



UNIVERSIDAD DE CHILE  
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas  
Departamento de Ingeniería Civil

---

***ANÁLISIS COMPARATIVO DE EDIFICIOS DE MEDIANA  
ALTURA, CONSTRUIDOS CON ESTRUCTURAS DE ACERO  
Y DE HORMIGÓN ARMADO.***

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

**DIEGO ROBERTO VARGAS FLORES**

PROFESOR GUÍA:  
CARLOS AGUILERA GUTIERREZ

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
WILLIAM WRAGG LARCO, PROFESOR CO-GUÍA  
GABRIEL RODRÍGUEZ JAQUE, PROFESOR INTEGRANTE

SANTIAGO DE CHILE

ENERO DE 2007

RESUMEN DE LA MEMORIA  
PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL  
POR: DIEGO VARGAS F.  
FECHA: 15/01/2007  
PROF GUÍA: Sr. CARLOS AGUILERA

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE EDIFICIOS DE MEDIANA ALTURA, CONSTRUIDOS  
CON ESTRUCTURAS DE ACERO Y DE HORMIGÓN ARMADO”**

La mayoría de los edificios habitacionales del país se construyen en hormigón, sin embargo en una memoria realizada en 1999 se concluyó que para un tipo de edificio de viviendas sociales de mediana altura, los costos totales de la solución en acero son menores en valores entre el 2,5 y el 5,6% dependiendo del método constructivo.

Desde esa fecha hasta hoy se han desarrollado nuevas soluciones constructivas y los costos de construcción han cambiado, por lo que resulta interesante volver a comparar la solución clásica de hormigón con la de acero.

En el presente trabajo de título se comparó en términos técnicos y económicos un edificio habitacional de media altura estructurado en acero con el que sería su similar en hormigón armado. Se dan a conocer también las experiencias desarrolladas en edificios habitacionales de acero en el país, sus características, ventajas y desventajas con respecto a los edificios tradicionales de hormigón armado.

Para la realización de esta memoria de título se buscó información de planos de diseño, presupuesto y plazos de construcción de uno de los proyectos de edificios habitacionales de acero que ha realizado Inmobiliaria Artec S.A. Para hacer la comparación se estimaron los plazos y costos de construcción para la alternativa a este edificio, estructurada en hormigón armado

Como principales conclusiones se llega a que en el edificio en acero se tiene un 3,9% más de superficie construida que en la alternativa en hormigón armado debido a las menores dimensiones de sus elementos. La rapidez de construcción en acero es un 23,3% mayor a la de la alternativa y su costo de construcción es un 3,01% mayor, pero se tienen otras ventajas en términos de habitabilidad e impacto ambiental.

## ÍNDICE GENERAL

<b>Capítulo 1:</b>	<b><u>INTRODUCCIÓN</u></b>	<b>7</b>
1.1	Generalidades	7
1.2	Situación del sector de la Construcción en Chile en los últimos años	8
1.3	Objetivos	9
1.4	Metodología	10
1.5	Resultados Esperados	10
<b>Capítulo 2:</b>	<b><u>EXPERIENCIA CHILENA EN VIVIENDAS DE ACERO DE MEDIANA ALTURA</u></b>	<b>11</b>
2.1	Generalidades	11
2.2	Experiencias de Viviendas Privadas	12
2.3	Experiencias de Viviendas Sociales	15
2.4	Comentarios de las Experiencias Sociales	16
	2.4.1 Conjunto Habitacional República de China (1971)	16
	2.4.2 Villa Los Cóndores (1999)	16
	2.4.3 Villa Pulmahue (2001)	17
2.5	Características de edificios de estructura metálica de mediana altura construidos en Chile	18
	2.5.1 Fundaciones	18
	2.5.2 Estructura Metálica	19
	2.5.3 Sistema de Losas	20
	2.5.4 Cierre Exterior	21
	2.5.5 Protección contra el fuego	22
2.6	Evolución de las Soluciones Constructivas	22
	2.6.1 Sistemas de Losas	22
	2.6.2 Cierres Perimetrales	23
	2.6.3 Sistemas de protección contra incendios	24
2.7	Factores que han frenado el desarrollo de la construcción de edificios habitacionales en acero	26

<b>Capítulo 3:</b>	<b><u>ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EDIFICIOS DE ESTRUCTURA METÁLICA Y DE HORMIGÓN ARMADO</u></b>	<b>28</b>
3.1	Generalidades	28
3.2	Análisis comparativo entre edificios estructurados en acero y edificios estructurados en hormigón armado	29
3.2.1	Experiencia nacional y extranjera	29
3.2.2	Diseño estructural	29
3.2.3	Seguridad sísmica	30
3.2.4	Rapidez de construcción	31
3.2.5	Superficie útil	31
3.2.6	Aislamiento acústico y térmico	32
3.2.7	Seguridad antiincendio	34
3.2.8	Corrosión y protección superficial	35
3.2.9	Aceptabilidad del usuario	35
3.2.10	Mantenimiento	36
3.2.11	Adaptabilidad a mejoras y cambios	36
3.2.12	Impacto ambiental de la construcción	37
<b>Capítulo 4:</b>	<b><u>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE ESTRUCTURA METÁLICA A CONSIDERAR PARA EL ANÁLISIS DE COSTOS Y PLAZOS DE CONSTRUCCIÓN</u></b>	<b>38</b>
4.1	Generalidades	38
4.2	Características generales del proyecto	39
4.3	Plantas de primer piso y pisos tipo	40
4.3.1	Edificios A y E	41
4.3.2	Edificios B y D	42
4.3.3	Edificio C	43
4.4	Funcionamiento estructural del edificio	44
4.4.1	Sistema de losas	44
4.4.2	Sistema de arriostramientos	45
4.4.3	Columnas y vigas	47
4.4.4	Escalera metálica	48

4.5	Panel exterior y tabiquería	50
4.5.1	Panel exterior	50
4.5.2	Tabiquería	51
4.5.3	Protección al fuego	51
4.6	Presupuesto de construcción	54
4.6.1	Validación del presupuesto de construcción	59
4.6.2	Filtros aplicados al presupuesto del edificio de acero	60
4.6.3	Estimación de costos indirectos y gastos generales de construcción	60
4.6.4	Distribución de costos del presupuesto	65
4.6.5	Influencia del precio del acero	66
4.6.6	Variación internacional del precio del acero	69
4.7	Plazos de construcción de la alternativa en acero	72
4.8	Problemática constructiva	72
4.8.1	Planificación de obra	72
4.8.2	Montaje de la estructura metálica	73
<b>Capítulo 5: <u>DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EN HORMIGÓN ARMADO UTILIZADO PARA LA COMPARACIÓN</u></b>		<b>75</b>
5.1	Generalidades	75
5.2	Estructuración de los edificios de hormigón armado	76
5.3	Presupuesto de construcción del edificio de hormigón armado	79
5.3.1	Breve descripción del método de estimación del presupuesto	79
5.3.2	Estimación de costos directos de construcción	80
5.3.3	Corrección de las cantidades de tabiquería	82
5.3.4	Estimación de costos indirectos y gastos generales de construcción	82
5.3.5	Influencia del precio del acero	86
5.4	Plazos de construcción de la alternativa en hormigón armado	88
<b>Capítulo 6: <u>COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS EN ESTUDIO</u></b>		<b>91</b>
6.1	Generalidades	91

6.2	Comparación Técnica	92
6.2.1	Condiciones de habitabilidad	92
6.2.1.1	Aislamiento acústico	92
6.2.1.2	Aislamiento térmico	94
6.2.2	Superficie útil	96
6.3	Comparación de plazos de construcción	97
6.4	Comparación de costos de construcción	98
6.5	Influencia del precio del acero en ambas alternativas	99
6.6	Diferencias de diseño y constructivas	100
<b>Capítulo 7:</b>	<b><u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u></b>	<b>101</b>
	<b><u>BIBLIOGRAFÍA</u></b>	<b>106</b>
	<b><u>ANEXO</u></b>	<b>109</b>

# Capítulo 1

## INTRODUCCIÓN

### 1.1 GENERALIDADES

La gran mayoría de las construcciones de edificios de mediana altura en Chile se realizan en hormigón o albañilería, sólo un pequeño porcentaje de los edificios se realizan en acero, esto puede deberse a que existen una serie de reticencias a usar acero, como por ejemplo su vulnerabilidad al ataque del fuego, la necesidad de protegerlo contra la corrosión, o el menor conocimiento que se tiene de los métodos de construcción de edificios de este tipo. Estas dificultades son salvables hoy en día, y además la construcción en acero presenta dos ventajas comparativas muy grandes con el hormigón:

- La posibilidad de construir muchas partes prefabricadas.
- La mayor velocidad de construcción.

En 1995 se realizó una tesis comparando dos edificios equivalentes de 8 pisos y 1 subterráneo, que concluyó que la solución en acero era entre un 2 y 16% más barata que la de hormigón. En 1999 se realizó otra tesis comparando edificios de 5 pisos, que concluyó que las soluciones en acero se abaratan entre un 2,5 y 5,6%.

Hoy en día se han incorporado nuevas técnicas en el diseño en acero que favorecerían una solución de este tipo, y el ICHA ha lanzado el libro “Edificio de acero de media altura” para promover su uso, pero por otro lado el precio del metal ha subido enormemente, por lo que resulta interesante evaluar que solución es más económica y factible de realizar.

## **1.2 SITUACIÓN DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN EN CHILE EN LOS ÚLTIMOS AÑOS.**

Es bien sabido en el rubro de la construcción de que este mercado se comporta de manera cíclica, es decir, se tienen periodos en que la demanda de construcción aumenta considerablemente, para luego tener un ciclo en que esta disminuye. Por lo general estos años de bonanza en el sector van acompañados de periodos de prosperidad económica en el país. El sector de la construcción puede dividirse en tres grandes áreas según el carácter de las edificaciones:

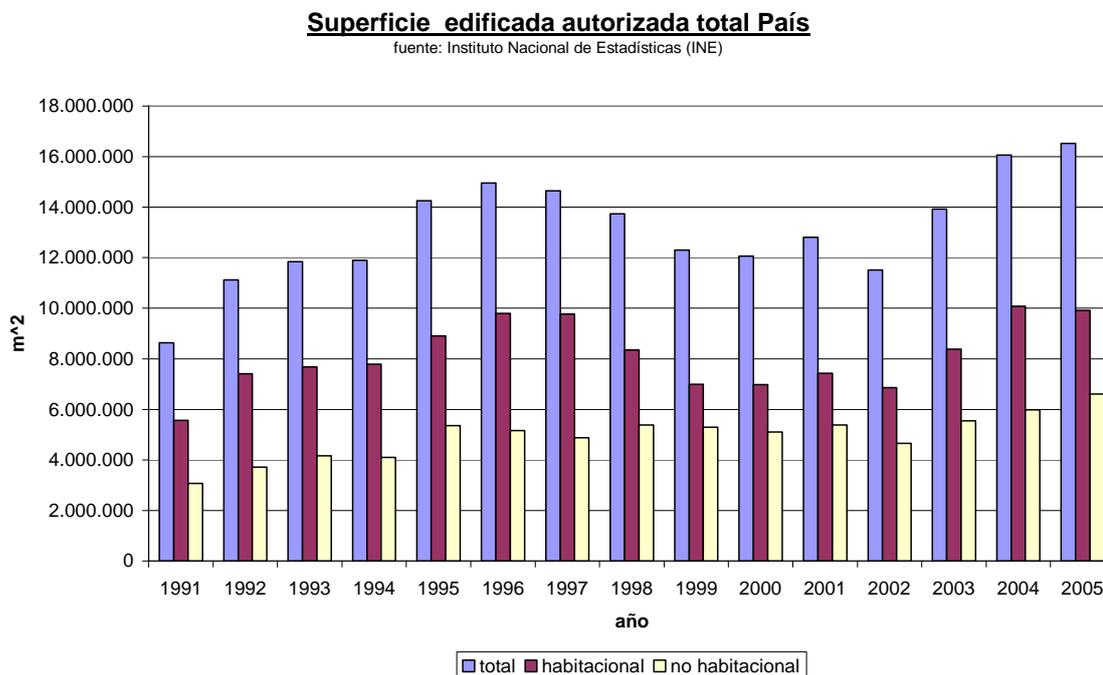
- Infraestructura
- Industria y Comercio
- Vivienda

La construcción es una de las áreas que mayor cantidad de empleos genera en el país (contabilizando empleos directos e indirectos), y por lo tanto es uno de los sectores que dinamizan la economía. En periodos en que la economía nacional no es buena, el sector de Infraestructura puede comportarse diferente a los otros dos sectores, y no bajar tanto su actividad. Esto debido a que el estado procura incentivar la construcción a fin de reactivar la economía, para lo cual utiliza fondos pertenecientes al ahorro del país u obtenidos de préstamos internacionales.

El mercado inmobiliario, a diferencia de otros mercados, tiene la particularidad de tener una demanda acumulativa, es decir, si una persona necesita comprar una vivienda en este momento, y no lo hace, esta necesidad no desaparecerá en el tiempo, por lo que llegará un minuto en el que esta necesidad deba ser resuelta por la persona, acumulándose la demanda hasta ese minuto.

Este trabajo de título está enfocado a comparar económicamente dos soluciones estructurales para un edificio de viviendas. Según datos del último Censo Nacional de 2002, la evolución de la superficie edificada autorizada en el país, en los últimos años es la siguiente:

Gráfico N°1.1: Superficie Edificada total en el País.



Del histograma se desprende que estamos en un periodo de auge de la construcción en general, y de un auge de la construcción habitacional en particular. Dado que estos periodos son pasajeros para las inmobiliarias es importante aprovechar la oportunidad que se les presenta, y tratar de construir proyectos de la forma más rápida y al menor costo posible. Aunque no existen estadísticas, se dice que en el rubro habitacional se construye entre un 2 y 5% de la superficie en acero, por lo que este tipo de construcción tiene un potencial muy alto para crecer.

### 1.3 OBJETIVOS.

Con este trabajo de título se pretende como objetivos generales, evaluar tanto técnica como económicamente soluciones estructurales equivalentes entre si, construidas en hormigón y en acero, para un edificio tipo de cinco pisos de uso habitacional.

Como objetivo específico se busca la elaboración de presupuestos para ambas alternativas, y la determinación de sus plazos de construcción.

#### **1.4 METODOLOGÍA.**

- Se comenzará con la recopilación de datos de edificios de mediana altura realizados en acero, se preferirá elegir un proyecto realizado en acero, que tenga características más o menos estándar dentro del segmento de edificios de mediana altura, esto con el fin de que las comparaciones realizadas entre las soluciones, además de ser válidas para el edificio analizado, puedan tener una cierta validez también para este segmento de edificios. Para conseguir tal información se buscará el apoyo de Inmobiliaria Artec S.A, empresa que ha desarrollado experiencia en edificios habitacionales de acero
- Una vez elegido el proyecto se estructurará el mismo edificio en hormigón armado.
- Finalmente se elaborará el presupuesto y una carta Gantt de construcción del edificio en hormigón armado y se compararán ambos costos y plazos de ejecución.

#### **1.5 RESULTADOS ESPERADOS.**

Se espera concluir que una de las alternativas es más económica de realizar, sin embargo, a priori no está claro cuál de ellas lo será, pues a pesar de que dos trabajos de título anteriores han concluido que la solución en acero es más económica, los costos del metal han subido mucho en los últimos años.

## Capítulo 2

# EXPERIENCIA CHILENA EN VIVIENDAS DE ACERO DE MEDIANA ALTURA

### 2.1 GENERALIDADES

En Chile, desde el año 1992 se vienen realizando diversas experiencias de viviendas en altura media en acero, tanto en el segmento del mercado privado como en el del mercado social. Cabe mencionar, sin embargo, una exitosa experiencia realizada entre los años 1971 y 1973: el edificio de departamentos “Conjunto Habitacional República Popular China”, ubicado en Viña del Mar, V región.

En este capítulo se mencionan tanto los proyectos realizados en el mercado privado como los realizados en el mercado social, así como también se recogen comentarios de parte del ICHA de tales proyectos. Finalmente se presentan algunos de los factores que han frenado este sistema constructivo.

## 2.2 EXPERIENCIAS DE VIVIENDAS PRIVADAS

La primera intención de este tipo en altura media realizada para el mercado privado, surgió en 1986, con un Concurso de Arquitectura e Ingeniería, convocado por la CAP y con el patrocinio del Colegio de Arquitectos. El objetivo de dicho concurso era el desarrollo de un sistema constructivo en acero en altura media para el segmento de mercado con precios de venta de departamentos de entre 1000 y 1500 UF. Los ganadores fueron los Arquitectos Mauricio Sologuren y Francis Pfenninger.

Posterior a ello se construyeron una serie de condominios, los que se muestran en el siguiente cuadro, donde se especifica la empresa inmobiliaria, la constructora, los arquitectos, los calculistas, las características de las edificaciones, los costos de construcción y precio de venta son aproximados.

*Tabla N° 2.1: Proyectos habitacionales de mediana altura realizados por la empresa privada.*

Año	PROYECTO	CARACTERÍSTICAS	COSTO M2	PRECIO VENTA
1992	Condominio Torreón Los Canelos – Valdivia	Entidades patrocinadoras: Armco , Instapanel , Corporación de Desarrollo Valdivia. Arquitectos: M. Sologuren, F. Pfenninger. Calculista: Arze y Reziné Ingenieros. Constructora: Arme Ltda. Ubicación: Valdivia. Descripción: Concreción del proyecto ganador del concurso convocado por la CAP, edificios en altura media, 4 pisos, 90 departamentos, 5926 m <sup>2</sup> .	8 a 11 UF	1000 a 1500 UF
1993	Condominio Mirador Río Valdivia	Propietarios: Tecnoconstrucción S.A. Arquitectos: R. Araya y Asociados. Calculista: Arze y Reciné Ingenieros. Constructora: Arme Ltda. Ubicación: Valdivia. Descripción: Edificios en altura media, 5 y 4 pisos, 45 deptos.	8 a 11 UF	2000 a 2500 UF

Tabla N° 2.1 (continuación): *Proyectos habitacionales de mediana altura realizados por la empresa privada.*

1994	Condominio La Tirana	Propietarios: Inmobiliaria La Tirana S.A. Arquitecto: Francisco Torres V. Calculista: Alfonso Pacheco. Constructora: Torval S.A. Ubicación: Santiago, San Miguel. Descripción: Edificios altura media, 6 pisos, ascensores, 30 deptos.	8 a 11 UF	1500 a 2000 UF
2000	Condominio parque La Casona	Propietarios: Artec S.A. Arquitecto: Francisco Torres. Calculista: Arze y Reciné Ingenieros. Constructora: Tecsa S.A. Ubicación: Santiago, Quinta Normal. Descripción: Edificios altura media, 4 pisos, 50 deptos.	8 a 11 UF	900 a 1300 UF
2001?	Condominio Los Maitenes II	Propietarios: Artec S.A. Ubicación: Santiago, Ñuñoa. Descripción: Edificio altura, 8 pisos.		
2002	Condominio Andes 1	Propietarios: Artec S.A. Arquitectos: Francisco Torres, Ricardo Isla. Calculista: Arze y Reciné Ingenieros. Constructora Tecsa S.A. Ubicación: Santiago, Quinta Normal. Descripción: Edificios altura media, 4 pisos, 95 deptos.	8 a 11 UF	900 a 1300 UF
2003	Condominio Andes 2	Propietarios: Artec S.A. Arquitectos: Francisco Torres, Ricardo Isla. Calculista: Arze y Reciné Ingenieros. Constructora Tecsa S.A. Ubicación: Santiago, Quinta Normal. Descripción: Edificios altura media, 4 pisos, 131 deptos.	8 a 11 UF	900 a 1300 UF
2003	Irarrázaval	Propietarios: Artec S.A. Arquitectos: Francisco Torres, Ricardo Isla. Calculista: Arze y Reciné Ingenieros. Constructora Tecsa S.A. Ubicación: Santiago, Ñuñoa. Descripción: Edificios altura, 8 pisos, 40 deptos.	8 a 11 UF	2000 a 2500 UF

Tabla N° 2.1 (continuación): Proyectos habitacionales de mediana altura realizados por la empresa privada.

2004	Condominio Don José Miguel	Propietarios: Artec S.A. Arquitectos: Ricardo Isla. Calculista: Arze y Reciné Ingenieros. Constructora Tecsa S.A. Ubicación: Santiago, La Cisterna. Descripción: Edificios altura media, 5 pisos, 150 deptos.	8 a 11 UF	900 a 1300 UF
2004	Condominio Don Belisario	Propietarios: Artec S.A. Arquitecto: Ricardo Isla. Calculista: Arze y Reciné Ingenieros. Constructora: Tecsa S.A. Ubicación: Santiago, Independencia. Descripción: Edificios altura media, 5 pisos, 100 deptos.	8 a 11 UF	900 a 1300 UF
2005	Condominio Santa Rosa	Propietarios: Artec S.A. Arquitectos: Ricardo Isla. Calculista: Arze y Reciné Ingenieros. Constructora Tecsa S.A. Ubicación: Santiago, San Joaquín. Descripción: Edificios altura media, 5 pisos, 120 deptos.	8 a 11 UF	900 a 1300 UF
2005	Condominio Lo Ovalle	Propietarios: Artec S.A. Arquitectos: Ricardo Isla. Calculista: Arze y Reciné Ingenieros. Constructora Tecsa S.A. Ubicación: Santiago, San Miguel. Descripción: Edificios altura media, 5 pisos, 90 deptos.	8 a 11 UF	900 a 1300 UF

### **2.3 EXPERIENCIAS DE VIVIENDAS SOCIALES.**

En el caso de viviendas sociales las experiencias realizadas en acero han tenido resultados diversos, como puede observarse más adelante, cuando se analizan las deficiencias de estas obras.

El sector público inició los proyectos de altura media en acero el año 1971 en Viña del Mar y posteriormente en 1999 en poblaciones de la VIII y IX regiones. Estas se ubicaron en Talcahuano, Penco, Temuco y Villarrica.

Este desarrollo correspondió a una política gubernamental, en orden a diseñar una solución de vivienda social que en su construcción se beneficiara con menores tiempos y paralelamente, con una mínima exposición al clima, de forma que los materiales constructivos no se deterioraran durante periodos de faenas.

En este orden, se privilegió el uso del acero como elemento estructural, con revestimientos de acero pre-pintado y placa colaborante en losas, aprovechando la rapidez del montaje.

A continuación se dan datos de los proyectos realizados en acero y más adelante se señalan algunas deficiencias del método constructivo.

#### **Conjunto Habitacional República de China (1971)**

Mandante:	MINVU
Constructora:	Nahmías Hnos. y Cía.
Arquitecto:	Guido Briceño
Calculistas:	Elías Arze y asociados
Ubicación:	Meseta del Gallo, Viña del Mar
Superficie:	14.400 m <sup>2</sup>

### **Villa Los Cóndores (1999)**

Mandante:	Serviu IX región
Constructora:	Conec Ltda..
Arquitecto:	CONEC
Calculistas:	RPC
Ubicación:	Comuna de Temuco

### **Villa Pulmahue (2001)**

Mandante:	Serviu IX región
Constructora:	Cosal S.A.
Arquitecto:	J.C Henríquez
Calculistas:	RPC
Ubicación:	Comuna de Padre Las Casas, Temuco

## **2.4 COMENTARIOS DE LAS EXPERIENCIAS SOCIALES.**

### **2.4.1 Conjunto Habitacional República de China (1971).**

Este conjunto está conformado por 248 casas unifamiliares y 7 edificios de cuatro pisos con 224 departamentos. Este proyecto fue el primero en aplicar el acero a gran escala en un programa habitacional.

La estructuración de los edificios se basa en el uso de pilares tipo cajón de 200 x 200 mm, distanciados a 4,5 m, los cuales forman marcos rígidos, tanto en el sentido longitudinal. Las vigas de marco son perfiles doble T soldados de 300 mm de altura.

### **2.4.2 Villa Los Cóndores (1999).**

Se trata de 66 edificios, 500 departamentos tipo dúplex, en 3 pisos con dos escaleras por punta y comunicados por galería cubierta exterior.

El proyecto contemplaba estructura metálica con perfiles cajón, apernada y montada, sin soldadura en terreno. Paneles y cubierta trapezoidales PV4 pre-pintado de 0.5mm de espesor, y

losa con placa colaborante. En el interior se colocaron planchas de yeso cartón sobre un entramado de madera. La placa colaborante y elementos metálicos estructurales interiores se protegieron con pintura intumescente.

En la práctica, lo que se esperaba que fuera una solución, fue un grave problema para el SERVIU por los problemas que se tienen. Incluso se ha solicitado al laboratorio IDIEM un informe exhaustivo.

Como ejemplo de la mala organización y administración técnica de la constructora, la estructura metálica fue fabricada en terreno expuesta a la lluvia, no en maestranza, reemplazándose los tradicionales carpinteros y albañiles por soldadores y cortadores.

El diseño tampoco fue el adecuado. La ubicación de las ventanas y puertas no fue planificada acertadamente, teniéndose que uno de los pies derechos del marco caía en un monte del PV4 mientras que el otro en un valle, con los consiguientes arreglos de hojalatería.

Hoy en día la corrosión está afectando a la estructura, tanto por el exterior como por el interior de los perfiles cerrados, y como solución se recomendó la colocación de ánodos de sacrificio, pero esto conllevaría un gasto en electricidad permanente por lo que los pobladores se resistieron a esta solución, puesto que están pagando un dividendo fijo. Además se han presentado socavamientos en las fundaciones de los edificios y graves problemas de humedad dentro de las viviendas. Los propietarios, después de muchos problemas con el SERVIU por la calidad de sus viviendas, han llegado a un acuerdo con éste, el cual comprará sus viviendas y condonará las deudas que algunos de ellos tienen.

### **2.4.3 Villa Pulmahue (2001).**

La componen 192 viviendas básicas en 3 pisos con 9400 m<sup>2</sup> construidos. El proyecto estaba estructurado con perfiles cerrados para la estructura metálica y el diseño arquitectónico privilegió dejarlos a la vista. La tabiquería interior se estructuró con perfiles metálicos galvanizados.

Se utilizó losa tradicional y paneles exteriores con al acero a la vista desde el exterior, núcleo de poliuretano y placa de yeso cartón en el interior. El resultado obtenido fue mucho mejor que en el caso anterior.

Tanto como para Villa Los Cóndores como para Villa Pulmahue los costos de construcción oscilaron entre 6 a 8 UF/m<sup>2</sup> y el precio de venta a Serviu osciló entre 8 a 10 UF/m<sup>2</sup>.

Cabe destacar que el Ministerio de la Vivienda está interesado en un sistema constructivo que entregue una solución a un mercado que aun no está satisfecho y que está emergiendo en Santiago, Concepción, Valparaíso y Temuco.

El alto precio que tienen los terrenos en el centro y la imposibilidad de trasladarse a comunas cercanas a los polos de atracción de Santiago hace necesaria la densificación de estos anillos periféricos y esto se logra con la edificación en altura media donde la incidencia del valor del terreno en estas zonas es soportable y la altura del edificio a escala humana no provoca un impacto visual ni medio ambiental. En la región metropolitana esto se refiere a las zonas de Quilicura, Lampa, y La Pintana entre otras.

## **2.5 CARACTERÍSTICAS DE EDIFICIOS DE ESTRUCTURA METÁLICA DE MEDIANA ALTURA CONSTRUIDOS EN CHILE.**

En general, para algunos de los proyectos especificados anteriormente, se encuentran diferencias en los sistemas de losas utilizados como en los sistemas de cierros exteriores, a continuación se dan más detalles acerca de las fundaciones, estructura metálica, su sistema de losas, el de cierros exteriores y protección contra incendio.

**2.5.1 Fundaciones:** El peso sísmico de un edificio de acero es del orden de 40% menor al de uno de hormigón armado (600 kg/m<sup>2</sup> en edificios de acero, versus 1000 kg/m<sup>2</sup> en hormigón armado) sin embargo esto no implica que las fundaciones se puedan realizar un 40% más pequeñas.

En la práctica estas se realizan en hormigón armado, y un 20% menor en tamaño a las que corresponderían a un edificio de hormigón armado con las mismas condiciones de suelo. Esto dado que el edificio de acero tiende a levantarse frente a sollicitaciones sísmicas debido a su bajo peso.

Dentro de las variaciones en los sistemas de fundaciones se tiene:

***Fundaciones de zapata continua:*** Es el caso de Condominio Torreón Los Canelos, en Valdivia, donde se tienen zapatas continuas de 1.6 m de ancho y fundadas a 1m de profundidad, esto debido a la mala calidad del terreno existente. En Condominio Parque la Casona , en Quinta Normal también se usó este sistema, con zapatas de 1 y 2 m de ancho. En Paseo Don Belisario las zapatas son de 60 cm de ancho. En condominio Parque Andes el sistema es el mismo.

***Fundaciones mediante pilotes pre-excavados:*** Este sistema se usó en Condominio Mirador Río Valdivia, debido a la mala calidad del suelo. Los pilotes fueron excavados a una profundidad promedio de 8 m, y de 25 cm de diámetro, además fueron unidos por vigas de fundación.

