

Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Construcción Civil

GARAJES DE HORMIGÓN PREFABRICADO

**Tesis para optar al título de:
CONSTRUCTOR CIVIL**

Profesor guía:
Sr. Hernán Arnés Valencia
Ingeniero Civil

**CLAUDIO JORGE GONZÁLEZ CUBILLOS
2004**

INDICE DE CONTENIDOS

	Páginas
CAPITULO I.- INTRODUCCIÓN	
1.1.- Descripción del Problema	1
1.2.- Objetivos General	2
1.3.- Objetivos Específicos	2
1.4.- Reseña Histórica	3
CAPITULO II.- HORMIGONES PREFABRICADOS	
2.1.- Generalidades	7
2.2.- Ventajas de Utilizar Hormigones Prefabricados	9
2.3.- Instalaciones y Procesos	13
2.4.- Equipamientos necesarios	13
2.4.1.- Equipos para la Confección del Hormigón	13
2.4.1.1.- Sistemas de dosificación	13
2.4.1.2.- Hormigoneras	14
2.4.2.- Equipos para el Transporte del Hormigón	14
2.4.3.- Equipo de Encofrados o moldajes	15
2.4.3.1.- Encofrados de Acero	15
2.4.3.2.- Encofrados de Madera	16
2.4.3.3.- Encofrados de Hormigón	16
2.4.3.4.- Otros Encofrados	17
2.4.4.- Equipos para la Compactación	17
2.4.4.1.- Compactación por Vibración	18
2.4.4.1.a.- Vibradores Internos o de Inmersión	19
2.4.4.1.b.- Vibradores de Encofrados	20
2.4.4.1.c.- Mesa Vibradora	20
2.4.4.2.- Métodos Combinados	21
2.4.5.- Equipos para el Transporte y Carga de las Piezas	21
2.5.- Materiales	22
2.5.1.- Cementos	22
2.5.2.- Áridos	24
2.5.2.1.- Clasificación Según Tamaño	24
2.5.2.2.- Granulometría	24
2.5.2.3.- Determinación de la Granulometría – Tamices	24

2.5.2.3.-	Humedad	27
2.5.3.-	Agua	27
2.5.4.-	Aditivos	28
2.6.-	Dosificación del Hormigón	29
2.6.1.-	Método de Dosificación por Máxima Densidad	30
2.6.1.1.-	Comprobación	33
2.6.1.2.-	Corrección de la Dosificación	35
2.7.-	Proceso de Fabricación	36
2.7.1.-	Medición de Componentes	39
2.7.1.1.-	Dosificación en Peso	39
2.7.1.2.-	Dosificación en Volumen	40
2.7.2.-	Mezclado	40
2.7.3.-	Colocación y Compactación	41
2.7.3.1.-	Mesas Vibradoras	41
2.7.3.2.-	Vibradores de Inmersión	41
2.7.3.3.-	Vibradores de Encofrados	42
2.7.4.-	Curado	42
2.7.4.1.-	Curado Húmedo	42
2.7.4.2.-	Curado Con Membranas Impermeables	43
2.7.4.3.-	Curado al Vapor a Presión Atmosférica	43
2.7.4.4.-	Curado en Autoclave (Vapor a Presión)	43
2.8.-	Instalaciones para la Prefabricación	44
2.8.1.-	Almacenamiento de Materias Primas	45
2.8.1.1.-	Cemento	45
2.8.1.2.-	Aridos	46
2.8.1.3.-	Agua	46
2.8.1.4.-	Aditivos	46
2.8.1.5.-	Armaduras	46
2.9.-	Confección del Hormigón	47
2.10.-	Preparación de Moldes	47
2.11.-	Preparación de Enfierraduras	47
2.11.1.-	Moldeo	47
2.11.2.-	Curado	48
2.11.3.-	Aperchaje de los Elementos Prefabricados	48

CAPITULO III.- CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

3.1.-	Factores que Influyen al Considerar la Prefabricación	49
3.2.-	Filosofía de Diseño	52
3.2.1.-	Desarrollo del Anteproyecto	53
3.2.1.1.-	Estructura	55
3.2.1.2.-	Construcción	56
3.2.1.3.-	Proyecto Terminado	57

CAPITULO IV.- DISEÑO PRACTICO

4.1.-	Tamaño y Peso de las Piezas	59
4.1.1.-	Formas	60
4.2.-	Selección del Sistema	61
4.2.1.-	Prefabricación en la Obra o en Planta	62
4.2.1.1.-	Planificación Física de la Obra	63
4.3.-	Ingeniería Estructural	64
4.3.1.-	Estructuración y Modelación	64
4.3.2.-	Calculo de las Estructuras	65
4.3.3.-	Dimensionamiento de las Piezas	65
4.3.4.-	Diseño y Dimensionamiento de las Uniones	66
4.3.4.1.-	Aspectos Estructurales	68
4.3.4.2.-	Aspectos Constructivos	68
4.3.4.3.-	Detalles de Cálculo	68
4.3.4.4.-	Requisitos de la Norma ACI 318	69
4.3.5.-	Ingeniería Antisísmica	71

CAPITULO V.- DISEÑO ESTRUCTURAL

5.1.-	Bases de Cálculo	74
5.2.-	Métodos de Diseño	74
5.3.-	Normas y Códigos que Intervienen	75
5.3.-	Materiales Empleados	75
5.3.1.-	Acero Estructural	75
5.3.2.-	Acero de Refuerzo	75
5.3.3.-	Hormigón	75
5.3.4.-	Soldaduras	76
5.4.-	Cargas y Sobrecargas de Uso	76
5.4.1.-	Cargas Muertas	76

5.4.2.-	Cargas Vivas	76
5.4.3.-	Cargas de Viento	76
5.4.4.-	Cargas de Sismo	77
5.4.5.-	Combinaciones de Carga	77
5.4.6.-	Flechas Admisibles	77
5.5.-	Hipótesis de Cálculo	77
5.6.-	Metodología de Análisis y Diseño	78
5.6.1.-	Loseta de Techo	78
5.6.2.-	Pilar	79
5.6.3.-	Vigas	79
5.6.4.-	Placas Laterales	79

CAPITULO VI.- SISTEMA DE FABRICACIÓN

6.1.-	Ciclo De Producción	81
6.1.1.-	Actividades en la Línea de Producción	81
6.1.2.-	Actividades de Preparación, Anexas a la Línea	82
6.1.3.-	Transportes Involucrados	82
6.2.-	Sistema de Fabricación	82
6.2.1.-	Métodos que Aceleran el Fraguado y el Endurecimiento del Hormigón	84
6.3.-	Planificación Física de una Planta de Prefabricados	85
6.4.-	Moldes	87
6.4.1.-	Esquema de Planificación Lineal	88
6.4.2.-	Materiales Utilizados en los Moldes	89
6.4.2.1.-	Entre 5 y 20 Usos	89
6.4.2.2.-	Sobre 50 Usos	89
6.4.3.-	Diseño de Moldes	89
6.4.4.-	Tolerancias	90
6.5.-	Diseño Arquitectónico y Practico	93

CAPITULO VII.- CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE UN PROTOTIPO

7.1.-	Aspectos Generales	94
7.1.1.-	Cantidad de Piezas Iguales	94
7.1.2.-	Dificultad de Construir In Situ	94
7.1.3.-	Plazo Reducido	95
7.2.-	Especificaciones Técnicas	96
7.3.-	Moldajes	96
7.4.-	Acero de Refuerzo	97
7.5.-	Hormigón	97
7.5.1.-	Fabricación y Colocación de los Hormigones	97
7.5.2.-	Curado del Hormigón	98
7.5.3.-	Control de Hormigones	98
7.6.-	Tamaño y Peso de las Piezas	99
7.7.-	Forma de las Piezas	99
7.8.-	Piezas y Elementos Componentes del Sistema	99
7.8.1.-	Fundaciones y Radier	99
7.8.2.-	Pilares	100
7.8.3.-	Placas Laterales de Cierre	100
7.8.4.-	Vigas de Techo	100
7.8.5.-	Losetas de Techo	100
7.8.6.-	Insertos Metálicos	100
7.9.-	Manejo y Transporte	101
7.10.-	Fabricación de las Piezas del Garaje	101
7.10.1.-	Ciclo de Producción	102
7.10.2.-	Proceso Productivo	104
7.10.3.-	Planta de Fabricación	104
7.10.3.1.-	Bodega	104
7.10.3.2.-	Bancos de Trabajo	104
7.10.3.3.-	Planta de Hormigonado	105
7.10.4.-	Confección de Moldajes	105
7.10.4.1.-	Preparación de Moldajes	106
7.10.5.-	Armaduras e Insertos	106
7.10.6.-	Hormigonado	107
7.10.7.-	Fraguado y Cura do	108
7.10.8.-	Retiro de Moldajes	108
7.10.9.-	Almacenamiento y Despacho	109

7.11.-	Montaje del Garaje	109
7.11.1.-	Trazado y Excavaciones	110
7.11.2.-	Instalación de Pilares	111
7.11.3.-	Instalación de Placas Laterales	111
7.11.4.-	Instalación de Vigas de Techo	112
7.11.4.1.-	Primera Unión	112
7.11.4.2.-	Montaje de las Vigas	113
7.11.4.3.-	Segunda Unión	113
7.11.5.-	Instalación de Loquetas de Techo	114
7.11.5.1.-	Arrostramiento	114
7.11.5.2.-	Conexiones	115
7.11.6.-	Alineación	116
7.11.7.-	Nivelación	116
7.11.8.-	Soldadura en Terreno	116
7.11.9.-	Inspecciones realizadas	117
7.11.9.1-	Inspección de Moldajes	117
7.11.9.2.-	Inspección de las Enfierraduras	117
7.11.9.3.-	Primera Inspección de Elementos de Hormigón	117
7.11.9.4.-	Segunda Inspección de Elementos de Hormigón	118
7.11.9.5.-	Inspección de Montaje previo a la ejecución de las Uniones Provisorias	118
7.11.9.6.-	Inspección de Montaje previo a la ejecución de las Uniones Definitivas	118
7.11.9.7.-	Inspección Final de Montaje	118
7.11.9.8.-	Inspección de Uniones Soldadas	118

CAPITULO VIII.- EVALUACION DE COSTOS

8.1.-	Presupuestos	119
8.1.1.-	Presupuesto de Un Módulo de un Garaje de Hormigón Armado Prefabricado	119
8.1.2.-	Presupuesto de Dos Módulos de un Garaje de Hormigón Armado Prefabricado	120
8.1.3.-	Presupuesto de Tres Módulos de un Garaje de Hormigón Armado Prefabricado	121
8.1.4.-	Presupuesto para Garaje de Madera	122
8.1.5.-	Presupuesto para Garaje Metálico	123

8.1.6.-	Presupuesto para Garaje de Hormigón y Albañilería In Situ	124
8.2.-	Comparación de costos entre garajes de distintas características	125
8.2.1.-	Garajes con elementos de hormigón prefabricado de 1, 2 y 3 módulos	125
8.2.2.-	Garajes fabricados con distintos materiales	126
8.2.3.-	Costos de mantención	127

CAPITULO IX.- CONCLUSIONES

9.1.-	Conclusiones	130
-------	--------------	-----

BIBLIOGRAFÍA	135
---------------------	------------

ANEXOS	137
---------------	------------

Planos de arquitectura y estructura para garajes de hormigón prefabricado	138
--	------------

Análisis de precios unitarios	146
--------------------------------------	------------

Ensaye de áridos y dosificación de hormigón	161
--	------------

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.1	Hormigonera	14
Fig.2	Encofrados de Acero	15
Fig.3	Encofrados de Madera	16
Fig.4	Encofrados de Hormigón	16
Fig.5	Vibradores Internos	19
Fig.6	Vibradores Rotatorios	20
Fig.7	Vibradores de acción vertical	20
Fig.8	Vibradores de Encofrados	20
Fig.9	Mesa Vibradora	21
Fig.10	Clasificación de Áridos	24
Fig.11	Banda granulométrica para áridos combinados	25
Fig.12	Cajón para el control de rendimiento	34
Fig.13	Romana para dosificación de peso	39
Fig.14	Grafico de Temperatura de Curado del Hormigón	44
Fig.15	Grafico Ejemplo de una Aplicación de Vapor	44
Fig.16	Almacenamiento de Cemento	45
Fig.17	Almacenamiento de Áridos	46

Fig. 18 Diagrama de Producción	46
Fig. 19 Comparación de costos entre 1, 2 y 3 módulos en hormigón prefabricado	125
Fig. 20 Comparación de costo entre garajes de distinto material	126
Fig. 21 Comparación costo de mantención garajes de distinto material	128

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Cuadro Comparativo	10
Tabla 2.- Vibradores de Inmersión	19
Tabla 3.- Cementos: Requisitos Según Norma NCh 148 Of 68	23
Tabla 4.- Cementos Comerciales en Chile	23
Tabla 5.- Determinación de la granulometría	25
Tabla 6.- Arena: Requisitos Granulométricos según Norma NCh 163	26
Tabla 7.- Grava: Requisitos Granulométricos según Norma NCh 163	26
Tabla 8.- Contenido de Material Fino	26
Tabla 9.- Contenido de Humedad	27
Tabla 10.- Principales Aditivos	29
Tabla 11.- Mezcla de Áridos	31
Tabla 12.- Control de Rendimiento: Volumen de Hormigón por Saco de Cemento	34
Tabla 13.- Ejemplo de cálculo de la granulometría del árido combinado	36
Tabla 14.- Docilidad del Hormigón	37
Tabla 15.- Docilidad, Dosis de Cemento y Método de Compactación para Distintos Elementos Prefabricados	38
Tabla 16.- Construcción en Sitio	49
Tabla 17.- Construcción Prefabricada	50
Tabla 18.- Propiedades Mecánicas de los Materiales	76
Tabla 19.- De Deformaciones	90
Tabla 20.- Tolerancias Correspondientes a las Conexiones Recomendadas en los Manuales del PCI	92
Tabla 21.- Cuadro Comparativo	95
Tabla 22.- Comparación de costos entre 1, 2 y 3 módulos de un garaje de hormigón prefabricado	125
Tabla 23.- Comparación de costos entre garajes de distinto material	126
Tabla 24.- Comparación entre costos de manutención en garajes de distinto material	127

INDICE DE FOTOS

Foto 1.-	Bodega	104
Foto 2.-	Planta de Hormigonado	105
Foto 3.-	Moldaje Loseta	105
Foto 4.-	Moldaje Viga	105
Foto 5.-	Hormigonado de piezas	107
Foto 6.-	Curado de piezas	108
Foto 7.-	Desmolde de piezas	108
Foto 8.-	Instalación de pilares	111
Foto 9.-	Pilares nivelados	111
Foto 10.-	Instalación de placas laterales	111
Foto 11.-	Revisión en instalación de placas	112
Foto 12.-	Fijación de pilares	112
Foto 13.-	Preparación para unión de vigas	112
Foto 14.-	Ejecución de unión de vigas	112
Foto 15.-	Preparación del segundo juego de vigas, usando a las que ya están unidas como plantilla	113
Foto 16.-	Montaje de las vigas	113
Foto 17.-	Unión entre pilares y vigas	113
Foto 18.-	Colocación de losetas	114
Foto 19.-	Losetas	114
Foto 20.-	Vista general del montaje	114
Foto 21.-	Término montaje del techo	114
Foto 22.-	Instalación de arrostramientos	114
Foto 23.-	Prueba de carga (±100 Kg)	118
Foto 24.-	Prototipo de garaje terminado	118

RESUMEN

Con esta tesis se pretende mostrar los conceptos básicos de las técnicas de los prefabricados de hormigón armado para evaluar en forma práctica el uso de ellos a través de la construcción de un garaje formado por 24 piezas, las cuales se unieron entre si, armando una estructura de 5 m², que forma un módulo para un garaje. Esta estructura se levantó en los terrenos de la Universidad Austral de Chile donde se encuentra ubicado actualmente.

En general, no hay tecnologías que sean exclusivas del prefabricado, por lo que en la construcción de este garaje se aplicaron conocimientos comunes de diseño y de construcción del hormigón armado, se ha intentado dar un carácter gráfico al desarrollo apoyándose en fotografías tomadas durante los trabajos, para facilitar la comprensión del desarrollo teórico y práctico de esta tesis.

SUMMARY

This thesis pretend to show the basic concepts of the reinforced prefabricated concrete to gauge in a practice from their use through the construction of one garage shaped by 24 pieces, which are joined each other, building a structure of 5 m², which form a mode for a garage. This frame was rising on the Austral University of Chile fields, where is actually situated it.

Generally it is not technologies which are exclusive of the prefabricated concrete. Therefore in the construction of this garage were used common knowledges of design and prefabricated concrete, it has tried to give a graphic character to the develop, supporting this work with pictures taken during the working process, to make the understanding of the theorist and practical develop of this thesis easier.

CAPITULO I.- INTRODUCCIÓN

1.1.- Descripción del Tema.

Tras un desarrollo inicial del hormigón armado, ligado a su realización en obra, se abrió la posibilidad del transporte de piezas de pequeña o gran dimensión elaboradas previamente.

Entender que el hormigón podía ser transportado una vez fraguado, permitía toda una suerte de posibilidades y al mismo tiempo una nueva forma de entender el hormigón mediante su prefabricación.

La prefabricación, consiste en fabricar partes importantes de una construcción fuera de su lugar definitivo. Esta fabricación se hace en un lugar apropiado, en una posición más cómoda y en donde se pueda desarrollar un proceso cíclico, cuando se trate de gran cantidad elementos iguales.

Se puede prefabricar en la misma obra, en una planta o taller especializado el que puede adoptar características propias de la industria.

La construcción se desarrolla luego por el sistema de montaje y uniones de las piezas prefabricadas, para dejar la estructura terminada.

Debido a lo anterior se hace posible controlar algunos factores tales como, las condiciones climatológicas que ya no condicionan la puesta en obra; la humedad y la temperatura que únicamente afectan al proceso de ejecución, el cual, al desarrollarse en lugares protegidos se pueden controlar perfectamente; los moldes se pueden colocar en posiciones más cómodas para el vertido; el vibrado y desencofrado se pueden controlar mejor y de la misma forma las características de la materia prima, el hormigón, pudiendo realizar nuevas formas de curado

El campo de aplicación en la prefabricación abarca una extensa gama de posibilidades en las formas y tamaños de los elementos que se quieran llegar a obtener. Es así, como hoy en día se fabrican desde elementos de hormigón armado de variadas formas y grandes dimensiones, hasta elementos pequeños y de formas bastante sencillas, que de acuerdo a su finalidad pueden ser de hormigón armado o simple. Es importante destacar el aporte que ha significado el fabricar este tipo de elementos, ya que ha permitido incorporar y desarrollar las técnicas de hormigón pretensado y postensado, lo que en conjunto se traduce en la consecución de grandes luces con gran fiabilidad.

En esta tesis se desarrollará el tema de los elementos prefabricados desde sus inicios, mencionando sus características, sus usos y sus cualidades, que en la actualidad hacen que ellos sean cada vez más usados en el mercado, por ser productos que ofrecen grandes ventajas a la industria de la construcción. A la vez, en este trabajo, también se presenta la realización del proyecto, del cálculo, del presupuesto y de la construcción de un garaje constituido por elementos prefabricados de hormigón armado de variadas formas, que serán de pequeñas dimensiones y muy simples, en las cuales se puso especial cuidado en el tipo de uniones requeridas para conformar una estructura estable. Estos elementos fueron prefabricados en los terrenos de una obra en construcción en el Campus Teja de la Universidad Austral, para posteriormente hacer el montaje del garaje en los sitios del Campus Miraflores, perteneciente a la misma Universidad, donde se encuentra actualmente.

1.2.- Objetivo General.

Realizar el proyecto de un garaje prefabricado y materializarlo.

1.3.- Objetivo Especifico.

La ejecución de un garaje prefabricado, demostrando la veracidad de todas las grandes características de los elementos prefabricados.

1.4.- Reseña Histórica.

La construcción por montaje es tan antigua como la construcción misma, y se desarrolló antes para las construcciones en madera, en piedra, en acero y ahora en hormigón armado.

Ejemplos, Grecia y Roma, con sus construcciones monumentales, en que todas las piezas de piedra o mármol eran confeccionadas en talleres y llevadas a la obra, incluso por mar, en galeras. Algunas de estas embarcaciones se han encontrado en el fondo del Mediterráneo con piezas de piedras que no llegaron a su destino.

El desarrollo de los prefabricados se origina en forma masiva después de la segunda guerra mundial, con el objeto de reconstruir las ciudades de Europa. Este fue el continente líder en el desarrollo de la prefabricación en el mundo. Para construir viviendas, en primer lugar, y también industrias. En el área industrial se dio preferencia al hormigón, ya que el acero era un bien escaso en ese momento. En el área habitacional se busco un sistema que combinara la economía y la rapidez para reconstruir en poco tiempo una gran cantidad de viviendas destruidas. Luego de esta etapa, que duro más o menos 5 años, después de la segunda guerra mundial, vino un desarrollo más diversificado y el uso de los prefabricado se extendió a todo el mundo a Estados Unidos, por ejemplo, que se había rezagado con respecto a Europa y posteriormente a Latinoamérica.

En Chile, la prefabricación en hormigón se inició en la década del 50, con sistemas para viviendas de uno y dos pisos, como ejemplo, se puede citar el sistema BETONIT de paneles de 80 cm de ancho y pared de 2 cm de espesor, que se colocan enfrentadas en parejas dejando un espacio entre ellas, eran fabricados al vacío por la firma Ignacio Hurtado; otro ejemplo es el sistema CEDESCO, de grandes paneles del tamaño del muro de una habitación, para viviendas de dos pisos.

El año 1957 el arquitecto Oreste Depetris, construye las primeras vigas postensadas de 20 m de luz con el sistema Freyssinet, combinadas con losas prefabricadas.

En la construcción de puentes, se comienza a utilizar durante esta época las vigas postensadas, como alternativa a las vigas tradicionales de acero.

Los años 60, son de un marcado para el desarrollo de la prefabricación en el área de obras públicas, principalmente en puentes; se puede citar el puente sobre el río BIO-BIO construido por la firma del ingeniero Mario Millán con la asesoría de Gifford and Partners, y el puente sobre el Malleco construido por la misma firma. En puertos, puede mencionarse la ampliación del puerto de San Vicente por la firma BELFI, en que se instaló una fábrica en el mismo lugar de la obra, para producir pilotes pretensados, además de vigas y losas para los muelles.

Un desarrollo similar se observa en los edificios industriales, con prefabricación de pilares estructurales, vigas postensadas de sección TT, cerchas de hormigón postensado, con cargas de losas, y luces de hasta 36 m. Destaca en este desarrollo el arquitecto Depetris con su empresa de proyectos y construcciones industriales.

En la vivienda, el desarrollo es menos espectacular, se avanza en sistemas que pueden desarrollarse en las mismas obras, en general livianos, y su mayor desarrollo está en los planes masivos, el más destacado probablemente es el de VIENOR en Calama con un gran programa de traslado de los campamentos de Chuquicamata a viviendas en esta ciudad. Destacan las viviendas ejecutadas por la firma Trepe y Pierazzoli, con un sistema de paneles del tamaño del muro de una habitación, fabricados, utilizando piedra pómez como árido liviano y con bordes de perfil de acero delgado para permitir una conexión soldada más rápida y sencilla; y las viviendas construidas por la firma DESCO, aprovechando en parte la experiencia de la planta CEDESCO.

Mención especial merece la construcción del metro o ferrocarril subterráneo de Santiago, en el que se utilizaron varias soluciones prefabricadas para los túneles, como bóvedas curvas de hormigón armado y vigas de hormigón armado con losetas entre vigas. En

secciones de mayores luces se utiliza generalmente vigas I o talones pretensados, losas TT y losetas entre vigas.

También se debe mencionar en forma especial la instalación en el Belloto, V Región, de una fábrica que producía edificios de 4 pisos por un sistema derivado del CAMUS para grandes paneles. Esta fábrica fue donada por el gobierno soviético después del terremoto de 1971 en la zona, quedando la infraestructura a cargo del gobierno chileno. Funcionó desde el año 1972 con el nombre de KPD, fue cerrada en 1973 y reabierta en 1975 como VEP LTDA (Viviendas Económicas Prefabricadas). Funcionó esta vez alrededor de 3 años hasta su cierre definitivo, y posteriormente se remató por partes, dada la imposibilidad de hacerla rentable. Tenía capacidad de fabricar 120 edificios de 16 departamentos por año, es decir, 1920 departamentos anuales, que resultaba ser la mitad de los departamentos financiados por el Ministerio de la Vivienda en la V Región durante esa época. Esta industria no pudo ser rentable por la imposibilidad de mantener un volumen de producción estable y cercano a su capacidad instalada. Para hacerla funcionar requería aproximadamente 300 trabajadores en la planta y otros 300 en el montaje y construcción, además del personal administrativo, de supervisión y de dirección.

Posteriormente, el desarrollo prácticamente se detuvo por los graves problemas que debió enfrentar el país, hasta el surgimiento económico, posterior a la crisis del año 1981.

Desde el año 1984 a la fecha se puede observar un desarrollo lento, pero sostenido de la prefabricación en las áreas en que tienen ventajas sobre la construcción en sitio, sea ésta tradicional o industrializada.

En el concepto actual de la economía, más libre y competitiva, el futuro de la prefabricación en hormigón, estará en demostrar sus ventajas por sobre las alternativas existentes, sin buscar protecciones especiales, como podría pensarse para la vivienda, en que para desarrollar económicamente grandes fábricas se requeriría asegurar un mercado estable que necesariamente tendría que ser obligado o cautivo, y que es contrario a las tendencias que

hoy parecen aconsejables de alentar, como una competencia leal, más aún, en un área de la economía que es muy diversificada.

En todo el mundo la tendencia es a buscar soluciones más flexibles, que produzcan una variedad de posibilidades, evitando la monotonía. Es así como se pueden encontrar paralizadas y en desuso, en los países de Europa Occidental, grandes fabricas de edificios que fueron utilizadas en la reconstrucción después de la guerra, y hasta los años 60, en importantes programas de desarrollo urbano.

