hasta 2 pisos)</b>			
<b>Vertical mín.</b>	cm <sup>2</sup> /m	1,67 (Ø8 a 30)	1,23(Ø8 a 40,6)
<b>Horizontal mín.</b>	cm <sup>2</sup> /m	1,64 (Ø8 a 30,5)	1,64 (Ø8 a 30,5)
<b>Vertical mín. encuentros y puntas de muro</b>		1Ø12	1Ø12

Tabla 2.1.3. Materiales complementarios, consumos y armadura recomendada. Ficha Técnica SYNTHEON 2015.

<b>Propiedades Geométricas</b>	<b>Unidades</b>	<b>ICF 15</b>	<b>ICF 20</b>
<b>Espesor/Altura/Largo</b>	cm/cm/cm	15/30,5/120	20,32/30,5/122
<b>Densidad</b>	kg/m <sup>3</sup>	23	23
<b>Ø perforación V.</b>	cm	9	14
<b>Cantidad de perforaciones V. por bloque</b>	Unidades	8	6
<b>Ø equivalente perforación H.</b>	cm	9	12
<b>Cantidad de perforaciones H. por bloque</b>	Unidades	1	1
<b>Peso teórico bloque</b>	kg	0,83	0,97
<b>Peso teórico bloque c/hormigón</b>	kg	49	84
<b>Rendimiento</b>	Bloques/m <sup>2</sup>	2,73	2,69

<b><i>Volumen aprox. Hormigón</i></b>	m <sup>3</sup>	0,019	0,033
<b><i>Propiedades Mecánicas</i></b>			
<b><i>τ Corte</i></b>	kg/cm <sup>2</sup>	3,9 con H2O	5,4 con H2O

\* Nota 1: Se recomienda como largo mín. de muro 40 cm., para considerar resistencia al corte.

\*Nota 2: Los muros se fundan en losa de fundación o en sobrecimientos de hormigón armado con zapata corrida.

Como se mencionó anteriormente, también existen en Chile los paneles ICF que trae la empresa COTUX, los cuales tienen las siguientes características:

La empresa COTUX define a los paneles ICF como bloques de poliestireno expandido huecos que se apilan en forma de las paredes exteriores e interiores de un edificio, reforzadas con barras de acero que luego, cuando la estructura está completa, se llena con hormigón el espacio hueco de los bloques.

Los bloques ICF pueden usarse como paredes exteriores o interiores, en ambos casos se pueden revestir con cualquier materialidad destinada a exteriores o interiores dependiendo el caso, cabe destacar que esta cualidad corresponde a ambos tipos de paneles ICF como se mencionó anteriormente, tanto al de la empresa SYNTHEON como el de la empresa COTUX.

La particularidad de estos paneles es que solo tiene poliestireno expandido en la cara interior y exterior del bloque, pero en su interior estos están unidos por medio de barras de refuerzo de soporte plásticas (figura 2.1.4.) donde se pueden fijar fácilmente las barras de acero que se deben incluir en el diseño, lo cual ahorra tiempo y material al necesitar menos alambre para la fijación de las barras de acero, además esto proporciona un diseño abierto para el flujo eficiente de hormigón.

Otra particularidad a destacar, es su sistema de ensamble que consiste en bordes dentados como se observa en la figura 2.1.5., los cuales proporcionan un mejor anclaje entre bloques y mayor rapidez de ejecución de muro.

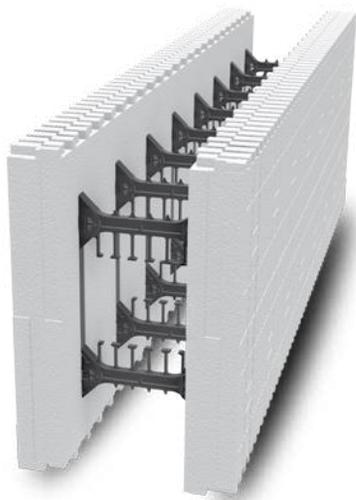


Figura 2.1.4. Separador plástico paneles ICF.



Figura 2.1.5. Borde dentado paneles ICF.

Estos paneles vienen en distintas dimensiones y también cuentan con elementos esquineros para la ejecución del proyecto, esta información se observa en la tabla 2.1.4. y 2.1.5.:

Tabla 2.1.4. Información técnica de empresa COTUX para bloque recto altura 16 in.

Núcleo	Anchura	Altura	Longitud	Volumen Concreto
4 in 101,6 mm	9 in 228,6 mm	16 in 406,4 mm	48 in 1219,2 mm	0,065844 y <sup>3</sup> /bloque 0,050341 m <sup>3</sup> /bloque
6 in 152,4 mm	11 in 279,4 mm	16 in 406,4 mm	48 in 1219,2 mm	0,098765 y <sup>3</sup> /bloque 0,075511 m <sup>3</sup> /bloque
8 in 203,2 mm	13 in 330,2 mm	16 in 406,4 mm	48 in 1219,2 mm	0,131687 y <sup>3</sup> /bloque 0,100682 m <sup>3</sup> /bloque

Tabla 2.1.5. Información técnica de empresa COTUX para bloque esquinero altura 16 in.

Núcleo	Anchura	Altura	Longitud Ext - Int	Volumen Concreto
4 in 101,6 mm	9 in 228,6 mm	16 in 406,4 mm	31 – 22 in 787,4 – 558,8 mm	0,054574 y <sup>3</sup> /bloque 0,041725 m <sup>3</sup> /bloque
6 in 152,4 mm	11 in 279,4 mm	16 in 406,4 mm	31 – 22 in 787,4 – 558,8 mm	0,086528 y <sup>3</sup> /bloque 0,066155 m <sup>3</sup> /bloque
8 in 203,2 mm	13 in 330,2 mm	16 in 406,4 mm	31 – 22 in 787,4 – 558,8 mm	0,121517 y <sup>3</sup> /bloque 0,092906 m <sup>3</sup> /bloque

Como se observa en la tabla la última columna corresponde al volumen de hormigón que se requiere por bloque según el tipo de panel que se utilice, para el caso de la enfierradura, la relación dada por la empresa COTUX es de 4,3 kg/m<sup>2</sup> para el caso de ICF 6 pulgadas (15 cm), además, se tiene un rendimiento de los paneles ICF también obtenido por la empresa COTUX de 48 m<sup>2</sup> por hora. En cuanto a la densidad de los paneles corresponde a 24 kg/m<sup>3</sup>.

Además, la empresa COTUX expone que están comprobados los siguientes beneficios al utilizar los paneles ICF provenientes de Estados Unidos con la empresa BuildBlock:

- 1.- 30-70% de ahorro en mano de obra y costos de materiales (bueno para su bolsillo y el medio ambiente).
- 2.- Resistente a Tornado, huracán y a terremotos (mantener a su familia y sus pertenencias seguros).
- 3.- Reducción del 75% en la infiltración de aire exterior (menos polvo y alérgenos).
- 4.- Más del doble de silenciosa que una casa con estructura de madera.
- 5.- Al construir con ICF ahorra por lo menos 10 árboles por casa.
- 6.- El panel ICF se puede utilizar para construir prácticamente cualquier plan de vivienda, utilizando cualquier acabado de ladrillo, estuco, revestimiento, y mucho más.
- 7.- Soportan la exposición a llamas intensas sin fallas estructurales durante más tiempo que los

muros de tabiquería de madera. La propagación extremadamente baja de la llama y el menor desarrollo del humo, hacen que las paredes ICF sean más seguras contra los peligros del fuego.

8.- Sistema constructivo más seguro al minimizar la utilización de herramientas o máquinas.

9.- 40-60% de ahorro de energía, el aislamiento de poliestireno expandido más la masa térmica del concreto mantienen constante la temperatura dentro del hogar comparado con tabiquería de madera.



*Figura 2.1.6. Máquina productora de Paneles ICF.*



*Figura 2.1.7. Acopio Paneles ICF, COTUX.*

## **2.2. Tabiquería interior**

Para este estudio se utilizará como tabiquería interior un elemento no tradicional en la construcción que recién está en proceso de ingresar al mercado, el cual recibe el nombre de paneles COTUX, los cuales han sido diseñados, ensayados y fabricados por la misma empresa COTUX.

Los paneles COTUX están realizados con alta tecnología proveniente de Italia, la cual consiste en grandes máquinas que pueden dar diversas densidades al poliestireno expandido, según se requiera y dar distintas formas según el molde en el cual se ingresan. Para el caso de estos paneles, las perlas pueden ingresar a moldes de altura 2400 mm, ancho 1200 mm y de 6 espesores distintos los cuales pueden ser de 70, 80, 100, 120, 160 y 200 mm. Además de que se pueden solicitar en densidad de 20 o 30 kg/m<sup>3</sup>.

La particularidad de estos paneles es que contienen en su interior una malla de fibra de vidrio de 10 x 10 cm la cual se prensa en conjunto con el poliestireno expandido para formar el panel.

El panel tiene la altura de 2,4 mts para poder cumplir con una sola pieza la altura de una vivienda tipo, la unión entre paneles es mediante conectores de paneles de acero inoxidable de 2600 x 1200 x 100 mm. de densidad 45 Kg/m<sup>3</sup>, importados por la empresa COTUX desde Estados Unidos de una empresa la cual no se puede revelar el nombre.

Estos paneles, al igual que los ICF se fabrican según lo que especifique el proyecto, solo se requiere para unir los paneles asegurar una correcta unión por medio de los conectores para que no existan aberturas entre paneles. Igualmente, estos paneles se pueden revestir con cualquier materialidad y de ser necesario sellar, se puede realizar con cualquier sellante básico.

A continuación, se muestran fotografías de la visita a la empresa COTUX, el resto de las fotografías de la visita se encuentran en el Anexo A.



*Figura 2.2.1. Muestra panel COTUX.*



*Figura 2.2.2. Detalle sistema de anclaje.*



*Figura 2.2.3. Muro COTUX sin revestimiento.*



*Figura 2.2.4. Ejemplo de tipos de revestimiento.*

### **2.3. Rendimientos**

Finalmente, para el caso de la tabiquería exterior, se debe seleccionar uno de los dos paneles ICF que ofrece actualmente el mercado, los motivos de la elección son los siguientes:

1.- Los paneles ICF tipo bloques de la empresa COTUX mejoran el sistema de ensamble entre bloques teniendo un sistema de unión dentado.

2.- Mejoran y facilitan la colocación de la armadura dado que se encuentran los separadores plásticos propios de los paneles ICF de COTUX los cuales tienen el espacio exclusivamente para la colocación de la armadura.

3.- Comparativamente los paneles ICF de COTUX contienen más metros cúbicos de hormigón en el interior de los bloques que los paneles ICF de SYNTHÉON, lo cual tiene un mejor comportamiento ante sismos (comprobado por la empresa BuildBlock).

Es por lo anterior que para tabiquería exterior se utilizarán los paneles ICF tipo bloque de la empresa COTUX, la cual tiene un rendimiento de 20 metros lineales por hora, estos considerando una altura de 2,4 metros y un turno laboral de 8 horas, esto se realiza con un maestro de primera y un ayudante.

Para el caso de la tabiquería interior, se utilizarán los paneles COTUX los cuales tienen un rendimiento de 200 metros lineales en un turno, igualmente se lleva a cabo con un maestro de primera y su ayudante.

## 2.4. Proceso constructivo

### 2.4.1 Proceso constructivo Paneles ICF empresa COTUX.

Por medio de la página oficial de la empresa COTUX se presentan 22 pasos para la construcción básica de los muros con paneles ICF, los cuales se presentan a continuación:

- 1.- Acondicionar el terreno.
- 2.- Realizar el encofrado para las fundaciones y colocar la enfierradura.
- 3.- Hormigonar las fundaciones.
- 4.- Revisar el nivel de las zapatas.
- 5.- Colocar enfierradura vertical de refuerzo en las zapatas para anclar con los muros.
- 6.- Organizar la apilación de los materiales para tenerlos a disposición fácilmente.
- 7.- Comenzar a apilar los paneles comenzando por una esquina.
- 8.- Colocar en el interior los refuerzos horizontales como se especifique por proyecto.
- 9.- Para ventanas y puertas, cortar los paneles siguiendo las líneas marcadas en el panel y acopiar los restos para luego enviarlos de vuelta a la empresa COTUX para reciclarlos.
- 10.- Luego de 3 corridas de bloques, revisar nivelación y poner pegamento en los puntos de unión con la losa y esperar a que el adhesivo este seco antes de continuar apilando la pared.
- 11.- Voltear esquinas en cada hilera para un mejor desempeño.
- 12.- Trabajar fuera del sistema de alineación hace el apilamiento de bloques restantes más fácil.
- 13.- Utilizar un sistema de arriostramiento aprobado, luego de la 3ra o 4ta fila.
- 14.- Colocar marcos de ventanas y puertas para poder hormigonar.
- 15.- Reafirmar ángulos de los marcos.
- 16.- Cualquier penetración debe hacerse antes de hormigonar.
- 17.- Recordar colocar refuerzos horizontales en todas las hileras como se especifique por planos.
- 18.- Colocar refuerzos verticales.

19.- Asegurar que todo el equipo conozca el plan de acción que viene a continuación y que estén de forma correcta los pernos de anclaje o corres para asegurar la pared recta y nivelada.

20.- Rellenar con hormigón a una distancia de 4 pies de elevación y no cortar el proceso hasta llegar a la parte superior del muro y vibrar con sonda vibradora de 1” para consolidar el hormigón durante el vertido.

21.- Asegurar la correcta consolidación del hormigón y la plomada antes de quitar los arriostramiento.

22.- Luego de media hora, ajustar la plomada del muro si se hace necesario.

Cabe mencionar que luego de estos pasos, se puede realizar la instalación del cableado eléctrico y la distribución de tuberías sanitarias mediante el previo trazado sobre la cara interior de los muros de paneles ICF y luego retirando la sección cortando con alguna herramienta que lo permita. Y a modo de revestimiento se puede aplicar cualquier tipo de terminación para interior como para exterior.

#### *2.4.2 Proceso constructivo Paneles COTUX.*

En el caso de los paneles COTUX estos son paneles prefabricados listos para instalar con la altura lista de una construcción residencial, por lo que solo se deben disponer sobre el trazado interior y anclar mediante su sistema de anclaje y al igual que los paneles ICF, las instalaciones eléctricas y sanitarias se colocan cortando el poliestireno expandido y se puede revestir con cualquier terminación.

## **CAPITULO 3: PROYECTO VIVIENDAS SOCIALES**

### **3.1. Introducción al proyecto**

El proyecto a analizar corresponde a un proyecto habitacional de viviendas sociales regulado por el DS 49, Fondo Solidario de Elección de Vivienda, que le da solución habitacional definitiva a 105 familias del comité John Kennedy, Valparaíso.

Este proyecto nació como un sueño a la vivienda por parte de un grupo de familias las cuales conformaron el comité mencionado anteriormente hace poco más de 10 años, esto bajo el apoyo de la fundación Un Techo para Chile, los cuales los han guiado en todo el proceso para la obtención de la vivienda tomando el rol de Entidad Patrocinante (EP) o EGIS (Entidad de Gestión Inmobiliaria Social). La labor de una Entidad Patrocinante es ser el nexo entre un grupo postulante a una vivienda y el SERVIU, realizando desde la asignación mediante licitación de una Entidad Constructora hasta dar apoyo social, legal y técnico a las familias en todas las fases del proceso.

En cuanto a la asignación de la Entidad Constructora, la ganadora de la licitación de este proyecto corresponde a la constructora “D&R” (Dellafiori & Rios) quienes dieron inicio a las obras el 29 de enero del presente año.

Cabe mencionar que el terreno donde se está llevando a cabo la construcción del proyecto, es un terreno cedido por SERVIU por lo que el proyecto mismo y el comité de familias se tuvieron que amoldar a las condiciones del terreno, este corresponde a un terreno con pendiente en el área urbana de Valparaíso, específicamente, en calle Leandro Escudero S/N, 2do sector, Playa Ancha, Valparaíso. Las condiciones del terreno son complejas debido a ser en parte una quebrada de difícil acceso y además por encontrarse justo por sobre el túnel LP3 “Las Ánimas” del camino La Pólvara. A continuación, se encuentran las figuras 3.1.1. y 3.1.2. en las cuales se observa la ubicación proyecto.



Figura 3.1.1. Ubicación proyecto subrayado con rojo.



Figura 3.1.2. Terreno con comienzo de obras (Círculo rojo), sobre paso La Pólvora.

Luego de obtener el terreno la entidad Patrocinante se encargó de recabar la información necesaria para evaluar un diseño de proyecto que se ajuste a las necesidades de las familias del comité, gestándose de esta forma el proyecto que se describirá a continuación:

Este Proyecto contempla la construcción de 105 viviendas en total, en 11.401,7 m<sup>2</sup> construidos distribuidos en 11 inmuebles (edificios de 3 pisos) más una sede social, cada edificio considera 2 tipologías de construcción, de uno y dos pisos entregando un promedio de 56 m<sup>2</sup> por vivienda. Conjuntamente, el proyecto contempla la construcción de 6 áreas verdes entre privadas y de cesión pública, además de un área de equipamiento de 65 m<sup>2</sup> de terreno para Sede social (encerrado en un círculo rojo en la figura 3.1.3.) y una cesión vial pública.

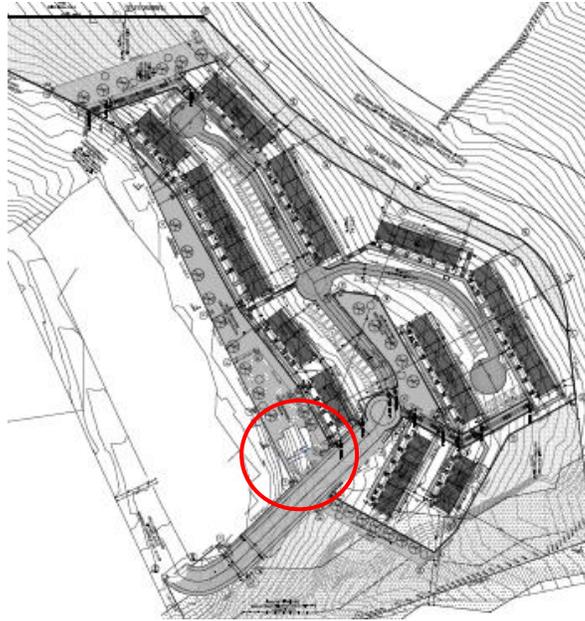


Figura 3.1.3. Plano planta conjunto.

Los 11 bloques que se construirán pueden ser de 3 tipos, los cuales se clasifican como: Módulo 1, Módulo 2 y Módulo 3, la diferencia es la cantidad de viviendas que estos bloques albergan, siendo el módulo 1 de 2 viviendas en la primera planta y 4 viviendas de dos pisos desde la segunda planta, el módulo 2 de 3 viviendas en la primera planta y 6 viviendas de dos pisos desde la segunda planta y el módulo 3 de 5 viviendas en la primera planta y 10 viviendas de dos pisos desde la segunda planta esto se podrá comprender de mejor manera con la figura 3.1.4.:

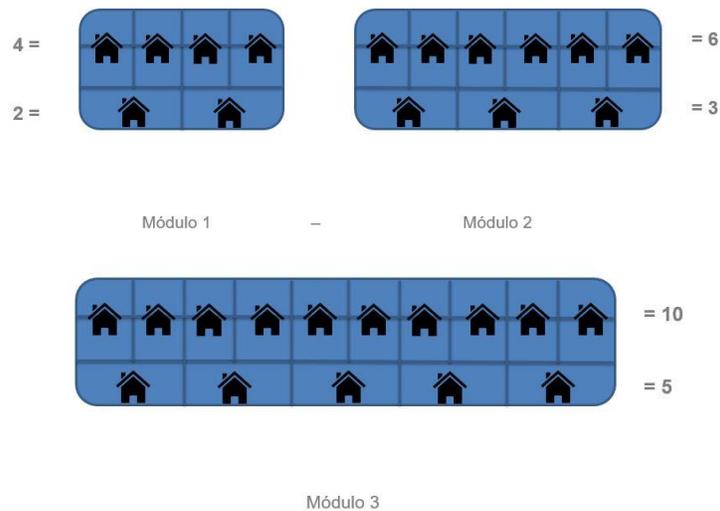


Figura 3.1.4. Tipos de módulos en el proyecto.



Figura 3.1.5. Identificación de bloques en el proyecto.

Como se observa en la figura 3.1.5., los 11 bloques se identifican con letras desde la A hasta la K correspondiendo a cada letra un tipo de módulo.

Tabla 3.1.2. Tabla identificativa del tipo de módulo que corresponde a cada bloque.

<b>Bloque</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>G</b>	<b>H</b>	<b>I</b>	<b>J</b>	<b>K</b>
<b>Módulo</b>	1	1	3	1	2	1	1+1	1+1	2	3	2

También cabe destacar que, al ser el terreno una quebrada, las viviendas de la segunda planta tienen acceso mediante rampas por un lado del edificio y las de la primera planta acceso directo por el lado contrario del edificio.



Figura 3.1.6. Corte en elevación renderizado.

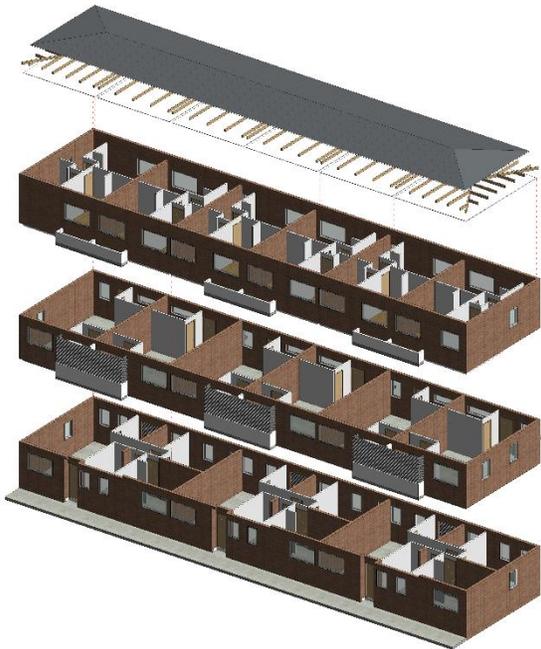


Figura 3.1.7. 3D explotado Norte.

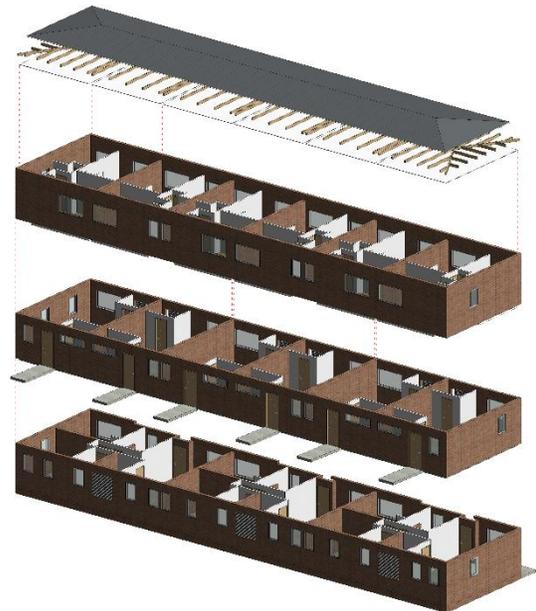


Figura 3.1.8. 3D explotado Sur.

Al ser un proyecto de un conjunto de bloques, hay obras a considerar como las rampas de acceso a los segundos pisos, obras de pavimentación, la creación de escaleras de acceso entre los pasajes o calle principal a los bloques y lo que más complicaciones a significado, muros de contención.



*Figura 3.1.9. Ejecución muro atirantado.*

Además, como se mencionó anteriormente, el proyecto contempla la construcción de 6 áreas verdes entre privadas y de cesión pública, además de un área de equipamiento de 65 m<sup>2</sup> de terreno para sede social y una cesión vial pública.

Para términos del estudio de esta memoria con respecto del proyecto, se comentará en el próximo subcapítulo lo que se considerará a analizar.

### 3.2. Sección del proyecto a analizar

Para términos del estudio que se llevará a cabo en esta memoria, se tiene que únicamente se hará énfasis en la materialidad de los 11 boques, sin evaluar posibles modificaciones a obras de habilitación u otros ítems.

La materialidad de los bloques es principalmente de albañilería confinada, considerando sistema tradicional de fundaciones (Emplantillado, hormigón de cimientos, hormigón de sobrecimientos, enfierradura), de radier (Base: Cama de ripio, hormigón de radier), de losa (losa de hormigón armado, entramado de madera) y de cubierta (Costaneras de madera, cubierta de fibrocemento, papel fieltro, caballete de acero galvanizado, hojalatería: Canales, bajadas, forros, ductos de ventilación).

Además, los bloques de albañilería se complementan con tabiquería interior de metalcon en algunas zonas especificadas por planos donde no se utiliza albañilería confinada, donde se consideran los perfiles de acero galvanizado, el revestimiento con placas de volcanita y como aislación térmica de muros lana de vidrio de 50 mm (11 kg/m<sup>3</sup>).

Cabe mencionar que la zona de logia se encuentra con ventilación natural lo que considera una estructura de metálica con rendijas como cierre con ventilación.

En el capítulo 2 se presentaron únicamente los tipos de bloques ICF que se pueden utilizar como muros, tanto interior como exteriormente, dado que el análisis de estos nuevos bloques de ICF se realizarán solo para modificar el sistema constructivo de muros, tanto los que son de albañilería confinada como los que son de tabiquería de metalcon, considerándose para la modificación como muros exteriores los paneles ICF tipo bloques exteriores de la empresa COTUX y como tabiquería interior los muros COTUX como complemento a este sistema, por lo que los sistemas constructivos para fundaciones, radier, losas y cubierta no se modificarán.



*Figura 3.2.1. Albañilería proyecto real.*

Se deben considerar para la comparación entre materialidades en tabiquería, los gastos y partidas dispuestas para dar aislación térmica y acústica a los muros dado que estos se suplen por la materialidad del poliestireno expandido de los nuevos bloques. Además, se debe analizar el tipo de revestimiento, si al modificar el material de obra gruesa se debe modificar estas terminaciones o no, esto se detallará en el capítulo 4.

En términos generales se realizará un análisis de las obras que se encuentren en los ítems del presupuesto correspondientes a OBRA GRUESA y OBRAS DE TERMINACIÓN que estén relacionadas a las partidas mencionadas anteriormente.

## CAPITULO 4: ANÁLISIS DE LA SECCIÓN DEL PROYECTO

### 4.1. Costos asociados

La empresa constructora a cargo de la construcción del proyecto actual VA2 ubicado en Playa Ancha, por medio de la fundación Un Techo para Chile, facilitó la planilla de costos real con la cual se adjudicaron la licitación del proyecto, el cual cuenta con 10 pestañas las cuales corresponden a:

1.- Cuadro de financiamiento: En el cual se detallan los tipos de ingresos, es decir, las distintas fuentes de financiamiento las cuales son: subsidio de localización, subsidio habitacional, ahorro de las familias, premio al ahorro (según quintil), subsidio a densificación en altura, subsidio de habilitación y subsidio de equipamiento y espacio público lo cual significa un total de 133055,16 UF. Además, incluye un cuadro resumen de los egresos, es decir, la ejecución de los gastos, teniendo los ocho ítems y sus respectivos montos en UF, sumando un total de exacto de 133055,16 UF.

2.- Presupuesto general: Se coloca el valor en UF de cada ítem, se obtiene el costo total directo, los valores de gastos generales, utilidades (en este caso correspondiente al 10%), se considera el IVA y se obtiene el valor total del proyecto, luego se adjunta el valor total con todas estas consideraciones de cada ítem, además de especificar el costo total unitario, es decir, UF por departamento, el cual tiene un valor de 1385,99 UF.

3.- ITEM A: Presupuesto general de obras preliminares, donde se detallan las partidas correspondientes a la preparación del terreno para la construcción del proyecto.

4.- ITEM B: Presupuesto general obra gruesa.

5.- ITEM C: Presupuesto general obras de terminación.

6.- ITEM D: Presupuesto general obras de instalación.

7.- ITEM E: Presupuesto general obras de urbanización.

8.- ITEM F: Presupuesto general obras de habilitación de terreno.

9.- ITEM G: Presupuesto general sala multiuso.

10.- ITEM H: Presupuesto general áreas verdes y recreacionales.