**2.5.2 Estructura Metálica:** Se ha realizado en acero negro y materializado con perfiles abiertos o cerrados, los cuales se unen en terreno mediante pernos. En los diseños arquitectónicos se ha buscado esconder estos perfiles ocultándolos en los encuentros entre tabiques o dejándolos entre los muros, la excepción a la regla ha sido el Condominio Torreón Los Canelos donde se ve la estructura desde el exterior.

***Columnas:*** Se han usado perfiles cajón que es el caso de Torreón Los Canelos, con dimensiones de 150x150mm y donde el más pesado es de 18 kg/m. También se han usado de tipo IN, que es el caso de Parque Andes y Don Belisario, aunque en Don Belisario también se usaron perfiles cajón en casos muy puntuales.

***Vigas:*** En todos los proyectos se contempla que las vigas trabajen en colaboración con las losas mediante conectores de corte, para las vigas se tienen perfiles IN de alturas de 20 a 25 cm. La diferencia sustancial en el tamaño de las vigas radica en el hecho de si se contempla o no el uso de alzaprimas para la viga al momento de hormigonar la losa. Como es de esperar, si se contempla el uso de alzaprimas para la viga, esta se encontrará menos solicitada al momento del desalzaprimado, pues una vez fraguado el hormigón de losa, esta entrará en colaboración con la viga.

**Arriostramientos:** Tanto en Torreón Los Canelos como en Don Belisario son de sección cajón. En Torreón los Canelos están dispuestos en forma de X, y al exterior del panel, lo que dificultó la manera de asegurar la estanqueidad de la fachada, por lo que se tuvo que usar mucha hojalatería. Por otro lado, en Don Belisario los arriostramientos están dispuestos en V invertida y al interior del panel exterior, por lo que no se produce este tipo de problemas.

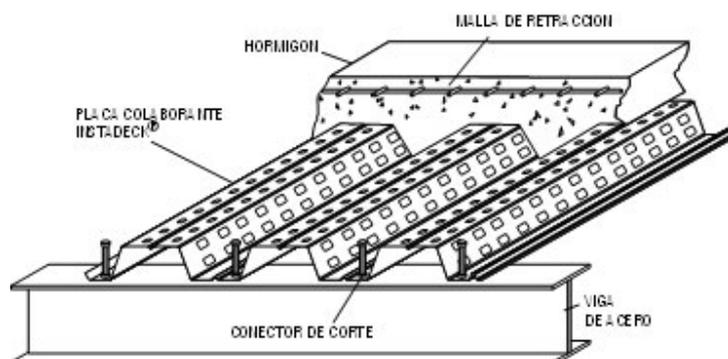
**Estructura Secundaria:** Reciben a los paneles de cerramiento exterior por su parte inferior y superior y se componen de perfiles Z y C. Se fijan a la estructura principal con pernos autoperforantes.

**2.5.3 Sistema de Losas:** En los proyectos que se han realizado hasta hora se ha experimentado con diferentes sistemas de losas:

- Losa con placa colaborante.
- Losetas prefabricadas.
- Losa tradicional con viga colaborante.

Losa con placa colaborante: Este sistema consiste en la utilización de una placa de acero galvanizado que se sitúa sobre las vigas y se fija mediante conectores de corte. Sobre la placa se coloca luego una armadura de retracción y finalmente se vierte el hormigón de la losa. La constitución de la losa es tal como se muestra en la figura.

Figura 2.1: Losa con placa colaborante.



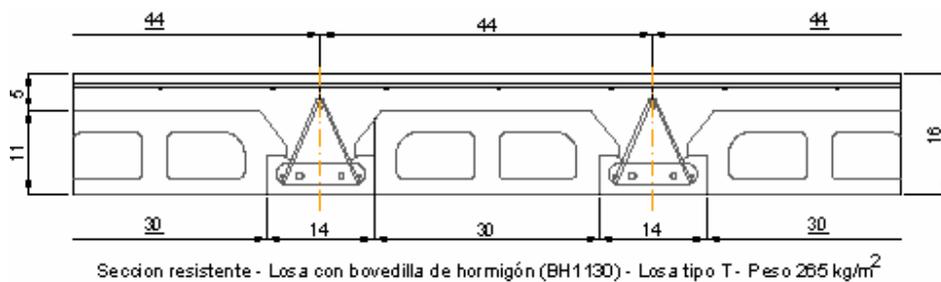
La placa sirve como moldaje y como plataforma de trabajo para trazar la armadura de retracción y luego hormigonar, además actúa como armadura inferior de losa, pues trabaja solidariamente

con el hormigón. Este sistema de losa tiene el inconveniente de requerir de la construcción de un cielo falso de planchas de yeso cartón para la terminación del cielo.

Esta solución se usó en las losas de los condominios Torreón Los Canelos, Mirador Río Valdivia y Parque La Casona.

Losetas prefabricadas: Consiste en la utilización de losetas alveoladas prefabricadas de hormigón montadas sobre viguetas de una geometría específica. Sobre las losetas se traza la armadura superior y se hormigona una sobrelosa de 5 cm. A través de los alvéolos se lanzan cables para el postensado de la losa. La figura muestra el caso particular de las losas prefabricadas de la empresa Tralix.

Figura 2.2: Losetas prefabricadas.



El Condominio La Tirana en San Miguel utilizó losas prefabricadas en sus pisos.

Losa Tradicional con Viga Colaborante: Es la tradicional losa de hormigón armado que requiere la utilización de moldaje y alzaprimas. En el caso de este tipo de edificios, se busca la colaboración de las vigas de acero mediante la conexión a la losa con conectores de corte, de esta forma se aprovecha la gran capacidad a tracción de la viga y la capacidad a compresión del hormigón de la losa.

Se prefirió esta solución constructiva en los condominios Andes y Don Belisario.

**2.5.4 Cierre Exterior:** Están compuestos por paneles de entre 70 y 80 mm de espesor. Los paneles se componen de una plancha de acero prepintado, o una de fibrocemento por el exterior; una de yeso cartón o fibrocemento en el interior y un relleno de poliuretano inyectado entre ambas caras.

Estos paneles pueden diseñarse de modo de que trabajen entre la losa de piso y la de cielo, o que pasen delante de ellas y que a modo de muro cortina tengan el alto completo del edificio.

Como referencia, el condominio Torreón Los Canelos usó unos paneles de 80 mm de espesor, con una plancha exterior de acero prepintado, un relleno de poliuretano de alta densidad y en el interior una plancha de yeso cartón. Por otro lado Condominio Don Belisario utilizó un panel de 70 mm de espesor, con plancha de fibrocemento en el exterior, relleno de poliuretano y plancha de yeso cartón en el interior.

**2.5.5 Protección contra el fuego:** En todas las experiencias vistas la protección al fuego de la estructura metálica se materializa mediante la utilización de planchas de yeso cartón para encofrar los perfiles metálicos. Se ponen tantas planchas como sea necesario para dar un espesor tal que asegure la resistencia al fuego exigida para el elemento a proteger.

## **2.6 EVOLUCIÓN DE LAS SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS.**

Desde las primeras experiencias en acero desarrolladas en 1971 hasta las actuales, se han probado diferentes soluciones constructivas para los sistemas de losas, cierres perimetrales y sistemas de protección contra el fuego. A continuación se presenta una síntesis de estos y las causas por las cuales han ido cambiando.

**2.6.1 Sistemas de losas:** Han ido cambiando desde losas con placa colaborante de acero hasta losas tradicionales, fundamentalmente por el menor costo de la losa tradicional, ya que si bien en la placa se ahorra en moldaje, la placa es cara y se requiere además de la fabricación de un cielo falso.

En una oportunidad también se usaron losetas postensadas prefabricadas de hormigón, con el afán de aumentar las partes prefabricadas en la obra y con ello disminuir las faenas húmedas, pero resultó que la terminación que daban las losetas fue muy irregular, por lo que se tuvo que

construir una sobrelosa sobre ellas, perdiéndose el objetivo inicial de eliminar las faenas húmedas.

**2.6.2 Cierres perimetrales:** Los primeros intentos estuvieron compuestos de una plancha metálica exterior, una de yeso cartón en el interior y lana mineral de relleno. El problema de la lana mineral como aislante es que si llega a humedecerse se pierden sus propiedades aislantes, hoy en día esta se ha reemplazado por poliuretano inyectado, el cual tiene mejores propiedades aislantes y al inyectarse en estado líquido cubre todos los intersticios, mejorando la aislación térmica.

Las planchas metálicas en el exterior se han reemplazado por planchas de fibro-cemento, lo que da una terminación lisa, de mucho mejor aspecto que las placas nervadas de acero. De hecho los edificios realizados con planchas de fibro-cemento a simple vista no se distinguen de uno tradicional de hormigón armado.

Otro problema con el uso de planchas metálicas en el panel es la posibilidad de que se produzca humedad intersticial por la cara interna de la lámina de metal, esto se debe a que en invierno, cuando la temperatura es mayor en el interior que en el exterior, el flujo de vapor de agua producido al interior de la vivienda tiende a salir atravesando los muros, pero se estanca en la lámina metálica. Esta humedad puede escurrir por dentro de los muros y eventualmente aflorar al interior, produciendo problemas de salud a los moradores. Este problema no se presenta con planchas exteriores de fibrocemento, debido a la porosidad del material.

Para todo sistema de paneles es recomendable evitar que la humedad del medio ambiente atraviese los muros hacia el interior, para lo cual se debe colocar una barrera de vapor en el interior, bajo la plancha de yeso cartón para evitar su deterioro. Esta barrera de vapor puede consistir en una pintura impermeable o una lámina de plástico adherida a la plancha de yeso cartón.

Es preferible que los paneles se ubiquen pasando por delante de las losas, y no que vayan de piso a cielo en cada nivel. Esto se debe a que en experiencias anteriores se han tenido problemas de filtraciones por la unión entre el panel y la losa.

Otro problema posible de tener con estos paneles es el efecto invernadero, la aislación de poliuretano de los paneles es muy grande, por lo que no deja entrar ni salir calor de la vivienda, pero por otro lado los vidrios de las ventanas son transparentes a la radiación solar entrante e impermeables a la radiación emitida por los objetos calientes al interior de la vivienda, los cuales emiten radiación de onda larga.

**2.6.3 Sistemas de protección contra incendios:** La protección de la estructura contra la acción del fuego puede hacerse de dos maneras:

- Mediante la Evacuación de calorías del elemento.
- Mediante la retardación de la acción del fuego por medio de la protección del elemento con algún recubrimiento.

En la década de los 60's en Estados Unidos y Alemania Occidental se realizaron experiencias donde los elementos estructurales quedaban expuestos al fuego y su protección se hacía mediante la evacuación de calorías de los elementos hacia otro medio a una velocidad igual o levemente inferior a la de absorción, esto se puede lograr de 3 formas:

- Evacuación de calorías a la atmósfera: Este sistema estaba limitado a los elementos estructurales perimetrales y se basaba en cuatro principios:

- 1° Que en un espacio abierto al exterior se requiere de por lo menos un 33% más de combustible para producir el fuego "normal" de experimentación.
- 2° Que con la carga normal de combustible las temperaturas que se pueden registrar en columnas exteriores son altas, pero raramente críticas.
- 3° Que aun cuando la cara expuesta de una columna alcance temperaturas críticas, la absorción de calor por el resto del elemento y su irradiación al espacio pueden ser lo suficientemente rápidas como para que las diferencias de temperatura entre caras opuestas sean del orden de 250 a 350 °C.
- 4° Que la peligrosidad del fuego disminuye exponencialmente con la distancia a la que se encuentre el elemento estructural de la abertura por la que emergerían las llamas.

- Evacuación de calorías a un sistema de agua: Esta solución consiste esencialmente en utilizar elementos estructurales huecos y mantenerlos llenos de agua. Este sistema requiere de estanques de agua y por razones de eficiencia se usaba preferentemente solo en columnas. En edificios de mediana altura, que conciernen a esta memoria, este sistema no se justificaría, dado que las redes de interconexión y los estanques incidirían fuertemente en los costos.

- Evacuación de calorías a una masa sólida: Consiste en elementos respaldados con hormigones, al cual se evacuan las calorías, la diferencia es que el sólido a diferencia del agua no circula, por lo que su capacidad calórica eventualmente se satura. Este sistema no es recomendable de utilizar en columnas de perfiles cerrados rellenas con hormigón, pues por lo general se encuentran problemas por la dificultad de evacuar el vapor generándose la ruptura violenta del hormigón el que en estos casos, frecuentemente soporta cargas. El sistema si es eficaz en sistemas de piso de losa con vigas de acero colaborante unidas mediante conectores de corte. Gracias a los conectores se logra disipar calor al hormigón de la losa.

- Retardación de la acción del fuego por medio de la protección del elemento. Los sistemas antes expuestos, como se dijo anteriormente, se utilizaron en algunas experiencias de la década del 60 en Estados Unidos y Alemania Occidental. Hoy en día lo más utilizado es el recubrimiento de los elementos de acero con algún material que retrase la acción del fuego.

Esto se puede lograr pintándolo con pinturas intumescentes, cubriéndolo con morteros de yeso u hormigón, o encajonándolo con madera o planchas de yeso cartón en el grosor suficiente para garantizar la resistencia al fuego exigida por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).

Si bien cualquiera de estos métodos puede cumplir con lo requerido por la OGUC, la protección con pinturas intumescentes no es recomendable, pues estas duran alrededor de 5 años y luego se descascarán con la humedad y por lo general después de algunos años no se hace mantención a las estructuras y no se vuelven a cubrir con pintura intumescente los elementos.

La aplicación de morteros de hormigón es generalmente en forma de shotcrete, si bien esta protección es muy eficaz, la terminación irregular no lo hace atractivo en este tipo de edificios, más bien es utilizado en instalaciones industriales, malls o supermercados.

La protección con madera también es muy eficaz, pero aumenta la carga de combustible de las estructuras lo que no es aconsejable.

Tanto por razones de terminación, como técnicas y de costos, lo más utilizado hoy en día es el encajonamiento con planchas de yeso cartón. En el mercado existe una plancha de este tipo de la empresa Volcán denominada Volcanita RF Resistente al Fuego, estas son planchas en cuyo núcleo de yeso se incorporan fibras de vidrio para aumentar la resistencia a la propagación del fuego. Las fibras permiten retardar el colapso de las planchas sometidas al fuego y por lo tanto actúan como una efectiva barrera de fuego, protegiendo en forma adicional las estructuras revestidas con ellas.

## **2.7 FACTORES QUE HAN FRENADO EL DESARROLLO DE LA CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS HABITACIONALES EN ACERO.**

Los factores que han influido en la escasa construcción de este tipo de viviendas en Chile son de diversa índole pudiendo ser de tipo técnico-económico o teniendo que ver más bien con nuestra idiosincrasia de país. Algunos de ellos son los siguientes:

- Precio del acero: En efecto, el precio del acero es muy volátil y su valor internacional enormemente estos años, lo que perjudica la incorporación de este sistema constructivo.
- Desconocimiento del método constructivo en acero: La mayoría de las empresas constructoras no tienen experiencia en el tema, y por otro lado si tienen mucha en construcción en hormigón, donde manejan a la perfección técnicas constructivas, y controlan con mucha exactitud plazos de construcción y costos.
- Baja oferta de mano de obra experimentada en montajes en acero.

- No existen manuales como en el caso de construcción en hormigón.
- Planes de educación universitaria sin orientación clara a la utilización del acero en la vivienda.
- Falta de diseños arquitectónicos atractivos que seduzcan al consumidor, actualmente están orientados a esconder el acero de los ojos del consumidor, ocultándolo entre muros.
- Falta de promoción de las bondades del acero para estos fines en forma corporativa.
- Desconocimiento del consumidor de las bondades en condiciones de habitabilidad de las viviendas de acero.
- Estigmatización de la vivienda prefabricada por parte de los consumidores, asimilándola a una casa en la playa.

## **Capítulo 3**

# **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EDIFICIOS DE ESTRUCTURA METÁLICA Y DE HORMIGÓN ARMADO**

### **3.1 GENERALIDADES**

En este capítulo se recorren diferentes aspectos que diferencian a un edificio de acero de uno de hormigón armado, se hace un análisis comparativo entre las ventajas y deficiencias de cada alternativa. Estas diferencias son en su mayoría cualitativas por lo que aportarán un valor agregado a una u otra alternativa, diferente del costo en términos monetarios o de ahorro de plazos.

### **3.2 ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE EDIFICIOS ESTRUCTURADOS EN ACERO Y EDIFICIOS ESTRUCTURADOS EN HORMIGÓN ARMADO.**

Son muchas las diferencias existentes entre los edificios estructurados en acero que existen en nuestro país, con los tradicionales de hormigón armado. Aun mirando lo realizado en edificios de acero a nivel internacional, los edificios nuestros son parecidos en términos de diseño, pero presentan diferencias debido a las condiciones de la zona en que se emplazan.

#### **3.2.1 Experiencia nacional y extranjera.**

Los edificios nacionales de acero son similares a que se pueden encontrar en otros países en términos de diseño arquitectónico y estructural, esto se debe principalmente a que la ingeniería de diseño en acero en Chile se basa en los métodos de cálculo y recomendaciones de soluciones constructivas de las normas del AISC norteamericanas. En países donde la sismicidad es baja o nula, como en Arabia Saudita, ha proliferado la construcción de edificios habitacionales de acero en serie, los que son todos idénticos entre sí.

En Chile sin embargo, no es posible repetir un edificio muchas veces, el diseño es diferente dependiendo de la zona sísmica en que se encuentra la estructura, además de las condiciones de carga de viento y ambiente corrosivo de la zona.

En Latinoamérica se ha dado un gran impulso a la construcción en acero en Brasil en los últimos años, fundamentalmente por la acción del Centro Brasileño de Construcción en Acero (CBCA). En este país se destaca el programa USITETO, de la empresa Usiminas, el cual demuestra la eficacia del proceso de planeación industrial para edificios de 4 pisos, con 4 departamentos por piso.

En el anexo se pueden encontrar imágenes de proyectos nacionales, del programa USITETO y de experiencias en otros países.

#### **3.2.2 Diseño estructural.**

Volviendo a la comparación entre edificios de acero y hormigón, en general el diseño estructural de un edificio de acero es en base a columnas y vigas, con arriostramientos para tomar las cargas verticales, mientras que los edificios de hormigón armado se estructuran generalmente en base a

muros cuando se trata de edificios habitacionales, y en base a marcos cuando son edificios de oficinas, esto último debido a la necesidad de adaptabilidad que es necesaria en edificios de oficina.

Otra diferencia existente es que se tiene que el peso sísmico de un edificio de acero es aproximadamente un 40% menor al de un edificio de hormigón armado, esto redundando en que las fundaciones son más pequeñas en los edificios de acero. Sin embargo esta relación entre el peso sísmico de un edificio y el tamaño de sus fundaciones no es directa en este caso. Esto se debe a que este tipo de edificios es muy liviano y necesita de más peso en sus fundaciones pues estas tienden a levantarse durante un evento sísmico. Según antecedentes del ICHA el tamaño de las fundaciones en edificios de acero puede disminuir en un 20%.

Al ser más livianos los edificios de acero, también influyen mucho más en su diseño las solicitaciones producto del viento, pero por otro lado el menor peso es beneficioso para construir en terrenos con baja capacidad de soporte.

### 3.2.3 Seguridad sísmica.

Los edificios de acero al tener elementos más esbeltos dan la sensación al usuario de ser más flexibles que los edificios de hormigón armado, y de que se deforman mucho frente a un sismo. Esta apreciación es un error, pues un edificio es tan flexible como su proyectista quiere que sea. Un caso práctico de esto fue el edificio Torre las Condes, que es de construcción mixta, es decir una estructura de acero acompañada de un núcleo central de hormigón en la caja de ascensores. En este edificio se obtuvieron periodos de los modos fundamentales muy similares a los de edificios de hormigón armado de esa altura.

La construcción en acero en el país es reciente, por lo que pocos edificios de estos se han enfrentado a un terremoto, sin embargo los que existen y han estado expuestos a terremotos han resistido sin problemas, se tienen por ejemplo: Fábrica Hucke Valparaíso (1872), Edificio Comercial Edwards (1893), Museo Artequín (1906), Edificio La Bolsa (1913), Edificio Ariztúa (1921).

#### 3.2.4 Rapidez de construcción.

Los edificios de acero se construyen más rápido que los de hormigón armado, esto se debe a dos factores fundamentales, la disminución de faenas húmedas y la utilización de elementos prefabricados:

- Faenas húmedas: Las faenas húmedas en la construcción, como los hormigonados y los enyesados, consumen de mucho tiempo de construcción, esto debido a que después de su ejecución requieren de un tiempo de fragüe y otro más de curado y toma de resistencia para su descimbre final.

En el caso de los edificios de acero las faenas de hormigonado se reducen debido a la eliminación de muros de hormigón armado, esto conlleva además la eliminación de las tareas de enyesado para la terminación final de estos muros.

- Elementos prefabricados: La utilización de elementos prefabricados en edificios de acero, como vigas y columnas de acero implica una mayor velocidad de construcción, y un mayor control acerca de las características de resistencia de tales elementos, pues son fabricados en maestranzas donde las condiciones de corte de planchas y soldaduras son bien controladas. Además esto trae condiciones más seguras de trabajo y facilidades para la inspección.

#### 3.2.5 Superficie útil.

En edificios de acero también se obtiene mayor superficie útil que en uno de hormigón armado, esto se debe a que al diseñar en acero se obtienen vigas y columnas más esbeltas.

En el caso de edificios altos, al tener vigas de almas más pequeñas se puede llegar a ganar un piso. Un caso de esto es el edificio Huidobro (19 pisos, Av. Presidente Riesco 5711, Las Condes) donde se ganó un piso por cada diez al estructurar en acero. Otro caso es el Edificio Torre Las Condes (20 pisos), en este edificio se hicieron 6 subterráneos en hormigón armado y 4 en acero, el paquete losa-cielo falso en hormigón tenía un espesor de 97 cm, mientras que en acero tenía 87 cm, ahorrándose 12 cm. La mayor esbeltez en las vigas de acero permite además salvar luces que de otro modo no se podría, como en el caso del Aeropuerto Pudahuel.

La menor dimensión de las columnas, complementado con la posibilidad de luces más grandes permitidas en acero, se traducen en un mayor espacio útil en planta. En el edificio Huidobro esto significó un 9,6 % de rendimiento adicional respecto de los diseños tradicionales, mientras que en Torre Las Condes fue de 1,5%.

### 3.2.6 Aislamiento acústico y térmico.

La experiencia chilena en edificios de acero es mayoritariamente en edificios destinados a oficinas. La aislación térmica y acústica es crítica en estos edificios pues por lo general contemplan como cierre perimetral un muro cortina. El vidrio es un mal aislante térmico y acústico por lo que las ventanas deben aislarse, existen tres formas de aislación:

<b>Sistema</b>	<b>Aislamiento acústico</b>	<b>Aislamiento térmico</b>
Vidrios dobles	SI	SI
Películas de control solar	NO	SI
Películas de aislación térmica	NO	SI

#### 3.2.6.1 Vidrios dobles.

Algunas de sus características son:

1. El nivel de intensidad de ruido es reducido entre 30 a 40 dB, según sea el tipo de vidrio, espesor o gas inyectado.
2. Dificulta los intercambios térmicos entre los ambientes que delimita. Debido a la resistencia térmica del aire seco y en reposo encerrado en la cámara. Esto proporciona tanto en invierno como en verano ahorros en el consumo de energía pudiendo mejorar la aislación hasta en un 60%.
3. El panel es prácticamente impermeable a las radiaciones ultravioleta, del total de la energía solar que incide en un termopanel, parte atraviesa el vidrio, otra se rechaza por refracción y el resto es absorbida por la masa del vidrio para ser irradiadas.
4. Es casi imposible que en el interior de un termopanel se produzcan condensaciones, dado el poder aislante que posee, la temperatura de la cara

orientada hacia el interior de la habitación es mucho mas elevada que en el caso de un solo vidrio, por lo tanto las condensaciones sobre esta cara no pueden darse sino con temperaturas exteriores sumamente bajas por lo que el cristal siempre conserva toda su transparencia.

#### 3.2.6.2 Películas de control solar.

Este producto consiste en una película transparente de poliéster, construida hasta con siete capas diferentes, diseñada para ser adherida al vidrio, por lo que cuenta con un adhesivo de alta resistencia a condiciones adversas. Existen muchas tonalidades entre las que se encuentran: bronce, plata, humo, blanca o transparente según el rendimiento deseado.

Sus propiedades son:

1. Reduce el paso del calor solar hasta en un 78% manteniendo la visibilidad.
2. Detiene los rayos ultravioleta hasta en un 99%, protegiendo así los objetos y mobiliario, ya que ellos son los causantes en gran medida de su descolorimiento y envejecimiento.
3. Mejora la seguridad de los vidrios ante el peligro de ser astillado debido a que las astillas quedan unidas por la película eliminando el peligro de impactos.

#### 3.2.6.3 Películas de aislación térmica.

Son muy semejantes a las películas de control solar en la mayoría de sus características pero tienen propiedades especiales para conservar el calor y no permitir que el calor salga de una habitación por medio del contacto con el vidrio que está a una menor temperatura.

Sus propiedades son:

1. Reduce las perdidas de calefacción entre un 20% y un 40%.
2. Reduce los rayos ultravioletas en un 98%.
3. Mejora la seguridad de los vidrios ante el peligro de ser astillado debido a que las astillas quedan unidas por la película eliminando el peligro de impactos.

Por otro lado, en edificios de acero habitacionales la aislación térmica y acústica se logra con paneles prefabricados con núcleos de poliuretano, lana mineral o poliestireno expandido. En el capítulo 4 se presenta el edificio de acero a considerar para esta memoria, el que cuenta con paneles de núcleo de poliuretano, por lo que en ese capítulo se nombrarán características aislantes de este tipo de paneles.

### 3.2.7 Seguridad Antiincendio.

La protección contra el fuego en edificios está orientada a cumplir con tres criterios:

- Proteger la vida, lo que se significa que facilite la evacuación y salvamento de los ocupantes de un edificio durante un incendio.
- Proteger las construcciones para que resistan sin daños el tiempo de exposición indicado en las normas (hasta 180 minutos), posibilitando el control del incendio por los bomberos y los sistemas automáticos.
- Evitar la propagación de un incendio ya declarado hacia otros recintos del mismo edificio o hacia las propiedades vecinas.

Existen dos tipos de protección al fuego que corresponden a conceptos distintos:

- Protección pasiva: La que se basa en elementos de construcción que por sus condiciones físicas, aíslan la estructura de un edificio de los efectos del fuego durante un determinado lapso de tiempo. Los elementos de construcción o sus revestimientos pueden ser de materiales no combustibles, con capacidad propia de aislación o de efecto intumescente frente a la acción del fuego. Esta protección se puede materializar con encajonamientos con planchas de yeso cartón, recubrimientos con hormigón proyectado, madera o con la aplicación de pinturas intumescentes.
- Protección activa: Es la compuesta por sistemas que conectados a sensores o dispositivos de detección entran automáticamente en funcionamiento frente a determinados rangos de partículas y temperatura del aire, descargando agentes extintores de fuego tales como agua, gases o polvos químicos. Los dispositivos más usados de este tipo son los sprinklers.

La protección del acero de refuerzo en edificios de hormigón se consigue en gran medida gracias a los recubrimientos de hormigón de los elementos estructurales, mientras que en edificios de acero es más difícil y caro de realizar, lo que es una desventaja para este tipo de edificios.

### 3.2.8 Corrosión y protección superficial.

El problema de la corrosión del acero no existe en edificios de hormigón armado si se siguen prácticas de buena construcción como no utilizar áridos o agua de amasado con presencia de cloruros o sulfatos por ejemplo o si no se tienen condiciones extraordinarias de entorno agresivo con la estructura.

En estructuras de acero la protección del metal debe considerar las condiciones ambientales en las que se emplaza el edificio teniendo en cuenta que ambientes agresivos se encuentran a orillas del mar con vientos y nieblas salinas, en industrias que tienen gran presencia de ácido sulfúrico el ambiente (minería, lecherías entre otras), y en ciudades producto de la lluvia ácida. Para que la protección del acero con pintura anticorrosiva sea efectiva el acero debe ser sometido a limpieza con detergentes para eliminar completamente los residuos de grasa y aceite que pudiera haber sobre la superficie del acero. No es eficiente una limpieza manual mediante un paño con detergentes o solventes y la utilización de escobilla de acero, pues resulta imposible el control de la eliminación de aceites sobre toda la superficie del perfil y no se obtiene la remoción necesaria del óxido de laminación. Los perfiles deben ser sometidos a un decapado químico (que utiliza sustancias químicas como ácido sulfúrico, clorhídrico, fosfórico y nítrico) o mecánico (con chorro de arena de cuarzo o granalla).