La prefabricación abierta, es decir, la producción de elementos que pueden utilizarse en múltiples proyectos, combinándose con estructuras en sitio o con prefabricados hechos en obra, tiene cabida en esta realidad, sobre todo en este medio en que las fuertes variaciones que experimenta la actividad de la construcción desincentiva las inversiones de largo plazo.

CAPITULO II.- EL HORMIGON PREFABRICADO

2.1.- Generalidades

Es oportuno, antes de hablar de un sistema de premoldeado de estructuras de hormigón, formular algunas reflexiones sobre el premoldeado en general y su razón de ser, como también mencionar sus ventajas y limitaciones.

El profesional, al afrontar un proyecto en el que interviene, por ejemplo, una estructura de grandes luces, debe optar por hormigón tradicional, hormigón premoldeado o estructura metálica. La conveniencia de una u otra solución depende de cada caso en particular, y surge de la consideración de los factores funcionales, estéticos, técnicos y económicos, entre otros.

El hormigón premoldeado comienza a sustituir al hormigón tradicional colocado en obra debido a tres consideraciones generales, que son:

- Cuando las luces libres se agrandan: en efecto, para luces grandes las soluciones con hormigón premoldeado son mucho más livianas, en general, que las obtenidas con sistemas tradicionales, en consecuencia, utilizan menos materiales, lo que se traduce en costos inferiores.
- Adoptando una modulación regular: esto quiere decir, que se debe hacer repetir la mayor cantidad de veces el mismo elemento. Es la repetitividad de un elemento lo que justifica su producción a escala industrial. De ahí que los proyectos simples, regulares y racionales se adapten mejor a la prefabricación.
- Tiempo de ejecución: por ser elementos hechos con anterioridad, su tiempo ejecución en obra se limita sólo a su montaje, reduciendo así de forma considerable los plazos de ejecución de la obra en general.

El hecho de que innumerables casos en los que la conveniencia del prefabricado es clara se terminen por resolver en forma tradicional, se debe a la falta de información del proyectista

sobre las posibilidades que brindan los sistemas existentes, o bien, el temor de adoptar soluciones y materiales que no conoce a fondo.

En general, en los países industrializados, donde la mano de obra es costosa, la conveniencia del prefabricado respecto del hormigón tradicional se acentúa. En Italia, por ejemplo, se cuenta con más de cincuenta grandes fábricas de premoldeados, cada una de ellas con un radio de acción de apenas 50 Km. Cabe acotar que, respecto de las obras resueltas de hormigón prefabricado, existe siempre en el proyectista la intención de desarrollar un nuevo sistema que se adapte más a su proyecto que los sistemas existentes en plaza. Esa posibilidad debe ser analizada cautelosamente, ya que muchas de estas experiencias terminan encareciendo la obra y dejándola con deficiencias, por falta de experiencia e información en la resolución de numerosos detalles. Por otro lado, se debe tener en cuenta que las industrias especialistas en el tema van incorporando su experiencia de éxitos y fracasos al desarrollo de nuevos sistemas, y que lo que ofrecen al mercado es, entonces, un producto pulido y confiable, que no presentará sorpresas.

Se hace necesario, además, resaltar algunas características del hormigón prefabricado para apreciar sus diferencias con el tradicional:

- La consecuencia que se obtiene al producir materiales en forma de elementos acabados es elevar considerablemente las magnitudes de todas sus características físicas (resistencia mecánica, acabado de la superficie, adherencia, resistencia a la corrosión, etc.) y terminar con el “nivel de incertidumbre” asociado al hormigón armado tradicional, al incorporar el control de calidad y la precisión, propios, de la fabricación industrial.
- La “discontinuidad” es un rasgo fundamental del hormigón prefabricado, ya que una construcción prefabricada nunca será pieza única y la resolución de sus uniones será determinante para el comportamiento de sistema, lo que contrasta con el hormigón armado.

- Por ser un material fabricado por moldeo es capaz, en principio, de adoptar cualquier forma. La principal limitación, en cualquier material moldeado, se establece al considerar inevitablemente toda forma en hormigón prefabricado como un sistema de piezas repetidas y/o variables a partir de un patrón.

Como alcance final es necesario destacar que la construcción prefabricada está directamente relacionada con la invención del pretensado y el postensado. Con el pretensado se superó la principal limitación del hormigón armado (la fisuración), con el postensado se logró dar solución a las uniones de elementos prefabricados rigidisándolas y procurando solidarizar durante el proceso de montaje piezas independientes. Los sistemas básicos que han resuelto este tipo de uniones han sido a base de placas metálicas soldadas o de reserva de zonas sin hormigonar.

2.2.- Ventajas de Utilizar Hormigón Prefabricado

La prefabricación es un método industrial de producción de elementos o partes de una construcción en planta o fábrica y su posterior instalación o montaje en la obra.

Esta técnica, que ha tenido un enorme desarrollo a nivel mundial, presenta claras ventajas cuando se requiere utilizar elementos repetitivos y/o industrializar las faenas de construcción y mejorar su productividad. Entre ellas se destacan las siguientes:

Tabla 1

Cuadro comparativo

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Uso múltiple y repetitivo de encofrados o moldajes (gran economía en moldajes). ⇒ Menor uso de hormigón y acero. ⇒ Reducción de plazos de construcción. ⇒ Organización similar a una fábrica, con mayor grado de mecanización, mano de obra estable y especializada, aprovechamiento de las ventajas de la normalización y producción en serie. ⇒ Producción continua en cualquier época del año y almacenamiento para los momentos en que el producto se requiera. ⇒ Mayor facilidad para un adecuado y mejor control de calidad. ⇒ Reducción de las necesidades de obras falsas como andamios, alzaprimas, etc. ⇒ Menor formación de juntas de hormigonado. ⇒ Reducción del carácter estacional de las obras de construcción. ⇒ Posibilidad de emplear secciones transversales más delgadas, estructuras más ligeras y mejor acabado superficial, reduciendo o eliminando los estucos o recubrimientos. ⇒ Posibilidad de aplicar técnicas de pretensado, curado acelerado, etc. ⇒ Se logra un rendimiento creciente con las repeticiones, que no es común en la construcción en sitio. ⇒ Paralelismo de las actividades. ⇒ Montaje y entrega simultánea. ⇒ Uso del “pretensado”. ⇒ Gastos Generales menores. ⇒ Eliminación de terminaciones, que a su vez disminuye el costo y el peso de la estructura. ⇒ Ciclos productivos más cortos. 	<ul style="list-style-type: none"> ⇒ Los proyectos son más complicados, lo que se traduce en mayores costos en la generación del proyecto por requerir mas horas de ingeniería. ⇒ Se requiere transportar los elementos, por lo que se debe poner especial cuidado en los costos que esto pueda implicar. ⇒ Dar continuidad entre los elementos de una estructura.

Para aprovechar al máximo estas ventajas, es indispensable una combinación y coordinación del proyecto y la construcción, que no es usual en las obras tradicionales. De esta manera se puede obtener el máximo aprovechamiento de moldes e instalaciones existentes.

También se puede iniciar la prefabricación de los elementos estándar mientras el proyecto continúa resolviendo aquellos detalles más complicados.

Aunque la máxima economía se obtiene con la repetición de módulos y formas estándar, es posible que el arquitecto tenga bastante libertad para los diseños, pues un buen equipo de ingenieros prefabricadores puede adaptar sus instalaciones en buena medida a los requerimientos del cliente.

Existe una gran variedad de sistemas, métodos y formas que permiten también la prefabricación en forma bastante elemental en obras pequeñas. Los resultados más espectaculares se obtienen utilizando medios mecánicos, y métodos industriales de fabricación.

Es fundamental en la elección del sistema constructivo los equipos disponibles, sobretodo los de levante y movimiento para la fabricación y el montaje. La utilización de portales mecanizados, grúas fijas o móviles, es indispensable para el rendimiento, por lo que deben considerarse en los diseños, en el peso y dimensiones de las piezas prefabricadas, y en los espacios disponibles para los movimientos del montaje.

Tratando de resolver en la forma más eficiente un proyecto, con los medios que se disponen, se llega muchas veces a soluciones ingeniosas y simples.

En este medio, en que los recursos son siempre limitados, podemos decir que la importancia está: en la decisión de innovar, coordinar la arquitectura-estructura-construcción, una importante dosis de ingenio, y otra mayor de tenacidad para ir resolviendo los inevitables problemas prácticos que se van presentando.

La recompensa está en los resultados de rapidez y economía, y la ventaja que al repetir una idea ya probada, se pueden corregir los detalles que han significado problemas, se pueden utilizar los mismos moldes y accesorios, y todo el personal que ha intervenido se va progresivamente especializando, lo que hace más liviano el trabajo de dirección, que en la primera vez puede ser bastante agobiante debido a la falta de experiencia de los colaboradores y del personal de obra.

Se logra un rendimiento creciente con las repeticiones, que no es común en la construcción en sitio. En la construcción tradicional, en sitio, las pérdidas por fallas en los enlaces de las faenas sucesivas alcanzan valores extraordinariamente altos. Del orden del 10% de los materiales nuevos se pierden, y del 20% de la mano de obra se pierde, porque las faenas no calzan. Se ha comprobado, estadísticamente, lo que a diario se observa en las obras, como se pican hormigones, se agregan remates y se bota en los escombros cantidades de materiales, restos de la construcción.

En las construcciones prefabricadas existe una obligación de rigurosidad en el orden y en las dimensiones, sin lo cual no es posible el montaje o armado. Las obras son limpias de despuntes y restos de materiales, y una pieza prefabricada que falle o que sobre no puede pasar inadvertida.

Esta ventaja práctica de la prefabricación no se refleja bien en los estudios teóricos de costo.

A menudo se encuentran opiniones que sostienen que la prefabricación se ve limitada en países sísmicos como Chile.

Es necesario resaltar que una construcción prefabricada bien diseñada puede ser tan o más segura que una construcción tradicional en sitio. Esto ha quedado demostrado por la experiencia de los últimos terremotos en Chile y otros países. Las construcciones que han fallado son las que tenían errores de diseño, o de desarrollo, independientemente de si eran prefabricadas o en sitio.

Con la experiencia obtenida, se recomienda para Chile combinaciones de estructuras prefabricadas con arrostros y diafragmas ejecutados en sitio. El uso de sobrelosas armadas y de algunos muros ejecutados en sitio aumenta la ventaja del proyecto como un todo y simplifican los diseños.

Es recomendable aumentar los coeficientes de seguridad para las solicitaciones de las uniones en $1/3$ para trasladar los mecanismos de falla a los elementos y lograr la continuidad adecuada.

2.3.- Instalaciones y Procesos

La prefabricación puede ser aplicada a elementos de hormigón simple, como soleras, tubos, bloques, pastelones; a elementos sencillos de hormigón armado como postes y cierros, y a sistemas constructivos más sofisticados, como columnas, vigas, losas, placas para muros, pueden llegar a ser de hormigón pretensado y curados en cámaras especiales.

Es posible abordar la prefabricación a un nivel simple, a partir de pequeñas instalaciones y algunos implementos básicos; o en plantas instaladas con un alto nivel de industrialización y/o automatización. Entre ambos extremos existe una amplia variedad de alternativas con la posibilidad de ir avanzando progresivamente.

2.4.- Equipamientos Necesarios.

2.4.1.-Equipos para la Confección del Hormigón.

Las plantas de prefabricación deben estar provistas de equipos que aseguren la buena calidad del hormigón. Los principales son los siguientes:

2.4.1.1.- Sistemas de Dosificación.

La dosificación de los componentes se puede efectuar en volúmenes o en peso.

- Dosificación en volumen: Para la medición de los áridos se requiere de carretillas o cajas dosificadoras, u otro elemento de medida. El cemento siempre se debe dosificar en peso o por sacos completos (42,5 kg) o múltiplos de sacos.

- Dosificación en peso: Otorga mayor homogeneidad a las mezclas y es por lo tanto más conveniente; en este caso, tanto el cemento como los áridos son pesados en básculas o romanas.

Los equipos dosificadores se complementan con dispositivos para la medición de agua y eventualmente de los aditivos.

2.4.1.2.- Hormigoneras.

Las de uso más frecuente se encuentran en el rango de 100 a 500 litros. Pueden ser de eje horizontal, inclinado o vertical; estas últimas son las más eficientes, especialmente cuando se preparan hormigones de consistencia seca.

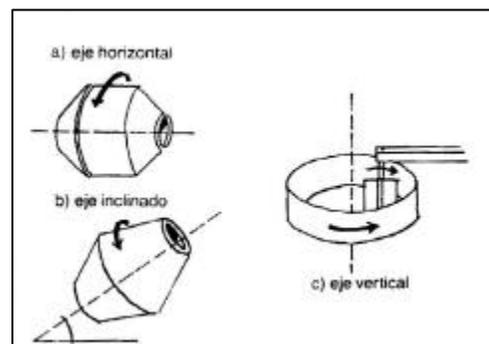


Fig.1 Hormigonera

La hormigonera debe estar provista

de mecanismos de carga y descarga que permitan un accionamiento rápido y una operación continua.

Los tiempos de amasado son variables para cada equipo y se deben regular de modo de producir un hormigón homogéneo.

2.4.2.- Equipos para el Transporte del Hormigón

Según las distancias y capacidad instalada, el hormigón es transportado en carretillas o capachos. Cualquiera sea el medio utilizado se deberá evitar la segregación, evaporación prematura o pérdida de mortero.

Para el vaciado del hormigón se requiere de algunos elementos auxiliares como canoas y buzones.

2.4.3.- Equipo de Encofrados o Moldajes

Los encofrados o moldes tienen un papel importante en la calidad y productividad del sistema. Deben ser:

- Rígidos: para fabricar piezas con las medidas correctas y dentro de las tolerancias exigidas.
- Durables: para ser utilizados reiteradas veces, sin costos adicionales.
- Fáciles de manejar: para un montaje y desencofrado rápido, sin golpes que puedan dañar el hormigón.
- Estancos: con sistemas de cierre y ajuste adecuados, para evitar pérdida de lechada o mortero. En algunos casos se utilizan sellos o empaquetaduras que aseguren su hermeticidad.
- Lisos y de formas adecuadas: para evitar la adherencia del hormigón y permitir una fácil limpieza.
- Transportables.
- Versátiles: de preferencia adaptables a diversos perfiles.

Los encofrados pueden ser de acero, madera, hormigón o plástico.

2.4.3.1. Encofrados de Acero.

Son los de empleo más frecuente en prefabricación; su costo inicial es relativamente alto, pero su duración y facilidad de manipulación permite fabricar grandes series, lo que compensa su costo.

Presentan menos adherencia al hormigón, con lo que se obtienen superficies lisas y terminadas con precisión.

Generalmente se componen de varias partes, que deben obtener un buen ajuste entre ellas.

Dependiendo de su diseño, para el montaje se utilizan pernos y tensores, o sistemas de cierre rápido.

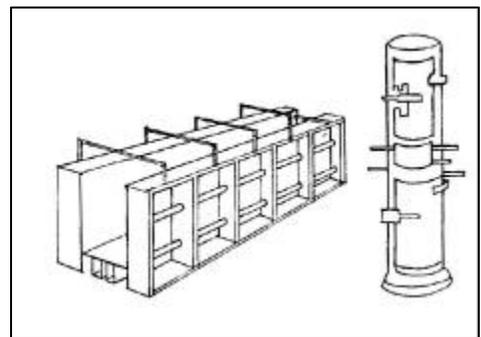


Fig.2 Encofrados de Acero

Existen moldes de fierro fundido, de gran rigidez, o confeccionados con planchas y perfiles. Es posible obtener formas muy precisas, reducción de aristas vivas, etc., lo que redonda en un desmolde más fácil y mejor aspecto de las piezas.

2.4.3.2.- Encofrados de Madera.

En el caso de piezas pequeñas, pueden ser enteramente de madera o combinados con otros materiales como acero u hormigón, con laterales de madera.

Se utilizan en la confección de series pequeñas

debido a su menor durabilidad (12 usos). Esta puede ser

aumentada al doble o más si se forran interiormente con chapas o láminas de acero (fierro galvanizado o planchas de mayor espesor).

Tienen el inconveniente de que sus dimensiones no son estables debido a las variaciones volumétricas de la madera o el desajuste de los sistemas de fijación.

2.4.3.3.- Encofrados de Hormigón.

Constituidos por una pieza de hormigón monolítico, confeccionada sobre la misma cancha.

Con una matriz apropiada es posible obtener encofrados de gran precisión, y durabilidad con curvaturas y formas especiales.

Otra alternativa son las superficies de hormigón

utilizadas como molde de fondo, con encofrados laterales de madera o acero.

Su vida útil puede alcanzar 200 usos o más, dependiendo de la calidad de su ejecución y la mantención que se realice.

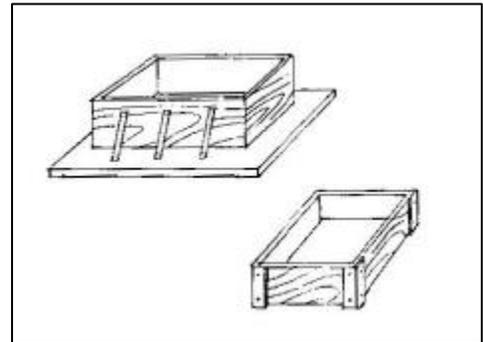


Fig.3 Encofrados de Madera

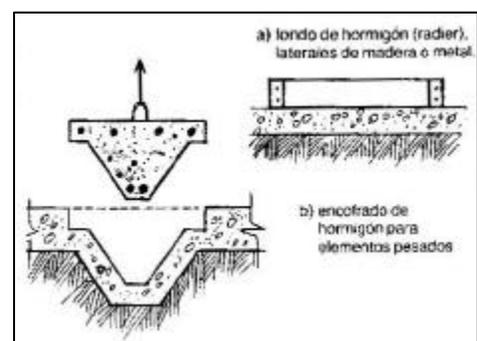


Fig.4 Encofrados de Hormigón

La superficie debe tener un mínimo de irregularidades, debe ser lo más lisa posible y suficientemente resistente para evitar la adherencia al hormigón y el desprendimiento de la capa superficial.

2.4.3.4.- Otros Encofrados.

Moldes De plástico reforzado con fibra de vidrio, cuya mayor ventaja es la completa libertad de formas de moldeo. Su confección se realiza en base a matrices o modelos, de gran calidad de reproducción.

Su empleo está limitado por su alto costo en relación a una vida útil relativamente baja. Cualquiera sea el tipo de encofrado que se utilice, es indispensable proporcionarles una mantención adecuada, que consiste en una limpieza y aceitado (desmoldantes) después de cada uso y una revisión periódica de sus mecanismos de ajuste y cierre.

2.4.4.- Equipos para la Compactación.

La compactación tiene por objeto lograr la acomodación del hormigón dentro de los moldes, para obtener las formas deseadas y eliminar el aire atrapado de modo de obtener la máxima compacidad y por consiguiente, resistencia e impermeabilidad.

La compactación del hormigón se puede realizar por métodos manuales o mecánicos.

- Métodos manuales: el hormigón se acomoda por gravedad, ayudado por varillas o pisones. Debido a la energía relativamente baja que se aplica, se requiere de hormigones con mayor contenido de agua. El resultado general es inferior al que otorgan los medios mecánicos.
- Métodos mecánicos: pueden ser accionados con diferentes fuentes de energía como motores a explosión, eléctricos o de aire comprimido.

La elección de los equipos dependerá de la energía disponible, de su costo y facilidades de operación. Los más empleados en prefabricación son los de accionamiento eléctrico y, excepcionalmente, los de aire comprimido.

Entre los mecanismos de compactación se pueden distinguir los siguientes:

- Compactación por vibración (vibradores): es el método más utilizado en la actualidad, por lo que será detallado más adelante.
- Barras apisonadoras: operadas mecánicamente, que se utilizan en algunos elementos prefabricados, como tubos, bloques, etc. en general, con mezclas duras o semi-secas.
- Compactadores de potencia: que actúan ejerciendo altas presiones estáticas sobre la superficie de los elementos.

Existen otros elementos como mesas de impacto, proceso de vacío, centrifugación, cerchas vibratoras, vibradores de placa, de rodillo, etc. y herramientas vibratoras para el acabado de superficies.

2.4.4.1.- Compactación por Vibración.

La vibración consiste en someter al hormigón fresco a rápidos impulsos vibratorios, los cuales “licuan” el mortero, reduciendo la fricción interna entre las partículas, las que se asientan por acción de la gravedad.

Puede aplicarse de dos formas:

- Interna: en que el vibrador actúa sumergido en el hormigón mismo (vibradores de inmersión). Los vibradores de inmersión se usan preferentemente para la fabricación de piezas mayores, solas o combinadas con vibradores de moldaje como en vigas pre y post-tensadas.
- Externa: en que el vibrador está adosado a una superficie en contacto con el hormigón, ya sea una mesa donde esté apoyado el molde (mesa o vibradora) o una placa superficial solidaria a las paredes del molde mismo (vibrador de encofrado).

En prefabricación se emplean mayoritariamente los vibradores adosados al molde y las mesas vibrantes.

Las características principales de un vibrador son su frecuencia, potencia y amplitud.

Según la granulometría y docilidad del hormigón es necesario seleccionar la frecuencia de

vibrado. Las frecuencias bajas, 3.000 a 6.000 v.p.m., hacen vibrar la gravilla, y las altas frecuencias, de 7.000 a 18.000 v.p.m., afectan a las arenas finas y cemento.

2.4.4.1.a.- Vibradores Internos o de Inmersión.

Son accionados por motores externos que transmiten la rotación por medio de un eje flexible, al peso excéntrico que se encuentra en la cabeza, o bien, por motores ubicados en la cabeza, a la que entran los cables eléctricos protegidos por un recubrimiento robusto que sirve también de agarradera.



Fig.5 Vibradores Internos.

Estos últimos permiten aplicar frecuencias más altas con motores de alto ciclaje, haciendo pasar la electricidad de la red por un convertidor de frecuencia; su limitación es el diámetro, el que no puede ser inferior a 5 cm.

Las características más relevantes de los vibradores de inmersión se resumen en la Tabla 2.

Tabla 2

Vibradores de Inmersión

Grupo	Diámetro Cabeza (cm)	Frecuencia Recomendada (V.P.M.)	Amplitud Promedio (mm)	Radio de Acción (cm)	Aplicación
1	2-4	10.000-15.000	0,4-0,8	8-15	Hormigonado de elementos estrechos o con alta densidad de armaduras. Toma de muestras.
2	3-6	9.000-13.500	0,5-1,0	13-25	Hormigón plástico en general. Elementos de sección reducida.
3	5-9	8.000-12.000	0,6-1,3	18-36	Construcción en general. Hormigón de consistencia semi-plástica. Asentamiento < 8 cm.
4	8-15	7.000-10.500	0,8-1,5	30-50	Hormigón en masa. Grandes secciones. Asentamiento 0-5 cm.
5	13-18	5.500	1,0-2,0	40-60	Hormigón en grandes masas, presas.

2.4.4.1.b.- Vibradores de Encofrados.

Son vibradores externos, rotatorios o de acción vertical que se fijan a los moldes los que transmiten la vibración al hormigón.

Los vibradores rotatorios son accionados por aire (neumáticos) con frecuencias de 6.000 a 12.000 v.p.m.; o eléctricamente, con frecuencias de 3.000 v.p.m. o mayores empleando convertidores de frecuencia.

Los vibradores verticales son accionados por un pistón que se acelera en ambas direcciones y es frenado bruscamente el chocar con una placa de acero; las frecuencias varían en el rango de 1.000 a 5.000 ciclos por minuto (20 a 80 Hertz), transmitiendo impulsos perpendiculares al encofrado.

Los vibradores de baja frecuencia y gran amplitud son preferidos para mezclas de consistencia seca, mientras que para hormigones plásticos se obtienen mejores resultados con vibradores de alta frecuencia y corta amplitud.

La eficiencia del vibrado depende de la aceleración que el molde puede transmitir al hormigón, y por lo tanto los equipos deben ser cuidadosamente seleccionados y ubicados de manera de conjugar las necesidades de vibración con la resistencia y rigidez del moldaje.

2.4.4.1.c.- Mesa Vibradora.

Es una plataforma de acero con vibradores externos montados a su estructura, sobre lo cual se coloca el molde. La vibración se transmite de la mesa al molde y de éste al hormigón.

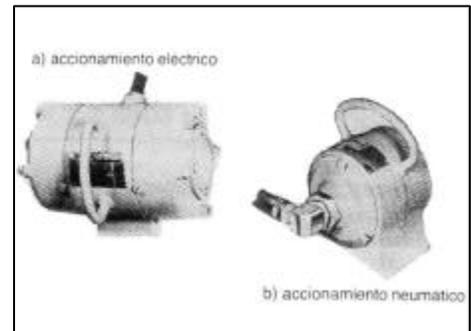


Fig.6 Vibradores rotatorios



Fig.7 Vibradores de acción vertical

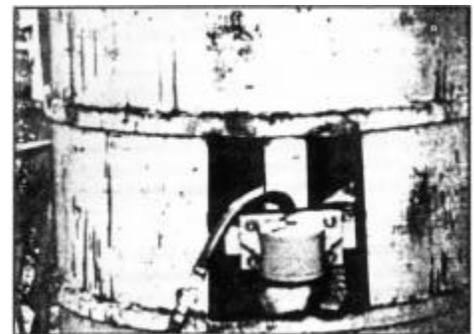


Fig.8 Vibradores de Encofrados

Generalmente se utilizan frecuencias bajas (inferiores a 6.000 v.p.m.) y amplitudes superiores a 0,13 mm.

Es habitual que las mesas tengan 2 o más vibradores instalados para anular la componente horizontal y obtener un movimiento armónico vertical. Cuando se trabaja con mezclas muy secas se recomienda combinar la acción de la mesa vibradora aplicando presión en la superficie.

