



Universidad Austral de Chile

**Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Ingeniería en Construcción**

**“SISTEMA CONSTRUCTIVO, EN BASE A MATERIALES
COMPUESTOS PARA MUROS Y CONECTORES”**

Tesis para optar al título de Ingeniero Constructor.

Profesor Patrocinante:

Elías Carrasco Maira.

CRISTIAN MAURICIO RAMÍREZ CORSI

Valdivia, Chile 2007

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos por su esfuerzo, apoyo y paciencia, elementos fundamentales en el término de esta importante etapa. Les dedico este logro.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, hermanos, a mi profesor guía, y a mis amigos, gracias por su amistad y especial apoyo durante esta etapa

INDICE

RESUMEN.....	I
SUMMARY.....	II
INTRODUCCIÓN.....	III
OBJETIVOS.....	IV

INDICE DE MATERIAS

CAPITULO I

NATURALEZA Y FABRICACIÓN DE PANELES Y CONECTORES DE PVC.....	1
1.1 Composición del Policloruro de Vinilo (PVC).....	2
1.2 Características Físicas-Químicas del PVC.....	8
1.2.1 Tensión de Utilización.....	8
1.2.2 Resistencia al Choque.....	8
1.2.3 Resistencia Eléctrica.....	8
1.2.4 Resistencia a la Humedad, Agentes Biológicos y Químicos.....	9
1.2.5 Aislación Acústica.....	9
1.2.6 Resistencia al Fuego.....	9
1.2.7 Toxicidad.....	10
1.2.8 Resistencia a las Variaciones de Temperatura.....	10
1.3 Etapas del Proceso de Fabricación de los Paneles de PVC.....	11

CAPITULO II

CARACTERISTICAS GENERALES DEL HORMIGON ARMADO

APLICADO AL SISTEMA.....	21
2.1 Adaptabilidad del Sistema a la Realidad Nacional.....	22
2.2 Análisis de las Normativas Extranjeras que Rigen al Sistema.....	26

2.3	Análisis de Normativas Nacionales que Rigen al Sistema.....	33
-----	---	----

CAPITULO III

DESCRIPCION DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOS PANELES

	Y CONECTORES DE PVC.....	43
3.1	Etapas de Preparación Previas a la Instalación de los Paneles.....	43
3.1.1	Ubicación y Emplazamiento de la Obra.....	44
3.1.2	Limpieza y Escarpe del Terreno.....	44
3.1.3	Trazado, Replanteo y Movimiento de Tierra.....	44
3.1.4	Excavaciones de Fundaciones.....	44
3.1.5	Emplantillado de Fundaciones.....	45
3.1.6	Colocación de Tensores.....	46
3.1.7	Hormigonado de Cimiento.....	47
3.1.8	Moldaje y Enfierradura de Sobrecimiento.....	48
3.1.9	Hormigonado de Sobrecimiento.....	49
3.1.10	Relleno de Radier.....	49
3.1.11	Hormigonado de Radier.....	50
3.2	Montaje de Paneles y Conectores.....	52
3.2.1	Antecedentes Previos de Proyecto.....	52
3.2.2	Colocación de Paneles.....	55
3.2.3	Colocación de Enfierradura Horizontal.....	56
3.2.4	Colocación de Refuerzos para Hormigonar.....	57
3.2.5	Hormigonado de Paneles.....	58
3.2.6	Terminación de Vanos de Puertas y Ventanas.....	60
3.2.7	Instalación de Premarcos.....	60
3.2.8	Estructuras en Altura.....	62
3.2.9	Estructura de Techumbre y Cubierta.....	62

CAPITULO IV

OTROS CAMPOS DE APLICACION DEL SISTEMA RBS.....	65
4.1 Viviendas Individuales.....	65
4.2 Edificios Industriales.....	67
4.3 Escuelas y Hospitales.....	68
4.4 Galpones para la Agroindustria.....	69
4.5 Containers e Imagen Corporativas.....	69
4.6 Otras Aplicaciones.....	70

CAPITULO V

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA.....	72
5.1 Descripción de las Ventajas del Sistema.....	72
5.2 Descripción de las Desventajas del Sistema.....	74

CAPITULO VI

ANALISIS COMPARATIVO CON OTRO SISTEMA CONSTRUCTIVO.....	77
6.1 Resistencia a la Compresión.....	77
6.2 Resistencia al Fuego.....	77
6.3 Resistencia a Agentes Externos.....	77
6.4 Manejabilidad y Transporte.....	78
6.5 Tiempo de Ejecución.....	78
6.6 Transmitancia Térmica.....	78
6.7 Aislamiento Acústico.....	78
6.8 Instalaciones de Servicios Básicos.....	79
6.9 Estructuras Auxiliares.....	79
6.10 Limpieza en Obra y Porcentaje de Pérdidas.....	79
6.11 Terminaciones.....	79

6.12	Maquinarias y Equipos.....	79
6.13	Estudio de Costos Unitarios.....	80
CONCLUSIÓN.....		82
ANEXO N°1.....		84
BIBLIOGRAFIA.....		86

INDICE DE TABLAS.

Tabla N°1	Valores comparativos del coeficiente de conductividad térmica de algunos materiales.....	11
Tabla N°2	Valores de Resistencia para Muros.....	31
Tabla N°3	Factores de Diseño para la Resistencia de Elementos de Hormigón.....	32

INDICE DE FIGURAS.

Figura N°1	Fórmulas Moleculares del Monómero de Cloruro de Vinilo (VCM) y el Polímero de Cloruro de Vinilo (PVC).....	4
Figura N°2	Pasos en el Proceso de Obtención del PVC.....	5
Figura N°3	Vista de Planta Industrial para Conformar Piezas de Paneles.....	12
Figura N°4	Vista de Almacenamiento de Perfiles.....	13
Figura N°5	Detalle Montaje de Muros.....	15
Figura N°6	Muro Royal de 100mm.....	16
Figura N°7	Muro Royal de 150mm.....	16
Figura N°8	Detalle Piezas, Paneles y Conectores.....	17

Figura N°9	Detalle Piezas, Paneles y Conectores.....	17
Figura N°10	Detalle Piezas de los Muros/ Paneles.....	18
Figura N°11	Detalle Piezas de los Muros/ Paneles.....	19
Figura N°12	Detalle Piezas de los Muros/ Paneles.....	20
Figura N°13	Logo Certificación ISO 9002 presente en los documentos de acreditación y presentaciones del producto.....	27
Figura N°14	Factor de Forma para Cargas de Viento con Sentido Izquierdo- Derecho. Estructura de dos Aguas.....	41
Figura N°15	Factor de Forma para Cargas de Viento con Sentido Izquierdo- Derecho. Estructura de una Agua.....	42
Figura N°16	Factor de Forma para Cargas de Viento con Sentido Izquierdo- Derecho. Estructura de una Agua.....	42
Figura N°17	Trazado de los Ejes y Comienzo de la Excavación de Cimientos.....	45
Figura N°18	Emplantillado de Fundación ya Hormigonado.....	45
Figura N°19	Colocación de Tensores sobre el Emplantillado.....	46
Figura N°20	Plano de Estructuras, Planta General.....	47
Figura N°21	Moldaje y Hormigonado de Cimiento.....	48
Figura N°22	Enfierradura y Moldaje de Sobrecimiento Listo para Hormigonar.....	48
Figura N°23	Moldaje de Sobrecimiento Relleno de Hormigón.....	49
Figura N°24	Relleno de Radier.....	50
Figura N°25	Hormigonado de Radier.....	51
Figura N°26	Corte en Panel para instalación de Caja Eléctrica.....	51
Figura N°27	Conducto de Instalación Eléctrica Integrada al Panel.....	52
Figura N°28	Plano de Arquitectura tipo Vivienda Social Loteo Colina Planta de 1° piso.....	53
Figura N°29	Detalle Montaje de Muros.....	54
Figura N°30	Sticker Identificadorio.....	55

Figura N°31	Montaje de Paneles Mediante Ensamble Machihembrado.....	56
Figura N°32	Montaje de Paneles Mediante Ensamble Machihembrado.....	56
Figura N°33	Colocación Enfierradura Horizontal.....	57
Figura N°34	Colocación Enfierradura Horizontal.....	57
Figura N°35	Refuerzos de Paneles para Recibir el Llenado de Hormigón.....	57
Figura N°36	Refuerzos de Paneles para Recibir el Llenado de Hormigón.....	57
Figura N°37	Llenado de Paneles con Hormigón Mediante el Sistema de Bomba.....	58
Figura N°38	Llenado de Paneles Mediante el Sistema de Cargador Frontal y “Embudos”.....	59
Figura N°39	Detalle de Embudo para Hormigonado.....	59
Figura N°40	Terminación Vano de Ventana.....	60
Figura N°41	Premarco Vano de Ventana.....	61
Figura N°42	Limpieza de Paneles Después del Llenado de Hormigón.....	61
Figura N°43	Limpieza de Paneles Después del Llenado de Hormigón.....	61
Figura N°44	Paneles de Altura Mayor a un Piso para Galpones e Industrias.....	62
Figura N°45	Estructura Metálica para 2° piso.....	63
Figura N°46	Paneles de Ensamble machihembrado para Cubiertas.....	64
Figura N°47	Villa la Angostura, Argentina.....	65
Figura N°48	Chalten, Provincia de Santa Cruz.....	66
Figura N°49	Baradero, Argentina.....	66
Figura N°50	Varsovia, Polonia.....	66
Figura N°51	Toronto, Canadá.....	67
Figura N°52	La Plata, Argentina.....	67
Figura N°53	Buenos Aires, Argentina.....	68
Figura N°54	Pilar, Argentina.....	68
Figura N°55	Galpón para la Agro Industria.....	69
Figura N°56	Oficina Desmontable, Buenos Aires Argentina.....	69

Figura N°57	Estación de Servicio Vancouver, Canadá.....	70
Figura N°58	Estación de Servicio Vancouver, Canadá.....	70
Figura N°59	Containeres Frigoríficos transportables.....	71
Figura N°60	Cajas de Camiones.....	71
Figura N°61	Modo de Limpieza.....	73

RESUMEN

Ahora el PVC ha entrado en el mercado nacional con un nuevo y novedoso producto que ha revolucionado el sistema constructivo basado en un nuevo concepto en construcciones que combina materiales tradicionales con la más alta tecnología. El sistema Royal Building Systems consiste en armar las casas con muros de paneles y conectores de PVC prefabricados, como estructura moldante, con ensambles machihembrados que al ser colocada su armadura, son rellenos en el interior con hormigón común, alveolar, espuma de poliuretano o lana de vidrio, según el tipo de necesidad portante y de aislamiento que se quiera obtener.

El estudio de este sistema constructivo busca como objetivo mostrar la inserción de nuevas tecnologías constructivas como son las estructuras prefabricadas compuestas en el mercado, para determinar si un material es potencialmente competitivo dentro de éste y adecuado para la realidad del país, poniendo énfasis en sus características técnicas y económicas.

Las conclusiones deberán arrojar las reales bondades del sistema, lo que ayudará a potenciar sus cualidades, y obtener un mayor costo-beneficio.

SUMMARY

Now the PVC has entered the national market with a new and innovative product which has revolutionized the constructive system based on a new concept in constructions that combine traditional materials with the highest technology. The Royal Building system consists on assembling the houses with panel walls and prefabricated PVC connectors, like a finished formwork structure, with groove joints which when putting their frame are filled in the interior with common concrete, alveolar, polyurethane foam or glass wool, depending on the structural necessity and isolation that is wished to be obtained.

The study of this constructive system has an objective to show the implementation of new constructive technology as the pre-fabricated structures composed in the market are, to determine whether a material is potentially competitive in it and adequate for the reality of the country emphasizing the technical and economical characteristics .

The conclusion will have to show the real kindness of the system which will help to improve its qualities and to get a superior cost - benefit as well.

INTRODUCCIÓN

Los plásticos como material en diversos usos cumplen una función primordial en la sociedad moderna. Por su absoluta funcionalidad, su gran versatilidad y su extensa vida útil, este material ha ido ocupando un lugar insustituible. Desde productos médicos y hasta objetos de diseño y decorativos pasando por una gran variedad de aplicaciones, los plásticos forman parte de nuestras vidas. Y en especial el policloruro de vinilo (PVC), uno de los de mayor aplicación.

Lo que hace preferir al PVC como opción de material de construcción es la cantidad de bondades que este presenta. Es un material no tóxico, liviano, resistente, impermeable y que no propaga llamas, por otro lado, posee una buena relación costo/eficiencia y alta durabilidad. Dentro del campo del cuidado del medio ambiente todavía existe discusión, sin embargo el PVC es una probada alternativa, existen estudios que muestran que todo otro producto que quiera sustituirlo provoca contaminación durante su fabricación, transporte, reciclaje y/o incineración.

En países donde se fabrica y se realiza un uso masivo del PVC, el reciclado y la producción de energía por la incineración son dos maneras eficientes de reaprovecharlo.

Hasta la fecha ya es común ver utilizar el PVC en distintas aplicaciones en el campo de la construcción, como en ventanas, tuberías de aguas residuales, aislamiento de cables eléctricos, revestimientos, por nombrar los más conocidos.

Lo que en algún momento era utilizado como “imitación” de materiales tradicionales, hoy tiene un rol propio. Ahora el PVC ha entrado en el mercado nacional con un nuevo y novedoso producto que ha revolucionado el sistema constructivo basado en un nuevo concepto

en construcciones que combina materiales tradicionales con la más alta tecnología. Este sistema consiste en armar las casas con muros de paneles y conectores de PVC prefabricados, como estructura moldante, con ensambles machihembrados que al ser colocada su armadura, son rellenos en el interior con hormigón común, alveolar, espuma de poliuretano o lana de vidrio, según el tipo de necesidad portante y de aislamiento (hidrófugo, acústico o térmico) que se quiera obtener.

La elaboración de este producto, tiene sus orígenes en una empresa canadiense, líder mundial en la extrusión de productos de PVC para la construcción (perfiles de ventanas, recubrimientos, etc.). Luego de varios años se popularizó de tal manera que el mercado se expandió. En la actualidad, el grupo cuenta con más de 110 plantas industriales localizadas en Canadá, EEUU, Argentina, México, Colombia, China y Polonia. La tecnología, maquinarias y materias primas utilizadas son desarrolladas y producidas especialmente por el grupo, integrando de esta forma todo el proceso.

En Argentina, desde agosto de 1994, este grupo fabrica los componentes del sistema en su planta de Buenos Aires, adecuándose a las características del mercado nacional y de los países integrantes del Mercosur y Chile para satisfacer sus demandas. La planta de Buenos Aires recibe el nombre de “Royal Group Technologies Del Sur S.A.”, y la nueva tecnología es importada con la denominación comercial “Royal Building System” con el objetivo de ser una solución a la realidad de nuestro país, luego de comprobarse su éxito y masificación en el vecino país.

Desde el año 2003 que el producto “Royal Building System” está presente en Chile, el ingreso de este se hace por medio de una inmobiliaria la cual es la representante legal, encargada de promocionar y capacitar a las empresas constructoras interesadas en trabajar sus proyectos con esta nueva tecnología. Una vez puesta en marcha las obras la inmobiliaria está

autorizada de realizar las inspecciones técnicas necesarias para la óptima instalación y ejecución del sistema constructivo.

Hasta la fecha la aplicación de esta tecnología a estado presente en numerosos proyectos inmobiliarios en nuestro país, tal es el caso de las viviendas construidas en Chiloé y en algunas comunas de la zona central como Colina, Lampa, San José de Maipo y las Cisternas, en donde se han alcanzado la construcción de más de 1500 viviendas, además de la construcción de un edificio y un condominio.

Para lograr la obtención del producto la empresa constructora interesada debe presentar el proyecto con los planos a la empresa inmobiliaria, esta como representante hará llegar la información a la planta existente en Argentina, la que realizará la modulación de cada uno de los componentes estructurales del producto mediante una avanzada tecnología, con lo cual se obtienen módulos de excelente precisión, con lo que se logran ensamblajes perfectos entregando así un material de extraordinarias prestaciones, que cumplen con los requerimientos del mandante.

OBJETIVOS

Como objetivo general, se puede señalar que se busca mostrar la inserción de nuevas tecnologías constructivas como son las estructuras prefabricadas compuestas en el mercado, para determinar si un material es potencialmente competitivo dentro de éste y adecuado para la realidad del país, así también realizar un análisis técnico y económico acabado del sistema constructivo a base de paneles de PVC. También analizar comparativamente tanto técnica y económicamente esta nueva tecnología con sistemas constructivos tradicionales, sin dejar de consultar las normativas vigentes en Chile que se encuentren en uso, sobre este producto y reglamentación extranjera.