La pintura anticorrosiva a emplear se recomienda que sea en base a resinas alquídicas modificadas (anticorrosivo normal), en dos manos de distinto color cada una, para facilitar el control y en espesores no inferiores a 1.5mils por mano. Otra solución anticorrosiva que es más costosa, pero de mejor calidad es la de tipo epóxico que actúa por conversión del óxido en magnetita. Su uso es recomendado en climas húmedos y de bajas temperaturas, ya que en estas condiciones es más complicada la aplicación del anticorrosivo normal.

### 3.2.9 Aceptabilidad del usuario.

La aceptabilidad por parte de los usuarios de edificios estructurados en acero es tan buena en el caso de edificios de oficinas como en el caso de edificios estructurados en hormigón.

Por otro lado, en el caso de edificios habitacionales influye mucho en la aceptabilidad de los usuarios el tipo de panel exterior que se use. Sin duda si el panel exterior está compuesto por una plancha exterior metálica del tipo PV, este nivel de terminación es de muy baja calidad, y da la sensación al comprador de tratarse de una “vivienda de lata”. Cuando los paneles exteriores se componen de una plancha de fibrocemento se puede dar una terminación con marmolina y el aspecto del edificio de acero es idéntico a uno de hormigón armado. Según el gerente general de Artec los edificios estructurados con este último tipo de paneles presentan velocidades de venta de departamentos similares a las de un edificio de hormigón armado, y muchos de los compradores ni se dan cuenta que el edificio es de acero.

#### 3.2.10 Mantenimiento.

En general, en edificios de acero donde la estructura metálica no está expuesta a la intemperie, no se necesitan mantenciones de la estructura para protegerlas de la corrosión.

Si la protección contra incendios de estas estructuras se realiza con pinturas intumescentes, como generalmente se hace en el caso de escaleras o elementos metálicos que quedan a la vista, entonces es necesario repintar con pintura intumescente cada 5 años, pues estas tienen fecha de vencimiento y además se pueden descascarar con el paso de los años. Esta condición es una desventaja para este tipo de edificios, pues no se puede asegurar que en el futuro la mantención de estas pinturas se haga. Es más, la mayoría de las personas desconoce que estas estructuras requieren de pinturas especiales para protegerlas contra el fuego, o no las usan debido a que su costo es muy alto, quedando elementos desprotegidos en caso de incendios.

#### 3.2.10 Adaptabilidad a mejoras y cambios.

Los edificios de acero son fáciles de modificar o reforzar, esto dada su condición de estructura montada y ensamblada con muchas conexiones de pernos fácilmente desmontables. Estas modificaciones pueden ser necesarias en caso de necesitarse una ampliación a tales estructuras o un refuerzo debido a cambios en las solicitudes iniciales de diseño, como por ejemplo habilitar un espacio como biblioteca o bodega que inicialmente fue calculado para soportar cargas de uso habitacional o de oficina.

### 3.2.12 Impacto ambiental de la construcción.

Los edificios de acero causan menor impacto en el medio ambiente durante su construcción que los edificios de hormigón armado. Este menor impacto también va acompañado de ahorros de costos, y se debe a los siguientes factores:

- Escombros: La utilización de mayor cantidad de elementos prefabricados en los edificios de acero también trae consigo una menor producción de escombros en la obra, aprovechando de menor forma los materiales, ahorrando costos por concepto de eliminación de éstos y colaborando con la protección al medio ambiente.
- Ruido y polvo en la construcción: En los edificios de acero, al eliminar gran parte de las faenas de hormigonado, reemplazándolas por montajes de estructuras de acero, se disminuyen los niveles de ruido y polvo en la faena provenientes del tránsito y descarga de camiones betoneros, vibradores y posibles demoliciones. Esto es menos traumático para los trabajadores y minimiza el impacto en el entorno.

Una vez terminada la vida útil de la estructura, al tener que demoler, el impacto también es menor y existe un valor residual aprovechable:

- Reciclaje al demoler: Cerca del 50% de la producción de acero en Chile proviene del reciclaje del acero, los edificios de acero tienen la ventaja de que al terminar su vida útil, su estructura de acero puede venderse para el reciclaje, a su vez esto significa que se tendrá menor cantidad de escombros por lo que se producirá un ahorro en botadero con respecto a un edificio de hormigón. Además esta condición es amigable con el medio ambiente y concuerda con el espíritu de construcción eco-sustentable que se promueve en estos días.

## **Capítulo 4**

# **DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE ESTRUCTURA METÁLICA A CONSIDERAR PARA EL ANÁLISIS**

### **4.1 GENERALIDADES**

El proyecto considerado es el condominio “Paseo Don Belisario”, el cual es un proyecto habitacional desarrollado por Inmobiliaria Artec como parte mandante y Constructora Tecsca como constructora. La arquitectura estuvo a cargo de “Isla & Sandoval Arquitectos” y el cálculo estructural a cargo de “ARA ingeniería”. El proyecto está ubicado en la calle Belisario Prats N° 1530, comuna de Independencia, en Santiago. Contempla la construcción de cinco edificios de cinco pisos cada uno, con cuatro departamentos por piso que van desde los 54.2 m<sup>2</sup> hasta los 67.6 m<sup>2</sup> y desde las 1197 UF hasta las 1595 UF como precio de venta. Es este capítulo se describe este proyecto desde su arquitectura, su diseño estructural, costos y plazos de construcción.

## 4.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PROYECTO.

Como se dijo anteriormente, el proyecto está conformado por cinco edificios, entre estos hay pequeñas diferencias de superficie que hacen que dos de ellos sean iguales y que otros dos sean simétricos entre si, por lo que se tienen tres tipos de edificios diferentes. La tabla 4.1 muestra la superficie construida según cada edificio, los edificios A y E son idénticos entre si, mientras que los edificios B y D son los simétricos.

*Tabla N°4.1: Superficie edificada “Paseo Don Belisario”*

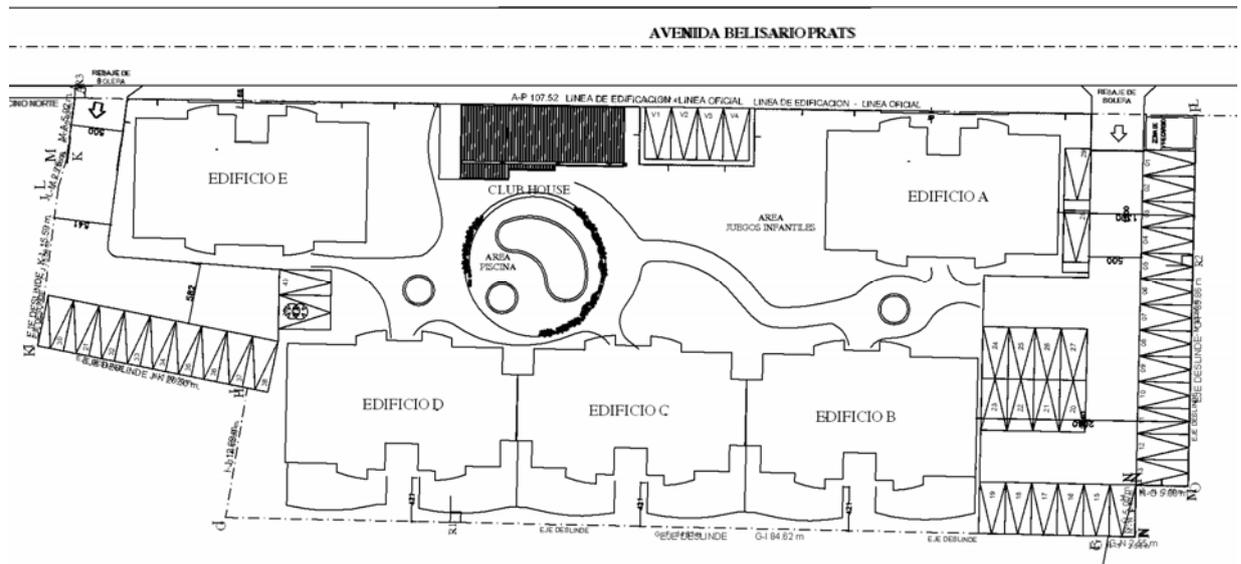
	m2 piso 1	m2 Piso Tipo (2º al 5º)	m2 <b>Totales</b>
<b>Edificio A</b>	277,8	276,0	1381,8
<b>Edificio B</b>	268,3	266,5	1334,2
<b>Edificio C</b>	261,3	258,3	1294,4
<b>Edificio D</b>	268,3	266,5	1334,2
<b>Edificio E</b>	277,8	276,0	1381,8
<b>Total Proyecto</b>			<b>6726,4</b>

*Figura 4.1: Vista General Proyecto Don Belisario*



La figura 4.2 muestra la distribución del conjunto. El condominio posee áreas verdes, estacionamientos en superficie, piscina y un club house.

Figura 4.2: Distribución del conjunto de edificios.

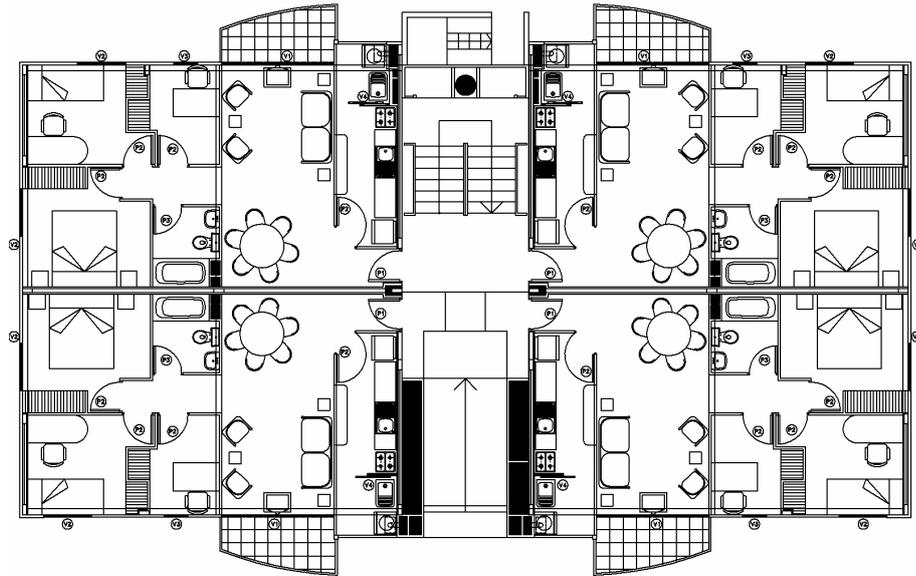


### 4.3 PLANTAS DE PRIMER PISO Y PISOS TIPO

Todos los edificios consideran cuatro departamentos por piso, a continuación se muestran las plantas de cada edificio, nótese las pequeñas diferencias en las Prats de cada tipo de edificio.

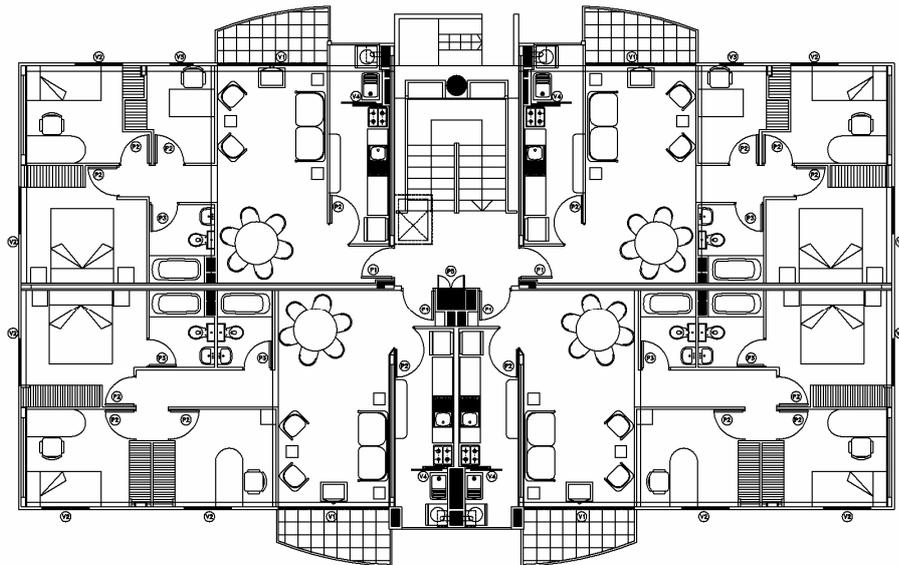
#### 4.3.1 Edificios A y E.

*Figura 4.3: Edificios A y E, planta primer piso.*



Edificios A y E - Planta Primer Piso

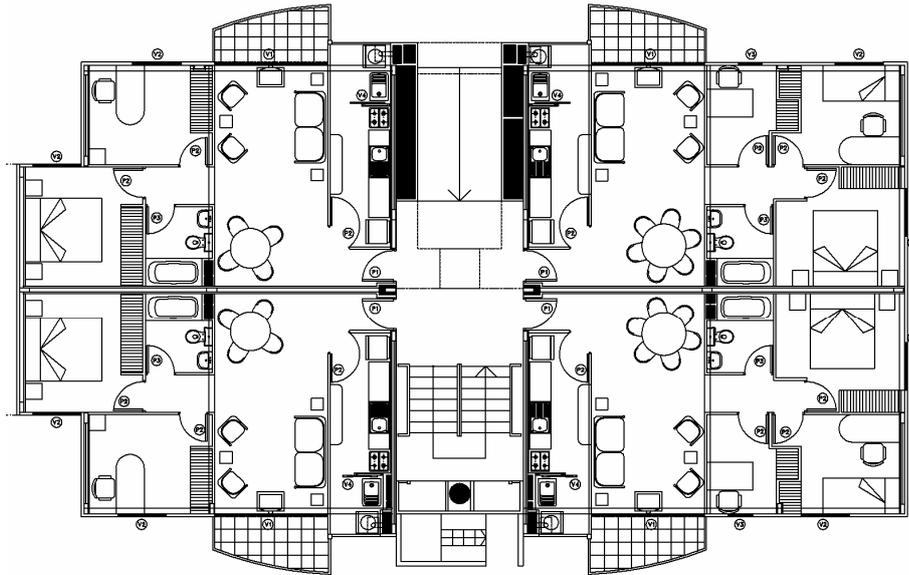
*Figura 4.4: Edificios A y E, planta Piso Tipo.*



Edificio A y E - Planta Piso Tipo

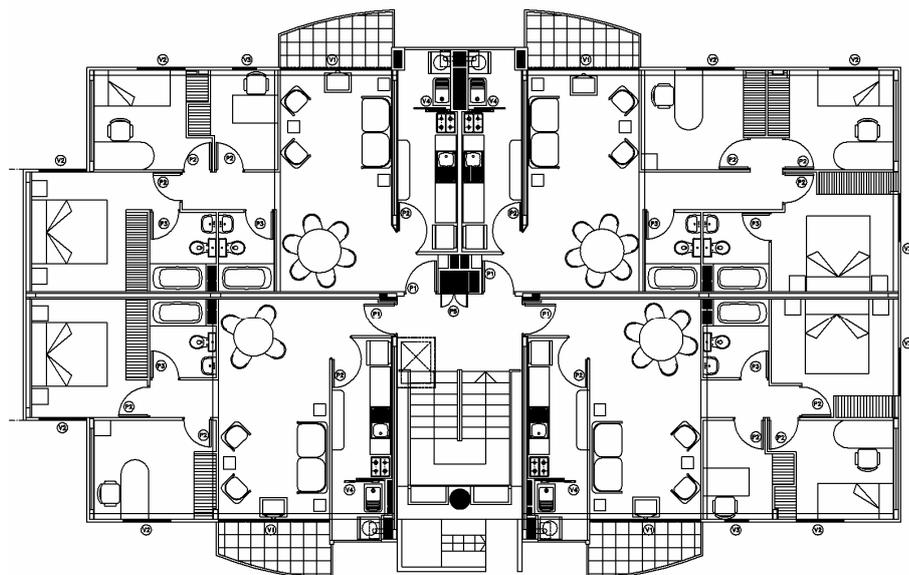
4.3.2 Edificios B y D: Se presentan las plantas del edificio B, la diferencia con los anteriores es un corte en las losas del ala izquierda. El edificio es simétrico al D, en el que estos cortes están en el ala derecha en vez de la izquierda. Estos cortes se introducen para poder dar lugar a la colocación de una ventana que de al hueco que queda entre los edificios colindantes.

*Figura 4.5: Edificio B, planta primer piso.*



Edificio B - Planta Primer Piso

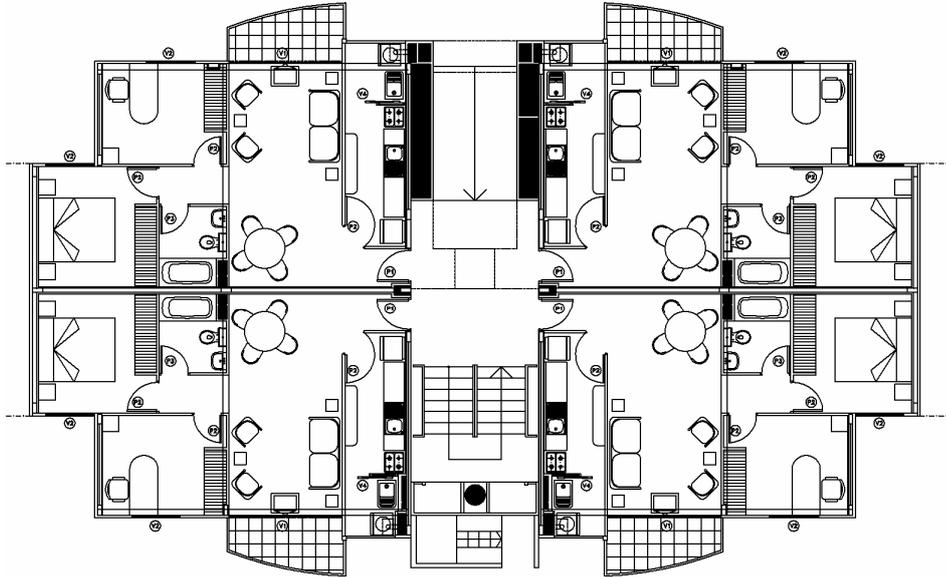
*Figura 4.6: Edificio B, planta primer piso.*



Edificio B - Planta Piso Tipo

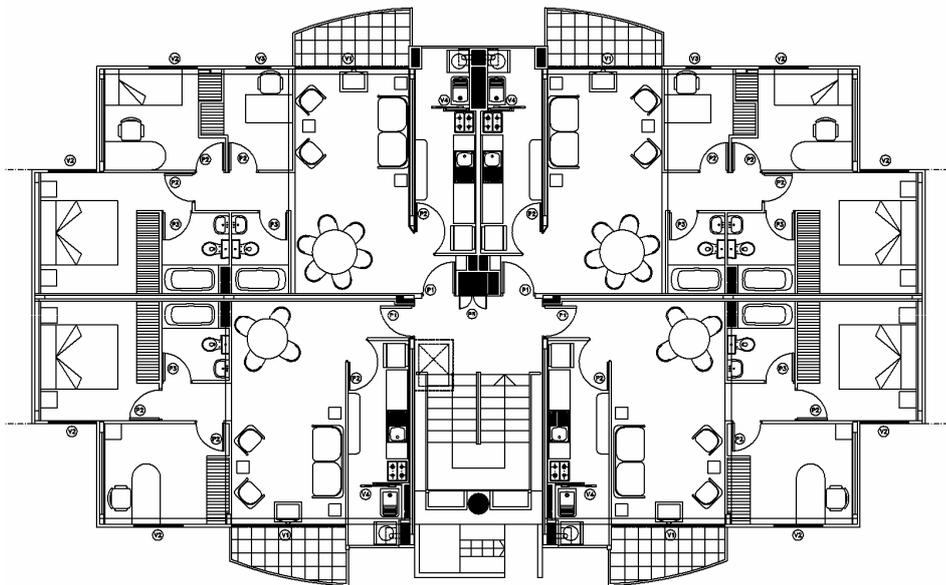
4.3.3 Edificio C: En este caso los cortes de las losa son a los dos lados.

*Figura 4.7: Edificio C, planta primer piso.*



Edificio C - Planta Primer Piso

*Figura 4.8: Edificio C, planta primer piso.*



Edificio C - Planta Piso Tipo

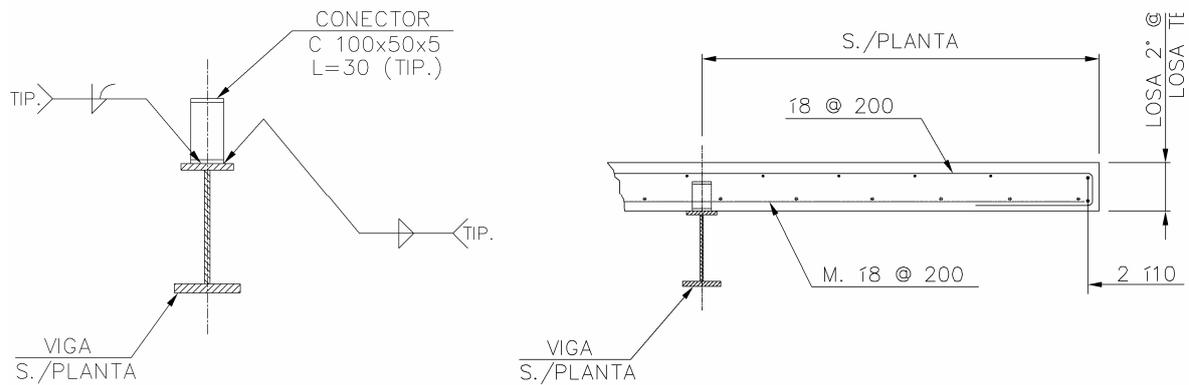
#### 4.4 FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO.

El esqueleto resistente del edificio está estructurado íntegramente mediante vigas y columnas de acero arriostradas según se mostrará más adelante, las losas son de hormigón armado y la techumbre se sostiene con cerchas también de acero.

##### 4.4.1 Sistema de Losas.

Las losas son de hormigón armado, de 13 cm de espesor, apoyadas sobre vigas de acero doble T que colaboran gracias a la incorporación de conectores de corte. Estos conectores son materializados mediante la soldadura a la viga de segmentos de 30 cm de un perfil canal. Los segmentos de perfiles canal son soldados a la viga por una de sus alas y se orientan de forma que su ala quede al lado contrario del alma del segmento anterior.

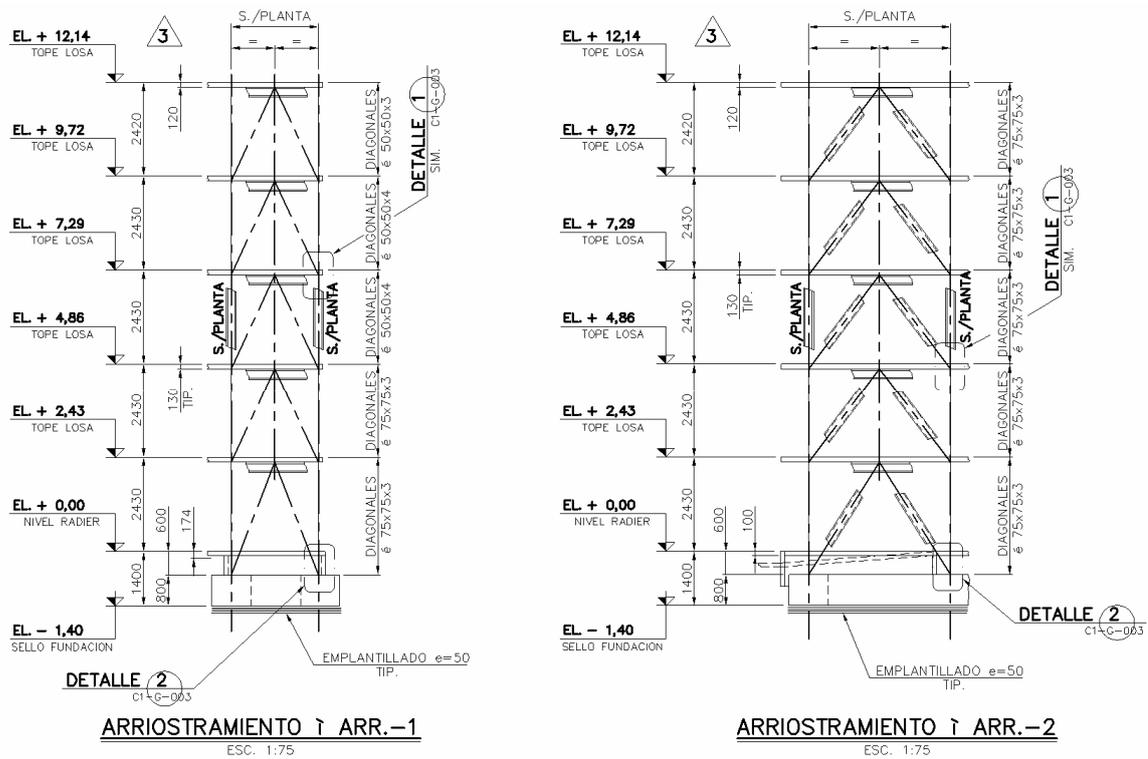
*Figura 4.9: Losa con viga colaborante*



#### 4.4.2 Sistema de Arriostramientos.

Está compuesto por un sistema en V invertida, cabe señalar que al usar este tipo de arriostramientos se requiere que la viga sea continua en el punto de intersección de las diagonales, según lo dicta la NCH2369 “Diseño Sísmico de Estructuras e Instalaciones Industriales” en su punto 8.3.5. La siguiente figura muestra las dos dimensiones de arriostramientos presentes en el edificio y la disposición de éstos en planta.

Figura 4.10: Arriostramientos en V invertida o “Chevron Bracing”

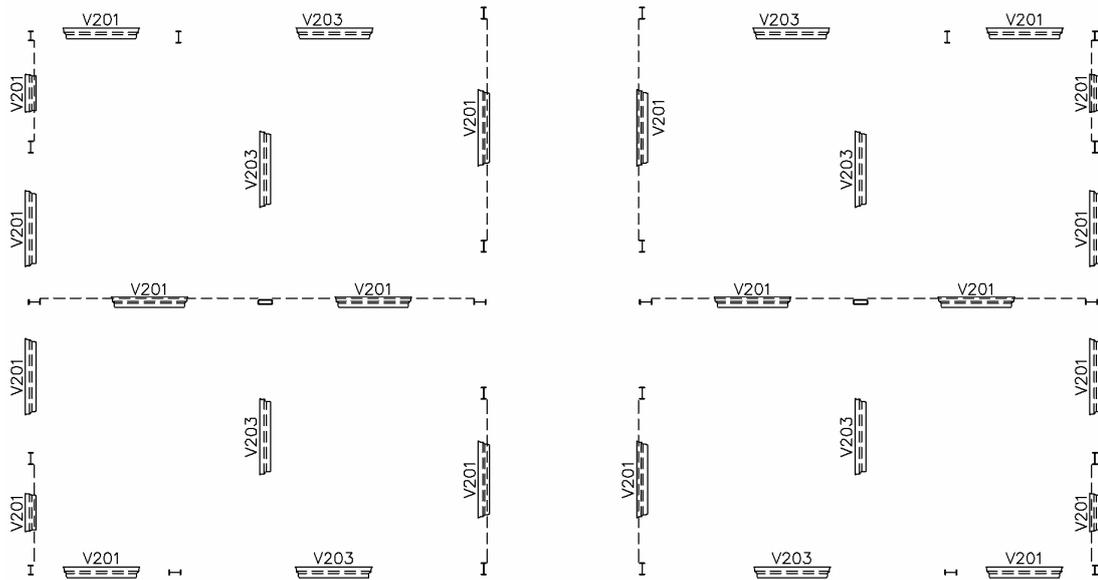




#### 4.4.3 Columnas y Vigas

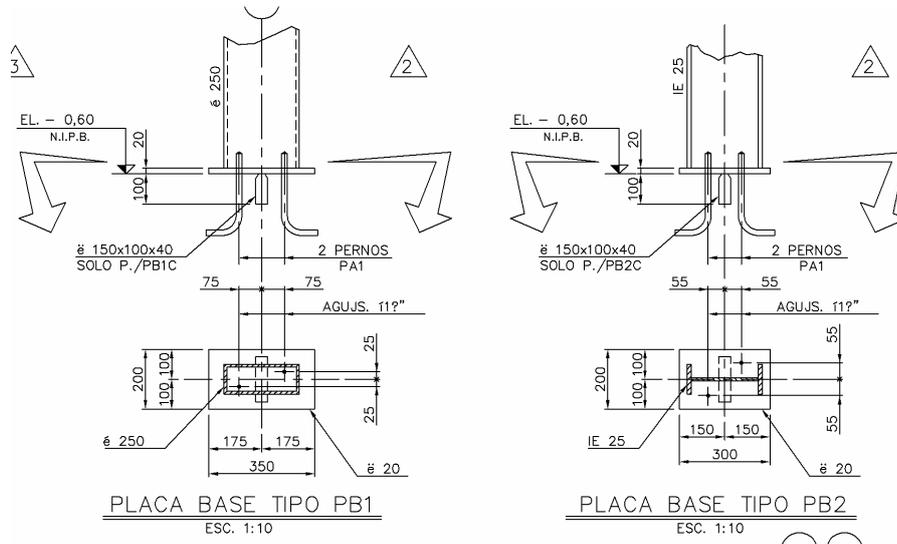
Las columnas son la mayoría del tipo IN, salvo excepciones de sección cajón, la mayoría de 250 mm de base y espesores varios, mientras que las vigas son del tipo IE, todas de 200 mm de alto, 100 mm de ala inferior y 80 mm de ala superior, pero de espesores distintos. En la siguiente figura se ve la disposición de las columnas y vigas en planta y las líneas punteadas indican la presencia de arriostramientos.