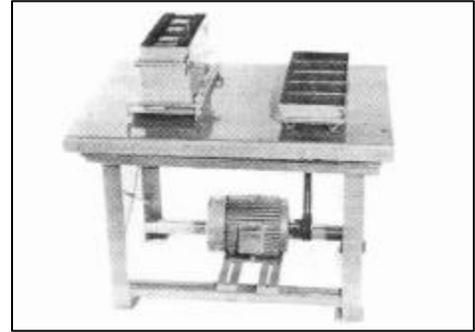


Fig.9 Mesa Vibradora

Además de los aspectos señalados los vibradores se deben seleccionar en base a su fuerza centrífuga, la que se determina por fórmulas empíricas para los distintos tipos.

La amplitud se puede corregir en algunos equipos provistos de regulación, en otros casos es posible desplazar ligeramente la mesa excéntrica, sin embargo, en la mayoría de los vibradores de fábrica, sus características operacionales son constantes y no pueden ser modificadas.

2.4.4.2.- Métodos Combinados.

Existen casos en que se combinan dos o más métodos como vibradores internos y externos; algunos equipos diseñados especialmente para la prefabricación superponen los efectos de compactación por compresión con vibración externa. Esta máquina automatiza todo el proceso de fabricación, desde la alimentación de materiales hasta el ordenamiento del producto, en pallets, listo para el proceso de curado, por lo que requieren de una importante infraestructura e instalaciones anexas.

2.4.5.- Equipos para el Transporte y Carga de las Piezas.

Los elementos prefabricados deben ser trasladados dentro de la Planta desde el lugar de fabricación a las zonas de curado, y de allí a los depósitos de productos terminados. Para esto se debe disponer de los métodos adecuados. Considerando que las piezas se encuentran frescas

o con baja resistencia, la primera etapa debe ser especialmente cuidadosa de modo de evitar golpes o impactos que puedan dañarlas.

En plantas sencillas y para elementos pequeños, se utilizan carretillas, las que por su forma no son adecuadas ya que los elementos quedan apoyados en sus bordes o aristas; se obtiene mejor resultado con carros planos, con ruedas de goma o sobre rieles.

Un sistema adecuado es el de grúas horquilla las que pueden trasladar un gran número de piezas pequeñas aperchadas en pallets, sin necesidad de manipulación adicional.

Para el traslado de piezas mayores (vigas, losetas, placas o postes) se pueden utilizar carros, en los que son cargadas y descargadas manualmente, por medio de tecles o grúas pórtico.

Los elementos de grandes dimensiones deben estar provistos de ganchos convenientemente ubicados para pasar los estrobos; éstos permiten su izaje por grúas en la obra.

Las piezas pueden ser levantadas o apoyadas en puntos adecuados, para evitar que durante estas operaciones se apliquen esfuerzos o tensiones que puedan provocar fisuras o fracturas.

2.5.- Materiales.

2.5.1.- Cementos.

La norma NCh 148. Of. 68 establece dos clasificaciones para los cementos, según su composición, su velocidad de hidratación (fraguado) y su resistencia a 7 y 28 días.

En la Tabla 3 se indican los requisitos que deben cumplir los cementos de grado corriente y alta resistencia; en Tabla 4 se presentan dichas clasificaciones aplicadas a los cementos que actualmente se fabrican en Chile.

Todos estos cementos son aptos para la prefabricación, por lo que la elección se hará en base a costo y velocidad de adquirir resistencia.

Con cementos de grado alta resistencia se reduce el plazo para la obtención de ella, lo que permite un mayor uso de los moldes, mejor rendimiento de la mano de obra y entregas más

rápidas. Las resistencias más altas que se obtienen permiten reducir la dosis de este material en el rango del 20%, lo que debe balancearse con su mayor costo.

Tabla 3
Cementos: Requisitos Según Norma NCh 148 Of 68

Grado	Tiempo de Fraguado		Resistencia Mínima a la Compresión		Resistencia Mínima a la Flexión	
	Inicial Mínimo (min)	Final Máximo (horas)	7 Días kgf/cm ²	28 Días kgf/cm ²	7 Días kgf/cm ²	28 Días kgf/cm ²
Corriente	60	12	180	250	35	45
Alta Resistencia	45	10	250	350	45	55

Tabla 4
Cementos Comerciales en Chile

Clase	Componentes principales	Marca	Grado
Portland	Clínquer	Súper Melón.	Alta Resistencia.
Pórtland-Puzolánico	Clínquer y puzolana (hasta 30%).	Melón Especial. Polpaico Especial. Melón Extra. Polpaico 400. Inacesa Alt. Resist.	Corriente Corriente Alta Resistencia. Alta Resistencia. Alta Resistencia.
Puzolánico	Clínquer y 30% a 50% de puzolana.	Inacesa Especial.	Corriente
Siderúrgico	Clínquer y 30% a 75% de escoria de alto horno.	Bio Bio Especial Bio Bio Alt. Resist.	Corriente Alta Resistencia.

2.5.2.- Áridos.

Los áridos ocupan entre 65 y 75% del volumen total del hormigón. Se debe presta atención a su elección y control, ya que de sus características dependerán la docilidad del hormigón fresco, la resistencia del hormigón endurecido, la durabilidad de las estructuras y la economía de las mezclas.

2.5.2.1- Clasificación Según Tamaño.

La norma NCh 163. Of. 79 proporciona las definiciones que se indican a continuación:

- ARENA (árido fino): árido que pasa por el tamiz de abertura nominal de 5 mm y es retenido en el de 0,080 mm.

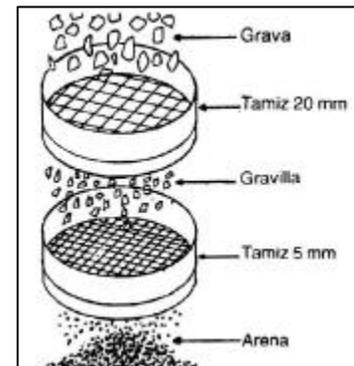


Fig.10 Clasificación de Áridos

- GRAVA (árido grueso): árido retenido en el tamiz de abertura nominal de 5 mm.
- ARIDO TOTAL (árido combinado): árido resultante de la combinación de arena(s) y grava(s) en proporciones definidas por el estudio de dosificación.

2.5.2.2.- Granulometría.

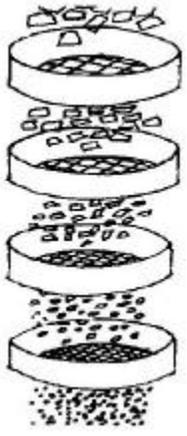
Los áridos están constituidos por partículas de diferentes tamaños; si ellas se separan por tamaños se tendrá una serie de grupos de partículas. La distribución porcentual en peso de cada grupo de partículas se conoce como granulometría.

2.5.2.3.-Determinación de la Granulometría – Tamices.

La granulometría de los áridos se determina haciendo pasar una muestra representativa del acopio por una serie de tamices ordenados por abertura, de mayor a menor. Los pesos retenidos en cada tamiz se expresan como porcentajes del peso total de la muestra. Finalmente, la granulometría del árido se indica en porcentajes que pasan, acumulados.

Tabla 5

Determinación de la granulometría.

 SUMA =	Peso Retenido	% Retenido	% que pasa
	P ₁	$r_1 = \frac{P_1}{P_t} \times 100$	p ₁ = 100 - r ₁
	P ₂	$r_2 = \frac{P_2}{P_t} \times 100$	p ₂ = p ₁ - r ₂
	P ₃	$r_3 = \frac{P_3}{P_t} \times 100$	p ₃ = p ₂ - r ₃
	P ₄	$r_4 = \frac{P_4}{P_t} \times 100$	p ₄ = p ₃ - r ₄
	Pasa P ₅	$r_5 = \frac{P_5}{P_t} \times 100$	(p ₄ = r ₅)
	P _t	100	----

En el caso de algunos prefabricados se recomiendan granulometrías que pueden diferir de las señaladas; en estos casos se debe buscar la combinación entre arenas (fina y gruesa) o entre gravilla y arena que se adapte mejor a las recomendaciones específicas y/o a los resultados prácticos en la planta.

Cuando los áridos son conocidos sólo son sometidos a los exámenes rutinarios: granulometría, material fino menor que 0,080 mm, absorción e impurezas orgánicas, densidad aparente, densidad real y porcentaje de huecos.

La determinación del contenido de humedad y esponjamiento se utiliza para efectuar las correcciones en la planta.

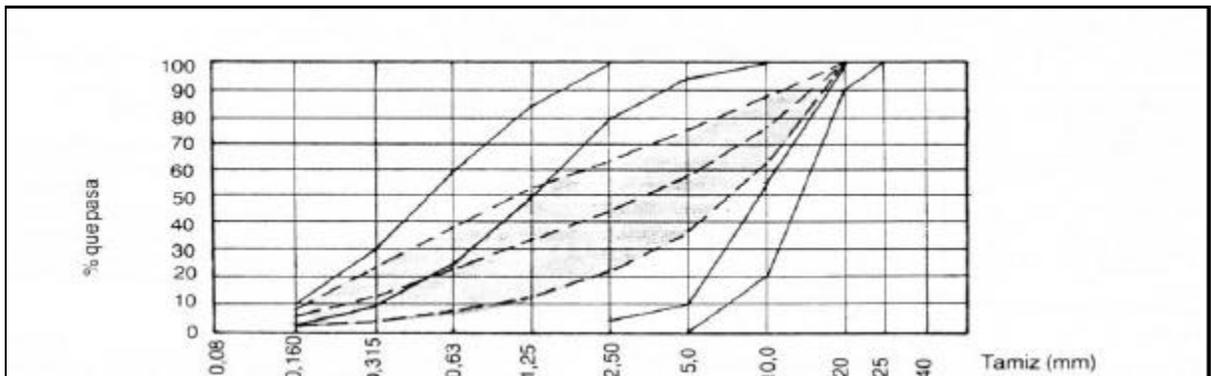


Fig.11 Banda granulométrica para áridos combinados

Tabla 6

Arena: Requisitos Granulométricos según Norma NCh 163

Tamices Empleados		% Que Pasa en Peso
ASTM	NCh (mm)	
3/8"	10	100
Nº 4	5	95 – 100
Nº 8	2,5	80 – 100
Nº 16	1,25	50 – 85
Nº 30	0,63	25 – 60
Nº 50	0,315	10 – 30
Nº 100	0,160	2 - 10

Tabla 7

Grava: Requisitos Granulométricos según Norma NCh 163

Tamices Empleados		% Que Pasa, en Peso, para los siguientes Tamaños Límites		
ASTM	NCh (mm)	1 1/2" - 4	3/4" - 4	1 1/2" - 3/4"
2"	50	100	----	100
1 1/2"	40	90 – 100	----	90 – 100
1"	25	----	100	20 – 55
3/4"	20	35 – 70	90 – 100	0 – 15
1/2"	12,5	----	----	----
3/8"	10	10 – 30	20 – 55	0 – 5
Nº 4	5	0 – 5	0 – 10	----
Nº 8	2,5	----	0 - 5	----

Tabla 8

Contenido de Material Fino

Requisitos	Valores Límite		Norma de Ensayo NCh
	Grava	Arena	
Material fino < 0,080 mm:			
a) para hormigón sometido a desgaste % Máx.	0,5	3,0	1223
b) para todo otro hormigón % Máx.	1,0	5,0	

2.5.2.3.- Humedad.

La humedad libre de un árido, valor importante y necesario para hacer la corrección de dosificaciones por la cantidad de agua que aportan los áridos, se determinan como la diferencia porcentual entre la humedad total (obtenida por secado al horno a 110°C) y la absorción, o sea:

$$H_1 = \frac{P_m - P_o}{P_o} \times 100(\%)$$

H_1 = humedad total del árido %

P_m = peso de la muestra húmeda

P_o = peso de la muestra seca al horno

La capacidad de los áridos para contener agua libre depende de su tamaño, mayor capacidad de retención de agua. Algunos valores aproximados son los siguientes:

Tabla 9

Contenido de Humedad

Clase de Arido	Humedad Libre Aprox. (%)
Grava y gravilla	0,5 – 2
Arena húmeda	1 – 4
Arena muy Húmeda	5 - 12

2.5.3.- Agua.

El agua potable de la red puede emplearse en el hormigón siempre que no se contamine antes de su uso.

Cuando las aguas provengan de pozos o de canales conviene analizarlas sistemáticamente para comprobar que no aumenta su salinidad e impurezas a lo largo del tiempo. Si hay dudas

sobre la calidad del agua, debe recurrirse a un laboratorio especializado, que hará los ensayos necesarios para verificar el cumplimiento de la norma NCh 1498.

2.5.4.- Aditivos.

Los aditivos son sustancias que pueden agregarse al hormigón con el fin de modificar alguna de sus propiedades o conferirle otras características, como por ejemplo, aumentar su docilidad, reducir el agua de amasado, incorporar aire, modificar los tiempos de fraguado, conferir impermeabilidad, etc.

Si los aditivos son componentes eventuales del hormigón, existen ciertas condiciones o tipos de obras que los hacen indispensables. Aunque parezca obvio, el uso de aditivos estará condicionado a:

- Que el producto no tenga efectos negativos en otras propiedades del hormigón.
- Que un análisis de costo justifique su empleo.

En la tabla siguiente se señalan los principales aditivos, sus dosis, las propiedades que confieren al hormigón, las aplicaciones recomendadas y las limitaciones en su empleo. En todo caso, siempre se deben respetar las indicaciones de los fabricantes de aditivos.

En la prefabricación los aditivos más empleados son los aceleradores y eventualmente impermeabilizantes.

Los incorporadores de aire se utilizan en elementos que estarán expuestos a la acción del hielo y deshielo.

Tabla 10
Principales Aditivos

Aditivos y Dosis Usual	Propiedad que Confiere al Hormigón	Aplicaciones Recomendadas	Limitaciones
a) Incorporadores de aire 0,03% a 0,10% del peso del cemento	Incorpora microburbujas de aire al hormigón, produciendo: <ul style="list-style-type: none"> ➔ Resistencia al hielo-deshielo. ➔ Mayor docilidad. ➔ Menor permeabilidad. ➔ Eventual menor exudación. 	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Obras sometidas a efectos de hielo y nieve (ciclos hielo-deshielo). ➔ Pavimentos. ➔ Protección contra agentes químicos. 	➔ Menor resistencia mecánica.
b) Plastificante o reductor de agua 0,1% a 0,4% del peso del cemento	Mejora la lubricación entre partículas, obteniéndose: <ul style="list-style-type: none"> ➔ Mayor docilidad. ➔ Menor cantidad de agua para determinada docilidad. ➔ Mayor facilidad de colocación y compactación. 	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Hormigones bombeados y premezclados. ➔ Hormigonado de elementos estrechos o prefabricados. ➔ Hormigones de alta resistencia. 	➔ Evitar sobredosis de aditivo por eventual efecto retardador del fraguado.
c) Acelerador de fraguado Dosis depende de concentración del producto. (Consultar fabricante)	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Aumenta las resistencias iniciales, especialmente a 1,3 y 7 días. 	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Hormigonado en tiempo frío. ➔ Hormigones para prefabricados. ➔ Reducción de plazo de desmolde. ➔ Reparaciones. 	➔ Usualmente contienen productos que pueden favorecer la corrosión de armaduras. La dosis debe limitarse en hormigones armados.
d) Impermeabilizante 0,5% a 4% del peso del cemento	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Disminuye la absorción de humedad. ➔ Aumenta la impermeabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ➔ Hormigones impermeables. ➔ Estanques de hormigón. ➔ Estucos. 	➔ La utilización de impermeabilizante necesariamente debe complementarse con una buena dosificación, compactación y curado.

2.6.- Dosificación del Hormigón.

Dosificar consiste en determinar las proporciones de cemento, agua, arena y ripio que hay que mezclar para obtener el hormigón con la trabajabilidad y resistencia deseadas.

Es habitual calcular estas cantidades para obtener 1 m³, es decir, 1.000 litros de hormigón fresco; luego se reducen proporcionalmente para 1 saco de cemento, que es la medida práctica para medir y preparar en cada amasada.

Existen diversos métodos para dosificar, basados en las características de los áridos (densidades, granulometrías) y en los requisitos del hormigón (trabajabilidad, resistencia).

La dosificación puede ser solicitada a los laboratorios especializados junto con los ensayos de los áridos.

En esta tesis no se tratarán en forma detallada los procedimientos teóricos y prácticos de dosificación, sino más bien los conocimientos básicos para poder efectuar una dosificación en la planta con algunos elementos simples, para llegar a resultados bastante exactos después de uno o dos ajustes.

2.6.1.- Método de Dosificación por Máxima Densidad.

El método está basado en obtener la mayor densidad posible (máxima compacidad), lo que se traducirá en las mejores resistencias con los materiales disponibles.

La dosis de cemento y la cantidad de agua dependen de la docilidad, resistencia, o impermeabilidad requeridas.

Dosis de Cemento: En la Tabla 15 se indica la dosis de cemento recomendada para los distintos elementos prefabricados, la que deberá ser ajustada de acuerdo a los resultados obtenidos en los ensayos posteriores.

Cantidad de Agua: En prefabricación se emplean generalmente mezclas secas, compactadas con gran energía, para permitir un desmolde inmediato.

El contenido de agua se expresa frecuentemente como relación agua/cemento (en peso), siendo habitual en estos casos trabajar con relaciones bajas, en rangos de 0,3 a 0,4.

Con cada mezcla se llena el tarro de volumen conocido en 3 capas compactadas con un pisón, se enrasa y luego se pesa, anotando el resultado. Se calcula la densidad aparente en cada mezcla.

$$d_a = \frac{\text{Peso}}{\text{Volumen}} \quad \text{kg/litro}$$

Se elige la mezcla de mayor densidad, siempre que no presente un aspecto excesivamente ripioso o arenoso, en ese caso se hace otra mezcla con proporciones intermedias.

Se determinan las cantidades de arena y grava por m^3 , multiplicando la cantidad total de áridos por metro cúbico por el porcentaje correspondiente.

$$\text{Peso arena} = \text{Peso total árido} * \% \text{ de arena: } 100$$

$$\text{Peso grava} = \text{Peso total árido} * \% \text{ de grava: } 100$$

La dosificación determinada por m^3 estará dada por:

Cemento kg.

Agua lt.

Arena kg.

(Gravilla) kg.

Grava kg.

Se reduce la dosificación para 1 saco de cemento:

$$\frac{\text{Peso de Cemento}}{42,5} = n ; \quad (n = \text{número de amasadas de 1 saco para obtener } 1 \text{ m}^3)$$

$$(42,5 = \text{peso de 1 saco de cemento})$$

Se divide el resto de los componentes por n

Ejemplo:

Dosis de cemento elegida (Tabla 14) = 340 kg/m³

Razón agua-cemento (tentativa) = 0,37

Cantidad de agua = 340 x 0,37 = 126 litros (126 kilos)

Cantidad de áridos (arena + grava)

Peso áridos = peso hormigón - peso cemento - peso agua = 2.400 - 340 - 126 = 1934 kilos

Si por ejemplo se determinó que la mayor densidad se obtiene con 55% de grava y 45% de arena.

Arena = 1.934 x 0,45 = 870 kg

Grava = 1.934 x 0,55 = 1.064 kg

Determinación de n:

Dosis de cemento = 340 = 8

Peso 1 saco = 42,5

Dosificación resultante

	Por m ³	Por saco de cemento
Cemento	340 kg	: 8 = 42,5 = 1 saco
Agua	126 lt	: 8 = 15,75 = 16 litros
Arena	870 kg	: 8 = 108,75 = 109 kilos
Grava	1.064 kg	: 8 = 133 = 133 kilos

2.6.1.1.- Comprobación.

- Se confecciona una mezcla de hormigón correspondiente a 1 saco de cemento.
- Se observa el aspecto y docilidad: en caso necesario se ajusta la cantidad de agua y la proporción de arena-grava.

- Se controla el rendimiento llenando un cajón de 60 x 60 x 50 cm, compactando el hormigón por capas.
- Se determina el volumen de hormigón en el cajón, el que debe corresponder al volumen estimado de la amasada.

En el caso del ejemplo:

$$\frac{1000\text{lt} (1 \text{ m}^3)}{8} = 125 \text{ litros de hormigón}$$

- En la Tabla 12 se indican los volúmenes de hormigón que se deben obtener por saco de cemento para distintas dosificaciones, las alturas correspondientes en el cajón y la diferencia aceptable en la altura.

Tabla 12

Control de Rendimiento: Volumen de Hormigón por Saco de Cemento

Dosis de Cemento kg/m³	Volumen de Hormigón por saco (litros)	Altura en Cajón 60 x 60 cm	Diferencia Aceptable cm
250	170	47,2	1,5
270	157	43,6	1,5
300	142	39,4	1,0
320	133	37,0	1,0
340	125	34,7	1,0
360	118	32,8	1,0
380	112	31,1	1,0

Luego de vaciar toda la amasada en el cajón, apisonar el hormigón y emparejar la superficie, se determina la altura promedio de hormigón.

La dosificación está correcta si la diferencia entre la altura real y la teórica no supera los valores de la tabla.

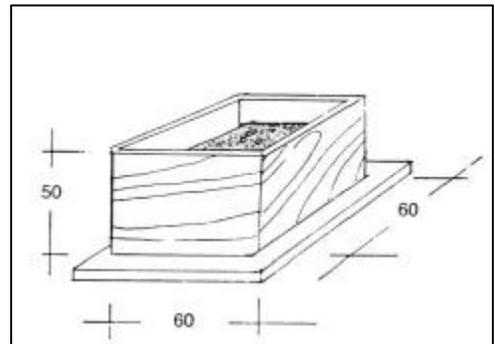


Fig.12 Cajón para el control de rendimiento

Finalmente, conociendo la granulometría de los áridos y la proporción de mezcla, se calcula la granulometría del árido combinado y se verifica si cumple con la banda recomendada para el tamaño máximo respectivo.

La nueva composición granulométrica se calcula multiplicando el porcentaje de material que pasa por cada tamiz, por la proporción determinada para cada árido y haciendo la suma horizontal.

Si se traza la curva resultante en el gráfico de la Fig. 11, y se compara con las bandas indicadas, se puede apreciar que la granulometría obtenida se encuentra dentro de la zona recomendada.

2.6.1.2.- Corrección de la Dosificación

Ajuste de la proporción arena / ripio.

Pueden ocurrir eventualmente los dos casos siguientes:

- Hormigón con Aspecto Arenoso (exceso de arena): Disminuir la arena en 5 a 10 kilos y aumentar el ripio en igual cantidad (se puede repetir la operación).
- Hormigón con Aspecto Ripioso (exceso de ripio): Disminuir el ripio en 5 a 10 kilos y aumentar la arena en igual cantidad (se puede repetir la operación)

Medida de rendimiento no equivale a lo deseado.

- Exceso de volumen, por ejemplo, 15 litros por metro cúbico de exceso: Disminuir en 25 kilos la arena y en 25 kilos de grava)

Repetir la comprobación del rendimiento

- Falta de volumen, por ejemplo, 20 litros por metro cúbico de hormigón: Aumentar en 33 kilos la grava

Repetir la comprobación del rendimiento

Tabla 13

Ejemplo de cálculo de la granulometría del árido combinado.

Tamiz mm	Arena proporc. de mezcla 45%	Grava proporc. de mezcla 55%	Árido Combinado
25	$100 \times 0,45 = 45$	$100 \times 0,55 = 55$	100
20	$100 \times 0,45 = 45$	$81 \times 0,55 = 45$	90
10	$100 \times 0,45 = 45$	$42 \times 0,55 = 23$	68
5	$96 \times 0,45 = 43$	$15 \times 0,55 = 8$	51
2,5	$85 \times 0,45 = 38$		38
1,25	$60 \times 0,45 = 27$		27
0,63	$38 \times 0,45 = 17$		17
0,315	$17 \times 0,45 = 8$		8
0,160	$5 \times 0,45 = 2$		2

2.7.- Proceso de Fabricación.

Una vez determinada la dosificación a emplear, se preparan las mezclas de prueba para efectuar las correcciones que sean necesarias de acuerdo a lo indicado en los puntos 2.6.1.1. y 2.6.1.2.; la cantidad de agua se ajusta de modo de obtener la docilidad requerida para cada tipo de producto a fabricar (ver Tablas 14 y 15), la que se mide por medio del ensayo de asentamiento de cono de Abrams.

La cantidad de agua se debe corregir periódicamente durante el proceso de producción, debido a los contenidos variables de humedad que pueden presentar los áridos, de modo de mantener una docilidad constante.

En las tablas siguientes se definen algunas docilidades y dosis de cemento en relación con las aplicaciones en la prefabricación y elementos de compactación necesarios (Tabla 14 y 15).

Como se ha mencionado, en la prefabricación se utilizan generalmente hormigones de consistencia seca a plástica.

Los hormigones de consistencia semi-fluida y fluida pueden dar lugar a segregaciones y/o baja resistencia, a menos de realizar un diseño cuidadoso y emplear aditivos especiales (plastificantes o fluidificantes).

Los elementos fabricados con hormigones de consistencia plástica a fluida no pueden ser desmoldados, sino después que éste ha comenzado a fraguar y presente una resistencia suficiente.

Tabla 14
Docilidad del Hormigón

Denominación	Asentamiento de Cono (cm)	Observaciones
Secas o muy duras	0	Mezclas ásperas, poco cohesivas al apretarlas, difíciles de compactar.
Duras o semi-secas	< 2,5	Ligera plasticidad, presentan alguna cohesión, duras para colocar y compactar.
Plásticas	3 – 6	Mezcla cohesiva y plástica, escurre sin segregarse, se compacta fácilmente con vibrador.
Blandas	7 – 10	Mezcla cohesiva y blanda, escurre con facilidad, se compacta con facilidad.
Semi-fluidas	11 – 16	Escurre y se amolda con gran facilidad. Requiere diseño cuidadoso para evitar segregación.
Fluidas	> 17	Hormigón autonivelante se compacta fácilmente con medios manuales.