La manera para efectuar esta investigación será realizar la obtención y recopilación de información. La forma de hacerlo será inicialmente por medio del contacto con la empresa, la cual es la representante legal en Chile de los paneles, posteriormente realizar visitas a terreno donde se encuentren realizando obras de edificación con esta nueva tecnología, y apoyo de recursos de la Web.

CAPITULO I

NATURALEZA Y FABRICACIÓN DE PANELES Y CONECTORES DE PVC

Este nuevo concepto en construcciones, combina materiales tradicionales con la más alta tecnología. Está basado en paneles conectores de PVC rígido (con ensamble machihembrado de altura regulable según el proyecto) que, rellenos de hormigón armado, satisface las necesidades portantes y de aislación que el diseño requiera.

La idea de fabricar este tipo de material surge en Canadá, en donde la empresa fundadora de este sistema constructivo logra posesionarse dentro del mercado local, para luego convertirse en líder mundial en la extrusión de perfilería en PVC para la construcción. La extrusión es un proceso utilizado para la transformación de plásticos, los que como materia prima, vienen en forma de Pellets, para posteriormente, mediante temperatura, presión y refrigeración, realizar la elaboración de perfiles con una dimensión y forma preasignada.

Posteriormente y en busca de nuevos mercados, desde Agosto de 1994, se construye en Argentina, una planta en el parque industrial de La Plata, provincia de Buenos Aires, con 12.800 m².de construcción, donde se fabrica la perfilería de los paneles de PVC, para viviendas en general y además perfilería para el armado de puertas y ventanas. Adecuándose así a las características del mercado argentino, como también de los países componentes de la región, para de esta manera, satisfacer sus demandas.

Bajo un concepto de innovación permanente, en Argentina se investiga y desarrolla el sistema y sus diferentes aplicaciones que exceden a la construcción tradicional, con notables ventajas en cuanto a imagen, costo, tiempo de ejecución y mantenimiento.

Además, al interior de la planta en Argentina, se cuenta con una escuela de capacitación, en la cual se dictan cursos introductorios y de perfeccionamiento para todo tipo de profesionales acerca de las prestaciones y aplicaciones del sistema.

Los distintos módulos, ofrecen una selección amplia de modelos con variados diseños, atractivos y de alta resistencia a los efectos del tiempo, la corrosión y los rayos U.V. del sol.

Para la elaboración de paneles y conectores se utilizan sistemas de termofusión (unión mediante temperatura), logrando una estructura sólida y monolítica que le dan al elemento una hermeticidad al agua, aire, ruido, polvo, etc. Obteniendo por este sistema, aislamiento térmico y acústico (ambientes silenciosos). Por otra parte, son fáciles de instalar y prácticamente libres de mantenimiento (su limpieza se realiza con agua y jabón).

Las propiedades que posee la estructura, gracias a esta configuración de materiales, se ve claramente representada en las cualidades y debilidades de cada uno de sus componentes, por lo que se debe comprender la naturaleza y características de estos por separado.

1.1 Composición del Policloruro de Vinilo (PVC).

La American Society for Testing and Materials (ASTM) define el término plástico como "Un material que contiene esencialmente moléculas orgánicas de muy alto peso molecular, sólido en su estado final y en alguna etapa de fabricación es formado por flujo a su forma final".

El PVC no es un material como los otros. Es el único material plástico que no es 100% originario del petróleo. El PVC contiene 57% de cloro (derivado del cloruro de sodio - sal común) y 43% de etileno, derivado del petróleo.

Es un material termoplástico, es decir, tiene la propiedad que le permite ser moldeable rápidamente y en repetidas veces por un incremento de Temperatura y/o Presión, y endurecido por un decremento de las mismas, con la condición de que estos factores no produzcan descomposición química o carbonización.

A partir de la sal, por el proceso de electrólisis, se obtienen el cloro, la soda cáustica y el hidrógeno. La electrólisis es la reacción química resultante del paso de una corriente eléctrica por agua salada (salmuera). Así se obtiene el cloro, que representa 57% del PVC producido.

El petróleo, que representa apenas 43% del PVC fabricado, pasa por un camino un poco más largo, en comparación con el del cloro. El primer paso es una destilación del petróleo crudo, obteniéndose así la nafta leve. Esta pasa, entonces, por el proceso de craqueamiento catalítico (quiebra de moléculas grandes en moléculas menores, con la acción de catalizadores que aceleran el proceso), generándose el Etileno. Tanto el Cloro como el Etileno están en la fase gaseosa y reaccionan produciendo el DCE (Dicloro - Etano).

A partir del DCE, se obtiene el MVC (mono cloruro de vinilo), unidad básica del polímero que es un gas incoloro que se almacena a presión. El polímero es formado por la repetición de la estructura monomérica. Las moléculas de MVC son sometidas al proceso de polimerización (reacción que une a los monómeros), formando una molécula de mucho mayor tamaño, conocida como PVC (policloruro de vinilo), que es un polvo volátil muy fino, incolora, y totalmente inerte. Las fórmulas químicas se pueden observar en la figura N°1.

FÓRMULAS MOLECULARES DEL MONÓMERO DE CLORURO DE VINILO (VCM) Y EL POLÍMERO DE CLORURO DE VINILO (PVC).

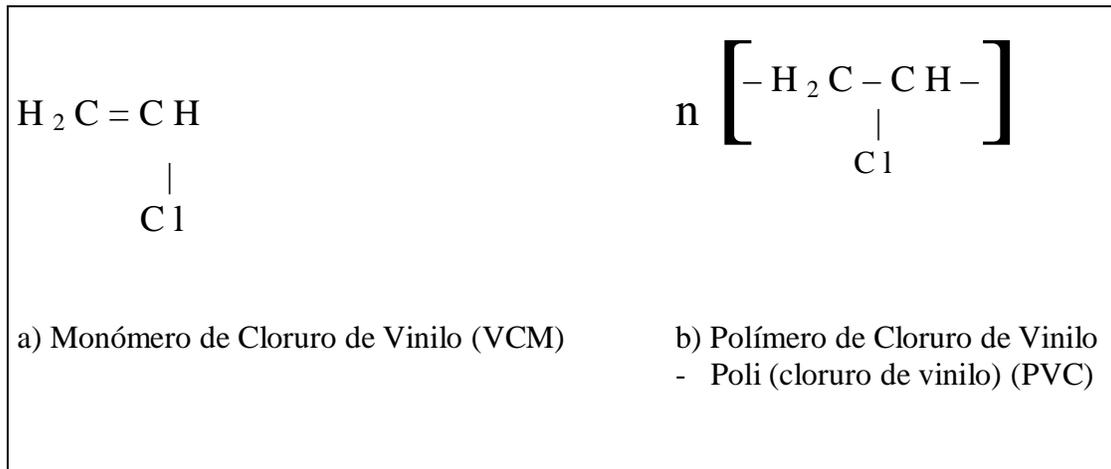


Figura N° 1

El cuadro muestra en su lado izquierdo la expresión química del mono cloruro de vinilo (VCM), unidad básica que sometida al proceso de polimerización se transforma en policloruro de vinilo (PVC), expresión ubicada en el costado derecho.

PASOS EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DEL PVC

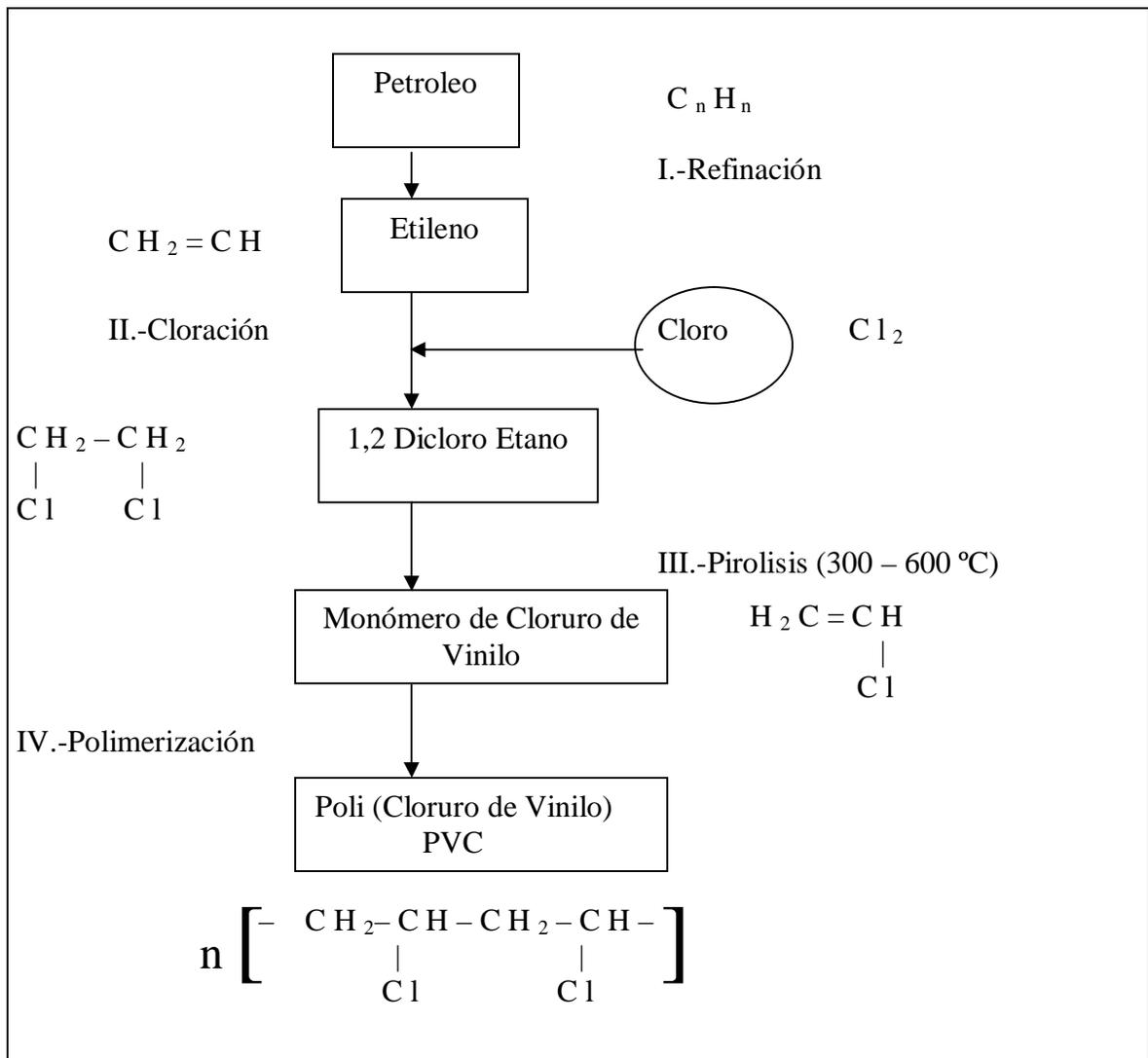


Figura N° 2

El diagrama de la figura muestra que a partir del petróleo y después de su destilación y craqueamiento se obtiene el etileno, luego este reacciona con el cloro en forma de gas produciendo el dicloro-etano, que al ser sometido al calor en el proceso de pirolisis genera el mono cloruro de vinilo (VCM), el que finalmente es sometido al proceso de polimerización obteniéndose el policloruro de vinilo (PVC).

(Pirolisis: Proceso fisicoquímico mediante el cual separan las moléculas de un compuesto utilizando calor).

Como muestra la figura N° 2 el producto final de este proceso es la resina de PVC, (polímero básico), a partir de esta resina y dependiendo del uso que se le va a dar al producto,

se requiere agregar algunos aditivos con la finalidad de adecuar las propiedades físicas y químicas de la resina original. Entre todos los plásticos, su densidad es una de las mayores: va de 1.3 a 1.58 gr/cm³. Su poder calórico es reducido y es muy resistente al ataque de ácidos y bases, pero es inestable al calor y las radiaciones ultravioletas, por lo que necesita aditivos.

Los materiales plásticos no pueden ser utilizados sin aditivos, tanto a nivel de producción como de transformación (lo mismo ocurre con la mayoría de los materiales). El PVC obtenido en forma de polvo no puede utilizarse tal cual, sino que se le deben incorporar aquellos aditivos necesarios para aumentar su estabilidad frente al calor durante la transformación (estabilizantes), evitar su adherencia a las máquinas (lubricantes), dar flexibilidad al material cuando se requiera (plastificante), la respectiva coloración (pigmentos) y las cargas o rellenos.

Los estabilizantes o catalizadores, son compuestos químicos o mezclas de compuestos que se añaden a la resina para dificultar la polimerización y condensación cuando están sometidos a la intemperie.

Los lubricantes son compuestos, en general, orgánicos, destinado a facilitar el desmoldeo de los plásticos. Se emplea en cantidades muy pequeñas, inferiores al 2%, como por ejemplo: Aceite de Linaza, Aceite mineral, Parafina, etc.

Los plastificantes son compuestos orgánicos, que forman junto con las resinas una solución, la cual es estable en frío y aumentan su plasticidad en caliente. Sus temperaturas de utilización varían entre los 94 °C y los 250 °C. Se emplea la parafina, la glicerina, el glicol, etc.

El plastificante más utilizado en las aplicaciones de PVC es el DEHP (Dietil-Hexil-Ftalato). Los ensayos realizados en diversos laboratorios demuestran que no presenta riesgo

alguno para la salud humana, en los niveles de concentración utilizados en los artículos acabados.

Los colorantes son compuestos minerales u orgánicos, utilizados para dar color a la resina base. Además, se pueden utilizar pigmentos, los cuales poseen una diferencia primordial con los colorantes: los primeros son insolubles en el plástico y los colorantes no.

Las cargas o rellenos, son sustancias minerales como talco, mica, sílice, fibra de vidrio, etc., que mejoran algunas propiedades químicas, físicas, térmicas y eléctricas de las resinas. Cuando se utilizan grandes cantidades de rellenos se les llama comúnmente extendedores, debido a que aumentan el volumen y por lo mismo disminuyen el costo del PVC. Sin embargo, las propiedades del material termoplástico, extendido con las cargas, resultan a menudo deterioradas, limitando así su uso y aplicaciones. La cantidad de relleno está usualmente entre 10%-50% del peso de la mezcla propiamente tal.

Toda esta conformación de elementos, dan origen a lo que se conoce como PVC. Gracias a ésta confluencia de materiales este tipo de termoplástico posee características como: ligereza, inerte y completamente inocuo, resistente al fuego (no propaga la llama), impermeable, aislante (térmico, eléctrico y acústico), resistente a la intemperie, económico en cuanto a su relación calidad-precio, fácil de transformar y es reciclable.

1.2 Características Físicas-Químicas del PVC.

1.2.1 Tensión de Utilización.

Los materiales termoplásticos, como cualquier otro tipo de material, se deforman cuando están sometidos a tensiones importantes. Estas tensiones suelen ser recuperables en cuanto cesa dicho esfuerzo (deformaciones elásticas); por el contrario, si este esfuerzo es muy elevado, se originan deformaciones irreversibles (deformaciones plásticas o fluencia). Por este motivo es muy importante determinar con exactitud la tensión máxima a la que se puede utilizar. Lógicamente, esta tensión dependerá del esfuerzo y la temperatura a la que se someta.

Algunos datos con temperaturas hasta 71 °C:

- Resistencia última a la tracción: 630Kg/cm²
- Resistencia a la compresión: 550Kg/cm²
- Módulo de elasticidad en la flexión: 35000Kg/cm²

Fuente: Fábrica de perfiles de PVC Deceuninck. España.

1.2.2 Resistencia al Choque.

El PVC tiene una resistencia al choque excelente la cual tiene un valor de 3265Kg/cm.

Fuente: Fábrica de perfiles de PVC Deceuninck. España.

1.2.3 Resistencia Eléctrica.

Tiene gran poder de aislamiento eléctrico. Para medirlo se usa el método de resistividad volumétrica el que también permite controlarla.

Fuente: Asociación Nacional de la Industria Química A.C. de México.

1.2.4 Resistencia a la Humedad, Agentes Biológicos y Químicos.

El PVC es un material que prácticamente permanece inalterable frente a la acción de los ambientes agresivos presentes en zonas urbanas, industriales o salinas. Tiene un comportamiento a la intemperie muy bueno, así como a la acción de los productos químicos. No necesita ningún elemento para su conservación y basta agua jabonosa para mantenerlo en perfecto estado.