Figura 4.13: Disposición de Columnas y Vigas.



Las conexiones de las columnas a las fundaciones son apoyos simples, con llaves de corte cuando se consideró necesario según el cálculo:

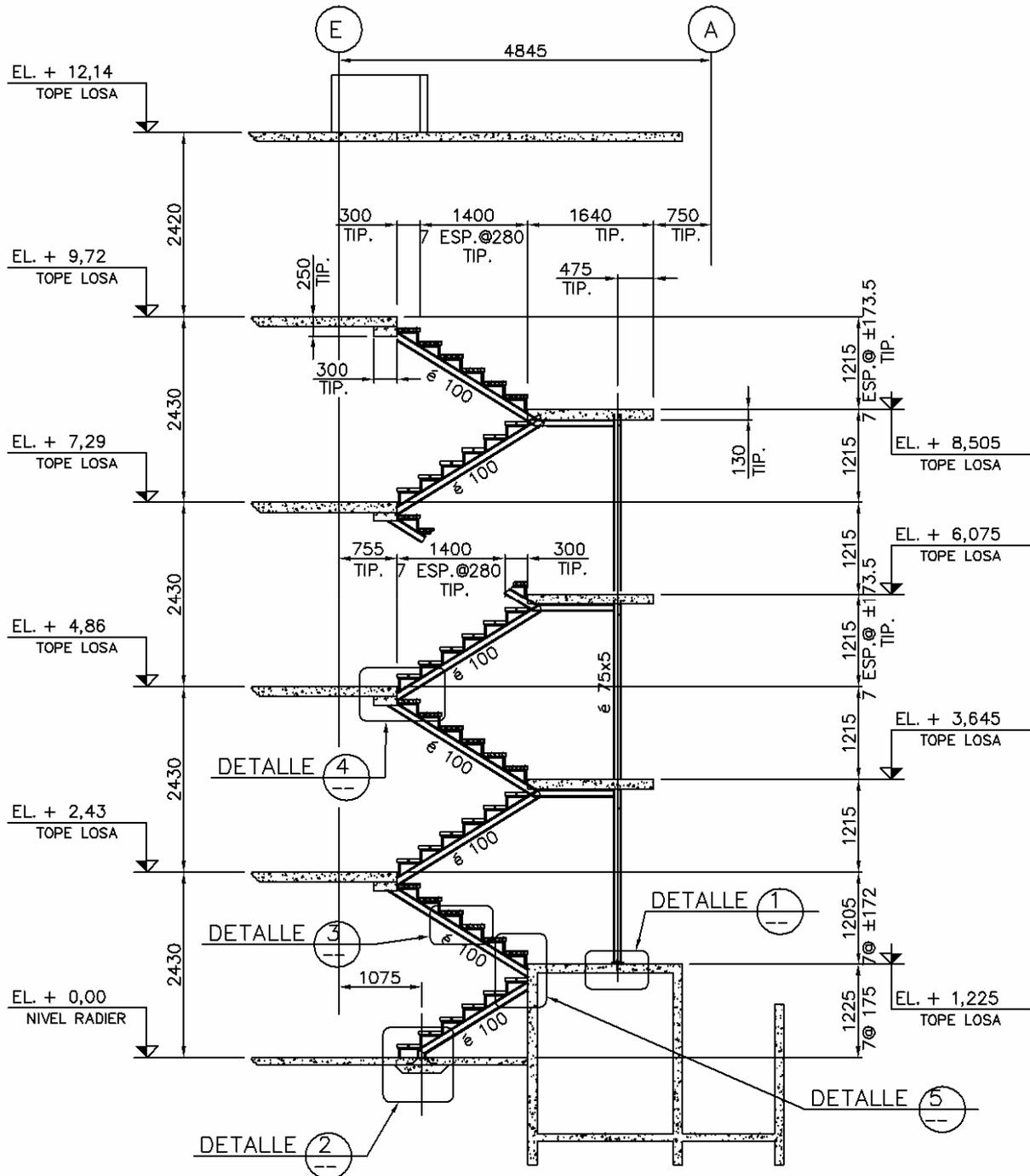
Figura 4.14: Apoyos de Columnas.



#### 4.4.4 Escalera Metálica.

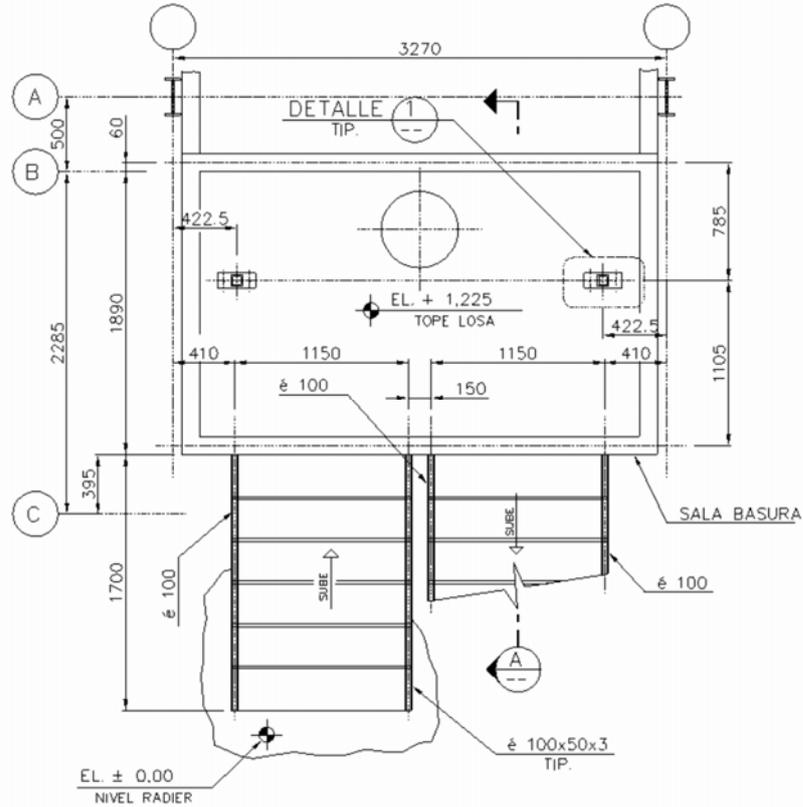
La escalera se empotra en cada piso, por un extremo a la losa del piso y por el otro a un descanso, el que a su vez se apoya sobre dos perfiles de sección cajón que parten verticalmente desde el primer piso al piso superior, como se muestra en la figura.

Figura 4.15: Vista en elevación de la Escalera Metálica.



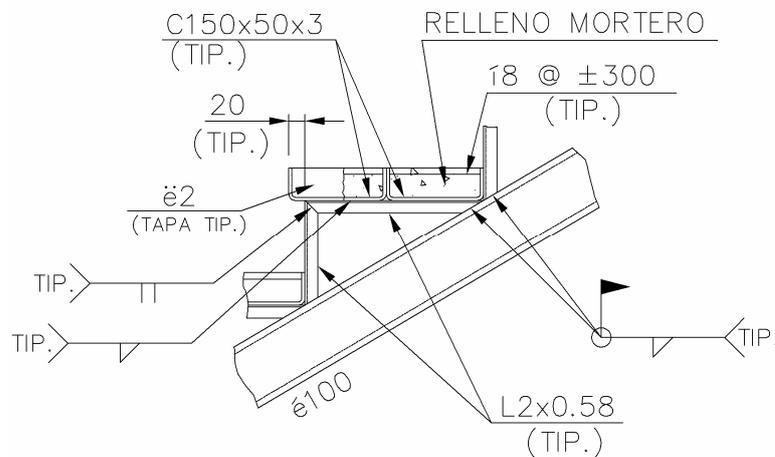
En la siguiente figura se aprecia la ubicación de los perfiles cajón que soportan los descansos de la escalera, y el círculo en medio de descanso indica la posición del ducto de basura.

Figura 4.16: Vista en Planta de las escaleras y descanso



Los largueros de la escalera están conformados con perfiles de sección Cajón, sobre los cuales van soldados perfiles L en los cuales descansan los peldaños. Los peldaños se materializan con dos perfiles canal con su abertura hacia arriba, la cual se rellena con mortero.

Figura 4.17: Detalle de los peldaños de escalera.



## 4.5 PANEL EXTERIOR Y TABIQUERÍA.

### 4.5.1 Panel Exterior

El panel viene armado de fábrica y se compone de dos planchas entre las cuales se inyecta una solución de poliuretano de  $40 \text{ kg/m}^3$ . La planta exterior es de fibrocemento de espesor 8 mm, mientras que la interior es de yeso cartón de 15 mm. La plancha de fibrocemento va terminada con materiales aislantes y pinturas como se describen en la figura 2.8. El panel descansa sobre un perfil L que va atornillado a otro del mismo tipo soldado a la viga (figura 2.9). Todo el panel se fija al perfil L mediante pernos auto perforantes. El espesor total del panel es de 70 mm.

Figura 4.18: Panel Exterior, vista en escantillón.

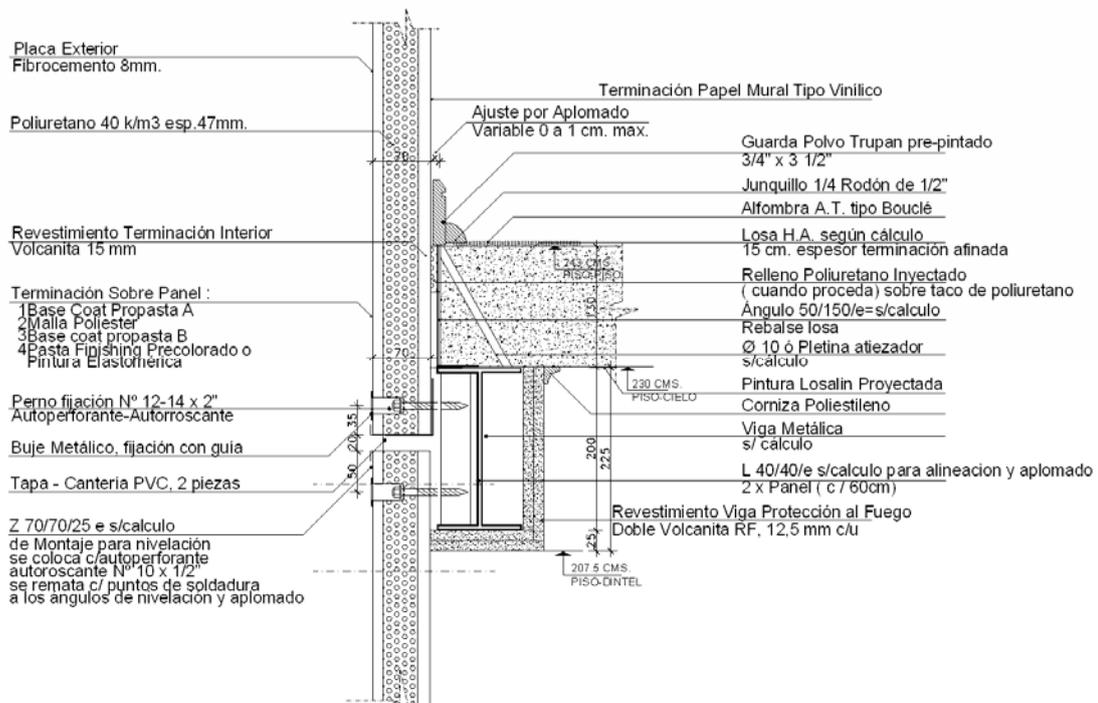
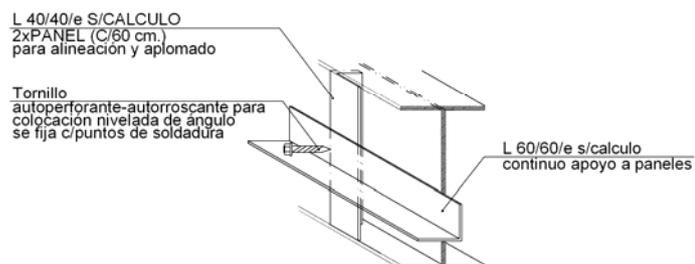


Figura 4.19: Detalle de Soporte del Panel

### VISTA ISOMETRICA SOPORTE

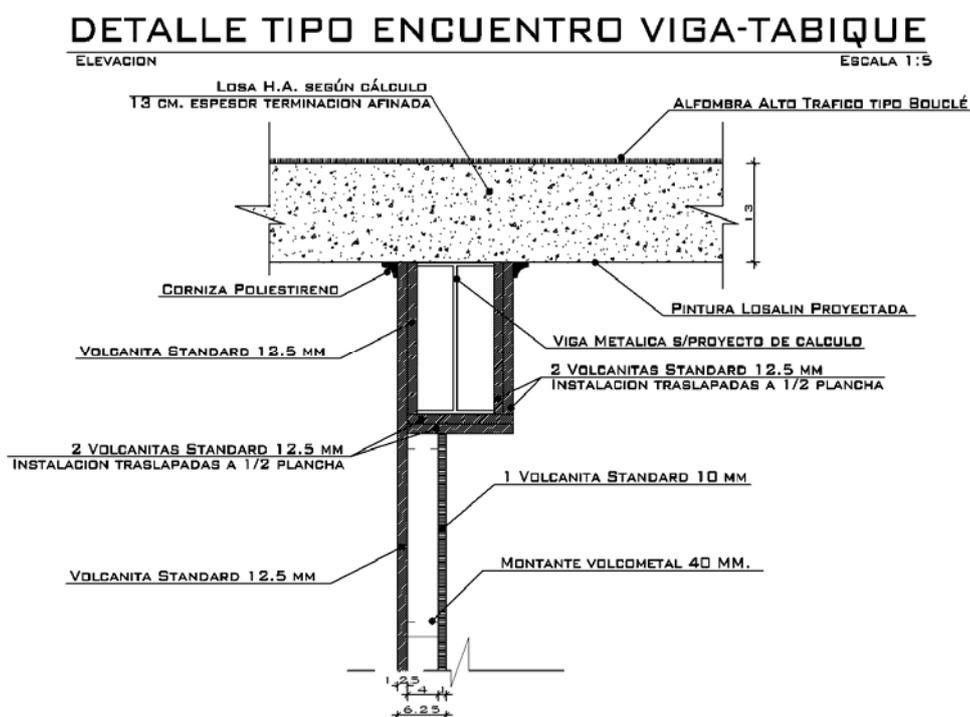
ESCALA 1:5



#### 4.5.2 Tabiquería.

Está compuesta por tabiques Volcometal, con espesores desde los 6.25 cm hasta los 11 cm dependiendo de su uso que se le da. En la figura también se aprecia la protección al fuego de una viga, la que se hace con planchas de yeso cartón, el espesor de la protección al fuego varía dependiendo del elemento estructural que se quiere proteger, según la resistencia al fuego exigida en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC) en su capítulo 3.

Figura 4.20: Detalle de Tabiques.



#### 4.5.3 Protección al fuego.

La OGUC en sus artículos 4.3.3 y 4.3.4 define los tipos de estructuras para su protección al fuego y los requisitos de protección que deben cumplir. Según esto un edificio habitacional de 5 pisos como este clasifica como de tipo b, y debe cumplir los requisitos que pide la siguiente tabla:

Tabla N° 4.2: Resistencia al fuego requerida para los elementos estructurales de construcción de edificios.

RESISTENCIA AL FUEGO REQUERIDA PARA  
LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCION DE EDIFICIOS

ELEMENTOS DE CONSTRUCCION									
TIPO	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
a	F-180	F-120	F-120	F-120	F-120	F- 30	F- 60	F-120	F- 60
b	F-150	F-120	F- 90	F- 90	F- 90	F- 15	F- 30	F- 90	F- 60
c	F-120	F- 90	F- 60	F- 60	F- 60	-	F- 15	F- 60	F- 30
d	F-120	F- 60	F- 60	F- 60	F- 30	-	-	F- 30	F- 15

SIMBOLOGIA:

Elementos verticales:

- (1) Muros cortafuego
- (2) Muros zona vertical de seguridad y caja de escalera
- (3) Muros caja ascensores
- (4) Muros divisorios entre unidades (hasta la cubierta)
- (5) Elementos soportantes verticales
- (6) Muros no soportantes y tabiques

Elementos verticales y horizontales:

- (7) Escaleras

Elementos horizontales:

- (8) Elementos soportantes horizontales
- (9) Techumbre incluido cielo falso

El objetivo de esta memoria no es el de corroborar si es que los elementos que conforman el edificio cumplen con los requisitos que dicta la OGUC, pues las direcciones de obras de las municipalidades se encargan de verificar esto antes de otorgar el permiso de edificación, sin embargo se ha querido mostrar algunos ejemplos de resistencia al fuego que presentan algunos de sus elementos.

- Vigas de Acero:

Las vigas presentes en el proyecto son todas de sección doble T y por lo general de 100x200x5x5 mm (alas, alma, espesor alas, espesor alma). La protección de todas ellas se hace con dos planchas de Volcanita RF de 12.5 mm de espesor cada una. La resistencia al fuego de estos elementos depende tanto de su protección como de su masividad, teniéndose por ejemplo que dos perfiles de acero de distinta sección, protegidos ambos con dos planchas de yeso cartón de igual espesor tengan diferentes resistencias al fuego.

Según las tablas anteriores los elementos soportantes horizontales para edificios tipo b deben ser de resistencia al fuego F-90.

El Listado Oficial de Comportamiento al Fuego de Elementos y Componentes de la Construcción elaborado por el MINVU establece que una estructura de acero de sección doble T de dimensiones 400x400x20x12 protegida con dos planchas de Volcanita RF de 12,5 mm de espesor tiene una resistencia al fuego de F-120.

Luego las vigas del edificio de acero deben cumplir con la resistencia al fuego F-90 requerida.

- Columnas:

Las columnas del proyecto son de similares secciones a las vigas. Según la OGUC los elementos soportantes verticales deben tener una resistencia al fuego de F-90 para edificios tipo b, por lo que también deben cumplir con el requisito.

- Tabiques divisorios de unidades:

La OGUC exige una resistencia F-90 para estos elementos. De los tabiques divisorios se conoce solo que están formados por una estructura metálica protegida con planchas de Volcanita RF, sin embargo el Listado del MINVU mencionado anteriormente muestra múltiples soluciones de este tipo con resistencia F-90° superiores, lo que se logra con recubrimientos de doble plancha de Volcanita RF de 12,5mm de espesor en algunos casos o de 15 mm de espesor en otros. Por lo tanto la protección al fuego no es difícil de implementar en estos elementos.

#### 4.6 PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN.

Se presenta a continuación el presupuesto de construcción del condominio Paseo Don Belisario que Inmobiliaria Artec facilitó para la realización de esta memoria.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	P.UNIT UF	P.TOTAL UF
<b>1</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				<b>857,44</b>
1.1	Demoliciones	gl	0	0	0,00
1.2	Limpieza de Terreno	m2	4140	0,0117	48,44
1.3	Construcciones Provisorias e Instal Faena (en GG)	gl			0,00
1.4	Trazado y Niveles	ml	615	0,151	92,87
1.5	Instalaciones Provisorias				
1.5.1	De Agua Potable	gl	1	41,6151	41,62
1.5.2	De Electricidad	gl	1	80,2577	80,26
1.5.3	Inst. Equipos y. Mantención	gl	1	594,2635	594,26
<b>2</b>	<b>OBRA GRUESA</b>				<b>21003,37</b>
2.1	<b>Movimientos de tierra</b>				<b>658,17</b>
2.1.1	Escarpe de terreno (incluido en 1,2)				
2.1.2	Excavaciones	m3			
2.1.2.1	Excavación a máquina	m3	557	0,0496	27,63
2.1.2.2	Excavación a Máquina Fundaciones c/retiro	m3	280	0,4089	114,49
2.1.2.3	Excavación a mano c/retiro	m3	60	0,4028	24,17
2.1.2.4	Rellenos compactados bajo radieres	m3	605	0,4356	263,54
2.1.2.5	Rellenos compactados en sobrecimiento (en ítem 2,1,2,4)	m3			
2.1.3	Extracción de escombros	m3	998	0,2288	228,34
2.2	<b>BASES PARA PAVIMENTOS</b>				<b>399,87</b>
2.2.1	Ripio	m2	1210	0,0523	63,28
2.2.2	Radier	m2	1260	0,2587	325,96
2.2.3	Gradas y rampas exteriores	ml	35	0,3037	10,63
2.3	<b>HORMIGONES</b>				<b>3049,05</b>
2.3.0	Mejoramiento de Terreno	m3	80	1,6193	129,54
2.3.1	Emplantillado	m3	35	1,9711	68,99
2.3.2	Hormigón Fundaciones	m3	299	2,2184	663,30
2.3.3	Hormigón Vigas de Fundación	m3	18	2,4902	44,82
2.3.4	Hormigón Losas	m3	800	2,4902	1992,16
2.3.5	Placa de anclaje y su fijación	unid	129	1,1646	150,23
2.4	<b>FIERRO</b>				<b>2373,81</b>
2.4.1	Fierro A63-42H	kg	89241	0,0266	2373,81
2.5	<b>MOLDAJE</b>				<b>1852,86</b>
2.5.1	Vigas de Fundación	m2	370	0,3034	112,26
2.5.2	Moldaje de Losa	m2	6232	0,2793	1740,60
2.6	<b>ESTRUCTURA METÁLICA</b>				<b>7898,22</b>
2.6.1	Suministro de acero para estructura metálica	kg	124590	0,0345	4298,36
2.6.2	Fabricación de estructura metálica	kg	124590	0,0181	2255,08
2.6.3	Flete y Montaje de estructura metálica	kg	124590	0,0089	1108,85
2.6.4	Planos de fabricación	kg	124590	0,0015	186,89
2.6.5	Pernos y placa anclaje	kg	1	49,0464	49,05

ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	P.UNIT UF	P.TOTAL UF
2.6.6.a	<b>ESTRUCTURA Y PLACA EN CUBIERTA</b>				<b>641,64</b>
2.6.6.a1	Estructuración (6 kg/m <sup>2</sup> )	m2	1453	0,3357	487,77
2.6.6.a2	Placa usada moldaje con pérdida incorporada (nota1)	m2	0	0	0,00
2.6.6.a3	Insumos y fijaciones	m2	1453	0,0119	17,29
2.6.6.a4	Fieltro 15 lbs	m2	1453	0,0172	24,99
2.6.6.a	Mano de Obra Instalación	m2	1453	0,0768	111,59
2.6.7	<b>ESCALERAS METÁLICAS</b>				<b>464,50</b>
2.6.7.1	Escaleras metálicas	kg	6570	0,0707	464,50
2.7	<b>CUBIERTA Y HOJALATERÍA</b>				<b>824,11</b>
2.7.1	Sum y Col. Cubierta de Onda St.48mm x 0,4mm	m2	1360	0,2514	341,90
2.7.2	Hojalatería en 0,5mm (D.10%) al ser 0,4mm	gl	1	178,3504	178,35
2.7.3	Bajadas de Aguas Lluvias de 110 mm	ml	143	0,3481	49,78
2.7.5	Escotillas salida Techo	c/u	5	25,3701	126,85
2.7.6	Ventilación Baños	c/u	20	6,3612	127,22
2.8	<b>TABIQUES EXTERIORES</b>				<b>2841,14</b>
2.8.1	Fijación de Panel	m2	2151	0,1078	231,88
2.8.2	Muros Perimetrales tipo PUR-Panel	m2	2032	1,2384	2516,43
2.8.3	Muros Perimetrales tipo PUR-Panel bajo Siding (c/fieltro)	m2	119	0,7801	92,83
<b>3</b>	<b>TERMINACIONES</b>				<b>20585,81</b>
3.0	<b>IMPERMEABILIZACIONES</b>				<b>308,78</b>
3.0.1	Impermeabilización baños, cocina y logia	m2	2417	0,1129	272,88
3.0.2	Impermeabilización bajo radier (no se considera)	m2	0	0	0,00
3.0.3	Impermeabilización de terrazas	m2	318	0,1129	35,90
3.1	<b>TABIQUES INTERIORES</b>				<b>445,51</b>
3.1.1	Aislación de Tabiques (Solo material puesto en Piso)	m2	7450	0,0598	445,51
3.1.2	<b>TABIQUES INTERIORES</b>				<b>4751,53</b>
3.1.2.1	Tabiques tapa riostra	m2	575	0,4196	241,27
3.1.2.2	Tabiques medianero Dpto-Dpto	m2	1380	0,8819	1217,02
3.1.2.3	Tabiques 60 mm	m2	4485	0,3378	1515,03
3.1.2.4	Tabiques 80 mm	m2	475	0,3695	175,51
3.1.2.5	Tabiques medianero Dpto-Escala	m2	705	0,6893	485,96
3.1.2.6	Tabiques cocina-cocina	m2	380	0,7749	294,46
3.1.2.7	Tabiques Shaft	m2	340	0,3173	107,88
3.1.2.8	Tabiques faldón Tina	c/u	142	0,4192	59,53
3.1.2.9	Tabiques Duraboard Terraza-Cocina	m2	225	0,4281	96,32
3.1.2.10	Tabiques Shaft Duraboard	m2	950	0,3215	305,43
3.1.2.11	Tabiques Cocina-Living	m2	380	0,6661	253,12
3.2	<b>PROTECCIÓN CONTRA EL FUEGO EST. METÁLICA</b>	m2			<b>345,23</b>
3.2.1	Protección contra el Fuego Estructura Metálica	m2	1155	0,2989	345,23
3.3.	<b>CIELOS</b>				<b>135,03</b>
3.3.1	Vigón falso Baño	ml	193	0,2819	54,41
3.3.2	Vigón Falso Cocina	ml	286	0,2819	80,62
3.4	<b>REVESTIMIENTOS</b>				<b>827,67</b>
3.4.1	<b>MUROS</b>				<b>827,67</b>
3.4.1.1	Cerámica en muros Baños	m2	703	0,4094	287,81
3.4.1.2	Enlucido a pasta	m2	13986	0,0386	539,86

ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	P.UNIT UF	P.TOTAL UF
3.4.2	<b>PAVIMENTOS</b>				<b>1317,69</b>
3.4.2	CUBREPISO Y FLÉXIT				834,07
3.4.2.1	cubre piso Tipo Ponéis (380 gr./m <sup>2</sup> )	m2	4095	0,1795	735,05
3.4.2.2	Espacios Comunes (Cerámica)	m2	297	0,3334	99,02
3.4.2.3	<b>PAVIMENTOS CERÁMICOS</b>				483,61
3.4.2.3.1	Cerámica en cocina y logia	m2	739	0,3635	268,63
3.4.2.3.2	Cerámica en baños	m2	293	0,3374	98,86
3.4.2.3.3	Cerámica en terrazas	m2	320	0,3629	116,13
3.5	<b>GUARDAPOLVOS Y CORNISAS</b>				<b>844,68</b>
3.5.1	guardapolvos de madera	ml	5089	0,0751	382,18
3.5.2	guardapolvo de cerámica (eliminado)	ml			0,00
3.5.2.1	En Terraza	ml	535	0,1359	72,71
3.5.3	Moldura Nomastyl	ml	7205	0,0541	389,79
3.6	<b>GRADAS</b>				<b>75,70</b>
3.6.1	Grada exterior (no se considera)	ml	0	0	0,00
3.6.2	Terminación gradas escaleras	ml	336	0,2253	75,70
3.7	<b>PUERTAS</b>				<b>1298,92</b>
3.7.1	Puertas tipo P1	c/u	103	1,2588	129,66
3.7.2	Puertas tipo P2	c/u	381	1,1227	427,75
3.7.3	Puertas tipo P3	c/u	143	1,1163	159,63
3.7.4	Puertas tipo P6 (incluida en sala de ventas)	c/u	0	0	0,00
3.7.5	Puertas salas de basura (tipo P4)	c/u	5	5,6478	28,24
3.7.6	Puertas de Aluminio Anodinado	c/u	101	5,434	548,83
3.7.7	Puerta acceso sala venta y Club House	c/u	2	2,4077	4,82
3.8	<b>PVC Y VIDRIOS</b>				<b>2595,50</b>
3.8.1	Ventana PVC tipo V1	c/u	102	9,015	919,53
3.8.2	Ventana PVC tipo V2	c/u	227	2,608	592,02
3.8.3	Ventana PVC tipo V3	c/u	55	2,126	116,93
3.8.4	Remate rasgo	c/u	281	0,7015	197,12
3.8.5	Siding bajo ventanas	m2	119	0,654	77,83
3.8.6	Celosías Logias Estructuradas	m2	317	2,1832	692,07
3.9	<b>QUINCALLERÍA</b>				<b>273,61</b>
3.9.1	Cerradura acceso al edificio	c/u	2	2,9725	5,95
3.9.2	Cerraduras acceso a deptos	c/u	103	0,3276	33,74
3.9.3	Cerraduras de dormitorios	c/u	280	0,3276	91,73
3.9.4	Cerraduras de baños	c/u	143	0,3206	45,85
3.9.5	Cerraduras cocina y loggias	c/u	101	0,317	32,02
3.9.6	Cerraduras espacios comunes	c/u	80	0,2056	16,45
3.9.7	Cerraduras puerta Sala de Basura	c/u	5	1,0773	5,39
3.9.8	Topes de puertas	c/u	625	0,068	42,50
3.10	<b>ESPEJOS</b>				<b>90,53</b>
3.10.1	Espejos de baños	c/u	143	0,6331	90,53
3.11	<b>CARPINTERÍA METÁLICA</b>				<b>1475,69</b>
3.11.1	Baranda de Balcón	ml	420	1,9133	803,59
3.11.2	Baranda escala	ml	215	1,4883	319,98
3.11.3	Gabinetes Medidores	gl	1	352,1231	352,12

ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	P.UNIT UF	P.TOTAL UF
3.12	<b>PINTURAS Y PAPELES</b>				<b>2237,89</b>
3.12.1	Masilla mágica en barandas y rejas	m2	1722	0,018	31,00
3.12.2	Esmalte sobre metal	m2	1933	0,0654	126,42
3.12.3	Esmalte sobre madera (puertas)	c/u	627	0,529	331,68
3.12.4.b	Papel Vinílico Interior (200gr/m2)	m2	11513	0,0631	726,47
3.12.5	Pintura Exterior	m2	1439	0,19	273,41
3.12.6	Pintura Losalin	m2	4713	0,0844	397,78
3.12.7	Esmalte en muros y cielos (baños y cocinas)	m2	5369	0,0654	351,13
3.13	<b>MUEBLES INCORPORADOS</b>				<b>1600,42</b>
3.13.1	Muebles de cocina (L=2 m 4 puertas)	c/u	101	5,9718	603,15
3.13.2	Muebles de closet	ml	398	2,5057	997,27
3.14	<b>ARTEFACTOS SANITARIOS</b>				<b>1406,05</b>
3.14.1	WC	un	143	2,2906	327,56
3.14.2	Lavatorio con pedestal	un	143	1,8507	264,65
3.14.3	Tina de Acero estampado enlosado (no se considera)				0,00
3.14.5	Tina de 1,4mt	c/u	142	4,0991	582,07
3.14.6	Lavaplatos A Inox 1T 1S	c/u	101	2,2488	227,13
3.14.7	Calefón 10 lt (tiro forzado)	un	101	0,0459	4,64
3.15	<b>ACCESORIOS SANITARIOS</b>				<b>204,09</b>
3.15.1	Portarrollos	c/u	143	0,2067	29,56
3.15.2	Toallero	c/u	143	0,1105	15,80
3.15.3	Jabonera	c/u	142	0,1487	21,12
3.15.4	Percha	c/u	286	0,0875	25,03
3.15.5	Barra cortina de 1,4 mt	c/u	142	0,1354	19,23
3.15.6	Extractor Axial 4"	c/u	143	0,6529	93,36
3.16	<b>SEÑALÉTICA</b>				<b>44,59</b>
3.16.1	Señalética	gl	1	44,5876	44,59
3.17	<b>ASEO Y ENTREGA</b>				<b>306,69</b>
3.17.1	Aseo y Entrega	gl	1	162,5876	162,59
3.17.2	Aseo Departamentos	c/u	101	1,4268	144,11
<b>4</b>	<b>INSTALACIONES</b>				<b>10211,45</b>
4.1	<b>AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO</b>				<b>3150,86</b>
4.1.1	Agua Potable	gl	1	2048,0571	2048,06
4.1.2	Alcantarillado	gl	1	1102,8	1102,80
4.2	<b>ELECTRICIDAD, GAS Y OTROS</b>				<b>3381,78</b>
4.2.1	Electricidad	gl	1	2664,3172	2664,32
4.2.2	Lámparas	gl	1	84,5054	84,51
4.3	Gas (solo obras civiles)	gl	1	95,1202	95,12
4.4	Sistema de Extrac de Basura y Gabinetes de Incendio	gl	1	375,2415	375,24
4.5	Sistema de Sitofonía y Portón Automático	gl	1	162,5997	162,60

ITEM	DESCRIPCIÓN	UN	CANT	P.UNIT UF	P.TOTAL UF
5	<b>EXTERIORES</b>				<b>1041,08</b>
5.1	Rejas y Portones	ml	143	2,6248	375,35
5.2	Obras de Pavimentación				0,00
5.2.1	Excavación y retiro de Excedentes	m3	607	0,1962	119,09
5.2.2	Compactación Subrasante	m2	1000	0,0386	38,60
5.2.3	Base CBR 80%	m3	500	0,4072	203,60
5.2.4	Geotextil	m2	607	0,0327	19,85
5.2.5	Asfalto interior	m2	607	0,1962	119,09
5.2.6	Terminaciones maicillo interior	m2	321	0,088	28,25
5.2.7	Soleras	ml	250	0,2973	74,33
5.2.8	Solerillas	ml	286	0,22	62,92
5.3	<b>JARDÍN Y PAISAJISMO</b>				<b>994,60</b>
5.3.1	Áreas Verdes (Riego y Jardín)	m2	714	0,2081	148,58
5.3.2	Relleno jardín	m3	179	0,4043	72,37
5.3.3	Piscina	m2	71	3,8643	274,37
5.3.4	Bancos	c/u	14	4,3987	61,58
5.3.5	Iluminación	c/u	18	2,6753	48,16
5.3.6	Accesos a Edificios	c/u	5	26,7526	133,76
5.3.7	Adoquines y Obras Anexas	gl	1	224,5334	224,53
5.3.8	Demarcación e iluminación Estacionamientos	gl	1	31,2517	31,25
5.4	<b>PAVIMENTOS EXTERIOR</b>				<b>310,93</b>
5.4.1	Proyecto y Permisos	gl	1	89,1752	89,18
5.4.2	Acceso Vehículos	c/u	2	29,7251	59,45
5.4.3	Veredas completas	m2	182	0,8918	162,31
5.5	<b>DRENAJE Y AGUAS LLUVIAS</b>				<b>277,33</b>
5.5.1	Aguas lluvias exteriores	gl	1	277,3349	277,33
5.6	<b>ESPACIOS COMUNES</b>				<b>432,19</b>
5.6.1	Sala de Basura	c/u	5	55,0801	275,40
5.6.2	Bodega de Jardín	c/u	1	156,7925	156,79
6	<b>DEPARTAMENTO PILOTO Y SALA MULTIPLE</b>				<b>622,67</b>
6.1	Construcción departamento piloto y sala de Ventas	m2	95	4,5331	430,64
6.2	Desarme y construcción sala múltiple	m2	95	2,0213	192,02
	<b>TOTAL COSTO DIRECTO</b>				<b>52658,06</b>
	Costos Indirectos de Obra				9037,19
	Gastos Generales Oficina Central y Utilidad				6169,54
	<b>SUB TOTAL</b>				<b>67864,79</b>
	19% IVA				12894,31
	CRÉDITO 65% IVA				-8381,30
	<b>TOTAL A</b>				<b>72377,80</b>
	Demoliciones				535,05
	19% IVA				101,66
	CRÉDITO 65% IVA				-66,08
	<b>TOTAL B</b>				<b>570,63</b>
	<b>TOTAL A + B</b>				<b>72948,43</b>

#### 4.6.1 Validación del presupuesto de construcción.

Como primer paso se verificará la validez del presupuesto comparándolo con parámetros de cuantías de acero típicas para este tipo de edificios, luego se filtrará la información para poder compararla luego con el presupuesto que se realizará para alternativa en hormigón armado. Se analizará también la influencia del precio del acero en el costo total del proyecto.

El presupuesto entregado por la inmobiliaria corresponde al que esta entregó al banco al momento de conseguir el financiamiento, cabe decir que por lo general, este tipo de presupuesto siempre es algo más abultado en los costos con el fin de lograr un financiamiento mayor. Otros problemas similares se pueden encontrar en los presupuestos de construcción municipales y para la constructora.

El presupuesto municipal corresponde solo a una estimación de los costos de construcción hecha por la municipalidad para calcular en base a ello los derechos municipales. El presupuesto para la constructora, por el contrario, tiende a ser muy ajustado en los costos, con el fin de reducir los márgenes para la constructora. Finalmente, el presupuesto “real” de la inmobiliaria suele ser conocido solo por los inversionistas principales del proyecto

El presupuesto entregado, en su ítem de estructura metálica contempla 124.590 kg de acero, considerando que la superficie construida total del proyecto es de 6.726,4 m<sup>2</sup>, se tiene una cuantía de acero de estructura metálica de 18,5 kg acero/m<sup>2</sup>. Esta cuantía es igual a la obtenida en la memoria de Luis Jorquera<sup>1</sup> para el condominio Mirador Río Valdivia, de la misma inmobiliaria, por lo que se puede decir que por lo menos en este ítem, que es el que incide de mayor forma en los costos, el presupuesto está dentro de lo normal.

---

<sup>1</sup> Jonquera, Luis, “Cálculo y diseño de un edificio económico de acero de 5 pisos”, Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil, Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, 2001

#### 4.6.2 Filtros aplicados al presupuesto del edificio de acero.

##### Eliminación de partidas.

Con el fin de poder comparar más tarde este presupuesto con lo que se obtendría al realizar el mismo proyecto en hormigón armado, se eliminan del presupuesto los ítems:

- Demoliciones.
- Obras preliminares.
- Exteriores.
- Jardín y paisajismo.
- Pavimento exterior.
- Drenaje y aguas lluvias.
- Espacios comunes exteriores.
- Departamento piloto y sala multiuso.

Estos ítems no se incluirán en el análisis pues se considera que son muy específicos de cada proyecto, por lo que pueden variar grandemente sus costos de un proyecto a otro. Todos estos ítems suman en su conjunto un total de 5409 UF, y corresponden a un 8,01% de los gastos totales de construcción informados en el presupuesto.

Además se quitó el ítem de costos indirectos y, gastos generales y utilidades, los que se estimarán en extenso a continuación.

#### 4.6.3 Estimación de costos indirectos y gastos generales de construcción.

Los gastos generales informados en el presupuesto corresponden a una estimación del 10% del costo Directo de construcción, sin embargo este es solo un valor aproximado, por lo que se confeccionó una planilla con el desglose de costos indirectos y gastos generales del proyecto.

Se consideran como costos indirectos de construcción para esta evaluación, los generados producto de la mano de obra indirecta que participa en la construcción, es decir, el personal director de la obra, como profesionales y capataces, y el personal de apoyo como porteros, rondines, juniors, etc.

Como gastos generales se tienen los provenientes de arriendos de equipos, herramientas, implementos de seguridad, gastos de oficina y movilización, entre otros.

Esta misma estimación de gastos se realiza luego al analizar la alternativa en hormigón armado. Dado que no se conoce un desglose de estos gastos en estructuras de acero, se tomó como base la planilla realizada para el edificio de hormigón (la cual se explica en el siguiente capítulo) con pequeñísimas variaciones en cuanto a herramientas utilizadas, y considerando que el edificios de acero tiene un plazo de construcción distinto al del hormigón para efectos de arriendos y sueldos de mano de obra indirecta.

Se considera que el supuesto anterior es válido ya que el personal directivo de obra no debería cambiar mucho entre una obra y otra, y que las posibles diferencias se encuentran en los equipos y herramientas utilizados. Dentro de los equipos y herramientas, el mayor peso en costos se lo llevan el arriendo de grúa y elevador, pero estos equipos son comunes tanto como para la alternativa en acero como la de hormigón, por lo que en suma las diferencias en gastos generales e indirectos van más por el lado de la diferencia en plazos de construcción de las alternativas, que por las diferencias en los ítems que componen estos gastos.

Estimar los costos indirectos y gastos generales para la construcción de un solo edificio de 5 pisos de 1345,3 m<sup>2</sup> resulta poco económico para una obra tan pequeña, pues hay costos fijos, como los salarios del profesional de obra, jefe de obra y el arriendo de grúa, que son muy altos para ser absorbidos en los costos de un solo edificio de 5 pisos. Por lo tanto se decidió estimar costos directos y gastos generales para la construcción de 3 edificios promedio, con un total de 4035,9 m<sup>2</sup> de construcción, ya que se considera que este volumen de construcción es suficiente para justificar tales gastos.

A continuación se presenta una tabla con la distribución de la mano de obra indirecta a utilizar en la construcción de los edificios de acero y luego un desglose de los gastos generales.

Tabla N° 4.21: Estudio de mano de obra para el edificio de acero.

Construcción Edificio Acero												
Especialidad	Sueldo \$		Ene-07	Feb-07	Mar-07	Abr-07	May-07	Jun-07	Jul-07	Ago-07	H/mes tot	Total \$
	Bruto	Líquido	1	2	3	4	5	6	7	8		
<b>Personal Directivo Superior de Obra (Considera 36% de Leyes Sociales)</b>												
Profesional residente	2.516.000	1.850.000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,25	7	18.241.000
<b>Total</b>			<b>1,00</b>	<b>0,25</b>	<b>7,25</b>	<b>18.241.000</b>						
<b>Mano de Obra Indirecta (Considera 34% de Leyes Sociales)</b>												
Jefe de obra	1.273.000	950.000	1	1	1	1	1	1	1	0,25	7	9.229.250
Capataz montaje estruc. y paneles	1.005.000	750.000	0	1	1	0	0,25	0	0	0	2	2.261.250
Capataz enfierradores	804.000	600.000	1	1	0,25	0	0	0	0	0	2	1.809.000
Capataz Terminaciones	938.000	700.000	0	0	0	0	1	1	1	0,25	3	3.048.500
Asesor de Seguridad	509.200	380.000	1	1	1	1	1	1	1	0,25	7	3.691.700
Trazador Jefe	696.800	520.000	1	1	0,24	0	0	0	0	0	2	1.560.832
Bodeguero	643.200	480.000	1	1	1	1	1	1	1	0,25	7	4.663.200
Portero	348.400	260.000	1	1	1	1	1	1	1	0,25	7	2.525.900
Rondín	294.800	220.000	1	1	1	1	1	1	1	0,25	7	2.137.300
Reemplazos portería	294.800	220.000	1	1	1	1	1	1	1	0,25	7	2.137.300
Fraguero	294.800	220.000	1	1	0,25	0	0	0	0	0	2	663.300
Mecánico eléctrico	428.800	320.000	1	1	1	1	1	1	1	0,25	7	3.108.800
Junior Administrativo	375.200	280.000	0	1	1	1	1	1	1	0,25	6	2.345.000
Operador elevador	335.000	250.000	0	0	0	0	1	1	1	0,25	3	1.088.750
<b>Total</b>			<b>10,0</b>	<b>12,0</b>	<b>9,7</b>	<b>8,0</b>	<b>10,3</b>	<b>10,0</b>	<b>10,0</b>	<b>2,5</b>	<b>72</b>	<b>40.270.082</b>
<b>U.F. base :</b>	<b>18.353,75</b>											
<b>M2 construcción:</b>	<b>4.035,9</b>											

**COSTOS DE GASTOS GENERALES Y MANO OBRA INDIRECTA**  
**Construcción Edificio Acero**

Recurso	Unidad	Cant	Neto Mes \$	Meses	Total en \$
<b>A) Contrato y remesas</b>					
Seguro todo riesgo construcción	mes	1	65.000	9,5	617.500
Servicio Wagner (pago sueldos y suples)	mes	1	45.000	9,5	427.500
<b>Subtotal A</b>				\$	1.045.000
<b>B) Permisos Municipales</b>					
Permiso Inst. de faena	gl	1	71.513	1	71.513
<b>Subtotal B</b>					71.513
<b>C) Seguridad e Higiene</b>					
Guantes	un	200	790	1	158.000
Zapatos seguridad	un	25	11.400	1	285.000
Lentes policarbonato	un	25	956	1	23.889
Señalización y letreros	gl	1	120.000	2	240.000
Cinturones seguridad con arnés	un	20	16.650	1	333.000
Visera	un	3	2.510	1	7.530
Cascos	un	25	1.200	1	30.000
Botas concreteras	un	20	3.840	1	76.800
Protectores de oído	un	75	280	1	21.000
Tapón para oído	un	50	80	1	4.000
Mantenión Reloj Control	un	1	60.000	1	60.000
Recarga Extintores	un	2	8.500	1	17.000
<b>Subtotal C</b>					1.256.219
<b>D) Herramientas y Máquinas</b>					
Vibrador (arriendo)	un	3	55.000	3,5	577.500
Nivel Topográfico (arriendo)	un	1	40.000	1	40.000
Taquímetro (arriendo)	un	1	85.000	3,5	297.500
Tableros eléctricos completos (compra)	un	1	110.000	1	110.000
Equipo soldadura y corte al oxígeno(compra)	un	3	277.000	1	831.000
Lockers	un	20	6.500	1	130.000
Aspiradora semi-industrial	un	1	90.000	1	90.000
Demolidor Kango (arriendo)	un	1	55.000	3,5	192.500
Caseta portería (Fabricación en terreno)	un	1	70.000	1	70.000
<b>Subtotal D</b>					2.338.500
<b>E) Herramientas y Materiales</b>					
Extensiones eléctricas 3x14	mts	100	687	1	68.700
Extensiones eléctricas 2x16 c/enchufe	mts	160	310	1	49.600
Portatíl con extensión 25 m	un	3	9.550	1	28.650
Taladro	un	1	95.000	1	95.000
Soldadora	un	1	190.000	1	190.000
Llaves Chicharra	un	8	15.000	1	120.000
Llaves de Cola	un	8	8.000	1	64.000
Esmeril angular	un	1	107.000	1	107.000
Soplador	un	1	65.000	1	65.000
Carretillas completas	un	3	23.500	1	70.500
Palas con mango	un	5	2.780	1	13.900
Picotas con mango	un	5	3.690	1	18.450
Chuzos	un	1	7.100	1	7.100
Combo 4 lbs. con mango	un	3	2.600	1	7.800
Herramientas menores	gl	1	600.000	1	600.000
Baldes plásticos	un	3	800	1	2.400
Pistola Hilti	un	1	280.000	1	280.000
Manguera jardín reforzada de 3/4"	ml	60	620	1	37.200
Eslingas de carga (juego de dos)	un	3	30.000	1	90.000
Focos halógenos 500 Watts	un	35	2.790	1	97.650
Bombillas para foco halógeno de 500 Watts	un	20	450	7,25	65.250
Linterna de 4 pilas con mango	un	1	8.200	1	8.200
Iluminación de obra	un	1	100.000	1	100.000
Mantenión tableros eléctricos	un	5	15.000	1	75.000
Cordel Cañamo 1/2"	ml	200	250	1	50.000
Calefont 13 lts	un	1	77.000	1	77.000
Hojas de sierra	un	10	470	1	4.700
Disco de corte 7"	un	24	920	1	22.080
Disco de desvaste 7"	un	4	1.620	1	6.480
Extintor	un	1	25.000	1	25.000
<b>Subtotal</b>					2.446.660
Reparaciones varias	gl	1	90.000	1	90.000
<b>Total E</b>				\$	2.536.660

**COSTOS DE GASTOS GENERALES Y MANO OBRA INDIRECTA**  
**Construcción Edificio Acero**

Recurso	Unidad	Cant	Neto Mes \$	Meses	Total en \$
<b>F) Arriendo de grúa y otros</b>					
Elevador de Plataforma 500 Kg, H = 30 m (arriendo)	un	1	607.600	4	2.430.400
Habilitación y montaje elevadores	un	1	150.000	1	150.000
Habilitación Eléctrica grúa	un	1	350.000	1	350.000
Arriendo grúa automont H=18 m c/operador	un	1	2.568.700	3,25	8.348.275
Montaje y desmontaje grúa + fletes	un	1	2.020.700	1	2.020.700
Horas extras operador	horas	13	5.506	3,25	232.629
Horas extras grúa	horas	13	12.664	3,25	535.054
<b>Subtotal F</b>					<b>14.067.058</b>
<b>G) Oficina de Obra</b>					
Ploteo y copia de planos	gl	1	50.000	1	50.000
Computador e impresora	un	1	380.000	1	380.000
Radios intercomunicación (compra)	un	2	145.000	1	290.000
Mantenión teléfono - fax	un	1	25.000	1	25.000
Estufas eléctrica	un	1	22.000	1	22.000
<b>Subtotal G</b>				\$	<b>767.000</b>
<b>H) Consumos de Obra</b>					
Caja chica y mat. oficina obra	un	1	50.000	7,25	362.500
Consumo agua	un	1	25.000	7,25	181.250
Consumo gas	un	1	25.000	7,25	181.250
Consumo eléctrico Obra	un	1	300.000	7,25	2.175.000
Consumo telefónico	un	1	100.000	7,25	725.000
Internet banda ancha	un	1	15.000	7,25	108.750
Tijerales	un	25	12.500	1	312.500
Arriendo camioneta con combustible	un	1	250.000	7,25	1.812.500
<b>Subtotal H</b>				\$	<b>5.858.750</b>
<b>I) Fletes</b>					
Fletes varios de materiales y otros	un	1	40.000	7,25	290.000
Fletes maquinaria ida y vuelta	un	2	40.000	2	160.000
<b>Subtotal I</b>				\$	<b>450.000</b>
<b>J) Otros varios</b>					
Fund. Asist. Social C. Ch. C.	un	1	36.500	7,25	264.625
<b>Subtotal J</b>				\$	<b>264.625</b>
<b>K) Administ. Y consumos hasta 90 días pos-recepción</b>					
Consumos (Agua, Luz, gas)	gl	1	100.000	3	300.000
Gastos administrativos e insumos	gl	1	30.000	3	90.000
<b>Subtotal K</b>				\$	<b>390.000</b>
<b>Subtotal Gastos Generales s/ aportes.</b>					<b>29.045.324</b>
<b>L) Mano de obra indirecta (ver detalle adjunto)</b>					
Mano de obra indirecta	gl	1	58.511.082	1	58.511.082
<b>Subtotal L</b>				\$	<b>58.511.082</b>
<b>Total sin Utilidad ni Imprevistos ni Costo Financiero</b>					<b>\$ 87.556.406</b>
<b>Imprevistos</b>					
Imprevistos	%	1,00	400.000	7,25	2.900.000
<b>Subtotal Imprevistos</b>				\$	<b>2.900.000</b>
<b>Total Gasto General e Imprevistos</b>					<b>\$ 90.456.406</b>
<b>IVA 6,65 %</b>					<b>\$ 6.015.351</b>
<b>Total bruto</b>					<b>\$ 96.471.757</b>

En desglose de gastos anteriores es por un total de \$96.471.757, lo que equivale a 5.256 UF y corresponde a los gastos generales e indirectos para la construcción de 3 edificios, luego corresponden 1.752 UF de gastos generales a cada edificio.

Repartiendo los costos directos entre los 5 edificios y agregando los gastos correspondientes calculados anteriormente se tiene que el presupuesto de construcción para un solo edificio de acero queda como sigue:

*Tabla 4.2: Presupuesto de construcción para el edificio en acero.*

Nº	Descripción	Costos (UF)	%
1	Obra Gruesa	4480	37,28%
2	Terminaciones	4391	36,54%
3	Instalaciones	1393	11,60%
4	C. I y G.G	1752	14,58%
	<b>Total</b>	<b>12016</b>	<b>100,00%</b>
	Superficie construida(m2)	1345	
	<b>UF/m2</b>	<b>8,93</b>	

Los costos del presupuesto incluyen el IVA para la construcción (6.65%)

#### 4.6.4 Distribución de Costos del Presupuesto.

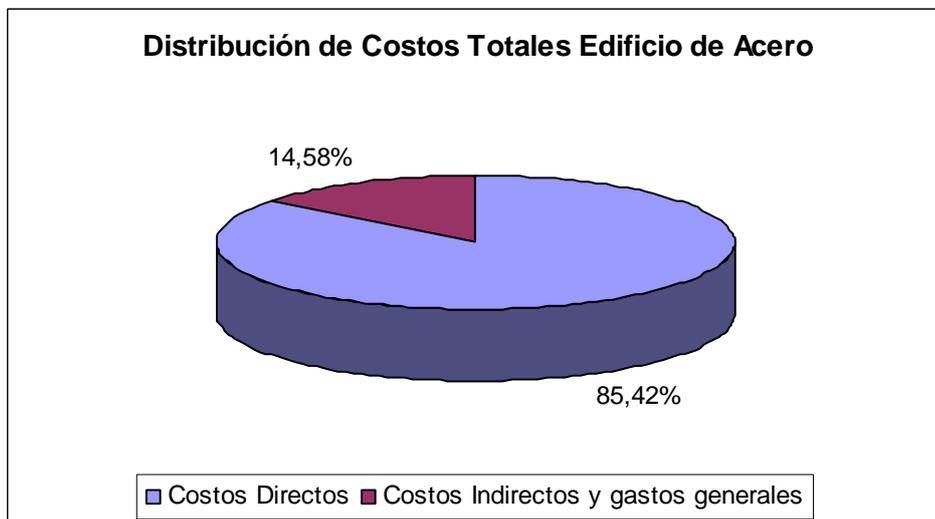
En general, los costos de cualquier proyecto se pueden agrupar en:

- Costos Directos: tales como mano de obra, equipos y materiales
- Costos Indirectos: costos asociados a mano de obra indirecta, equipos y materiales, pero que no se pueden asignar a un ítem en particular.
- Gastos Generales: comprenden gastos de la oficina principal, seguros, garantías, movilización y comunicaciones.
- Imprevistos: asociados a eventos imprevisibles e irresistibles que puedan ocurrir durante la construcción del proyecto.
- Utilidades: generalmente correspondientes a un porcentaje del costo total del proyecto a favor de la empresa constructora.

L

La distribución de costos del presupuesto se presenta en los siguientes gráficos:

Gráfico N° 4.1: Distribución de costos Totales Edificio de Acero



Cada ítem considera el IVA para la construcción (6.65%). Como se aprecia, el 85% de los costos está dado por Costos Directos. Ahora viendo como se distribuyen los Costos Directos se encuentra lo siguiente:

Gráfico N° 4.2: Distribución de Costos Directos edificio de acero.



Dentro de los Costos de Obra Gruesa se encuentran los siguientes ítems:

- Movimientos de Tierra
- Bases para Pavimentos
- Hormigones
- Fierro
- Moldaje
- Estructura metálica
- Estructura y placa de Cubierta
- Escaleras metálicas
- Cubierta y Hojalatería
- Tabiques exteriores

Todos estos ítems, que juntos hacen el ítem de obra gruesa, son susceptibles de cambiar en sus cantidades de obra y en sus costos al construir el mismo edificio en hormigón armado, con excepción de las bases para pavimentos, cuyo costo no es significativo con el resto. Por lo tanto, hay por lo menos un porcentaje del 43,65% de los costos directos, equivalentes al 37,09% de los Costos Totales susceptibles de sufrir variaciones al hacer el edificio en hormigón armado.

#### 4.6.5 Influencia del precio del acero.

Dentro de todos los ítems que contiene el presupuesto, los que contemplan actividades donde influya el precio del acero son:

Obra Gruesa:

- Fierro (barras de refuerzo para losas)
- Estructura Metálica
- Estructura y placa de cubierta
- Escaleras metálicas
- Cubierta y Hojalatería

Terminaciones:

- Tabiques (Estructura metálica)
- Quincallería
- Carpintería Metálica

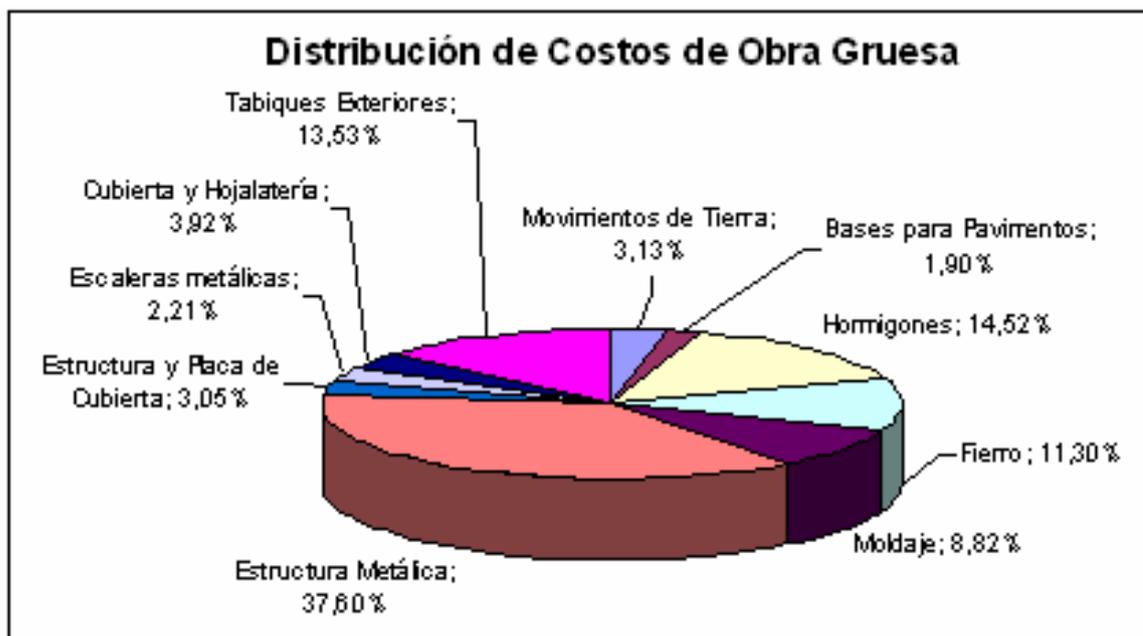
Para determinar la influencia del precio del acero en estos ítems sería necesario conocer que componente del precio de éstos corresponde al precio del acero. Sin embargo, por lejos los ítems de mayor peso entre ellos son el correspondiente a la Estructura Metálica (ítem 2.6) y el de Enfierradura.