Tabla 15

Docilidad, Dosis de Cemento y Método de Compactación para Distintos Elementos Prefabricados

Producto	Asentamiento de Cono (cm)	Dosis de cemento recomendada (kg/m³)*	Método de compactación
Adoquines	0	320 a 370	Vibración, vibro-compresión.
Baldosas	0	380	Compresión, micro vibración.
Bloques	0	200 a 250 250 a 300	Compresión, vibración, vibro-compresión. Compactación en máquinas manuales.
Cámaras: cuerpo	0	340 o más	(ver tubos)
losas	0 - 2	300 o más	Mesa vibradora.
Pastelones	0 - 2	250 a 300	Mesa vibradora.
Placas y postes para cierros	0 - 2	270 o más	Mesa vibradora.
Postes de hormigón armado	6 ± 2	320 a 360	Mesa vibradora, vibrador de inmersión, vibrador de encofrado.
Soleras	0 - 2	270 a 300	Mesa vibradora, vibrador de encofrado.
Tejas	2 - 4	360	Baja compresión, vibración.
Tubos	0	380 o más 320 a 360 280 a 320	Pisones manuales, Pisones mecánicos, Vibro-compresión.

(*) La dosis recomendada es para cementos corrientes; en caso de emplear cemento de alta resistencia se podría reducir la dosis, siempre que se cumplan los requisitos de calidad.

2.7.1.- Medición de Componentes.

La característica más relevante de los prefabricados debe ser su uniformidad, la que se logra manteniendo constante todo el proceso productivo. Uno de los principales aspectos que debe cuidarse es la medición de los materiales componentes.

La cantidad de material a preparar no debe exceder al que se puede colocar antes del comienzo del fraguado. En forma estimativa, se puede considerar un período de 1 hora para cemento grado alta resistencia y 1 ½ hora para cemento grado corriente. Dicho volumen se calcula de acuerdo al número y dimensiones de los moldes con que se cuenta y a la capacidad de colocación del hormigón.

Se debe tener especial cuidado de no emplear hormigón cuyo fragüe ya haya comenzado. A este respecto es importante considerar las posibles interrupciones del trabajo. En ningún caso se debe adicionar agua extra para “ablandar” un hormigón que ha perdido docilidad o ha comenzado a fraguar.

2.7.1.1.- Dosificación en Peso.

Este procedimiento se debe preferir porque otorga mayor precisión que al hacerlo en volumen; se aplica comúnmente en las grandes instalaciones que cuentan con plantas dosificadoras, sin embargo, puede ser también aplicado en instalaciones pequeñas.

Para ello basta disponer de una romana de 200 kg de capacidad (de preferencia una para cada árido).

La romana se instala a nivel del terreno para permitir un fácil acceso a las carretillas cargadas; se tara previamente con el peso de la carretilla o el cajón más el peso requerido de arena o grava. La carretilla o cajón cargado se pesa y se agrega o quita material hasta ajustar la cantidad al peso establecido.

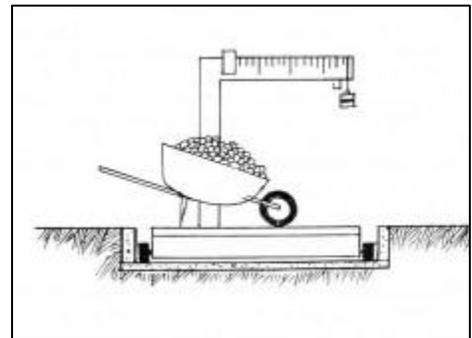


Fig.13 Romana para dosificación de peso

El cemento se dosifica por sacos completos de 42,5 kg o en básculas especiales cuando se compra a granel y se almacena en silos. Las básculas o romanas deben controlarse periódicamente para evitar errores.

2.7.1.2.- Dosificación en Volumen.

Cuando haya que dosificar en volumen es necesario tomar precauciones especiales para asegurar que se cumpla la dosificación original, comprobando el esponjamiento de la arena y la cantidad de agua contenida en los áridos.

Para los áridos se recomienda emplear carretillas dosificadoras, o bien, confeccionar cajones dosificadores que tengan señaladas las medidas establecidas en el cálculo. En cuanto al cemento, emplear sacos completos de 42,5 kg.

2.7.2.- Mezclado.

El mezclado a mano no se debe utilizar en la prefabricación por la irregularidad de las mezclas que se obtienen y su baja productividad, por lo tanto, es necesario disponer de hormigoneras de acuerdo a lo indicado en 2.4.1.2.

Para cargar la hormigonera es aconsejable el siguiente orden: primero, $\frac{3}{4}$ partes de agua; luego, el material más grueso, toda la arena, el cemento y el resto de agua.

El tiempo de mezclado mínimo debe ser de 45 a 60 segundos en hormigoneras de eje vertical; de 1 a 1 $\frac{1}{2}$ minutos en las de eje horizontal y de 1 $\frac{1}{2}$ a 2 minutos en las de eje inclinado. No obstante lo anterior, se recomienda efectuar pruebas de homogeneidad para determinar el tiempo necesario en cada hormigonera en particular. Exceder mucho los tiempos indicados puede producir segregación.

El hormigón se debe utilizar en un plazo no superior a 1 ó 1 $\frac{1}{2}$ hora después de fabricado, según se utilice cemento de alta resistencia o corriente; durante este período debe ser protegido del sol, del viento y de la lluvia.

2.7.3.- Colocación y Compactación.

Aunque eventualmente la compactación puede hacerse en forma manual, con pisonos metálicos, este procedimiento no es recomendable por su falta de uniformidad.

La compactación con vibradores permite emplear hormigones más secos para obtener resistencias más altas, mejorando también el aspecto y textura de los productos elaborados.

Las mezclas muy duras se compactan mejor por vibro-compresión, llenando primero los moldes y aplicando la vibración y la compresión en la parte superior en forma simultánea.

En los sistemas que utilizan pisonos se va llenando por capas de espesor relativamente reducido, las que se van compactando energicamente.

2.7.3.1.- Mesas Vibradoras.

Si se fabrican elementos delgados, el molde deberá estar completamente lleno antes de iniciar la vibración; si el espesor excede de 30 cm, la compactación se hace en dos o más capas uniformes, considerando que mientras menor sea la razón agua-cemento, más reducido deberá ser el espesor del vaciado.

2.7.3.2.- Vibradores de Inmersión.

Para elementos de dimensiones mayores, los moldes se deben llenar en forma continua y no por montones intermitentes. Para esto, se debe adecuar el sistema de vaciado – capacho, canoa u otro sistema desplazable – de modo que permitan vaciar una capa de espesor uniforme, compactarla, vaciar la capa siguiente y así sucesivamente. El espesor de las capas debe ser 25 a 40 cm según el tamaño de las cabezas del vibrador. Este se sumerge verticalmente a distancias regulares (se recomienda 1,5 veces su radio de acción, característica que depende de cada equipo), y se retira lentamente a medida que se va completando la compactación de cada punto; en general se debe vibrar hasta que aparezca una pequeña capa de lechada en la superficie.

2.7.3.3.- Vibradores de Encofrados.

La distancia entre los vibradores de encofrado se debe determinar según su potencia, rigidez del moldaje y docilidad del hormigón de modo de asegurar una vibración adecuada de toda el área deseada. Dichos vibradores se montan sobre la estructura del molde o sobre un travesaño, para producir un efecto uniforme. No se deben aplicar directamente sobre los tableros ya que pueden provocar una vibración local que los deforme.

Inicialmente y a falta de experiencia práctica, se recomienda ubicar los vibradores a distancias entre 1 y 2 m, comprobado su efecto con la mano o con instrumentos (tacómetro, vibrógrafo) o bien, haciendo piezas de prueba. Se determinan las zonas de baja vibración y los “puntos muertos” y se reubican los vibradores a distancias más adecuadas.

El espesor de cada capa de hormigón debe ser de 25 a 40 cm, las que se deben vibrar por separado antes de vaciar la siguiente. El tiempo de vibrado es mayor que para vibrado interno, generalmente no inferior a 2 minutos.

2.7.4.- Curado.

Este proceso es fundamental y de tanta relevancia como la dosificación o la fabricación misma. Para obtener un buen producto, en prefabricación el curado se realiza por alguno de los siguientes medios: curado húmedo, con membranas impermeables, al vapor a presión atmosférica y al vapor en autoclave.

Para el curado, y también previo a éste, es necesario contar con espacios cerrados para proteger el hormigón fresco de las condiciones ambientales, especialmente viento y calor.

2.7.4.1.- Curado Húmedo.

Los elementos recién desmoldados se deben conservar en ambiente húmedo, de preferencia con temperaturas superiores a 15 °C, protegidos del sol y del viento. En cuanto su consistencia lo permita, se riegan en forma abundante y constante. El riego se debe mantener a lo menos durante siete días.

Después del curado húmedo, los elementos prefabricados se deben mantener al ambiente, protegidos de la lluvia para que se sequen. Se pueden emplear en un plazo de 2 a 3 semanas después de su fabricación.

2.7.4.2.- Curado con Membranas Impermeables.

También da buenos resultados cubrir los elementos con membranas que eviten la pérdida de agua por evaporación. Se utilizan generalmente láminas de polietileno, las que se colocan inmediatamente después del moldeo. En algunos casos en que los elementos se almacenan a la intemperie, las láminas de polietileno de colores opacos resultan convenientes, ya que producen una mayor absorción de radiación solar. Esto permite aumentar la temperatura en algunos grados, lo que se traduce en una mayor velocidad de fraguado.

2.7.4.3.- Curado al Vapor a Presión Atmosférica.

El curado a vapor a presión ambiente permite acelerar el fraguado y normalmente tiene una duración del orden de 24 horas. Sin embargo, para obtener una buena estabilización a través de un secado paulatino, es conveniente mantener las piezas en cancha por lo menos unos 10 días adicionales. Esto es especialmente recomendable en piezas de gran dimensión y en los bloques huecos.

2.7.4.4.- Curado en Autoclave (Vapor a Presión).

En los procesos de alta tecnología de fabricación es frecuente que se recurra a sistemas de curado con temperatura para acelerar el endurecimiento, lograr un mejor aprovechamiento de las instalaciones (moldes, banco de pretensado, etc.), y una mayor productividad. Para esto, se deben instalar cámaras de curado con vapor a presión.

El curado con vapor a presión se hace en autoclaves de gran tamaño. Por ejemplo, los que se emplean en el caso de bloques de albañilería tienen una capacidad entre 1.200 a 1.500 unidades.

La presión varía entre 7 y 11 atmósferas, con una temperatura en el rango de 164 °C a 183 °C. En estas condiciones el tiempo de curado es de 8 a 10 horas.

Entre la elaboración de las piezas y su entrada a la autoclave debe mediar un período de 4 a 6 horas. Después de sacarlas, debe darse un tiempo suficiente para producir un enfriamiento lento, que evite choque térmico.

En cualquiera de estos casos es necesario disponer de una sala de caldera con una o más unidades que permitan producir la cantidad de vapor requerido. En la Fig. 14 se grafican los efectos de la temperatura sobre el endurecimiento del hormigón. Se observa

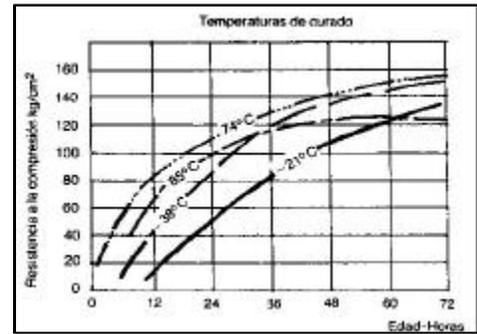


Fig.14 Gráfico de Temperatura de Curado del Hormigón

que las altas temperaturas favorecen la elevación

resistencias en las primeras horas, pero pueden resultar contraproducentes en las resistencias a edades más avanzadas. Por esto es conveniente determinar experimentalmente la temperatura y el ciclo de elevación más adecuado.

La Fig. 15 corresponde a un caso particular y se cita a modo de ejemplo: en ella se observa que una aplicación de vapor de 6 horas permite mantener la temperatura del hormigón sobre 70 °C durante 14

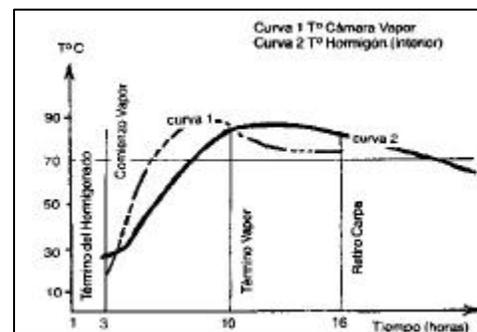


Fig.15 Gráfico Ejemplo de una Aplicación de Vapor

horas, enfriándose lentamente después de terminado el proceso. Las resistencias obtenidas en las primeras

edades pueden ser equivalentes a las de varios días de curado en condiciones de ambiente.

2.8.- Instalaciones para la Prefabricación.

Existen instalaciones fijas o permanentes y móviles o a pie de obra. La utilización de una u otra depende del objetivo específico, condiciones de mercado, condiciones de desarrollo local y nacional, distancias de transporte, etc.

Generalmente la instalación móvil está destinada a la producción limitada para las necesidades de un determinado proyecto u obra. La instalación fija supone la venta a clientes diversos, una mayor gama de productos, adaptación para satisfacer las exigencias del mercado y principalmente, permanencia en el tiempo. En este último caso, es necesario contar con algunas instalaciones que permitan trabajar en cualquier época del año, y se requiere mayor grado de mecanización y equipamiento – como cámaras de curado, laboratorio, etc. – todo lo cual se puede ir implementando a medida que la industria se va desarrollando. Para evitar un costo adicional por transporte de las piezas hasta el lugar de las obras, es necesaria una elección cuidadosa de la ubicación, en lo posible cercana a los centros de mayor consumo potencial.

Las plantas de prefabricación se deben organizar en áreas bien diferenciadas para las distintas actividades, pero que a su vez, permitan un flujo fácil y expedito de las partes o componentes, y un mínimo de movimientos y transporte interno. En general se distinguen las siguientes áreas.

2.8.1.- Almacenamiento de Materias Primas.

Como concepto general, el almacenamiento de materias primas, se debe hacer en áreas de acceso expedito para camiones.

2.8.1.1.- Cemento: se almacenará en bodegas ventiladas según las prácticas habituales recomendadas o en silos cuando se disponga de plantas de dosificación en peso.

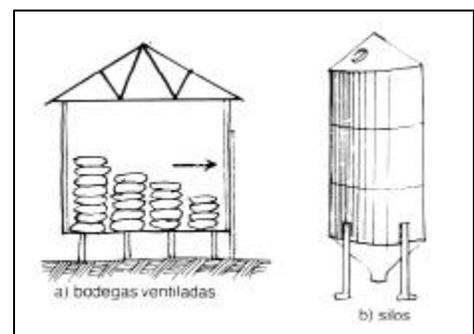


Fig. 16 Almacenamiento de Cemento

2.8.1.2.- Áridos: canchas adecuadas sobre terreno firme, para evitar contaminación; los distintos acopios deben estar separados entre sí mediante tablaestacas o muros de hormigón. La instalación de los acopios bajo techo presenta ventajas en cuanto al control del contenido de humedad.

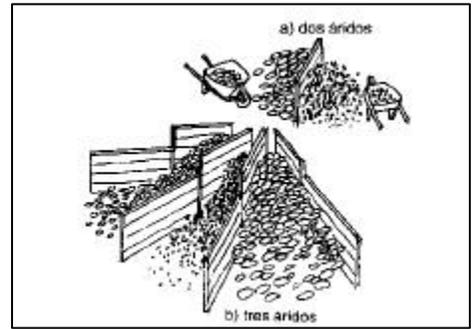


Fig.17 Almacenamiento de Áridos

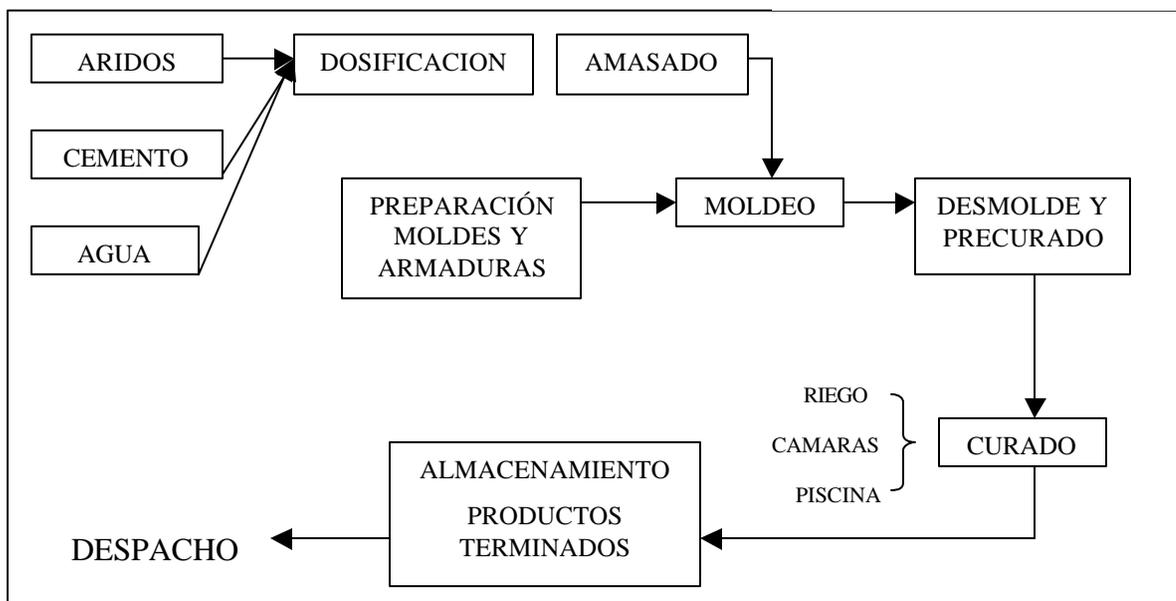
2.8.1.3.- Agua: se debe utilizar de preferencia el agua de la red, aunque en algunos casos se requiere de estanques de almacenamiento.

2.8.1.4.- Aditivos: se deben almacenar bajo techo en sus envases de origen, convenientemente individualizados.

2.8.1.5.- Armaduras: en lo posible, se deben almacenar bajo techo en estantes convenientemente separados e individualizados según las diferentes secciones y calidades de acero que se utilicen.

Para evitar contaminación y oxidación de las armaduras no se deben almacenar en contacto directo con el suelo ni en lugares que puedan recibir derrames de aceites, desmoldantes u otras materias extrañas.

Fig. 18 Diagrama de Producción



2.9.- Confección del Hormigón.

Debe estar ubicada próxima a los almacenamientos de materiales, especialmente cemento y áridos. Además, es recomendable que se sitúe lo más cerca posible del o los lugares de colocación (moldeo), para evitar el traslado excesivo del hormigón. Lo anterior hace necesario proyectar la ubicación de las distintas zonas como un conjunto adecuado a la secuencia de fabricación. (Fig. 18)

La hormigonera con su respectivo sistema de dosificación se sitúa en el centro de un semi-círculo, al que convergen los distintos áridos separados radialmente.

2.10.- Preparación de Moldes.

Cuando la planta esté destinada a la fabricación de elementos pequeños, la preparación de los moldes se debe hacer a un costado de la cancha de hormigonado para permitir su traslado a mano.

Cuando se confeccionan piezas mayores, la zona de preparación de moldes debe estar en un extremo o al costado de la cancha, dependiendo de los elementos de elevación o transporte de que se disponga. Esta zona debe estar cubierta, tanto para una buena mantención de los moldes y sus accesorios como también para permitir el trabajo en tiempo de lluvias. Por las mismas razones es recomendable que esta superficie se encuentre pavimentada (radier de hormigón).

2.11.- Preparación de Enfierraduras.

Como en el caso anterior, este sector debe ser cubierto y de preferencia pavimentado, para facilitar el trabajo, proteger las armaduras y herramientas en toda época.

2.11.1.- Moldeo.

La amplitud y distribución del área de moldeo puede diferir según el tipo y tamaño de los elementos a fabricar y la tecnología de producción.

Cuando se utilicen mesas vibradoras o máquinas especiales como vibro-compresores, ponedoras, etc., la faena se concentra en torno a estos equipos; en cambio, si se utilizan vibradores de encofrado o de inmersión, se ocupa un área mayor, dependiendo de la cantidad de moldes disponibles y piezas a fabricar en forma simultánea.

2.11.2.- Curado.

El curado se realiza en canchas techadas, sin sol ni viento. La zona de curado deberá estar lo más cercana posible al lugar del moldeo para evitar el movimiento excesivo de las piezas frescas.

En muchos casos se realiza un “precurado” – generalmente de 24 horas – en el mismo sitio de fabricación o al lado. Las piezas se trasladan a la zona de “curado” cuando han adquirido una resistencia suficiente.

En zonas secas o muy calurosas se deben acentuar las medidas de protección; en climas fríos o con nieve o helada, la zona de curado debe estar convenientemente aislada, y en casos extremos, contar con calefacción ambiental.

2.11.3.- Aperchaje de los Elementos Prefabricados.

En la mayoría de los casos, la zona para almacenar las piezas después del curado puede ser a la intemperie. Sin embargo, en el caso de bloques, deberán apercharse con protecciones que aseguren que no se humedecerán. Conviene ubicarla a continuación de la cancha de hormigón o de la zona de curado para facilitar el traslado de las piezas.

El terreno debe estar nivelado para permitir un apoyo uniforme de las piezas evitando deformaciones o agrietamiento. Sin embargo, en general es conveniente depositarlas sobre elementos de madera para distribuir las cargas. El patio de almacenamiento debe tener acceso para los camiones.

CAPITULO III.- CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO.

3.1.- Factores que Influyen al Considerar la Prefabricación.

Existen dos razones principales para llegar a decidirse por la prefabricación:

- Factibilidad de Obra:

Hay muchos casos, en los que la construcción en sitio, no es posible o presenta grandes dificultades, ya sea por el lugar donde se emplaza, factores climáticos, plazos de construcción extremadamente cortos o por razones de financiamiento de las obras.

- Economía de Construcción:

La ventaja económica es más difícil de establecer, para lograrlo hay que calcular los costos de las dos alternativas: construcción en sitio y construcción prefabricada.

Para tener una visión global y cualitativa, se presenta la composición del costo de ambas soluciones.

Tabla 16

Construcción en Sitio

Costos	Alzaprimado	* Definen
Accesorios	Moldaje	* El Plazo
	Enfierradura	
	Hormigonado	
	Fraguado y endurecimiento	
	Terminaciones	

Tabla 17**Construcción Prefabricada**

Fabricación	Moldajes Enfierradura Hormigonado Fraguado y endurecimiento Almacenamiento	
	Transporte	
Construcción Por Montaje	Montaje Uniones	* Definen * El Plazo

En la construcción en sitio los alzaprimados y moldajes constituyen una parte importante del costo, tratándose de “costos accesorios” puesto que estos ítems no quedan formando parte directa de la obra. Además, definen el plazo de construcción, ya que junto con el tiempo necesario para que el hormigón adquiriera la resistencia suficiente para el descimbre constituyen las actividades predominantes en los ciclos de avance de la obra.

Los costos de enfierradura y hormigonado son inevitables ya que son los materiales constitutivos de la obra, o materiales incorporados. El costo de ejecución de estos ítems dependerá de la dificultad de colocación, medida por el nivel de altura y la distancia a que deben colocarse.

La cantidad de terminaciones dependerá de la calidad de los moldajes, de la categoría del trabajo de los carpinteros y del estudio del proyecto, para evitar los picados y correcciones de terreno.

En la construcción prefabricada, la fabricación misma es notablemente más económica que la ejecución de los mismos elementos en sitio, los costos de moldaje pueden llegar a ser insignificantes si se producen muchas piezas iguales, y se puede lograr además, un alto nivel

de calidad de los elemento sin aumentos significativos en los costos, con lo que las terminaciones en obra pueden disminuir hasta ser prácticamente mínimas.

A las ventajas económicas de la fabricación y de las menores terminaciones, se oponen los costos propios de la construcción por montaje, que no existe en la construcción en sitio y son:

- a. Mayor costo de transporte (diferencia entre el costo de transporte de las piezas completas, y el costo de transporte de los insumos separados).
- b. Costo de montaje o armado.
- c. Costo de uniones o conexiones.

Para lograr menores costos de fabricación lo principal es tener el mayor número de piezas iguales, en forma o en sección, de manera que puedan fabricarse en un mismo molde. Así se pueden tener moldes muy perfectos, de alto costo, asociados a una infraestructura y un método industrial de producción, que se amortizan en una gran cantidad de elementos fabricados, por lo que su incidencia en el costo puede resultar mínima.

Resumiendo, se puede decir que la prefabricación es más ventajosa en la medida que las dificultades prácticas de la construcción en sitio son mayores, puesto que la fabricación en sí es un método industrializado que se realiza en condiciones más o menos ideales. Las ventajas de la fabricación aumentan al máximo si el proyecto se oriente a utilizar una gran cantidad de elementos iguales o por lo menos de igual sección.

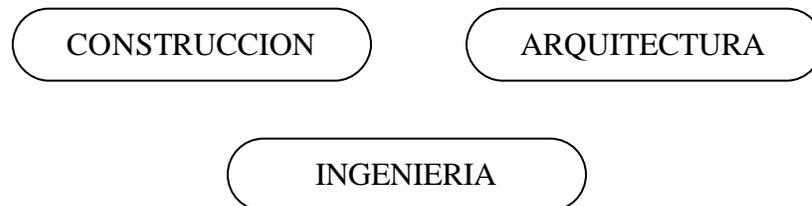
Además se tiene que considerar los costos indirectos, que son proporcionales al tiempo de construcción, como son los costos de supervisión, administración y financieros, que se verán reducidos en forma importante al disminuir el tiempo de construcción.