Como se mencionó en el capítulo anterior, para el estudio de los paneles ICF, se requiere analizar las partidas relacionadas con tabiquería interior y exterior, las cuales están exclusivamente en los ítems B y C, por lo que el resto del proyecto se considerará con las mismas cubicaciones y presupuesto.

A continuación, se observan los valores de los ítems B y C:

Tabla 4.1.1. ITEM B, presupuesto general obra gruesa.

ITEM	DESIGNACION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P. TOTAL
<b>B</b>	<b>OBRA GRUESA</b>				
<b>B.1</b>	<b>FUNDACIONES</b>				
B.1.1	Replanteo, trazado y niveles	gl	1,00	199,546 UF	199,55 UF
B.1.2	Excavación	m3	251,26	0,204 UF	51,26 UF
B.1.3	Emplantillado H10 - 80% NC	m3	60,55	2,252 UF	136,33 UF
B.1.4	Hormigón cimientos H25 - 90% nc + 20% BD	m3	172,21	3,315 UF	570,83 UF
B.1.5	Hormigón sobrecimientos	m3	31,76	3,315 UF	105,29 UF
B.1.6	Enfierradura	kg	3.607,40	0,045 UF	164,09 UF
B.1.7	Moldajes madera pino	m2	412,17	0,460 UF	189,60 UF
<b>B2</b>	<b>RADIER</b>				
B.2.1	Base (Cama de ripio) e= 8cm	m2	1.951,32	0,067 UF	130,74 UF
B.2.2	Hormigón radier H25 - 90% n.c. inc. Polietileno 0,2mm	m3	82,73	3,665 UF	303,21 UF
<b>B3</b>	<b>MUROS</b>				
<b>B.3.1</b>	<b>Hormigón Armado</b>				
B.3.1.1	Hormigón pilares Vigas,Cadenas Y Muros	m3	81,10	3,315 UF	268,81 UF
B.3.1.2	Enfierradura pilares,vigas y cadenas	kg	9.629,93	0,045 UF	438,03 UF
B.3.1.3	Moldajes pilares vigas y cadenas	m2	1.318,57	0,460 UF	606,54 UF
<b>B.3.2</b>	<b>Albañilería</b>				0,00 UF
B.3.2.1	Ladrillo	m2	1.894,12	1,119 UF	2.119,09 UF
B.3.2.3	Tensores y escalerillas	kg	14.627,00	0,064 UF	936,13 UF
<b>B.3.3</b>	<b>Madera</b>				0,00 UF
B.3.3.2	Entramado tabiques	m2	829,33	0,181 UF	149,78 UF
<b>B4</b>	<b>LOSAS</b>				
<b>B.4.1</b>	<b>Losa de hormigón armado</b>				
B.4.1.1	Hormigon	m3	108,45	3,315 UF	359,48 UF
B.4.1.2	Enfierradura	kg	12.364,43	0,045 UF	562,41 UF
B.4.1.3	moldajes	m2	770,24	0,700 UF	539,17 UF
<b>B.4.4</b>	<b>Entramados</b>				0,00 UF
B.4.4.1	Madera	m2	1.831,03	0,510 UF	934,50 UF
B.4.4.4	Placa piso	m2	1.921,50	0,511 UF	981,98 UF

<b>B.5</b>	<b>MUROS SEGUNDO PISO</b>				
<b>B.5.1</b>	<b>Hormigón Armado</b>				
B.5.1.1	Hormigón pilares Vigas,Cadenas Y Muros	m3	71,22	3,315 UF	236,08 UF
B.5.1.2	Enfierradura pilares,vigas y cadenas	kg	9.311,91	0,045 UF	423,56 UF
B.5.1.3	Moldajes pilares vigas y cadenas	m2	1.216,46	0,460 UF	559,57 UF
<b>B.5.2</b>	<b>Albañilería</b>				0,00 UF
B.5.2.1	Ladrillo	m2	1.496,59	1,119 UF	1.674,34 UF
B.5.2.3	Tensores y escalerillas	kg	12.102,90	0,064 UF	774,59 UF
<b>B.5.2</b>	<b>Madera</b>				0,00 UF
B.5.2.2	Entramado tabiques	m2	364,18	0,181 UF	65,77 UF
<b>B6</b>	<b>CUBIERTA (inc. Cumbreras)</b>				
<b>B.6.1</b>	<b>Estructura (inc. Costaneras)</b>				
B.6.1.1	Madera	m2	1.981,56	0,368 UF	728,38 UF
B.6.1.5	Cajón ducto de ventilación	un	35,00	0,551 UF	19,30 UF
<b>B.6.2</b>	<b>Cubierta</b>				
B.6.2.1	Cumbrera acero galvanizado	m2	325,10	0,267 UF	86,86 UF
B.6.2.2	Fibroemento	m2	1.879,20	0,359 UF	674,17 UF
B.6.2.4	papel fieltro	m2	1.879,20	0,035 UF	65,78 UF
<b>B.6.3</b>	<b>Hojalatería</b>				
B.6.3.1	Canales 70 cm desarrollo 0.5mm	m	867,35	0,472 UF	409,21 UF
B.6.3.2	Bajadas	m	826,35	0,288 UF	238,22 UF
B.6.3.3	Forros Fe galvanizado desarrollo 0.6 mt con cortagotera	m	867,35	0,362 UF	313,87 UF
B.6.3.4	Ducto ventilación fe galv. 3"	un	35,00	0,752 UF	26,34 UF
<b>B. EXTRAS</b>	<b>PARTIDAS DE OBRA GRUESA AGREGADAS POR LA EMPRESA</b>				
B.EX.1	Estabilizado E=24 CM	m2	1.884,32	0,510 UF	961,00 UF
B.EX.2	Gargola PVC Hidraulico	n°	105,00	0,100 UF	10,50 UF
B.EX.3	Plancha metalica en vigas especiales	KG	377,30	0,070 UF	26,41 UF
B.EX.4	Relleno Aislapol (encuentro losa-viga especial)	n°	210,00	0,036 UF	7,56 UF
B.EX.5	Fieltro para Piezas de madera en contacto con hormigon	m2	812,81	0,045 UF	36,41 UF
<b>B.EX.6</b>	<b>MUROS 3 PISO</b>				
B.EX.6.1	Hormigón pilares Vigas y Cadenas (Muros 3° piso)	m3	93,02	3,315 UF	308,34 UF
B.EX.6.2	Enfierradura pilares,vigas y cadenas (Muros 3° piso)	kg	9.585,10	0,045 UF	435,99 UF
B.EX.6.3	Moldajes pilares vigas y cadenas (Muros 3° piso)	m2	1.278,19	0,460 UF	587,54 UF
B.EX.6.4	Albañilería (Muros 3° piso)	m2	1.888,14	1,119 UF	2.112,40 UF
B.EX.6.5	Tensores y escalerillas ( Muros 3° piso)	kg	1.814,37	0,064 UF	115,93 UF
B.EX.6.6	Entramado tabiques secos ( 3° piso)	m2	1.981,37	0,181 UF	357,84 UF
<b>B.EX.7</b>	<b>PASARELAS EXTERIORES</b>				
B.EX.7.1	Hormigon losa escala acceso a pasarelas	m3	12,10	3,315 UF	40,11 UF
B.EX.7.2	Hormigon gradas escala acceso pasarelas	m3	7,40	3,315 UF	24,53 UF
B.EX.7.3	Hormigon muro escala acceso pasarelas	m3	11,05	3,315 UF	36,63 UF
B.EX.7.4	Enfierradura losa escala acceso a pasarelas	Kg	2.065,00	0,045 UF	93,93 UF
B.EX.7.5	Enfierradura muro escala acceso pasarelas	Kg	1.365,00	0,045 UF	62,09 UF
B.EX.7.6	Moldaje losa escala acceso pasarelas	m2	80,85	0,701 UF	56,67 UF
B.EX.7.7	Moldaje gradas escala acceso pasarelas	m2	67,05	0,701 UF	47,00 UF
B.EX.7.8	Moldaje muro escala acceso pasarelas	m2	147,00	0,460 UF	67,57 UF
<b>B.EX.8</b>	<b>ENTRAMADO DE TABIQUES</b>				
B.EX.8.1	Entramado tabiques humedos piso 1	m2	586,22	0,186 UF	108,80 UF
B.EX.8.2	Entramado tabiques humedos piso 2	m2	859,36	0,186 UF	159,50 UF
	<b>TOTAL B</b>				<b>21.699,60 UF</b>

Tabla 4.1.2. ITEM C, presupuesto general obras de terminaciones.

ITEM	DESIGNACION	UNIDAD	CANTIDAD	P:UNITARIO	P. TOTAL
<b>C.-</b>					
<b>C1</b>	<b>REVESTIMIENTOS MUROS Y TABIQUES</b>				
<b>C.1.1</b>	<b>Exterior</b>				
C.1.1.4	Fibrocemento 6mm frontones	m2	108,60	0,362 UF	39,32 UF
C.1.1.5	Sidding	m2	1.552,00	0,690 UF	1.071,23 UF
C.1.1.7	Cierre de logia	un	105,00	5,463 UF	573,56 UF
<b>C.1.2</b>	<b>Interior zona seca</b>				
C.1.2.2	Yeso cartón 15 mm RF	m2	6.859,44	0,26 UF	1.759,47 UF
<b>C.1.3</b>	<b>Interior zona húmeda</b>				
C.1.3.1	Estucos	m2	1.220,84	0,412 UF	503,36 UF
C.1.3.2	Fibrocemento	m2	1.637,93	0,370 UF	605,89 UF
<b>C2</b>	<b>AISLACION TERMICA MUROS (INCLUYE BARREAS DE HUMEDAD Y</b>				
C.2.3	Lana de vidrio 50mm 11kg/m3	m2	4.393,94	0,076 UF	332,02 UF
<b>C3</b>	<b>CIELO</b>				
<b>C.3.3</b>	<b>Revestimiento zona seca</b>				
C.3.3.1.1	Yeso cartón RF 12.5 mm	m2	2.006,85	0,243 UF	488,21 UF
C.3.3.1.3	Yeso cartón RF 15 mm	m2	2.006,85	0,243 UF	487,66 UF
<b>C.3.4</b>	<b>Revestimiento zona húmeda</b>				
C.3.4.1	Fibrocemento	m2	196,00	0,370 UF	72,52 UF
<b>C.4</b>	<b>Aislacion térmica cubierta</b>				
C.4.3	Lana de vidrio 120mm 11kg/m3	m2	1.951,60	0,178 UF	347,88 UF
C.4.4	Lana de vidrio 80mm R188	m2	1.951,60	0,156 UF	305,04 UF
C.4.4	Lana de vidrio 50mm R122	m2	306,20	0,087 UF	26,64 UF
<b>C.5</b>	<b>REVESTIMIENTO PISOS</b>				
C.5.2	Vinilico	m2	1.136,87	0,285 UF	324,04 UF
<b>C.7</b>	<b>ESCALERA INTERIOR</b>				0,00 UF
C.7.1	Escalera (estructura, peldaños, baranda y pasamanos)	n°	70,00	7,567 UF	529,71 UF
<b>C.8</b>	<b>ALEROS Y FRONTONES</b>				0,00 UF
<b>C.8.1</b>	<b>Estructura</b>				0,00 UF
C.8.1.2	Fe. Galvanizado	m2	478,10	0,250 UF	119,53 UF
<b>C.9</b>	<b>PUERTAS Y VENTANAS</b>				
<b>C.9.1</b>	<b>Marcos</b>				
C.9.1.1	Madera	n°	630,00	0,648 UF	408,31 UF
<b>C.9.2</b>	<b>Puertas interiores</b>				
C.9.2.1	Puerta ancho 70	n°	420,00	1,465 UF	615,41 UF
C.9.2.3	Puerta ancho 80	n°			
<b>C.9.3</b>	<b>Puerta exteriores</b>				
C.9.3.1	Puerta ancho 80	n°	105,00	1,615 UF	169,58 UF
<b>C.9.4</b>	<b>Quincallería (incluye chapas, perillas, bisagras y topes)</b>				
C.9.4.1	Puerta principal	n°	105,00	0,5680 UF	59,64 UF
C.9.4.2	Baño	n°	105,00	0,323 UF	33,93 UF
C.9.4.3	Interior	n°	315,00	0,323 UF	101,80 UF
C.9.4.4	Exterior cocina	n°	105,00	0,510 UF	53,55 UF
<b>C.9.5</b>	<b>Ventanas (incluye quincallería)</b>				
C.9.5.1	Aluminio	m2	900,42	1,950 UF	1.755,87 UF
<b>C.9.6</b>	<b>Vidrios</b>				406,42 UF
<b>C.9.7</b>	<b>Alfeizar</b>				
C.9.7.2	Hormigón	m	1.123,93	0,734 UF	825,42 UF
<b>C.11</b>	<b>PINTURAS</b>				
C.11.2	Esmalte	m2	1.032,08	0,092 UF	95,04 UF
C.11.4	Barniz	m2	527,35	0,108 UF	56,94 UF
C.11.6	Imprimación muro sellante cal	m2	7.523,29	0,078 UF	585,39 UF
C.11.7	Preparación de superficie	m2	7.523,29	0,044 UF	331,02 UF
C.11.8	Pintura Blockshield tratamiento impermeabilizante de fachadas	m2	7.523,29	0,129 UF	973,51 UF
<b>C.12</b>	<b>OBRAS EXTERIORES</b>				
<b>C.12.1</b>	<b>Pavimento de Acceso</b>				
C.12.1.3	Rampa acceso vivienda (incluye baranda doble altura)	n°	70,00	1,300 UF	91,00 UF
<b>C.12.2</b>	<b>Cierros</b>				
C.12.2.1	Reja antejardin alt. 1.80 m.)	m	12,00	2,000 UF	24,00 UF
C.12.2.2	Portón reja (ancho min.2.50m)	n°	4,00	0,849 UF	3,40 UF
C.12.2.3	Puerta reja (ancho min. 0.90m.)	n°	4,00	0,849 UF	3,40 UF
C.12.2.4	Cierro entre propiedades (alt.1.80 m.)	m	560,16	0,861 UF	482,05 UF

C. EXTRAS	PARTIDAS DE OBRAS DE TERMINACION AGREGADAS POR LA EMPRESA				
C.EX.2	Volcanita 8 mm despensa bajo escaleras	m2	483,00	0,191 UF	92,46 UF
C.EX.3	Fieltro tabiques humedos	m2	1.637,93	0,035 UF	57,33 UF
C.EX.4	Cierre perimetral tipo pandereta	ml	177,03	0,850 UF	150,48 UF
C.EX.5	Baranda metalica exterior	n°	140,00	1,200 UF	168,00 UF
C.EX.6	Endurecedor superficial de radier (zonas humedas) Solcrom o similar	m2	327,95	0,160 UF	52,47 UF
C.EX.7	Sobrelosa logias 2° piso	m2	272,30	0,200 UF	54,46 UF
C.EX.8	Grada de barco logias	n°	78,75	0,500 UF	39,38 UF
C.EX.9	Fieltro tabiques humedos piso 1	m2	574,70	0,035 UF	20,12 UF
C.EX.10	Fieltro tabiques humedos piso 2	m2	1.063,23	0,035 UF	37,22 UF
C.EX.11	Rasgo con aditivo impermeabilizante	ml	4.571,56	0,120 UF	548,59 UF
C.EX.12	Perfil Canal cortagotera	ml	1.123,93	0,100 UF	112,39 UF
C.EX.13	Vidrio Catedral 4 mm baños	m2	76,09	0,700 UF	53,26 UF
C.EX.13	Celosias puertas baño y cocina	m2	210,00	0,200 UF	42,00 UF
C.EX.14	Puerta medio cuerpo vidriado	n°	105,00	1,465 UF	153,85 UF
<b>TOTAL C</b>					<b>16.243,77 UF</b>

Los valores de estos ítems son los valores iniciales, pero a medida que el proyecto se ha ido ejecutando, ha habido ciertos cambios, en el caso de estos ítems, se modificó el entramado de madera para tabiquería interior por entramado de perfiles de acero galvanizado para tabiquería de metalcon. Otro cambio importante fue el piso y sección de los muros de baño que iban con linóleo cambiarlos por cerámica.

Además, al analizar los APUs de estas partidas, se observan dos incongruencias, el valor de albañilería del APU se encuentra actualizado, pero no se modificó en el itemizado de este ítem y el valor de hormigón del APU sólo considera la materia prima y como mano de obra a un ayudante.

También, en cuanto a ciertas partidas de terminaciones, se observan incongruencias en las cubicaciones, las cuales son: C.1.2.2. Yeso cartón 15 mm RF, C.1.3.1. Estucos, C.1.3.2 Fibrocemento, C.2.3. Lana de vidrio 50 mm 11 kg/m<sup>3</sup>, las partidas de pintura y las de papel fieltro para zonas húmedas, además ésta última se considera dos veces en el itemizado.

Como el objetivo de esta memoria es poder llevar a cabo una comparación entre el método tradicional de albañilería confinada y el método no tradicional de paneles ICF, se han modificado todos los puntos mencionados anteriormente buscando que el presupuesto de albañilería sea más cercano a lo real.

En primera medida se comenzó con el ITEM B, se realizó una cubicación real del hormigón, considerando el hormigón, perdidas, el camión bomba, la sonda vibradora, un concretero, un vibradorista y un ayudante, además de considerar sus respectivas leyes sociales, reajustándose el valor de esta partida de 3,315 UF a 3,659 UF, el detalle se encuentra en anexo B. Luego se modificó en el itemizado el valor de hormigón y se actualizó el valor de albañilería de 1,119 UF a 1,133 UF.

En cuanto a los entramados de tabiquería de madera se encontró un costo desproporcionado, el cual se modificó con la cotización real de la empresa constructora de los entramados metálicos para los tabiques de metalcon, los cuales resultaron más económicos que el valor expuesto en el itemizado para entramados de madera, cambiando este valor de 0,181 UF a 0,16 UF. (Ver anexo C).

Para el caso del ITEM C, se realizaron algunos cambios en la cubicación, se consideró yeso cartón para el cierre de la tabiquería interior, en zona seca por ambas caras del muro y en zona húmeda por la cara exterior únicamente, obteniendo una cubicación de 7072,545 m<sup>2</sup>. Para el interior de la zona húmeda se considera aproximadamente un 65% de fibrocemento y un 35% de cerámica en los muros obteniendo así los valores exactos de m<sup>2</sup> que se requieren. También se modificó la cubicación de lana de vidrio para el interior de la tabiquería de metalcon pues esta no correspondía.

Con el mismo objetivo de que el nuevo presupuesto sea más cercano a la realidad, se modificó la partida de revestimiento de pisos por cerámica para el baño y se eliminó la partida repetida de fieltro para tabiquería de zona húmeda que se encontraba repetida, ajustando los valores de estos según la cantidad de tabiquería interior húmeda de cada piso.

Finalmente se colocó una cubicación real de las pinturas, tanto para el esmalte para baños y para las pinturas destinadas a la albañilería, en este caso teniendo una cubicación de 10557,70 UF. Los itemizados del ITEM B y del ITEM C con las modificaciones mencionadas se pueden encontrar en el anexo D.

## 4.2. Plazos asociados

Los plazos asociados que se requiere evaluar son los correspondientes a albañilería confinada y a tabiquería de metalcon, ambas sin considerar revestimientos, es decir, solo se evaluarán los plazos de obra gruesa de muros interiores y exteriores para evaluar en el capítulo 6 con los plazos asociados a las nuevas partidas de paneles ICF y paneles COTUX.

La información expuesta a continuación es la información real que se tiene del avance en obra actualmente por parte de la empresa constructora, por lo que se tiene un rendimiento de 25 m<sup>2</sup> diarios para albañilería confinada y de 35 m<sup>2</sup> diario para tabiquería de metalcon, considerando una jornada de trabajo con 8 horas.

Con lo anterior podemos evaluar cuánto tiempo está asociado a esas partidas, en primer lugar, se tiene que los metros cuadrados correspondientes a albañilería de los tres pisos es de 5255,38 m<sup>2</sup> y para el caso de tabiquería de metalcon tanto en zonas secas como húmedas es de 4620,44 m<sup>2</sup>. Cabe mencionar que en zonas húmedas las planchas son de fibrocemento y en zonas secas de volcanita, pero esto no modifica el valor de rendimiento diario para tabiquería de metalcon.

Con esta información, tenemos que para el caso de albañilería confinada se requerirán 210 días para realizar toda la obra gruesa y 132 días para el caso de tabiquería de metalcon.

## CAPITULO 5: ANÁLISIS DEL PROYECTO CON PANELES ICF

### 5.1. Estimación de costos

Para el caso de costos con los paneles ICF como muros exteriores y con paneles COTUX como muros interiores, primero se evaluaron qué partidas del itemizado debían ser modificadas, cambiando en la partida de muro, hormigón armado, se modificaron “hormigón pilares, vigas, cadenas y muros”, “enfierradura pilares, vigas y cadenas” y “moldajes pilares vigas y cadenas” por “hormigón paneles ICF” y “enfierradura paneles ICF”, luego en albañilería se eliminaron las partidas de “ladrillo” y “tensores y escalerillas” por “paneles ICF”, en el caso de perfiles metalcon, esta partida se eliminó y en su lugar se agregó la partida “Paneles COTUX”, esto en el ITEM B para el caso de los muros de los tres pisos. Además, en el caso de entramados metálicos tabiques húmedos de los pisos 1 y 2 correspondiente a los baños, estos en el itemizado actualmente están como “Paneles COTUX”.

Luego de esto se realizaron las cubicaciones del hormigón y la enfierradura que se requieren para los paneles ICF; en este punto se utilizaron los valores entregados por la empresa COTUX, los cuales son valores directos desde la empresa BUILBLOCK, del rendimiento de hormigón el cual corresponde a  $0,1524 \text{ m}^3/\text{m}^2$  de panel ICF, y en el caso de la enfierradura  $4,3 \text{ kg}/\text{m}^2$ .

Finalmente se realizaron los APUs de hormigón bombeado H20 (90) 10 12, de enfierradura de acero A630-420H, de paneles ICF y de paneles COTUX, para el caso de ambos paneles se utiliza como mano de obra únicamente a un maestro de primera y su respectivo ayudante.

Cabe destacar que las perdidas consideradas para ambos paneles son de cero por ciento, dado que la empresa COTUX recicla el material particular de poliestireno expandido en caso de existir. El APU de estas partidas se encuentra en el anexo E.

A continuación, se expone el nuevo itemizado del ITEM B:

Tabla 5.1.1. Ítem B modificado con datos empresa COTUX.

ITEM	DESIGNACION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P. TOTAL
<b>B</b>	<b>OBRA GRUESA</b>				
<b>B.1</b>	<b>FUNDACIONES</b>				
B.1.1	Replanteo, trazado y niveles	gl	1,00	199,546 UF	199,55 UF
B.1.2	Excavación	m3	251,26	0,204 UF	51,26 UF
B.1.3	Emplantillado H10 - 80% NC	m3	60,55	2,252 UF	136,33 UF
B.1.4	Hormigón cimientos H25 - 90% nc + 20% BD	m3	172,21	3,659 UF	630,15 UF
B.1.5	Hormigón sobrecimientos	m3	31,76	3,659 UF	116,23 UF
B.1.6	Enfierradura	kg	3.607,40	0,045 UF	164,09 UF
B.1.7	Moldajes madera pino	m2	412,17	0,460 UF	189,60 UF
<b>B2</b>	<b>RADIER</b>				
B.2.1	Base (Cama de ripio) e= 8cm	m2	1.951,32	0,067 UF	130,74 UF
B.2.2	Hormigón radier H25 - 90% n.c. inc. Polietileno 0,2mm	m3	82,73	3,665 UF	303,21 UF
<b>B3</b>	<b>MUROS</b>				
<b>B.3.1</b>	<b>Hormigón Armado</b>				
B.3.1.1	Hormigón paneles ICF	m3	286,38	3,659 UF	1.047,91 UF
B.3.1.2	Enfierradura paneles ICF	kg	8.080,32	0,053 UF	425,06 UF
<b>B.3.2</b>	<b>Paneles ICF</b>	m2	1.879,15	0,995 UF	1.869,34 UF
<b>B.3.3</b>	<b>Paneles COTUX</b>	m2	829,33	1,459 UF	1.209,80 UF
<b>B4</b>	<b>LOSAS</b>				
<b>B.4.1</b>	<b>Losa de hormigón armado</b>				
B.4.1.1	Hormigon	m3	108,45	3,659 UF	396,84 UF
B.4.1.2	Enfierradura	kg	12.364,43	0,045 UF	562,41 UF
B.4.1.3	moldajes	m2	770,24	0,700 UF	539,17 UF
<b>B.4.4</b>	<b>Entramados</b>				0,00 UF
B.4.4.1	Madera	m2	1.831,03	0,510 UF	934,50 UF
B.4.4.4	Placa piso	m2	1.921,50	0,511 UF	981,98 UF
<b>B.5</b>	<b>MUROS SEGUNDO PISO</b>				
<b>B.5.1</b>	<b>Hormigón Armado</b>				
B.5.1.1	Hormigón paneles ICF	m3	225,80	3,659 UF	826,22 UF
B.5.1.2	Enfierradura paneles ICF	kg	6.370,94	0,053 UF	335,14 UF
<b>B.5.2</b>	<b>Paneles ICF</b>	m2	1.481,62	0,995 UF	1.473,88 UF
<b>B.5.3</b>	<b>Paneles COTUX</b>	m2	364,18	1,459 UF	531,25 UF
<b>B6</b>	<b>CUBIERTA (inc. Cumbreiras)</b>				
<b>B.6.1</b>	<b>Estructura (inc. Costaneras)</b>				
B.6.1.1	Madera	m2	1.981,56	0,368 UF	728,38 UF
B.6.1.5	Cajón ducto de ventilación	un	35,00	0,551 UF	19,30 UF
<b>B.6.2</b>	<b>Cubierta</b>				
B.6.2.1	Cumbrera a acero galvanizado	m2	325,10	0,267 UF	86,86 UF
B.6.2.2	Fibrocemento	m2	1.879,20	0,359 UF	674,17 UF
B.6.2.4	papel fieltro	m2	1.879,20	0,035 UF	65,78 UF
<b>B.6.3</b>	<b>Hojalatería</b>				
B.6.3.1	Canales 70 cm desarrollo 0.5mm	m	867,35	0,472 UF	409,21 UF
B.6.3.2	Bajadas	m	826,35	0,288 UF	238,22 UF
B.6.3.3	Forros Fe galvanizado desarrollo 0.6 mt con cortagotera	m	867,35	0,362 UF	313,87 UF
B.6.3.4	Ducto ventilación fe galv. 3"	un	35,00	0,752 UF	26,34 UF

<b>B. EXTRAS PARTIDAS DE OBRA GRUESA AGREGADAS POR LA EMPRESA</b>					
B.EX.1	Estabilizado E=24 CM	m2	1.884,32	0,510 UF	961,00 UF
B.EX.2	Gargola PVC Hidraulico	n°	105,00	0,100 UF	10,50 UF
B.EX.3	Plancha metalica en vigas especiales	KG	377,30	0,070 UF	26,41 UF
B.EX.4	Relleno Aislapol (encuentro losa-viga especial)	n°	210,00	0,036 UF	7,56 UF
B.EX.5	Fieltro para Piezas de madera en contacto con hormigon	m2	812,81	0,045 UF	36,41 UF
<b>B.EX.6</b>	<b>MUROS 3 PISO</b>				
B.EX.6.1	Hormigón paneles ICF (Muros 3° piso)	m3	288,74	3,659 UF	1.056,54 UF
B.EX.6.2	Enfierradura paneles ICF (Muros 3° piso)	kg	8.146,87	0,053 UF	428,56 UF
B.EX.6.3	Paneles ICF (Muros 3° piso)	m2	1.894,62	0,995 UF	1.884,73 UF
B.EX.6.4	Paneles COTUX, entramado tabiques secos ( 3° piso)	m2	1.981,37	1,459 UF	2.890,36 UF
<b>B.EX.7</b>	<b>PASARELAS EXTERIORES</b>				
B.EX.7.1	Hormigon losa escala acceso a pasarelas	m3	12,10	3,659 UF	44,28 UF
B.EX.7.2	Hormigon gradas escala acceso pasarelas	m3	7,40	3,659 UF	27,08 UF
B.EX.7.3	Hormigon muro escala acceso pasarelas	m3	11,05	3,659 UF	40,43 UF
B.EX.7.4	Enfierradura losa escala acceso a pasarelas	Kg	2.065,00	0,045 UF	93,93 UF
B.EX.7.5	Enfierradura muro escala acceso pasarelas	Kg	1.365,00	0,045 UF	62,09 UF
B.EX.7.6	Moldaje losa escala acceso pasarelas	m2	80,85	0,701 UF	56,67 UF
B.EX.7.7	Moldaje gradas escala acceso pasarelas	m2	67,05	0,701 UF	47,00 UF
B.EX.7.8	Moldaje muro escala acceso pasarelas	m2	147,00	0,460 UF	67,57 UF
<b>B.EX.8</b>	<b>ENTRAMADO DE TABIQUES</b>				
B.EX.8.1	Paneles COTUX piso 1	m2	586,22	1,459 UF	855,15 UF
B.EX.8.2	Paneles COTUX piso 2	m2	859,36	1,459 UF	1.253,60 UF
<b>TOTAL B</b>					<b>25.466,65 UF</b>

Para el caso del ITEM C, se reevaluó cada partida relacionada a terminaciones que tuviese relación con muros interiores y exteriores, es por esto que en primera medida se eliminaron las partidas que ya no se requerirán por la utilización de los paneles ICF y COTUX. Para el caso de muros interiores de paneles COTUX, ya no se requieren las partidas C.1.2.2 Yeso cartón 15 mm RF, C.2.3 Lana de vidrio 50 mm 11 kg/m<sup>3</sup> para aislación térmica muros, C.EX.9 Fieltro tabiques húmedos piso 1, C.EX.10 Fieltro tabiques húmedos piso 2. Y para el caso de revestimientos, se considerarán los mismos revestimientos que en el caso de baños considera fibrocemento, estuco, pintura y cerámica y para exteriores pintura látex para exteriores, pero a diferencia ya no se requiere la partida C.11.7 Preparación de superficie, ni C.11.8 Pintura Blockshield tratamiento impermeabilizante de fachadas.