Dado que por lo general la mano de obra asociada a la fabricación de estructuras metálicas se cobra como una fracción del costo del acero utilizado, se consideró que al aumentar el costo del acero, también aumenta el costo de la mano de obra de fabricación, por lo que aumenta todo el ítem estructura metálica de costo en forma pareja.

Por otra parte, el precio unitario del ítem Fierro, es de 0,0266 UF/kg, el que se considerará que corresponde completamente al costo del material, pues el manual Ondac de 2004 entrega por ejemplo, un valor de 0,0370 UF/kg para la enfierradura de un acero A44-28H de diámetro 10mm, del cuál 0,0251 UF/kg corresponden al valor del acero.

El gráfico N° 4.3 muestra el peso del costo de los ítems Estructura metálica y Fierro en el Costo Directo.

Gráfico N° 4.3: Distribución de Costos de Obra Gruesa



Luego se tiene que sólo considerando el análisis de los ítems Estructura Metálica y Fierro entonces el precio del acero participa de la siguiente forma en los costos del proyecto en acero:

*Tabla N° 4.3: Precio del acero como porcentaje de costos de la obra.*

Participación del Precio del Acero	%
Obra Gruesa	48,91%
Costos Directos	21,35%
Costo Total	18,23%

Hay que recordar que este porcentaje de participación es para este edificio de acero, cuya cuantía de acero estructural es de 18,5 kg/m<sup>2</sup>, lo cual es muy liviano entre los edificios de acero, donde las cuantías típicas para edificios altos de oficinas son entre 32 y 38 kg/m<sup>2</sup>.

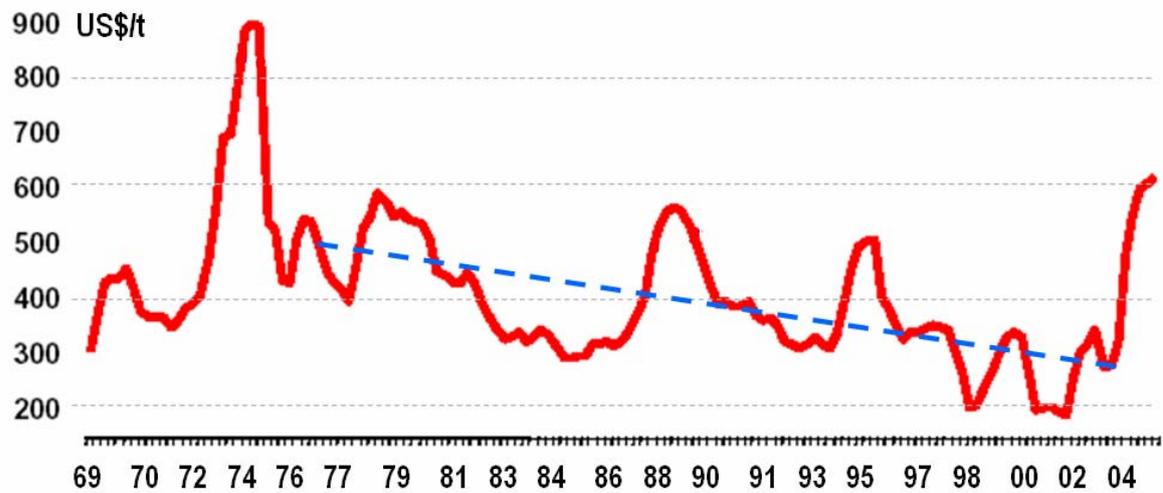
Si bien el precio del acero de refuerzo A63-42H es distinto al del acero estructuras A37-24ES, estos son muy similares, como referencia se tiene que los precios de estos aceros son de \$433/kg + IVA para A63-42H y de \$415/kg + IVA para A37-24ES al 30/11/2006, siendo la diferencia del 4,3%.

Claramente estos porcentajes de participación aumentarían en la medida que se pudieran analizar más ítems y se pudiera establecer que porcentaje de sus costos corresponden al valor del acero, pero aun así, sin duda estos ítems son los más influenciados por el precio del metal. Luego, con esto se puede establecer qué tan sensible es el costo de este proyecto en particular, a las variaciones del precio del acero.

#### 4.6.6 Variación Internacional del precio del Acero.

El precio internacional del acero ha sido muy volátil a lo largo de los años, pero a pesar de esto se observó una tendencia a la baja desde 1974 hasta el año 2004, como se aprecia en el Gráfico N° 4.4

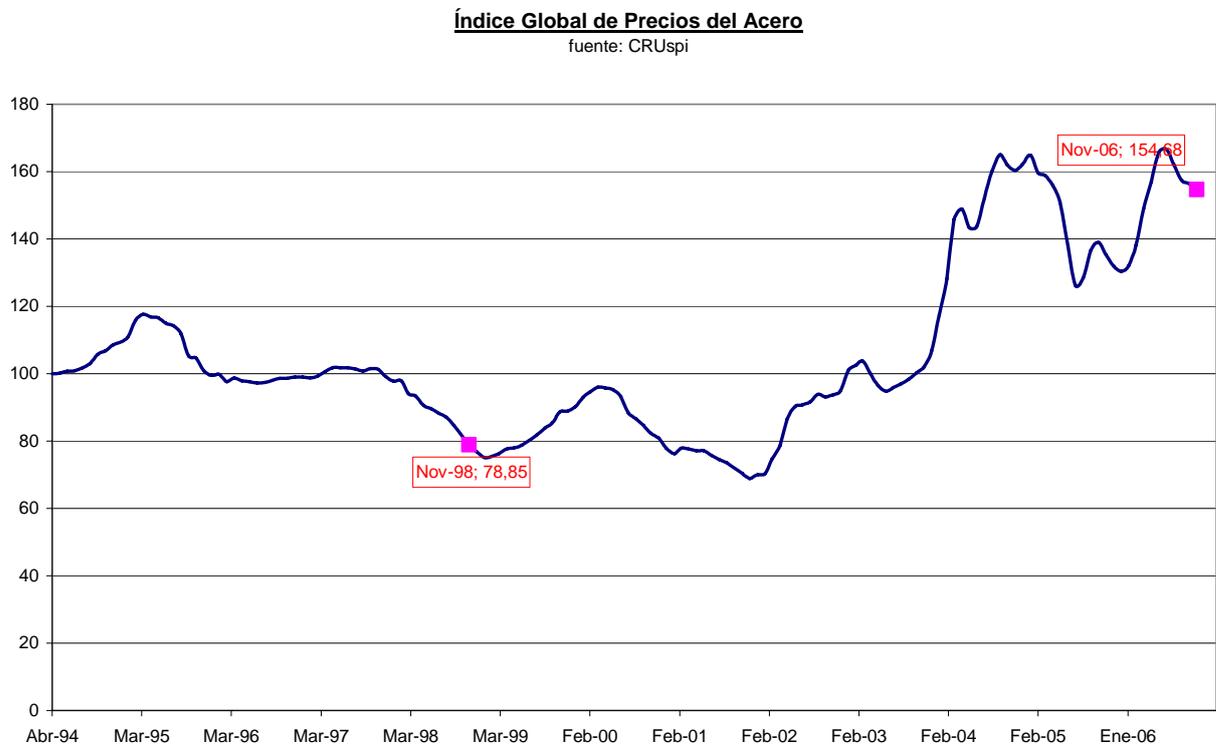
Gráfico N° 4.4: Evolución del precio del acero desde 1969 a la fecha.



Fuente: World Steel Dynamic

En los últimos años el precio internacional del acero ha subido enormemente, esto debido a la fuerte demanda de la economía China que sólo en el año 2004 consumió el 27% del acero producido en el mundo. En el capítulo 1 se mencionó una memoria muy parecida a esta que también comparó costos entre edificios de acero y hormigón armado, desde la fecha en que debieron elaborarse esos presupuestos hasta hoy, el precio del acero ha subido en un 105,5%, según lo indica el Índice Global de Precios del Acero, que se puesta a continuación:

Gráfico N° 4.5: Índice Global de Precios del Acero



Si pudiéramos suponer que el proyecto desarrollado en aquella memoria de 1999 tenía una estructura de costos similar a la del proyecto “Paseo Don Belisario” que se analiza en esta memoria, entonces al haber subido el acero un 96,2% su valor en el periodo y suponiendo que los demás costos permanecen constantes o que afectan de igual forma a la solución estructurada en hormigón, se podría estimar que el costo total de ese proyecto al realizarlo hoy, subiría en un 17,54% (96,2% de 18,23%), lo que es mayor al rango de ahorro que se tenía al realizar el edificio en acero (entre un 2,5% y 5,6%) en vez de en hormigón armado. Por lo que ya no sería competitivo realizar el proyecto en acero.

#### **4.7 PLAZOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA ALTERNATIVA EN ACERO.**

Los plazos de construcción de un solo edificio de la alternativa en acero se resumen en la tabla 4.4, estos plazos fueron obtenidos de fuente del profesional de obra a cargo de la construcción de tales edificios y son estimativos, pues como se sabe, estas actividades generalmente se traslapan entre si.

*Tabla 4.4: Plazos de construcción alternativa en acero.*

<b>Ítem</b>	<b>Plazo de construcción</b>
Fundaciones y radier	4 semanas
Obra Gruesa	5 semanas
Instalación paneles exteriores	4 semanas
Terminaciones	16 semanas
<b>PLAZO TOTAL</b>	<b>29 semanas</b>

#### **4.8 PROBLEMÁTICA CONSTRUCTIVA.**

El concepto detrás de la iniciativa de construir en acero este y otros proyectos habitacionales antes realizados, es el de la construcción industrializada. Esto lleva a que existan una serie de características en este proyecto y en general en los proyectos de montajes de estructuras metálicas:

##### **4.8.1 Planificación de obra.**

- Se emplean elementos y componentes dimensionalmente coordinados entre si, con diseños producidos industrialmente con altos niveles de control de calidad.
- La fabricación de la estructura metálica debe considerar el orden en que será montada, fabricando primero las partes que primero se montarán para ser despachadas primero.
- Se debe coordinar la llegada de la estructura metálica con el avance de la obra, a fin de no tener retrasos. En esta obra la maestranza a cargo de la fabricación de la estructura metálica no cumplió con los plazos de entrega, teniéndose retrasos de hasta 30 días por esta causa.

- En el lugar de la obra se requiere de una cancha para el almacenaje de la estructura metálica, la que puede quedar a la intemperie o protegerse con nylon en caso de lluvia sólo como medida de prevención. Sin embargo no se necesita de un gran espacio, pues el montaje debe estar coordinado con la llegada de la estructura.
- Se debe tener claro la secuencia de montaje al momento de construir, también se debe tener claro que actividades se pueden hacer en el caso de que la estructura metálica se atrase en su llegada a la obra.

#### 4.8.2 Montaje de la estructura metálica.

- En el montaje, las columnas deben ser izadas verticalmente y las vigas horizontalmente para facilitar la tarea. Al izar las vigas los ganchos del cable que la sujeta por ambos extremos deben ser puestos en sentidos opuestos para prevenir que la viga se gire en el momento de su ubicación y acople a las columnas. Para el levante de elementos se usó una grúa torre.
- Al empalmar dos secciones de una columna deben pulirse con lima las secciones de los perfiles metálicos que quedarán en contacto, para asegurar un contacto en toda la sección del perfil.
- El desestrobado de los cables de izaje de una columna se hace manualmente trepando un trabajador a la columna, lo que hace que esta sea una faena riesgosa.
- Las conexiones apernadas se aprietan en primera instancia con una llave chicharra o una de cola, luego el apriete se hace con maquinaria eléctrica y finalmente se realiza con una llave de torque.
- Los conectores de corte de las vigas se materializaron en obra soldando pedazos de perfil canal a las vigas. Esta solución es alternativa al empleo de máquinas de soldadura automática, las que no son convenientes de usar pues necesitan de un empalme exclusivo para la maquina de 120 KVA y 2000 Amperes.
- Para poder hormigonar la losa de un piso se requiere de que la estructura metálica del piso superior esté completamente montada, con sus pilares, vigas y arriostramientos, para así no someter a excesivas deformaciones a los elementos. Debido a esto se requiere trabajar en altura sin una losa donde apoyarse, lo que es riesgoso si no se toman las medidas de seguridad adecuadas. El hormigonado de losas se hizo con bomba.

- El control de deformaciones es crítico en este tipo de edificios dado que son muy esbeltos. Al hormigonar las losas desde un extremo de la losa hacia el otro el edificio se va sometiendo a cargas excéntricas a su centro de gravedad, lo que produce torsión en el edificio. Para evitar esta torsión hay dos alternativas:
  - Hormigonar desde el centro de la planta hacia el exterior, lo que es difícil de realizar y además complica el tratamiento de las juntas frías que se producen en la losa por ser de forma circular.
  - Arriostrar el edificio amarrando un cable a cada uno de sus 4 vértices, para evitar que se tuerza, lo que fue ejecutado en este edificio por ser más factible de realizar.

## Capítulo 5

# DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO EN HORMIGÓN ARMADO UTILIZADO PARA LA COMPARACIÓN

### 5.1 GENERALIDADES.

Con los planos del proyecto “Paseo Don Belisario” facilitados por la inmobiliaria se estructuraron los edificios equivalentes en hormigón armado, definiéndose cuales serán los muros estructurales. Se realizó una cubicación de superficie, y se estimó el presupuesto de construcción para el conjunto de edificios. Esto se hizo con parámetros de costos de construcción por partidas, para edificios de cinco pisos descritos en la memoria de Matías Errázuriz<sup>2</sup>, y estimando los gastos generales para un edificio de estas características.

En este capítulo se presentan las estructuraciones de tres de los tipos de edificios de acero del proyecto solamente, pues los edificios A y E son iguales, mientras que los edificios B y D son simétricos.

---

<sup>2</sup> Errázuriz, Matías: “Variación en los costos de construcción de edificios habitacionales en función del número de pisos”, 2004

## 5.2 ESTRUCTURACIÓN DE LOS EDIFICIOS DE HORMIGÓN ARMADO.

La estructuración de los edificios consideró muros y vigas invertidas de espesor 20 cm. Para definir cuales muros serían los estructurales se prefirió en lo posible muros que fueran continuos en toda la altura del edificio, que separaran unidades de viviendas como una forma de diseño contra incendio por medio de la compartimentalización, y una distribución tal, que no dieran como resultado losas con luces muy amplias, para evitar espesores de losas muy grandes ni exceso de armadura de refuerzo. Las figuras siguientes muestran esta estructuración.

Figura 5.1: Edificios A y E, estructuración del Primer Piso.

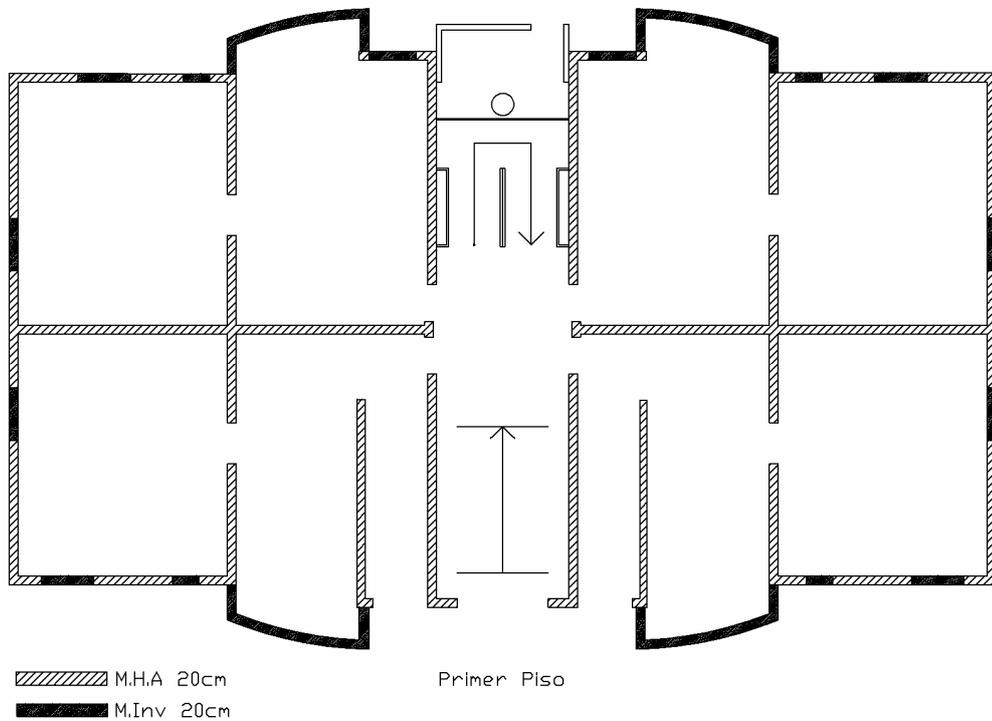


Figura 5.2: Edificios A y E, estructuración del Piso Tipo.

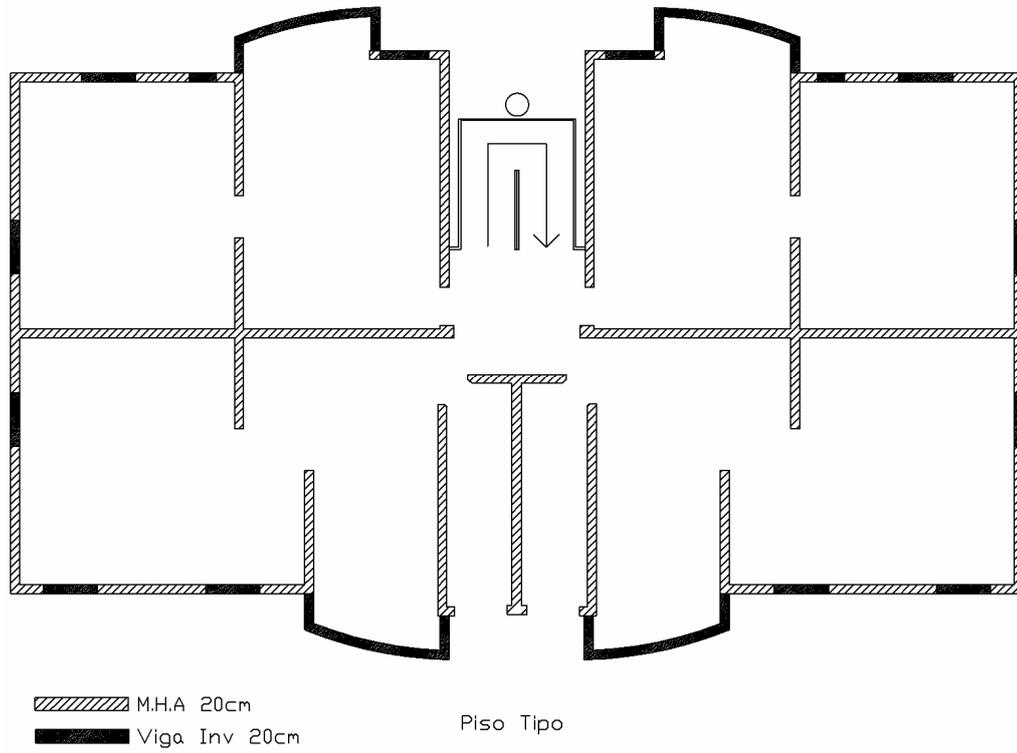


Figura 5.3: Edificio B, estructuración del Primer Piso.

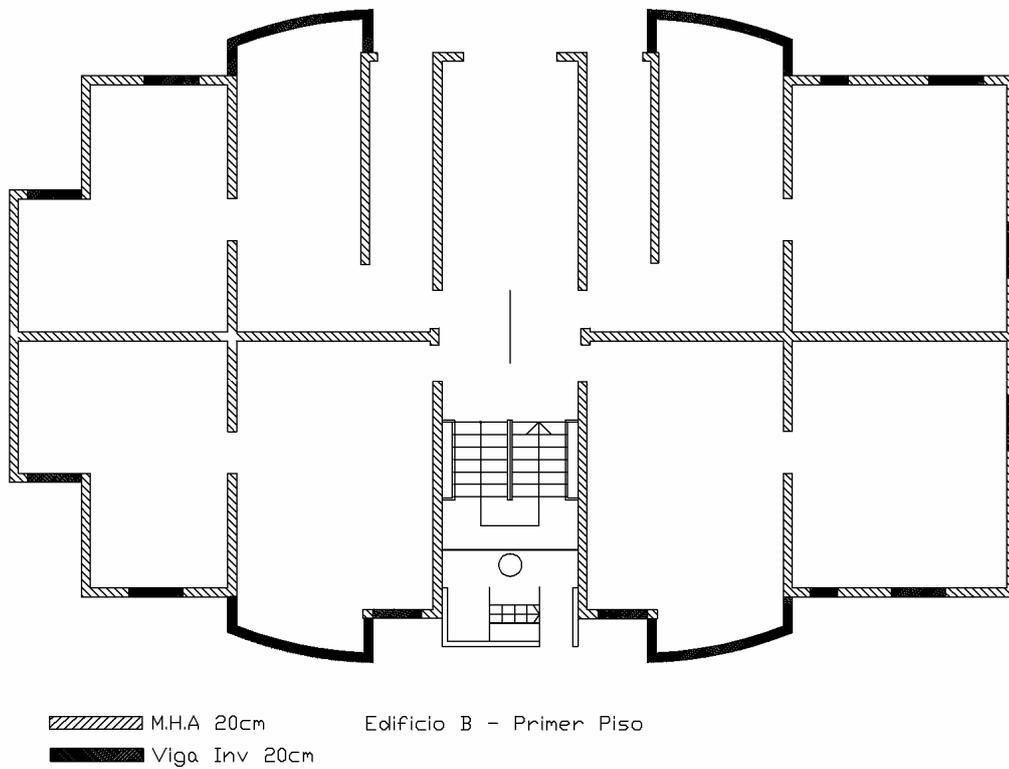


Figura 5.4: Edificio B, estructuración del Piso Tipo.

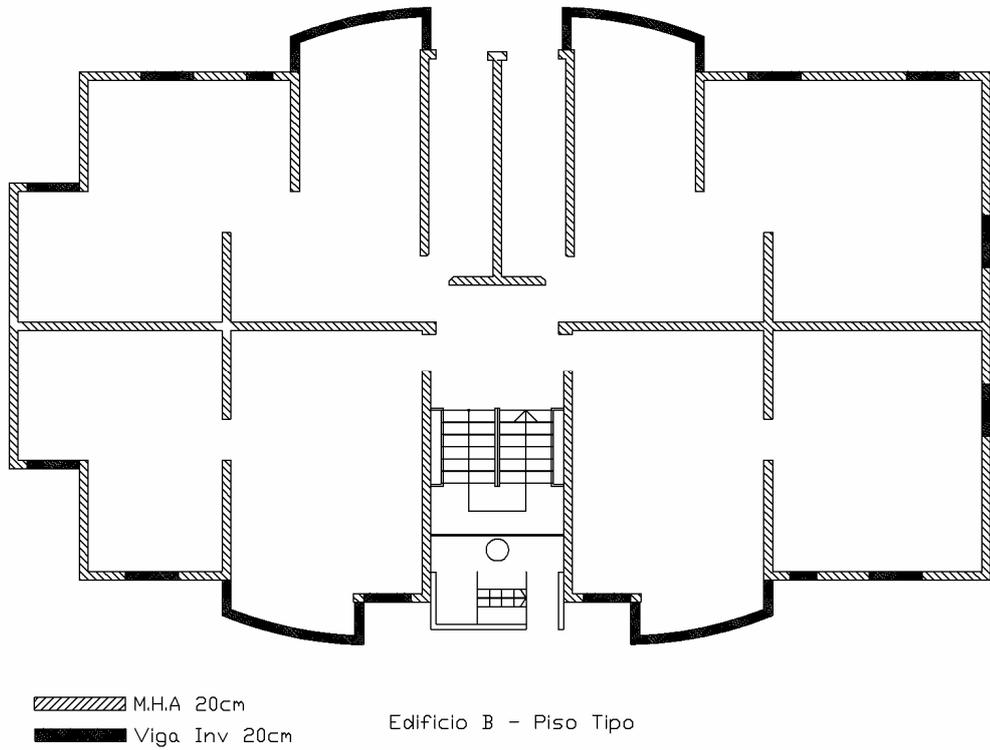


Figura 5.5: Edificio C, estructuración del Primer Piso.

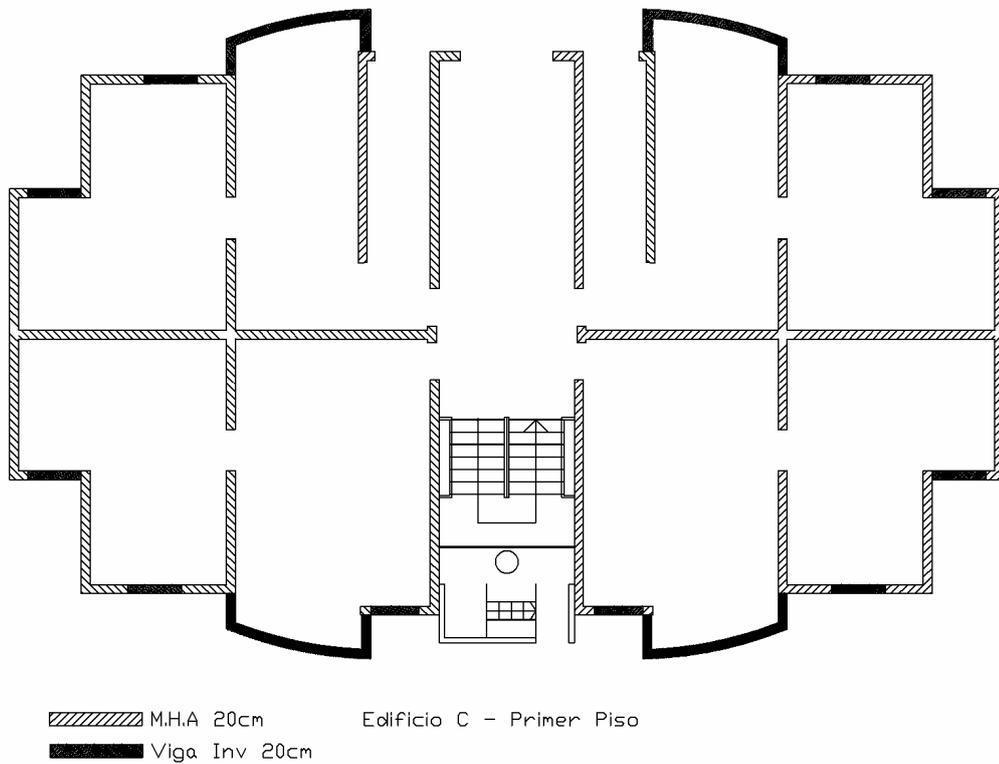
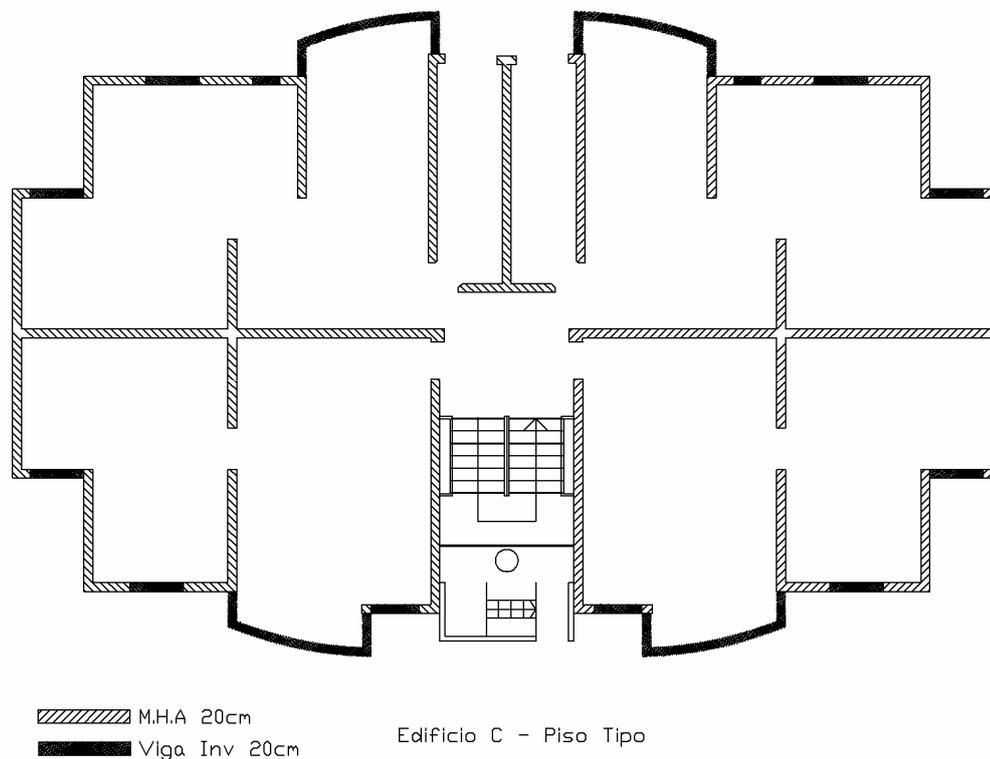


Figura 5.6: Edificio C, estructuración del Piso Tipo.