3.2.- Filosofía de Diseño.

La arquitectura de una obra que será prefabricada no puede concebirse sin imaginar, simultáneamente, el proceso de construcción en todas sus etapas y la factibilidad de lograr una estructura de soporte con una seguridad adecuada.

Construcción e ingeniería vienen a ser los soportes prácticos de la arquitectura, por lo que las condicionantes constructivas y estructurales retroalimentan el proceso de proyectar los espacios y las formas, y en sucesivos ciclos completos de simulación se produce la aproximación a una solución definitiva.

Se debe subrayar una y otra vez que la mayor eficiencia en el uso de la prefabricación se obtendrá cuando el proyecto desde su origen es abordado en forma integral, en sus tres grandes aspectos.



Si se ordenan las etapas siguiendo el criterio del arquitecto Oreste Depetris, quien opina que es la CONSTRUCCION la que establece las condiciones principales a las que debe ceñirse la ARQUITECTURA, y luego la INGENIERIA, esta última como una verificación de la seguridad de la estructura de soporte, y en ningún caso imponiéndose a los otros criterios.

De acuerdo con lo anterior se hace obvio deducir que el desarrollo interdisciplinario es obligatorio al momento de querer materializar cualquier obra de construcción.

3.2.1.- Desarrollo del Anteproyecto.

El anteproyecto tiene como punto de partida y objetivo final cumplir con las necesidades del usuario.

Este objetivo fundamental es el fin de todas las etapas del proyecto y la construcción. A pesar de lo obvio, a menudo es olvidado y se llega frecuentemente a la desviación de pensar cada etapa como principal y separada, perdiéndose el sentido del encadenamiento del trabajo y el valor solidario de cada una de sus partes.

Partiendo de las necesidades se van desarrollando los espacios, que en este caso deben estar pensados o definidos en una malla especial o una retícula espacial que permita el despiece de la estructura de soporte.

Si se puede mantener distancias fijas que se repitan entre las líneas de la malla o retícula, es decir “introducirse en una modulación”, se obtendrán elementos o piezas iguales, lo que según se ha visto aumenta las repeticiones y favorece la economía de todo el proceso.

El sistema constructivo debe ser visualizado de inmediato, para definir las piezas componentes, el método de montaje y la forma de unirlos.

Muchas veces convendrá introducir piezas estándar, fabricadas por el propio constructor o que puedan ser compradas en fábricas establecidas. En esta etapa, de fijación de la retícula, deberán introducirse las características dimensionales de estos elementos estándar para utilizarlos en forma natural y no forzada, aprovechando lo mejor posible los moldes e instalaciones existentes.

Una vez definidos los espacios, la malla o retícula espacial y el sistema constructivo, se va a la verificación estructural, con lo que se cumple un ciclo de anteproyecto. Estos ciclos deberán terminar con una etapa de estimación de costos, tiempos de construcción y determinación de las necesidades de equipos e infraestructura, que viene a ser un “anteproyecto de construcción”, de manera que el equipo proyectista siempre esté orientado respecto al resultado económico y práctico del proyecto que están desarrollando.

Desgraciadamente, en razón de la manera tradicional de realizar y contratar los proyectos, en compartimentos estancos, no se realiza esta etapa de los estudios de construcción y presupuesto en conjunto con el proyecto.

Inexplicablemente los propietarios o mandantes no piensan que es en el proyecto donde se están definiendo los resultados y los costos, y en la mayoría de los casos no están dispuestos a pagar un honorario que incluya el estudio completo, pensando que en la licitación de las obras es donde en definitiva se verá la parte económica.

Es evidente sin embargo, que para un proyecto definido, las diferencias de precios que pueden obtenerse entre varios constructores estarán dadas solamente por las diferentes eficiencias en manejar el trabajo, puesto que los materiales y los métodos serán prácticamente los mismos, lo que puede significar para condiciones normales solamente un pequeño margen entre las ofertas.

Es decir, como se explica, el costo de la obra queda definido principalmente en el proyecto.

Una posibilidad de obtener alternativas de soluciones distintas, que pueden tener ventajas económicas o prácticas, es la de aceptar variantes en la licitación. Esto es relativamente habitual, pero tiene la desventaja que en muchas oportunidades no se obtendrán las mejores soluciones, porque introducir prefabricación en un proyecto no enmallado espacialmente puede resultar caro y artificioso.

Por consiguiente, es recomendable que cada etapa del proyecto termine con una **REVISIÓN POR SIMULACIÓN**, es decir, se deberían reunir el usuario, el mandante o propietario, el arquitecto, el constructor y los ingenieros especialistas con una pauta establecida por el jefe del proyecto, que habitualmente es el arquitecto, y recorrer completamente la obra **SIMULANDO ESTAR TERMINADA**.

Esta secuencia de trabajo permitiría prever con anterioridad y en el papel, tanto los problemas de funcionamiento, como la encadenación entre las actividades componentes de un resultado, de manera por ejemplo, de colocar anticipadamente los anclajes o perforaciones de las futuras terminaciones, evitándose los tradicionales picados de hormigones y todo un

conjunto de trabajos de adaptación de la obra gruesa para poder ejecutar las instalaciones, la mecanización o las terminaciones.

Una vez efectuada la REVISIÓN, se toma la decisión de continuar a la próxima etapa o volver a repetir el ciclo de anteproyecto para cambiar o corregir, y volver a una nueva REVISIÓN, hasta que se apruebe la etapa y se continúe con el proyecto.

3.2.1.1.- Estructura.

Desde el punto de vista estructural, las construcciones prefabricadas son primero piezas o elementos independientes, después pasan a formar una estructura transitoria durante el montaje, que es habitualmente isostática hasta que se materializan las conexiones, para llegar finalmente a la estructura definitiva.

Cada etapa debe estudiarse por separado, e ir sumando aquellos esfuerzos que son acumulativos.

Al menos se tiene tres etapas:

- a. Estado de elementos o piezas independientes.
- b. Estado de montaje.
- c. Estado de servicio.

En la construcción en sitio, generalmente la estructura es desde su inicio la definitiva, y para sostener todas las cargas transitorias se construye una estructura auxiliar o alzaprimada, que se retira cuando el hormigón tiene ya la resistencia suficiente.

3.2.1.2.- Construcción.

Desde el punto de vista de la ejecución, la construcción por montaje obliga a un proyecto muy cuidadoso, en que todas las dimensiones deben calzar para hacer posible el armado de la estructura. Las secuencias son establecidas de antemano, lo mismo que el orden en la fabricación, el transporte, el almacenamiento y el montaje.

Una falla produce la detención de todo el proceso y una paralización completa de la obra, por lo que el proyecto debe resolver de antemano todos los detalles.

Las obras deben estar limpias para permitir los desplazamientos de los equipos y de las piezas, y como no se producen escombros, porque no se procesan materiales ni se hacen picados o correcciones en la obra, se mantienen limpias y ordenadas.

En la construcción en sitio se acostumbra a dejar muchos aspectos del proyecto para su solución en la misma obra, lo que se traduce en una imprevisión generalizada de las actividades que siguen a una actividad determinada, que conduce después a un sinnúmero de ajustes con demoliciones o reparaciones que se suman a las pérdidas naturales de un proceso artesanal poco racionalizado.

De esta manera la prefabricación tiene una ventaja adicional respecto a la mayoría de las obras en sitio, y que en los estudios de costo de escritorio no aparece reflejada, porque en los cálculos de costo de las obras en sitio se parte de la base que no ocurrirán problemas o imprevistos.

Sin embargo, la práctica, evaluada estadísticamente, indica que las pérdidas de materiales en las obras en sitio están entre un 15% y un 25%, las pérdidas de obra de mano entre un 40% y un 60%. De estos porcentajes hay una parte que es inevitable como en todos los procesos prácticos, pero puede pensarse razonablemente que la mitad puede corresponder a defectos del proyecto y de la administración de la obra.

Esto viene a significar que hay un margen importante para lograr economías ya sea por la industrialización del trabajo o logrando una mejor administración de los recursos, de manera de evitar estas pérdidas.

Como se ha dicho, la programación, el orden y la precisión en el proceso constructivo son obligados en la prefabricación, por lo que se obtiene una ventaja importante sólo por el concepto de minimizar las pérdidas que normalmente existen en la obra en sitio por el carácter improvisado que se les da.

3.2.1.3.- Proyecto Terminado.

El proyecto final, aprobado para construcción, debe estar perfectamente revisado en la parte coordinación entre las especialidades, debe contener los planos y especificaciones especiales para el prefabricado, que se indican a continuación.

- **Planos de Montaje:** Corresponde a las plantas que indican las posiciones definitivas que tendrán las piezas en el sitio. Como es un plano de armado para uso durante el montaje, las piezas pueden aparecer esquemáticamente, con indicación de sus ejes y rotuladas con sus claves de numeración.
- **Planos de Fabricación:** En planos separados deben estar las piezas prefabricadas con todos sus detalles de geometría, armadura e insertos, la clave de numeración que les corresponde y la cantidad de piezas iguales.

Es conveniente que estos planos sean de un formato más pequeño, 2 ó 3 oficios por ejemplo y que cada tipo de elemento tenga un plano u hoja de fabricación separada, que es más fácil de manejar y archivar en la fábrica.

Debe reservarse un espacio para la cubicación y especificación de materiales, esquema de ganchos o perforaciones para izaje y forma de apoyar las piezas en el almacenamiento.

- **Planos de Conexiones:** Los detalles de conexiones deben desarrollarse en escalas entre 1:1 y 1:5 como máximo según la complejidad o dimensión de las piezas.

Es muy importante considerar las dimensiones correctas de las armaduras, incluidos los resaltes si los tienen, para evitar que choquen con las barras de otras piezas y esto impida el montaje.

En algunos casos será conveniente desarrollar el estudio previo en maqueta de tamaño natural, en madera o cartón con las dimensiones reales de las armaduras, o con trozos de armadura idéntica a la que se utilizará en las piezas.

- **Planos de Movimiento:** En escala 1:200 a 1:500 se debe indicar los espacios de movimiento y almacenamiento de piezas en la obra. Ubicación y trayectoria de las grúas de montaje. Esta información es de gran importancia para mantener despejadas las zonas necesarias para el almacenamiento y montaje en obra.

CAPITULO IV. - DISEÑO PRACTICO.

En este capítulo se intenta entregar algunas ideas prácticas de cómo utilizar la técnica de la prefabricación en el proyecto del garaje.

Resumiendo lo expresado en el capítulo anterior, se llega a la idea de prefabricar, principalmente, cuando en el proyecto se presenta una de las siguientes causas:

- Cantidad Suficiente de Piezas Iguales.
- Dificultad de Construir las en Sitio.
- Plazo Reducido.

Una vez decidida la prefabricación se debe tratar de introducir en el proyecto las condiciones que permitan utilizar el método de trabajo que parece ser el más adecuado, para así aprovechar de la manera más eficiente los recursos que se tienen disponibles.

Cualquier sistema de trabajo que se elija y los equipos que se disponen para ejecutarlo definen límites y condiciones al proyecto en general, al igual que en las dimensiones y geometría de los elementos que deben ser considerados en la formación del proyecto.

Es decir, el proyecto no puede ser ajeno a los métodos de trabajo, ni a los equipos disponibles. De lo contrario, lo más probable es que resulte teórico, caro de realizar y en algunos casos impracticables.

4.1.- Tamaño y Peso de las Piezas.

Lo más importante es determinar los medios de que se dispone para mover las piezas. Los prefabricados de hormigón son habitualmente difíciles de mover, eficientemente, sin equipos

por su peso (hormigón normal: 2,5 Ton/m³), y considerando que el trabajo manual debiera tener como límite un peso máximo de 120 Kg. por unidad.

Los elementos prefabricados deben ser lo más grandes posible, dentro de las limitaciones de peso y tamaño, definidas por los equipos de que se dispone. De esta manera la fabricación, el montaje y las conexiones son más económicos porque resultan menos unidades para conformar el total del proyecto.

4.1.1.- Formas.

La forma de los elementos debe ser escogida teniendo presente cómo se van a fabricar. Así se podrá ejecutar un método de trabajo bien pensado de antemano, que generalmente condiciona la forma de las secciones y las dimensiones que se pueden escoger en el proyecto, la ubicación de ganchos, perforaciones de izaje, consolas de apoyo, etc.

Considerando las limitaciones que impone el método de fabricación seleccionado, hay que procurar después que las piezas tengan la menor cantidad posible de material, de manera de conseguir elementos más livianos y económicos. También se pueden dejar huecos en el interior de las piezas con moldes o materiales de relleno dentro del hormigón, o huecos continuos con moldes retirables, los que en general son más complicados.

Los métodos más usados para fabricar las piezas son:

- a) De plano sobre un radier o molde, individuales o en pilas, como una “torta mil hojas”
 - Restricción: Las secciones deben tener paralelas sus caras principales, las que quedan apoyadas entre sí.

- b) Moldes con laterales fijos de plancha de acero u hormigón, para piezas con secciones de lados inclinados.
 - Restricción: Los lados deben tener una pendiente mínima de 1/14, positiva o ensanchándose hacia arriba, para permitir la salida de la pieza del molde.

- c) Moldes con paredes desplazables o abatibles. Permiten prácticamente cualquier sección.
- d) Moldes de plancha de acero plegados, de una sola pieza, en que las paredes se abren aprovechando la elasticidad de la plancha.
 - Restricción: Permiten secciones rectangulares o cuadradas, pero las consolas o cambios de sección deben ser resueltas en sectores especiales del molde.
- e) Moldes continuos, que pueden tener laterales fijos o abatibles.
 - Restricción: Las piezas deben ser de igual sección en todo el largo, además de la restricción que corresponde en el caso de ser continuos fijos.
- f) Moldes deslizantes móviles.
 - Restricción: Las piezas deben ser de igual sección en todo el largo, además de la restricción que corresponde en el caso de ser continuos fijos.

4.2.- Selección del Sistema.

Se entiende como sistema al conjunto que incluye, solución arquitectónica, estructuración, despiece, método de fabricación, método de montaje y forma de ejecutar las uniones. Es decir, incluye arquitectura, estructuración y proceso constructivo integrados.

En esta etapa se debe elegir cómo se dividirá la estructura final en piezas componentes, e inversamente, cómo las piezas componentes se armarán para formar la estructura final.

El proceso mental es comparable al de aprovechar una grabación de video, en la que del resultado final se retrocede hacia el comienzo, desarmando la estructura en piezas que se transportan hacia la fabricación y luego se confeccionan según el método que se han seleccionado de acuerdo a los recursos de que se disponen.

Llegado al punto de partida se coloca la película en sentido normal y avanzando desde la fabricación al almacenamiento, transporte a obra, montaje, conexiones y obra terminada.

Este proceso imaginario de ida y vuelta debe ser repetido todas las veces que sea necesario hasta que la solución proyectada sea satisfactoria.

Los sistemas deben elegirse pensando que:

- Deben quedar resueltos todos los problemas una vez armada la estructura.
- Las uniones deben ser simples, seguras y de fácil inspección.
- La estructura formada debe tener estabilidad espacial y comportamiento dúctil.
- Todo lo que se gaste en la fabricación para evitar trabajos o terminaciones en la obra, es recuperado con creces. (siempre es más caro el trabajo en obra)

4.2.1.- Prefabricación en la Obra o en Planta.

La decisión de prefabricar en la misma obra, en una planta o fábrica estable dependerá principalmente del tamaño de la obra y de la complejidad del sistema seleccionado.

Las obras de gran envergadura justifican casi siempre la fabricación en el mismo lugar, incluso se puede justificar una instalación semi industrial en sitio, cuando las cantidades a producir son importantes.

Descendiendo en el tamaño de las obras, si se quiere prefabricar en la obra, las instalaciones que pueden justificarse en el mismo lugar son menores, por lo que conviene elegir métodos poco sofisticados, o más aún, métodos muy simples y que pueden desarrollarse con facilidad en cualquier lugar.

Para obras pequeñas convendrá comprar el prefabricado o llevarlo desde una instalación permanente propia.

En todo caso la factibilidad de llevar el prefabricado desde una planta dependerá del mayor costo de transporte.

Se puede concluir que:

- En obras medianas, el mayor costo de transporte del prefabricado definirá la conveniencia de fabricar en planta o en la obra. En caso de prefabricar en la misma obra deben escogerse métodos simples de trabajo.
- En obras pequeñas convendrá la fabricación en planta o comprar piezas estándar a una fábrica establecida.

En obras pequeñas se puede utilizar la prefabricación en el mismo lugar, solamente si se diseñan métodos de fabricación muy simples, y que no aumenten los costos de instalación. Puede ser el caso de fabricar vigas pequeñas de sobrecimientos o dinteles en proyectos de viviendas.

4.2.1.1.- Planificación Física de la Obra.

Una obra que se proyecta con prefabricados debe consultar los espacios para movimientos de los equipos de montaje, para almacenamiento y para la fabricación, si se piensa hacer en la misma obra.

A tal punto es importante este estudio que incluso puede resultar imposible, a veces, retirar los equipos o grúas una vez terminado el montaje, o en un grado menor encarecerse por exigir varias posiciones de grúas si no se respetan los radios de acción de los equipos de levante. Los espacios de la obra deben estar pensados para el movimiento de las piezas y los equipos de montaje.

4.3.- Ingeniería Estructural.

En la etapa de ingeniería estructural se debe distinguir:

- Estructuración y modelación.
- Cálculo de las estructuras.
- Dimensionamiento de las piezas.
- Diseño y dimensionamiento de las uniones.
- Ingeniería antisísmica.

4.3.1.- Estructuración y Modelación.

Se trata de establecer de que manera la estructura resistirá las cargas a que será sometida, para lo cual se definen elementos resistentes principales y secundarios.

Es una etapa conceptual, comprende el diseño de la estructura integralmente como conjunto, y debe ser resuelta como se ha explicado, en concordancia con las necesidades arquitectónicas o de funcionamiento, y las condiciones de los métodos de construcción.

Es la etapa más interesante del estudio estructural y en ella debe aportarse la experiencia y la creatividad.

A la definición de la estructura le sigue la de las piezas que la compondrán, dónde irán las conexiones y que tipo de funcionamiento se espera de ellas; continuidad, empotramiento, articulación o deslizamiento.

La representación esquemática de la estructura y como funcionarán en sus bordes y conexiones, es el modelo estructural.

En este esquema o modelo se aplican las cargas de diseño y se procede al cálculo, de él resultan los esfuerzos a que está sometida la estructura y a partir de donde se puede continuar con el dimensionamiento de las secciones de hormigón y acero en los puntos de mayor esfuerzo, y con el cálculo de las uniones.

4.3.2.- Cálculo de las Estructuras.

Como se ha explicado, en el prefabricado, se debe considerar tres estados de la estructura:

- Piezas Independientes.
- Montaje.
- Servicio.

Los estados de montaje y servicio pueden acumular esfuerzos en una misma sección lo que debe ser considerado.

Los métodos y normas que se usan en el hormigón armado son aplicables al prefabricado, por lo que en materia de normas específicas, ellas se refieren más bien a como deben tratarse las secciones, las conexiones o la interfase entre prefabricado y hormigón en sitio, que es lo que se llama piezas o secciones compuestas.

4.3.3.- Dimensionamiento de las Piezas.

Con los esfuerzos obtenidos del cálculo general de la estructura, se pasa al dimensionamiento del hormigón y el acero de las piezas prefabricadas.

Las secciones de las piezas prefabricadas pueden variar en la estructura definitiva por el agregado de hormigón armado en sitio, que forma elementos o secciones compuestas con las piezas prefabricadas.

Se define:

- Sección simple: la del elemento prefabricado, tal como se coloca en el montaje.
- Sección compuesta: la sección definitiva formada por la sección simple más el hormigón armado puesto en sitio u “hormigón armado colaborante”.

Habitualmente la sección simple soporta los esfuerzos de montaje, peso propio y peso muerto del hormigón armado colaborante, por lo que esta etapa de la estructura puede ser muy desfavorable ya que consumirá gran parte de la capacidad resistente de las piezas en su etapa provisoria.

Esta situación en ocasiones es inevitable, por la imposibilidad de colocar apoyos provisorios, como ocurre generalmente en los puentes, o es preferible en ocasiones desde el punto de vista constructivo, porque se evita el alzaprímado en obra.

En otros casos puede resultar conveniente el uso de alzaprímados provisorios ya que se pueden obtener significativas economías en acero de refuerzo.

Para pequeñas viguetas o losetas, es obligatorio el uso de alzaprímados, generalmente a una distancia máxima de 1,5 mt para resistir el peso propio y del hormigón fresco de la sobrelosa colaborante.

Cuando se colocan alzaprímados durante el estado de montaje, debe analizarse el efecto estructural en el trabajo de las piezas prefabricadas, ya que pueden producir un nuevo estado de cargas que debe ser considerado.

4.3.4.- Diseño y Dimensionamiento de las Uniones.

Las uniones son lo más característico e importante de las estructuras prefabricadas. Mediante ellas se pretende lograr el funcionamiento como un solo conjunto de las piezas, las que después de ejecutadas las conexiones pasan a formar parte de una sola estructura.

El funcionamiento de la conexión, en cuanto a la restricción que impondrá a los bordes o extremos de las piezas, está definido conceptualmente en el modelo estructural, y se debe conseguir que con el método seleccionado se logre efectivamente ese funcionamiento.

Desde el punto de vista del funcionamiento de las conexiones estas pueden ser:

- Simple apoyo.
- Empotramiento.
- Continuidad.

Considerando su materialización las uniones más utilizadas pueden clasificarse de la siguiente manera:

- Uniones de simple apoyo. Articuladas o deslizantes, combinadas con pernos o soldadura para fijar posición.
- Caja de empotramiento pilar-fundación.
- Uniones hormigonadas en sitio.
- Uniones postensadas.
- Uniones apernadas.
- Uniones soldadas.

En Chile parecen más aconsejables las uniones que garantizan la continuidad y el comportamiento dúctil de las estructuras al sismo, por lo que se recomiendan las uniones que conducen a una estructura final de funcionamiento similar o equivalente a la misma estructura construida monolíticamente en sitio.

Para asegurarse que las uniones no fallarán, antes que las piezas, es aconsejable incrementar los esfuerzos a transmitir por la unión en $1/3$, o lo que es equivalente, multiplicarlos por el factor 1,33.

Desde el punto de vista de su comportamiento, no se consideran aconsejables las uniones apernadas o soldadas para elementos principales en que la falla de una conexión significa el colapso de una parte de la estructura, en atención a que estas conexiones son de comportamiento frágil. En el caso de insistir en su utilización deben aumentarse los esfuerzos calculados en un factor de 2,67, el doble del factor sugerido para las conexiones dúctiles, y que se justifica como una corrección equivalente a aumentar el coeficiente sísmico propuesto de 0,15 a 0,4g.

4.3.4.1.- Aspectos Estructurales.

- a. Deben transmitir de manera segura las fuerzas, de acuerdo al modelo de cálculo.
- b. Se debe proyectar el comportamiento dúctil de la estructura. Se debe evitar la formación de rótulas plásticas en las uniones, las que deben producirse en las barras o elementos prefabricados. Es la justificación del factor de incremento de las fuerzas en las uniones (1,33 ó 2,67).

4.3.4.2.- Aspectos Constructivos.

- a. Facilidad y seguridad de montaje.
- b. Ejecución simple y controlable.
- c. Admitir tolerancias.
- d. Evitar moldes y terminaciones.

4.3.4.3.- Detalles de Cálculo.

- **Uniones Hormigonadas en Sitio.**

Se trata de anclar las barras de tracción y compresión de los prefabricados que se unen, en un nudo o sector hormigonado en sitio.

Las armaduras de cada elemento que llega al nudo deben estar confinado por estribos.

Las longitudes de anclaje dependen del tipo de esfuerzo, tracción o compresión, de la calidad del acero y del hormigón, de la posición de las barras en el elemento y si se usan ganchos.

De acuerdo a las recomendaciones que establece CAP (Compañía de Acero del Pacífico), en su catálogo técnico “BARRAS PARA HORMIGÓN”, se pueden usar largos de $50f$ para el acero con resaltes trabajando a la tracción y $30f$ para el acero con resaltes trabajando a la compresión.

Si se trata de acero u hormigones de alta resistencia se recomienda calcular específicamente la longitud de anclaje.

- **Secciones Compuestas.**

Es muy habitual formar secciones compuestas, se trabaja así con elementos prefabricados más pequeños para el transporte y montaje, que se completan con hormigón armado en sitio y se puede lograr una estructura continua, aprovechando de conectar las piezas prefabricadas colocando armaduras de continuidad a través del hormigón en sitio.

Las secciones de hormigón sobre vigas y losas, también denominadas losas colaborantes o sobrelosas armadas, son las más comunes. Con estas losas colaborantes armadas en sitio, se logra formar una sola losa o diafragma rígido de distribución, con losas prefabricadas que son elementos separados hasta el montaje.

4.3.4.4.- Requisitos de la Norma ACI 318.

Los miembros compuestos de hormigón sujetos a flexión consisten en elementos contruidos en lugares separados, pero que se ligan posteriormente, para responder a las cargas como una sola unidad.

Se debe verificar la resistencia al esfuerzo cortante vertical y horizontal.

- a. Cortante vertical: Cuando se suponga que el corte vertical va a ser resistido por todo el elemento compuesto, el diseño debe hacerse de acuerdo a los requisitos para un elemento hormigonado monolíticamente de la misma sección transversal.

El esfuerzo del alma debe anclarse completamente dentro de los componentes.

Se puede incluir una extensión y anclaje de refuerzo del alma como estribos para el cortante horizontal.

b. Cortante horizontal: En el miembro compuesto debe asegurarse la transmisión completa de las fuerzas cortantes en las superficies de contacto de los componentes separados.

Sólo se puede suponer una transmisión total de las fuerzas cortantes horizontales cuando se satisfacen todas las condiciones siguientes:

- Las superficies de contacto están limpias y se han dejado intencionalmente rugosas.
- Se ha colocado el mínimo de refuerzos perpendiculares o anillos especificado por la Norma.
- El alma de los miembros se ha diseñado para resistir el total del cortante vertical.
- Todos los estribos se han anclado completamente dentro de todas las intersecciones de los componentes.