A continuación, se expone el nuevo itemizado del ITEM C:

Tabla 5.1.2. Ítem C modificado con datos empresa COTUX.

ITEM	DESIGNACION	UNIDAD	CANTIDAD	P:UNITARIO	P. TOTAL
<b>C.-</b>					
<b>C1</b>	<b>REVESTIMIENTOS MUROS Y TABIQUES</b>				
<b>C.1.1</b>	<b>Exterior</b>				
C.1.1.4	Fibrocemento 6mm frontones	m2	108,60	0,362 UF	39,32 UF
C.1.1.5	Sidding	m2	1.552,00	0,690 UF	1.071,23 UF
C.1.1.7	Cierre de logia	un	105,00	5,463 UF	573,56 UF
<b>C.1.2</b>	<b>Interior zona seca</b>				
C.1.2.2	Yeso cartón 15 mm RF	m2	0	0,26 UF	0,00 UF

C.1.3	<b>Interior zona húmeda</b>				
C.1.3.1	Estucos	m2	939,23	0,412 UF	387,25 UF
C.1.3.2	Fibrocemento	m2	939,23	0,370 UF	347,43 UF
C.1.3.4	Cerámica muros	m2	506,35	0,299 UF	151,60 UF
<b>C2</b>	<b>AISLACION TERMICA MUROS (INCLUYE BARRAS DE HUMEDAD Y VAPOR)</b>				
C.2.3	Lana de vidrio 50mm 11kg/m3	m2	0,00	0,076 UF	0,00 UF
<b>C3</b>	<b>CIELO</b>				
<b>C.3.3</b>	<b>Revestimiento zona seca</b>				
C.3.3.1.1	Yeso cartón RF 12.5 mm	m2	2.006,85	0,243 UF	488,21 UF
C.3.3.1.3	Yeso cartón RF 15 mm	m2	2.006,85	0,243 UF	487,66 UF
<b>C.3.4</b>	<b>Revestimiento zona húmeda</b>				
C.3.4.1	Fibrocemento	m2	196,00	0,370 UF	72,52 UF
<b>C.4</b>	<b>Aislacion térmica cubierta</b>				
C.4.3	Lana de vidrio 120mm 11kg/m3	m2	1.951,60	0,178 UF	347,88 UF
C.4.4	Lana de vidrio 80mm R188	m2	1.951,60	0,156 UF	305,04 UF
C.4.4	Lana de vidrio 50mm R122	m2	306,20	0,087 UF	26,64 UF
<b>C.5</b>	<b>REVESTIMIENTO PISOS</b>				
C.5.2	Cerámica	m2	718,52	0,704 UF	505,83 UF
<b>C.7</b>	<b>ESCALERA INTERIOR</b>				0,00 UF
C.7.1	Escalera (estructura, peldaños, baranda y pasamanos)	n°	70,00	7,567 UF	529,71 UF
<b>C.8</b>	<b>ALEROS Y FRONTONES</b>				0,00 UF
<b>C.8.1</b>	<b>Estructura</b>				0,00 UF
C.8.1.2	Fe. Galvanizado	m2	478,10	0,250 UF	119,53 UF
<b>C.9</b>	<b>PUERTAS Y VENTANAS</b>				
<b>C.9.1</b>	<b>Marcos</b>				
C.9.1.1	Madera	n°	630,00	0,648 UF	408,31 UF
<b>C.9.2</b>	<b>Puertas interiores</b>				
C.9.2.1	Puerta ancho 70	n°	420,00	1,465 UF	615,41 UF
C.9.2.3	Puerta ancho 80	n°			
<b>C.9.3</b>	<b>Puerta exteriores</b>				
C.9.3.1	Puerta ancho 80	n°	105,00	1,615 UF	169,58 UF
<b>C.9.4</b>	<b>Quincallería (incluye chapas, perillas, bisagras y topes)</b>				
C.9.4.1	Puerta principal	n°	105,00	0,5680 UF	59,64 UF
C.9.4.2	Baño	n°	105,00	0,323 UF	33,93 UF
C.9.4.3	Interior	n°	315,00	0,323 UF	101,80 UF
C.9.4.4	Exterior cocina	n°	105,00	0,510 UF	53,55 UF
<b>C.9.5</b>	<b>Ventanas (incluye quincallería)</b>				
C.9.5.1	Aluminio	m2	900,42	1,950 UF	1.755,87 UF
<b>C.9.6</b>	<b>Vidrios</b>	m2	574,85	0,707 UF	406,42 UF
<b>C.9.7</b>	<b>Alfeizar</b>				
C.9.7.2	Hormigón	m	1.123,93	0,734 UF	825,42 UF
<b>C.11</b>	<b>PINTURAS</b>				
C.11.2	Esmalte baño	m2	939,23	0,092 UF	86,49 UF
C.11.4	Barniz puertas	m2	527,35	0,108 UF	56,94 UF
C.11.6	Pintura para albañilería	m2	10.557,70	0,078 UF	821,50 UF
C.11.7	Preparación de superficie	m2	0,00	0,044 UF	0,00 UF
C.11.8	Pintura Blockshield tratamiento impermeabilizante de fachadas	m2	0,00	0,129 UF	0,00 UF
<b>C.12</b>	<b>OBRAS EXTERIORES</b>				
<b>C.12.1</b>	<b>Pavimento de Acceso</b>				
C.12.1.3	Rampa acceso vivienda (incluye baranda doble altura)	n°	70,00	1,300 UF	91,00 UF
<b>C.12.2</b>	<b>Cierros</b>				
C.12.2.1	Reja antejardín alt. 1.80 m.)	m	12,00	2,000 UF	24,00 UF
C.12.2.2	Portón reja (ancho min.2.50m)	n°	4,00	0,849 UF	3,40 UF
C.12.2.3	Puerta reja (ancho min. 0.90m.)	n°	4,00	0,849 UF	3,40 UF
C.12.2.4	Cierro entre propiedades (alt.1.80 m.)	m	560,16	0,861 UF	482,05 UF
<b>C. EXTRAS</b>	<b>PARTIDAS DE OBRAS DE TERMINACION AGREGADAS POR LA EMPRESA</b>				
C.EX.2	Volcanita 8 mm despensa bajo escaleras	m2	483,00	0,191 UF	92,46 UF
C.EX.4	Cierre perimetral tipo pandereta	ml	177,03	0,850 UF	150,48 UF
C.EX.5	Baranda metalica exterior	n°	140,00	1,200 UF	168,00 UF
C.EX.6	Endurecedor superficial de radier (zonas húmedas) Solcrom o similar	m2	327,95	0,160 UF	52,47 UF
C.EX.7	Sobrelosa logias 2° piso	m2	272,30	0,200 UF	54,46 UF
C.EX.8	Grada de barco logias	n°	78,75	0,500 UF	39,38 UF
C.EX.9	Fielto tabiques húmedos piso 1	m2	0,00	0,035 UF	0,00 UF
C.EX.10	Fielto tabiques húmedos piso 2	m2	0,00	0,035 UF	0,00 UF
C.EX.11	Rasgo con aditivo impermeabilizante	ml	4.571,56	0,120 UF	548,59 UF
C.EX.12	Perfil Canal cortagotera	ml	1.123,93	0,100 UF	112,39 UF
C.EX.13	Vidrio Catedral 4 mm baños	m2	76,09	0,700 UF	53,26 UF
C.EX.13	Celosias puertas baño y cocina	m2	210,00	0,200 UF	42,00 UF
C.EX.14	Puerta medio cuerpo vidriado	n°	105,00	1,465 UF	153,85 UF
	<b>TOTAL C</b>				<b>12.919,45 UF</b>

## 5.2. Estimación de plazos

Para lo que corresponde a estimación de plazos, se evalúa netamente lo relacionado a paneles ICF y paneles COTUX, considerando sólo la obra gruesa, de esta manera se vuelve a requerir de los datos de rendimiento de los paneles proporcionados por la empresa COTUX.

En el caso de paneles ICF se tiene un rendimiento de 20 metros lineales por hora, con altura de muro de 2,4 metros y en el caso de los paneles COTUX un rendimiento de 200 metros lineales por turno, considerando el turno de 8 horas, este tiene un rendimiento por hora de 25 metros lineales, en este caso los paneles ya son de 2,4 metros de altura.

La cubicación real de paneles ICF considera muros exteriores de los pisos 1, 2 y 3, dando un total de 5255,38 m<sup>2</sup> y los paneles COTUX, la tabiquería interior de zonas secas de los 3 pisos más los tabiques de zonas húmedas que se encuentran en los primeros pisos y los segundos, correspondiente a los baños. En este caso se tiene una cubicación de 4620,44 m<sup>2</sup>.

Con esta información podemos obtener el tiempo real en que se puede llevar a cabo estas partidas de obra gruesa, dado que para los paneles ICF se avanzan 384 m<sup>2</sup> por turno y 480 m<sup>2</sup> por turno para el caso de los paneles COTUX, teniendo como resultado que para los paneles ICF se requieran 14 días y para los paneles COTUX 10 días.

## CAPITULO 6: COMPARACIÓN DE AMBOS SISTEMAS

### 6.1. Análisis de los costos

Para poder visualizar de mejor manera los costos asociados a cada sistema constructivo, a continuación, se presentará una tabla comparativa de todos los ítems, donde se recuerda que únicamente presentan modificaciones los ítems B y C, también se detallarán los valores de costo directo total, gastos generales, utilidades, subtotal, IVA, total costo de construcción y costo de construcción por unidad de vivienda. Todos los valores están en UF.

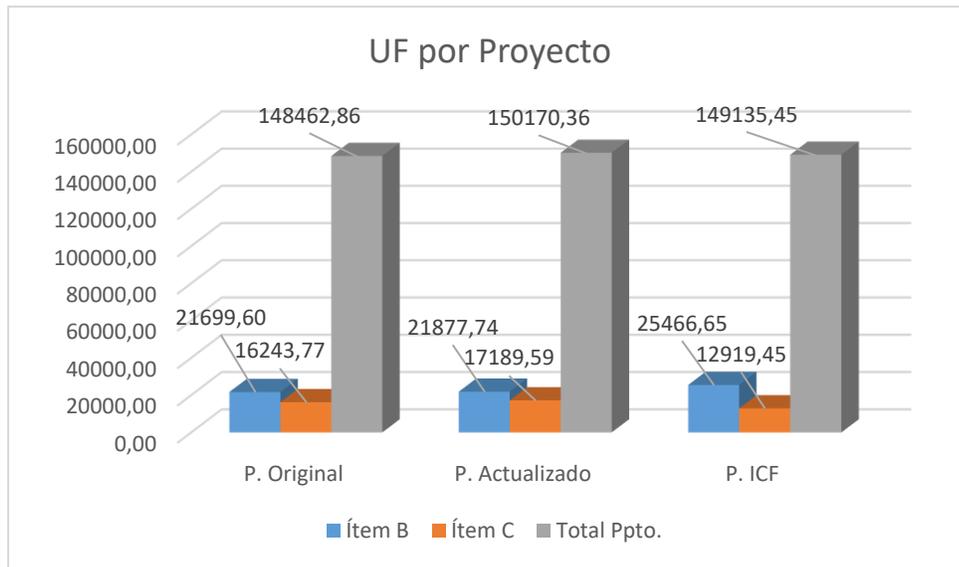
Tabla 3.1.1. Comparación en UF de presupuesto del proyecto.

<i>Ítems</i>	<b>Proyecto original</b>	<b>Proyecto actualizado</b>	<b>Proyecto ICF</b>
<i>A. Obras preliminares</i>	2110,59	2110,59	2110,59
<i>B. Obra gruesa</i>	<b>21699,60</b>	<b>21877,74</b>	<b>25466,65</b>
<i>C. Obras terminación</i>	<b>16243,77</b>	<b>17189,59</b>	<b>12919,45</b>
<i>D. Obras instalaciones</i>	10356,56	10356,56	10356,56
<i>E. Obras urbanización</i>	11114,55	11114,55	11114,55
<i>F. Obras habilitación</i>	34703,96	34703,96	34703,96
<i>G. Sala multiuso</i>	1179,39	1179,39	1179,39
<i>H. Áreas verdes</i>	317,36	317,36	317,36
<i>Total Costo Directo</i>	<b>97725,80</b>	<b>98849,76</b>	<b>98168,53</b>
<i>Gastos Generales</i>	17260,33	17458,84	17338,53
<i>Utilidades 10%</i>	9772,58	9884,89	9816,85
<i>Subtotal 1</i>	<b>124758,71</b>	<b>126193,58</b>	<b>125323,91</b>
<i>IVA</i>	23704,15	23976,78	23811,54
<i>Total Csto. Construcción</i>	<b>148462,86</b>	<b>150170,36</b>	<b>149135,45</b>
<i>Costo por Vivienda</i>	<b>1413,93</b>	<b>1430,19</b>	<b>1420,34</b>

Además, se presentan diversas comparaciones mediante gráficos:

1.- Gráfico de barras en el cual se observan los valores en UF del ítem B y C los cuales son los únicos ítems modificados entre los ocho ítems totales de costos directos, estos según el tipo de proyecto.

Gráfico 6.1.1. UF de ítem B, C y presupuesto total por proyecto.



2.- En las siguientes dos gráficas se observa la variación que hay en el ítem B y C y como este influye en el total del costo directo, comparando los valores entre un proyecto base y el proyecto ICF, en la primera gráfica se compran con el proyecto original, no obstante, como se mencionó anteriormente, el proyecto original consta con varios detalles los cuales fueron modificados para tener una comparación más real de la situación, por esta razón, la segunda gráfica es respecto al proyecto actualizado. En ambos casos se tiene que en el ítem B hay un aumento de costos, esto está dado por que los paneles COTUX tienen un valor mucho más elevado que lo que por obra gruesa se considera paneles de metalcon, donde solo se encuentra el valor de los perfiles de acero galvanizado, el detalle de lana de vidrio, fieltro y paneles (fibrocemento y volcánita según la zona) se encuentran en el ítem C, es por esto que el ítem C sale considerablemente más económico, lo que hace que en términos generales resulte más económico con paneles ICF.

Gráfico 6.1.2. Variación por ítem entre el proyecto ICF y el proyecto original.

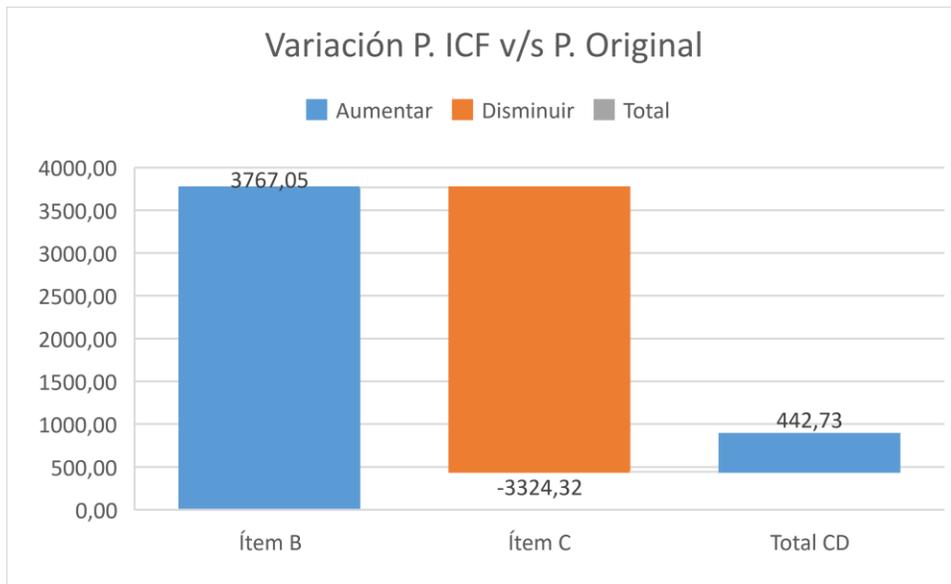
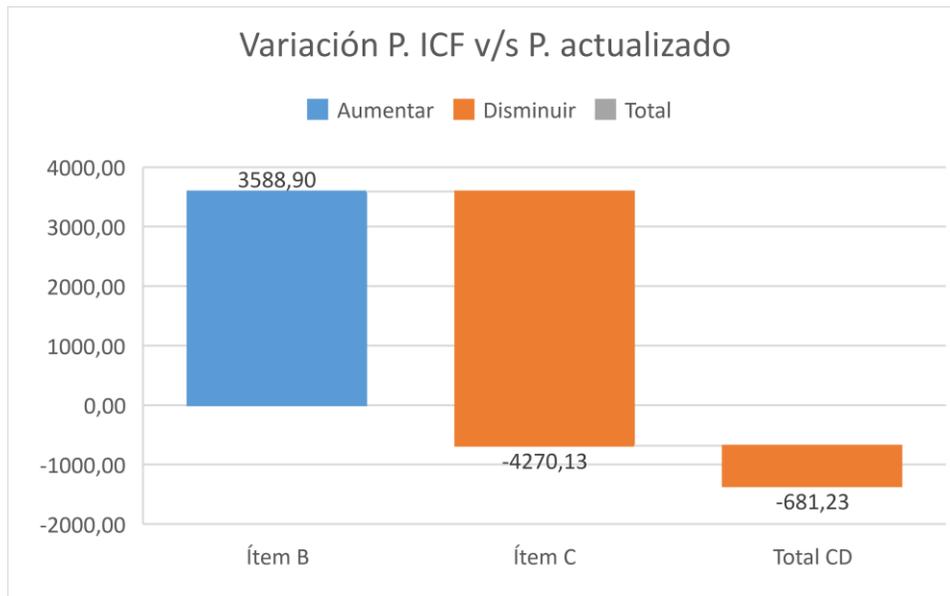


Gráfico 6.1.3. Variación por ítem entre el proyecto ICF y el proyecto actualizado.



Para poder comparar netamente lo que es tabiquería exterior obra gruesa, tabiquería interior obra gruesa y revestimientos de ambos según lo amerite el caso entre el proyecto actualizado y el proyecto con ICF, se realizaron los siguientes cálculos:

Para el valor en UF de albañilería se sumaron las partidas de Hormigón pilares, vigas, cadenas y muros, Enfierradura pilares, vigas y cadenas, Moldajes pilares vigas y cadenas, Ladrillos y Tensores y escalerillas, esto en los 3 pisos, dando un valor de 11759,37 UF. Para el caso de paneles ICF, se sumaron las partidas de Hormigón paneles ICF, enfierradura paneles ICF y paneles ICF, esto en los 3 pisos, dando un valor de 9347,38 UF. Todas estas partidas se encuentran en el ítem B y la diferencia entre tabiquería exterior es que los paneles ICF cuestan 2411,99 UF menos, en la siguiente tabla se comparan estos valores:

Tabla 6.1.2. Valores Tabiquería exterior en ítem B.

	<b>Albañilería</b>	<b>Paneles ICF</b>	<b>Variación</b>
<b>Total UF</b>	11759,37	9347,38	-2411,99
<b>UF/m2</b>	2,24	1,78	-0,46

Para el caso de tabiquería interior se tienen dos situaciones, una donde se compara dentro del ítem B lo que corresponde a paneles metalcon versus paneles COTUX, lo cual no da una comparación real dado que en el ítem de obra gruesa únicamente se tienen los perfiles de acero galvanizado, es por esto que también se hace una comparación entre los paneles COTUX y los paneles de metalcon considerando los perfiles de acero galvanizado del ítem B y las partidas Planchas de yeso cartón, fibrocemento, lana de vidrio y fieltros de todos los pisos, los cuales se encuentran en el ítem C.

Tabla 6.1.3. Valores Tabiquería interior metalcon en ítem B y real, paneles COTUX y variación para cada caso.

	<b>T.M. ítem B</b>	<b>T. M. real</b>	<b>Paneles COTUX</b>	<b>Var. 1</b>	<b>Var. 2</b>
<b>Total UF</b>	739,27	3526,13	6740,17	6000,90	3214,03
<b>UF/m2</b>	0,16	0,76	1,46	1,30	0,70

Tabla 6.1.4. Variación en tabiquerías según obra gruesa del ítem B y según obra gruesa real.

	<b>Tab. Exterior</b>	<b>Tab. Interior</b>	<b>Variación total</b>
<b><i>O.G. Ítem B</i></b>	-2411,99	6000,90	3588,90
<b><i>O. G. real</i></b>	-2411,99	3214,03	802,04

En la tabla anterior, los valores negativos son a favor de los paneles ICF y COTUX y los valores positivos expresan cuanto más caro son en este caso los paneles COTUX.

Para el caso del ítem C, se tiene el caso inicial donde se compara únicamente los valores totales de este ítem del proyecto actualizado con el del proyecto ICF, donde se observa una gran diferencia de 4270,13 UF siendo el ítem C del proyecto ICF más económico. El segundo caso es evaluando solo los valores que corresponden a revestimiento, es decir, dejando de lado las partidas que conforman la tabiquería interior, con lo que quedan las partidas de estucos, cerámica muros baño, pintura baño, pintura albañilería, preparación de superficie y sellante impermeabilizante. Cabe mencionar que para el caso de los paneles ICF no se requiere preparación de superficie ni sellante impermeabilizante, es por esto que en este caso solo se cuentan las partidas de estucos, cerámica muros baño, pintura baño y pintura tabiquería exterior, tampoco se requiere sumar partidas a la obra gruesa de los paneles COTUX, pues estos no requieren nada más para funcionar como tabiquería interior. En este segundo caso la variación es de -1483,27 UF a favor de los paneles COTUX. Finalmente se tiene que independiente de cómo se ordenan las partidas para poder comparar los sistemas constructivos, la variación entre un proyecto y otro es de 681,23 UF en Costo Directo y de 1034,91 UF en el presupuesto total del proyecto.

Tabla 6.1.5. Variación entre proyectos sobre obras de terminaciones según ítem C y las partidas reales.

	<b>P. Actualizado</b>	<b>P. ICF</b>	<b>Variación total</b>
<b><i>O.T. Ítem C</i></b>	6064,41	1794,28	-4270,13
<b><i>O. T. real</i></b>	3277,55	1794,28	-1483,27

Al ordenar las partidas reales de obra gruesa y terminaciones se tienen los siguientes gráficos:

Gráfico 6.1.4. Variación en UF por ítems ordenados entre el proyecto ICF y el actualizado.

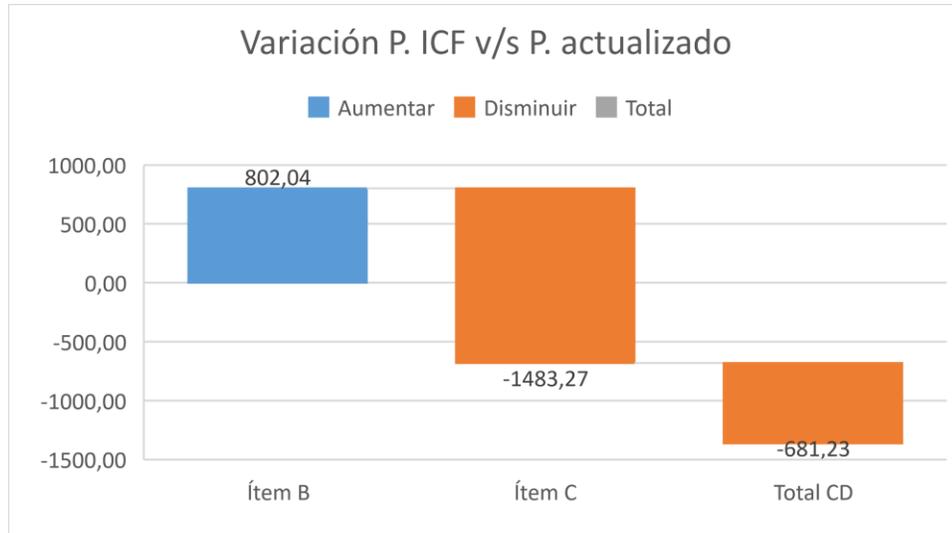
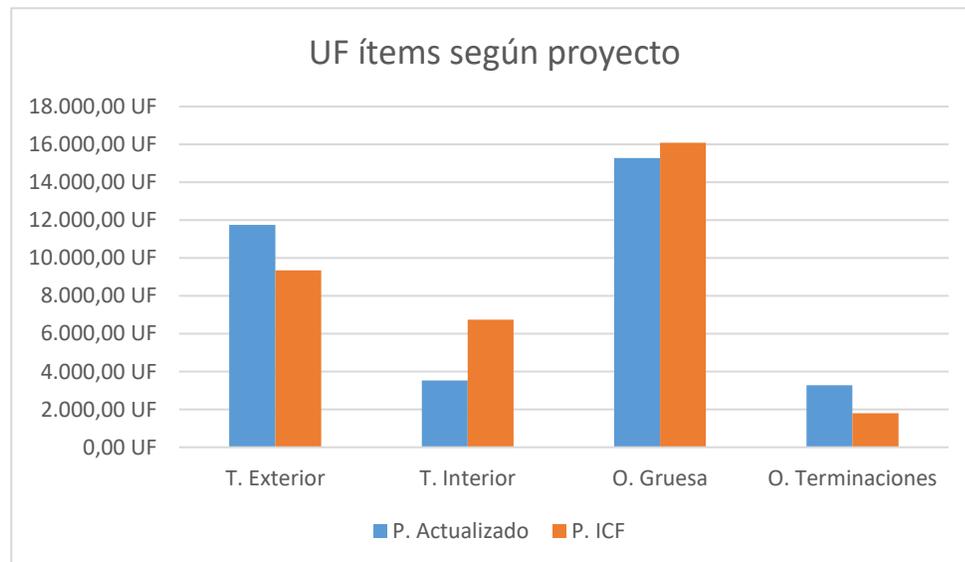


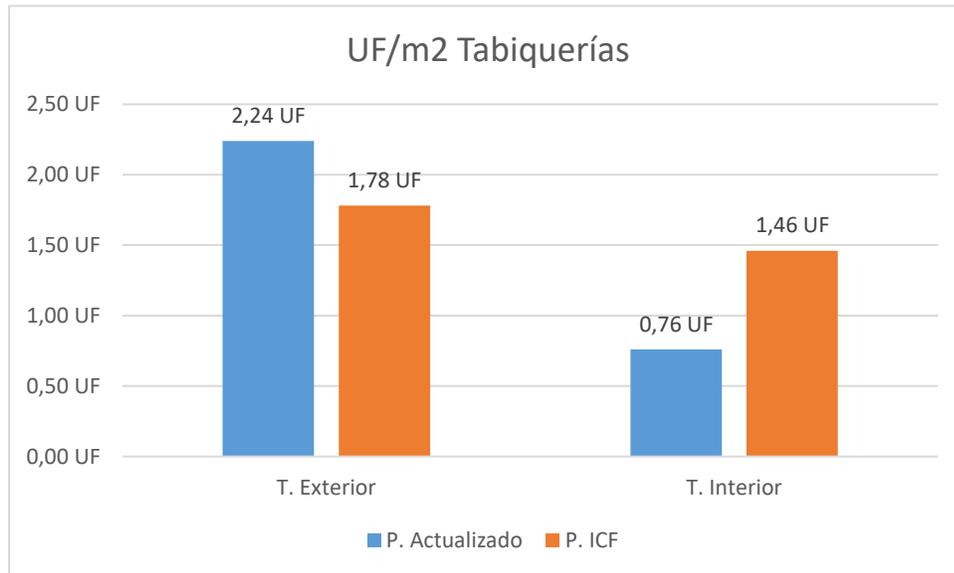
Gráfico 6.1.5. Valores en UF de tabiquería exterior, interior, obra gruesa y terminaciones según proyecto.