Fuente: Fábrica de perfiles de PVC Deceuninck. España.

1.2.5 Aislación Acústica.

El PVC, como material termoplástico, es uno de los más aislantes debido a que absorbe las ondas y vibraciones emitidas por el ruido.

Fuente: Fábrica de perfiles de PVC Royal Technologies Mercosur.

1.2.6 Resistencia al Fuego.

El Policloruro de Vinilo, por su composición, es un material auto-extinguible y difícilmente inflamable, que se consume lentamente y con dificultad. Son necesarias temperaturas que fluctúan entre los 350 a 450 °C para provocar su ignición (encendido) y que ésta sea continua, ya que al retirar la fuente de encendido se extingue. Como datos comparativos se pueden dar las siguientes referencias:

La temperatura de autoinflamación (ignición espontánea) necesaria para el PVC es de 450 °C, como información de comparación para la madera es de 280 °C.

El índice necesario de concentración de oxígeno para mantener el fuego en el PVC es del 50 %, mientras que para la madera es del 21% (esto y su composición química es lo que lo hace ignífugo).

Fuente: Fábrica de perfiles de PVC Royal Technologies Mercosur.

1.2.7 Toxicidad.

Si se tiene en consideración que el PVC tiene un contenido de cloro en peso de un 57%, es decir, se reduce el contenido de carbono en un 57%, por lo tanto se subentiende que la emisión de monóxido y dióxido de carbono producido en la descomposición de este producto, será más baja que la de cualquier otro material que solo contenga carbono, reduciendo, por este motivo, el riesgo que representa la producción de dichos gases.

1.2.8 Resistencia a las Variaciones de Temperatura.

El coeficiente de dilatación lineal del PVC es de $8 \cdot 10^{-4}$ (mm./cm./°C) es decir, que por cada centímetro lineal de material, afectado a un alza de temperatura de 1 °C, el termoplástico se dilata 0.02032 (cm.).

Esta dilatación, no obstante, en los perfiles fabricados es mínima, debido al bajo coeficiente de conductividad térmica, el cual es uno de los más bajos de los plásticos producidos en la actualidad. El valor de este coeficiente es de 0.17 W/m°C, como se puede comprobar con datos comparativos en la tabla N° 1.

TABLA N° 1 .Valores Comparativos del Coeficiente de Conductividad Térmica de Algunos Materiales.

Material	Coef. conductividad (W/m°C)
PVC	0,17
Madera	0,2 -0,19
Cemento	0,9 – 1,2

FUENTE: Fábrica de perfiles de PVC Royal Technologies Mercosur.

La geometría del perfil hace que éste absorba una gran parte de dichas dilataciones (al efectuar el diseño y posterior montaje, es un factor que hay que tener en cuenta). Debido a todo esto, los perfiles mantienen su rigidez aún en los casos de temperaturas elevadas.

1.3 Etapas del Proceso de Fabricación de los Paneles de PVC.

Para la fabricación de los paneles se necesitan esencialmente, los elementos básicos para todo tipo de elaboración de productos, dentro de los cuales se encuentran materias primas, insumos, mano de obra calificada, maquinarias y herramientas para poder realizar el proceso y la cadena de producción.

En este trabajo, sólo se abarcan aspectos generales de la perfilería a utilizar como estructura contenedora del hormigón armado.

Existen empresas independientes de las que realizan la producción y elaboración de los perfiles, que entregan a éstas últimas los módulos de PVC con medidas básicas, por lo que la

empresa que reciben éste material, sólo se encargan del dimensionamiento y modulación de las piezas, dependiendo de los requerimientos del mandante.

Cabe destacar, que antes de comenzar el proceso de fabricación de las piezas para conformar los paneles, se pide al cliente todos los planos que son necesarios para poder determinar las medidas de los elementos que son imprescindibles para la construcción del proyecto a realizar.



Figura N° 3

Vista de Planta Industrial para Conformar Piezas de Paneles.

La línea de producción de los paneles, se realiza de la siguiente manera:

a) Almacenamiento de material: Los perfiles, ya elaborados en bruto, se ubican cerca de la entrada, en el interior de la planta. Además deben almacenarse protegidos, tanto de la humedad como de la luz solar.

Por otra parte, los perfiles deberán estar apoyados sobre una superficie plana y lisa. Si éstos vienen empaquetados en cajas o bolsas deben abrirse en los extremos para facilitar su ventilación. (ver figura N°4.)



Figura N° 4

Vista de Almacenamiento de Perfiles

b) Corte de material: Para la realización de las esquinas de marcos de puertas y ventanas se ejecutan en los perfiles, cortes a 45° para posteriormente llevar las piezas cortadas al proceso de termofusión con el fin de dar forma al marco.

Para lograr conseguir la medida requerida, se debe aumentar la longitud del perfil en 6 mm., ya que en el proceso de soldado, se funde el material, disminuyéndose la longitud en 3 mm. por cada lado del perfil.

En la ejecución de los perfiles de paramentos verticales, sin ningún vano de por medio, se hacen cortes perpendiculares a la pieza, con el fin de alcanzar la longitud correspondiente a la altura entre piso y cielo.

La calidad del corte es indispensable para obtener un cordón de soldadura resistente.

c) Copiado: Sector del tren de producción en el cual, se realizan todas las perforaciones para obtener, de manera exterior, los drenajes de aguas lluvias y de manera interior, los hilos para guiar los tornillos de ensamblaje y anclaje, además de los conductos respectivos, para la colocación de picaportes y cerraduras.

- d) Retestadora: Parte del proceso durante el cual se realizan las cavidades al perfil con el fin de hacer un encuentro en "T". Es decir, si se tienen los perfiles que conforman al marco exterior de un paño determinado, se deberán colocar perfiles intermedios, para otorgar una determinada rigidez a la estructura

- e) Termofusión Monocabezal: Este proceso consiste en la unión térmica de dos perfiles, mediante presión y tiempo. A través de este proceso se logra la unión de dos perfiles que unidos establezcan un ángulo de 90°. Este método es usado cuando no existe la necesidad de tener una alta producción de elementos de este tipo.

- f) Termofusión Bicabezal: Para la elaboración de ángulos de 90° en un tiempo menor al producido a través de la termofusión monocabezal, se utiliza este sistema, el cual suelda dos perfiles al mismo tiempo, generando mayor precisión y calidad de ensamble. Estas características hacen que este proceso sea utilizado cuando, sea necesario un mayor volumen de producción.

- g) Mesa de Ensamblaje: Si un proyecto determinado, exige el ensamblaje de perfiles para las ventanas, se ejecuta para esto, la colocación de vidrios y accesorios en la planta.

Finalmente, y luego de la elaboración de cada una de las partes que integran la totalidad de perfiles del proyecto, éstas son enviadas al mandante a través de pallets, los que albergan a las piezas rotuladas en base a códigos. Estos códigos, indican la posición de la pieza dentro de la estructura, con el objetivo de lograr su perfecto ensamblaje. (ver figura N°5)

Las piezas que conforman los paneles, poseen una sección que varía de 100 a 150 mm. por 93 a 232 mm. (ver figura N° 6 y N° 7) El largo de estos tipos de perfiles, variará dependiendo de la altura piso-cielo de las estructuras a realizar. Algunos de estos tipos de perfiles, contendrán en su interior, aparte de la subdivisión típica, sectores especialmente acondicionados y aislados para la colocación de tuberías necesarias para realizar las instalaciones eléctricas y de agua potable, requeridas por el proyecto.



Figura N° 6

Muro Royal de 100 mm



Figura N° 7

Muro Royal de 150 mm

Los elementos que conforman los conectores van desde los 100 mm. y son realizados de distintas formas y diseños. Estas piezas, realizan la función de unión entre los paneles y la terminación superior de estos mismos. Su altura, al igual que los paneles, varía según los proyectos a realizar. (ver figura N°8 y N°9)

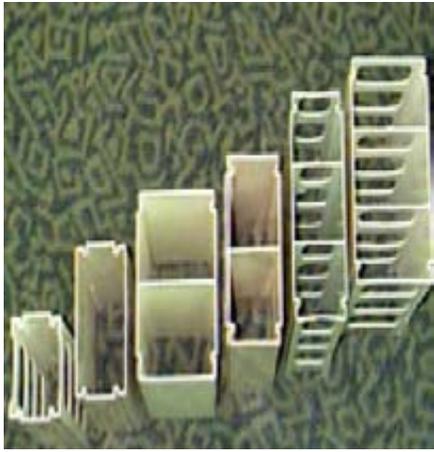


Figura N° 8

Detalle Piezas, Paneles y Conectores



Figura N° 9

Detalle Piezas, Paneles y Conectores

La codificación de cada una de las piezas de los muros se muestran en los cuadros.
(Ver figura N°10, N°11 y N°12)