Si no se cumple lo anterior se debe investigar el cortante horizontal.

El esfuerzo cortante horizontal V_{dh} puede calcularse en cualquier sección como:

$$V_{dh} = \frac{V_u}{\phi b_v d}$$

En la cual V_u es el esfuerzo de corte último o de rotura, b_v es el ancho de la sección de contacto y d la altura útil de toda la sección compuesta.

La fuerza cortante de diseño se puede transmitir a las superficies de contacto usando los cortantes horizontales permisibles V_{dh} establecidos a continuación:

- Cuando no se coloquen anillos, pero las superficies de contacto están limpias y se han dejado intencionalmente rugosas, $V_{dh} = 5,5 \text{ Kg/cm}^2$.

Solamente puede suponerse rugosidad intencional cuando se ha logrado una superficie rugosa con una amplitud total de aproximadamente 6 mm.

- Cuando se ha colocado el mínimo de anillos requerido, y las superficies de contacto están limpias pero no están rugosas, $V_{dh} = 5,5 \text{ Kg/cm}^2$.
- Cuando se ha colocado el mínimo de anillos requerido en la Norma, y las superficies de contacto están limpias y se han dejado intencionalmente rugosas, $V_{dh} = 24,5 \text{ Kg/cm}^2$.
- Cuando V_{dh} exceda de $24,5 \text{ Kg/cm}^2$, el diseño por cortante horizontal debe hacerse de acuerdo a la sección correspondiente de la Norma.

Se debe hacer presente que en las sobrelosas, por su gran superficie de contacto, no se puede pretender recurrir al mínimo de conectores establecidos en la Norma, ya que resulta una cantidad desproporcionada de acero. Por cálculo, habitualmente no se requieren conectores y es suficiente la adherencia entre superficies limpias y rugosas. Esto se ha demostrado en muchos ensayos a escala natural, incluso ensuciando intencionalmente la superficie de contacto para simular un trabajo en obra descuidado.

Aún cuando no son necesarios los conectores, como se ha explicado, se recomienda colocar un mínimo de ellos en forma práctica. Para tener una seguridad adicional de comportamiento unitario para fuerzas dinámicas, como es el caso del tráfico en sobrelosas de puentes, o el de sismo para el caso de las sobrelosas de edificios.

4.3.5.- Ingeniería Antisísmica.

Debido a la sismicidad de este país, es fundamental que las estructuras prefabricadas se comporten con seguridad si es que son afectadas por un terremoto.

La filosofía de diseño antisísmico debe ser la misma que para todas las estructuras, es decir:

- a. Tener varias líneas de defensa. Se debe preferir estructuras hiperestáticas y que conformen una malla espacial continua, y el uso de diafragmas horizontales rígidos de distribución (losas).
- b. Falla dúctil. Evitar la falla frágil, con lo que se aumenta la capacidad de disipación de energía y se mejora la redistribución de esfuerzos en la estructura. Lo anterior permite que las estructuras con mayor ductilidad puedan ser diseñadas para resistir esfuerzos sísmicos menores.

En el caso del hormigón armado la ductilidad depende del confinamiento, lo que se entiende visualmente si pensamos en un empaquetamiento del hormigón mediante estribos, en lo posible continuos.

Este confinamiento impide el desplazamiento libre o salida de partes del hormigón dentro de él, lo que permite grandes deformaciones antes de llegar a la rotura.

Los estribos de las columnas deben ser en lo posible continuos, formando un espiral de paso constante, evitando los estribos independientes que pueden abrirse en las esquinas de cierre.

El coeficiente sísmico debe ser definido considerando la respuesta de la estructura, tal como se haría en una estructura en sitio. Lo que se debe cuidar es que muchas veces las estructuras prefabricadas en razón de su concepción son más simples en su funcionamiento, y las estructuras secundarias son de menos importancia o prácticamente despreciables, por lo que su respuesta al movimiento del suelo será mayor, no en atención a que sea prefabricada, sino a su simplicidad estructural.

Esto puede representarse como un amortiguamiento más bajo en las ecuaciones del movimiento.

Estas consideraciones deben ser hechas por el ingeniero para la definición del coeficiente sísmico adecuado. Tomando en cuenta que el coeficiente básico para edificios es $C = 0,10$ en la Norma de cálculo antisísmico NCH 433, se sugiere considerar un coeficiente

básico $C = 0,12$ para las construcciones prefabricadas de hormigón armado, en reemplazo del $C = 0,10$ antes mencionado, para los edificios comprendidos en la Norma.

De esta manera resulta un coeficiente sísmico, incluido en el factor de comportamiento estructural (K_2) como sigue:

- Edificios con varias líneas de defensa y comportamiento dúctil : $K_2C = 0,12$
- Los demás : $K_2C = 0,15$

Este coeficiente debe ser afectado por el coeficiente K_1 definido por el destino de la estructura:

- Escuelas y hospitales : $K_1 = 1,2$
- Viviendas, oficinas, industrias y bodegas : $K_1 = 1,0$
- Establos, graneros : $K_1 = 0,8$

CAPITULO V.- DISEÑO ESTRUCTURAL.

5.1.- Bases de Cálculo.

La presente memoria de cálculo se refiere al análisis y diseño estructural de un garaje compuesto por elementos de hormigón prefabricado de las siguientes características:

- 2,50 mt de luz
- 2,00 mt de fondo
- 2,00 mt de altura a hombros
- 2,60 mt de altura a cumbrera

Para los efectos del cálculo, la zona geográfica que se debe considerar es la ciudad de Valdivia, ubicada en la X región. El diseño se hará considerando que la estructura será completamente de hormigón armado prefabricado. Las fundaciones serán en base a zapatas aisladas de hormigón en masa.

La estructura del garaje estará constituida por marcos, cierres laterales y cubierta. Los marcos, a su vez, por pilares y vigas de hormigón armado; los cierres laterales por placas de hormigón armado; y la cubierta por losetas de hormigón armado. Todos los elementos mencionados serán prefabricados, para luego ser montados en su emplazamiento definitivo, en el sector del Campus Miraflores de la Universidad Austral, junto al edificio del Laboratorio de Ensayo de Materiales de Construcción (LEMCO).

Además se colocarán perfiles ángulo metálicos, como arriostramiento, para rigidizar la estructura.

5.2.- Métodos de Diseño.

- Estructura de Acero : método de tensiones admisibles (Método de Factores de Carga y Resistencia (LRFD))
- Estructuras de Hormigón Armado : método a la rotura

5.3.- Normas y Códigos que Intervienen.

- Cintac: “Manual de Diseño Estructural”
- ICHA: “Manual de Diseño para Estructuras de Acero”
- Código ANSI/AWS: “Structural Welding Code-Steel”
- NCh 430 Of. 86: “Hormigón Armado-Requisitos de Cálculo”
- NCh 1537 Of. 86: “Diseño Estructural de Edificios-Cargas permanentes y sobrecargas de uso”
- NCh 432 Of. 71: “Cálculo de la acción del viento sobre las construcciones”
- NCh 433 Of. 96: “Diseño sísmico de edificios”
- NCh 170 Of. 85: “Hormigón-Requisitos generales”
- CAP: “Barras de acero para hormigón”

5.3.- Materiales Empleados.

5.3.1.- Acero Estructural.

Tensores y elementos de arriostramiento calidad A37 – 24ES

5.3.2.- Acero de Refuerzo.

Calidad A44 – 28H, con resaltes en elementos de hormigón armado.

5.3.3.- Hormigón.

Hormigón para fundaciones calidad H15, 80% nivel de confianza.

Hormigón para radier calidad H25, 80% nivel de confianza.

Hormigón para pilares, vigas, placas y losetas calidad H30, 90% nivel de confianza.

Recubrimientos indicados en planos.

5.3.4.- Soldaduras.

Todas las soldaduras hechas en terreno o en taller se harán usando arco manual, electrodo E60-XX y filete mínimo (4 mm o el menor espesor de los elementos a conectar).

Tabla 18

Propiedades Mecánicas de los Materiales

ACERO	HORMIGON
$E = 2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ $\nu = 0,3$ $= 0,0011 (1/^\circ\text{C})$ $= 7,85 \text{ T/m}^3$	$E = 191000 \text{ kg/cm}^2$ $\nu = 0,15$ $= 0,00143 (1/^\circ\text{C})$ $= 2,5 \text{ T/m}^3$

5.4.- Cargas y Sobrecargas de Uso.

5.4.1.- Cargas Muertas.

Peso propio de los elementos de la estructura

5.4.2.- Cargas Vivas.

100 kg/m² para la cubierta, afectada por los respectivos coeficientes de reducción por pendiente de techo y área tributaria.

100 kg en la posición más desfavorable para el diseño de las vigas. Esta carga no se considera simultáneamente con la sobrecarga de uso para cubierta de 100 kg/m².

5.4.3.- Cargas de Viento.

Las cargas de viento se determinan según lo establecido en la norma chilena NCh 432 Of 71.

5.4.4.- Cargas de Sismo.

Las cargas de sismo se determinan según lo establecido en la norma chilena NCh 433 Of 96, usando el método de análisis modal espectral.

5.4.5.- Combinaciones de Carga.

Para el método de tensiones admisibles se usarán las siguientes combinaciones:

- Muerta + Viva
- 0,75 (Muerta + Viva +- Viento)
- 0,75 (Muerta + Viva +- Sismo)

Para el método a la rotura se usarán las siguientes combinaciones:

- 1,4 Muerta + 1,7 Viva
- 0,75 (1,4 Muerta + 1,7 Viva + 1,7 Viento)
- 0,75 (1,4 Muerta + 1,7 Viva + 1,87 Sismo)

5.4.6.- Flechas Admisibles.

Las flechas consideradas son:

- Vigas de marcos : L/480
- Pilares : L/450
- Loetas : L/480
- Placas

5.5.- Hipótesis de Cálculo.

- Se supondrá que existe proporcionalidad entre tensiones y deformaciones.
- Se supondrá válida la hipótesis de Bernoulli (las secciones se mantienen planas después de deformarse).
- Se asumirá que el hormigón no resiste esfuerzos de tracción.
- Se asumirá que el acero tiene un comportamiento elasto-plástico perfecto.

- Se asumirá que existe perfecta adherencia entre hormigón y acero.
- Los materiales serán considerados medios materiales continuos con propiedades adecuadas de homogeneidad e isotropía.
- Se asumirá que el módulo de elasticidad se mantiene constante.
- El suelo será considerado un sólido – elástico.

5.6.- Metodología de Análisis y Diseño.

5.6.1.- Loseta de Techo.

$$M = ql^2/8$$

$$M = pl/4 = (100 \times 2,06)/4 = 51.50 \text{ kg-mt (MONTAJE)}$$

PESO

$$0,03 \times 0,37 \times 1 = 0,0111$$

$$0,08 \times 0,03 \times 2 =$$

$$0,0159 \times 2500 = 39,75 = 40 \text{ kg-mt}$$

$$q_{\text{sobrecarga}} = 100 \text{ kg/m}^2$$

$$q = 40 + 100 \times 0,37 = 77 \text{ kg/ml}$$

$$M = (77 \times 2,06^2)/8 = 40,85 \text{ kg-mt}$$

$$d = 8$$

$$M = F \times d$$

$$F = M/d = 51,50/0,08 = 643 \text{ kg}$$

$$FE = 643/1600 = 0,40 \text{ cm}^2 = 2 \text{ FE } \sim 6 \text{ mm}$$

$$S_{\text{adm ACERO}} = 1600$$

$$2 \text{ FE } \sim 6 \text{ mm} = 0,4 = 0,57 \text{ cm}^2$$

$$S_{\text{adm}} = 643/0,57 = 1128 \text{ O.K.}$$

5.6.2.- Pilar.

$$\text{ESBELTEZ} = h/b = 200/15 = 13,3$$

$$W_0 = 0,008$$

$$\text{FE} = 0,008 \times 15 \times 20 = 2,4 \text{ cm}^2$$

$$= 4 \text{ FE } \varnothing 10 \text{ mm} = 3,14 \text{ cm}^2$$

5.6.3.- Vigas.

PESO PROPIO + DESCARGA DEL TECHO

$$P_p = 0,15 \times 0,20 \times 2500 = 75 \text{ kg/mt}$$

$$R = (77 \times 2,08)/2 = 79 \text{ kg}$$

$$\text{SOBRECARGA} = 2 \times 79 = 158 \text{ kg/mt}$$

$$M = ql^2/8 = (158 \times 2,5^2)/8 = 123,44 \text{ kg-mt}$$

$$X_e = (bh^2 S_e)/M = (15 \times 28^2 \times 1,6)/12,344 = 629$$

$$U = 0,0018$$

$$B = 57,49$$

$$= S b = 1600/57,49 = 27,83 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{FE} = U \times A = 0,0018 \times 15 \times 20 = 1,5 \text{ cm}^2 \text{ MINIMO}$$

$$2 \text{ FE } \varnothing 10 \text{ mm} = 1,57 \text{ cm}^2$$

5.6.4.- Placas Laterales.

La presión básica de un viento de 100 KM/HR = 27,78 MT/SEG

$$P_b = V^2/16 = 27,78^2/16 = 48,22 \text{ KG/MT}^2$$

$$C_{12} = 0,8$$

$$C_{23} = (1,2 \times 0,5)/1,55 - 0,4 = -0,0129$$

$$C_{34} = -0,4$$

$$C_{45} = -0,4$$

$$V_{12} = A \times P_b \times C_{12} = 4 \times 48,22 \times 0,8 = 154,3 \text{ KG}$$

$$V_{23} = A \times P_b \times C_{23} = 1,55 \times 2 \times 48,22 \times -0,0129 = 1,93 \text{ KG}$$

$$V_{34} = A \times P_b \times C_{34} = 1,55 \times 48,22 \times -0,4 = -59,79 \text{ KG}$$

$$V_{45} = A \times P_b \times C_{45} = 4 \times 48,22 \times -0,4 = 77 \text{ KG}$$

$$M = Pl/4 = 38,58 \times 2/4 = 19,28 \text{ KG-MT}$$

$$S_h = 1928/75 = 25,7 \text{ KG/CM}^2$$

$$I = bh^3/12$$

$$W = bh^2/6 = (50 \times 3^2)/6 = 75 \text{ CM}^3$$

$$M = 19,28 \text{ KG-MT}$$

$$F = M/0,02 = 1928/2 = 964$$

$$FE = 964/3000 = 0,60 \text{ CM}^2$$

$$\text{MALLA ACMA } S_{adm} = 3000 \text{ KG/CM}^2$$

$$FE = 4,2 \text{ MM} = A = 0,137 \text{ CM}^2$$

$$\text{AREA TOTAL DE FE} = 0,68 \text{ CM}^2$$

$$S_a = 964/0,68 = 1417 \text{ KG/CM}^2$$

CAPITULO VI.- SISTEMA DE FABRICACIÓN.

6.1.- Ciclo De Producción.

La secuencia de producción de los prefabricados es básicamente igual para todos los casos, y la idea es que se establezca un trabajo en ciclos de tiempo fijos, con puestos de trabajo bien definidos, de manera de tener una encadenación del proceso.

Esta forma de encarar la producción es típicamente industrial y con ello se logra especializar el trabajo. El resultado es mayor rapidez y mejor calidad del producto.

Siendo el hormigón el componente principal, el retiro desde los moldes de las piezas fabricadas depende de que éste alcance una resistencia mínima para ser transportado sin alteraciones.

Para elementos de hormigón armado esta resistencia puede ser entre 50 y 100 Kg/cm².

El tiempo mínimo de estadía en los moldes define en general el período del ciclo de producción. Mientras menor sea el período, mayor ocupación se dará a los moldes y a la instalación, lo que en general es más económico, a menos que se trate de fabricar muy pocas piezas.

En términos generales podemos dividir el ciclo de producción en las siguientes actividades:

6.1.1.- Actividades en la Línea de Producción.

- a) Limpieza de los moldes.
- b) Aplicación del desmoldante.
- c) Colocación de armaduras.
- d) Colocación de insertos.
- e) Cierre de los moldes.
- f) Revisión final antes de hormigonar (Control de Calidad)
- g) Fabricación, transporte y colocación del hormigón.

- h) Fraguado y endurecimiento del hormigón.
- i) Apertura de los moldes.
- j) Retiro de las piezas.
- k) Transporte desde el área de fabricación al almacenamiento en fábrica.
- l) Carga de los elementos sobre camiones y despacho.

6.1.2.- Actividades de Preparación, Anexas a la Línea.

- a) Preparación de las armaduras.
- b) Preparación de insertos.
- c) Fabricación del hormigón.

6.1.3.- Transportes Involucrados.

- a) Ingreso de los insumos.
- b) Transporte de armaduras e insertos al molde.
- c) Transporte del hormigón de la planta hormigonera al molde.
- d) Retiro de las piezas del molde.
- e) Transporte de las piezas al almacenamiento interno.
- f) Circulación del personal.

6.2.- Sistema de Fabricación.

a.- Los moldes se mueven a cada actividad, las que se ejecutan en puestos fijos de trabajo:

Para organizar una verdadera cadena industrial de producción cada actividad debería realizarse en un puesto o posición fija de trabajo, lo cual requeriría trasladar el molde de una actividad a otra.

Esto es más posible cuando las piezas a fabricar son relativamente pequeñas y el molde es sencillo de transportar, aún cuando en ciertas fábricas se llega a transportar moldes bastante

grandes como para paneles de muros o módulos tridimensionales del tamaño de una habitación.

De esta manera los puestos de trabajo son estaciones especializadas y se evitan los movimientos innecesarios del personal en el área de producción.

Los moldes se movilizan según su tamaño sobre polines, montándolos en una estructura que corre con ruedas sobre rieles, o con puentes grúa.

Los moldes deben ser indeformables con los movimientos tanto vacíos como llenos de hormigón fresco, lo que exige que sean robustos y bien diseñados.

b.- Los moldes son fijos, el personal se traslada a cada molde:

Es lo más habitual para elementos estructurales medianos y pesados, y es obligado si son elementos pretensados que deben fabricarse en bancos fijos.

En este caso son las actividades las que van al molde, debiendo trasladarse las armaduras, el hormigón y el personal de molde en molde.

Resulta menos eficiente que el sistema de puestos fijos, y se tiene un movimiento importante de materiales y personal en el área de producción. En contrapartida es un sistema de trabajo que exige menores inversiones en infraestructura y los moldes son bastante más económicos al ser fijos.

Por estos últimos factores, que determinan una menor inversión inicial, es el sistema de trabajo más usado en las plantas de fabricación.

c.- Moldes deslizantes:

También, mal llamados de “extrusión”, son carros de hormigonado que contienen un corto trozo de molde que va avanzando lentamente dejando atrás la pieza moldeada. Para que sea posible el deslizamiento del molde, manteniéndose la forma del hormigón recién puesto, éste debe ser de consistencia seca y debe ser sometido a un vibrado enérgico.

Son carros de trabajo continuo generalmente para elementos pretensados, y funcionan sobre pistas de 100 a 150 metros de largo. Una vez endurecido el hormigón, se cortan las piezas a los largos requeridos con sierra diamantada.

Se usan fundamentalmente para producir viguetas y losas huecas pretensadas. Se comprende que son equipos de gran producción, en que los carros más pequeños tienen capacidad para 200 m² por turno, por lo que se justifican solamente en un mercado amplio.

6.2.1.- Métodos que Aceleran el Fraguado y el Endurecimiento del Hormigón.

Se trata de reducir al mínimo la estadía de las piezas recién hormigonadas. De esta manera se consigue un período o ciclo de producción más corto y continuo.

Lo más habitual en instalaciones industriales es tener ciclos diarios de trabajo en que se aprovecha la noche para que el hormigón adquiera resistencia. Así, cada ciclo se inicia en la mañana con la operación de desmolde y retiro de las piezas y termina en la tarde con el hormigonado, comenzando luego el proceso de curado, habitualmente con vapor a baja presión aplicado en los moldes o a presión en autoclaves para elementos pequeños.

En caso de no utilizarse ningún sistema para acelerar el fraguado y el endurecimiento debe procurarse trabajar con hormigones cuya razón A/C (agua/cemento) sea baja, utilizando aditivos plastificantes para mejorar la trabajabilidad.

Sea cual sea el método utilizado para el curado debe experimentarse con la resistencia del hormigón en función del tiempo para determinar el momento correcto de desmolde.

Una vez en funcionamiento la producción, debe mantenerse el control de la resistencia al momento del desmolde como control de la calidad del hormigón y de las piezas.

Los métodos más habituales para reducir la estadía de las piezas en los moldes son los que se indican a continuación:

a.- Métodos Químicos: Aditivos aceleradores de fraguado y endurecimiento.

b.- Métodos Físicos: Reducción del agua sobrante por aplicación de vacío.

c.-Métodos Físico – Químicos: Tratamientos térmicos. La hidratación del cemento como todas las reacciones químicas, se acelera con la temperatura, debiendo evitarse elevar la temperatura excesivamente (máximo 70° C). Se produce por alguno de los siguientes métodos:

- Calentamiento previo de los materiales, principalmente los áridos, secundariamente el agua.
- Aislamiento térmico de los moldes para aprovechar el calor de hidratación con o sin adición de calor con pequeñas estufas.
- Curado con vapor a baja presión en los moldes o colocando carpas impermeables y aisladas sobre ellos.
- Curado con vapor a presión en recinto cerrado y aislado térmicamente o autoclave.

6.3.- Planificación Física de una Planta de Prefabricados.

El planteamiento de una planta de prefabricados de hormigón depende básicamente de los equipos para mover las piezas ya fabricadas. Excepto en los prefabricados muy pequeños que se pueden movilizar a mano por una o más personas, en general vamos a depender de los equipos con que se cuente para mover las piezas.

El transporte de los materiales componentes, acero, insertos, áridos, cemento, agua y hormigón, se puede hacer por los métodos comunes a las obras, o por sistemas mecanizados. No así las piezas prefabricadas, que por su peso requieren obligadamente de equipos especiales.

Análisis del movimiento de las piezas en la fábrica:

- Retiro del molde.
- Traslado a almacenamiento en la misma fábrica.
- Carga sobre camión o ferrocarril.

Estos tres movimientos pueden ser ejecutados por un equipo o por tres equipos diferentes, dependiendo del volumen de producción.

Cuando se trata de fábricas de trabajo continuo es necesario separar las funciones y tener equipos distintos para lograr cumplir con los ciclos de trabajo.

Los equipos de movimiento se pueden clasificar en:

a.- Fijos; Aquellos que se mueven por pistas, rieles o mantienen posiciones definidas, por ejemplo:

- Portal grúa.
- Puente grúa.
- Grúa torre fija o desplazable.
- Carros sobre rieles.
- Pistas con rodillos.

b.- Autónomos; Aquellos que se mueven sobre ruedas neumáticas y pueden desplazarse sin restricciones en el terreno.

- Grúas horquilla.
- Grúas sobre neumáticos.
- Cargadores frontales adaptados.
- Portales sobre neumáticos (travel lift).

Son los equipos de movimiento los que definen la distribución de los espacios de la fábrica para conseguir optimizar los transportes internos.

La recomendación es lograr un flujo continuo de transporte. Primero, los materiales componentes del hormigón desde el acceso a las bodegas y talleres, siguiendo luego al área de fabricación, y segundo, de las piezas moldeadas al almacenamiento interior y finalmente al despacho, sin tener vueltas atrás o transportes simultáneos que se crucen.

Es decir, la planificación consiste en racionalizar los transportes, de insumos componentes, del personal y de las piezas en el espacio de la fábrica.

Se deben ubicar con el siguiente criterio:

- Bodegas de insumos.
- Talleres.
- Acopio de áridos y planta hormigonera.
- Área de fabricación propiamente tal.
- Área de almacenamiento de piezas terminadas.
- Acceso, portería y circulaciones interiores.
- Oficinas y laboratorio de control de calidad.
- Acomodaciones para el personal.
- Líneas de agua, alcantarillado y energía eléctrica.
- Caldera de vapor y almacenamiento de combustibles si los hay.

6.4.- Moldes.

El molde es quizás lo más importante en la calidad externa de las piezas. Es por eso detrás de un buen prefabricado hay, también, un buen molde.

Hay que tener conciencia que si un molde se utilizará muchas veces, por caro que sea inicialmente, su incidencia en el costo unitario será generalmente irrelevante.

Por este motivo se recomiendan dos etapas en la concepción de un molde:

a.- Etapa Inicial o Piloto.

En esta etapa se deben construir pocos moldes con el ánimo de observar los defectos que aparezcan en el proceso de fabricación, en las piezas, y durante el montaje.

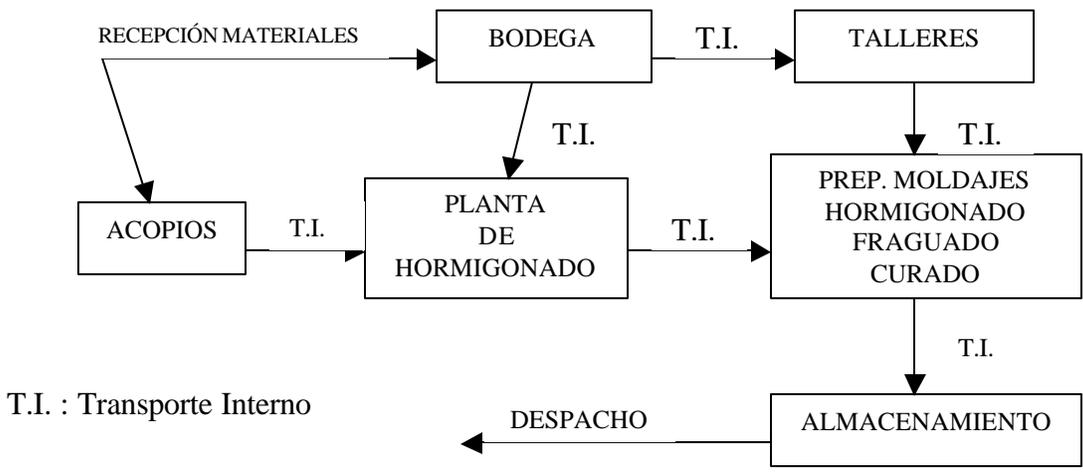
b.- Etapa Definitiva.