Los valores representados en el gráfico como obra gruesa y obras de terminaciones son exclusivamente considerando las partidas correspondientes a tabiquería interior y exterior.

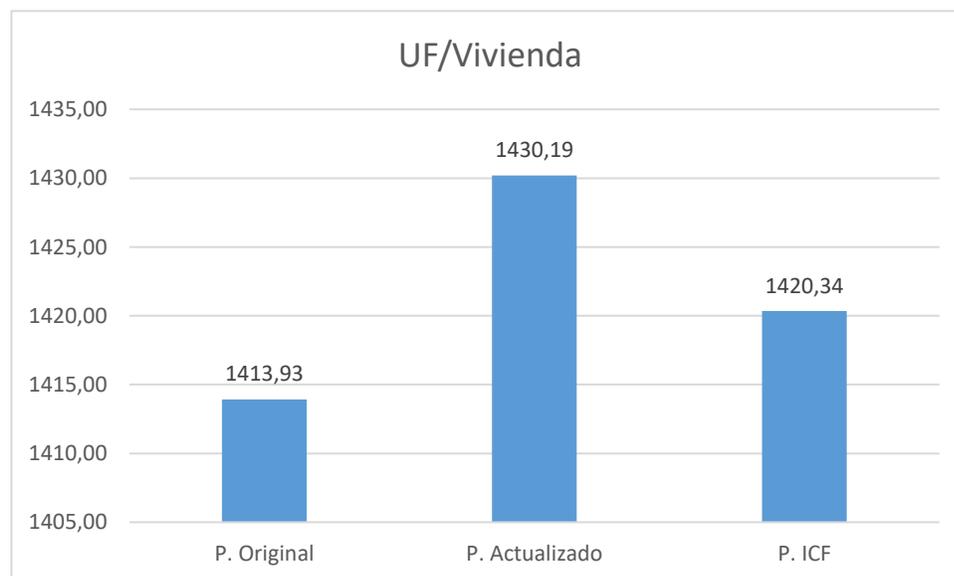
También se pueden representar los valores de UF/m<sup>2</sup> de la tabiquería exterior entre albañilería, como parte del proyecto actualizado, y paneles ICF y en el caso de la tabiquería interior se comparan los valores de UF/m<sup>2</sup> de tabiquería metalcon y paneles COTUX.

Gráfico 6.1.6. Valores en UF/m<sup>2</sup> de tabiquería exterior e interior según proyecto.



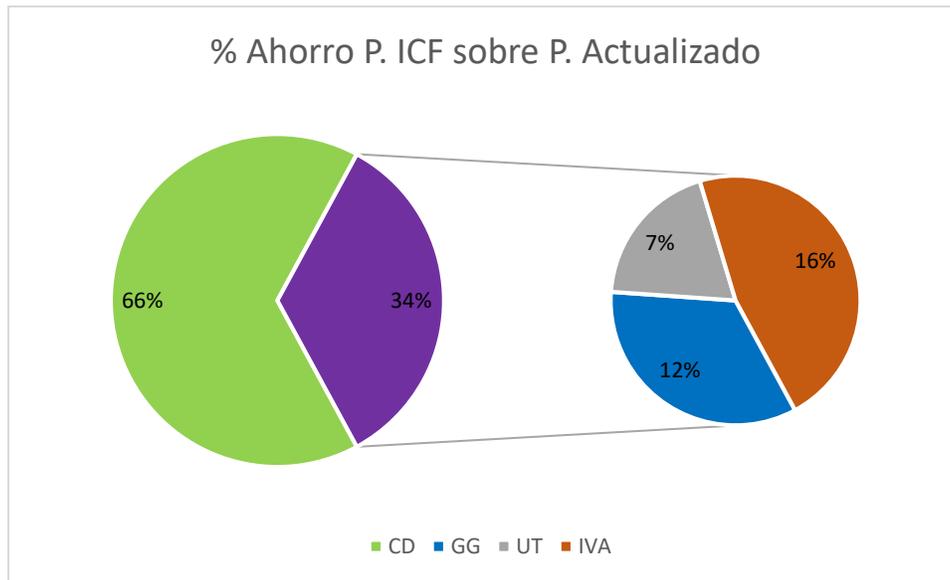
Como además se puede visualizar de mejor forma los valores de los costos en UF por vivienda.

Gráfico 6.1.7. Valores en UF/vivienda total según cada proyecto.



También se busca evidenciar en que porcentaje influye cada ítem que en consecuencia del cambio de muros se genera, es por esto que en el siguiente gráfico se expone porcentualmente el ahorro que hay entre el proyecto actualizado y el correspondiente a proyecto ICF.

Gráfico 6.1.8. Porcentaje de ahorro en cada ítem que varía entre proyecto actualizado y con ICF.



En el gráfico anterior se tiene a la izquierda, el porcentaje de ahorro correspondiente a costos directos y a “otros”, en cuanto a costos directos este representa el 66% del ahorro total producto de las modificaciones de obra gruesa y terminaciones al utilizar paneles ICF y COTUX y “otros” corresponde al 34% del ahorro total. Al lado derecho se encuentran todos los ítems de “otros” que sufren alguna clase de modificación porcentual respecto al costo total del proyecto, es por esto que el porcentaje de utilidades y gastos generales no son los propios de su ítem (dado que estos se calculan sobre el valor de costos directos), ni tampoco el IVA refleja el 19% pues este se considera sobre el valor del subtotal.

Los valores del gráfico anterior se detallan tanto porcentualmente como en UF según cada ítem en la tabla 6.1.6. que se encuentra a continuación:

Tabla 6.1.6. Variación porcentual y en UF del ahorro entre el proyecto ICF y el actualizado.

<b>Ítem</b>	<b>Variación UF</b>	<b>Variación porcentual</b>
<b>CD</b>	681,23	66
<b>Otros:</b>	353,68	34
<b>→ G. Generales</b>	120,32	12
<b>→ Utilidades</b>	68,12	7
<b>→ IVA</b>	165,24	16
<b>Total Presupuesto</b>	1034,91	100

Además, se puede obtener el porcentaje de ahorro en negativo que se genera por ítem tomando como referencia el proyecto actualizado, para esto se evalúan los datos de obra gruesa, obras de terminaciones y presupuesto total, al igual que en el gráfico anterior se evalúan los valores reales de cada ítem no los entregados por el itemizado. Cabe destacar que en obra gruesa se genera 5,2% más de gasto.

Tabla 6.1.7. Variación % y en UF de Ora gruesa, terminaciones y total presupuesto entre Proyecto actualizado e ICF.

	<b>P. Actualizado</b>	<b>P. ICF</b>	<b>Variación UF</b>	<b>Variación %</b>
<b>O. Gruesa</b>	15285,51	16087,54	802,04	5,2
<b>O. Terminaciones</b>	3277,55	1794,28	-1483,27	-45,3
<b>Total Ppto.</b>	150170,36	149135,45	-1034,91	-0,7

El 0,7% de variación del total del presupuesto representa el porcentaje que ahorraría el mandante, en este caso el gobierno, al aceptar esta propuesta por sobre la del proyecto actualizado.

## 6.2. Análisis de los plazos

En el caso del estudio de los plazos se tiene la información correspondiente al proyecto original y al proyecto con paneles ICF, donde se puede hacer un análisis de los plazos para tabiquería interior, para tabiquería exterior y el tiempo total que requieren las empresas constructoras para la ejecución de todos los muros del proyecto. Es por esto que la información se presenta en las siguientes tablas de datos:

Tabla 6.2.1. Valores para obtener el plazo según tabiquería interior o exterior y según proyecto.

	P. Original		P. ICF	
	T. Exterior	T. Interior	T. Exterior	T. Interior
<i>m<sup>2</sup></i>	5255,38	4620,44	5255,38	4620,44
<i>Rendimiento*</i>	25	35	384	480
<i>Plazo (días)</i>	210	132	14	10

\* Corresponde a metros cuadrados por turno (día considerado con 8 horas).

Tabla 6.2.2. Plazo en días para el total de muros según proyecto.

	Muros P. Original	Muros P. ICF
<i>Plazo (días)</i>	342	24

En las tablas anteriores se tiene que el rendimiento de albañilería es 24 m<sup>2</sup> diarios versus el de los paneles ICF de 384 m<sup>2</sup> por día, en el caso de los paneles de metalcon estos son de 35 m<sup>2</sup>/d y los paneles COTUX 480 m<sup>2</sup>/d, es por esto que para los tabiques exteriores en el proyecto original se estima un plazo de 210 días y de 132 días para los tabiques interiores. En el proyecto ICF se estima un plazo de 14 y 10 días respectivamente. Como comparación global se tiene que se requieren 342 días para realizar todos los muros en el proyecto original comenzando con una partida luego que acabe la otra y 24 en el proyecto ICF igualmente para concretar la ejecución de todos los muros.

La información entregada se visualiza de mejor manera mediante gráficas las cuales se presentan a continuación:

Gráfico 6.2.1. Plazos en días para tabiquería exterior e interior según proyecto.

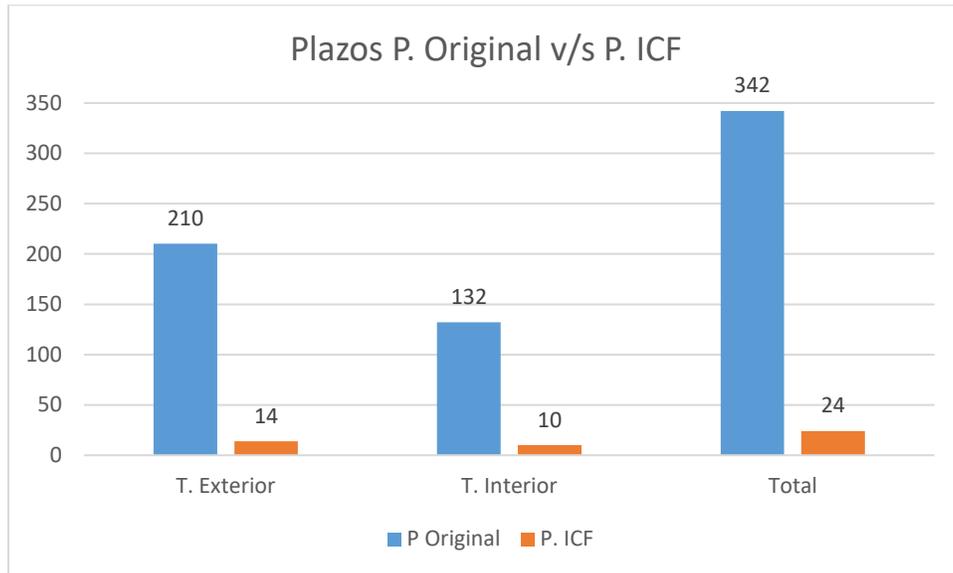


Gráfico 6.2.2. Rendimiento en m<sup>2</sup>/d para cada tabiquería según proyecto.

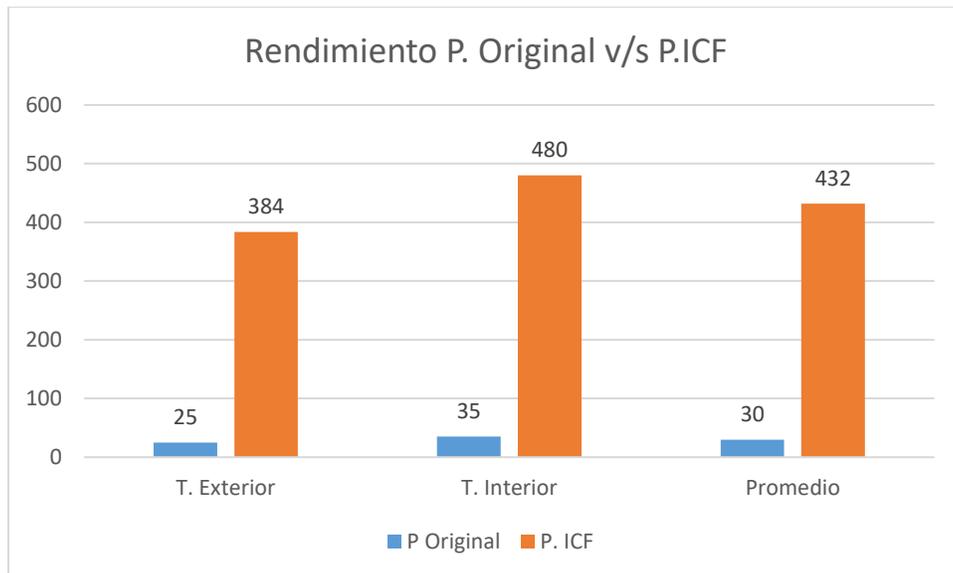
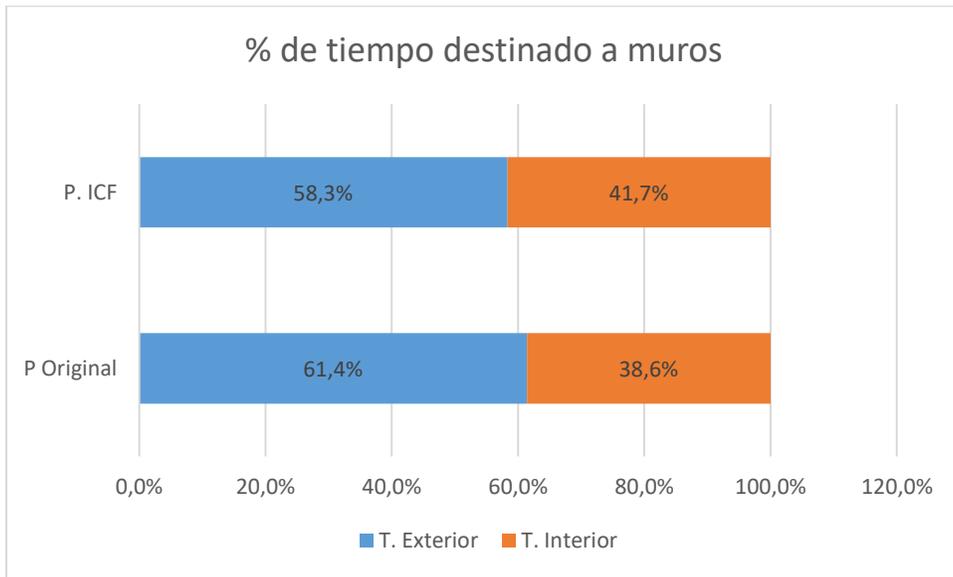


Gráfico 6.2.3. Porcentaje de tiempo que corresponde a cada tabiquería según proyecto.



### 6.3. Análisis costos - plazos

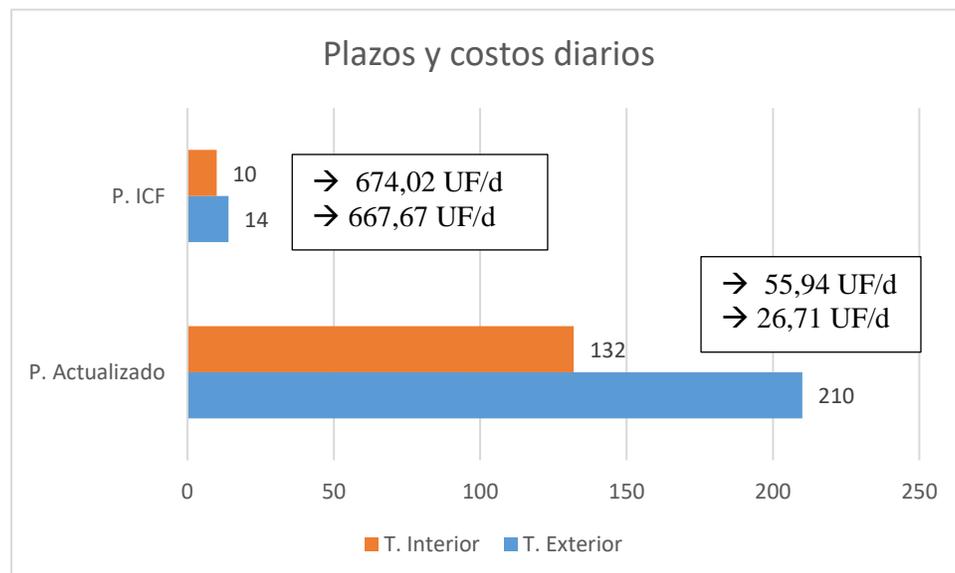
En el caso del estudio de plazos del proyecto, se analizaron los plazos correspondientes a la obra gruesa, considerando todas las partidas que se requieren para la realización de la tabiquería interior y exterior, es por esto que para el análisis de los costos se utilizaron los valores correspondientes a albañilería y tabiquería de metalcon, en este caso, del proyecto actualizado para realizar una comparación más real y por otro lado se consideraron los valores de costos de los paneles ICF junto con el hormigón y enfierradura necesarios para la ejecución completa de la obra gruesa de los muros con paneles ICF y también el costo de los paneles COTUX como tabiquería interior, la información se encuentra en la siguiente tabla y gráfico:

Tabla 6.3.1. Valores para obtener el plazo según tabiquería interior o exterior y según proyecto.

	P. Actualizado		P. ICF	
	Costo UF	Plazo	Costo UF	Plazo
<b>T. Exterior</b>	11759,37	210	9347,38	14
<b>T. Interior</b>	3526,13	132	6740,17	10
<b>Total O. G.*</b>	15285,51	342	16087,54	23

\* Costos y plazos corresponden a O.G. respecto sólo a la tabiquería interior y exterior.

Gráfico 6.3.1. Días según tabiquería y proyecto y costo diario asociado.



## **CAPITULO 7: RESIDUOS DEL PROYECTO**

### **7.1. Residuos del sector de la construcción en Chile**

La ley 20.920/2016, Ley de Fomento al Reciclaje define al residuo como “toda sustancia u objeto que su generador desecha o tiene la intención u obligación de desechar”.

En el año 2010 en Chile se llevó a cabo el “Primer reporte de manejos de residuos sólidos en Chile – CONEMA 2010” desarrollado por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA), en el cual se exponen los principales resultados del proyecto “Levantamiento, Análisis, Generación y Publicación de Información Nacional sobre Residuos Sólidos en Chile”, finalizado en julio de 2010. Siendo esto parte del compromiso de Chile frente a la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) respecto a difundir a la población información respecto al manejo de residuos en Chile.

En este reporte se hace una distinción entre residuos sólidos, estando los residuos sólidos municipales, los cuales son descritos en el reporte como “Residuos generados en los hogares y sus asimilables, como los residuos generados en vías públicas, el comercio, oficinas, edificios e instituciones tales como escuelas, entre otros. Estos residuos son considerados no peligrosos” (CONAMA, 2010); también están los residuos sólidos, que se comprenden como residuos no peligrosos generados por las Industrias y los residuos peligrosos, que comprende elementos que estén entre las categorías de inflamabilidad, corrosividad, reactividad y toxicidad (estos pueden ser elementos de las categorías anteriores).

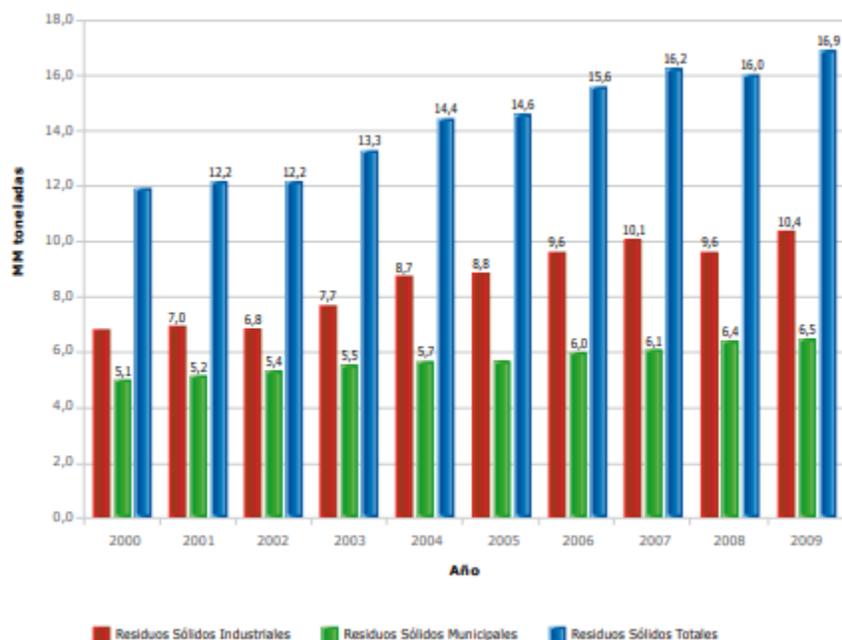
En cuanto a los residuos sólidos se tiene que el 2,4% del total de residuos industriales sólidos corresponden a residuos peligrosos (CONAMA, 2010).

El sector de la construcción se considera dentro del valor de residuos sólidos industriales, es por esto que no se consideran los valores de residuos sólidos municipales para este estudio, ni tampoco los residuos peligrosos dado que es un pequeño porcentaje dentro de los residuos sólidos totales industriales, en donde se consideran otras categorías a parte de la construcción. Las categorías que se

consideran en la clasificación industrial corresponde al sector agrícola y silvícola, sector minero y cantera, sector manufacturero, sector producción de energía, sector distribución y purificación de agua, y sector de la construcción.

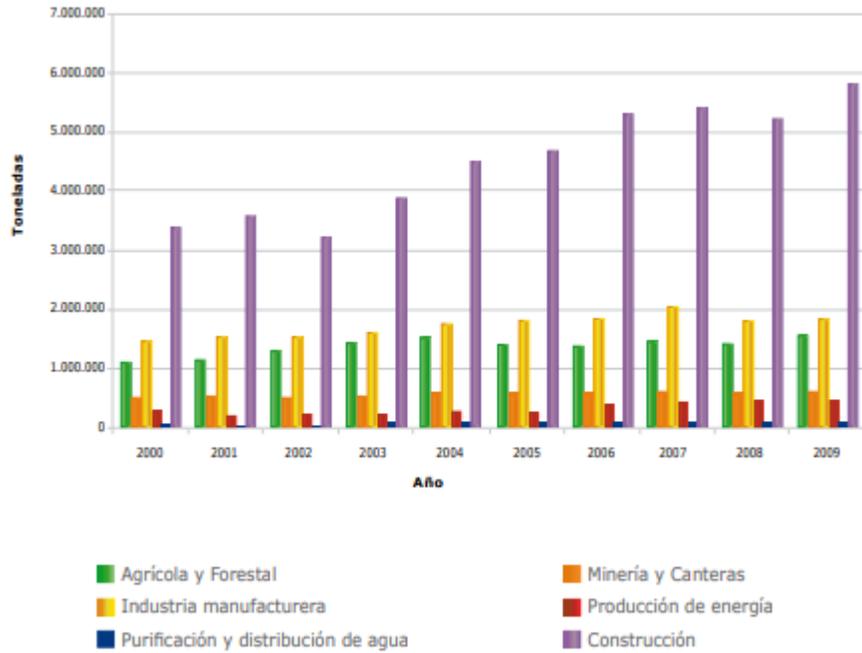
El estudio arrojó que la generación estimada de residuos sólidos del país para el año 2009 fue de 16,9 millones de toneladas las cuales 6,5 millones de toneladas correspondieron a residuos municipales y 10,4 millones a toneladas industriales, siendo el sector de la construcción el mayor generador de residuos, teniendo una variación para el periodo 2000-2009 de 26% a 34% respecto al total de residuos generados por el país. También asevera que estos valores se deben al aumento de la población, al crecimiento en la producción industrial y valores aún incipientes en el reciclaje industrial.

Gráfico 7.1.1. Generación de residuos sólidos en Chile en MM Ton. (CONAMA, 2010)



Además, al realizar una comparación con las demás categorías de Industrias, se tiene que el sector de la construcción en el periodo 2000-2009 tiene un incremento del 72%, pasando de 3,38 a 5,82 toneladas de residuos, lo cual se visualiza en la siguiente gráfica:

Gráfico 7.1.2. Valores en Toneladas de residuos por categoría dentro de residuos sólidos industriales. (CONAMA, 2010)



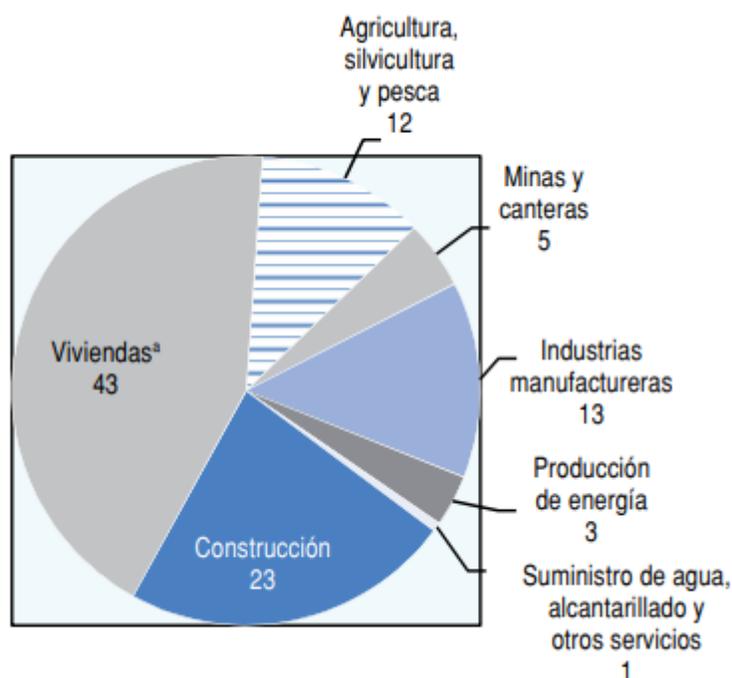
Dentro del ítem de residuos sólidos industriales, los valores porcentuales de cada categoría considerando el análisis con los datos del 2009 corresponden a:

Tabla 7.1.1. Generación de Residuos Sólidos Industriales (RSI) por categoría.

Sector	RSI (Millones de toneladas)	Porcentaje (%)
<i>Agrícola y forestal</i>	1,56	15
<i>Minería y cantera</i>	0,63	6
<i>Industria manufacturera</i>	1,83	18
<i>Producción de energía</i>	0,47	4
<i>Purificación y distribución de agua</i>	0,08	1
<i>Construcción</i>	5,82	56
<b>Total</b>	<b>10,39</b>	<b>100</b>

Además, en el documento de “Evaluaciones del desempeño ambiental Chile 2016” generada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), se realiza un gráfico comparativo de los residuos primarios por sector económico con los datos entregados en el informe antes mencionado de la CONEMA , donde se consideran como residuos primarios a los residuos sólidos industriales los cuales se grafican porcentualmente por categoría y bajo el nombre de “viviendas” los residuos sólidos municipales, teniendo que el sector de la construcción corresponde al 23% de los residuos primarios totales.

Gráfico 7.1.3. Producción porcentual de residuos primarios, por sector económico, 2009.  
(CEPAL & OCDE, 2016)



Como sector de la construcción tenemos los residuos de construcción y demolición, que reciben como denominación Internacional y Latinoamericana las siglas RCD o RC&D, los cuales como dice su nombre corresponden netamente a los residuos provenientes de la ejecución de un proyecto y/o la demolición de una edificación, en Chile son denominados RESCON (Residuos construcción, aunque igualmente incluyen el proceso de demolición). Estos son los que generan mayor impacto en el valor de los residuos de construcción dado que significa una gran cantidad de volumen lo cual genera problemas a la hora de generar espacios autorizados donde se puedan

depositar, además de que estos aceleran el ritmo de colmatación de los vertederos y por otro lado se tiene la heterogeneidad de los residuos, lo cual dificulta un plan de valorización del residuo. En el reporte definen valorización como “Conjunto de acciones asociadas cuyo objetivo es recuperar un producto, uno o varios de los materiales que lo componen y/o el poder calorífico de los mismos” (CONAMA, 2010), es decir, poder reciclar, en forma completa o algún componente que puede ser reutilizado de uno o más elementos devolviéndolos a la cadena productiva y reduciendo la necesidad de materia prima.