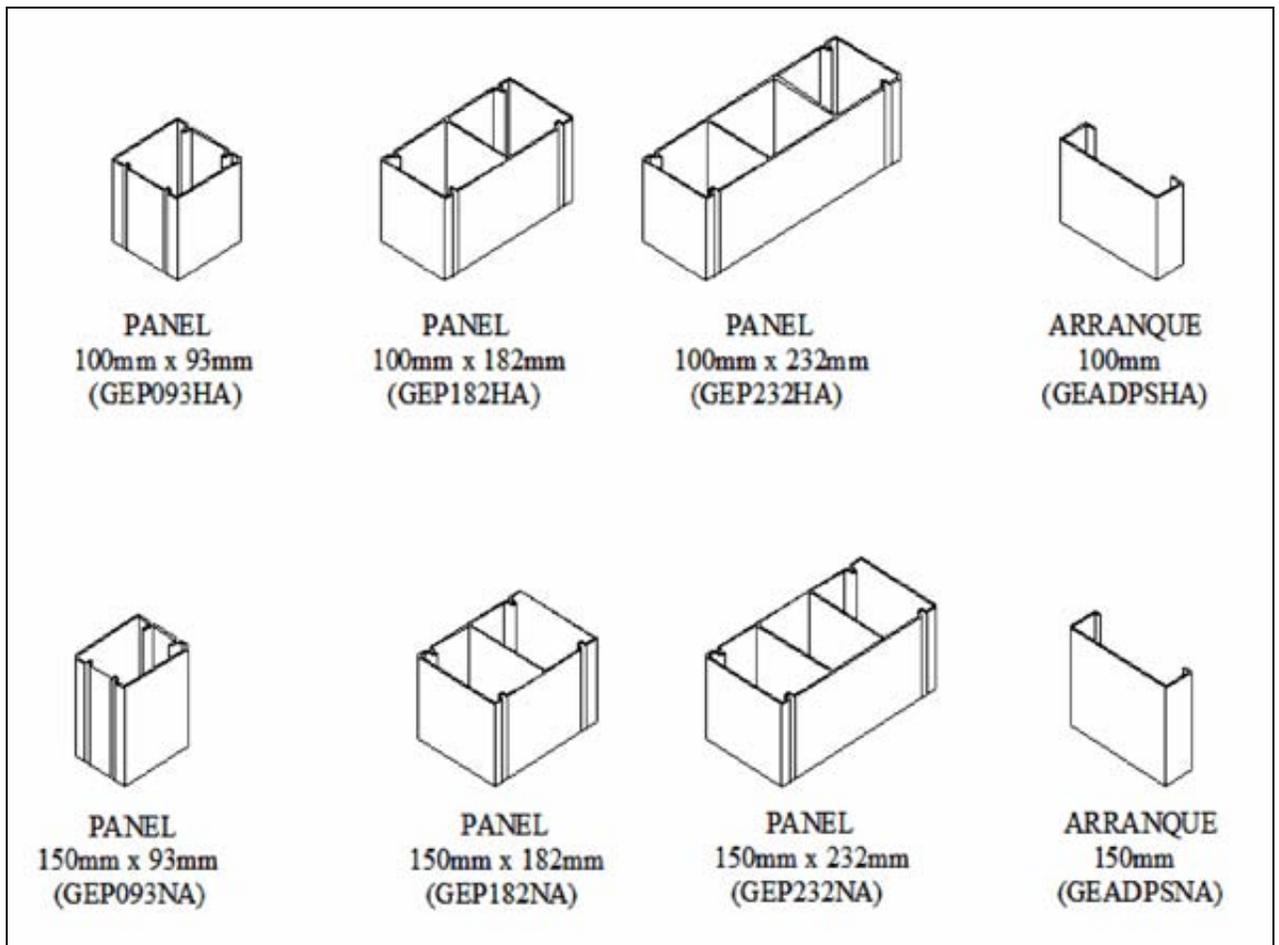


Figura N°10

Detalle Piezas de los Muros/Paneles

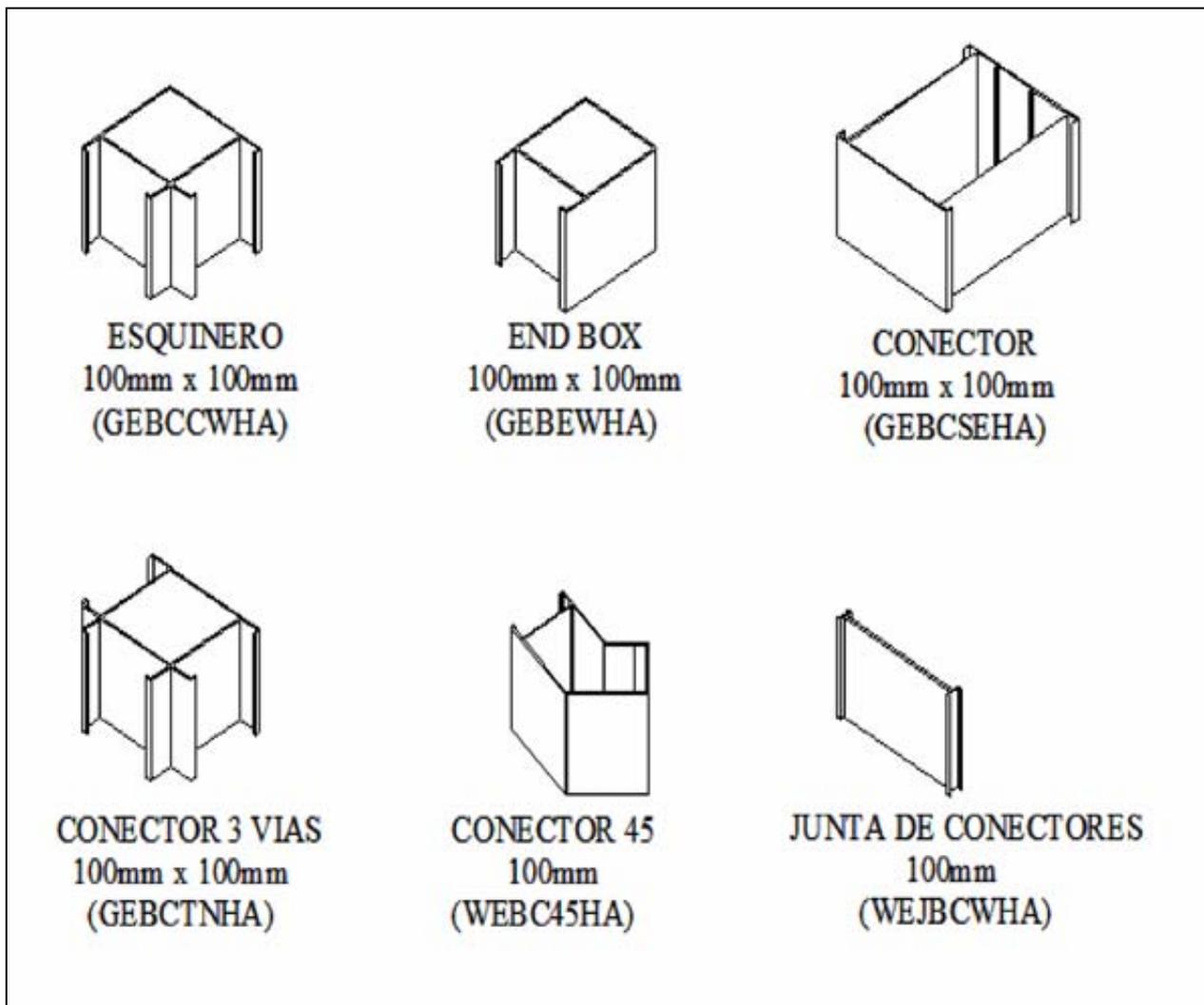


Figura N°11

Detalle Piezas de los Muros/Paneles

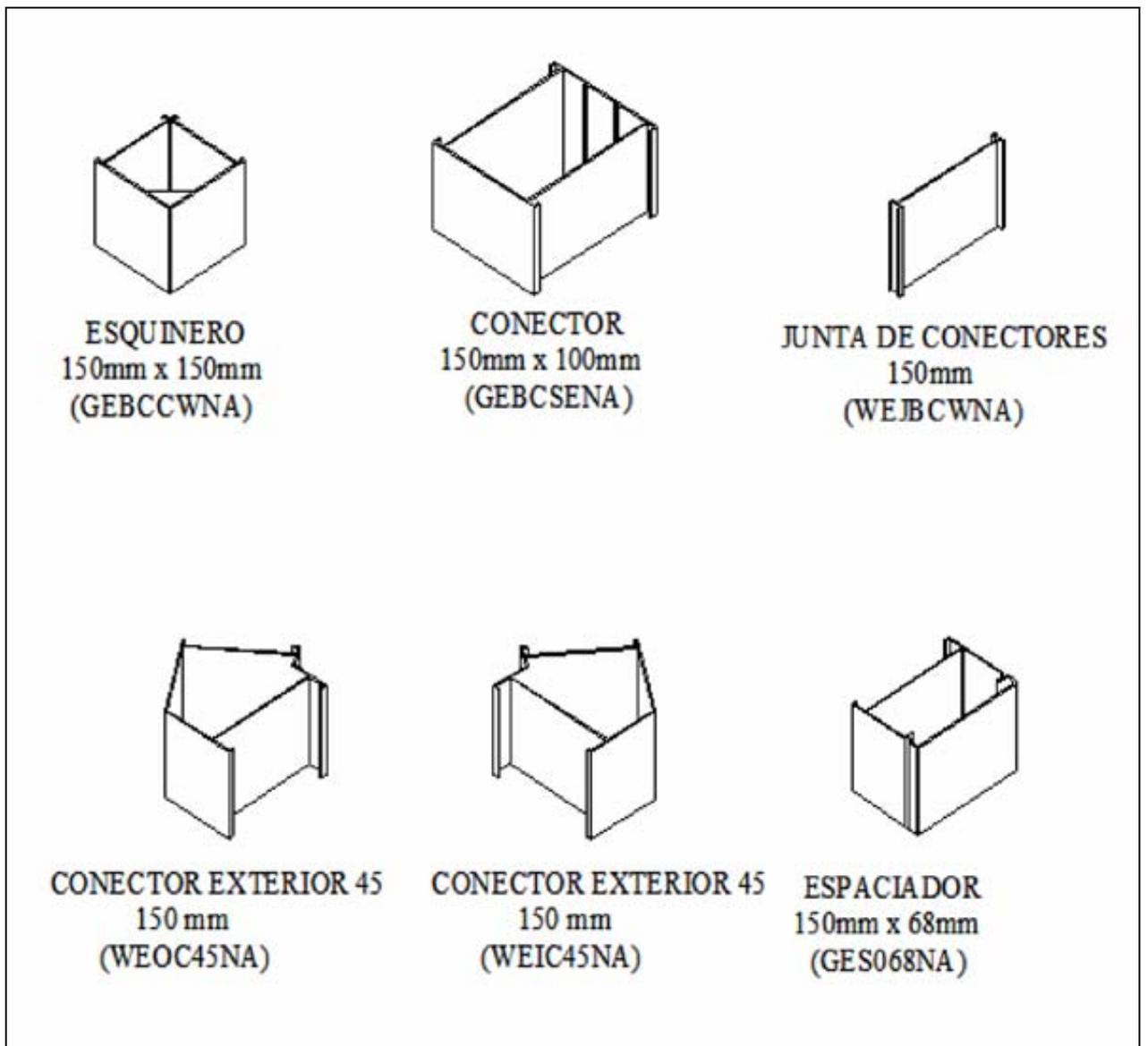


Figura N° 12

Detalle Piezas de los Muros/Paneles

CAPITULO II

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL HORMIGÓN ARMADO APLICADO AL SISTEMA.

Con respecto al relleno de los paneles, se describirán características generales de su utilización.

El hormigón a colocar, variará en sus espesores y características estructurales, de la misma manera que los paneles de PVC. Los espesores mínimos de utilización son de 9.4 cm. y su resistencia será establecida y normada por los requerimientos, donde se utiliza este producto.

A modo explicativo, la utilización de estos tipos de elementos se ha masificado, el relleno de hormigón en algunos casos es omitido, al no existir requerimientos estructurales desde el punto de vista sísmico. En estos casos, se realiza el llenado de paneles con hormigón liviano y algún tipo de aislación.

En el caso que existan requerimientos estructurales, los muros son calculados como muro de hormigón armado propiamente tal, obviando por completo la influencia de los paneles como elemento soportante.

En nuestro país, se está utilizando hasta el momento, hormigón H-25 y enfierradura vertical y horizontal de Ø10 mm para viviendas sociales. El tipo de enfierradura, y su disposición obviamente será modificada, según las dimensiones de la estructura y en función de la memoria de cálculo necesaria para contar con la aprobación en un proyecto inmobiliario.

Debido a lo expuesto anteriormente y a la versatilidad de este nuevo producto, presente hace poco tiempo en el mercado nacional, afectará de manera importante, los usos de todas las características del hormigón armado.

2.1 Adaptabilidad del Sistema a la Realidad Nacional.

Dentro de la mercado nacional, enfocado especialmente en el rubro de la construcción, se encuentran diversos tipos, formas y sistemas constructivos que satisfagan las necesidades de los consumidores, como lo son las estructuras construidas en base a adobe, albañilería, hormigón armado, madera, bloques, piedra, etc..., dentro de los materiales más tradicionales que existen en la actualidad, como también tecnologías un poco más recientes como los sistemas con denominaciones comerciales como el Metalcon, Covintec, Hormigón Celular, Tecnopanel, entre otros; diversos tipos de tabiques como los de madera, aluminio, vidriados, etc.

Todos estos sistemas constructivos, deben cumplir con los requerimientos mínimos que exige el país para la realización de cualquier obra de edificación. Dentro de todas las normativas que rigen a las obras de este tipo, se encuentran las que se refieren a las resistencias de los elementos, durabilidad, calidad, dosificaciones, formas, etc. Las que deberán compensar todas las demandas tanto climatológicas como geográficas que estén relacionadas con la ubicación de la obra dentro del orbe.

Con respecto a las exigencias que la ubicación de nuestro país le confiere a las estructuras que se desarrollen dentro de él, se tienen dos grandes aspectos que cubrir, como lo son los efectos ocasionados por la actividad sísmica, la diversidad de suelos en conjunto con la presencia de napas freáticas, puesto que nuestro país se encuentra recorrido por un sinnúmero

de ríos, canales, y también presenta gran cantidad de lagos, y en particular en la zona sur; por otra parte la presencia del clima marítimo a lo largo del territorio nacional y por último la diversidad de climas que se presentan .

Es por estos motivos que cualquier material nuevo, ya sea elaborado dentro como fuera del país, deberá satisfacer cada una de las solicitudes que la zona de construcción le infiera al inmueble.

Para definir cómo este nuevo sistema constructivo logra adecuarse a los diversos escenarios que se presentan en Chile, es necesario desglosar en forma individual cada una de las cualidades del material frente a las demandas que implica la construcción de cualquier tipo de obra de edificación al interior del mercado nacional.

Actividad sísmica: Como se sabe, nuestro país se encuentra emplazado en las cercanías de la unión entre las placas de Nazca y Continental, lo que se traduce en que dentro del territorio se presenta una infinidad de movimientos telúricos de diversas intensidades durante todo el año, por lo que es un factor de extrema importancia para el cálculo y diseño de estructuras, ya que este movimiento afectará a la estabilidad de los elementos y a todo su conjunto.

La respuesta que los paneles de PVC rellenos con hormigón ofrecen frente a esta problemática, es básicamente otorgar resistencia a la compresión a través del hormigón y por otra parte resistencia a la flexión por medio de la armadura de los elementos, este conjunto de materialidades entregan una óptima reacción frente a esta condición.

Diversidad de suelos y presencia de napa freática: La diversidad de suelos dentro del país se debe a los variados tipos de formaciones geológicas que han transcurrido a lo largo

del tiempo y que han tenido como resultado la exuberante cantidad de suelos existentes hoy en día, como son los compuestos por arenas, limos, arcillas, gravas, suelos orgánico y los desarrollados por el hombre, como lo son los rellenos artificiales y las distintas combinaciones de éstos, que hacen que la estructura fundadas sobre ellos, deban acomodarse a cada uno de los requerimientos que las condiciones del suelo existente entregue a los elementos.

Por otra parte la aparición de nivel freático estará dada por la presencia, ya sea de ríos, lagos, napas subterráneas y/o cercanía al mar, lo que al momento de la construcción, o durante la existencia de un movimiento telúrico, generará presiones intersticiales que afectarán al buen desarrollo de las fundaciones, ya que deberán soportan esfuerzos adicionales a los ejercidos por el peso y sobrecarga de la estructura como también a los esfuerzos determinados por la acción sísmica.

La solución que prestan los elementos de este estudio va a estar determinado por el tipo de fundación y/o el mejoramiento de suelo que se realice a nivel de sello de fundación. A su vez el tratamiento a realizar para la eliminación de la presencia de presiones intersticiales, va a estar dado por lo establecido en el informe de mecánica de suelo del proyecto. Ambas soluciones son similares a las desarrolladas para cualquier otro tipo de estructura configurada por distintos sistemas constructivos y/o materialidades.

Clima marítimo: Dentro de la realidad nacional, se encuentra la acción del clima marítimo a lo largo de todo el territorio, es por esto que los efectos que este clima produce en las estructuras, será de vital importancia a la hora de estudiar la adaptabilidad que este material ofrezca sobre esta situación.

En forma general, se puede decir que el clima marítimo, debido a la salinidad que presenta el aire producto de su contacto con el mar, afecta gravemente a las estructuras

metálicas o las elaboradas en base a hormigón armado, ya que la salinidad del aire y la humedad provenientes del ambiente, provocan el deterioro de las piezas metálicas.

En relación al hormigón armado, el contacto de éste con este tipo de clima, implica que al carecer de un buen recubrimiento o una mala mantención a lo largo del tiempo, provocará un deterioro de los elementos, lo que se verá traducido en la corrosión de las armaduras, debido a la penetración del aire salino a través del hormigón, para luego tomar contacto con éstas, las que empezarán a oxidarse mostrando en su primera etapa corrosión en su superficie; con el transcurso del tiempo esta corrosión ocuparan un área importante de la armadura, por lo que su sección se verá aumentada en estas zonas, esta situación hará que este aumento de sección se traduzca en presiones al interior del elemento de hormigón armado, que llegarán a un nivel en que el hormigón no sea capaz de soportar dichas tensiones, por lo que se producirá un descascaramiento del hormigón del elemento, dejando en contacto directo a las armaduras con el ambiente, lo se implicará un deterioro y hasta el colapso de la estructura.

Este nuevo sistema entrega una óptima repuesta frente a este punto, debido a que los paneles cumplen la función de protección superficial sobre el hormigón armado, ya que el hecho de que el PVC sea un material que no permite el paso de los agentes externos sobre él, hace que las armaduras jamás se vean afectadas por la acción salina del aire costero, por lo que no se verán expuestas a la corrosión que este clima produce en ellas.

Diversidad de climas: Los distintos tipos de climas existentes en nuestro país, producto de la ubicación geográfica en la que se encuentra emplazado, hace que cualquier tipo de estructura que quiera masificarse a lo largo del territorio, debe tener la capacidad de soportar las variadas condiciones climatológicas existentes. Como es el caso del norte de nuestro país en donde se encuentran fluctuaciones considerables de temperatura durante el día,

la humedad producto de la lluvia y frío en que se encuentra sometido el extremo sur, o los cambios bruscos de estaciones que presenta la zona central del territorio.

Todas estas implicantes derivadas de la climatología, no son relevantes para este tipo de sistema de construcción. La capacidad de adaptabilidad que otorga este sistema, tiene su origen en la configuración de los paneles de PVC, ya que como se explicó anteriormente, la composición de los paneles hacen que cualquier efecto externo no perturbe la estabilidad de este material, por lo que el hormigón armado dispuesto al interior de los paneles no se verán afectados por dichas perturbaciones.

2.2 Análisis de las Normativas Extranjeras que Rigen al Sistema.

Como ya se ha expresado en este trabajo con anterioridad, la tecnología de estos paneles se encuentra presente en mercados de los 5 continentes y su inserción al mercado nacional ha sido reciente.

Como toda construcción o la elaboración de cualquier tipo de obra civil, necesita de requerimientos mínimos para poder ser aceptado por todos las naciones, las cuales requerirán la utilización de este tipo de tecnología en sus construcciones.

Debido a esto, cada país que importa este tipo de tecnología, debería realizar un exhaustivo estudio sobre las características técnicas y estructurales de los elementos contruidos con los paneles. Abarcar todas las normativas, de cada país donde se encuentra presente este producto seria muy extenso y no se resolvería ninguna gran interrogante ya que con el análisis de países específicos, se podrá entender de una manera global las diferencias entre las necesidades Chilenas y las de otros países del orbe. Debido a la falta de normativas

relativas a este material en nuestro país se analizarán las normativas canadienses, que se considera de vital importancia para comprender las cualidades estructurales que otorgan los paneles, con esta nueva configuración de materiales.

La selección de Canadá, es debido a que la producción inicial de los paneles, proviene de esta nación.

Todas las certificaciones, estudios de los métodos constructivos utilizados, materiales empleados, forma de elaboración de los paneles, etc. Han sido certificados bajo la normativa ISO 9002, lo cual otorga una ventaja cualitativa adicional en comparación a otros productos tanto en lo particular como en lo general, presentes en los distintos mercados, donde se encuentra actualmente la construcción en base a estos paneles prefabricados.



Figura N° 13

Logo Certificación ISO 9002 Presente en los Documentos de Acreditación y Presentaciones del Producto.

Para dar de una manera objetiva una evaluación técnica sobre el producto en estudio, se realizarán transcripciones textuales de boletines técnicos de organismos públicos y privados de Canadá y USA, para de esta manera no alterar el contexto con que se llevan las investigaciones, las cuales otorgan el respaldo institucional, para poder posteriormente, dar a uso público la utilización de este tipo de tecnología. Cualquier discordancia con la forma de

utilización o evaluación en Chile, como en lo referido al método de empleo, colocación o mantención se deben a las distintas realidades de los países, que contienen dentro de ellos, este sistema constructivo como forma de construcción convencional.

Debido a la naturaleza comercial de estos boletines, se mencionará en ocasiones, el nombre de venta de los paneles con sus respectivas secuencias constructivas. Como ya se nombró con antelación, el nombre comercial del panel es “Royal Building Systems”.

A continuación se señalan extractos a las normativas, reportes y cualidades técnicas elaboradas en Canadá para validar las características de los paneles, los cuales describirán a manera muy general el contexto de requerimientos que rigen a este tipo de estructura en su país de origen.

Reporte de ALARA, Servicio Higiénico Industrial Ltda. (26-08-1993) 103 Parkview Hill Crescent, Toronto, Ontario.

- “Medición de partículas orgánicas volátiles (TVOC) de los componentes extruidos que conforman los paneles”.

- “*Alara* ha realizado un estudio de la calidad del aire de las casas elaboradas con los paneles Royal y medición de los componentes orgánicos volátiles presentes en el aire (VOC), posterior al extruido del PVC, para poder así realizar una medición del total partículas orgánicas volátiles (TVOC) presentes en el interior de una vivienda no ocupada”.