Con la experiencia de la etapa inicial se pueden diseñar moldes definitivos con la seguridad de que no deberán ser modificados, con la calidad y cantidad que requiere la producción definitiva.

Cuando se trata de una sola obra de características únicas no será posible aprovechar la experiencia para pasar de una etapa experimental a una definitiva. He aquí una de las grandes ventajas de tomar un sistema y mantenerlo en el tiempo, de proyecto en proyecto, lo que da la posibilidad de ir perfeccionando cada detalle, y entre otros, los moldes.

Se logra de esta manera una estabilidad de instalaciones, y los moldes pueden durar fácilmente 10 a 15 años en producción.

6.4.1.- Esquema de Planificación Lineal.



6.4.2.- Materiales Utilizados en los Moldes.

6.4.2.1.- Entre 5 y 20 Usos.

- a) Madera machihembrada con o sin forro superficial y bastidor de madera.
- b) Placa de madera contrachapada o aglomerada, con bastidor de madera o ángulos metálicos.
- c) Hormigón alisado tratado con cera.

6.4.2.2.- Sobre 50 Usos.

- a) Hormigón alisado con tratamiento endurecedor de superficie y cera.
- b) Placa de acero de espesor de 3 a 4 mm, como mínimo y bastidor de perfiles del mismo espesor.
- c) Fibra de vidrio o plástico.

Los moldes que se han subrayado son los más recomendables en cada categoría. Entre 20 y 50 usos todavía no se justifican moldes tan buenos, por lo que es preferible hacer mayor cantidad de ellos y reduciendo el número de usos de cada molde a la categoría inferior.

Hay que hacer la salvedad de lo ventajoso que resulta utilizar en ciertos casos los moldes de hormigón, por ejemplo, cuando se trata de secciones únicas con paredes inclinadas o en el caso de radieres que sirven de cara base para fabricar losetas, losas, pilares o vigas. Son especialmente útiles para fabricación en la misma obra.

6.4.3.- Diseño de Moldes.

Un molde debe ser estructurado para resistir las presiones del hormigón de manera que la plancha que hace de superficie no tenga deformaciones excesivas.

Como se trata de alturas reducidas de hormigonado, el cálculo de presiones debe hacerse considerando el efecto de líquido con densidad = 2,5 Ton/m³, y aumentando las presiones hidrostáticas en un factor K = 1,5 por el efecto dinámico del vibrado.

El dimensionamiento debe hacerse de manera que las presiones produzcan deformaciones en la superficie del molde no mayores a los siguientes límites recomendados:

Tabla 19
De Deformaciones

Deformación en cualquier sección	Molde de Acero	Molde de Contrachapado
Parcial	1/300	1/200
Acumulada	3 mm	5 mm

6.4.4.- Tolerancias.

Se entiende por tolerancias, a las variaciones permitidas en las medidas y en la geometría de las piezas con respecto a las medidas nominales o de diseño.

Las variaciones que pueden ser permitidas dependen de los siguientes factores:

- Mantener la seguridad estructural.
- Permitir el montaje.
- Satisfacer el uso de la construcción o de las piezas.

Tolerancias pequeñas exigirán moldes de cierres precisos indeformables, y paredes con deformaciones controladas, además de una fabricación cuidadosa con un control de calidad estricto. También la geometría de la obra en sitio debe concordar con esas tolerancias, fundaciones o apoyos, y el montaje debe realizarse con gran precisión.

Es decir, las tolerancias definidas incidirán en los costos de fabricación y obra. Por lo tanto deben escogerse evitando exagerar, siempre que se cumplan las condiciones establecidas de seguridad estructural, montaje y uso.

La condición estética o de terminación se considera incluida dentro de los factores de uso.

Las tolerancias que se requieren para las conexiones son función del tamaño de la pieza y del tipo de unión. Las uniones apernadas exigen tolerancias menores que las soldadas, y aquellas que se realizan con hormigón en sitio son las que permiten mayores variaciones dimensionales.

No deben confundirse las tolerancias con los espacios libres que deben dejarse entre elementos prefabricados, para permitir el montaje.

Las tolerancias que aparecen en los manuales deben ser ajustadas considerando el material con que se harán los moldes, pensando que por el número de usos de cada molde, a veces es necesario confeccionarlos económicamente, de acero en plancha o incluso de madera.

Lo importante en cada caso es que las tolerancias sean coherentes con los medios de fabricación.

A modo de ejemplo se reproduce en la tabla siguiente, las tolerancias correspondientes a las conexiones recomendadas en los manuales del PCI.

Tabla 20

Tolerancias Correspondientes a las Conexiones Recomendadas en los Manuales del PCI

N°	Partida	Tolerancias Recomendadas (mm)
1	Pernos de anclaje colocados en obra	± 13
2	Nivel de zapatas y pilas colocadas en obra	± 25
3	Hormigón estructural prefabricado	
3.1	Posición de las placas	± 25
3.2	Ubicación de los insertos	± 13
3.3	Ubicación de las placas de apoyo	± 20
3.4	Ubicación de los desbastes	± 25
3.5	Longitud	± 20
3.6	Altura total	± 6
3.7	Ancho del alma	± 3
3.8	Ancho total	± 6
3.9	Desviación horizontal respecto a la escuadra en los extremos	± 13
3.10	Desviación vertical respecto a la escuadra en los extremos	± 10 por metro de altura
3.11	Desviación del apoyo respecto al plano	± 5
3.12	Posición de ductos para postensado en miembros prefabricados	± 13
4	Concreto arquitectónico prefabricado	
4.1	Longitud o ancho	± 5 por 10 metro, pero no menos
4.2	Espesor	+ 6, - 3
4.3	Ubicación de los desbastes	± 13
4.4	Ubicación de los anclajes e insertos	± 10
4.5	Alabeo o descuadrado	± 16 en 10 metros
4.6	Ancho de las juntas	
4.6.1	Especificadas	10 a 20
4.6.2	Dimensiones mínimas y máximas	6 a 10

6.5.- Diseño Arquitectónico y Práctico.

- a.- Cantidad de piezas iguales.
- b.- Dificultad de construir in situ.
- c.- Plazo reducido.
- d.- Tamaño de las piezas.
- e.- Formas \Rightarrow Moldes.
- f.- Selección del sistema.

Al elegir el sistema se debe pensar en:

- Deben quedar resueltos todos los problemas una vez armada la estructura.
 - Las uniones deben ser simples, seguras y fácil de inspeccionar.
 - La estructura debe tener estabilidad espacial y comportamiento dúctil.
 - Todo lo que se gaste en la prefabricación para evitar trabajos o terminaciones en la obra, es recuperado con creces.
- g.- Prefabricación en obra o en planta.
 - h.- Planificación de la obra.
- Espacio para el movimiento de los equipos de montaje.
 - Lugar para el almacenamiento.
 - Lugar para prefabricar.

CAPITULO VII.- CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DE UN PROTOTIPO.

Retomando la información proporcionada en el capítulo anterior, se evaluarán las variables más importantes a tomar en consideración para concluir y justificar si es viable o no, construir un garaje mediante un sistema de prefabricación. Luego se analizarán en mayor detalle, características más específicas que tienen que ver directamente con los elementos que componen dicho garaje.

7.1.- Aspectos Generales.

7.1.1.- Cantidad de Piezas Iguales.

Para evaluar este punto, se enumerará cada pieza que se necesita para la construcción de un módulo del garaje y la cantidad de cada una de ellas.

- a. - Tijeral de techo : 4 unidades.
- b – Loetas : 8 unidades.
- c. - Pilares exteriores : 4 unidades.
- d. - Placas de muro : 8 unidades.

De lo anterior se observa el hecho de que todas las piezas se repiten, lo que favorece uno de los principios básicos del sistema de prefabricación, la mayor repetición de piezas iguales.

7.1.2.- Dificultad de Construir In Situ.

Primero se debe evaluar donde se va a instalar el garaje que se construirá, y luego analizar las dificultades que puedan existir o surgir cuando se prefabrique en el mismo lugar donde quedará emplazado.

Como el modelo de garaje que se estudia y propone en esta tesis está pensado principalmente para formar parte de una casa habitación, se tendrán que analizar las ventajas y

desventajas que presenta la etapa de construcción (fabricación) y montaje, pensando en si se ocuparán piezas prefabricadas en planta o si se construirá enteramente en el mismo lugar de su emplazamiento definitivo.

Tabla 21

Cuadro Comparativo

In Situ	Prefabricado
La ocupación de espacio en la propiedad con materias primas.	No es necesario contar con espacio para almacenar materiales.
La incomodidad que produce a las personas el hecho de tener almacenados en su propiedad, materiales de construcción y personas trabajando durante la fabricación dentro de la propiedad, que puede prolongarse por más del tiempo necesario.	No se produce molestias a los dueños por almacenamiento de materiales, ya que no se requiere, y el tiempo de permanencia de personas trabajando dentro de la propiedad se limita sólo al montaje de las piezas, el cual es fijo y predeterminado, además de bastante reducido.
Este método resulte ser más caro de ejecutar.	Se reduce el costo, al optimizar algunas partidas.
Es necesario trasladar las materias primas y maquinaria para la fabricación hacia el lugar donde se ocuparán.	Las materias primas y maquinarias se concentran en un solo lugar, la planta, por lo que prácticamente sólo se trasladan elementos terminados.
Luego de terminar de hormigonar se debe esperar a que se cumplan los plazos mínimos para poder descimbrar, lo que implica varios días.	Luego de terminar el montaje, la estructura es puesta en servicio inmediatamente.

7.1.3.- Plazo Reducido.

Es bien sabido que en el ámbito de la construcción el plazo de ejecución, de una obra cualquiera, es un factor determinante al momento de evaluar el sistema constructivo que se va a adoptar, entre otras cosas.

Es por eso que al momento de pensar en esta restricción, el sistema constructivo que responde con mayor eficacia a esta exigencia es el de Prefabricación en Planta. Esto se debe a que por el hecho de construir cada elemento, que formará parte de un futuro garaje, en un espacio físico diferente al que será su emplazamiento definitivo. Esto permite, además, contar con un stock determinado de piezas, lo que implicará que el tiempo transcurrido desde que el

cliente compre el producto, hasta el momento en que se termine con su instalación, se limitará solamente al montaje de las piezas que ya se encuentran hechas. Este tiempo de ejecución difícilmente podría ser igualado con un sistema tradicional de construcción, incluso con el sistema de Prefabricación In Situ, se necesita de un plazo mayor de ejecución al contemplar otras etapas adicionales, como por ejemplo: moldajes, hormigonado, etc. Etapas que en cuanto a tiempo se podrían acelerar, pero en ningún caso eliminar.

7.2.- Especificaciones Técnicas.

Las presentes Especificaciones Técnicas tienen como propósito definir los aspectos técnicos, la procedencia y calidad de los materiales, junto con los procedimientos constructivos relacionados con el proyecto de construcción de un garaje, compuesto plenamente de elementos prefabricados en hormigón. Sus dimensiones son las que se indican a continuación:

- Ancho : 2,50 mt.
- Alto (piso-cumbrera) : 2,80 mt.
- Alto (piso-hombro) : 2,00 mt.
- Largo : 2,00 mt.

Se debe recalcar que al decir, que el garaje está compuesto plenamente de hormigón, eso incluye los elementos de techumbre.

7.3.- Moldajes.

Se deberá cumplir con los requisitos generales especificados en la NCh 170 Of. 85 y NCh 430 aR 86 capítulo 6.

Los moldajes serán de terciado estructural de 15 mm de espesor y se confeccionarán de tal forma que resistan adecuadamente los empujes y presiones ejercidas por el hormigón fresco, además de asegurar una superficie bien acabada y estanqueidad.

Los moldajes deberán ser lo suficientemente rígidos para mantenerse indeformables durante la operación de vaciado del hormigón, y se deberán tratar con agentes desmoldantes para asegurar su fácil retiro.

Los moldajes podrán ser retirados una vez que el hormigón haya fraguado lo suficiente. En ningún caso podrá retirarse antes de 3 días.

7.4.- Acero de Refuerzo.

Todo el acero de refuerzo será de calidad A44 – 28H con resaltes para diámetros mayores o iguales a 8 mm. La colocación, preparado y armado de la enfierradura deberá cumplir con las normas del INN NCh 204, 205, 211, 227 y 434, además de las especificaciones del fabricante.

Los diámetros, espaciamentos y ubicación de las armaduras de refuerzo se indican en los planos. El acero será doblado en frío, de acuerdo a lo indicado en las normas.

Las barras serán colocadas manteniendo los recubrimientos indicados en los planos de diseño y amarradas convenientemente con alambre negro N° 18 y suspendidas con separadores de igual espesor al indicado como recubrimiento y separados como mínimo cada 1,5 mt.

No se aceptará acero que esté oxidado, con escamas, pintura, aceite o cualquier material que disminuya su adherencia con el hormigón.

Los empalmes de barras, si se requieren, se harán según lo indicado en planos, en todo caso, la longitud mínima de empalmes será de 50 diámetros y se ubicarán en los puntos de baja tensión de tracción o en zonas de compresión. Las barras empalmadas se amarrarán con alambre en toda su longitud.

7.5.- Hormigón.

7.5.1.- Fabricación y Colocación de los Hormigones.

La mezcla, colocación y curado del hormigón se hará según norma NCh 170 of. 85.

La temperatura ambiente mínima será de 5°C y la máxima de 30°C.

El tiempo máximo de colocación no sobrepasará los 30 minutos.

El asentamiento de cono, siempre que sea compatible con la resistencia requerida, será:

a. - Vigas, losas, muros, pilares : 5 – 8 cm.

b. – Fundaciones : 8 – 10 cm.

No se permitirá una pérdida de asentamiento mayor a 3 cm.

Cuando se comience a hormigonar un elemento deberá terminarse por completo, para no producir una junta en ninguna pieza.

El tiempo de aplicación de vibrado dependerá de la consistencia del hormigón, de su composición y de la potencia del vibrador.

No se aceptarán nidos o cavidades resultantes en el hormigón, de lo contrario, el elemento que resulte con este tipo de fallas se demolerá.

7.5.2.- Curado del Hormigón.

El curado del hormigón se hará de acuerdo al contenido del Art. 12 de la norma INN NCh 170 of. 85.

7.5.3.- Control de Hormigones.

El control de los hormigones se llevará a cabo de acuerdo al siguiente detalle.

Item	Muestreo por Faena
Pilares y Placas	1
Vigas y Losetas	1

Nota: un muestreo consiste en la extracción de 3 probetas cúbicas simultáneas. Realizado un ensayo a los 7 días y dos a los 28 días.

7.6.- Tamaño y Peso de las Piezas.

Por tratarse de un sistema sencillo, tanto en su fabricación como en el montaje, las piezas se diseñarán con el fin de que puedan ser movidas en forma manual, y así no incurrir en gastos de maquinarias o equipos a raíz de este motivo. Es por eso, que se tendrá la especial precaución de que cada elemento se diseñará de tal forma que su peso propio no sobrepase los 120 kg., para esto se tomará como referencia el dato de que el peso de un hormigón normal es de 2,5 ton/m³.

7.7.- Forma de las Piezas.

Como la forma de las piezas está condicionada al tipo de moldaje, para este caso se realizarán diseños simples, ya que estos, son de placa de terciado estructural de 15 mm con refuerzos de madera de 2" x 2" y las formas resultantes tienen directa relación con lo que permitan obtener los materiales considerados para la confección de los moldajes.

7.8.- Piezas y Elementos Componentes del Sistema.

7.8.1.- Fundaciones y Radier.

Se realizarán las excavaciones necesarias para dar cabida a las fundaciones de los pilares, los que se empotrarán en las fundaciones que serán de tipo aisladas y una para cada pilar.

Antes de hormigonar las fundaciones se deberán tratar la superficie de los pilares, que ira empotrada, y así producir una correcta adherencia entre ambos. Para las fundaciones y el radier se ocupará un hormigón H-20 con un 80% de nivel de confianza. La colocación del hormigón se hará de tal manera que se eviten nidos que puedan afectar las características propias de los elementos, tanto de resistencias como de estética. El radier será de 10 cm de espesor, sobre capa de estabilizado compactado de 15 cm de espesor, previa colocación de una barrera de humedad, que será polietileno de 0,2 mm.

7.8.2.- Pilares.

Este elemento, compuesto en su totalidad de hormigón armado, tiene como característica principal el ser esbelto, de sección rectangular con una ranura en sentido longitudinal y centrada por una de sus caras más ancha. Dicha ranura cumplirá la función de alojar en ella los elementos laterales de cierre, sobre ellos se montarán las vigas de la estructura de techo.

7.8.3.- Placas Laterales de Cierre.

Elementos de hormigón armado, rectangulares y de poco espesor. Su función es formar los paramentos verticales del conjunto, van dispuestas una sobre otra y entre los pilares. Deben ser del espesor mínimo posible, en este caso 4 cm. Además deben calzar perfectamente una con otra para impedir el paso de luz o filtración de agua, para lograr esto las piezas tendrán un traslapeo en todo su borde de contacto la una con la otra.

7.8.4.- Vigas de Techo.

Este elemento de hormigón armado, que será uno por agua del techo, va montado sobre los pilares y su función principal es recibir sobre sí las losetas de techo además, de ser un elemento estructural del sistema

7.8.5.- Losetas de Techo.

Estos elementos estructurales de hormigón armado, van dispuestos en forma horizontal y traslapados una con otra, quedando perfectamente unidas para evitar filtraciones de agua, ya que estas mismas son la cubierta del garaje.

7.8.6.-Insertos Metálicos.

Las conexiones entre los elementos estructurales de hormigón armado se harán mediante insertos metálicos, que se incorporarán a las piezas en el momento de su fabricación

cuando se vayan a hormigonar. Luego se soldarán las conexiones en terreno a medida que el montaje lo requiera.

La soldadura se hará en forma manual con electrodos E60-XX según denominación de la American Welding Society (A.W.S), para corriente continua y posición adecuada, que no requiera alivio de tensiones. Estos electrodos deberán cumplir con las normas NCh 305 Of.68, NCh 306 Of.69 y AWS-A 5.1 y 5.5.

El acero que se use será de calidad A42 – 27ES y deberá cumplir con las normas NCh 203 Of.77, 217 Of.68 y 428 Of.57.

7.9.- Manejo y Transporte.

Se deberán tomar todas las precauciones necesarias para evitar que el material sea sometido a sollicitaciones mayores a las de diseño. A las piezas se les podrán incorporar ganchos para facilitar su manejo, carga y descarga.

Se respetarán en general los tamaños de partes que se indican en los planos.

7.10.- Fabricación de las Piezas del Garaje.

La facilidad de fabricación y montaje tiene una influencia importante en la economía del diseño. Un factor que se debe considerar, sobre la economía de diseño, es que la fabricación cuesta dinero. Este costo proviene del empleo de mano de obra, herramientas y maquinaria, por consiguiente, para reducir los costo de fabricación, se debe reducir al mínimo la cantidad de trabajo requerido para fabricar y montar las piezas y se debe balancear la disminución del costo al reducir las dimensiones de las piezas de hormigón, por una parte, con el aumento del costo producido por procesos de fabricación más complejo, por otro.

La primera faena que se ejecutó en el taller, fue el trazado y confección de los moldajes (de placa terciada); se marcaron las placas con las medidas y formas necesarias, extraídas de los planos confeccionados para este fin, posteriormente se cortaron para armar el moldaje que tiene la misma forma de la pieza de hormigón armado a la que darán origen. Junto con el

trazado se estableció el nombre del proyecto, la variedad de piezas necesarias, la cantidad de cada una de ellas y cualquier instrucción especial referente al proceso de fabricación. Una vez terminado, el moldaje se limpió prolijamente antes, de colocar las enfierraduras correspondientes a cada pieza, que se confeccionaron de acuerdo al diseño estructural.

El siguiente paso es la confección del hormigón y su posterior vaciado en los moldes, para dejarlo fraguar y endurecer hasta el momento de su descimbre. Una vez que se extrajeron los moldajes, las piezas se trasladaron a su lugar de almacenamiento, y desde allí se llevaron al lugar donde se armó el garaje.

En el caso de piezas iguales, estas, se manipularon juntas desde el comienzo. Es decir, desde el trazado hasta su almacenamiento e incluso su traslado al lugar del montaje.

Una vez fabricadas todas las piezas del módulo se llevaron al lugar de armado. Es aquí donde se ensambla pieza a pieza por simple acoplamiento y soldando determinadas uniones que rigidizan la estructura. Que las piezas ajusten adecuadamente una con otra es de suma importancia para evitar incurrir en un sobre costo por corrección de errores en el montaje; por consiguiente, son también importantes la inspección de los ajustes en el montaje y contar con una mano de obra adecuada, sobre todo para las soldaduras, sin dejar de lado la nivelación y líneas de los pilares.

Para más detalles del proceso de fabricación de las piezas del garaje, se describen a continuación las etapas de fabricación en planta:

7.10.1.- Ciclo de Producción.

Debido a que los prefabricados cuentan con una secuencia de producción básicamente igual en todos los casos, este en particular, se ejecutó simulando una producción típica industrial, como sería lo lógico si se tratará de un caso en el que su comercialización fuera efectiva. Con esto se pretende establecer el tiempo que se requiere para completar un ciclo, el que se puede asumir como referencial ya que se asume que son más o menos fijos.

El tiempo que se requirió para fabricar un módulo del garaje de hormigón prefabricado fue de 13 días corridos, plazo en el cual se contemplan las siguientes etapas:

- Confección de moldajes : 4 días.
- Confección de armaduras e insertos : Paralelo a confección de moldajes.
- Hormigonado de las piezas : 1 día.
- Fraguado y endurecimiento de las piezas : 7 días.
- Retiro de moldajes y almacenamiento : 1 día.

Los plazos que se indican para cada una de las faena son los reales que se requirió, lo que da por resultado un Ciclo de Producción de 13 días, lo que no necesariamente refleja un ciclo productivo a nivel industrial, por tratarse de la fabricación de sólo un producto final. Ahora, si se quisiera obtener una proyección del plazo para un ciclo productivo industrial, se tendría que prorratear la duración de la confección de moldajes y además reducir el plazo para el retiro de moldajes, basándose en que los moldajes de terciado estructural se pueden usar entre 5 a 20 veces y la resistencia requerida del hormigón para ser desmoldado fluctúa entre los 50 y 100 Kg/cm².

De lo anterior se obtienen los siguientes datos:

- Confección de moldajes : 0,3 días.
- Confección de armaduras e insertos : 1 día.
- Hormigonado de las piezas : 0,5 día.
- Fraguado y endurecimiento de las piezas : 3 días.
- Retiro de moldajes y almacenamiento : 0,5 día

De esto se deduce que el ciclo de producción, para un módulo de un garaje prefabricado, es de cinco días a una escala industrial de fabricación. Este período podría reducirse aún mas, si se quisiera, al acortar el tiempo de fraguado, mediante el uso de aditivos incorporados al hormigón.

7.10.2.- Proceso Productivo.

A continuación se describen las etapas, maquinarias, y factores que intervinieron específicamente en la etapa de fabricación de los elementos de hormigón.

7.10.3.- Planta de Fabricación.

Es aquí donde las materias primas, sometidas a un proceso de producción, se transforman en los elementos terminados, pilares, placas, vigas y losetas. Desde este lugar se enviaron hasta el sitio donde se armó la estructura definitiva.

La planta debe contar con los espacios necesarios y una distribución adecuada de los mismos para ejecutar las faenas del proceso como se han planificado.

En este caso se han ocupado las instalaciones de una obra en construcción de esta universidad, ubicada camino al Fundo Teja Norte del Campus Teja, que para efectos prácticos se asume como la Planta de Fabricación para los elementos del garaje de hormigón prefabricado.

Como se indica a continuación, en una planta de fabricación deben distinguirse las siguientes secciones básicas de producción:

7.10.3.1.- Bodega.

La función de la bodega es guardar en ella materiales, herramientas, equipos, materias primas, etc., para protegerlos del medio ambiente y también para ejercer un control sobre ellas.



Foto 1.- Bodega

7.10.3.2.- Bancos de Trabajo.

Debe ser de las características que requiera la actividad que se vaya a realizar en él, en este caso se necesitó de dos lugares, uno para la confección de las armaduras y el otro para la confección de los moldajes.

7.10.3.3.- Planta de Hormigonado.

Es aquí donde se confeccionaron todas las mezclas de hormigón para fabricar los elementos requeridos para construir un módulo del garaje.

La planta constó con las siguientes características, que son las mínimas necesarias para un buen funcionamiento de ésta:



Foto 2.- Planta de Hormigonado

- Sector de acopio de áridos; para arenas y gravas.
- Agua; obtenida de una manguera especialmente instalada para tal efecto y de origen potable.
- Sector de acopio de cemento; área cubierta construida junto a la betonera cuya finalidad fue la de almacenar el cemento que se ocupó en cada faena de hormigonado.
- Betonera; se requirió construir plataformas junto a ella para facilitar la acción de los operadores, se ubicó junto a los acopios de áridos para que los traslados con carretillas hacia la ella sean lo más corto posible.

7.10.4.- Confección de Moldajes.

La fabricación de los moldajes revistió gran importancia en este proyecto, ya que la exactitud obtenida en las dimensiones de las piezas terminadas, dependió el perfecto calce de estas durante el montaje. Esto se logró aplicando los refuerzos y amarras adecuados al armar los moldajes, que para este caso fueron de placa terciada estructural de 15 mm y los refuerzos con piezas de pino 2" x 2", unidos entre si.. Todos los trabajos que se requirieron para dar origen a los



Foto 3 . Moldaje Loseta
Foto 4. Moldaje Viga

moldajes se realizaron en el mismo espacio, cubierto y cerrado, el que fue lo suficientemente amplio para trabajar en forma cómoda.