### **5.3 PRESUPUESTO DE CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO DE HORMIGÓN ARMADO.**

#### **5.3.1 Breve descripción del método de estimación del presupuesto.**

Se estimó el presupuesto de construcción de un edificio aislado del conjunto. Para hacer esto, se consideraron parámetros de costos de construcción descritos en una memoria de título y se confeccionó una planilla detallada de ítems para estimar los gastos generales y de mano de obra indirecta en la construcción de este edificio.

En la memoria de Matías Errázuriz (2004) se propone un método para estimar el presupuesto de construcción de un edificio, basándose en la información recopilada sobre presupuestos de construcción de edificios habitacionales de variadas alturas.

En aquel trabajo tales presupuestos se filtraron para eliminar distorsiones en los costos, como por ejemplo presencia de socialzados, terminaciones excesivamente lujosas e instalaciones no

comunes, como ascensores de servicios, aspiración centralizada o aire acondicionado. Así también se corrigieron o eliminaron de ese estudio los datos que difirieron del promedio de su partida en más de la desviación estándar. Finalmente se llegó a tablas con costos unitarios de partidas para edificios dependiendo de su número de pisos.

### 5.3.2 Estimación de costos directos de construcción.

Al igual como se hizo con el presupuesto del edificio de acero, en la estimación de este presupuesto no se considerarán los costos debidos a demoliciones, instalaciones de faenas ni obras exteriores. Considerando esto último, los datos necesarios para estimar los costos directos de construcción, según el método propuesto en aquella memoria, son los siguientes:

- S1 : Superficie del edificio sobre cota cero.
- S2 : Superficie del edificio bajo cota cero.
- S3 : Superficie placa subterránea (si la hay).
- h : Altura del edificio (n° de pisos).

Además se requieren los costos especificados en aquella memoria:

- C.O.G : Costo de la Obra Gruesa.
- C.T.E : Costo de Terminación Edificio.
- C.T.S.E : Costo de Terminación Subterráneo Edificio
- C.I : Costo Instalaciones.
- C.P.S : Costo Placa Subterránea.

Considerando que la superficie construible en la alternativa en hormigón armado es la misma a la del proyecto original, y obteniendo los costos necesarios de las tablas de la memoria de M. Errázuriz, se tienen los siguientes valores para los parámetros:

*Tabla N° 5.1: Parámetros de entrada para la estimación del presupuesto.*

Parámetro	Edificio A	Edificio B	Edificio C	Edificio D	Edificio E	Promedio
<b>S1</b>	1381,8	1334,2	1294,4	1334,2	1381,8	1345,3
<b>S2</b>	0	0	0	0	0	0
<b>S3</b>	0	0	0	0	0	0
<b>H</b>	5	5	5	5	5	5

Tabla N° 5.2: Índices de costos de construcción necesarios para la estimación del presupuesto.

<b>Costos estimados para las partidas</b>		
	<b>Unidad</b>	<b>Costo</b>
<b>C.O.G</b>	UF/m2	3,1
<b>C.T.E</b>	UF/m2	3,9
<b>C.T.S.E</b>	UF/m2	0,7
<b>C.I</b>	UF/m2	1,7
<b>C.P.S</b>	UF/m2	3,8

La tabla N° 5.1 muestra la superficie del edificio promedio de entre el conjunto de edificios, para el cual se estimará este presupuesto. Considerando este edificio promedio, sus costos directos de construcción se muestran a continuación y se comparan con los obtenidos para el edificio de acero.

Tabla N° 5.3: Presupuesto preliminar para el edificio de hormigón.

<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Costos Edificio H.A (UF)</b>	<b>Costos Edificio Acero (UF)</b>	<b>Diferencia</b>
1	Obra Gruesa	4170	4480	
2	Terminaciones Edificio	<b>5247</b>	<b>4391</b>	<b>19.5 %</b>
3	Terminaciones Subterráneo	0	0	
4	Instalaciones	<b>2287</b>	<b>1813</b>	<b>26,10%</b>
5	Placa Subterránea	0	0	
<b>Total Costos Directos</b>		<b>11704</b>	<b>10684</b>	
<b>C.D./m2</b>		<b>8,7</b>	<b>7,9</b>	

Según lo observado en especificaciones de planos del proyecto en acero y lo conversado con gente de su inmobiliaria, los costos de terminaciones e instalaciones no debieran variar sustancialmente en sus precios unitarios entre ambas alternativas, por lo que se desecharán las estimaciones para terminaciones e instalaciones hechas para el edificio de hormigón y sólo se mantendrán las estimaciones hechas para la obra gruesa. La diferencia podría explicarse debido a un mejor estándar de las terminaciones e instalaciones de las construcciones de donde se obtuvieron aquellos parámetros.

Se asumirá entonces que los costos de instalaciones no varían y se corregirán los de las terminaciones como sigue:

### 5.3.3 Corrección de las cantidades de tabiquería.

El ítem de terminaciones que cambia en sus cantidades al estructurar en hormigón armado es el de tabiquería, pues ahora se reemplazan algunos muros divisorios que eran de tabiques por muros de hormigón armado. Haciendo esta corrección el edificio de hormigón armado obtiene un ahorro en tabiquería que se muestra en la tabla siguiente:

*Tabla N° 5.4: Estimación del ahorro en tabiquería del edificio de hormigón frente al edificio de acero.*

	<b>m2</b>	<b>Costo con IVA (UF)</b>
Tabiquería Edif. acero (m2)	2007,4	1108,5
<b>Ahorro Tabiquería edif H.A (m2)</b>	<b>845,5</b>	<b>466,9</b>
Tabiquería Edif. H.A (m2)	1161,9	641,6
Superficie construida (m2)	1.345	
Tabique/superficie Edif. Acero(m2/m2)	1,49	
Tabique/superficie Edif. H.A (m2/m2)	0,86	
% ahorro en tabiquería	42,1%	42,1%

Como se muestra en la tabla, se obtiene un índice de 0.86 ( $m^2$  tabique/ $m^2$  superficie). A modo de referencia y validación de este cálculo, se conoce que un edificio de departamentos 16 pisos de constructora EMM ubicado en Ñuñoa tiene un índice de 0.82 para este parámetro.

### 5.3.4 Estimación de costos indirectos y gastos generales de construcción.

Se consideran como costos indirectos de construcción para esta evaluación, los generados producto de la mano de obra indirecta que participa en la construcción, es decir, el personal director de la obra, como profesionales y capataces, y el personal de apoyo como porteros, rondines, juniors, etc.

Como gastos generales se tienen los provenientes de arriendos de equipos, herramientas, implementos de seguridad, gastos de oficina y movilización, entre otros.

Tanto los gastos generales como los costos indirectos se estimaron a partir de los costos indicados en una planilla de gastos de una empresa constructora para un edificio de 9 pisos, un subterráneos y 7628  $m^2$  totales construidos.

Estimar los costos indirectos y gastos generales para la construcción de un solo edificio de 5 pisos de 1345,3 m<sup>2</sup> resulta poco económico para una obra tan pequeña, pues hay costos fijos, como los salarios del profesional de obra, jefe de obra y el arriendo de grúa, que son muy altos para ser absorbidos en los costos de un solo edificio de 5 pisos. Por lo tanto se decidió estimar costos directos y gastos generales para la construcción de 3 edificios promedio, con un total de 4035,9 m<sup>2</sup> de construcción, ya que se considera que este volumen de construcción es suficiente para justificar tales gastos. Luego de tener los C.D. y G.G. para estos 3 edificios se distribuirán entre los 3 edificios y se podrán sumar a los costos directos calculados anteriormente.

A continuación se presenta una tabla con la distribución de la mano de obra indirecta a utilizar en la construcción de los edificios de hormigón y luego un desglose de los gastos generales de construcción.

Tabla N° 5.5: Estudio de mano de obra indirecta.

ESTUDIO MANO DE OBRA INDIRECTA														
Construcción Edificio Hormigón Armado														
Especialidad	Sueldo \$		Ene-07	Feb-07	Mar-07	Abr-07	May-07	Jun-07	Jul-07	Ago-07	Sep-07	H/mes tot	Total \$	
	Bruto	Líquido	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
<b>Personal Directivo Superior de Obra</b> (Considera 36% de Leyes Sociales)														
Profesional residente	2.516.000	1.850.000	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	9	22.644.000	
<b>Total</b>			<b>1,00</b>	<b>9,00</b>	<b>22.644.000</b>									
<b>Mano de Obra Indirecta</b> (Considera 34% de Leyes Sociales)														
Jefe de obra	1.273.000	950.000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	11.457.000	
Capataz Obra Gruesa	1.005.000	750.000	0,25	1	1	0,5	0	0	0	0	0	3	2.763.750	
Capataz enfierradores	804.000	600.000	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	4	2.814.000	
Capataz Terminaciones	938.000	700.000	0	0	0,75	1	1	1	1	1	0,5	6	5.862.500	
Asesor de Seguridad	509.200	380.000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	4.582.800	
Trazador Jefe	696.800	520.000	1	1	1	0,5	0	0	0	0	0	4	2.438.800	
Bodeguero	643.200	480.000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	5.788.800	
Portero	348.400	260.000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	3.135.600	
Rondín	294.800	220.000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	2.653.200	
Reemplazos portería	294.800	220.000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	2.653.200	
Fraguero	294.800	220.000	0,25	1	1	0,5	0	0	0	0	0	3	810.700	
Mecánico eléctrico	428.800	320.000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	3.859.200	
Junior Administrativo	375.200	280.000	0	1	1	1	1	1	1	1	1	8	3.001.600	
Operador elevador	335.000	250.000	0	0	0,75	1	1	1	1	1	0,5	6	2.093.750	
<b>Total</b>			<b>9,5</b>	<b>12,0</b>	<b>13,5</b>	<b>12,0</b>	<b>10,0</b>	<b>10,0</b>	<b>10,0</b>	<b>10,0</b>	<b>10,0</b>	<b>9,0</b>	<b>96</b>	<b>53.914.900</b>
<b>U.F. base :</b>	<b>18.353,75</b>													
<b>M2 construcción:</b>	<b>4.035,9</b>													
<b>Hmes/mt2</b>	<b>0,1459</b>													
<b>\$/mt2</b>	<b>58.117</b>													
<b>UF/mt2</b>	<b>3,1665</b>													

**COSTOS DE GASTOS GENERALES Y MANO OBRA INDIRECTA**  
**Construcción Edificios Hormigón Armado**

Recurso	Unidad	Cant	Neto Mes \$	Meses	Total en \$
<b>A) Contrato y remesas</b>					
Seguro todo riesgo construcción	mes	1	65.000	9,5	617.500
Servicio Wagner (pago sueldos y suples)	mes	1	45.000	9,5	427.500
<b>Subtotal A</b>				\$	1.045.000
<b>B) Permisos Municipales</b>					
Permiso Inst. de faena	gl	1	71.513	1	71.513
<b>Subtotal B</b>					71.513
<b>C) Seguridad e Higiene</b>					
Guantes	un	200	790	1	158.000
Zapatos seguridad	un	25	11.400	1	285.000
Lentes policarbonato	un	25	956	1	23.889
Señalización y letreros	gl	1	120.000	2	240.000
Cinturones seguridad con arnés	un	20	16.650	1	333.000
Visera	un	3	2.510	1	7.530
Cascos	un	25	1.200	1	30.000
Botas concreteras	un	20	3.840	1	76.800
Protectores de oído	un	75	280	1	21.000
Tapón para oído	un	50	80	1	4.000
Mantenimiento Reloj Control	un	1	60.000	1	60.000
Recarga Extintores	un	2	8.500	1	17.000
<b>Subtotal C</b>					1.256.219
<b>D) Herramientas y Máquinas</b>					
Vibrador (arriendo)	un	3	55.000	3,5	577.500
Nivel Topográfico (arriendo)	un	1	40.000	1	40.000
Taquímetro (arriendo)	un	1	85.000	3,5	297.500
Tableros eléctricos completos (compra)	un	1	110.000	1	110.000
Hidrolavadora (compra)	un	1	690.000	1	690.000
Lockers	un	20	6.500	1	130.000
Aspiradora semi-industrial	un	1	90.000	1	90.000
Demolidor Kango (arriendo)	un	1	55.000	3,5	192.500
Caseta portería (Fabricación en terreno)	un	1	70.000	1	70.000
<b>Subtotal D</b>					2.197.500
<b>E) Herramientas y Materiales</b>					
Extensiones eléctricas 3x14	mts	100	687	1	68.700
Extensiones eléctricas 2x16 c/enchufe	mts	160	310	1	49.600
Portatil con extensión 25 m	un	3	9.550	1	28.650
Taladro	un	1	95.000	1	95.000
Soldadora	un	1	190.000	1	190.000
Esmeril angular	un	1	107.000	1	107.000
Soplador	un	1	65.000	1	65.000
Carretillas completas	un	3	23.500	1	70.500
Palas con mango	un	5	2.780	1	13.900
Picotas con mango	un	5	3.690	1	18.450
Chuzos	un	1	7.100	1	7.100
Combo 4 lbs. con mango	un	3	2.600	1	7.800
Herramientas menores	gl	1	600.000	1	600.000
Baldes plásticos	un	3	800	1	2.400
Pistola Hilti	un	1	280.000	1	280.000
Manguera jardín reforzada de 3/4"	ml	60	620	1	37.200
Eslingas de carga (juego de dos)	un	3	30.000	1	90.000
Focos halógenos 500 Watts	un	35	2.790	1	97.650
Bombillas para foco halógeno de 500 Watts	un	20	450	9,5	85.500
Linterna de 4 pilas con mango	un	1	8.200	1	8.200
Iluminación de obra	un	1	100.000	1	100.000
Mantenimiento tableros eléctricos	un	5	15.000	1	75.000
Cordel Cáñamo 1/2"	ml	200	250	1	50.000
Calefont 13 lts	un	1	77.000	1	77.000
Hojas de sierra	un	10	470	1	4.700
Disco de corte 7"	un	24	920	1	22.080
Disco de desvaste 7"	un	4	1.620	1	6.480
Extintor	un	1	25.000	1	25.000
<b>Subtotal</b>					2.282.910
Reparaciones varias	gl	1	90.000	1	90.000
<b>Total E</b>				\$	2.372.910

**COSTOS DE GASTOS GENERALES Y MANO OBRA INDIRECTA**  
**Construcción Edificios Hormigón Armado**

Recurso	Unidad	Cant	Neto Mes \$	Meses	Total en \$
<b>F) Arriendo de grúa y otros</b>					
Elevador de Plataforma 500 Kg, H = 30 m (arriendo)	un	1	607.600	6	3.645.600
Habilitación y montaje elevadores	un	1	150.000	1	150.000
Habilitación Eléctrica grúa	un	1	350.000	1	350.000
Arriendo grúa automont H=18 m c/operador	un	1	2.568.700	3,5	8.990.450
Montaje y desmontaje grúa + fletes	un	1	2.020.700	1	2.020.700
Horas extras operador	horas	13	5.506	6	429.468
Horas extras grúa	horas	13	12.664	3,5	576.212
<b>Subtotal F</b>					<b>16.162.430</b>
<b>G) Oficina de Obra</b>					
Ploteo y copia de planos	gl	1	50.000	1	50.000
Computador e impresora	un	1	380.000	1	380.000
Radios intercomunicación (compra)	un	2	145.000	1	290.000
Mantenimiento teléfono - fax	un	1	25.000	1	25.000
Estufas eléctrica	un	1	22.000	1	22.000
<b>Subtotal G</b>				\$	<b>767.000</b>
<b>H) Consumos de Obra</b>					
Caja chica y mat. oficina obra	un	1	50.000	9	450.000
Consumo agua	un	1	25.000	9	225.000
Consumo gas	un	1	25.000	9	225.000
Consumo eléctrico Obra	un	1	300.000	9	2.700.000
Consumo telefónico	un	1	100.000	9	900.000
Internet banda ancha	un	1	15.000	9	135.000
Tijerales	un	25	12.500	1	312.500
Arriendo camioneta con combustible	un	1	250.000	9	2.250.000
<b>Subtotal H</b>				\$	<b>7.197.500</b>
<b>I) Fletes</b>					
Fletes varios de materiales y otros	un	1	40.000	9	360.000
Fletes maquinaria ida y vuelta	un	2	40.000	2	160.000
<b>Subtotal I</b>				\$	<b>520.000</b>
<b>J) Otros varios</b>					
Fund. Asist. Social C. Ch. C.	un	1	36.500	9	328.500
<b>Subtotal J</b>				\$	<b>328.500</b>
<b>K) Administ. Y consumos hasta 90 días pos-recepción</b>					
Consumos (Agua, Luz, gas)	gl	1	100.000	3	300.000
Gastos administrativos e insumos	gl	1	30.000	3	90.000
<b>Subtotal K</b>				\$	<b>390.000</b>
<b>Subtotal Gastos Generales s/ aportes.</b>					<b>32.308.572</b>
<b>L) Mano de obra indirecta (ver detalle adjunto)</b>					
Mano de obra indirecta	gl	1	76.558.900	1	76.558.900
<b>Subtotal L</b>				\$	<b>76.558.900</b>
<b>Total sin Utilidad ni Imprevistos ni Costo Financiero</b>					<b>\$ 108.867.472</b>
<b>Imprevistos</b>					
Imprevistos	%	1,00	400.000	9	3.600.000
<b>Subtotal Imprevistos</b>				\$	<b>3.600.000</b>
<b>Total Gasto General e Imprevistos</b>					<b>\$ 112.467.472</b>
<b>IVA 6,65 %</b>					<b>\$ 7.479.087</b>
<b>Total bruto</b>					<b>\$ 119.946.559</b>

Los costos indirectos y gastos generales ascienden a \$119.945.559, lo que equivale a 6.535 UF según el valor de la UF indicado de \$18.353,75. Dado que estos C.D. y G.G. fueron calculados para la construcción de 3 edificios, al repartir estos costos entre ellos, corresponden entonces 2.178 UF de costos a cada uno.

Finalmente el presupuesto de construcción para un solo edificio queda como sigue:

*Tabla N° 5.6: Presupuesto definitivo para el edificio de hormigón armado.*

Nº	Descripción	Costos con IVA (UF)	%
1	Obra Gruesa	4.170	34,37%
2	Terminaciones Edificio	3.924	36,19%
3	Instalaciones	1.393	11,48%
4	C.I y G.G	2.178	17,95%
	<b>Total</b>	<b>11.666</b>	<b>100,00%</b>
	Superficie construida (m2)	1.345	
	<b>UF/m2</b>	<b>8,67</b>	

### 5.3.5 Influencia del precio del acero.

A continuación se estima la influencia del precio del acero en el costo total de los edificios de hormigón armado. En la tabla N°... se muestra la distribución de los costos asociados a la enfierradura de un edificio de hormigón cualquiera. Para realizar esta tabla se tomaron los siguientes supuestos:

- Se contrata el servicio de corte y doblado industrializado. La distribución de costos del servicio de corte y doblado se tomó de fuente de la empresa Matco, dedicada a ofrecer este servicio.
- El porcentaje de participación del costo de mano de obra en el costo total se tomó del Manual Ondac para la Construcción, versión 2004.

Tabla N° 5.7: Desglose del costo del ítem de enfierradura.

			Costos con IVA (\$/kg)
<b>Precio de barras de acero A63-42H</b>			<b>462*</b>
<b>Suministro acero y doblado</b>			
1	Suministro de barras de acero de refuerzo para hormigón	60,36%	461,8
2	Gestión de cotizar y comprar servicio de corte y doblado industrial	0,05%	0,4
3	Servicio de corte y doblado industrial	6,58%	50,4
4	Transporte urbano del acero a la obra	0,75%	5,7
	Subtotal	67,73%	518,2
<b>Mano de obra instalación</b>			
5	Mano de obra (como % de sum. acero y doblado)	32,27%	246,9
<b>TOTAL</b>			<b>765,1</b>

\*Valor al 30/11/2006 barraca Carlos Herrera.

Luego de tener el costo total por kg. de enfierradura instalada, se procedió a estimar la enfierradura total y su costo para el edificio del proyecto en estudio, para esto se usó una cuantía de acero por unidad de superficie, la que se obtuvo de un edificio de 5 pisos, similar a este, de la constructora Namhías:

Tabla N° 5.8: Estimación de la participación del acero en el costo total.

<b>Edificio de H.A</b>	
UF Base	18352,75
Costo total edificios (UF)	11666
Costo total edificios (\$)	\$ 214.100.286
Superficie (m2)	1.345,3
Cuantía Acero (kg/m2)	33,7
Acero total (kg)	45.336
Costo total acero	\$ 34.687.530
Participación del acero en el costo total	<b>16,20%</b>

#### **5.4 PLAZOS DE CONSTRUCCIÓN DE LA ALTERNATIVA EN HORMIGÓN ARMADO.**

Para determinar de los plazos de construcción de la alternativa en hormigón armado se realizó una Carta Gantt. Para confeccionar ésta, se tomó como base la carta Gantt de un proyecto similar desarrollado por Constructora Nahmías. Este proyecto corresponde a un conjunto de edificios de 5 pisos denominado “Los Puentes de Recoleta”.

Las duraciones de las actividades de obra gruesa y terminaciones quedan justificadas de este modo por ser rendimientos típicos de la Constructora Nahmías para edificios habitacionales de esta altura.

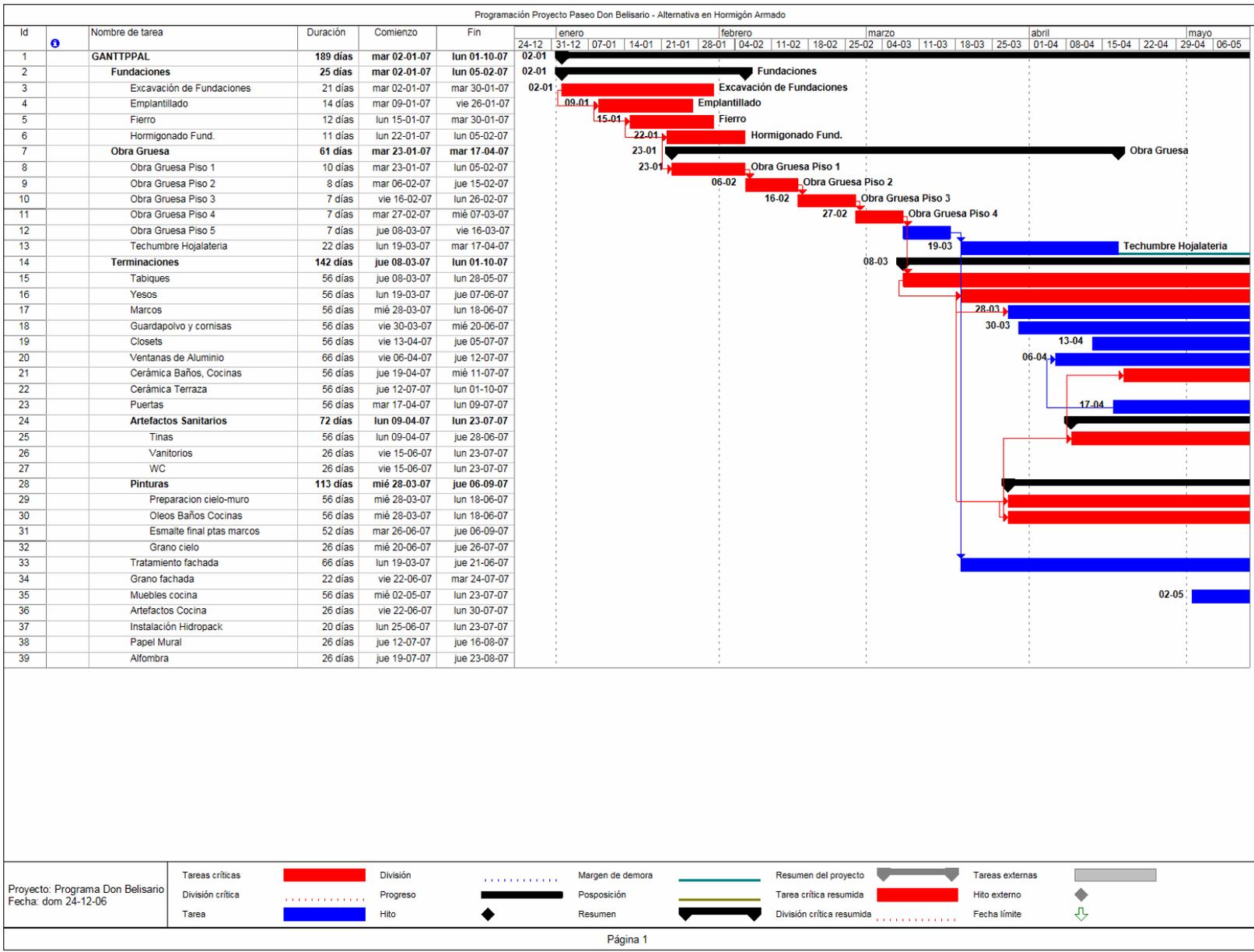
La Carta Gantt que se muestra más adelante estima un tiempo de construcción de **189 días** corridos, es decir, exactamente 9 meses si se consideran los fines de semana como de no trabajo. Esta duración corresponde a la construcción de un edificio aislado, y al igual que el plazo de construcción mostrado en el capítulo anterior para la alternativa en acero, no considera los plazos de construcción debido a las instalaciones de faena ni los de las obras exteriores como jardines y pavimentos.

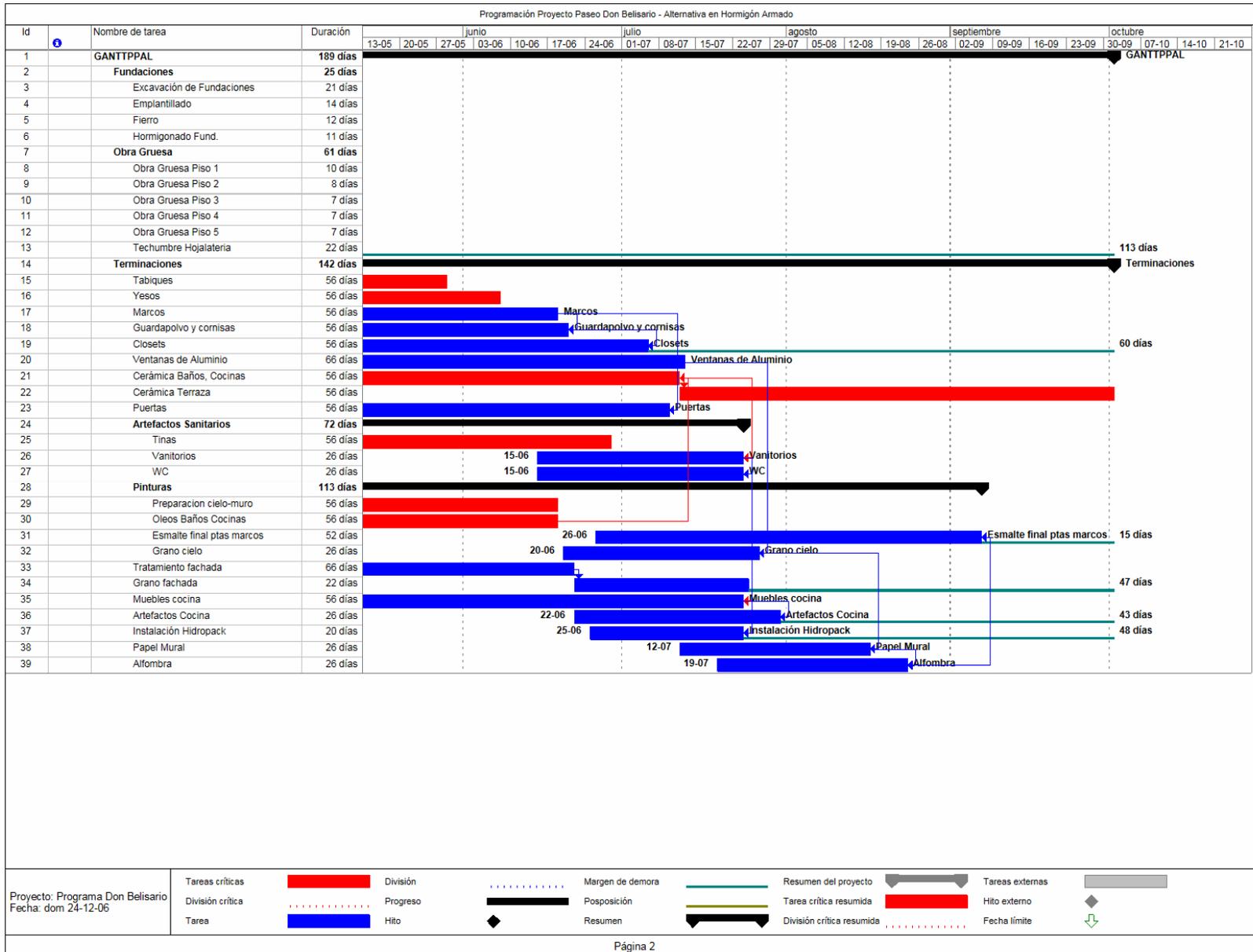
La siguiente tabla muestra un resumen de las duraciones actividades macro de la carta Gantt:

*Tabla N° 5.9: Resumen de plazos de construcción según actividades.*

<b>Item</b>	<b>Plazo de construcción (días)</b>
Fundaciones y radier	25
Obra gruesa	39
Techumbre	22
Terminaciones	142

Estas duraciones, a diferencia de las informadas en el edificio de acero, son de actividades que se traslapan unas con otras, por es válido hacer una comparación por actividades sino que solo tomando el plazo total de construcción.