El termino residuos de construcción y demolición (RCD) es ampliamente estudiado en Europa, donde se realizan diversos cálculos para estimar un valor real en torno a un proyecto, es por esto que para este estudio se utiliza información proveniente de España para realizar los cálculos del subcapítulo 7.2 y 7.3, considerando los datos establecidos en el Anexo I del decreto 112/2012 sobre “Ratios aplicables a obras nuevas de edificios residenciales”.

En el caso de Chile, desde marzo del presente año, el programa Construye2025 ha comenzado a retomar los temas sobre residuos en la construcción, realizando en conjunto a la Cámara Chilena de la Construcción (CChC) el seminario “Construcción Limpia: impactos y desafíos de la Gestión de Residuos”. Cabe mencionar que estos temas se comenzaron a tratar desde el año 2000 creándose el Consejo Nacional de Producción Limpia por acuerdo N° 2091/2000 del Consejo de la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO) donde se impulsó el “Acuerdo de Producción Limpia (APL)” en el cual participaron en el año 2000, 32 empresas del área de la construcción en la Región Metropolitana (RM) donde se enfocaron en mejorar la gestión de los residuos de la construcción, con un transporte y disposición final controlada, esto por medio de una empresa creada bajo el alero del Comité de Medio Ambiente de la Cámara Chilena de la Construcción y las empresas firmantes del APL, junto con el apoyo de un proyecto de fomento (PROFO) de CORFO, creándose la empresa “Regeneradora de Materiales de la Construcción S.A. (REGEMAC)” con el objetivo de externalizar el servicio de retiro y manejo de escombros.

Luego de evaluar en el año 1997 que sólo el 7% del total estimado de residuos inertes generados era dispuesto en sitios autorizados y el 93% a vertederos ilegales en la Región Metropolitana y que, dentro de estos, el 63% correspondía a residuos provenientes de la construcción (CONAMA, 2010), como también luego de la implementación del Acuerdo de Producción Limpia, los beneficios de este

programa se detallaron en el libro “Diez Años de Producción Limpia en Chile - 2007” (MMA, 2007), donde se menciona que 1.135 obras aplicaron el APL en ese periodo de tiempo, como también hubo una disminución en un 40% los vertederos ilegales en la RM, se recuperaron 2.150 toneladas de metales y se generó la profesionalización de los servicios de manejo de escombros, traduciéndose en 12 empresas de transportes autorizados, 15 sitios autorizados y controlados para la disposición de escombros y 500.000 m<sup>3</sup> de escombros manejados anualmente y eliminados en instalaciones autorizadas. Todo esto con una recuperación de la inversión de 6 años.

En el seminario “Construcción Limpia: Impactos y Desafíos de la Gestión de Residuos” la Subdirectora APL, Ximena Ruz Espejo destacó que en el 72% de los casos registrados el costo por incluir el APL al proyecto de construcción no superó el 1% del total de costo de proyecto, aun así, a la fecha el APL es un convenio voluntario no vinculante, pero si las empresas cumplen con el 100% de los acuerdos del APL, el Consejo Nacional de Producción Limpia certificará el esfuerzo pudiendo la empresa utilizar un sello denominado “Estrella Azul” que lo respalde. Además, a partir del año 2012 los APL están reconocidos como NAMA (Acciones Nacionales de Mitigación Apropriadas) por la ONU (Organización Naciones Unidas), lo que significa que toda reducción de emisiones registrada a través de una APL es reconocida para el cumplimiento de las metas internacionales en cuanto a reducción de emisión de Gases de efecto invernadero.

Cabe mencionar que en cuanto a los valores de cantidad de residuos y valorización de los mismos hay un documento más reciente que el reporte del CONAMA 2010, el cual corresponde al informe del Ministerio de Medio Ambiente (MMA) “Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC)”, reporte 2005-2014. El cual expone los valores de residuos registrados por medio del SINADER y SIDREP, los cuales corresponden a “Sistema Nacional de Declaración de Residuos” y “Sistema de Declaración y Seguimiento de Residuos Peligrosos” respectivamente, en donde por orden de los artículos 26, 27 y 28 del D.S. N°1/2013 MMA, todas las empresas generadoras de residuos de más de 12 toneladas anuales deben registrar obligatoriamente sus residuos por medio de la plataforma correspondiente. Por medio de este reporte se tienen los valores de residuos en toneladas y del porcentaje de valorización del sector de la construcción expuestos en el anexo F.1 y F.2. respectivamente, donde se menciona que el total de residuos para la construcción e inmobiliarias en el año 2014 es de 940.820,17 Ton y el porcentaje de valorización es de 0,09%.

Además, se destaca que el año 2016 se creó la Ley 20.920 la cual busca reducir la generación de residuos, fomentando la reutilización, el reciclaje y la valorización, a través de la instauración de la responsabilidad extendida del productor e y otros instrumentos para la gestión de los residuos.



*Figura 7.1.1. Vertedero empresa REGEMAC.*

## 7.2. Residuos actuales asociados a albañilería

Para poder realizar el cálculo de estimación de residuos actuales de la obra se analizaron dos memorias de cálculos españolas que aplican los datos establecidos en el Anexo I del decreto 112/2012 sobre “Ratios aplicables a obras nuevas de edificios residenciales”, el primer caso corresponde a un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición realizado por la empresa ASMATU para proyecto de ejecución del acondicionamiento del pabellón anexo al polideportivo Majori de Ordizia, Guipúzcoa, País Vasco (España) y el segundo caso corresponde a un proyecto de ejecución de recurso residencial polivalente ubicado en Carretera Bilbao Castrejana n°46, Área de Reparto 827, Zorroza, Bilbao (España).

La estimación de RCD se define a partir del “Ratio aplicable a obra nueva de edificio residencial”, fijado en el decreto 112/2012 el cual corresponde a 0,0841 Tn/m<sup>2</sup>. Este valor es en función de la superficie construida del proyecto, el cual en este caso corresponde a 11.401,70 m<sup>2</sup>, tomando en consideración estos datos, la estimación completa de los residuos de la obra es:

Tabla 7.2.1. Toneladas de residuo total para proyecto.

<b>Superficie total construida (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Ratio aplicable según D. 112/2012 (Tn/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Toneladas de residuo total (Tn)</b>
11.401,70	0,0841	958,88

En el mismo apartado del Anexo 1, se encuentra la tabla-1 que contiene la distribución porcentual de los residuos según material de la construcción, estos valores son estimados para una construcción residencial promedio en España, los datos de la tabla se consideran aplicables en Chile dado a la similitud de los procesos constructivos a base de ladrillos.

A continuación, se observan los datos porcentuales de la tabla, el cálculo en toneladas de cada residuo según porcentaje, la densidad que se le asocia a cada tipo de residuo y finalmente la cantidad de residuos en metros cúbicos.

Tabla 7.2.2. Cantidad de residuos totales por categoría en toneladas y metros cúbicos.

<b>LER</b>		<b>% Peso</b>	<b>Tn</b>	<b>Densidad</b>	<b>V (m<sup>3</sup>)</b>
<b>170504</b>	Tierras y pétreos de la excavación	5,10	48,90	1,25	61,13
<b>170302</b>	Asfalto (Mezclas bituminosas con alquitrán de huella <10%)	1,50	14,38	1,30	18,70
<b>170201</b>	Madera	9,50	91,09	0,60	54,66
<b>170202</b>	Vidrio	0,25	2,40	1,50	3,60
<b>170407</b>	Metales mezclados	5,15	49,38	1,50	74,07
<b>30308</b>	Papel y cartón	2,00	19,18	0,90	17,26
<b>170203</b>	Plásticos	2,75	26,37	0,90	23,73
<b>170802</b>	Materiales de construcción a base de yeso	7,35	70,48	0,90	63,43
<b>170101</b>	Hormigón	23,00	220,54	2,50	551,36
<b>170103</b>	Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	37,60	360,54	1,50	540,81
<b>170904</b>	Otros residuos de construcción y demolición (ej: piedra)	2,50	23,97	1,50	35,96
<b>200301</b>	Basura generada por los operarios	1,00	9,59	0,90	8,63
<b>170903</b>	Otros residuos peligrosos	2,30	22,05	0,50	11,03
		100,00	958,88		1464,36

Los valores porcentuales de cada categoría en una construcción residencial tipo de España se pueden evaluar de mejor manera por medio de un gráfico de barras horizontales, como también se pueden analizar la variación de toneladas según categoría en un gráfico de líneas.

Gráfico 7.2.1. Porcentaje de peso correspondiente a cada categoría.

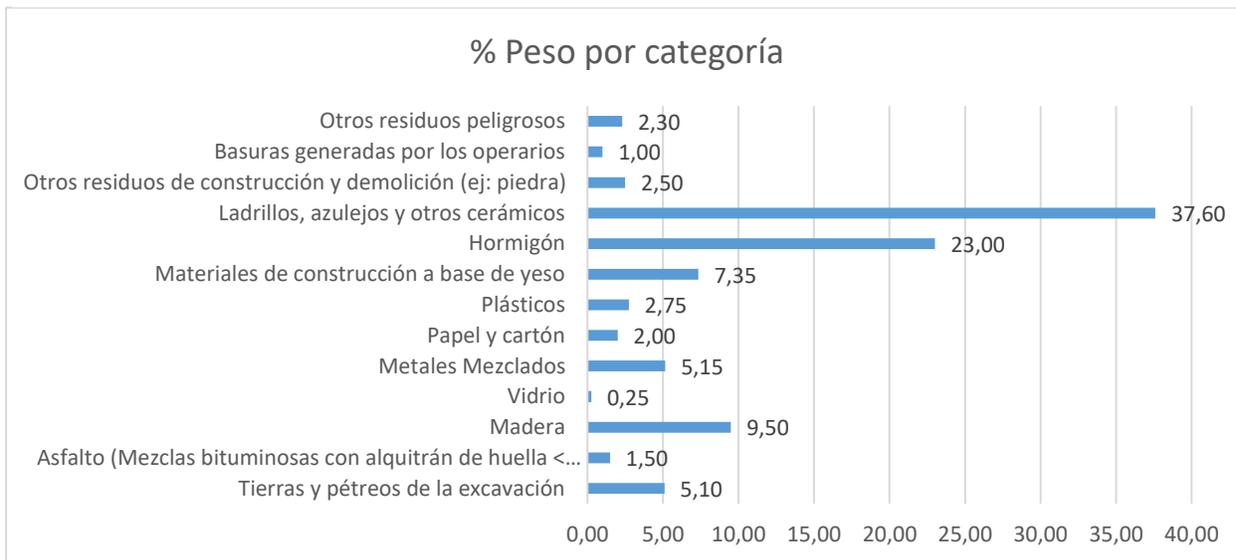


Gráfico 7.2.2. Variación en toneladas según categoría.



### 7.3. Residuos que se generarían con el uso de paneles ICF

Para el caso de construcción con paneles ICF y COTUX, no se puede utilizar los porcentajes descritos anteriormente, dado a que estos son respecto de construcciones de obras nuevas residenciales con método tradicional de albañilería, es por esto que al igual que en la memoria de cálculos del proyecto de ejecución de recurso residencial polivalente ubicado en Carretera Bilbao Castrejana n°46, Área de Reparto 827, Zorroza, Bilbao (España), se realizará un análisis de cada ítems con sus respectivas toneladas calculadas para el método tradicional y se evaluarán que porcentajes de estas toneladas (Tn ICF) se deben considerar para evaluar el proyecto con el nuevo método constructivo mediante paneles ICF y COTUX, en la siguiente tabla se encuentran los valores que se considerarán por ítems en toneladas y los argumentos de estos.

Tabla 7.3.1. Cantidad de toneladas consideradas para el proyecto ICF.

LER		Tn	Tn ICF	Observaciones
<b>170504</b>	Tierras y pétreos de la excavación	48,90	48,90	Se mantiene
<b>170302</b>	Asfalto (Mezclas bituminosas con alquitrán de huella <10%)	14,38	14,38	Se mantiene
<b>170201</b>	Madera	91,09	54,66	60% cubierta, losas
<b>170202</b>	Vidrio	2,40	0,07	30% ventanas
<b>170407</b>	Metales mezclados	49,38	46,42	6% menos (ICF)
<b>30308</b>	Papel y cartón	19,18	0,00	No se consideran
<b>170203</b>	Plásticos	26,37	26,11	1% menos (separadores)
<b>170802</b>	Materiales de construcción a base de yeso	70,48	0,00	No se consideran
<b>170101</b>	Hormigón	220,54	224,95	2% más (ICF)
<b>170103</b>	Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	360,54	0,00	No se consideran
<b>170904</b>	Otros residuos de	23,97	23,73	1% menos

	construcción y demolición (ej: piedra)			(fibrocemento)
<b>200301</b>	Basura generada por los operarios	9,59	9,59	Se mantiene
<b>170903</b>	Otros residuos peligrosos	22,05	22,05	Se mantiene
		958,88	470,87	

\*Los paneles COTUX generan 0% de residuos mientras que en el caso de los paneles ICF los residuos correspondientes a Poliestireno Expandido son considerados de 0% dado que de existir algún sobrante este se devuelve a la empresa COTUX para su reciclaje directo.

Las consideraciones que se utilizaron para los cálculos de toneladas de residuo dependieron únicamente de si esta categoría se veía afectada tanto positiva como negativamente por el cambio de materialidad de albañilería por paneles ICF y de tabiquería interior por COTUX.

1.- Dado que las categorías de Tierras y pétreos de la excavación, asfalto, basura generada por los operarios y otros residuos peligrosos no se ven afectados por el cambio de materialidad de los muros, sus valores aproximados para el total de la obra se mantienen.

2.- En el caso de la madera se considera que contempla los entramados de tabiquería interiores, cubierta y losas por lo que al modificar los paneles interiores por paneles COTUX se estima una disminución del 40% de los residuos. Cabe mencionar que el proyecto actual tiene entramado de metalcon, pero en un comienzo estaba considerado entramado de madera por lo que se utilizaron los ítems y porcentajes en peso de la tabla.

3.- Para vidrio se consideró la eliminación de la lana de vidrio de muros y se dejó un 30% correspondiente al vidrio de las ventanas.

4.- En el caso de metales, por el cambio de muros exteriores, se genera un 6% menos de residuos referentes a la enfierradura.

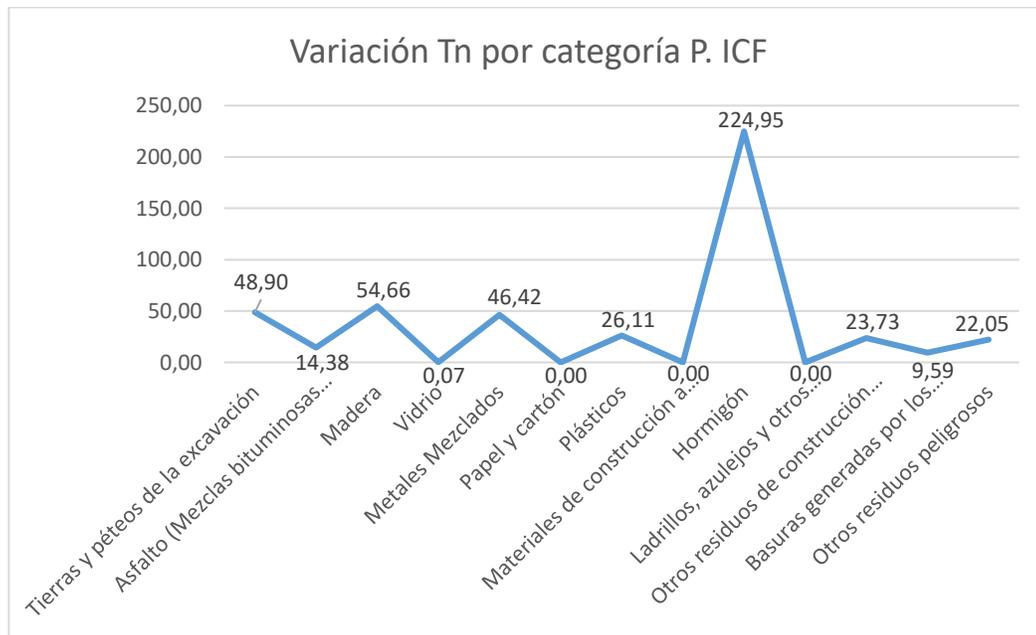
5.- El papel y cartón junto con los materiales de construcción a base de yeso y los ladrillos, azulejos y otros cerámicos no se requieren luego de la modificación de materialidad de los muros tanto interiores como exteriores.

6.- Plásticos disminuye un 1% por la eliminación de la necesidad de los separadores para el caso de muros.

7.- Dado que los muros exteriores al ser de paneles ICF requiere de más hormigón en comparación a un proyecto de albañilería, se aumenta un 2% respecto al total de hormigón del proyecto.

8.- Como otros elementos que se modifican en la cantidad de fibrocemento que se requiere para los muros interiores de baños, por lo que esta categoría disminuye un 1%.

Gráfico 7.3.1. Variación toneladas de residuos por categoría proyecto ICF.



## 7.4. Comparación de residuos en ambos casos

Para poder analizar la variación que hay entre ambos casos resulta más comprensible por medio de gráficos, en los primeros dos gráficos que vienen a continuación se comparan las cantidades de toneladas por categoría según proyecto.

Gráfico 7.4.1. Variación de residuo en toneladas, en naranja P. ICF en azul P. Actual.

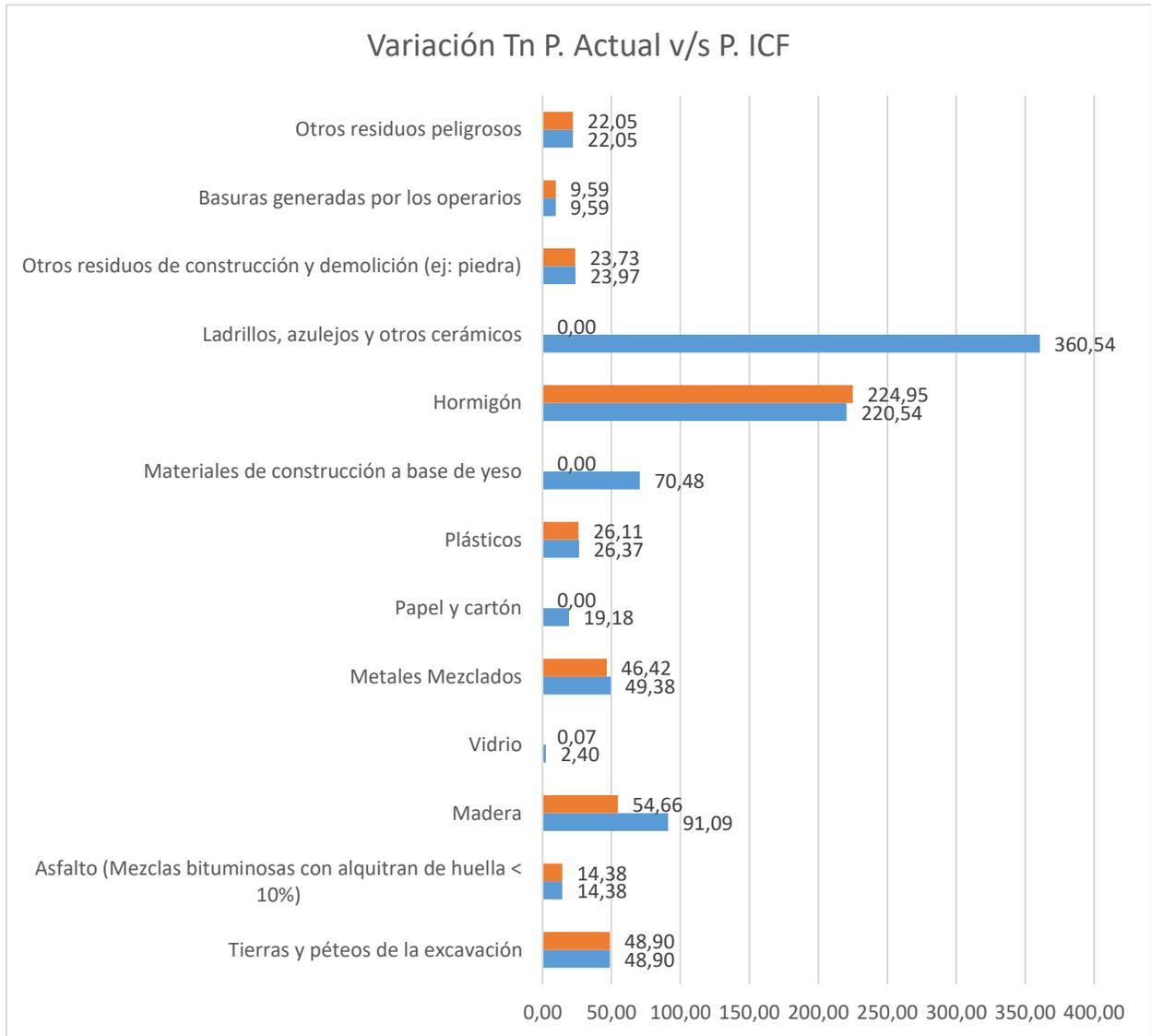
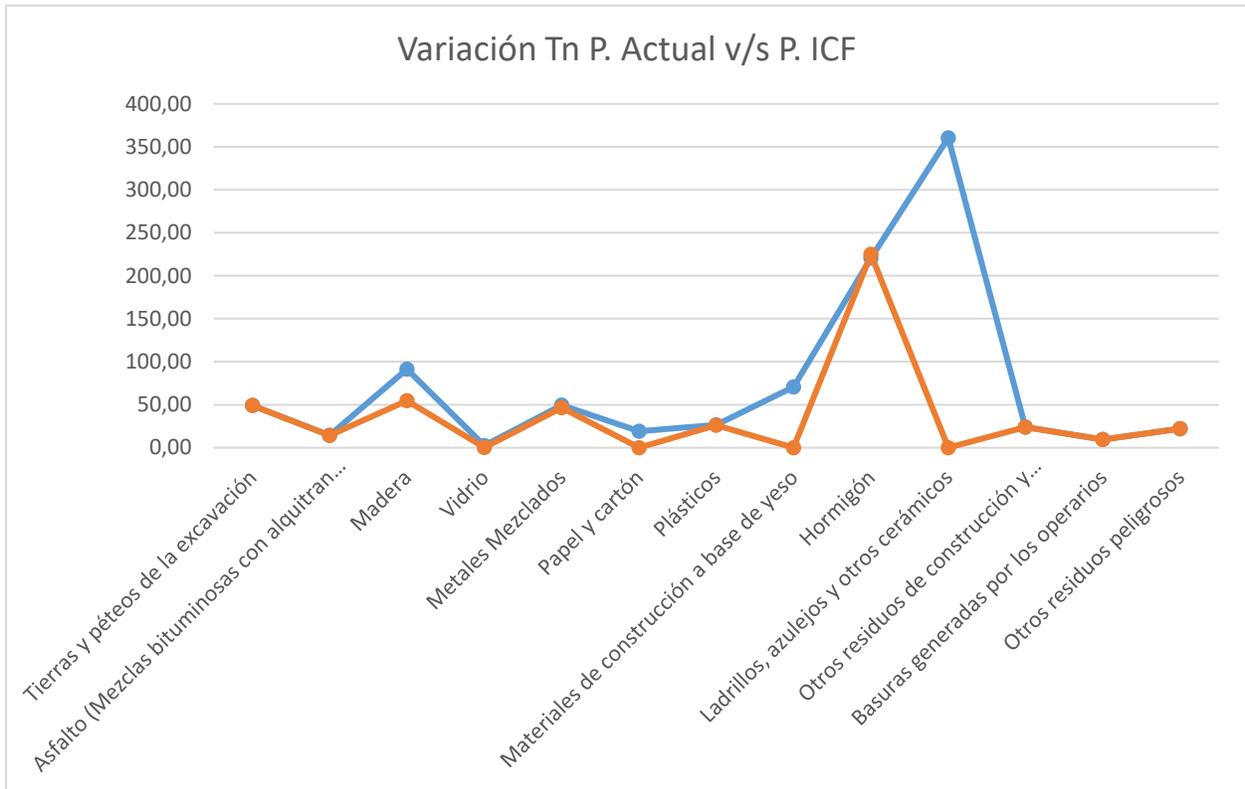


Gráfico 7.4.2. Variación de residuo en toneladas, en naranja P. ICF en azul P. Actual.



Además, se tiene que el total de toneladas de residuos varía de 958,88 Tn en el caso del proyecto actual a 470,87 Tn para el caso del proyecto con ICF, lo cual significa una reducción del 51% de los residuos de la obra considerando únicamente la variación de muros tanto interiores como exteriores por paneles COTUX e ICF respectivamente.

A continuación, se presentan dos gráficos que exponen esta información, en el primer gráfico se encuentran las toneladas de residuos totales según el tipo de proyecto comparando el actual con el proyecto ICF, en el segundo gráfico se observa el porcentaje respecto los residuos actuales que corresponden a reducción de residuos y generación de residuos con el proyecto ICF.

Gráfico 7.4.3. Toneladas totales según proyecto.

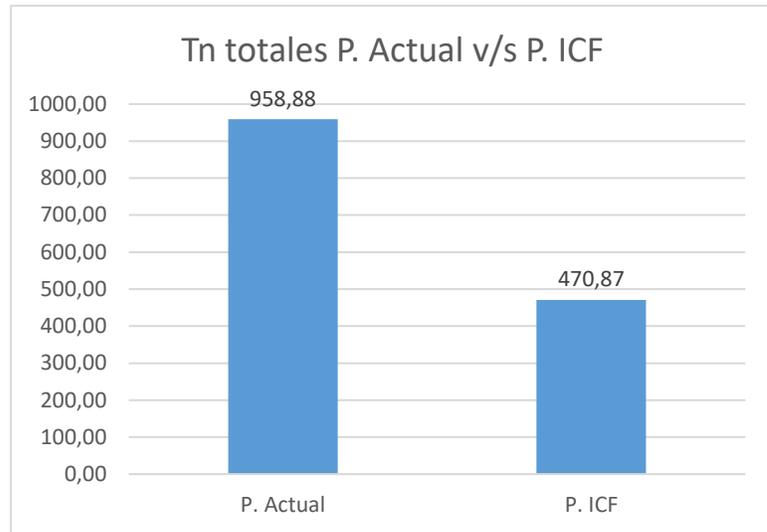
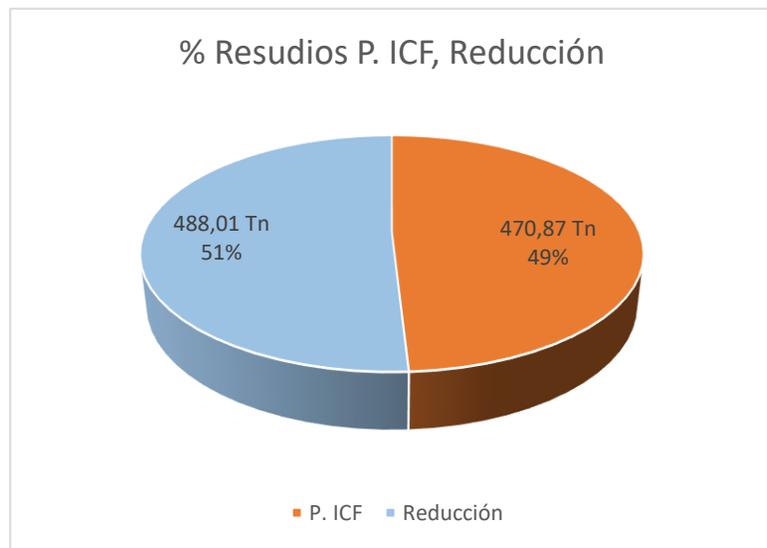


Gráfico 7.4.4. % de residuos que se reducen y que se sigue generando.



Cabe mencionar que, en Chile, este año se generaron una serie de documentos por parte del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, los cuales se encuentran en la página web que recibe el nombre de “Construcción Sustentable”, dentro de la plataforma se encuentra un ítem llamado “Estándares de Construcción con Criterios de Sustentabilidad”, en este ítem se encuentran las sub categorías “Estándares de Construcción Sustentable para Viviendas de Chile” y “Manual de Elementos Urbanos Sustentables”.