“Basados en el resultado, los análisis, concluye que”:

- “La concentración de TVOC encontrada dentro de los hogares es de 0.3 (mg/m³), esto es significativamente bajo, ya que lo típicamente encontrado dentro de viviendas ocupadas y oficinas varía entre 1.0-2.0 (mg/m³)”.
- “Estudios indican que para un caso cualquiera, las viviendas construidas con estos paneles están ocupadas en sólo un mes después del extruido del PVC y representan alrededor de un 15% de la totalidad de TVOC encontrados dentro de un hogar habitado”.
- “ICC Evaluation Service, Inc. 1997, Uniform Building Code” (Los Angeles Business/Regional Office).
- “Descripción General: Sistema conformado por muros de polímeros rígidos interconectados, rellenos con hormigón estructural. Puede ser usado tanto como muros no estructurales como estructurales, dependiendo del relleno de hormigón”.
- “Diseño estructural de los Paneles: Cuando los componentes del muro trabajan de manera estructural, los polímeros proveen la forma del hormigón, el cual dota de resistencia a la estructura. El diseño se realiza por métodos empíricos, basados en propiedades físicas”.
- “Los miembros sujetos a cargas axiales son diseñados con la siguiente fórmula:

$$\phi P_n = (0,45) \cdot (0,6) F'_c \cdot A_c \cdot [1 - (0,8 \cdot L_c / 32 \cdot t)^2]$$

donde:

ϕ = Factor de Reducción (0.6)

P_n = Carga nominal axial que resiste el muro (pounds)

$F'c$ = Resistencia del hormigón a los 28 días (psi)

A_c = Área gruesa de hormigón (inches)

L_c = Altura del muro (inches)

t = Espesor del muro (inches)”

- “Para muros con cargas Horizontales, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\phi Mn = (0,8) \cdot (0,5) \cdot Fv \cdot Sx$$

donde:

ϕ = Factor de reducción (0.5)

M_n = Momento perpendicular al muro (lbs*inch)

F_v = Carga última de tensión (5800 psi , 40 Mpa)

S_x = Sección del modulo (inches³)

- “Para cargas que producen corte en los muros, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\phi Vn = 2 \cdot (0,6) \cdot \sqrt{(F'c) \cdot A_c}$$

donde:

ϕ = Factor de reducción (0.6)

V_n = Fuerza nominal sobre el muro (pounds)

$F'c$ = Resistencia a compresión del hormigón (psi)

A_c = Área gruesa de Hormigón (inches²)

- “Todas las mediciones y ensayos se realizaron sobre piezas que conforman los paneles, los cuales poseen la denominación de RBS4 y RBS6” (panel de 100mm y 150mm respectivamente).

- “En la siguiente tabla, se encuentran especificados parámetros físicos de los componentes que conforman los paneles, es decir del PVC, del Hormigón Armado y de los paneles”. Las recomendaciones de fabricación se encuentran respaldadas en los documentos técnicos de las empresas e instituciones técnicas mencionadas en el Anexo N°1.

Valores de Resistencia para Muros.

	Unidad	RBS4	RBS6
Momento de resistencia	kN·m/m	4,98	7,96
Resistencia a la compresión axial	kN/m	488 [$1-(h/40d)^2$] h de muros < 3m	748 [$1-(h/40d)^2$] h de muros < 4,5m
Resistencia a la tracción	kN	68,0	68,0
Rigidez elástica	N·mm ² /m	134,0 x 10 ⁹	134,0 x 10 ⁹

Tabla N° 2

h = altura del muro.

d = largo del muro.

Fuente: Reporte de Evaluación CCMC 12536-R del Instituto de Investigación para la Construcción de Canadá.

- “Descripción general: Los muros consisten en paneles de polímeros rígidos en unión con hormigón. Esta configuración crea muros monolíticos de gran resistencia. Los beneficios de este sistema son la velocidad de construcción, flexibilidad, diseño y economía.”
- “El hormigón conforma como mínimo el 90% de la masa y el volumen de los paneles. Las características requeridas de este material son que tenga una resistencia mínima a los 28 días de 20 Mpa. a 25 Mpa.”
- “El agregado pétreo recomendado son como mínimo de 3/8” a 4-5” dependiendo del espesor de muros a realizar. Los ensayos señalan que el hormigón va a tener problemas de

segregación cuando los muros posean una altura de 9 metros, por lo que se deberán tomar las precauciones respectivas”. Debido a las características del hormigón, no se requerirá de una vibración mecánica y sólo necesita el acomodo de las partículas por vibración externa. Además un excesivo vibrado puede producir altas presiones hidrostáticas que provocarán que el PVC pueda ser afectado debido a deformaciones”.

- “Con respecto al curado, no se requiere debido a que el recubrimiento polimérico de los muros evita que el hormigón sufra un secado prematuro”.
- “Los paneles pueden ser utilizados en cualquier tipo de construcción y son diseñados como cualquier muro de hormigón armado basados en la normas CSA A23.3 o ACI 318. Los paneles de PVC no son un componente estructural”.
- “Factores de diseño: los factores standards de reducción o amplificación para la resistencia de elementos de hormigón, en Canadá se encuentra basado en la “Limit State Design” (LSD) y en los Estados Unidos “Load and Resistance Factor Design” (LRFD).que se muestran en la tabla N° 3.

TABLA N° 3

Factores de Diseño para la Resistencia de Elementos de Hormigón.

Factores de Carga	Canadá	Estados Unidos
Muerta	1.25 o 0.85	1.2 o 0.9
Viva	1.5	1.6
Viento	1.5	1.6
Sismo	1.0	1.0

Factores de Resistencia	Canadá	Estados Unidos
Flexión	0.85	0.9
Compresión	0.6	0.65
Cizalle	0.6	0.75

- “Construction Guide for Bearing Walls, Version 1.0, Royal Building System”
- “La conexión eléctrica es convencional, las cajas y conductos instalados, son parte del muro. Las cajas eléctricas son situadas en el centro de los paneles”.
- “Los conductos son utilizados por el cableado de corrientes altas y de bajo voltaje. La localización y cantidad de estos conductos vararían, dependiendo del tipo de panel o el proyecto a realizar”.
- “Para cualquier tipo de proyecto, las conexiones eléctricas son montadas de manera convencional y similar a la de una actividad eléctrica de cualquier muro”.

Con lo referido a este punto, esta normativa es idéntica a la utilizada en nuestro país, la cual rige a las estructuras de hormigón armado, además de los elementos pre-tensados y post-tensados. Por lo cual se realizará un alcance de esta normativa en el sub-capítulo siguiente.

2.3 Análisis de Normativas Nacionales que Rigen al Sistema.

En nuestro país, cada vez que se decide importar alguna tecnología o producto, este se debe certificar que cumple con las normativas que son emitidas dentro del territorio nacional, con la finalidad de entregar seguridad al resto de la ciudadanía, en relación a que el material importado no causara problemas o daños una vez que se haya internado en el país.

Basándose en lo anterior, existen diversas dependencias dentro de la organización pública que entregan certificados tanto de aceptación, rechazo o de homologación tanto de materiales como de sistemas constructivos, con respecto a la normativa vigente.

Con respecto a la certificación del Servicio del Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), la solicitud de aprobación por parte de esta entidad al sistema constructivo de muros de hormigón armado con moldaje de PVC incorporado denominado “Royal Building Systems”, el MINVU considera innecesaria esta aprobación, puesto que este sistema constructivo es considerado, por parte de este Ministerio, como un sistema estructural tradicional por la Ordenanza de Urbanismo y Construcciones, bastando que los proyectos que se presenten a la aprobación de las Direcciones de Obra Municipal y a las licitaciones de los SERVIU, cuenten con la respectiva memoria de cálculo avalada por un profesional competente, siempre y cuando para la elaboración de esta memoria no se incluya como material estructural el panel de policloruro de vinilo y sólo se estime el hormigón armado.

Con respecto a lo anteriormente señalado, el MINVU, no estima que sea el caso de certificar este sistema constructivo sobre la base de las normas de la Ordenanza General para Sistemas Constructivos Nuevos.

En relación a los antecedentes recopilados, se puede establecer que este producto importado desde Canadá, es reconocido como un sistema constructivo estructural tradicional de hormigón armado, el cual cuenta con moldaje incorporado de polivinilo de alta resistencia, por lo que para poder determinar las exigencias mínimas que rigen a este sistema, se basarán en la normativa chilena que incluya estructuras de hormigón armado, tomando en cuenta las solicitudes a la que estas estructuras puedan verse enfrentadas.

Algunas de las normativas Chilenas más relevantes son: Código ACI 318 para el cálculo y diseño de estructuras, norma de diseño sísmico (NCh 433 of96), Norma de requisitos generales de hormigón (Nch 170), Norma de Diseño estructural de edificios – Cargas permanentes y sobrecargas de uso (Nch 1537 of86) y Norma de Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones (NCh 432 of71), de las cuales se entregará una reseña de los puntos más importantes que considera cada una de ellas.

- **Código ACI 318.**

- Alcance: Este código proporciona los requisitos mínimos para el diseño y la construcción de elementos de hormigón estructural de cualquier estructura construida según los requisitos de la ordenanza general de construcción legalmente adoptada, de la cual este código forma parte. En áreas en donde no se cuente con una ordenanza de construcción legalmente adoptada, este código define las disposiciones mínimas aceptables en la práctica del diseño y la construcción.

Este código complementa a la ordenanza general de construcción, y rige en todos los asuntos relativos al diseño y a la construcción de hormigón estructural, excepto en los casos en que este código entre en conflicto con la ordenanza general de construcción legalmente adoptada.

- Métodos de diseño: El método de diseño por resistencia requiere que se incrementen por medio de los factores de carga especificados (resistencia requerida) las cargas de servicio o las fuerzas y momentos internos relacionados, y que las resistencias nominales calculadas se reduzcan por medio de los factores ϕ de reducción de resistencia (resistencia de diseño).

- Cargas: Las disposiciones de diseño de este código se basan en la suposición de que las estructuras deben diseñarse para resistir todas las cargas solicitantes.

Las cargas de servicio deben estar de acuerdo con los requisitos de la ordenanza general de construcción de la cual forma parte este código, con las reducciones de sobrecarga que en dicha ordenanza general se permitan.

- Resistencia requerida: La resistencia requerida U , que debe resistir la carga permanente D y la sobrecarga L , debe ser por lo menos igual a:

$$U = 1,4D + 1,7L(1) [Kg / cm^2]$$

Si en el diseño se incluye la resistencia a los efectos estructurales de una carga especificada de viento, W , debe investigarse las siguientes combinaciones de D , L y W para determinar la mayor resistencia requerida U :

$$U = 10,75(1,4D + 1,7L + 1,7W) [Kg / cm^2]$$

Donde las combinaciones de carga deben incluir tanto el valor total, como el valor cero de L para determinar la condición más crítica:

$$U = 0,9D + 1,3W [Kg / cm^2]$$

Pero en ninguna combinación de D , L y W , la resistencia requerida U debe ser menor que la requerida por (1).

- **Norma de diseño sísmico de edificios (NCh 433 of96).**

- Alcance: Esta norma establece requisitos mínimos para el diseño sísmica de edificios.

- Zona sísmica: Se distinguen tres zonas sísmicas en el terreno nacional:

Zona I: zona cordillerana.

Zona II: abarca la depresión intermedia.

Zona III: zona costera

La caracterización del suelo debe apoyarse en un informe sustentado en una exploración del subsuelo acorde con las características del proyecto.

Clasificación de edificios y estructuras de acuerdo a su importancia, uso y riesgo de falla.

1) Categoría A: edificios gubernamentales, de servicios públicos o de utilidad pública (como cuarteles de policía, centrales eléctricas y telefónicas, correos y telégrafos, radioemisoras, canales de televisión, plantas de agua potable y de bombeo, etc.), y aquellos cuyo uso es de especial importancia en caso de catástrofe (como hospitales, postas de primeros auxilios, cuarteles de bomberos, garajes para vehículos de emergencia, estaciones terminales, etc).

2) Categoría B: edificios cuyo contenido es de gran valor (como bibliotecas, museos, etc.) y aquellos donde existe frecuentemente aglomeración de personas. Entre estos últimos se incluyen los siguientes edificios:

- Salas destinadas a asambleas para 100 o más personas;
- Estadios y graderías al aire libre para 2000 o más personas;
- Escuelas, parvularios y recintos universitarios;
- Cárceles y lugares de detención;
- Locales comerciales con una superficie igual o mayor que 500 m² por piso, o de altura superior a 12 m;
- Centros comerciales con pasillos cubiertos, con un área total superior a 3000 m² sin considerar la superficie de estacionamiento.

3) Categoría C: edificios destinados a la habitación privada o al uso público que no pertenecen a ninguna de las categorías A o B, y construcciones de cualquier tipo cuya falla puede poner en peligro otras construcciones de las categorías A, B o C.

4) Categoría D: construcciones aisladas o provisionales no destinadas a habitación, no clasificables en ninguna de las categorías anteriores.

Disposiciones generales sobre diseño: Esta norma, esta orientada a lograr estructuras que:

- Resistan sin daños movimientos sísmicos de intensidad moderada;
- Limiten los daños en elementos no estructurales durante sismos de mediana intensidad;
- Aunque presenten daños, eviten el colapso durante sismos de intensidad excepcionalmente severa.

- **Norma de Hormigón.**

Esta norma establece los requisitos generales mínimos para fabricar, transportar y colocar hormigones de densidad entre 2000 y 2800 Kg/m³.

Estos hormigones se podrán usar en obras de hormigón simple, hormigón armado y hormigón pretensado (pre y post tensado).

Con respecto a su clasificación, el hormigón se clasifica en grados, ya sea con respecto a la resistencia a compresión o con respecto a la resistencia a flexotracción.

Tanto el grado del hormigón como su nivel de confianza y los requisitos complementarios se deben establecer claramente en las especificaciones y en los planos de cada proyecto.

En relación a la dosificación que efectivamente se aplique en la obra debe ser tal, que el hormigón cumpla la resistencia especificada, la docilidad, la durabilidad y las restantes exigencias complementarias.

En el proceso de transporte, éste se debe efectuar con los equipos adecuados y mediante los procedimientos necesarios para mantener la homogeneidad del hormigón que se obtuvo en el mezclado. En este sentido, se deben evitar pérdidas de material, segregaciones y contaminantes.

Su colocación se debe efectuar con los equipos adecuados y mediante los procedimientos necesarios para:

- Mantener la homogeneidad del hormigón;
 - Asegurar la continuidad o monolitismo de los elementos estructurales;
 - Mantener las dimensiones y la forma geométrica de los elementos a hormigonar; y
 - Evitar desplazamientos o deformaciones de la armadura u otros elementos embebidos.
-
- **Norma de Diseño estructural de edificios. Cargas permanentes y sobrecargas de uso (Nch 1537 of86)**
 - Alcance: esta norma establece las bases para determinar las cargas permanentes y los valores mínimos de las sobrecargas de uso normales que deben considerarse en el diseño de edificios.

Los valores de las sobrecargas de uso, tienen el carácter de valores característicos o de valores mínimos según sea el método de diseño que se utilice.

- Campo de aplicación: Las disposiciones de esta norma son aplicables a los edificios o parte de los edificios que tienen los usos siguientes: Bibliotecas, bodegas, cárceles, escuelas, estacionamientos, fábricas, hospitales, hoteles, iglesias, oficinas, teatros, tiendas y viviendas.

Esta norma establece las cargas permanentes y sobrecargas de uso. La primera es la acción de un esfuerzo en el tiempo, cuya variación es despreciable en relación a sus valores medios o aquella para la cual la variación tiende a un valor constante. La segunda, es la acción variable de esfuerzos sobre las estructuras en el tiempo, que se determinan por la función y uso del edificio.

Las sobrecargas de uso de pisos y techos utilizables, deben diseñarse considerando el efecto más desfavorable.

- **Norma de Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones (NCh432 of71)**

- Alcance: Esta norma establece la forma en que deben considerarse la acción del viento en el cálculo de las construcciones.

Es aplicable en todos los cálculos de resistencia de todo tipo de construcciones dentro del país, con exclusión del territorio Antártico Chileno.

La presión del viento sobre las construcciones, se determinará por la acción conjunta de presiones y succiones.

Presión básica del viento: los valores de presiones y succiones serán considerados proporcionales a una magnitud, denominada “presión básica del viento” a la que se le debe aplicar la siguiente fórmula:

$$q = \frac{u^2}{16}$$

donde:

q = es la presión básica, en kgf/m²

u = es la velocidad máxima instantánea del viento en m/s

Los valores de la fuerza del viento por unidad de superficie se obtendrán multiplicando la presión básica del viento q por un factor de forma C. Los factores de C que se utilizarán para el cálculo de construcciones serán los que se indican en las figuras N°14 , N°15, y N°16.

Para establecer la presión a alturas distintas a la que se encuentra el edificio, se puede utilizar la ecuación siguiente:

$$P_x = P_h \cdot \left(\frac{x}{h} \right) \cdot 2\alpha$$

donde:

P_x = es la presión a la altura x

h = es la altura a la que se midió la presión P_x y α el coeficiente de rugosidad.

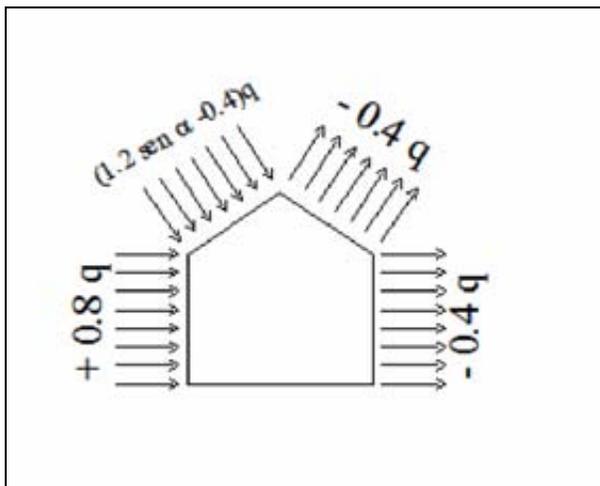


Figura N° 14.