## Capítulo 6

# COMPARACIÓN TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LAS ALTERNATIVAS EN ESTUDIO.

### **6.1 GENERALIDADES.**

En este capítulo se comparan tanto técnica como económicamente el proyecto original en acero con la alternativa propuesta en hormigón armado. En el análisis técnico se abordarán las diferencias desde el punto de vista de la habitabilidad de ambas alternativas, en cuanto a aislamiento térmico y acústico se refiere y se compararán también las diferencias de espacios útiles que tiene una alternativa sobre la otra. En la comparación económica se analizan las diferencias de costos entre los dos presupuestos de construcción.

## **6.2 COMPARACIÓN TÉCNICA.**

### **6.2.1 Condiciones de habitabilidad.**

Los sistemas de muros presentes en los edificios de acero claramente son diferentes a los de hormigón armado, esto implica diferentes condiciones de habitabilidad que serán comparadas en este punto. Por su parte, los sistemas de losas son iguales en ambas alternativas en lo que aislamiento se refiere, por lo que no se analizarán.

#### **6.2.1.1 Aislamiento Acústico.**

Según la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción, en su artículo 4.1.5, los edificios habitacionales clasifican como estructuras de tipo 2, y deben cumplir con las exigencias acústicas descritas en el Art. 4.1.6. Esto es, que los muros que separen unidades independientes de vivienda deberán tener un índice de reducción acústica de 45 dB(A). Por su parte, las losas de entrepiso deberán tener un índice de reducción acústica similar de 45 dB(A) y presentar un nivel de presión acústica de impacto normalizado máximo de 75 dB. Dichos valores pueden ser demostrados por el arquitecto basándose en el Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Aislamiento Acústico elaborado por el MINVU o mediante ensayos especificados en la ordenanza.

El listado entrega información acerca de la aislación acústica para una solución típica en base a una estructura de perfiles galvanizados de bajo espesor, de 60mm de ancho, recubiertas con una doble plancha de yeso cartón de distintos espesores y aislados con lana mineral, esta información se resume en la tabla 6.1.

Lamentablemente el listado no incluye información sobre muros con núcleo de poliuretano que posee el proyecto en acero en estudio, sin embargo por conversaciones con la inmobiliaria se sabe que estos paneles cumplen con los requisitos acústicos exigidos por la OGUC, es más, si estos requisitos no se cumplen, la dirección de obras de la municipalidad no otorga el permiso de edificación para la obra.

Por otro lado, los paneles con aislación de lana mineral son una alternativa que se ha usado como reemplazo de los de núcleo de poliuretano, por lo que se ha querido mostrar sus propiedades acá.

Tabla N° 6.1: Índice de Reducción Acústica para muros con aislación de lana mineral.

<b>ELEMENTO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>AIS. ACUST.<sup>3</sup></b>
Muro con estructura de perfiles galvanizados de bajo espesor, 60 mm de ancho.	Perfiles recubiertos por ambos lados con doble plancha de yeso cartón de 10mm de espesor y aislación de lana mineral de 80mm	47 dB(A)
Muro con estructura de perfiles galvanizados de bajo espesor, 60 mm de ancho	Perfiles recubiertos por ambos lados con doble plancha de yeso cartón de 12,5mm de espesor y aislación de lana mineral de 80mm	48 dB(A)
Muro con estructura de perfiles galvanizados de bajo espesor, 60 mm de ancho	Perfiles recubiertos por ambos lados con doble plancha de yeso cartón de 15mm de espesor y aislación de lana mineral de 80mm lado y una capa de pintura.	49 dB(A)

El listado también indica los índices de reducción acústica para muros de hormigón armado:

Tabla N° 6.2: Índice de Reducción Acústica para muros de hormigón armado.

<b>ELEMENTO</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	<b>AIS. ACUST.<sup>4</sup></b>
Muro H.A 10 cm espesor	Sin terminación	45 dB(A)
Muro H.A 15 cm espesor	Terminado por un lado con estuco de yeso de 25mm y por el otro con cerámica de 10mm más adhesivo de 5mm de espesor.	45 dB(A)
Muro H.A 16 cm espesor	Terminado con 3 mm de enlucido de yeso a cada lado y una capa de pintura.	46 dB(A)
Muro H.A 20 cm espesor	Terminado por un lado con estuco de yeso de 15mm y por el otro con cerámica de 8mm más adhesivo de 5mm de espesor.	53 dB(A)

<sup>3</sup> Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2006), "Listado oficial de soluciones constructivas para aislamiento acústico, edición 4, mayo de 2006"

<sup>4</sup> Fuente: Ministerio de Vivienda y Urbanismo (2006), "Listado oficial de soluciones constructivas para aislamiento acústico, edición 4, mayo de 2006"

Por lo general, los edificios de hormigón armado especifican muros de 20 cm, terminados con un enlucido delgado de yeso y papel mural, pintura o martelina. Este espesor es preferido a uno menor dado que con espesores menores se hace más difícil la faena de hormigonado al haber mayor probabilidad de la formación de nidos de grava suelta en los muros.

Si bien en el listado hay un muro de 20 cm de espesor este tiene una terminación mucho más acabada de lo común, lo que hace pensar que un muro común, de 20 cm de espesor debe tener una aislación acústica de entre 46 y 53 dB(A), muy similar a la alternativa de muro para el edificio de acero.

#### 6.2.1.2 Aislamiento Térmico.

En enero de 2006 fue promulgada la 2ª Etapa de la Reglamentación Térmica para edificios habitacionales, que establece exigencias de aislación térmica a los muros de la envolvente. Esta exigencia fija los valores de transmitancias térmicas máximas permitidas para los muros de la envolvente para distintas zonas térmicas en que está dividido el país:

*Tabla N° 6.3: Requisitos térmicos de muros según zona térmica.*

<b>Zona Térmica</b>	<b>Transmitancia Térmica U máximo (W/m<sup>2</sup>K)</b>	<b>Resistencia Térmica mínima Rt (m<sup>2</sup>K/W)</b>
1	4,0	0,25
2	3,0	0,33
3	1,9	0,53
4	1,7	0,59
5	1,6	0,63
6	1,1	0,91
7	0,6	1,67

Para tener una referencia de las transmitancias térmicas que poseen muros con aislante de lana mineral, según el Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Acondicionamiento Térmico confeccionado por el MINVU, un panel en estructura de acero con revestimiento interior de planchas de yeso cartón y exterior de OSB 9,5mm con una aislación térmica interior de

poliestireno, lana mineral o lana de vidrio, alcanza valores de transmitancia térmica total U según la tabla siguiente:

*Tabla N° 6.4: Transmitancia térmica en paneles aislados con poliestireno, lana mineral o lana de vidrio.*

<b>Estructura</b>	<b>Aislación</b>	<b>U (W/m<sup>2</sup>K)</b>
Acero 90mm	20mm	1,80
Acero 90mm	50mm	0,58
Acero 90mm	70mm	0,46

Como se puede apreciar, una solución que incorpore 50mm de cualquiera de estos aislantes satisface los requerimientos térmicos para todas las zonas.

Por otra parte, los paneles de cierre exterior que conforman el proyecto en acero estudiado, están conformados por un relleno de 47mm de poliuretano de densidad 40 kg/m<sup>3</sup>. El listado confeccionado por el MINVU, indica una conductividad térmica para el poliuretano de esta densidad de 0,025 W/m °C, la que considerando el espesor de 47mm, y según los procedimientos de cálculo de la NCh853 Of91<sup>5</sup> entrega una Transmitancia Térmica (U) de **0,47 W/m<sup>2</sup>K**.

Como se puede ver en la Figura 4.18 mostrada anteriormente en el capítulo 4, los paneles que conforman el cierre exterior se colocan por fuera de la estructura metálica, envolviéndola y protegiéndola de la intemperie, esto influye en que la estructura metálica no actúe como puente térmico, pues el panel la aísla del frío exterior en invierno y del calor en verano. De este modo los posibles puentes térmicos pueden darse por las juntas entre los paneles o por los pernos que fijan éstos a la estructura metálica, pero en el caso de las juntas estas están cubiertas por una tapa de PVC aislante, y aislar los pernos del exterior resultaría fácil de ser necesario hacerlo.

De este modo la posibilidad de que ocurran puentes térmicos en el panel exterior queda control, con lo que al comparar estos paneles con una solución de muros de hormigón armado para el cerramiento exterior se tienen las siguientes transmitancias.

---

<sup>5</sup> NCh853 Of91 “Acondicionamiento térmico – Envoltura térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas”.

Por otro lado, en edificios de acero es posible que exista el riesgo de condensación, el que está ligado a la presencia de puentes térmicos en la envolvente. El riesgo de condensación en el interior de la vivienda se da en invierno, cuando la temperatura exterior es muy baja y al interior de la vivienda hay humedad relativa elevada. Si existe un puente térmico en un perfil entonces, su temperatura puede estar por debajo de la temperatura de rocío, en cuyo caso se producirá condensación en la superficie del perfil.

En este caso al no existir puentes térmicos evita el riesgo de condensación, el que es perjudicial para las terminaciones del edificio, su estructura y la salud de sus moradores.

*Tabla N° 6.5: Transmitancias térmicas en paneles de poliuretano y muros de hormigón armado.*

	<b>Panel con núcleo de poliuretano 4,7 cm.</b>	<b>Muro H.A. e=15 cm.</b>	<b>Muro H.A e=20 cm.</b>
<b>U (W/m<sup>2</sup> K)</b>	0.47	3.82	3.42

Claramente entonces los paneles de cierre exterior de los edificios de acero son ampliamente mejores aislantes que un muro de hormigón armado.

#### 6.2.2 Superficie Útil.

Dado que el proyecto analizado en acero posee muros más delgados que los del proyecto de hormigón armado, se genera una ganancia de superficie útil en el edificio de acero.

Se tomó como superficie útil de un departamento, como la superficie disponible para el usuario, es decir, se midieron solo los espacios libres, no considerándose como superficie útil la ocupada por los tabiques o muros divisorios. Dentro de la superficie útil se consideró la superficie de balcones también.

Este cálculo de superficie se hizo sólo para un tipo de los edificios del conjunto, el correspondiente a los edificios A y E. Los resultados se resumen en la tabla 7.6

Tabla N° 6.6: Comparación de superficies útiles entre el edificio de acero y el de hormigón armado.

Superficies del piso Tipo	Edificio H.A.	Edificio Acero	Diferencia a favor Acero
m <sup>2</sup> de depto	228,24	237,45	4,0 %
m <sup>2</sup> esp. Comunes	13,03	13,30	2,0 %
M <sup>2</sup> totales	241,27	250,75	3,9 %

### 6.3 COMPARACIÓN DE PLAZOS DE CONSTRUCCIÓN.

En el capítulo 4 se estableció que el plazo de construcción para el edificio de acero es de 29 semanas, es decir de 145 días considerando un plan de trabajo de lunes a viernes, y sin considerar las instalaciones de faena y las obras exteriores de jardines y pavimentos. Por otro lado en el capítulo 5 se estableció que el plazo de construcción para la alternativa de edificio en hormigón es de 189 días en estas mismas condiciones, luego se tiene un ahorro en los plazos de construcción de 44 días efectivos de trabajo, lo que se resume en la siguiente tabla:

Tabla N° 6.7: Comparación de plazos de construcción.

Plazo de construcción en días		Diferencia a favor del acero	
Edificio de Acero	Edificio de H.A.	días	% c/r al H.A.
145	189	44	23,3% + rápido

Luego se encuentra que el edificio de acero ahorra un 23,3% en los plazos de construcción que su similar de hormigón armado.

Los plazos de construcción obtenidos para la alternativa en acero fueron estimativos considerando que las actividades no se traslapaban entre si, mientras que los del edificio de hormigón son obtenidos de una carta Gantt, donde si se considera que las actividades se traslapan entre si durante sus desarrollos. Dada esta diferencia no es posible hacer un análisis de plazos de

construcción para partidas independientes, sino que solo es posible comparar el plazo total de construcción.

#### **6.4 COMPARACIÓN DE COSTOS DE CONSTRUCCIÓN.**

Según los costos estimados en los capítulos anteriores, se obtiene a siguiente comparación de costos entre las dos alternativas en estudio:

*Tabla N° 6.8: Comparación de costos de construcción.*

N°	Descripción	Costos con IVA (UF)		Diferencia
		Edificio Acero	Edificio H.A	
1	Obra Gruesa	4480	4.170	7,42%
2	Terminaciones	4391	3.924	11,90%
3	Instalaciones	1393	1.393	0,00%
4	C. I y G.G	1752	2.178	19,56%
	Total	12016	11.666	3,01%
	Superficie construida(m2)	1345	1.345	0,00%
	UF/m2	8,93	8,67	3,01%

De la tabla anterior se desprenden las siguientes conclusiones:

- Tal como se creía inicialmente, los costos de obra gruesa del edificio de acero son superiores a los de hormigón armado, estimándose en un 7.42% esta diferencia.
- Los costos de terminaciones son mayores también en el edificio de acero, esto debido fundamentalmente a la mayor cantidad de tabiques en estos edificios, los que disminuyen en el edificio de hormigón debido a que varios de estos se reemplazan por muros de hormigón. Esta diferencia es del 11.90%
- Los costos de instalaciones se mantuvieron iguales pues se supuso que estas no cambian en precios unitarios ni en cantidad.
- Los costos indirectos y gastos generales son menores en un 19.56% en el edificio de acero. Esto se debe a su mayor rapidez de construcción (23.3% más rápido), pero esta relación no es directamente proporcional, pues existen costos fijos como instalaciones

de grúas, compra de herramientas y equipos que son independientes del plazo de construcción.

- Todo lo anterior se traduce en que el edificio de acero resulte en 3.01% más caro que el de hormigón armado.

## **6.5 INFLUENCIA DEL PRECIO DEL ACERO EN AMBAS ALTERNATIVAS.**

De lo visto en los capítulos anteriores, se tiene que el acero influye con los siguientes porcentajes en los costos de construcción de ambas alternativas:

*Tabla N° 6.9: Influencia d el precio del acero en ambas alternativas.*

	<b>Edificio de Acero</b>	<b>Edificio de H.A.</b>
Participación del acero como % del costo total	18.23%	16.20%

Se vuelve a recalcar que en el caso del edificio de acero esta participación corresponde a este tipo de edificios cuya cuantía de acero estructural es muy baja en comparación a edificios altos. Se aprecia que en el caso del edificio de acero la influencia del precio del metal, solo es levemente superior a la del edificio de hormigón armado, por lo que variaciones en el precio del metal afectan a ambos edificios casi de la misma forma.

## **6.6 DIFERENCIAS DE DISEÑO Y CONSTRUCTIVAS.**

Las diferencias de diseño y constructivas de ambas alternativas que no se han nombrado previamente en este capítulo se resumen en el siguiente cuadro:

*Tabla N° 6.10: Diferencias de diseño y constructivas.*

<b>Edificio de Acero</b>	<b>Edificio de Hormigón Armado</b>
- Fundaciones pequeñas	- Fundaciones mayores
- Estructura de marcos arriostrados	- Estructura en base a muros
- Cierre perimetral con paneles prefabricados	- Cierre con muros de hormigón armado

- Elementos más esbeltos.	
- Losas con viga de acero colaborante	- Losas tradicionales
- Protección al fuego mediante encajonamientos	- No son necesarias medidas adicionales
- Planos de estructuras más detallados	- Planos tradicionales
- Construcción con elementos prefabricados	- Construcción 100% in situ
- Necesidad de planear fabricación de la estructura metálica con anticipación.	- No es necesario prefabricar
- Mano de obra más calificada	
- Mejor control de calidad	
- Se requiere que todos los muros y vigas de un piso se encuentren arriostrados antes de hormigonar la losa del piso inferior, por lo es necesario trabajar en altura sin una losa de apoyo.	- Siempre se trabaja sobre una losa, lo que es más seguro para los trabajadores.
- Menos polvo y ruido en la construcción	
- Fácil de modificar o reforzar en el futuro	
- Posibilidad de reciclar el acero al demoler	

## **Capítulo 7**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

Luego de haber hecho un análisis comparativo de las dos alternativas de edificios estudiadas en este trabajo se pueden obtener las siguientes conclusiones y recomendaciones:

7.1 No fue posible encontrar información acerca de la aislación acústica de los paneles de relleno de poliuretano que conforman el cierre exterior del edificio de acero, pero una alternativa a estos paneles son los rellenos con lana mineral, los que poseen características acústicas similares a la de los muros de hormigón armado. Sin embargo, dado que cada proyecto es revisado por la dirección de obras de la municipalidad correspondiente se deduce que los paneles con relleno de poliuretano si cumplen con los requisitos acústicos necesarios.

7.2 La aislación térmica de los paneles de poliuretano del cierre exterior es muy superior a los muros de hormigón armado. La ubicación de los paneles por el contorno exterior permite que la estructura de acero quede cubierta por ellos, con lo que se eliminan los efectos de puentes térmicos que se producirían en los elementos metálicos de la estructura si quedaran expuestos a la temperatura exterior del edificio, con esto, la transmitancia térmica (U) de los paneles es de  $0.47 \text{ W/m}^2\text{K}$ , mientras la de los muros de hormigón armado que dan al exterior es de  $3.42 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Esto redundaría en que en invierno se tengan ahorros en calefacción. En verano es necesario evaluar el posible efecto invernadero que se tendría al tener las ventanas cerradas.

Por otra parte, los paneles de poliuretano cumplen la nueva reglamentación térmica en todas sus zonas, mientras que el muro de hormigón la cumple en solo una de las siete. Esto obligará a que se tengan que implementar nuevas soluciones térmicas en edificios de hormigón armado, lo que encarecerá sus costos de construcción a favor de soluciones en acero como la estudiada.

7.3 El hecho de que no se produzcan puentes térmicos en la estructura metálica influye en que no exista riesgo de condensación al interior de la vivienda en las zonas donde pasan elementos estructurales metálicos como columnas o vigas.

7.4 La protección al fuego de estos edificios se resuelve con la utilización de planchas de yeso cartón para cubrir los elementos metálicos a proteger, las que según los requisitos de

resistencia al fuego del elemento que se quiere proteger, podrán variar en espesor o cantidad de planchas.

- 7.4 El edificio de acero al tener muros más delgados posee una mayor superficie útil que el de hormigón armado. En la superficie de departamentos este aumento es del 4,0% mientras que en espacios comunes es del 2,0%, teniéndose un 3.9% de mayor superficie en total.

Como ejemplo de lo que significa esto para el usuario, se tiene que en proyecto analizado, un departamento de dos dormitorios, un baño y 54.2 m<sup>2</sup> de superficie total tiene un valor de 1197 UF, es decir 22.09 UF/m<sup>2</sup>. El mismo departamento construido en hormigón tendría 53.14 m<sup>2</sup> y al mismo precio de venta su costo sería de 22.53 UF/m<sup>2</sup>.

Si el comprador del edificio de acero comprara a 22.53 UF/m<sup>2</sup>, tendría que pagar 23.9 UF de más (\$440.000 aprox.) por obtener un departamento de 54,2 m<sup>2</sup>.

Al construir en acero en edificios altos puede incluso ganarse un piso, debido a que el conjunto viga de acero-losa es de menor altura que el conjunto viga de hormigón-losa.

- 7.5 En edificio de acero es de construcción más rápida, su plazo de construcción es de 145 días, mientras que el de la alternativa en hormigón armado es de 189 días, con lo que la construcción del edificio de acero es un 23.3% más rápido. Esta mayor rapidez influye positivamente en el ahorro de costos por gastos generales, mano de obra indirecta, gastos financieros y gastos en marketing de la inmobiliaria.

- 7.6 Los costos por mano de obra indirecta y gastos generales en el edificio de acero son un 19.56% menores a los del edificio de hormigón, como se dijo antes, esto se explica por su mayor rapidez de construcción.

- 7.7 Tal como se pensó en un principio, los costos de obra gruesa son mayores en el edificio de acero, en un 7.42%. Los costos de instalaciones son los mismos en ambas alternativas y los de terminaciones son menores en los edificios de hormigón en un 11.90%, debido a que en edificios de hormigón hay menos tabiquería, pues se remplazan muros divisorios que eran de tabiques en el edificio de acero, por muros de hormigón armado.

- 7.8 El costo total de construcción en acero arroja un índice de 8.93 UF/m<sup>2</sup>, y en hormigón armado de 8.67 UF/m<sup>2</sup>, siendo el edificio de acero un 3.01% más caro. Este costo no considera demoliciones, instalaciones de faena, obras exteriores ni utilidad de la constructora, entre otros.
- 7.9 El precio del acero influye de forma importante en ambas alternativas, este representa el 18.23% del costo total del edificio de acero y el 16.20% del costo total del edificio de hormigón. Dados estos porcentajes de participación, se ve que el precio del metal no es de gran relevancia al momento de elegir entre una alternativa o la otra, pues la influencia que este tiene es muy similar en ambas.
- 7.10 Para que el edificio de mediana altura en acero sea competitivo, debe industrializarse su construcción a fin de obtener beneficios económicos por economías de escala, repetitividad y mayor rotación del capital debido a los menores tiempos de ejecución y entrega anticipada.

Esta industrialización debe ser bien planeada, pensándose en industrializar un sistema constructivo que debe ser flexible a los diferentes requerimientos arquitectónicos, es decir, que vaya más allá de diseñar un edificio tipo con la pretensión de poder repetirlo muchas veces. Esta implementación requiere la incorporación de tecnologías tanto en los materiales como en los procesos constructivos. La fase constructiva de los edificios de acero debe ser pensada y programada en su totalidad como una faena de montaje.

- 7.11 Una industrialización de estas viviendas posibilita ventajas técnicas como menores tolerancias, mejores acabados, mejor aislamiento térmico, acústico e impermeabilidad, menores tiempos de perturbación en el entorno y un menor aporte de desechos al medio ambiente.
- 7.12 Los factores que han frenado el desarrollo de la construcción en acero en el país han sido fundamentalmente el alto precio actual del acero, el desconocimiento del método constructivo, la falta de promoción de las bondades de estos edificios, la aun pequeña y a veces ineficiente red de proveedores de estructuras metálicas y paneles prefabricados, y

finalmente la estigmatización de la vivienda prefabricada por parte del usuario, que la asocia a precaria, provisoria, de mala calidad y de existir la visión de que el acero solo se usa en la construcción industrial.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

1. ALBERTZ KLEIN, Roberto. Edificación en Acero [video]. Ciclo de Conferencias Tecnológicas, Cámara Chilena de la Construcción, 1992. 1 cassette de VHS.
2. ARANEDA VALDIVIESO, Pedro. Análisis de soluciones constructivas en edificios habitacionales económicos de acero. Santiago: Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil, 2001. Tesis (ingeniero civil) Universidad de Chile.
3. CARAM, Pedrosvaldo. El auge de la construcción metálica: Brasil. Acero Latinoamericano, septiembre / octubre 2000, n° 462.
4. COBO GARCÍA, P. y CANALES MOUGUES, J. Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, 2006.
5. ERRÁZURIZ LYON, Matías. Variación en los costos de construcción de edificios habitacionales en función del número de pisos. Santiago: Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil, 2004. Tesis (ingeniero civil) Universidad de Chile.
6. GUERRA CANO, Leonel. Análisis comparativo de los costos de construcción de edificios de altura media en estructura de acero y hormigón armado. Santiago: Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil, 1999. Tesis (ingeniero civil) Universidad de Chile.
7. INSTITUTO CHILENO DEL ACERO. Proyecto: Construcción en altura media en Acero. Informe Fase I, 2005.
8. INSTITUTO CHILENO DEL ACERO. Viviendas económicas en altura con estructura de acero, 19...?.

9. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 853. Of91 - Acondicionamiento térmico – Envoltura térmica de edificios – Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas, 1991.
10. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 935/1. Of97 - Prevención de incendio en edificios - Ensayo de resistencia al fuego - Parte 1: Elementos de construcción en general, 1997.
11. INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. NCh 935/2. Of84 - Prevención de incendio en edificios - Ensayo de resistencia al fuego - Parte 2: Puertas y otros elementos de cierre, 1984.
12. JORQUERA FLORES, Luís. Cálculo y diseño de un edificio económico de acero de 5 pisos. Santiago: Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil, 2001. Tesis (ingeniero civil) Universidad de Chile.
13. KUNZ SOMMER, Otto. La industrialización de la vivienda: el rol de la empresa constructora y su adecuación tecnológica. 2º Congreso Nacional del Acero, Iquique, noviembre de 2002.
14. MACCORD SIMÕES COELHO, Catia. Brasil: una nueva frontera para la construcción en acero. Acero Latinoamericano, julio / agosto de 2004, nº 485.
15. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. Listado oficial de soluciones constructivas para aislamiento acústico. Edición 4, mayo de 2006.
16. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. Listado oficial de soluciones constructivas para acondicionamiento térmico. Edición 1, agosto de 2000.
17. MINISTERIO DE VIVIENDA Y URBANISMO. Listado oficial de comportamiento al fuego de elementos y componentes de la construcción. Diciembre de 2004.
18. ONDAC CHILE. Ondac: el manual de la construcción, 2004.

19. PFENNINGER B, Francis. Edificio de acero en altura media. Santiago: Instituto Chileno del Acero, 2006
  
20. ROJAS CASTRO, Andrea. (1998), Edificación en altura en acero en Chile. Santiago: Universidad de Chile, Departamento de Arquitectura y Urbanismo, 1998. Tesis (arquitecto) Universidad de Chile.

# ANEXO

A continuación se presentan imágenes de las experiencias chilenas y extranjeras en edificios de mediana altura.

## 1. Experiencias Chilenas.

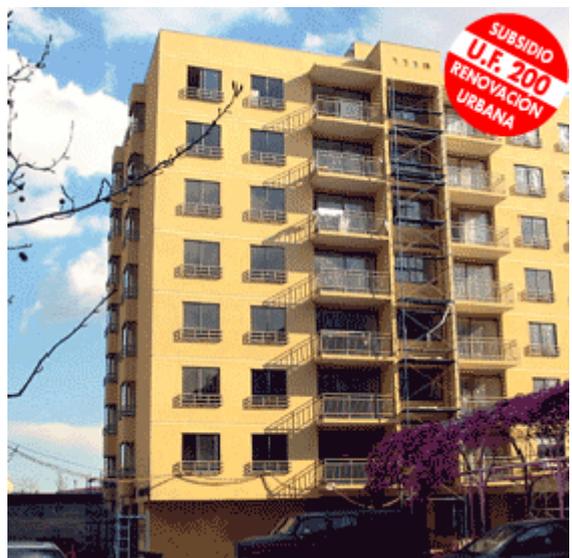
*Imagen N° 1: Villa Los Cóndores.*



*Imagen N° 2: Condominio Torreón Los Canelos.*



*Imagen N° 3: Edificio Los Maitenes II.*



*Imagen N° 4: Paseo Andes.*



*Imagen N° 5: Paseo Andes II.*



*Imagen N° 6: Paseo Don José Miguel.*



*Imagen N° 7: Paseo Santa Rosa.*



*Imagen N° 8: Paseo Lo Ovalle.*



## **2. Experiencias Extranjeras.**

*Imagen N° 9: Programa USITETO de la empresa Usiminas, Brasil.*





### Cronograma de Execução



(Fonte: Murba Engenharia S/A)

*Imagen 10: Módulos prefabricados para viviendas populares, Reino Unido*



*Imagen 11: Edificios de departamentos, Matinkylä, ciudad de Espoo, Finlandia.*