La sub categoría de “Estándares de Construcción con Criterios de Sustentabilidad”, contempla seis tomos los cuales son:

- 1.- TOMO I – Salud y Bienestar
- 2.- TOMO II – Energía
- 3.- TOMO III – Agua
- 4.- TOMO IV – Materiales y Residuos
- 5.- TOMO V – Impacto Ambiental
- 6.- TOMO VI – Entorno Inmediato

Estos documentos, como mencionó Paulina Saball Astaburuaga la Ex Ministra de Vivienda y Urbanismo: “...buscan contribuir a la construcción de viviendas y ciudades inclusivas, resilientes y sustentables, potenciando los atributos regionales y favoreciendo, además, el desarrollo productivo local. Junto con ello, este documento establece medidas que apuntan a armonizar la vida urbana y rural, proteger los recursos naturales, mitigar los riesgos ambientales y sociales asociados al crecimiento urbano, y, sobre todo, procurar mayor bienestar y mejor calidad de vida para todas y todos los habitantes de este país”.

Dentro del TOMO IV – Materiales y Residuos, en el sub capítulo “4.2.2 Estrategias para la optimización de materiales desde el diseño” se propone “Fomentar la reducción de residuos y la productividad de la construcción a partir de la optimización en el uso de materiales y recursos, incorporando sistemas prefabricados, aprovechando el pre-dimensionado y entregando soluciones eficientes, sin perjudicar calidad del producto, a través de la implementación de procesos y herramientas de diseño integrado.” Es por esto que para la etapa de diseño se proponen, para dar

cumplimiento al estándar mínimo para construcción, ampliación y alteraciones de viviendas, cuatro estrategias donde se aplique al menos una para cumplir con este estándar mínimo, las que pueden ser:

- a. 20% de elementos de pre-fabricación desde el diseño.
- b. A través de procesos y herramientas de diseño integrado, demostrar un 10% de reducción de residuos de construcción.
- c. 30% de potencial de desmontaje, deconstrucción y flexibilidad. (Para el caso de viviendas transitorias).
- d. Innovación en tecnologías y materiales. (Ej: Impresión en 3D)

Para el caso “b”, primero se debe completar la “Planilla de Trazabilidad 4.2.2 b” que se encuentra en el anexo G.1, donde primero se exige estimar el volumen de residuos de obra teórico, considerándose como línea base de generación promedio de Chile  $0,35 \text{ m}^3/\text{m}^2$  y luego, por medio de la planilla antes mencionada, realizar un listado de los materiales que se utilizarán para el proyecto, colocando la cantidad, unidad de medida y en la última columna el total proyectado que corresponde a volumen total material/ Elemento x partida ( $\text{m}^3$ ), para finalmente comparar si la suma no sobrepasa el 90% del valor estimado de volumen de RESCON y de esta manera dar cumplimiento con el ítem.

Respecto a esta propuesta, cabe mencionar que el valor estimado dice ser proveniente de la empresa Regemac el año 2016, sobre el cual no se logra encontrar la fuente directa y, comparando con los datos establecidos en el Anexo I del decreto 112/2012 sobre “Ratios aplicables a obras nuevas de edificios residenciales” en  $\text{m}^3/\text{m}^2$ , se tiene que este valor casi triplica el valor estimado pasando en el caso de España de  $0,11795 \text{ m}^3/\text{m}^2$  a los  $0,35 \text{ m}^3/\text{m}^2$ , también se tiene que para el cálculo de peso a volumen se hace referencia a utilizar el “Anexo 4.7. del Tomo IV – Materiales y Residuos, el cual se encuentra en el anexo G.2, donde se encuentra un factor de conversión de toneladas a metros cúbicos únicamente de 10 materiales, pero en ningún caso se estima un porcentaje de cómo se distribuirían los residuos para estos ítems los cuales son 3 menos que los expuestos en el Anexo I del decreto 112/2012, es por esto que se considera que aún falta información para llevar a cabo el cálculo con lo propuesto en el documento.

## **CAPITULO 8: AHORRO ENERGÉTICO PRODUCTO DE MEJOR AISLACIÓN TÉRMICA**

### **8.1. Influencia de la construcción en la contaminación ambiental**

Como se señala en el “Informe del Estado del Medio Ambiente – 2016” (IEMA2016) generado por el ministerio del Medio Ambiente, una de temáticas ejes para el Gobierno de Chile es el cambio climático, el cual como se menciona en el documento “... se ha convertido en el mayor desafío que está enfrentando la humanidad. Chile es un país altamente vulnerable a este fenómeno.”, así mismo, el documento presenta como antecedente lo siguiente: “Existe un consenso científico en que el fenómeno del cambio climático es un hecho inequívoco y causado principalmente por la acción del hombre. Así lo señala el 5° Informe de Evaluación del Clima (AR5, 2013/14), del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés): “la influencia humana en el sistema climático es clara y va en aumento, y sus impactos se observan en todos los continentes. Si no se le pone freno, el cambio climático hará que aumente la probabilidad de impactos graves, generalizados e irreversibles en las personas y los ecosistemas. Sin embargo, existen opciones para la adaptación al cambio climático y con actividades de mitigación rigurosas, se puede conseguir que los impactos del cambio climático permanezcan en un nivel controlable, creando un futuro más claro y sostenible (...) Desde la década de 1950, muchos de los cambios observados no han tenido precedentes en los últimos decenios a milenios. La atmósfera y el océano se han calentado, los volúmenes de nieve y hielo han disminuido, el nivel del mar se ha elevado y las concentraciones de gases de efecto invernadero han aumentado” (IPCC, 2014 citado en MMA, 2014a).”

Como se menciona, las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) han aumentado, y estos son considerados los responsables del cambio climático. Los Gases de Efecto Invernadero son gases que se encuentran presentes en forma natural en el planeta, estos permiten que la temperatura del planeta sea lo suficientemente cálida para el desarrollo de la vida, sin embargo, la actividad humana los ha aumentado por lo que se ha producido un proceso de calentamiento.

Además, se menciona que la calidad del aire constituye uno de los temas ambientales que más directamente afecta a la población, donde se considera como peligrosas las concentraciones de

contaminantes como Material Particulado (MP), Ozono (O3), Dióxido de azufre (SO2), Monóxido de Carbono (CO) y Dióxido de Nitrógeno (NO2). Cabe mencionar que los principales GEI son el Vapor de Agua (H2O), Dióxido de Carbono (CO2), Óxido Nitroso (N2O), Metano (CH4) y Ozono (O3).

Es por esto que en el Informe se identifican los tipos de fuentes emisoras y se ejemplifican las actividades a las cuales se atribuye la generación de ciertos contaminantes, lo cual se visualiza en la tabla 8.1.1.:

Tabla 8.1.1. Clasificación de fuentes emisoras (IEMA 2016).

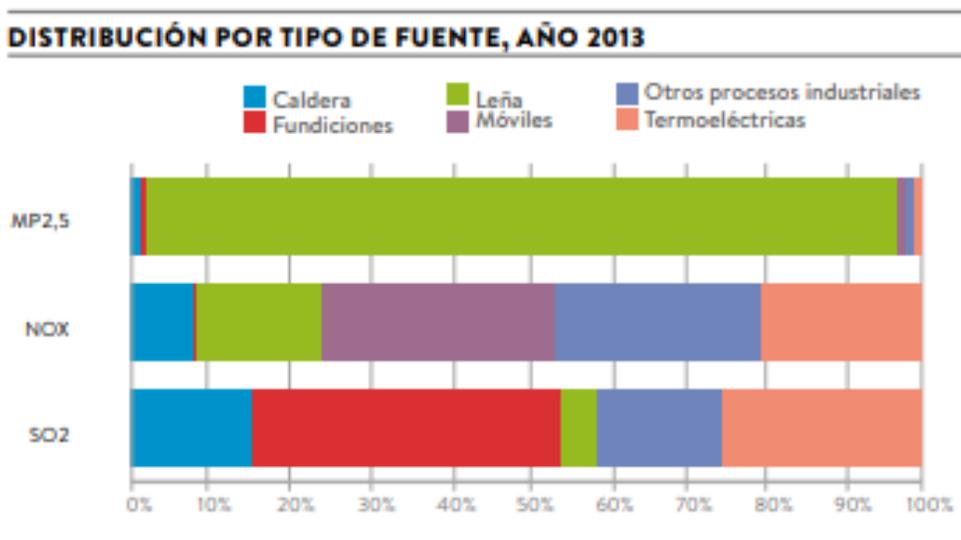
<b>CLASIFICACIÓN DE FUENTES EMISORAS</b>			
<b>TIPO</b>	<b>CONTAMINANTES</b>	<b>SUBTIPO</b>	<b>EJEMPLO DE ACTIVIDADES</b>
<b>Fuentes Fijas (Estacionarias)</b>	MP10, MP2,5 SO <sub>2</sub> , CO, COV y NO <sub>x</sub>	Areales	Calefacción residencial, quemas agrícolas e incendios forestales.
		Puntuales (industria)	Generación eléctrica, procesos industriales como combustión en calderas generadoras de vapor y hornos industriales, y otros procesos industriales como la fundición de cobre.
<b>Fuentes Móviles</b>	MP10, MP2,5 NO <sub>x</sub> , CO, COV, SO <sub>2</sub>	En ruta	Buses, camiones, vehículos particulares, vehículos comerciales, taxis y motocicletas
		Fuera de ruta	Maquinaria de construcción o agrícola, operación de puertos o aeropuertos.
<b>Fuentes Fugitivas</b>	MP10	Naturales	Polvo resuspendido por: Erosión eólica <sup>a</sup> Aerosol marino <sup>b</sup>
		Antropogénicas	Polvo resuspendido por: Construcción de edificios Calles sin pavimentar

Donde la Erosión eólica hace referencia a “Remoción del polvo del suelo por acción natural del viento cuando su velocidad traspasa un valor límite. Este fenómeno se ve favorecido en suelos áridos o semiáridos, donde hay una escasa cubierta vegetal.” Y en cuanto al término “Aerosol marino”, un aerosol es una mezcla de partículas sólidas o líquidas suspendidas en un gas. Un aerosol marino se genera por acción del viento sobre la superficie marina y se caracteriza por tener altas concentraciones de cloruro, sulfato y sodio.

En la tabla anterior se observa que en “Fuentes fijas” se encuentra la calefacción de las viviendas como uno de los principales ejemplos, lo cual está directamente relacionado con el tipo de construcción de las mismas, mientras menos aislación térmica tienen las edificaciones, más es el aporte de contaminantes producto de un aumento de consumo de los sistemas de calefacción, teniendo como dato proveniente del “Informe Estado del Medio Ambiente – 2012” que “El 33% de las emisiones de GEI son generadas por el sector residencial – público – comercial, ligado íntegramente a edificaciones”. En el anexo H se encuentra una tabla que expone la composición química de los contaminantes por localidades de Chile exponiendo porcentualmente los aportes de las principales fuentes responsables de dichas emisiones, donde se observa un claro ejemplo del impacto de la calefacción, teniendo en el caso de Chillan donde el 86% del material particulado MP10 del sector es generado por la combustión residencial versus un 7% proveniente de fuentes móviles (IEMA, 2016).

También se expone en el IEMA – 2016 un gráfico con la distribución por tipo de fuente en el año 2013 para los contaminantes MP2,5, NOX y SO2, siendo la principal fuente emisora de MP2,5 la calefacción residencial:

Gráfico 8.1.1. Distribución porcentual por tipo de fuente (2013). (IEMA, 2016)

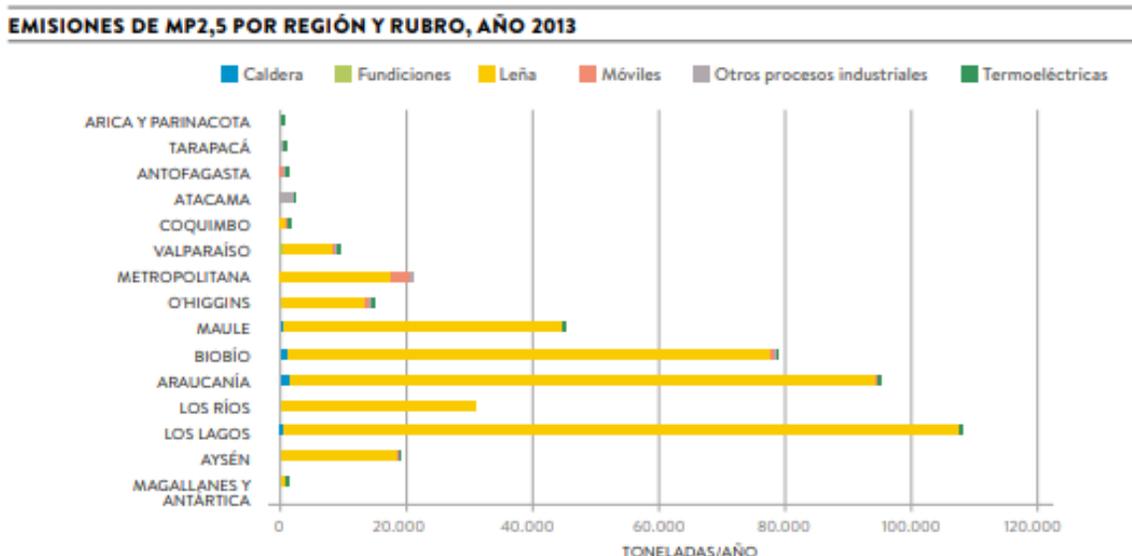


Además, se realizó un análisis por región respecto a estos tres principales contaminantes, dando como resultado que “De acuerdo con este análisis, las fuentes predominantes en el norte del país corresponden a fundiciones de cobre y centrales termoeléctricas, en la zona central las fuentes

industriales, residenciales y móviles, mientras que en la zona sur es la calefacción residencial a leña.”.

En cuanto a la contaminación por leña por región, esto se visualiza en las emisiones de MP2,5 en el siguiente gráfico el cual contiene la información obtenida por medio del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) del año 2013, donde se registraron 436.209 toneladas por año de MP2,5.

Gráfico 8.1.2. Emisiones de MP2,5 por región y rubro (2013). (IEMA, 2016)



Al ser la materialidad de las edificaciones una de las responsables del alto consumo de calefacción, se hace necesario realizar planes de acciones de parte del Gobierno para abordar este tema, es por eso que en el documento “Estrategia Nacional de Construcción Sustentable 2013 – 2020” se establece la elaboración de un “Plan de Acción de Eficiencia Energética (PAEE20)”.

El Plan de Acción es una serie de medidas o programas cuyo objetivo central es aumentar la eficiencia energética nacional, por lo que contempla los siguientes ítems: sector industrial y minero, sector transporte, sector edificación, uso final de artefactos y energética, leña.

En el caso de “Sector edificación”, este incluye los sectores comercial, público y residencial, y el objetivo es disminuir, por un lado, la demanda energética de las edificaciones y por otro el

consumo energético del usuario. Las líneas de acción son las siguientes:

1.- Mejorar la calidad energética de la envolvente y del equipamiento en edificaciones construidas sin estándares de eficiencia energéticas: Reacondicionar edificaciones con el objetivo de mejorar la eficiencia energética en el rendimiento térmico, lumínico, ventilación y hermeticidad de la construcción. En el campo residencial se priorizarán mejoras que contribuyan a la reducción del consumo energético en calefacción, agua caliente sanitaria e iluminación.

2.- Promover la gestión energética eficiente de edificios: Se realizarán modelos de gestión de energía para dar conocimiento a quienes estén encargados de mantener y monitorear los equipos consumidores de energía para ser utilizados de forma eficiente.

3.- Promover el diseño de edificios con alto estándar de eficiencia energética: Se menciona la necesaria revisión y ampliación de los requisitos mínimos exigidos en el “Artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones” para la construcción de edificios nuevos. Además, se puso en marcha un etiquetado energético para vivienda nueva.

4.- Promover la oferta de productos y servicios de construcción con criterios de eficiencia: Formar y capacitar a los actores relevantes en la cadena de la construcción y así, aumentar la oferta de productos y servicios con eficiencia energética.

5.- Promover la eficiencia energética en alumbrado de vías vehiculares y zonas peatonales de áreas urbanas: Se busca cooperar con los municipios en el proceso de recambio de alumbrado público.

El término envolvente térmica hace referencia a la suma de los elementos que delimitan los espacios habitables con el exterior, ya sea con el aire exterior, el terreno u otro edificio adyacente. Actúa como membrana de protección proporcionando control térmico y acústico del exterior. La envolvente térmica está compuesta por los cerramientos horizontales en contacto con el terreno, las cubiertas y las fachadas. Las fachadas se componen de “partes opacas” y “partes transparentes”, los cerramientos opacos hacen referencia a la tabiquería exterior y las partes transparentes a las zonas destinadas a ventilación o iluminación como el caso de las ventanas.

## 8.2. Ahorro energético

Considerando las líneas de acción para el sector de la edificación, es indispensable mejorar la envolvente térmica de los hogares, es por esta razón que los paneles ICF plantean una solución por medio de su composición, dado que consta con el espesor de dos capas de poliestireno expandido de 2,5" de densidad 24 kg/m<sup>3</sup> y un núcleo de 6" de hormigón armado continuo.



Figura 8.2.1. Esquema paneles ICF empresa BuildBlock.

La misma empresa norteamericana BuildBlock explica la razón técnica del comportamiento del muro, exponiendo lo siguiente: “El calentamiento o enfriamiento experimentado durante el día o la noche impide que la temperatura interior influya a través del aislamiento de espuma EPS y del núcleo de concreto. Mientras que la espuma EPS funciona como un aislamiento efectivo, es la inercia térmica del núcleo de concreto lo que agrega la mayor ventaja. El concreto es pesado y denso y resiste el cambio de temperatura. Piense en la noche después de un caluroso día de verano, cuando las aceras y las calles aún están cálidas hasta altas horas de la noche. El hormigón, una vez calentado, se mantiene caliente durante mucho tiempo. Lo opuesto (hormigón frío) también es cierto.

Esta inercia térmica del hormigón ayuda a estabilizar la temperatura de la pared. Combinado con el aislamiento en ambos lados de la pared, evita que los cambios de temperatura exterior o el calentamiento y enfriamiento interior afecten la temperatura de la pared en el otro lado. Al permanecer tan estable, la temperatura interior solo debe estar condicionada para cambiar algunos grados en cualquier dirección, requiriendo muy poca energía.” (Traducido).

Para poder comparar la eficiencia de este sistema de aislación térmica en el caso del proyecto de viviendas sociales que se evalúa en este estudio, se realizarán los cálculos necesarios para evaluar

el ahorro energético de los paneles ICF en comparación al proyecto con muros de albañilería confinada.

Para los cálculos de ahorro energético, se utilizará el valor promedio de las viviendas lo que corresponde a 56 m<sup>2</sup>, además, se requiere estudiar la resistencia, conductancia, resistencia total y transmitancia térmica tanto de albañilería como de los paneles ICF.

1.- Resistencia (R): Se calcula solo para el conjunto de materiales que componen el muro y no se considera la resistencia superficial, dado que es igual para todos los elementos.  $R = \sum e/\lambda$

Para el caso de albañilería con ladrillos hecho a máquina “Santiago Te 11” como es el caso del proyecto inicial, antes de parte del Minvu, se entregaba un valor para la resistencia térmica de ese sistema constructivo y la transmitancia térmica por medio del “Listado oficial de Soluciones Constructivas para acondicionamiento Térmico”, pero en el año 2014 se vencieron los valores para este sistema constructivo, por lo que en este estudio se realizará el cálculo de estas variables.

Es por esto que para el caso de la Resistencia se debe contar con el valor de lambda, el cual corresponde a la conductividad térmica, en la tabla A-1 del anexo A de la Norma Chilena Oficial NCh. 853 of. 07 se encuentran los valores de este según densidad del material, dentro de esta tabla se utilizarán los valores de ladrillos hecho a máquina “Santiago Te 11” y de mortero de cemento para los cálculos de albañilería y los valores de hormigón armado y EPS para los paneles ICF, en el caso del poliestireno expandido se creó una ecuación de la recta con los valores indicados en la tabla del anexo 1 de la Norma Chilena Oficial 853 of. 07 con los valores para poliestireno expandido de densidad 20 kg/m<sup>3</sup> y 30 kg/m<sup>3</sup>, dado que el poliestireno de los paneles ICF son de 24 kg/m<sup>3</sup>. Los valores a utilizar se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 8.2.1. Conductividad térmica de materiales involucrados. Tabla A-1. Anexo 1, Nch 853 of. 07

Material	Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Conductividad T. (W/m x K)
Hormigón Armado	2.400	1,63
Ladrillo Santiago Te 11	1.000	0,46
Mortero de Cemento	2.000	1,40
EPS-20	20	0,0384
EPS-30	30	0,0361
EPS-24	24	0,0375

Para el caso de la resistencia se tiene: Albañilería confinada, espesor de muro es de 0,154 m. Muro ICF: espesor total de EPS 0,127 m. y de 0,154 m. para hormigón armado, por lo tanto, las resistencias por material son las siguientes:

Tabla 8.2.2. Resistencia según material.

Material	Resistencia (m <sup>2</sup> x K/W)
Ladrillo Santiago Te 11	0,33
Mortero de Cemento	0,11
Hormigón Armado	0,09
EPS-24	3,39

2.- Transmitancia Térmica (U): Flujo de calor que pasa por unidad de superficie del elemento y por grado de diferencia de temperaturas entre los dos ambientes separados por dicho elemento. Se expresa en W/(m<sup>2</sup> x K).

Con los valores de las resistencias según material se pueden obtener la transmitancia térmica para cada muro, dado que el muro de albañilería es un elemento heterogéneo simple, se deben calcular las transmitancia térmicas de cada material que lo compone y luego sacar un valor ponderado para la

transmitancia total del muro de albañilería considerando las superficies que corresponden a ladrillo y a mortero por una unidad de ladrillo considerando mortero en una cara de yaga y una de tendel, lo cual se traduce en una superficie de ladrillo de 0,0362 m<sup>2</sup> y de mortero de 0,0067 m<sup>2</sup>. En el caso del muro ICF no se requiere hacer ese procedimiento dado que los paneles EPS y el hormigón quedan de forma continua verticalmente, pero se debe considerar las resistencias térmicas de superficie en (m<sup>2</sup> x K)/W para el caso de flujos horizontales en elementos verticales o con pendientes mayor que 60° respecto a la horizontal donde se tiene que la resistencia superficial interior es de 0,12 (m<sup>2</sup> x K)/W y de 0,05 (m<sup>2</sup> x K)/W como resistencia superficial exterior. Por lo que se tienen los siguientes resultados:

Tabla 8.2.3. Transmitancia térmica de materiales para albañilería.

<b>Materiales</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup> x K)</b>
Ladrillo Santiago Te 11	1,98
Mortero de Cemento	3,57

Tabla 8.2.4. Transmitancia térmica según tipo de muro.

<b>Muro</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup> x K)</b>
Albañilería	2,23
Paneles ICF	0,27

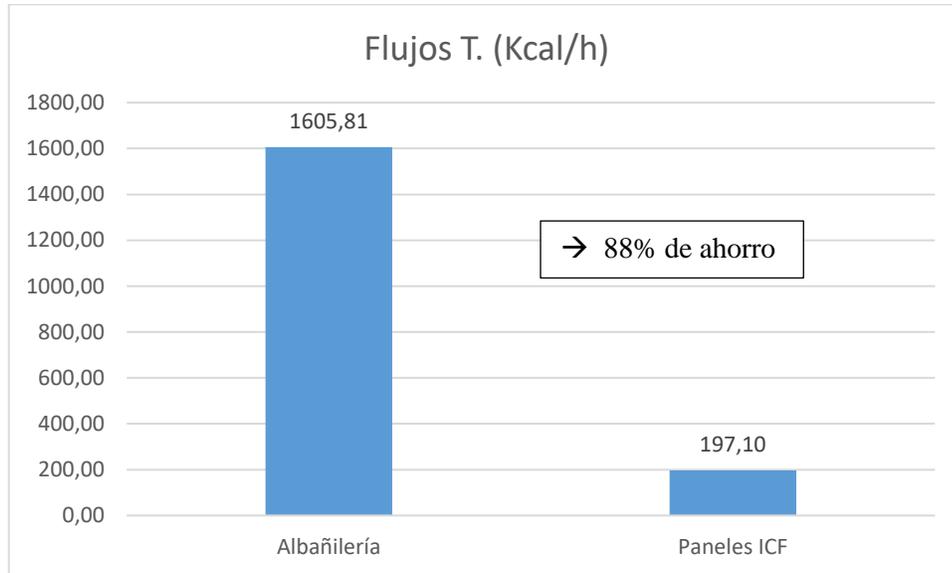
3.- Flujos térmicos: Para el cálculo de los flujos térmicos se consideró una variación de temperatura de 10°C y dado que la vivienda se considera como promedio de 7 x 8 m<sup>2</sup> la superficie total de muros es de 72 m<sup>2</sup>. Este por motivos de comparación se calcula solo para los muros perimetrales de la vivienda.

Tabla 8.2.5. Flujos térmicos según tipo de muro.

<b>Muro</b>	<b>Flujos Térmicos (Kcal/h)</b>
Albañilería	1605,81
Paneles ICF	197,10

Al mejorarse la resistencia se disminuyen los flujos térmicos y las pérdidas de energía, lo que lleva a un ahorro energético ligado al menor consumo de combustibles y sistemas de calefacción, en este caso el ahorro energético al cambiar a paneles ICF es de 1408,71 (Kcal/h), lo que corresponde a un 88% de ahorro. Estos valores se observan en el siguiente gráfico:

Gráfico 8.2.1. Flujos térmicos según tipo de muro.



## CONCLUSIONES

El sistema constructivo mediante paneles ICF es considerado un sistema constructivo no tradicional y corresponde a nueva tecnología para el caso de Chile donde se estima que el ingreso a nuestro país de esta tecnología fue aproximadamente en el año 2004, siendo proveniente de Europa y con una gran popularidad en Estados Unidos, es por esto que se realizó este estudio para incentivar la utilización de este sistema, donde se logró comparar los sistemas constructivos mediante paneles ICF y de albañilería en proyecto de viviendas sociales evaluando las variables costo/plazo, dando resultados alentadores para el incentivo de la utilización de este.

En primera instancia se destaca la diferencia que existe entre los dos tipos de paneles ICF tipo Bloque que existen en la actualidad de manera oficial en Chile, por un lado, se tienen los paneles ICF de la empresa SYNTHÉON y por otro los de la empresa COTUX, cabe mencionar que los paneles de la empresa COTUX están bajo la licencia de la empresa estadounidense BuildBlock

Para poder evaluar el sistema ICF, se realiza el análisis con los paneles ICF tipo bloque de la empresa COTUX por los motivos mencionados en el capítulo 2, que son los siguientes:

- 1.- Los paneles ICF tipo bloques de la empresa COTUX mejoran el sistema de ensamble entre bloques teniendo un acabado aserrado,
- 2.- Mejoran y facilitan la colocación de la armadura dado que se encuentran los separadores plásticos propios de los paneles ICF de COTUX los cuales tienen el espacio exclusivamente para la colocación de la armadura.
- 3.- Comparativamente los paneles ICF de COTUX contienen más m<sup>3</sup> de hormigón en el interior de los bloques que los paneles ICF de SYNTHÉON, lo cual tiene un mejor comportamiento ante sismos (comprobado por la empresa BuildBlock).

Es por lo anterior que el análisis comparativo se realiza con los paneles de esa empresa, además la empresa COTUX busca introducir al mercado un tipo de panel nuevo creado en la planta de la empresa misma, patentado por el gerente general Hugo Guevara, los “paneles COTUX”, los cuales buscan ser una simplificación del sistema de paneles ICF tipo bloques funcionando como paneles prefabricados que solo se deben anclar entre sí para formar los muros de la vivienda, sirviendo estos

como muros interiores y/o exteriores de esta, como también sirviendo de complemento a la tabiquería de paneles ICF.

En este estudio se utilizaron los paneles ICF como tabiquería exterior de la vivienda y a modo complementario, dado que aporta aún más reducción del plazo de ejecución, los paneles COTUX como tabiquería interior.

Para llevar a cabo el estudio, se seleccionó el proyecto “Camino a Nuestro Hogar”, correspondiente a un proyecto de viviendas sociales de “Un Techo para Chile” que comprende 105 viviendas distribuidas en 11 bloques de albañilería confinada de 3 pisos y de tabiquería interior de metalcon, ubicada en Playa Ancha, con lo cual se logró demostrar que este sistema es una alternativa constructiva para viviendas sociales.