Factores de Forma para Cargas de Viento con Sentido Izquierda-Derecha. Estructura de dos Aguas.

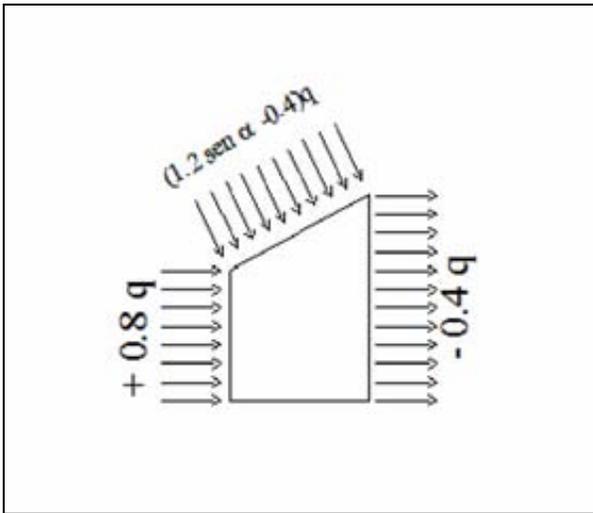


Figura N° 15.

Factores de Forma para Cargas de Viento con Sentido Izquierda-Derecha. Estructura de una Agua.

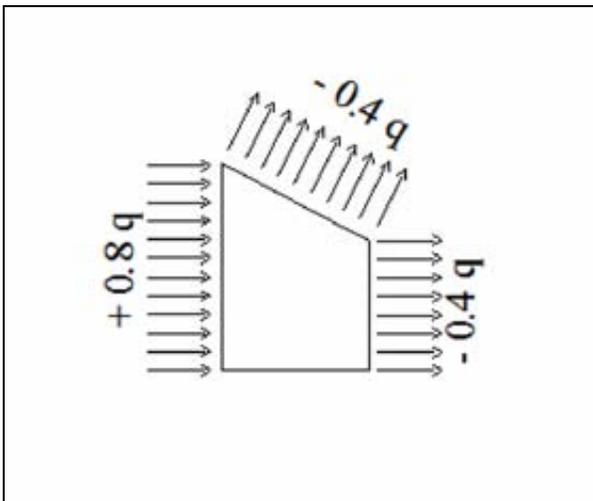


Figura N° 16.

Factores de Forma para Cargas de Viento con Sentido Izquierda-Derecha. Estructura de una agua.

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOS PANELES Y CONECTORES DE PVC.

En este capítulo se realizará una descripción completa paso a paso del sistema constructivo propuesto, con el objeto de suministrar las recomendaciones generales que deben ser cumplidas para su correcto funcionamiento del sistema.

Cabe destacar que el proyectista puede combinar el sistema con elementos tradicionales, verificando siempre la correcta integración de los elementos.

Para la realización de cualquier proyecto inmobiliario, en el cual se considere la utilización del sistema se debe tener en cuenta una serie de antecedentes previos a la instalación de este, ya que pueden ser factores determinantes a la hora evaluar la factibilidad del proyecto.

La descripción que se realizará a continuación tiene como base el loteo de viviendas sociales construido en la comuna de Colina, por presentar la aplicación mas representativa de este sistema en nuestro país.

3.1 Etapas de Preparación Previas a la Instalación de los Paneles.

Las etapas de preparación previas son las partidas que se realizan tradicionalmente en cualquier proyecto inmobiliario, en general no presentan novedad alguna a lo que ya se conoce.

3.1.1 Ubicación y Emplazamiento de la Obra.

Este es el punto de partida para realizar cualquier proyecto de edificación, el cual implicará un factor considerablemente importante en el valor comercial que tendrá la obra, una vez terminada.

3.1.2 Limpieza y Escarpe del Terreno.

El terreno debe quedar apto para todo tipo de trabajos, por lo que se debe realizar el escarpe de especies vegetales y la limpieza de escombros y basura.

3.1.3 Trazado, Replanteo y Movimiento de Tierra

Se procede a realizar el trazado y replanteo de los ejes que conformarán la edificación.

Se materializarán los puntos de referencia y posteriores movimientos de tierra y rellenos que resulten necesarios para la definición de niveles definitivos.

3.1.4 Excavaciones de Fundación.

Se realizarán las excavaciones hasta llegar al sello de fundación, cuyo nivel de cota dependerá de los requerimientos estructurales y características del suelo. Se recomienda realizar un estudio de mecánica suelos, a fin de determinar la profundidad de materia orgánica a extraer y el tipo de relleno y compactación necesarios para lograr una superficie adecuada para fundar. (ver figura N° 17.)



Figura N° 17.

Trazado de los Ejes y Comienzo de la Excavación de Cimiento.

3.1.5 Emplantillado de Fundación.

El emplantillado se realizará según las especificaciones de diseño estructural.

(ver figura N° 18.)

Emplantillado de fundación de hormigón H-5
Y 5 cm de espesor



Figura N° 18.

Emplantillado de Fundación ya Hormigonado.

3.1.6 Colocación de Tensores.

Prosigue la colocación de tensores, que vendrían a formar parte de la enfierradura vertical del muro de hormigón armado.. (Ver figura N° 19.)

Tensores: Enfierradura vertical de Ø10mm de diámetro.



Figura N° 19.

Colocación de Tensores sobre el Emplantillado.

Las cuantías del hormigón armado, diámetros y disposición de estos dependerán del sector de construcción del proyecto, tipo de estructuras y finalidad de ellas, sobrecargas y requerimientos estructurales a los elementos en general y particular. (Ver figura N° 20.)

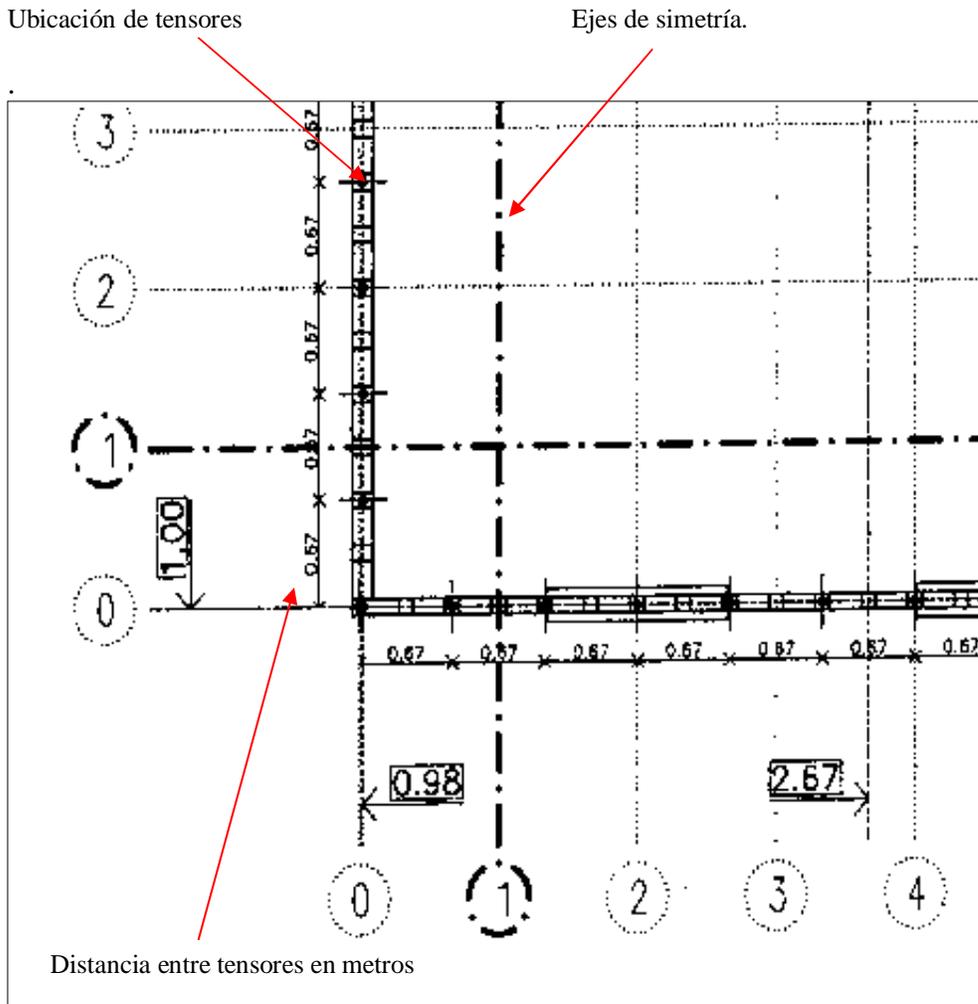


Figura N° 20.

Plano de Estructuras, Planta General

(Ejemplo: Aquí se indica la enfierradura vertical o tensores vinculada al sistema. con “Ø10mm@0,67m”).

3.1.7 Hormigonado de Cimiento.

Dependiendo de las características del suelo; profundidad y tamaño de cimiento dependerá la utilización de moldaje en esta etapa del proyecto.

Se realiza el hormigonado de la fundación. La dosificación del hormigón y el porcentaje de bolón desplazador dependerán de las Especificaciones Técnicas de cada proyecto individual. La adición de aditivos se realizará según especificaciones en dosificaciones recomendadas por el fabricante. (Ver figura N° 21.)

Moldaje de cemento.

Hormigonado de cemento.(170kg cem/m³)



Figura N° 21.

Moldaje y Hormigonado de Cimiento

3.1.8 Moldaje y Enfierradura de Sobrecimiento

A continuación se realizará la colocación de armadura de sobrecimiento con su respectivo moldaje, el cual dependerá del tipo de proyecto y de las especificaciones técnicas respectivas indicadas en los planos de estructura. (ver figura N° 22.)

Moldaje de sobrecimiento (h=20cm)

Enfierradura de sobrecimiento (4φ10, eφ6 @ 20)



Figura N° 22

Enfierradura y Moldaje de Sobrecimiento Listo para Hormigonar.

3.1.9 Hormigonado de Sobrecimiento

El hormigonado de sobrecimiento, se realizará luego de la inspección, limpieza y lavado de la enfierradura y el moldaje, para luego proceder con el llenado del hormigón. Una vez colocado, se procederá al vibrado y curado de este. (ver figura N° 23.)

Hormigón de cemento (255kg cem/m³)



Figura N° 23.

Moldaje de Sobrecimiento Relleno de Hormigón.

Nota: La precisión de las piezas que conforman el sistema **RBS** requiere una base de apoyo que este perfectamente nivelada, en ángulo recto, y que haya sido construida de acuerdo a las especificaciones. La variación de las especificaciones de la fundación puede conducir a serios problemas cuando se realice el montaje de la edificación.

3.1.10 Relleno de Radier.

Luego del hormigonado del sobrecimiento se llevará a cabo la colocación del relleno que recibirá al radier, el espesor de éste y su nivel de compactación se basará en las especificaciones técnicas. Es importante determinar que antes de realizar esta faena se deberá

colocar una lámina de polietileno traslapado, con el fin de impedir la acción de la humedad del terreno, por efecto de la capilaridad. (ver figura N° 24.)



Figura N° 24.

Relleno de Radier.

4.1.11 Hormigonado de Radier.

[Una vez colocado y compactado el relleno, se procede el hormigonado de radier. El espesor de éste y acabado, dependerá del tipo de pavimento que se coloque sobre él. Esta faena se ejecutará a este nivel de la construcción, debido a que posteriormente se realizará el llenado de los paneles de PVC, los cuales no necesitan ningún tipo de terminación, por lo que cualquier actividad realizada posteriormente al llenado de los paneles, podrá afectar el grado de terminación de los muros. (ver figura N° 25.)

Polietileno de 0,2mm de espesor para protección hidrófuga de radier. Radier hormigón H-15



Figura N° 25.

Hormigonado de Radier.

Es en este punto, en que se debe dejar colocadas todas las pasadas proyectadas de las distintas instalaciones.

Como ya se dijo con anterioridad, las instalaciones eléctricas y de corrientes débiles, van en sus respectivos conduit que forman parte de los paneles ubicados en el interior de estos, por lo que su conformación se realiza durante el proceso de colocación de los paneles. Para la colocación de cajas eléctricas, se deberán realizar cortes en los paneles en los sectores donde se encuentren preestablecidos la ubicación de estos.(ver figura N° 26.)

Corte en el panel para colocación de caja eléctrica.



Figura N° 26.

Corte en Panel para Instalación de Caja Eléctrica.

Nota: Si se usan diferentes espesores en el mismo conducto, verificar que la combinación no exceda el tamaño mencionado. Realizar todas las conexiones en los centros eléctricos. No hacer los empalmes en los conductos eléctricos.

Si se coloca un artefacto directamente sobre la pared, los tornillos deben colocarse entre el lateral del conducto y el hormigón (en ningún caso deberá hacerse sobre el canal).

(ver figura N° 27.)



Figura N° 27.

Conducto de Instalación Eléctrica Integrada al Panel.

3.2 Montaje de Paneles y Conectores

Siguiendo con la secuencia constructiva, se prosigue con el montaje de los paneles.

3.2.1 Antecedentes Previos de Proyecto.

Cada proyecto realizado con el sistema RBS se entrega con su correspondiente juego de planos

A continuación se detalla una lista completa de los planos y documentos. Estos pueden incrementarse o disminuirse de acuerdo a la complejidad de cada proyecto.

- Planos Arquitectónicos (Plantas y elevaciones)

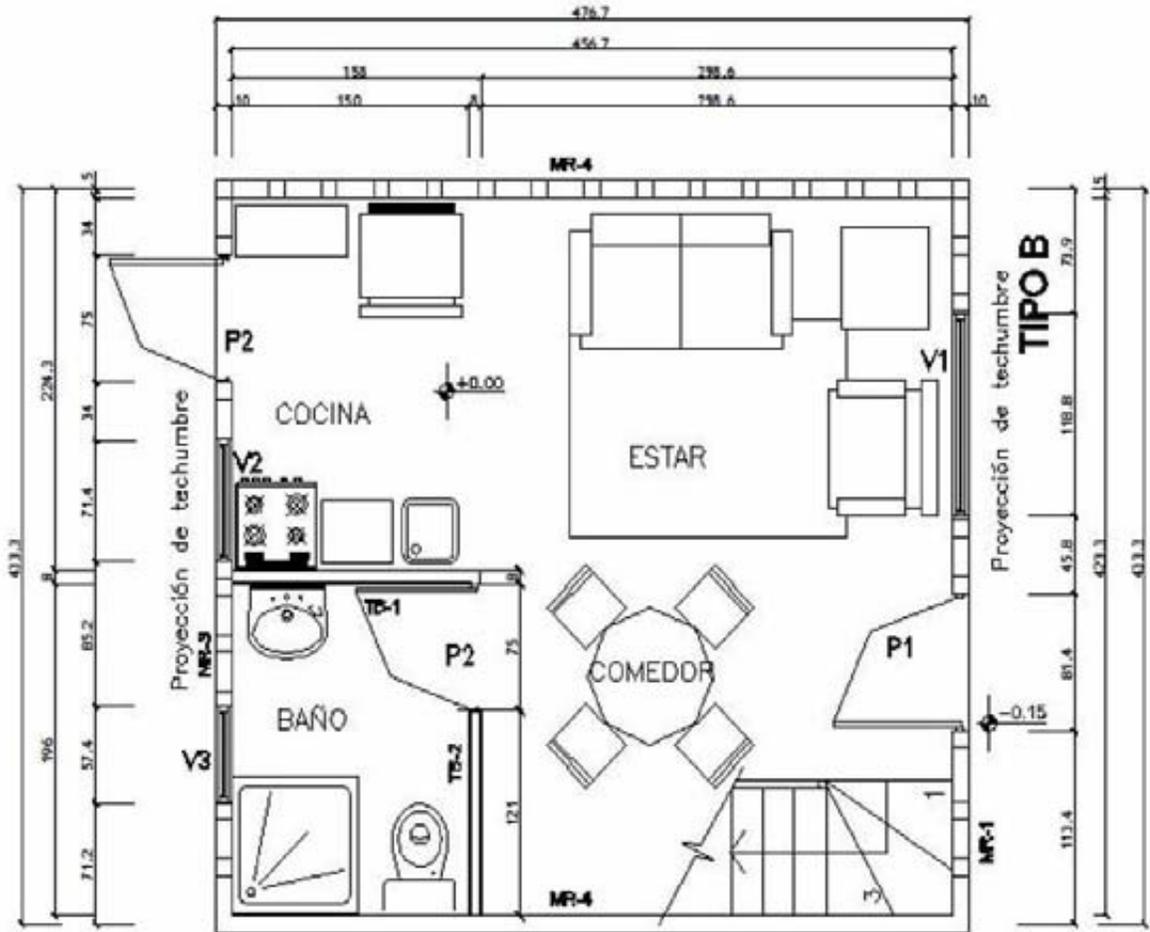


Figura N° 28.