Lo anterior se logró, por un lado, evaluando el presupuesto que se requiere para la ejecución de todas las obras del proyecto, donde se comparó el itemizado original entregado por la empresa constructora D&R, los cuales se encuentran a cargo de la ejecución del proyecto, y por otro lado el itemizado que se genera al modificar las partidas ligadas a tabiquería interior y exterior por paneles COTUX e ICF respectivamente.

En primera medida se tiene que dentro del presupuesto para la ejecución del proyecto completo, únicamente se modificaron partidas del ítem B y C relacionadas con tabiquería interior y exterior, correspondientes a Obra Gruesa y Terminaciones, donde en el proyecto original en el ítem B se encuentran las partidas de albañilería (hormigón, enfierradura, ladrillos, escalerillas y tensores) y los entramados de la tabiquería interior la cual pasó de ser entramado de madera en la planilla de costos inicial a entramado de acero galvanizado para muros de volcometal. En cuanto al ítem C este contempla las planchas de yeso cartón, de fibrocemento, el fieltro y la lana de vidrio para la obra gruesa de tabiquería interior, como también las partidas de terminación para tabiquería, el cual corresponde a cerámica y estuco para baños y preparación de superficie más pintura para tabiquería exterior.

Los valores de estos ítems son los valores iniciales, los cuales para el estudio esta información está bajo el nombre de “Proyecto original o proyecto inicial”, pero como el objetivo de esta memoria es poder llevar a cabo una comparación entre el método tradicional de albañilería confinada y el

método no tradicional de paneles ICF, se modificaron ciertos puntos del itemizado de ambos ítems los cuales se detallan a continuación:

1.- Modificación del valor unitario de las partidas de hormigón, dado que el valor original sólo contemplaba la ejecución de esta partida por medio de un puro ayudante y sin considerar maquinaria, solo materia prima de hormigón.

2.- Actualización del valor de albañilería del APU realizados por la misma empresa constructora el cual no estaba actualizado en el itemizado.

3.- Modificación del valor de los entramados de tabiquería de madera por el valor de la cotización real de la empresa constructora de los entramados metálicos para los tabiques de metalcon, los cuales resultaron más económicos que el valor expuesto en el itemizado para entramados de madera.

4.- Para el caso del ITEM C, se realizaron algunos cambios en la cubicación, se consideró yeso cartón para el cierre de la tabiquería interior, en zona seca por ambas caras del muro y en zona húmeda por la cara exterior únicamente. Para el interior de la zona húmeda se considera aproximadamente un 65% de fibrocemento y un 35% de cerámica en los muros.

5.- Modificación de la cubicación de lana de vidrio para el interior de la tabiquería de metalcon pues esta no correspondía.

6.- Actualización de revestimiento de piso, modificando la partida de revestimiento de pisos de linóleo por cerámica para el baño.

7.- Eliminación de la partida repetida de fieltro para tabiquería de zona húmeda que se encontraba repetida, ajustando los valores de estos según la cantidad de tabiquería interior húmeda de cada piso.

8.- Realización de cubicación real de las pinturas, tanto para el esmalte para baños y para las pinturas destinadas a la albañilería junto a la partida de preparación de superficie.

El nuevo itemizado que se generó se reconoce bajo el nombre de “Proyecto Actualizado”. Este itemizado para el ítem B tuvo un aumento de 0,8% y en el caso del ítem C, un aumento de 5,8% respecto al proyecto original.

Para el caso de costos con los paneles ICF como muros exteriores y con paneles COTUX como muros interiores, primero se evaluaron qué partidas del itemizado debían ser modificadas, realizándose los siguientes cambios:

1.- Modificación de las partidas relacionadas a hormigón armado: “hormigón pilares, vigas, cadenas y muros”, “enfierradura pilares, vigas y cadenas” y “moldajes pilares vigas y cadenas” por “hormigón paneles ICF” y “enfierradura paneles ICF”.

2.- En albañilería, eliminación de las partidas de “ladrillo” y “tensores y escalerillas” por “paneles ICF”.

3.- En el caso de perfiles metalcon, esta partida se eliminó y en su lugar se agregó la partida “Paneles COTUX”, esto en el ITEM B para el caso de los muros secos de los tres pisos.

4.- Modificación de entramados metálicos tabiques húmedos de los pisos 1 y 2 correspondiente a los baños, por “Paneles COTUX”.

Luego de esto se realizaron las cubicaciones del hormigón y la enfierradura que se requieren para los paneles ICF y los respectivos APUs de hormigón bombeado H20 (90) 10 12, de enfierradura de acero A630-420H, de paneles ICF y de paneles COTUX.

Al comparar el itemizado original y el actualizado con el proyecto ICF, se logró demostrar la reducción de costos totales del proyecto a analizar al utilizar el sistema constructivo mediante paneles ICF tipo bloques en vez de albañilería. En primera medida se tiene que, comparando con el total del presupuesto original, el proyecto ICF presenta un aumento del 0,5% en cambio, al comparar con el proyecto actualizado este presenta una reducción del 0,7% total del presupuesto lo cual significa una variación de 1430,19 UF a 1420,34 UF por unidad de vivienda.

También se agruparon de forma correcta las partidas correspondientes a obra gruesa de tabiquería interior, sumando a los entramados metálicos, los paneles de yeso cartón, de fibrocemento, la lana de vidrio para tabiquería interior y el fieltro, de esta manera se pudo comparar obra gruesa de paneles COTUX con tabiquería de metalcon, donde se observa prácticamente una duplicación del costo (aumenta un 91,1%). Lo cual para el total de obra gruesa se contrarresta con la disminución que implica la modificación de tabiquería exterior de albañilería por paneles ICF, el cual disminuye un

20,5%. Pero, a pesar de lo anterior, en el total de obra gruesa se aumenta de 15.285,51 UF a 16087,54 UF lo cual corresponde a un aumento de un 5,2%.

La variación de tabiquería exterior pasa de albañilería a ICF de 2,24 UF/m<sup>2</sup> a 1,78 UF/m<sup>2</sup> y en el caso de tabiquería interior, de 0,76 UF/m<sup>2</sup> a 1,46 UF/m<sup>2</sup> donde se observa de mejor manera el aumento de costo de paneles COTUX.

Para el caso de las obras de terminaciones, se consideraron sólo las partidas de revestimiento de muro que en el caso del baño son cerámica y estucos y para albañilería, preparación de superficie y pinturas, donde la modificación para el caso del proyecto ICF es que no requiere preparación de superficie ni tratamiento impermeabilizante, cabe mencionar que en el caso de baños, con los paneles COTUX no se requiere obligatoriamente cubrir las zonas sin cerámica con fibrocemento, pero para efectos de este estudio se considera para dar un mejor acabado en zonas húmedas. Las modificaciones de proyecto, implican un 45,3% de disminución del costo de terminaciones.

Finalmente se tiene que del ahorro total que se genera por obra gruesa y terminaciones corresponde a un 66% del ahorro total y el otro 34% es producto de la disminución de gastos generales, utilidades e IVA como consecuencia de disminuir los costos directos.

En cuanto a los plazos de la obra, se demostró la reducción de plazo del proyecto a analizar al utilizar el sistema constructivo mediante paneles ICF tipo bloques en vez de albañilería, donde la variación del rendimiento es considerable, en el caso de tabiquería exterior se tiene un rendimiento de albañilería de 25 m<sup>2</sup> por día, en cambio, los paneles ICF tienen un rendimiento de 384 m<sup>2</sup> por día. Para el caso de tabiquería interior se tiene una modificación de 35 m<sup>2</sup>/día a 480 m<sup>2</sup>/día.

Lo anterior implica que para tabiquería exterior se requiera en el caso original 210 días, en cambio con paneles ICF solo se requieren 14 días, cabe mencionar que estos plazos son exclusivamente para la ejecución de la obra gruesa de tabiquería exterior. Para tabiquería interior se tiene una modificación de 132 días a 10 días. En ambos casos la disminución es considerable, disminuyendo aproximadamente 15 veces para tabiquería exterior y casi 14 veces para tabiquería interior.

Al analizar el costo diario asociado a cada proyecto por tipo de tabiquería, se tiene que para el proyecto actualizado se tiene 55,94 UF/día para tabiquería exterior y 26,71 UF por día para tabiquería interior, esto versus 667,67 UF diarios para tabiquería exterior en el proyecto ICF y 674,02 UF diarios para tabiquería interior. Lo cual implica un gasto de 10 veces más diarios para el caso de paneles ICF y de 25 veces para tabiquería interior, por lo que al llevar a cabo un proyecto con estas características se hace necesario contar con el presupuesto para estas partidas de manera temprana, pero de todas maneras presenta una disminución en el costo del proyecto y una disminución de los plazos de ejecución.

Por otro lado, con el objetivo de seguir demostrando que este sistema es una alternativa constructiva para viviendas sociales, se presentan dos puntos a evaluar, donde en el capítulo siete se estima el aporte que realiza en la disminución de residuos por proyecto al construir mediante los paneles ICF tipo bloques como contribución al medio ambiente y en el capítulo ocho se estima el ahorro energético en cuanto a calefacción por vivienda al mejorar la aislación térmica, generando beneficios para el medio ambiente al reducir la emanación de material particulado y gases de efecto invernadero producto de los sistemas de calefacción y beneficios para las familias dado que esto implica un mejor gasto en sistemas de calefacción.

El sector de la construcción es uno de los mayores generadores de residuos, teniendo una variación para el periodo 2000-2009 de 26% a 34% respecto al total de residuos generados por el país, es por esto que la disminución de generación de residuos asociados al sistema constructivo es un tema importante para el país, pero aún no hay medidas formales comprobadas para realizar los cálculos correspondientes, es por esto que, para efectos del estudio de la disminución de residuos, se utilizaron los datos establecidos en el Anexo I del decreto 112/2012 sobre “Ratios aplicables a obras nuevas de edificios residenciales” de la ley Española.

En primera medida se calcularon las toneladas totales de residuos asociadas a la cantidad de metros cuadrados construidos utilizando el valor de ratio aplicable a obras nuevas de edificios residenciales, teniendo que el total de residuos es de 958,88 Toneladas. Luego, por medio de una tabla del Anexo I del decreto 112/2012, se calcularon las toneladas con el porcentaje en peso de 13 ítems los cuales corresponden a Tierras y pétreos de la excavación, Asfalto, Madera, Vidrio, Metales mezclados, Papel y cartón, Plásticos, Materiales de construcción a base de yeso, Hormigón, Ladrillos,

azulejos y otros cerámicos, Otros residuos de la construcción y demolición, Basura generada por operarios y Otros residuos peligrosos. Los datos obtenidos son los asociados al proyecto original mediante la construcción a base de albañilería confinada, para el caso del proyecto ICF se evaluó cómo varía cada ítem y se procedió a la estimación de toneladas de cada ítem, las modificaciones tuvieron las siguientes consideraciones:

1.- Dado que las categorías de Tierras y pétreos de la excavación, asfalto, basura generada por los operarios y otros residuos peligrosos no se ven afectados por el cambio de materialidad de los muros, sus valores aproximados para el total de la obra se mantienen.

2.- En el caso de la madera se considera que contempla los entramados de tabiquería interiores, cubierta y losas por lo que al modificar los paneles interiores por paneles COTUX se estima una disminución del 40% de los residuos. Cabe mencionar que el proyecto actual tiene entramado de metalcon, pero en un comienzo estaba considerado entramado de madera por lo que se utilizaron los ítems y porcentajes en peso de la tabla.

3.- Para vidrio se consideró la eliminación de la lana de vidrio de muros y se dejó un 30% correspondiente al vidrio de las ventanas.

4.- En el caso de metales, por el cambio de muros exteriores, se genera un 6% menos de residuos referentes a la enfierradura.

5.- El papel y cartón junto con los materiales de construcción a base de yeso y los ladrillos, azulejos y otros cerámicos no se requieren luego de la modificación de materialidad de los muros tanto interiores como exteriores.

6.- Plásticos disminuye un 1% por la eliminación de la necesidad de los separadores para el caso de muros.

7.- Dado que los muros exteriores al ser de paneles ICF requiere de más hormigón en comparación a un proyecto de albañilería, se aumenta un 2% respecto al total de hormigón del proyecto.

8.- Como otros elementos que se modifican en la cantidad de fibrocemento que se requiere para los muros interiores de baños, por lo que esta categoría disminuye un 1%.

Lo anterior implicó en una variación de 958,88 Toneladas en el proyecto original a 470,87 Toneladas en el proyecto ICF, implicando una reducción del 51%, pero al no considerar las partidas que se mantienen, se tiene una reducción del 56,4% entre los ítems que presentaron modificaciones.

En cuanto al caso de ahorro energético, primero se tiene que hay valores alarmantes donde en el caso de Chile se tiene que el 33% de las emisiones de gases de efecto invernadero son generadas por el sector residencial - público - comercial, ligado íntegramente a edificaciones y también es responsable del 90% del material particulado fino a nivel país, el cual se debe principalmente a sistemas residenciales de calefacción por leña, es por esto que es de suma importancia buscar alternativas, tanto en el sistema constructivo como en la materialidad de las construcciones, para minimizar estos porcentajes, por lo que una de las formas de contribuir a lo mencionado anteriormente es mejorando la aislación de las viviendas, con lo cual además se favorece a las familias al reducir los gastos provenientes de la calefacción.

Es por esto que en Chile se generó un Plan de Acción, el cual es una serie de medidas o programas cuyo objetivo central es aumentar la eficiencia energética nacional, por lo que en el caso de “Sector edificación”, el objetivo es disminuir, por un lado, la demanda energética de las edificaciones y por otro el consumo energético del usuario. Las líneas de acción son las siguientes:

1.- Mejorar la calidad energética de la envolvente y del equipamiento en edificaciones construidas sin estándares de eficiencia energéticas: Reacondicionar edificaciones con el objetivo de mejorar la eficiencia energética en el rendimiento térmico, lumínico, ventilación y hermeticidad de la construcción. En el campo residencial se priorizarán mejoras que contribuyan a la reducción del consumo energético en calefacción, agua caliente sanitaria e iluminación.

2.- Promover la gestión energética eficiente de edificios: Se realizarán modelos de gestión de energía para dar conocimiento a quienes estén encargados de mantener y monitorear los equipos consumidores de energía para ser utilizados de forma eficiente.

3.- Promover el diseño de edificios con alto estándar de eficiencia energética: Se menciona la necesaria revisión y ampliación de los requisitos mínimos exigidos en el “Artículo 4.1.10 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones” para la construcción de edificios nuevos. Además, se puso en marcha un etiquetado energético para vivienda nueva.

4.-Promover la oferta de productos y servicios de construcción con criterios de eficiencia: Formar y capacitar a los actores relevantes en la cadena de la construcción y así, aumentar la oferta de productos y servicios con eficiencia energética.

5.- Promover la eficiencia energética en alumbrado de vías vehiculares y zonas peatonales de áreas urbanas: Se busca cooperar con los municipios en el proceso de recambio de alumbrado público.

Considerando las líneas de acción antes mencionadas para el sector de la edificación, es indispensable mejorar la envolvente térmica de los hogares, por lo que se deben buscar sistemas constructivos que aporten en esta materia, es por esto que los paneles ICF además de los beneficios antes mencionados, plantean una solución al realizar un efecto “sándwich” con dos capas de poliestireno expandido de 2,5” de densidad  $24 \text{ kg/m}^3$  y un núcleo de 6” de hormigón armado continuo (en el caso del estudio).

Para poder comparar efectivamente el ahorro energético que se produce por medio del mejoramiento de aislación térmica, se realizaron los cálculos necesarios para obtener los flujos térmicos de los muros con paneles ICF y de albañilería.

Para los cálculos de ahorro energético, se utilizó el valor promedio de las viviendas lo que corresponde a  $56 \text{ m}^2$  y se tuvo que realizar los cálculos referentes a albañilería con ladrillos Santiago Te 11 para poder comparar con los muros con paneles ICF, dado que los valores entregados por el Minvu para este caso se encuentran caducados desde el año 2014.

Para poder obtener el valor de flujo térmico primero se tuvo que estimar el valor de conductividad térmica del poliestireno expandido de densidad  $24 \text{ kg/m}^3$ , dando  $0,0375 \text{ (W/m} \times \text{K)}$ , luego con los valores de conductividad térmica según materialidad y según los espesores de muro se obtuvieron las resistencias de cada material, como también se obtiene el valor de transmitancia térmica del muro, donde en el caso de albañilería se debe realizar un cálculo ponderando el aporte del ladrillo y del mortero para la transmitancia del muro. Finalmente se obtiene el valor de flujos térmicos de cada caso de muro, obteniéndose como resultado un flujo térmico de  $1605,81 \text{ (Kcal/h)}$  en el caso de la albañilería y de  $197,10 \text{ (Kcal/h)}$  de paneles ICF, lo que se traduce en un ahorro energético al cambiar a paneles ICF de  $1408,71 \text{ (Kcal/h)}$ , lo que corresponde a un 88% de ahorro.

## REFERENCIAS

CONTRERAS, C. y GONZALEZ, D. (2003). INSULFORM: Nuevo sistema de construcción con bloques de poliestireno expandido denso. Memoria para optar al título de Técnico en Construcción. Viña del Mar, UTFSM.

CORTES, C. (2015). Empresa especializada en la construcción de viviendas con bloque aislante para muro ICF. Memoria para optar al título de Ingeniero en Construcción. Viña del Mar, UTFSM.

GALINDO, M. (2010). Estudio de un sistema de bloques huecos de poliestireno para la construcción de viviendas. Memoria para optar al título de Ingeniería Civil. Santiago, Universidad de Chile.

RUIZ, A. y VALENCIA, L. (2016). SISTEMA EXACTA. Memoria para optar al título de Técnico en Construcción. Viña del Mar, UTFSM.

US Department of Housing and Urban Development, Portland Cement Association, and National Association of Home Builders. (1998). Insulating Concrete Forms: Installed Cost and Acoustic Performance. Estados Unidos, NAHB Research Center, Inc. And Upper Marlboro, MD.

VENEGAS, J. (2014). Recomendaciones de diseño y construcción de viviendas mediante sistema de muros ICF tipo SCREEN GRID. Memoria para optar al título de Ingeniería Civil. Santiago, Universidad de Santiago de Chile.

BEDWELL, M.; INOSTROZA, E.; JARA, M. Y WEISSER, E. (2012). Estudio de prefactibilidad viviendas ICF, Valparaíso.

COTUX. 22 Pasos para instalación de paneles ICF. Obtenido de [http://www.cotux.cl/index-3\\_icf\\_videos.html](http://www.cotux.cl/index-3_icf_videos.html)

CONAMA. (2010). Primer reporte sobre manejo de residuos sólidos en Chile.

MMA, MOP, Minvu Y Minenergía. (2013). Estrategia Nacional de Construcción Sustentable.

ESAP. (2015). Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS).

Minvu. (2018). Estándares de construcción sustentable para viviendas de Chile. Tomo II Energía, Tomo IV Materiales y Residuos, Tomo V Impacto Ambiental.

BOE 166. (2001). Anexo I Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición (PNRCD) 2001-2006.

NAMA. (2012). Recognition cap Chile october 2012, United Nations, framework convention on climate change.

Minenergía. (2013). Plan de Acción de Eficiencia Energética 2020.

MMA. (2017). Reporte 2005 – 2014 del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC).

CONSTRUMATICA. Residuos Generados en las Obras de Construcción. Obtenido en [https://www.construmatica.com/construpedia/Residuos\\_Generados\\_en\\_las\\_Obras\\_de\\_Construcci%C3%B3n](https://www.construmatica.com/construpedia/Residuos_Generados_en_las_Obras_de_Construcci%C3%B3n)

BRISA. Residuos RESCON Chile. Obtenido en <http://www.brisa.cl/rescon/>

PRODUCCIÓN LIMPIA. Acuerdo de Producción Limpia, APL. Obtenido de [http://www.produccionlimpia.cl/index.php?option=com\\_content&view=article&id=51&Itemid=235](http://www.produccionlimpia.cl/index.php?option=com_content&view=article&id=51&Itemid=235)

CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA. Qué es la envolvente térmica. Obtenido de <http://certificacio-energetica.com/que-es-la-envolvente-termica/>

ASMATU. (2013). Anejo N°7 – Estudio Gestión de Residuos. Proyecto de ejecución del acondicionamiento del pabellón anexo al polideportivo Majori de Ordizia.

RUZ, X. Subdirectora APL. (2018). Presentación Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático y los Acuerdos de Producción Limpia. Seminario Construcción Limpia: Impactos y desafíos de la gestión de residuos.

CITEC-UBB. (2018). Presentación Caracterización de Residuos de la Construcción: Casos Internacionales y avances Nacionales. Seminario Construcción Limpia: Impactos y desafíos de la gestión de residuos.

MMA. (2013). Decreto I Reglamento del Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes, RETC.

MMA. (2011). Informe del Estado del Medio Ambiente IEMA 2011.

MMA. (2016). Informe del Estado del Medio Ambiente IEMA 2016.

MMA. (2016). Ley 20.920. Marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje.

CORCUERA, P.; HIGUERA, R. Y GUTIÉRREZ, M. (2015). Memoria de Cálculo, Proyecto Ejecución Gestión de Residuos, Recurso Residencial Polivalente, planta baja Carretera Bilbao Castrejana n° 46, Área de Reparto 827. Zorroza, Bilbao.

Ihobe S.A. (2015). Manual para la redacción de estudios de gestión de RCD en obras de edificación, rehabilitación y demolición.

JARAMILLO, C. (2016). Impacto del tipo de aislamiento térmico en los costos de la energía de calefacción de viviendas en zonas extremas. Memoria para optar a título de Constructor Civil. Valparaíso, UTFSM.

SYNTHEON. (2016). Ficha Técnica Bloque aislante para Muro – ICF.

BulidBlock. (2015). Why Choose ICFs. / Residential Brochure. / ICF vs CMU. / Home Design.

BulidBlock. (2016). Specifications. Permanent Forms Insulating Concrete Forms (ICFs).

ICFMA. (2016). Thermal performance of an insulated concrete form Wall system and a 2x6 wood frame Wall system, in accordance with test procedure ASTM c1363-11.

LEIVA, G. (2013). Proyecto FONDEF de Investigación y Desarrollo. Sistemas icf: una solución sismorresistente y funcional para edificaciones de baja y media altura. Código del proyecto: D08I1165.

ESCOBAR, S. (2015) Diseño sísmico y determinación del factor de modificación de la respuesta de edificios con muros icf tipo screen grid. Memoria para optar a título de Ingeniero Civil. Valparaíso, UTFSM.

BAZAEZ, R. (2012). Comportamiento en el plano de muros insulated concrete forms (icf) y aplicación en viviendas residenciales. Memoria para optar a título de Ingeniero Civil. Valparaíso, UTFSM.

MATUS, F. (2010). Diseño basado en el desempeño de edificios de muros ICF. Memoria para optar a título de Ingeniero Civil. Valparaíso, UTFSM.

MOLINA, M. (2015). Diseño de viviendas residenciales utilizando muros insulated concrete forms (ICF). Memoria para optar a título de Ingeniero Civil. Valparaíso, UTFSM.

LÓPEZ, A. (2014). Diseño por desempeño de un edificio de paneles ICF, parte I. Memoria para optar a título de Ingeniero Civil. Valparaíso, UTFSM.

LOYOLA, R. (2015). Diseño por desempeño de un edificio de paneles insulated concrete form (ICF). Memoria para optar a título de Ingeniero Civil. Valparaíso, UTFSM.

## ANEXOS

### ANEXO A: FOTOS VISITA EMPRESA COTUX



Figura A.1. Modelación poliestireno expandido.



Figura A.2. Tubo de reciclaje.



Figura A.3. Corte de poliestireno expandido.



Figura A.4. Máquina de control modeladora.



*Figura A.5. Acopio materia prima.*



*Figura A.6. Perlas de poliestireno.*



*Figura A.7. Expansión de las perlas.*



*Figura A.2. Comprobación de la densidad.*



Figura A.9. Revestimiento paneles COTUX.



Figura A.10. Bloque Poliestireno Expandido.

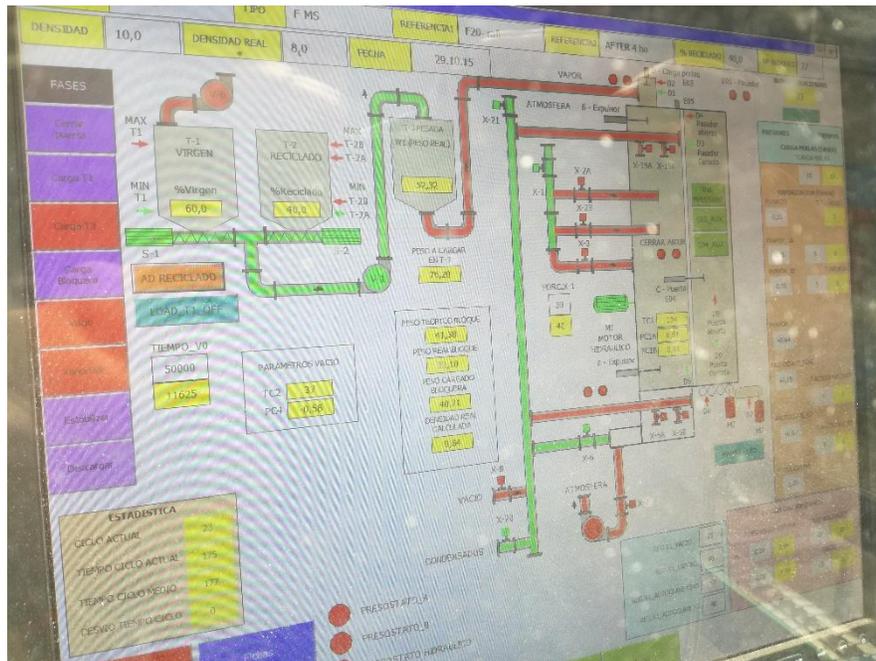


Figura A.11. Software, detalle 40% material reciclado.

## ANEXO B: APU HORMIGÓN

			Cantidad	Precio U.	UF/Unidad
<b>B3</b>	<b>MUROS</b>				
<b>B.3.1</b>	<b>Hormigón Armado</b>				
<b>B.3.1.1</b>	<b>Hormigón paneles ICF</b>	<b>m3</b>			<b>3,659</b>
	Hormigón bombeado H20 (90) 10 12	m3	1,00	1,6000	1,600
	Pérdidas	%	0,02	1,6000	0,032
	Camión bomba	md	0,56	0,3420	0,192
	Sonda vibradora	uni	0,01	6,1900	0,031
	Concretero	HD	0,56	0,8800	0,493
	Vibradorista	HD	0,56	0,9600	0,538
	Ayudante	HD	0,56	0,6200	0,347
	Leyes Sociales	%	0,31	1,3776	0,427

Total: 3,659 UF/m<sup>3</sup>

## ANEXO C: COTIZACIÓN DE LA EP SOBRE TABIQUERÍA

Tabla 4C.1. Cotización tabiquería Metalcon.

TABIQUERIA METALCOM @ 40CM	Nivel 1										
	Descripcion	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4	Tabique 5	Tabique 6	Cant total	\$ Pu	Repeticiones	\$Total
	33x20x05mm x3 ml Perfil tabiques canal	2	2	2	2	2	2	10	1340	35	469.000
	38x38x05mm x2.4 ml Perfil tabiques montante	10	10	8	9	7		44	1430	35	2.202.200
	Clavo disparo SDM	20	20	20	20	10		90	66	35	207.900
	Fulminante Cal 22	20	20	20	20	10		90	22	35	69.300
	Auto perforante 6 x 5/8	40	40	40	40	20		180	4	35	25.200
	Pino calibrado 32x32	2	2	2	2	1		9	990	35	311.850
	Nivel 2										
	Descripcion	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3							
33x20x05mm x3 ml Perfil tabiques canal	4	2	3				9	1340	70	844.200	
38x38x05mm x2.4 ml Perfil tabiques montante	14	5	10				29	1430	70	2.902.900	
Clavo disparo SDM	20	20	20				60	66	70	277.200	
Fulminante Cal 22	20	20	20				60	22	70	92.400	
Auto perforante 6 x 5/8	40	40	40				120	4	70	33.600	
Pino calibrado 32x32	2	2	1				5	990	70	346.500	
Nivel 3											
Descripcion	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4							
33x20x05mm x3 ml Perfil tabiques canal	4	1	2	2			9	1340	70	844.200	
38x38x05mm x2.4 ml Perfil tabiques montante	18	5	8	11			42	1430	70	4.204.200	
Clavo disparo SDM	20	6	14	14			54	66	70	249.480	
Fulminante Cal 22	20	6	14	14			54	22	70	83.160	
Auto perforante 6 x 5/8	50	26	30	36			142	4	70	39.760	
Pino calibrado 32x32	2	1	2	2			7	990	70	485.100	
										<b>13.688.150</b>	

Tabla C.2. Cotización tabiquería de madera.