Plano de Arquitectura Tipo de Vivienda Social Loteo Colina Planta de 1° Piso.

- Plano de Refuerzos de Muros y Dinteles.
- Detalles Constructivos
- Detalle encuentro techo tradicional.
- Planilla de Vanos.
- Plano de Fundación.
- Esquema de Muros.



Figura N° 30.

Sticker Identificadorio.

El Sticker identifica a la pieza, en este caso corresponde a la pieza WP7-1031, muro de antepecho con altura de 1031mm, nombre del proyecto (La Colina II tren de 6), color (beige), e información de procedencia.

3.2.2 Colocación de Paneles.

Como primera acción se colocan los paneles con la hendidura característica inferior de esta primera pieza. La realización de esta acción se hace pasando por el interior del panel los tensores, provenientes desde las fundaciones, los cuales se introducen por los agujeros que el panel tiene incorporado. Luego de colocada la primera pieza, se continúan ubicando los demás paneles, los cuales tienen un sistema de anclaje machihembrado. (ver figura N° 31 y N° 32)

Colocación de panel de muro mediante ensamble machihembrado.



Figura N° 31.



Figura N° 32.

Montaje de Paneles Mediante Ensamble Machihembrado.

3.2.3 Colocación de Enfierradura Horizontal.

Para la disposición de los fierros horizontales, estos se colocan posteriormente a la colocación del panel, se insertan lateralmente dejando el fierro pasado con un anclaje adecuado para el posterior amarre de éstos con los fierros verticales. En la zona de entronque de muros, la longitud de anclaje será tal, que permita la conveniente unión entre los fierros de los muros. (ver figura N° 33 y N° 34)

Enfierradura horizontal, corresponde a fierro con diametro \varnothing 10mm.



Figura N° 33.

Colocación de Enfierradura Horizontal.



Figura N° 34.

3.2.4 Colocación de Refuerzos para Hormigonar.

Una vez colocados todos los paneles que conforman la totalidad de los muros del primer nivel, se ejecuta la elaboración de una estructura metálica auxiliar, la cual cumple la función de afirmar los paneles para asignarles rigidez para soportar el proceso de llenado y además conseguir el aplomado de los elementos. (ver figura N° 35 y N° 36)

Estructuras de fierro apuntalando los paneles como “regla” antes del hormigonado.



Figura N° 35.

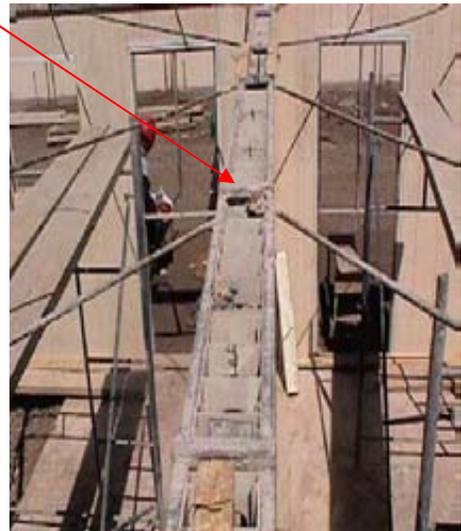


Figura N° 36.

Refuerzos de Paneles para Recibir el Llenado de Hormigón.

3.2.5 Hormigonado de Paneles.

Luego de encontrarse listos los refuerzos metálicos, se sigue con el llenado de los paneles. Esto se lleva a cabo con un hormigón fluido o bombeable, cuyo cono dependerá del espesor y cuantía de fierro, generalmente cono 10 ó 12 y grano de ½ pulgada. El llenado se realiza primero hasta la altura de las ventanas y posteriormente hasta el nivel de la cubierta. Esta condición tiene su origen en que el hormigón una vez vaciado no podrá vibrarse y sólo podrá usarse para esta función un combo de goma para que el hormigón se extienda sin burbujas entre los canales de comunicación.

Por otra parte el vaciado podrá desarrollarse a través de un equipo de bomba o por medio de un cargador frontal. Para la obtención de un mínimo de pérdida de mezcla se elabora en obra una especie de embudo o buzón el cual se dispondrá en la parte superior del panel. (ver figura N° 37, N° 38 y N 39) respectivamente.

Hormigonado de paneles mediante sistema de bomba de elevación.

Operarios de bomba para hormigonado.



Figura N° 37.

Llenado de Paneles con Hormigón Mediante Sistema de Bomba.

Hormigonado de paneles mediante sistema con cargador frontal.



Embudo o Buzón colocado para recibir el hormigón.

Figura N° 38.

Llenado de Paneles Mediante Sistema de Cargador Frontal y “Embudo”.

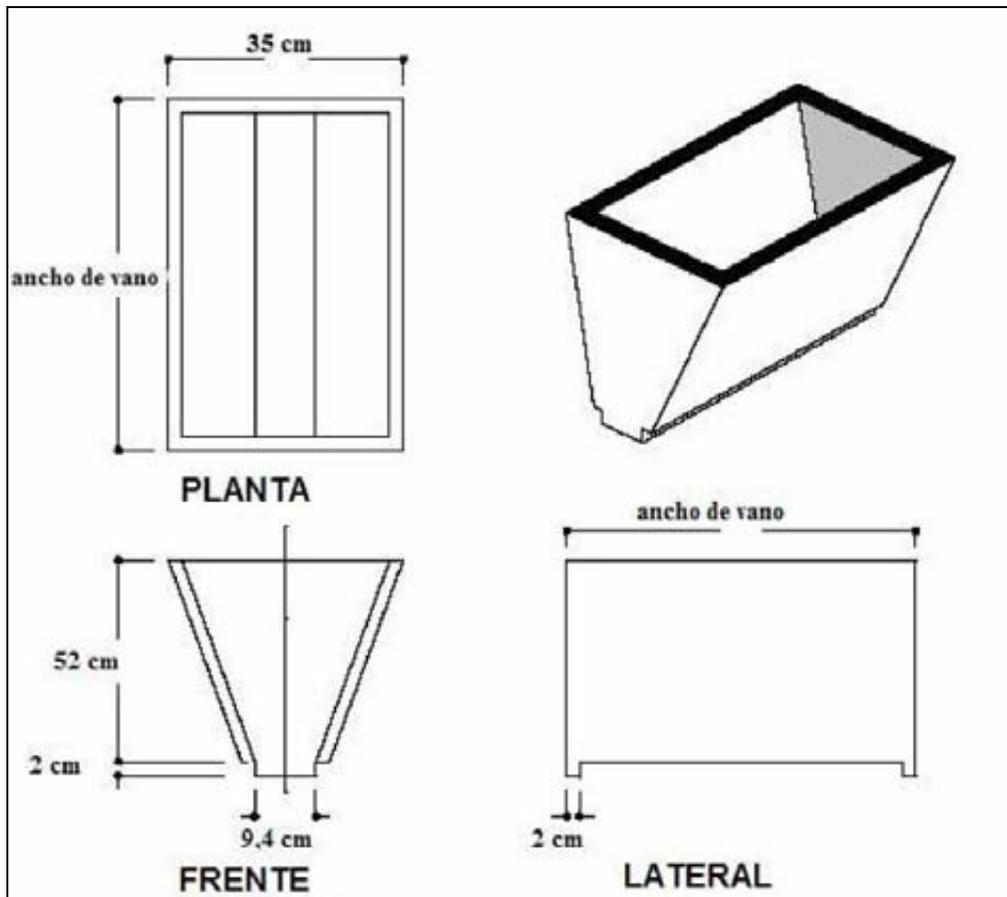


Figura N° 39.

Detalle de Embudo para Hormigonado.

3.2.6 Terminación de Vanos de Puertas y Ventanas.

Para la terminación a nivel de puertas y ventanas, una vez llenado hasta este nivel se procederá al platachado de la superficie, para luego colocar una pieza de PVC de terminación. (ver figura N° 40.)

Platachado con mezcla para terminación de vano.



Figura N° 40

Terminación Vano de Ventana.

3.2.7 Instalación de Premarcos.

Según la secuencia de hormigonado se instalan los premarcos de las ventanas como el del las puertas, paso predecesor para recibir las piezas de paneles que conforman el dintel. (ver figura N° 41.)

Premarco vano de ventana



Figura N° 41.

Premarco Vano de Ventana.

Nota: Durante la obra es necesario limpiar los muros tan frecuente como sea necesario, principalmente una vez terminado el llenado de paneles.

Esta limpieza se hace con un chorro de alta presión o bien con un trapo muy húmedo, antes de que seque el concreto para evitar que el material se ralle. (ver figura N° 42 y N° 43)

Limpeza de paneles posterior al hormigonado con agua a presión.



Figura N° 42.



Figura N° 43.

Limpeza de Paneles Después del Llenado de Hormigón.

3.2.8 Estructuras en Altura.

Para la elaboración de estructuras de más de un piso se procederá a la ejecución de moldaje de losa, con la misma secuencia de enfierradura, anclaje y llenado de una losa convencional, para luego continuar de igual forma que la descrita para la colocación y llenado de paneles hasta cumplir con la altura piso-cielo del último nivel. También existen edificaciones que sin tener losa en su estructura, si tienen una altura importante, como es el caso de industrias y galpones. (ver figura N° 44).

Panel de altura importante mayor a un piso

Manipulador telescópico para montaje.



Figura N° 44.

Paneles de Altura Mayor a un Piso para Galpones e Industrias.

3.2.9 Estructura de Techumbre y Cubierta.

Llegado al último nivel, se deberá proseguir con la estructura de techumbre:

Si la estructura es de madera, el tipo de unión será en base a anclajes dispuestos en los muros del último nivel, los cuales traspasarán la solera para posteriormente ser doblados en ésta y conseguir de esta manera la unión entre elementos, además de pletinas.

Si la estructura de techumbre fuese metálica, se dispondrán los perfiles metálicos que hacen de solera sobre los muros del último nivel, para luego conseguir la unión a través de pernos de expansión (tipo “Hilti”). (ver figura N° 45).

Estructura metálica 2° piso tipo Metalcón

Solera de unión estructura metálica y panel



Figura N° 45.

Estructura Metálica para 2° piso.

Por último, si la estructura esta construida en base a losa de cubierta, el proceso de anclaje se realizará en forma idéntica a las realizadas en losas de hormigón convencionales.

Posterior a la estructura de techumbre se colocará la cubierta, en donde se ensambla la panelería de techo (rellena con lana de vidrio según EETT.) y se encastran las tejas del sistema. También admite techos tradicionales (teja, chapa, losa, etc.). (ver figura N° 46)

Paneles de cubierta con ensamble machihembrado.



Figura N° 46

Paneles de Ensamble Machihembrado para Cubiertas.

CAPITULO IV

OTROS CAMPOS DE APLICACIÓN DEL SISTEMA RBS.

Como mencionábamos en un principio la gama de aplicaciones del sistema RBS es muy amplia, lográndose la construcción desde viviendas sociales hasta casas de gran plusvalía; además de escuelas, hospitales, galpones industriales, y todo tipo de containeres.

En el caso de Chile dónde el sistema no se ha masificado aún, tenemos la experiencia de loteos de viviendas sociales, pero en países como Argentina y Brasil que además son productores y exportadores ya es masiva su aplicación.

4.1 Viviendas Individuales

Estilos arquitectónicos diversos a partir de la volumetría y de la combinación del sistema con materiales tradicionales (revestimientos, techos, etc.)



Figura N° 47.

Villa la Angostura, Argentina.

Ejemplo de vivienda individual de tres niveles, con muros revestidos, ubicada en un terreno con importante pendiente.



Figura N° 48

Chalten, Provincia de Santa Cruz

Ejemplo de vivienda ubicada en zona cordillerana con bajas temperaturas.



Figura N° 49

Baradero, Argentina

Vivienda construida con paneles de diversas alturas, se ubica en zona de clima cálido.



Figura N° 50

Varsovia, Polonia

Vivienda construida con muros de altura variable, y revestidos.

4.2 Edificios Industriales

Muros portantes o de cerramiento

- Pureza de formas y combinación con materiales tradicionales (Estructuras metálicas, Curtain wall).
- Liviano de fácil montaje.
- Llenado in situ



Figura N° 51

Toronto, Canadá. Ejemplo de Construcción en altura para la industria.



Figura N° 52.

La Plata, Argentina.

Edificio o nave industrial similar a la de Canadá.

4.3 Escuelas y Hospitales

Material ascético.

- Libre de mantenimiento.
- Obras sumamente limpias y rápidas.



Figura N° 53.

Buenos aires, Argentina.

Ejemplo de Edificación destinadas a recinto educacional.



Figura N° 54.

Pilar, Argentina

Ejemplo de Edificación destinada como recinto hospitalario.

4.4 Galpones para la Agro Industria



Figura N° 55.

Galpón para la Agro Industria.

4.5 Containeres e Imagen Corporativa

Alto impacto institucional.

- Material moderno asociado a la tecnología y la innovación.
- Posibilidades de desarrollo (oficinas desmontables, containeres frigoríficos, cajas de camiones, lavaderos de autos etc.).



Figura N° 56.

Oficina Desmontable, Buenos Aires Argentina. Especial para la instalación de faenas en obras.

4.6 Otras Aplicaciones.

Infraestructura de comunicaciones y servicios.

- Locales comerciales.
- Transporte de carga etc.



Figura N° 57.

Estación de Servicio, Vancouver Canadá.



Figura N° 58.

Estación de Servicio, Vancouver Canadá.



Figura N° 59.

Containeres Frigoríficos transportables. Otra aplicación de los paneles gracias a su gran capacidad aislante.



Figura N° 60.

Cajas de Camiones. Gracias a su bajo peso y capacidad aislante, es otra de las aplicaciones de los paneles.

CAPITULO V

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL SISTEMA.

5.1 Descripción de las Ventajas del Sistema.

Este sistema consiste en muros de PVC como estructura moldante, rellenos con hormigón armado de densidad variable, según requerimiento, lo cual permite una reducción de costos, aceleración del proceso constructivo y en consecuencia un resultado más armónico, durable y estético, dada sus múltiples ventajas.

Dentro de las características que reviste el producto, están el ser:

Resistente: Esta característica se debe a que no es afectado por la acción de efectos corrosivos, ni el intemperismo (ejemplo de esto, es la resistencia a los rayos ultravioletas). Además su composición lo vuelve altamente resistente a los impactos. Por otra parte, su configuración en conjunto con el relleno de hormigón armado lo vuelve resistente frente a sismos y temporales.

Impermeable: sus características moleculares evitan el paso de líquidos y/o aire, por lo que no exhibe problemas referentes a filtraciones desde o hacia el interior de la estructura. Además se comporta como un excelente aislante térmico, por su bajo coeficiente de conductividad.

Ignífugo: Impide la propagación del fuego siendo auto-extinguible (frente a la ausencia de la llama que produce el fuego, se extingue y no se propaga).

Inocuo: su fórmula equilibrada y con un mínimo de presencia de cloros, lo convierte en uno de los materiales más inocuos.

Reciclable: Un adecuado tratamiento permite su reutilización.

Liviano: Esta característica permite que el tiempo de montaje sea considerablemente menor, debido a su ligero peso y a su método de ensamblaje (machihembrados), con lo que se logra disminuir los tiempos de ejecución.

Durable: Sus propiedades lo vuelven inalterable a través del tiempo. Además el fabricante brinda una garantía sobre los materiales del sistema constructivo RBS de 30 años por defectos de fabricación y cambios de coloración sobre UV.

No requiere mantención: Esto se debe a que se lava con agua y jabón, ya que no requiere pintura. La limpieza de muros RBS se realiza con un paño, una franela húmeda o con un cepillo de cerda suave y agua. En caso de ser necesario, usar detergente comercial y enjuagar para quitar machas de lodo, tierra o polvo, evitando la fricción para prevenir el rayado de los muros, limpiando de arriba hacia abajo en un solo sentido. La pintura en aerosol, ya sea esmalte o laca, se removerá con suavizante de ropa para abrillantar la zona.