TABIQUERIA MADERA @ 60CM	Nivel 1										
	Descripcion	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4	Tabique 5	Tabique 6	Cant total	Pu	Repeticiones	\$Total
	pino 2x2 solera impregnado bruto	5	2	3	3	2		15	1350	35	708.750
	Pino 2x2 pie derecho impregnado bruto	10	8	8	6	3		35	1350	35	1.653.750
	Clavo 4"	2	1	1	1	1		6	900	35	189.000
	fierro 8mm anclaje	10	8	8	6	3		35	15	35	18.375
	Papel fieltro en base tabique	15	6	9	9	6		45	12		
	Nivel 2										
	Descripcion	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3							
	pino 2x2 solera impregnado bruto	6	2	2				10	1350	70	945.000
Pino 2x2 pie derecho	10	4	8				22	1350	70	2.079.000	
Clavo 4"	2	1	1				4	900	70	252.000	
fierro 8mm anclaje	10	4	8				22	15	70	23.100	
Papel fieltro en base tabique	18	6	6				30	12	70	25.200	
Nivel 3											
Descripcion	Tabique 1	Tabique 2	Tabique 3	Tabique 4							
pino 2x2 solera impregnado bruto	6	1	3	3			13	1350	70	1.228.500	
Pino 2x2 pie derecho impregnado bruto	12	3	6	6			27	1350	70	2.551.500	
Clavo 4"	2	1	1	1			5	900	70	315.000	
fierro 8mm anclaje	12	3	6	6			27	15	70	28.350	
Papel fieltro en base tabique	18	3	9	9			39	12	70	32.760	
										<b>10.050.285</b>	

## ANEXO D: ÍTEM B Y C PROYECTO ACTUALIZADO

Tabla D.1. Ítem B proyecto actualizado.

ITEM	DESIGNACION	UNIDAD	CANTIDAD	P.UNITARIO	P. TOTAL
<b>B</b>	<b>OBRA GRUESA</b>				
<b>B.1</b>	<b>FUNDACIONES</b>				
B.1.1	Replanteo, trazado y niveles	gl	1,00	199,546 UF	199,55 UF
B.1.2	Excavación	m3	251,26	0,204 UF	51,26 UF
B.1.3	Emplantillado H10 - 80% NC	m3	60,55	2,252 UF	136,33 UF
B.1.4	Hormigón cimientos H25 - 90% nc + 20% BD	m3	172,21	3,659 UF	630,15 UF
B.1.5	Hormigón sobrecimientos	m3	31,76	3,659 UF	116,23 UF
B.1.6	Enfierradura	kg	3.607,40	0,045 UF	164,09 UF
B.1.7	Moldajes madera pino	m2	412,17	0,460 UF	189,60 UF
<b>B2</b>	<b>RADIER</b>				
B.2.1	Base (Cama de ripio) e= 8cm	m2	1.951,32	0,067 UF	130,74 UF
B.2.2	Hormigón radier H25 - 90% n.c. inc. Polietileno 0,2mm	m3	82,73	3,665 UF	303,21 UF
<b>B3</b>	<b>MUROS</b>				
<b>B.3.1</b>	<b>Hormigón Armado</b>				
B.3.1.1	Hormigón pilares Vigas,Cadenas Y Muros	m3	81,10	3,659 UF	296,75 UF
B.3.1.2	Enfierradura pilares,vigas y cadenas	kg	9.629,93	0,045 UF	438,03 UF
B.3.1.3	Moldajes pilares vigas y cadenas	m2	1.318,57	0,460 UF	606,54 UF
<b>B.3.2</b>	<b>Albañilería</b>				0,00 UF
B.3.2.1	Ladrillo	m2	1.895,63	1,133 UF	2.147,80 UF
B.3.2.3	Tensores y escalerillas	kg	14.627,00	0,064 UF	936,13 UF
<b>B.3.3</b>	<b>Perfiles metalcon</b>				0,00 UF
B.3.3.2	Entramado metálico tabiques	m2	829,33	0,160 UF	132,69 UF
<b>B4</b>	<b>LOSAS</b>				
<b>B.4.1</b>	<b>Losa de hormigón armado</b>				
B.4.1.1	Hormigon	m3	108,45	3,659 UF	396,84 UF
B.4.1.2	Enfierradura	kg	12.364,43	0,045 UF	562,41 UF
B.4.1.3	moldajes	m2	770,24	0,700 UF	539,17 UF
<b>B.4.4</b>	<b>Entramados</b>				0,00 UF
B.4.4.1	Madera	m2	1.831,03	0,510 UF	934,50 UF
B.4.4.4	Placa piso	m2	1.921,50	0,511 UF	981,98 UF
<b>B.5</b>	<b>MUROS SEGUNDO PISO</b>				
<b>B.5.1</b>	<b>Hormigón Armado</b>				
B.5.1.1	Hormigón pilares Vigas,Cadenas Y Muros	m3	71,22	3,659 UF	260,61 UF
B.5.1.2	Enfierradura pilares,vigas y cadenas	kg	9.311,91	0,045 UF	423,56 UF
B.5.1.3	Moldajes pilares vigas y cadenas	m2	1.216,46	0,460 UF	559,57 UF
<b>B.5.2</b>	<b>Albañilería</b>				0,00 UF
B.5.2.1	Ladrillo	m2	1.498,10	1,133 UF	1.697,38 UF
B.5.2.3	Tensores y escalerillas	kg	12.102,90	0,064 UF	774,59 UF
<b>B.5.2</b>	<b>Perfiles metalcon</b>				0,00 UF
B.5.2.2	Entramado metálico tabiques	m2	364,18	0,160 UF	58,27 UF
<b>B6</b>	<b>CUBIERTA (inc. Cumbreiras)</b>				
<b>B.6.1</b>	<b>Estructura (inc. Costaneras)</b>				
B.6.1.1	Madera	m2	1.981,56	0,368 UF	728,38 UF
B.6.1.5	Cajón ducto de ventilación	un	35,00	0,551 UF	19,30 UF
<b>B.6.2</b>	<b>Cubierta</b>				
B.6.2.1	Cumbrera acero galvanizado	m2	325,10	0,267 UF	86,86 UF
B.6.2.2	Fibrocemento	m2	1.879,20	0,359 UF	674,17 UF
B.6.2.4	papel fieltro	m2	1.879,20	0,035 UF	65,78 UF

<b>B.6.3</b>	<b>Hojalatería</b>				
B.6.3.1	Canales 70 cm desarrollo 0.5mm	m	867,35	0,472 UF	409,21 UF
B.6.3.2	Bajadas	m	826,35	0,288 UF	238,22 UF
B.6.3.3	Forros Fe galvanizado desarrollo 0.6 mt con cortagotera	m	867,35	0,362 UF	313,87 UF
B.6.3.4	Ducto ventilación fe galv. 3"	un	35,00	0,752 UF	26,34 UF
<b>B. EXTRAS</b>	<b>PARTIDAS DE OBRA GRUESA AGREGADAS POR LA EMPRESA</b>				
B.EX.1	Estabilizado E=24 CM	m2	1.884,32	0,510 UF	961,00 UF
B.EX.2	Gargola PVC Hidraulico	n°	105,00	0,100 UF	10,50 UF
B.EX.3	Plancha metalica en vigas especiales	KG	377,30	0,070 UF	26,41 UF
B.EX.4	Relleno Aislapol (encuentro losa-viga especial)	n°	210,00	0,036 UF	7,56 UF
B.EX.5	Filtro para Piezas de madera en contacto con hormigon	m2	812,81	0,045 UF	36,41 UF
<b>B.EX.6</b>	<b>MUROS 3 PISO</b>				
B.EX.6.1	Hormigón pilares Vigas y Cadenas (Muros 3° piso)	m3	93,02	3,659 UF	340,38 UF
B.EX.6.2	Enfierradura pilares,vigas y cadenas (Muros 3° piso)	kg	9.585,10	0,045 UF	435,99 UF
B.EX.6.3	Moldajes pilares vigas y cadenas (Muros 3° piso)	m2	1.278,19	0,460 UF	587,54 UF
B.EX.6.4	Albañilería (Muros 3° piso)	m2	1.887,48	1,133 UF	2.138,57 UF
B.EX.6.5	Tensores y escalerillas ( Muros 3° piso)	kg	1.814,37	0,064 UF	115,93 UF
B.EX.6.6	Entramado metálico tabiques secos ( 3° piso)	m2	1.981,37	0,160 UF	317,02 UF
<b>B.EX.7</b>	<b>PASARELAS EXTERIORES</b>				
B.EX.7.1	Hormigón losa escala acceso a pasarelas	m3	12,10	3,659 UF	44,28 UF
B.EX.7.2	Hormigón gradas escala acceso pasarelas	m3	7,40	3,659 UF	27,08 UF
B.EX.7.3	Hormigón muro escala acceso pasarelas	m3	11,05	3,659 UF	40,43 UF
B.EX.7.4	Enfierradura losa escala acceso a pasarelas	Kg	2.065,00	0,045 UF	93,93 UF
B.EX.7.5	Enfierradura muro escala acceso pasarelas	Kg	1.365,00	0,045 UF	62,09 UF
B.EX.7.6	Moldaje losa escala acceso pasarelas	m2	80,85	0,701 UF	56,67 UF
B.EX.7.7	Moldaje gradas escala acceso pasarelas	m2	67,05	0,701 UF	47,00 UF
B.EX.7.8	Moldaje muro escala acceso pasarelas	m2	147,00	0,460 UF	67,57 UF
<b>B.EX.8</b>	<b>ENTRAMADO DE TABIQUES</b>				
B.EX.8.1	Entramado metálico tabiques humedos piso 1	m2	586,22	0,160 UF	93,79 UF
B.EX.8.2	Entramado metálico tabiques humedos piso 2	m2	859,36	0,160 UF	137,50 UF
	<b>TOTAL B</b>				<b>21.877,74 UF</b>

Tabla D.2. Ítem C proyecto actualizado.

ITEM	DESIGNACION	UNIDAD	CANTIDAD	P:UNITARIO	P. TOTAL
<b>C.-</b>					
<b>C1</b>	<b>REVESTIMIENTOS MUROS Y TABIQUES</b>				
<b>C.1.1</b>	<b>Exterior</b>				
C.1.1.4	Fibrocemento 6mm frontones	m2	108,60	0,362 UF	39,32 UF
C.1.1.5	Sidding	m2	1.552,00	0,690 UF	1.071,23 UF
C.1.1.7	Cierre de logia	un	105,00	5,463 UF	573,56 UF
<b>C.1.2</b>	<b>Interior zona seca</b>				
C.1.2.2	Yeso cartón 15 mm RF	m2	7072,545	0,26 UF	1.814,14 UF
<b>C.1.3</b>	<b>Interior zona húmeda</b>				
C.1.3.1	Estucos	m2	939,23	0,412 UF	387,25 UF
C.1.3.2	Fibrocemento	m2	1.445,57	0,370 UF	534,74 UF
C.1.3.4	Cerámica muros	m2	506,35	0,299 UF	151,60 UF
<b>C2</b>	<b> AISLACION TERMICA MUROS (INCLUYE BARREAS DE HUMEDAD Y VAPOR)</b>				
C.2.3	Lana de vidrio 50mm 11kg/m3	m2	5.126,80	0,076 UF	387,39 UF
<b>C3</b>	<b>CIELO</b>				
<b>C.3.3</b>	<b>Revestimiento zona seca</b>				
C.3.3.1.1	Yeso cartón RF 12.5 mm	m2	2.006,85	0,243 UF	488,21 UF
C.3.3.1.3	Yeso cartón RF 15 mm	m2	2.006,85	0,243 UF	487,66 UF
<b>C.3.4</b>	<b>Revestimiento zona húmeda</b>				
C.3.4.1	Fibrocemento	m2	196,00	0,370 UF	72,52 UF
<b>C.4</b>	<b>Aislacion térmica cubierta</b>				
C.4.3	Lana de vidrio 120mm 11kg/m3	m2	1.951,60	0,178 UF	347,88 UF
C.4.4	Lana de vidrio 80mm R188	m2	1.951,60	0,156 UF	305,04 UF
C.4.4	Lana de vidrio 50mm R122	m2	306,20	0,087 UF	26,64 UF
<b>C.5</b>	<b>REVESTIMIENTO PISOS</b>				
C.5.2	Cerámica	m2	718,52	0,704 UF	505,83 UF

<b>C.7</b>	<b>ESCALERA INTERIOR</b>				0,00 UF
C.7.1	Escalera (estructura, peldaños, baranda y pasamanos)	n°	70,00	7,567 UF	529,71 UF
<b>C.8</b>	<b>ALEROS Y FRONTONES</b>				0,00 UF
<b>C.8.1</b>	<b>Estructura</b>				0,00 UF
C.8.1.2	Fe. Galvanizado	m2	478,10	0,250 UF	119,53 UF
<b>C.9</b>	<b>PUERTAS Y VENTANAS</b>				
<b>C.9.1</b>	<b>Marcos</b>				
C.9.1.1	Madera	n°	630,00	0,648 UF	408,31 UF
<b>C.9.2</b>	<b>Puertas interiores</b>				
C.9.2.1	Puerta ancho 70	n°	420,00	1,465 UF	615,41 UF
C.9.2.3	Puerta ancho 80	n°			
<b>C.9.3</b>	<b>Puerta exteriores</b>				
C.9.3.1	Puerta ancho 80	n°	105,00	1,615 UF	169,58 UF
<b>C.9.4</b>	<b>Quincallería (incluye chapas, perillas, bisagras y topes)</b>				
C.9.4.1	Puerta principal	n°	105,00	0,5680 UF	59,64 UF
C.9.4.2	Baño	n°	105,00	0,323 UF	33,93 UF
C.9.4.3	Interior	n°	315,00	0,323 UF	101,80 UF
C.9.4.4	Exterior cocina	n°	105,00	0,510 UF	53,55 UF
<b>C.9.5</b>	<b>Ventanas (incluye quincallería)</b>				
C.9.5.1	Aluminio	m2	900,42	1,950 UF	1.755,87 UF
<b>C.9.6</b>	<b>Vidrios</b>	m2	574,85	0,707 UF	406,42 UF
<b>C.9.7</b>	<b>Alfeizar</b>				
C.9.7.2	Hormigón	m	1.123,93	0,734 UF	825,42 UF
<b>C.11</b>	<b>PINTURAS</b>				
C.11.2	Esmalte baño	m2	939,23	0,092 UF	86,49 UF
C.11.4	Barniz puertas	m2	527,35	0,108 UF	56,94 UF
C.11.6	Pintura para albañilería	m2	10.557,70	0,078 UF	821,50 UF
C.11.7	Preparación de superficie	m2	10.557,70	0,044 UF	464,54 UF
C.11.8	Pintura Blockshield tratamiento impermeabilizante de fachadas	m2	10.557,70	0,129 UF	1.366,16 UF
<b>C.12</b>	<b>OBRAS EXTERIORES</b>				
<b>C.12.1</b>	<b>Pavimento de Acceso</b>				
C.12.1.3	Rampa acceso vivienda (incluye baranda doble altura)	n°	70,00	1,300 UF	91,00 UF
<b>C.12.2</b>	<b>Cierros</b>				
C.12.2.1	Reja antejardín alt. 1.80 m.)	m	12,00	2,000 UF	24,00 UF
C.12.2.2	Portón reja (ancho min.2.50m)	n°	4,00	0,849 UF	3,40 UF
C.12.2.3	Puerta reja (ancho min. 0.90m.)	n°	4,00	0,849 UF	3,40 UF
C.12.2.4	Cierro entre propiedades (alt.1.80 m.)	m	560,16	0,861 UF	482,05 UF
<b>C. EXTRAS</b>	<b>PARTIDAS DE OBRAS DE TERMINACION AGREGADAS POR LA EMPRESA</b>				
C.EX.2	Volcanita 8 mm despensa bajo escaleras	m2	483,00	0,191 UF	92,46 UF
C.EX.4	Cierre perimetral tipo pandereta	ml	177,03	0,850 UF	150,48 UF
C.EX.5	Baranda metalica exterior	n°	140,00	1,200 UF	168,00 UF
C.EX.6	Endurecedor superficial de radier (zonas humedas) Solcrom o similar	m2	327,95	0,160 UF	52,47 UF
C.EX.7	Sobrelosa logias 2° piso	m2	272,30	0,200 UF	54,46 UF
C.EX.8	Grada de barco logias	n°	78,75	0,500 UF	39,38 UF
C.EX.9	Fieltro tabiques humedos piso 1	m2	586,22	0,035 UF	20,52 UF
C.EX.10	Fieltro tabiques humedos piso 2	m2	859,36	0,035 UF	30,08 UF
C.EX.11	Rasgo con aditivo impermeabilizante	ml	4.571,56	0,120 UF	548,59 UF
C.EX.12	Perfil Canal cortagotera	ml	1.123,93	0,100 UF	112,39 UF
C.EX.13	Vidrio Catedral 4 mm baños	m2	76,09	0,700 UF	53,26 UF
C.EX.13	Celosias puertas baño y cocina	m2	210,00	0,200 UF	42,00 UF
C.EX.14	Puerta medio cuerpo vidriado	n°	105,00	1,465 UF	153,85 UF
	<b>TOTAL C</b>				<b>17.189,59 UF</b>

**ANEXO E: APU PANELES ICF Y COTUX**

			Cantidad	Precio U.	UF/Unidad
<b>B3</b>	<b>MUROS</b>				
<b>B.3.1</b>	<b>Hormigón Armado</b>				
<b>B.3.1.1</b>	<b>Hormigón paneles ICF</b>	<b>m3</b>			<b>3,659</b>
	Hormigón bombeado H20 (90) 10 12	m3	1,00	1,6000	1,600
	Pérdidas	‰	0,02	1,6000	0,032
	Camión bomba	md	0,56	0,3420	0,192
	Sonda vibradora	uni	0,01	6,1900	0,031
	Concretero	HD	0,56	0,8800	0,493
	Vibradorista	HD	0,56	0,9600	0,538
	Agudante	HD	0,56	0,6200	0,347
	Leyes Sociales	‰	0,31	1,3776	0,427
<b>B.3.1.2</b>	<b>Enfierradura paneles ICF A630 - 420H</b>	<b>kg</b>			<b>0,053</b>
	Acero A630-420H	kg	1,000	0,015	0,015
	Alambre N° 18	kg	0,005	0,050	0,000
	Pérdidas	‰	0,010	0,015	0,000
	Enfierrador	HD	0,020	0,800	0,016
	Agudante	HD	0,020	0,620	0,012
	Leyes Sociales	‰	0,310	0,028	0,009
<b>B.3.2</b>	<b>Paneles ICF</b>	<b>m2</b>			<b>0,995</b>
	Panel ICF	m2	1,000	0,953	0,953
	Pérdidas	‰			
	Maestro tra	HD	0,020	0,990	0,020
	Agudante	HD	0,020	0,620	0,012
	Leyes Sociales	‰	0,310	0,032	0,010
<b>B.3.3</b>	<b>Paneles COTUX</b>	<b>m2</b>			<b>1,459</b>
	Paneles COTUX	m2	1,000	1,424	1,424
	Pérdidas	‰			
	Maestro tra	HD	0,017	0,990	0,016
	Agudante	HD	0,017	0,620	0,010
	Leyes sociales	‰	0,310	0,027	0,008

## ANEXO F: RESIDUOS Y SU VALORIZACIÓN (2014)

Tabla F.1. Composición de generación total según rubro 2014 (MMA, 2015)

Rubro	Residuos Industriales No peligrosos	Residuos Municipales	Lodos de Plantas de Tratamientos de Aguas Servidas	Residuos Peligrosos
Producción de metal	470.719,08	-	40,00	102.505,10
Extracción de minerales	1.054.595,59	-	7.035,96	81.039,69
Industria manufacturera	1.214.654,60	-	-	50.026,21
Gestor de residuos	319.110,65	-	754.487,48	44.440,28
Combustibles	54.831,71	-	-	29.428,89
Otras actividades	1.208.685,66	-	24.108,65	23.205,59
Comercio	583.744,40	-	-	8.360,42
Transporte	8.696,73	-	-	8.006,87
Producción química	7.879,84	-	-	7.137,26
Industria del papel y celulosa	872.411,87	-	-	4.564,58
Generación energética	1.601.459,28	-	-	4.365,28
Industria agropecuaria y Silvicultura	744.535,05	-	-	4.198,45
Suministro de Agua	2.008,56	-	-	4.187,45
Construcción e inmobiliarias	940.820,17	-	-	1.592,02
Pesca	779.946,81	-	-	1.367,18
Producción de alimentos	540.015,74	-	-	751,83
Transmisión y distribución de energía eléctrica	698,32	-	-	452,61
Municipio	-	5.645.743,42	-	2,50

Fuente: SINADER Y SIDREP, 2015.

Tabla F.2. Porcentaje de valoración de residuos Industriales No peligrosos según rubro 2014. (MMA, 2015)

Rubro	Eliminación	Valorización	No determinado	Total general	% Valorización
Industria agropecuaria y Silvicultura	236.580,73	344.206,15	163.748,18	744.535,05	46,23
Destinatario de residuos	191.224,38	107.318,63	20.567,64	319.110,65	33,63
Producción de alimentos	167.611,07	174.088,41	198.316,26	540.015,74	32,24
Producción de metal	47.864,65	151.372,52	271.481,91	470.719,08	32,16
Transporte	5.513,66	2.478,26	704,81	8.696,73	28,5
Pesca	179.051,16	160.838,84	440.056,80	779.946,81	20,62
Producción química	5.017,00	823,63	2.039,22	7.879,84	10,45
Otras actividades	689.241,33	124.281,22	395.163,11	1.208.685,66	10,28
Comercio	274.980,52	54.624,41	254.139,47	583.744,40	9,36
Industria manufacturera	600.246,38	107.828,32	506.579,90	1.214.654,60	8,88
Industria del papel y celulosa	547.491,02	63.146,79	261.774,06	872.411,87	7,24
Generación energética	1.103.164,14	98.042,16	400.252,98	1.601.459,28	6,12%
Extracción de minerales	122.588,92	19.781,73	912.224,94	1.054.595,59	1,88
Combustibles	30.708,93	268,98	23.853,80	54.831,71	0,49
Municipio	4.029.053,04	10.468,41	1.606.221,98	5.645.743,42	0,19

Rubros	Eliminación	Valorización	No determinado	Total general	% Valorización
Transmisión y distribución de energía eléctrica	495,11	0,71	202,50	698,32	0,1
Construcción e inmobiliarias	149.813,93	811,67	790.194,58	940.820,17	0,09
Suministro de Agua	1.744,06	-	264,50	2.008,56	-
<b>Total</b>	<b>8.382.390,05</b>	<b>1.420.380,84</b>	<b>6.247.786,61</b>	<b>16.050.557,50</b>	<b>2,48</b>

Fuente: SINADER, 2015.



## ANEXO H: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS CONTAMINANTES POR LOCALIDAD

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS CONTAMINANTES POR LOCALIDAD			
LOCALIDAD	CONTAMINANTE	FUENTES	COMPOSICIÓN
Tocopilla	MP10	Aerosol marino: 44,7% Fuentes de combustión Externa puntual: 28% Industrias minerales: 19% Erosión eólica: 8%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grandes cantidades de Cl, Na, S, Mg y Br: aportados por aerosol marino</li> <li>• Na, Si, Al, Fe, Ca, K: polvo geológico</li> <li>• Aportes de azufre, V y Ni, Mg, Al, Si, K, Ca, asociados a cenizas volantes-&gt;Centrales térmicas</li> </ul>
	MP2,5	Fuentes de combustión externa puntual: 62% Aerosol marino: 8% Erosión eólica: 4%	• El MP2,5 está compuesto mayoritariamente por sulfatos secundarios.
Calama	MP10	Calles sin pavimentar: 34% Industria de productos minerales: 32% Fuentes móviles: 12% Erosión eólica: 22%	• Se encontraron elementos traza característicos de la actividad de la industria de fundiciones, como K, Cu, Zn, As, V, Ni y Mo.
	MP2,5	Industria de productos minerales: 54% Fuentes móviles: 37% Calles sin pavimentar: 9%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbono elemental (CE) asociado a la combustión de petróleo.</li> <li>• K, Cu, Zn, As, V, Ni y Mo relacionados a la actividad de fundición</li> </ul>
Antofagasta	MP10	Industria de productos minerales: 47% Erosión eólica: 42% Calles sin pavimentar: 10,6%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El principal componente elemental el calcio.</li> <li>• Le siguen elementos como Na, K, Si y S y en menor medida otros elementos tales como Cl, Al, Fe y Cu</li> </ul>
	MP2,5	Industria de productos minerales: 44% Erosión eólica: 50% Calles sin pavimentar: 12%.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El principal componente elemental es el azufre, como ion sulfato.</li> <li>• Como elementos secundarios el Ca y el carbono total, seguidos del ion nitrato, ion cloruro, silicio, hierro y cobre, provenientes del polvo geológico.</li> </ul>
Andacollo	MP10	La principal fuente de emisión es el tránsito de camiones en la industria de productos minerales (70%).	• Los elementos predominantes son: Fe, S, K con porcentajes de 45%, 14%,13%.

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS CONTAMINANTES POR LOCALIDAD			
LOCALIDAD	CONTAMINANTE	FUENTES	COMPOSICIÓN
Concón, Quinteros, Puchuncaví	MP2,5	Destacan las Industrias de productos minerales presentes en la zona (fundición) y fuentes de combustión externa puntual (centrales térmicas). Además, las industrias petroquímicas son una importante fuente de BTEX.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dentro de los componentes elementales, los que fueron mayormente detectados son el CuySe.</li> <li>• Tolueno, etilbenceno y Xileno especialmente en la ciudad de Concón.</li> </ul>
Región Metropolitana	MP2,5	Transporte: 19,5% Sector industrial: 15,3% Uso de leña en sector residencial: 38,5% Maquinaria Fuera de Ruta: 20%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carbono orgánico: 52%</li> <li>• Carbono elemental: 10%</li> <li>• Compuestos inorgánicos: NO<sub>3</sub>(15%), NH<sub>4</sub>(14%), SO<sub>4</sub>(5%), Cl(-4%)</li> </ul>
Rengo, Rancagua, San Fernando	MP2,5	Combustión de biomasa : 66% Aerosoles secundarios 11-20% Calles no pavimentadas: 22-27%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La fracción orgánica es semejante entre los tres sitios: 62% en Rengo y 70% en San Fernando y Rancagua.</li> <li>• Los aerosoles secundarios presentan un aporte de 25%. Las demás fracciones presentan una similitud alta, con esto es CE (4%), NH<sub>4</sub> (3%), NO<sub>3</sub> (7%), SO<sub>4</sub> (4%), y otros elementos (5-6%)</li> </ul>
Talca y Maule	MP10	Combustión residencial leña: 76,7% Fuentes fijas: 14,8 % Quemas agrícolas: 5,3% Fuentes móviles: 2,6%	• Sin información de composición
Chillán	MP10	Combustión residencial: 86% Fuentes móviles: 7% Quemas e incendios forestales: 3,9%	• La materia orgánica, material geológico, nitratos y el carbono elemental representan los principales componentes del MP10
Gran Concepción	MP2,5	Combustión de la leña utilizada para la calefacción domiciliaria Fuentes puntuales (industrias)	• Los aerosoles orgánicos aportan entre un 52 y un 70% al MP2.5. El resto se reparte entre Nitratos (5%), Sulfatos (4%), Cloruros (2%) para el sector urbano
Temuco, Padre las casas	MP2,5	Primarias: quema de leña (30,4%), carbón (5,1%), polvo (2,3%), residuos vegetales (0,7%)  Secundarias: inorgánicos (4,1%), orgánicos (52,8%) Indeterminadas: 3,6 %	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerosol marino: Na y Cl</li> <li>• Polvo: óxidos de Al, Si, Ti, Fe,...</li> <li>• Leña: aporta azúcares (celulosa), ácidos orgánicos (hemi-celulosa) e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)</li> <li>• Fuentes móviles: Hapanos, carbono elemental, HAP</li> </ul>