Figura N° 6.1

Modo de limpieza

Obra Limpia: La limpieza dentro de la obra se logra, debido a que las piezas vienen, moduladas y numeradas por lo que la existencia de despuntes se reduce al mínimo lo cual se traduce en una menor cantidad de desperdicios dentro del lugar de construcción del proyecto.

Flexibilidad: Esta ventaja se obtiene, ya que el material está constituido por elementos sumamente dúctiles a cualquier sistema constructivo adicional, lo que lo hace un excelente complemento para múltiples tipos de obra. Por otra parte, el hecho de ser un producto que se consigue a través de pedidos, implica que admite diseños más amplios, siempre y cuando cuenten con un respaldo de un proyecto de ingeniería adecuado y sean aprobados por los encargados de la empresa distribuidora.

Ausencia de terminaciones: Esto tiene su explicación en relación a que el material una vez colocado y hormigonado no necesita de terminaciones, pues la estructura de PVC cumple esta función, eliminándose de esta forma todas las faenas relacionadas con este fin, a excepción de que el mandante tenga una idea distinta de acabado, como pueden ser el realizado con pinturas acrílicas o de poliuretano, marmolinas, cerámicos u otro tipo de terminación.

Compatible con otros materiales: Al considerara la pared como un muro de hormigón armado; es posible la unión de este a elementos como por ejemplo; ladrillos, bloques de hormigón, tabiquería tanto de madera como metálica, por nombrar los mas conocidos. La forma de realizar esta unión es a través de anclajes que se pueden dejar embebidos en los muros o colocarlos después de fraguado el hormigón.

5.2 Descripción de las Desventajas del Sistema.

Las principales desventajas de este producto radican específicamente en dos puntos:

El primero de estos, tiene su origen en la precaria prestación que presenta el material para la ventilación al interior de los recintos construidos con este sistema. Esto se debe principalmente a que la configuración del material impide la libre circulación de aire o agua a

través de él, por lo que la única comunicación del muro con el exterior esta dado por el acceso que brindan tanto puertas como ventanas. Es por este motivo que la obtención de una buena circulación de aire o humedad y por ende la solución a este problema, dependerá de las costumbres que tengan las personas que habiten en estos recintos, es decir que el simple hecho de ventilar las habitaciones mediante la abertura de ventanas en forma diaria, resolvería esta condición.

En el loteo de viviendas sociales de la comuna de Colina se implementaron ventanas elaboradas en base a este sistema constructivo, con la característica de contar con pequeñas rendijas en su parte superior, con el fin de aminorar estas falencias, ya que mediante esta abertura, se consigue una ventilación permanente aún con las ventanas cerradas.

Como una forma de aportar a esta problemática se propone como sugerencia la implementación del sistema de Ventilación Pasiva, que ya a sido probado mediante ensayos en viviendas del sur de Chile, y que consiste en una red de tuberías de PVC de 110mm que se encuentran interconectadas a todas la habitaciones para permitir de mejor forma la circulación del aire.

Con respecto al segundo punto, este se refiere al hecho de que este producto una vez producido el llenado con hormigón, el muro no podrá ser modificado ni reparado en ningún caso, como por ejemplo: la disgregación de material pétreo, la generación de nidos, desaplome de estructuras, mal diseño de instalaciones, mala colocación de armaduras, etc. Todo esto tendrá como única solución la demolición del panel, ya que cualquier intento de reparación afectará de manera irreversible la prestación del panel.

Además el hecho de que el hormigón se encuentre cercado por el panel, impedirá el detectar la ubicación de cualquier tipo de falla respectiva a la ejecución del llenado. La única

forma de detectar, de manera tentativa, la ubicación de fallas de este tipo será a través de golpes realizados al muro por medio de “combos de goma”, detectando la falla a través de una diferencia de tonos entre los diferentes sectores.

Otra falencia que presenta el hecho de no poder intervenir al muro luego de su llenado, es la imposibilidad de obtener testigos de hormigón que indiquen la resistencia de éste una vez colocado, por lo que esta condición deberá ser ratificada por los ensayos de hormigón fresco.

CAPITULO VI

ANALISIS COMPARATIVO CON SISTEMA CONSTRUCTIVO TRADICIONAL.

La siguiente comparación será realizada respecto a un sistema tradicional ya conocido como es la albañilería armada. Se tomarán las características más importantes de cada sistema y los valores de las partidas con mayor incidencia.

6.1 Resistencia a la Compresión.

Sistema RBS: Será otorgado por los requerimientos estructurales del proyecto, mínimo 150 (kg/cm²).

Resistencia a la compresión Probeta de hormigón a las 28 días 250 kg/cm².

Albañilería Armada: Será otorgado por los requerimientos estructurales del proyecto, mínimo 150 (kg/cm²).

Resistencia a la compresión Ladrillo de rejilla estándar 30kg/cm².

6.2 Resistencia al Fuego.

Muro Royal 100mm relleno con Hormigón: F-90, con presencia de llama permanente.(Nch 935/1 Of. 97 con certificación de IDIEM N° 369922

Albañilería Armada: F120, permite ser catalogado según norma como muro contrafuego.

6.3 Resistencia a Agentes Externos.

Sistema RBS: Alta, no necesita ningún elemento para su conservación, permanece inalterable frente a la acción de los ambientes agresivos presentes en zonas urbanas, industriales o salinas.

Albañilería Armada: Depende del tratamiento del ladrillo y estuco.

6.4 Manejabilidad y Transporte.

Sistema RBS: Con respecto al panel sin relleno, posee fácil manejo y traslado. En un camión normal se pueden transportar hasta 430 m² de panel, lo que reduce considerablemente los costos por transporte.

Albañilería Armada: Considerando el mismo camión tipo de 10 ton se pueden transportar hasta 64 m² de muro.

6.5 Tiempo de Ejecución.

Sistema RBS: El rendimiento del montaje de paneles es de 120 m²/día, lo que genera importantes ahorros en mano de obra y gastos generales.

Albañilería Armada: El rendimiento del montaje de muros de albañilería considerando la misma mano de obra es 9 m²/día.

6.6 Transmitancia Térmica.

Sistema RBS: Los paneles de PVC presentan un coeficiente de conductividad térmica cercana a 0,17 W/m² C°, el que se traduce en ahorro de calefacción.

Albañilería Armada: Posee un coeficiente de conductividad de 8,15 W/m² C°.

6.7 Aislamiento Acústico.

Sistema RBS: Si se considera este sistema como un muro de hormigón armado revestido, el valor es de 50 db.

Albañilería Armada: Su valor es muy similar 48 db.

6.8 Instalaciones de Servicios Básicos.

Sistema RBS: Las pasadas de instalaciones se encuentran preembutidas, lo que produce un ahorro en estas faenas.

Albañilería Armada: Se deben picar los muros para las instalaciones.

6.9 Estructuras Auxiliares.

Sistema RBS: Necesita perfiles metálicos para plomos y rigidez inicial en el momento de hormigonar.

Albañilería Armada: También necesita de estructuras auxiliares (escantillón) en el momento de elaborar el muro.

6.10 Limpieza en Obra y Porcentaje de Pérdidas.

Sistema RBS: Obras sumamente limpias con pérdidas no superiores al 3% de hormigón.

Albañilería Armada: Se consideran pérdidas de asta un 10% en mortero.

6.11 Terminaciones.

Sistema RBS: No requiere.

Albañilería Armada: Generalmente requiere.

6.12 Maquinaria y Equipos.

Sistema RBS: Se requiere cargador frontal para el hormigonado, al menos que se utilice bomba.

Albañilería Armada: No requiere.

6.13 Estudio de Costos Unitarios.

A continuación se presenta una comparación de costos de 1 m² de muro terminado entre un sistema tradicional, como es el de albañilería de ladrillo, un sistema de paneles prefabricados como es el Covintec y el sistema Royal de paneles de PVC rellenos de hormigón.

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO ALBAÑILERÍA ARMADA M2

DESCRIPCIÓN	UN	CANT.	P.UNIT.	TOTAL
Ladrillo 29x14x10	c/u	29	150	4.350
Escalerilla	ml	3,3	145	479
Jornal	día	0,08	9.621	770
Mortero de pega	m3	0,06	44.500	2.670
Carpintero de 1°	día	0,03	12.717	382
Combos	unidad	0,005	2.813	14
Arriendo escantillones	mes	0,08	2.387	191
Subcontrato levante albañilería	m2	1	2.900	2.900
Fierro con resalte	kg	0,25	350	88
Revestimiento interior Yeso Cartón standard 15 cm	m2	1	8.356	8.356
Revestimiento exterior Fibrocemento 6mm	m2	1	3.829	3.829
Pintura Latex	m2	2	1.607	3.214
TOTAL			\$/m2	27.241

TOTAL	UF/m2	1,484
--------------	--------------	--------------

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO MURO SISTEMA COVINTEC M2

DESCRIPCIÓN	UN	CANT.	P.UNIT.	TOTAL
Panel estructural e=7,6 cm	m2	1	7475	7475
Estuco e=2,5 cm	m2	2	1000	2000
Perfil canal 100/50/3	ml	0,5	1611	805,5
Pintura acrílica	m2	2	1450	2900
Mano de Obra	D.S.	0,2	19000	3800
TOTAL			\$/m2	16981

TOTAL	UF/m2	0,925
--------------	--------------	--------------

ANALISIS DE PRECIO UNITARIO MURO DE PVC RELLENO DE HORMIGÓN M2

DESCRIPCIÓN	UN	CANT.	P.UNIT.	TOTAL
Muro Royal 100mm	m2	1	19027	19.027
Fierro 10mm estriado (incluye mano de obra)	kg	0,95	586	557
Fierro 8mm estriado (incluye mano de obra)	kg	1,48	586	867
Hormigón H-20 (incluye mano de obra)	m3	0,08	31517	2.521
TOTAL			\$/m2	22.972

TOTAL	UF/m2	1,251
--------------	--------------	--------------

Al observar el resultado de los costos, el sistema Covintec y el sistema Royal presentan valores muy cercanos, no así la albañilería, la que incrementa sus costos en revestimientos y tratamientos del ladrillo.

Los valores del análisis de costo unitario en el caso de la albañilería provienen de una empresa constructora de la zona, en el caso del Covintec provienen de la revista bit marzo de 2006 y en el caso de los muros de PVC provienen de la, importadora del sistema RBS.

El valor de la UF es de 18.360 al 11 de Diciembre de 2006.

CONCLUSIÓN

Después de haber cumplido con las etapas del proceso investigativo, corresponde presentar las conclusiones obtenidas en el desarrollo de este trabajo.

Del producto y del sistema se desprenden bondades como el ser liviano y rápido en el proceso de montaje, bajando considerablemente los tiempos de obra. Material moderno, sobre el cual se pueden aplicar criterios de diseños propios, dando flexibilidad proyectual por su gran variedad de piezas y por la combinación con otros materiales.

En cuanto a la industria nacional, si bien existe un aumento la diversidad de materiales plásticos para la construcción, estos aún deben importar productos como los paneles de PVC, lo que implica el aumento de los costos por efecto de transporte.

De acuerdo al estudio realizado a las propiedades físico químicas de los paneles se puede concluir que:

- Es un material inocuo y aséptico, previniendo así cualquier alteración a la salud de quienes se encuentran en contacto con los paneles.
- Absolutamente resistente al deterioro de agentes externos y radiación ultravioleta, lo que le da una vida útil muy extensa sin perder sus propiedades.
- Es ignífugo y auto extingible, entregando un plus de seguridad mayor que otros materiales.

En cuanto a las ventajas del sistema una vez llenado los paneles con hormigón y conformado el muro resultan:

- Obras sumamente limpias, ya que los restos por sobras o despuntes no existen.

- Cero mantención, por sus propiedades de inelastibilidad, solo requieren una simple limpieza de agua y jabón.
- No requiere pintura ni revestimientos, aunque es completamente compatible con otros materiales.
- Por su eficiente aislamiento térmico es apropiado a cualquier tipo de clima, resultando hermético a la entrada de aire y agua.
- Resistente a sismos y huracanes, por ser diseñado como muro de hormigón armado, puede contar con la resistencia que el proyectista estime según los requerimientos de carga que se le quiera dar.
- No requiere mano de obra especializada, la que es capacitada con breves instrucciones.

Quizás uno de los puntos que pueden jugar en contra es la elaboración de estructuras metálicas para apuntalar los muros antes del hormigonado, ya que el diseño de estos corre por cuenta de la constructora a cargo de la obra.

Finalmente su costo por metro cuadrado es de aproximadamente \$22.972.

La aplicación de este sistema ha tenido una muy buena acogida en la construcción, especialmente en el caso de las viviendas sociales, por presentar mejoras sustentables en el tamaño y calidad de estas haciéndolas más dignas, lo que deriva en el aumento de la calidad de vida de los beneficiados.

ANEXO N° 1

“Recomendaciones de Fabricación: Las siguientes recomendaciones se encuentran basadas en los documentos técnicos de los organismos que siguen:”

- “BOCA internacional Evaluation Report”
- “Design of Concrete Structures CSA A23.3-94, Canadian Standards Association 1994”
- “Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary, ACI 318-02, American Concrete Institute, First Printing, 2002”
- “PCI Design Handbook, Precast/Prestressed Concrete Institute, Fifth Edition, 1999”
- “Tilt-Up Concrete Structures, ACI 551R-92, American Concrete Institute, First Printing, 1992”
- “Insulating Concrete Forms for Residential, Design and Construction, Pieter A. VanderWerf, McGraw-Hill, 1997”
- “Formwork for Concrete, ACI-SP4, American Concrete Institute, 6th Edition, M. K. Hurd, 1995”
- “Practitioner’s Guide to Tilt-Up Concrete Construction, American Concrete Institute, Second Printing, 1998”

- “Cold Formed Steel Structural Members, CSA S136-M94, Canadian Standard Association, 1994”
- “Specification for Design of Cold Formed Steel, Structural Members American Iron and Steel Institute, 1996”
- “Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, AISC 7, American Society of Civil Engineers, 2000”
- “National Building Code of Canada (NBC), National Research Council of Canada, 1995”
- “International Building Code (IBC), International Code Council (ICC), First Printing, 2000”
- “The BOCA National Building Code Building Officials & Code Administrators International Inc., (BOCA), Fourteenth Edition, 1999”
- “Uniform Building Code (UBC), International Conference of Building Officials (ICBO), 1997”
- “Standard Building Code (SBC), Southern Building Code Congress International Inc. (SBCCI), Twelfth Edition, 1997”

BIBLIOGRAFIA

- Norma Chilena Oficial NCh 170: Hormigón
 - Norma Chilena Oficial NCh 433 Of.96: Diseño Sísmico de Edificios.
 - Norma Chilena Oficial NCh 1537 Of.86: Diseño Estructural de Edificios, Cargas Permanentes y Sobrecargas de Uso.
 - Norma Chilena Oficial 432 Of.71: Calculo de la Acción del Viento sobre las Construcciones.
 - ACI 318 Of.95: Código de Diseño de Hormigón Estructural, del American Concrete Institute.
 - Carta del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, SERVIU Metropolitano N° 970, con fecha 13.03.03
 - Reseña y Guía de Producción del Royal Group Technologies del Sur S.A.
 - Proyecto y Especificaciones Técnicas Generales y Especialidades del Loteo Habitacional SERVIU Colina III.
 - CCMC 12536-R del National Research Council Canadá, Institute for Research in Construction.
- Páginas de Internet:
- <http://www.feyal.cl>
 - <http://www.amiclor.org>
 - <http://www.ping.be>
 - <http://www.pangea.org/~vmitjans/pvc.html>
 - <http://www.revistabit.cl>
 - <http://www.institutodopvc.org/espanol/pvc.htm>
 - <http://www.royalcustomprofiles.com/cwe/index.html>
 - <http://www.estrucplan.com.ar/Articulos.html>

- <http://www.enbuenasmanos.com>
- <http://www.institutodopvc.org/espanol.htm>
- <http://www.psrc.usm.edu/spanish/glossary.htm>
- <http://www.rbsdirect.com/build.htm>
- <http://www.rbsdirect.com>
- <http://www.royalgrouptech.com>
- <http://www.royalmercosur.com>
- <http://www.deceuninck.es>
- <http://www.aniq.org.mx/>
- <http://www.nacobre.com.mx>

- Visitas a Terreno:

Visitas a Obra de Colina III, del Serviu, con Inspección técnica de la empresa Inmobiliaria Feyal.