Antes de pasar los moldajes a la siguiente etapa, se inspeccionaron acuciosamente tanto sus refuerzos; amarras y dimensiones, con lo que se buscó evitar deformaciones durante el vaciado de la mezcla de hormigón, así como no se permitió deformaciones iniciales mayores a 5 mm. Una vez cumplido con lo anterior se aprobaron los moldajes y se llevaron al lugar donde se utilizaron en la siguiente etapa, que fue su preparación y colocación de las armaduras e insertos.

7.10.4.1.- Preparación de Moldajes.

Lo simple y breve de este procedimiento, no lo hace menos importante, ya que de esto depende en gran medida la calidad de terminación de las superficies de las piezas, debido a que todas quedan a la vista. Para ello se aplicó Sikaform Metal 99, desmoldante en base a agentes químicos y especialmente recomendado por el fabricante para superficies de madera contrachapada, sobre todas las caras de los moldajes que quedaron en contacto con el hormigón, con esto se evitó que las superficies del hormigón se descascararan y se favoreció el retiro de los moldes, haciéndolo más fácil.

7.10.5.- Armaduras e Insertos.

Para la confección de armaduras se utilizó fierro de construcción calidad A44 – 28H, de 8 y 6 mm de diámetro; malla Acma C – 139; y alambre negro N° 18 (para amarras). El espacio físico en el que se fueron cortando y doblando los fierros con los que se dio origen a las armaduras, fue un banco de trabajo cubierto construido especialmente para fabricar enfierraduras, el que a su vez contó con las herramientas necesarias para el trabajo (grifa, esmeril angular, etc.).

La fabricación de las armaduras se desarrolló paralelamente a la fabricación de los moldajes, por lo que al ser requeridos se encontraron disponibles. Desde el lugar de su

fabricación fueron llevadas al lugar donde se encontraban los moldajes, luego de su preparación, y fueron instaladas dentro de los moldes, dejando las separaciones correspondientes entre ambos elementos mediante separadores plásticos puestos especialmente con ese fin.

Además se confeccionaron e instalaron insertos metálicos, los que se colocaron en los moldajes previo al hormigonado. Para esto se usó perfil ángulo 25x25x3 mm y fierro liso de diámetro 8 mm. Su finalidad fue quedar anclado en las piezas (pilares y vigas), específicamente en las zonas donde se unieron mediante soldadura al arco.

7.10.6.- Hormigonado.

La faena de hormigonado comenzó cuando se contó con la cantidad suficiente de moldajes fabricados y dispuestos para ser llenados con la mezcla de hormigón. La ejecución de esta faena se realizó en dos etapas, con un distanciamiento en



Foto 5. Hormigonado de piezas

tiempo de una semana entre sí, completando igual cantidad de piezas en cada una (12 piezas):

- En la primera se hormigonó cuatro pilares conjuntamente con ocho placas laterales.
- Una semana más tarde se efectuó la segunda jornada de hormigonado, donde se llenaron los moldajes de ocho losetas y cuatro vigas.

En ambos casos se tomó una muestra de hormigón, de tres probetas cúbicas cada una, para ser ensayadas en laboratorio (LEMCO). En cada muestreo se confeccionaron tres probetas cúbicas de 15 x 15 x 15 cm, con la misma mezcla de hormigón que se usó para fabricar los elementos del garaje.

La mezcla que se usó en el llenado de los moldes fue de consistencia plástica, de un asentamiento de cono 6 cm, para facilitar su compactación ya que se dispuso de un vibrador de inmersión, con una sonda de 25 mm de diámetro.

7.10.7.- Fraguado y Curado.

En este lugar, que fue el mismo donde se confeccionaron los moldajes y donde también se llenaron con la mezcla de hormigón, se dejaron fraguar y curar los elementos hormigonados por el tiempo de una semana. Este tiempo ciertamente



Foto 6. Curado de piezas

puede ser mucho menor, pero por no tener que cumplir con un plazo de entrega (para venta por ejemplo) se les dejó el tiempo ya señalado. Una exigencia básica que se tuvo que cumplir para un adecuado desarrollo de las faenas mencionadas, es que tiene que ser un lugar cubierto y preferentemente cerrado, para evitar las incomodidades y problemas causados por la acción del viento, la lluvia o el sol. Algunos de estos inconvenientes, por nombrar algunos, son:

- Fisuración superficial; causada por el viento.
- Lavado superficial del hormigón; causado por la lluvia.
- Evaporación del agua de la mezcla de hormigón; que puede ser provocada por la acción del sol o del viento o por ambos.

7.10.8.- Retiro de Moldajes.

Luego de una semana, desde el día del hormigonado, se procedió al retiro de los moldes. Este procedimiento se hizo con el debido cuidado para evitar daños en las caras y aristas de las piezas, como por ejemplos descascaramientos. El resultado observado luego de retirar todos los moldes fue que



Foto 7. Desmolde de piezas

la totalidad de las piezas quedaron bien terminadas, lo que quiere decir, que no se presentaron nidos y las superficies obtuvieron un buen acabado, esto debido al material del moldaje que se usó en combinación con el desmoldante aplicado y el método de vibración empleado.

7.10.9.- Almacenamiento y Despacho.

Es en este último punto de la cadena de fabricación donde fueron llevadas las piezas ya terminadas, después del retiro de sus moldes y habiendo estas adquirido casi el 70% de su resistencia requerida, lo que es suficiente para resistir el traslado de un lugar a otro.

Este lugar, en teoría, puede o no, ser cubierto debido a que las características del hormigón una vez fraguado no se ven afectadas por la acción de la lluvia, el viento o el sol. En el caso puntual de las piezas para este garaje, se almacenaron al exterior sin cubrirlas y desde aquí fueron directamente trasladadas hasta el lugar donde se realizaría su montaje, detrás del edificio del LEMCO, ubicado en el Campus Miraflores de La Universidad Austral.

7.11.-Montaje del Garaje.

Después de fabricar todas las partes se transportaron en camión hasta el lugar donde se realizó el montaje de las mismas, la manipulación de todas las piezas, tanto en el transporte como en el montaje, se hizo a pulso ya que su diseño así lo consideraba.

Por tratarse de una estructura liviana sólo se requirió de herramientas menores para llevar a cabo los trabajos necesarios del montaje, dentro de ellos tenemos los siguientes: pala, chuzo, nivel de manguera, plomo, huincha, esmeril angular, andamios y una soldadora monofásica. El tiempo requerido fue de dos días y las horas trabajadas en cada día fueron 4,5 horas el primer día y 5,5 horas el segundo. La mano de obra ocupada fue de tres personas en el primer día y cuatro en el segundo.

Debido a la simplicidad de los elementos y a lo reducido de sus tamaños no fue necesario elaborar un plan de montaje complejo, ya que la estructura no corrió riesgos de ser dañada. En primer, lugar porque todos elementos al ser pequeños y livianos no se ven expuestos a esfuerzos mayores durante el montaje que puedan producir daños, es quizás más riesgoso, en este caso, el transporte que el montaje. En segundo, lugar porque las uniones son pocas y sencillas, además el hecho de que estas uniones sean soldadas, en elementos insertos

en el hormigón durante su fabricación, es un punto a favor ya que no se debió hacer ningún tipo de perforación in situ.

Como los métodos que se usen en el montaje de estructuras puede variar según el tipo y tamaño de estas, las condiciones del lugar, disponibilidad de equipo y la preferencia del montador; los procedimientos de montaje no pueden regularizarse completamente, ya que cada problema tiene características especiales y propias, que deben tomarse en cuenta al desarrollar el plan de montaje más ventajoso.

Las consideraciones más importantes al llevar a cabo estas operaciones es la seguridad de los trabajadores y de los materiales, así como la economía y la rapidez del montaje.

Para el caso de esta tesis, en la etapa de montaje del garaje, se procede a instalar, nivelar, aplomar y alinear los diversos elementos estructurales hasta que estén en posición definitiva, de acuerdo con los planos y las tolerancias permitidas, haciéndose uniones provisionales con puntos de soldadura entre las piezas de las vigas antes de levantarlas. Se rellenaron las excavaciones hechas para empotrar los pilares, lo lógico hubiese sido hacerlo con hormigón para evitar cualquier desplazamiento de los pilares, pero como en este caso la ubicación del modelo no es definitiva se llenaron las excavaciones sólo con tierra y piedras, aun así no se presentaron problemas de ningún tipo con respecto a la posición de los pilares. Una vez que la estructura se niveló a plomo y a escuadra se procedió a la operación del “rematado” en la cual se terminan las uniones de terreno, todas ellas ejecutadas por medio de soldaduras. Luego se retaparon algunos descascaramientos producidos durante el proceso, que fueron mínimos, para asegurar una adecuada presentación visual.

7.11.1.-Trazado y Excavaciones.

En esta etapa, bastante simple, se trazó en el terreno la posición donde se ubicaron los pilares, teniendo el máximo cuidado en mantener los ángulos rectos del rectángulo que

proyectan en planta. Luego se procedió a efectuar las excavaciones en los puntos donde se enterrarían los pilares, estos fueron cuatro, uno en cada esquina del rectángulo mencionado

7.11.2.-Instalación de Pilares.

Estos son los primeros elementos que se instalaron, colocando cada uno de ellos en una de las excavaciones hechas. Quedaron así, instalados en forma provisoria, sin rellenar sus excavaciones hasta después de instaladas las placas laterales. Previamente a que fueran colocados los pilares dentro de las excavaciones, se realizó en el sello de estas una nivelación para igualar la altura en cada una, y lograr así, que los pilares también quedasen a una misma altura entre sí, con lo que posteriormente sólo se debió tener cuidado en aplomar correctamente la estructura.



Foto 8. Instalación de pilares



Foto 9. Pilares nivelados

7.11.3.- Instalación de Placas Laterales.

Estos elementos, que van instalados entre los pilares y embutidos en ellos, dentro de una ranura que poseen los pilares en toda su longitud. Como los pilares se aplomaron después de colocar las placas laterales, no fue necesario colocarlas de



Foto 10. Instalación de placas laterales

arriba hacia abajo, sino que se hizo desde abajo hacia arriba, esto fue posible gracias a la movilidad de los pilares que permitían la separación necesaria entre ellos para que entraran las placas. Así se hizo con las cuatro placas que hubo que colocar por lado, al instalar la cuarta y última de las placas se cerraron los pilares contra ellas y para mantener esa posición se colocó un arrostro de perfil L 25x25x2 mm, para unir los extremos superiores de los pilares, esto evitó que se abrieran y que las placas pudieran salirse de su posición.



Foto 11. Revisión en instalación de placas



Foto 12. Fijación de pilares

7.11.4.-Instalación de Vigas de Techo.

Para facilitar el montaje de estos elementos su instalación se efectuó en tres etapas:

7.11.4.1. - Primera Unión

Como las vigas en V invertida, del techo, se constituyen de dos piezas iguales que se deben unir con soldadura entre sí por sus extremos, por conveniencia en la manipulación, se decidió realizar su unión en el suelo antes de montarlas sobre los pilares. Con esto se facilitó la manipulación de las vigas, debido a la simple razón que de dos elementos se formó uno solo, lo que disminuyó complicaciones posteriores. Lo anterior quiere decir que con un solo elemento es mas simple realizar



Foto 13. Preparación para unión de vigas



Foto 14. Ejecución de unión de vigas

trabajos de precisión en posiciones incómodas. Otra ventaja es que al facilitar el trabajo se acorta el tiempo requerido para ejecutarlo.



Foto 15. Preparación del segundo juego de vigas, usando a las que ya están unidas como p lantilla

7.11.4.2. - Montaje de las Vigas

Después de haber hecho la primera unión en las vigas, se llevaron sobre los pilares, que sería su posición definitiva. Una vez sobre los pilares, se alinearon y aplomaron, para mantener esta posición se colocó un arrostramiento sobre la parte superior o cumbrera.



Foto 16. Montaje de las vigas

7.11.4.3. - Segunda Unión

Esta consistió en soldar los puntos de contacto entre pilares y vigas, que fueron cuatro en total. Esto quiere decir que se habían ejecutado las uniones provisionarias para la instalación de las vigas, lo que permite seguir adelante con el montaje de los demás elementos sin correr el riesgo de que se produzcan desplazamientos y movimientos peligrosos para la cuadrilla de montaje o para la estructura.



Foto 17. Unión entre pilares y vigas

7.11.5.-Instalación de Losetas de Techo.

Esta etapa fue la más sencilla, debido a que se colocaron las losetas sobre las vigas, las cuales quedaron trabadas unas con otras y no se requirió realizar ningún tipo de unión, pues estas se mantienen en su posición por el traslape que se produce en sus bordes de contacto, lo que hace que se traben unas con otras, y por su propio peso.



Foto 18. Colocación de losetas



Foto 19. Losetas



Foto 20. Vista general del montaje



Foto 21. Término montaje del techo

7.11.5.1. - Arrostramiento.

Fue necesario colocar arrostramientos para inmovilizar los pilares y las vigas del techo. En los pilares se colocaron perfiles ángulos 25x25x3mm, para evitar que estos se abran sobretodo al momento de montar las vigas del techo y además para evitar el sobreesfuerzo del vértice central de las vigas, las que



Foto 22. Instalación de arrostramientos

al tener forma de V invertida y al ser apoyadas sobre sus extremos tiende a abrirse, generando un momento en la unión central, que si no se previene podría ser mayor al que tendría estando la estructura en servicio y por lo tanto producirle algún daño. Además se colocó un perfil metálico para unir el vértice superior de las vigas de ambos marcos, para evitar que se abran, lo que podría producir que se volteen causando un grave daño a la estructura y eventualmente a terceros. Si la colocación de los arrostramiento, se consideran desde un principio se los puede aprovechar para que formen parte de la estructura terminada y así no se tendría la obligación de retirarlos, esto contribuye al ahorro de tiempo de montaje. De este modo a los arrostramientos del garaje se les puede asignar una función particular, por ejemplo: al puesto en la parte superior de las vigas se le puede aprovechar para conformar un sistema de cumbrera que sirva para sellar esa unión de ambas aguas del techo; a los puestos sobre los pilares y a su vez sobre las placas laterales se les puede aprovechar como terminación superior de los revestimientos laterales; a los colocados sobre los pilares y bajo las vigas se les puede usar para conformar el cierre de los frontones y las puertas de acceso.

7.11.5.2.- Conexiones.

Durante el montaje del garaje las uniones fueron adecuadamente soldadas para soportar todas las solicitaciones debidas a las cargas permanentes, viento y montaje. Las uniones y apoyos transitorios se ejecutaron en los mismos puntos donde posteriormente se ubicaron las definitivas, lo que implicó efectuar menos trabajos de terminación, además con esto se aseguró que los elementos no sufrieran desplazamientos al no haber tenido que retirar ningún tipo de elemento que alterara el estado de cargas. Todas las conexiones se realizaron soldando los elementos entre sí, para esto se incorporó, en ellos, insertos metálicos entre los que se aplicó la soldadura.

7.11.6.- Alineación.

Se verificaron la alineación y el plomo de todos los elementos, de forma especial en los pilares antes de:

- Llenar las excavaciones en que se han puesto.
- De unirlos provisoriamente.
- De unirlos definitivamente.

Los elementos se consideraran alineados y a plomo si el error no excede 1:500 de la altura.

7.11.7.- Nivelación.

Para realizar la nivelación se ocupó una manguera de nivel y sólo se nivelaron los cuatro pilares que se dejaron a una misma altura, una vez verificado esto, se llenó inmediatamente la excavación hecha para asentar los pilares. Después de la primera nivelación, se volvió a hacer, luego de terminado el montaje y sólo a modo de verificación.

7.11.8.-Soldadura en Terreno.

Se ejecutaron poca cantidad de soldaduras, sólo para las uniones entre pilares y vigas del techo y algunos arrostros, pero a pesar de la poca cantidad y simplicidad de estas, igual se tomaron medidas mínimas en este procedimiento. La ejecución de las soldaduras en terreno cumplió con las disposiciones correspondientes a la soldadura en taller. Para estas faenas se ocupó Soldadura al Arco Manual con electrodos para acero al carbono E-6011, según la clasificación AWSE. Con respecto a las deformaciones que producen en los elementos metálicos la soldadura al arco manual, no hubo problemas, ya que por estar empotrados en el hormigón es difícil que se deformen. De todas formas se tomaron las precauciones necesarias para evitar las deformaciones y fatigas internas que se hayan podido ocasionar, estableciendo previamente a su ejecución, la secuencia adecuada. Los soldadores cumplieron con los requisitos de capacidad y práctica exigidos por las normas correspondientes.

Las superficies que se soldaron se limpiaron para eliminar cualquier presencia de óxidos, escorias, grasa, pintura u otras materias extrañas. Será aceptable, sin embargo, la presencia de una capa de óxido de laminación que resista un fuerte escobillado.

Se tuvo la precaución de que las piezas por soldar y electrodos estuvieran completamente libres de humedad. Como la ejecución de las soldaduras se realizó en verano y el clima no representó un inconveniente, no fue necesario cubrir las zonas de las soldaduras para protegerlas de la lluvia, la humedad y bajas temperaturas.

7.11.9.-Inspecciones realizadas.

Para asegurar que el resultado final sea el esperado se realizaron diversas inspecciones, para aprobar una etapa y continuar con la siguiente. Estas inspecciones se efectuaron desde el comienzo de la fabricación de las piezas hasta el término del montaje. A continuación se detallan las inspecciones realizadas:

7.11.9.1-Inspección de Moldajes.

Se verificó que sus medidas fuesen las mismas que aparecen en los planos confeccionados para el diseño, además se revisó que los refuerzos colocados fuesen suficientes para que el moldaje no se deformara durante el vaciado del hormigón, al menos, no más de lo tolerado permitido que es de 1/200.

7.11.9.2.-Inspección de las Enfierraduras.

Aquí se verificó que las características, tanto en diámetro como en largos, de las enfierraduras ya puestas dentro de los moldajes, sean las que establecen los planos de cálculo.

7.11.9.3.-Primera Inspección de Elementos de Hormigón.

Se revisaron todos los elementos después de haberles retirado los moldajes y en ninguno se presentaron fisuras, nidos o fallas estructurales.

7.11.9.4.-Segunda Inspección de Elementos de Hormigón.

Se volvió a revisar todos los elementos luego de efectuado el traslado de ellas hasta el lugar del montaje, para comprobar que no hubiesen sufrido algún daño en el transporte.

Efectivamente, lo observado fue que en ningún elemento se produjeron daños o alteraciones.

7.11.9.5.-Inspección de Montaje previo a la ejecución de las Uniones Provisorias.

Se revisaron y aprobaron plomos y líneas de pilares y vigas del techo antes de ejecutar las uniones provisorias entre los elementos nombrados.

7.11.9.6.-Inspección de Montaje previo a la ejecución de las Uniones Definitivas.

Antes de ejecutar las uniones definitivas con soldadura se revisaron y aprobaron por segunda vez plomos y líneas de cada pilar y viga de techo.

7.11.9.7.-Inspección Final de Montaje.

Después de armar y ejecutar las uniones definitivas por medio de soldaduras, se revisaron por última vez plomos y líneas de la estructura en forma general, considerándola como un todo.

7.11.9.8.-Inspección de Uniones Soldadas.

También se realizó una inspección final a las uniones soldadas para comprobar que se habían ejecutado todas y que se había hecho en forma correcta.

Cada una de las inspecciones realizadas tuvieron la finalidad de asegurar que el producto final cumpliera con el propósito establecido inicialmente.



Foto 23. Prueba de carga (± 100 Kg)



Foto 24. Prototipo de garaje terminado

CAPITULO VIII .- EVALUACION DE COSTOS.

8.1.- Presupuestos.

A continuación se exponen una serie de presupuestos, que van a servir como herramienta para poder hacer comparaciones entre ellos, sobre todo de costos, lo que permitirá obtener valiosa información al respecto. En primer lugar se presenta el caso del prototipo ejecutado realmente, de un módulo para garaje de 5 m2 de superficie:

8.1.1.- Presupuesto de Un Módulo para Garaje de Hormigón Armado Prefabricado.

PRESUPUESTO PARA UN MODULO DE GARAJE (SUP. 5 M2)

Proyecto : Tesis "Garaje de Hormigón Prefabricado"

Tesista : Claudio González Cubillos

Profesor Guía : Sr. Hernán Arnés V.

Item	Detalle	Unid.	Cant.	P. Unit.	P.Total
1.-	Fundaciones				
1.1.-	Excavaciones	m3	0,30	2.631	789
1.2.-	Hormigón 4 sacos cem/m3 horm.	m3	0,30	33.781	10.134
2.-	Estructura				
2.1.-	Pilares				
2.1.1.-	Moldaje	m2	8,20	3.260	26.732
2.1.2.-	Hormigón H30, 80% N.C.	m3	0,28	43.929	12.300
2.1.3.-	Armadura Acero A 44-28	kg	34,10	577	19.676
2.2.-	Vigas				
2.2.1.-	Moldaje	m2	7,20	3.260	23.472
2.2.2.-	Hormigón H30, 80% N.C.	m3	0,19	43.929	8.347
2.2.3.-	Armadura Acero A 44-28	kg	30,50	577	17.599
2.3.-	Placas Laterales				
2.3.1.-	Moldaje	m2	11,90	3.260	38.794
2.3.2.-	Hormigón H30, 80% N.C.	m3	0,32	43.929	14.057
2.3.3.-	Malla Acma C-139	m2	8,00	2.284	18.272
2.4.-	Losetas Techo				
2.4.1.-	Moldaje	m2	13,70	3.260	44.662
2.4.2.-	Hormigón H30, 80% N.C.	m3	0,25	43.929	10.982
2.4.3.-	Armadura Acero A 44-28	kg	8,60	577	4.962
2.4.4.-	Malla Acma C-139	m2	5,60	2.204	12.342
2.5.-	Elementos Metálicos				
2.5.1.-	Insertos	uni	24,00	1.142	27.408
2.5.2.-	Arrostramientos	kg	8,00	1.214	9.712
2.6.-	Montaje				
2.6.1.-	Mano de Obra Instalación	gl	1,00	157.500	157.500
				Sub Total	457.741
				Gastos Generales 8%	36.619
				Utilidad 12%	54.929
				Sub Total	549.289
				I.V.A. 19%	104.365
				Total	653.654

8.1.2.- Presupuesto de Dos Módulos para Garaje de Hormigón Armado Prefabricado.

PRESUPUESTO PARA DOS MODULOS DE GARAJE (SUP. 10 M2)

Proyecto : Tesis "Garaje de Hormigón Prefabricado"

Tesista : Claudio González Cubillos

Profesor Guía : Sr. Hernán Arnés V.

Item	Detalle	Unid.	Cant.	P. Unit.	P.Total
1.-	Fundaciones				
1.1.-	Excavaciones	m3	0,45	2.631	1.184
1.2.-	Hormigón 4 sacos cem/m3 horm.	m3	0,45	33.781	15.201
2.-	Estructura				
2.1.-	Pilares				
2.1.1.-	Moldaje	m2	12,30	3.260	40.098
2.1.2.-	Hormigón H30, 80% N.C.	m3	0,42	43.929	18.450
2.1.3.-	Armadura Acero A 44-28	kg	51,15	577	29.514
2.2.-	Vigas				
2.2.1.-	Moldaje	m2	10,80	3.260	35.208
2.2.2.-	Hormigón H30, 80% N.C.	m3	0,29	43.929	12.739
2.2.3.-	Armadura Acero A 44-28	kg	45,75	577	26.398
2.3.-	Placas Laterales				
2.3.1.-	Moldaje	m2	23,80	3.260	77.588
2.3.2.-	Hormigón H30, 80% N.C.	m3	0,64	43.929	28.115
2.3.3.-	Malla Acma C-139	m2	16,00	2.284	36.544
2.4.-	Losetas Techo				
2.4.1.-	Moldaje	m2	27,40	3.260	89.324
2.4.2.-	Hormigón H30, 80% N.C.	m3	0,50	43.929	21.965
2.4.3.-	Armadura Acero A 44-28	kg	17,20	577	9.924
2.4.4.-	Malla Acma C-139	m2	11,20	2.204	24.685
2.5.-	Elementos Metálicos				
2.5.1.-	Insertos	uni	36,00	1.142	41.112
2.5.2.-	Arrostramientos	kg	16,00	1.214	19.424
2.6.-	Montaje				
2.6.1.-	Mano de Obra Instalación	gl	1,00	157.500	157.500
				Sub Total	684.973
				Gastos Generales 8%	54.798
				Utilidad 12%	82.197
				Sub Total	821.967
				I.V.A. 19%	156.174
				Total	978.141

8.1.3.- Presupuesto de Tres Módulos para Garaje de Hormigón Armado Prefabricado.

PRESUPUESTO PARA TRES MODULOS DE GARAJE (SUP. 15 M2)

Proyecto : Tesis "Garaje de Hormigón Prefabricado"

Tesista : Claudio González Cubillos

Profesor Guía : Sr. Hernán Arnés V.

Item	Detalle	Unid.	Cant.	P. Unit.	P.Total
1.-	Fundaciones				
1.1.-	Excavaciones	m3	0,60	2.631	1.579
1.2.-	Hormigón 4 sacos cem/m3 horm.	m3	0,60	33.781	20.269
2.-	Estructura				
2.1.-	Pilares				
2.1.1.-	Moldaje	m2	16,40	3.260	53.464
2.1.2.-	Hormigón H30, 80% N.C.	m3	0,56	43.929	24.600
2.1.3.-	Armadura Acero A 44-28	kg	68,20	577	39.351
2.2.-	Vigas				
2.2.1.-	Moldaje	m2	14,40	3.260	46.944
2.2.2.-	Hormigón H30, 80% N.C.	m3	0,38	43.929	16.693
2.2.3.-	Armadura Acero A 44-28	kg	61,00	577	35.197
2.3.-	Placas Laterales				
2.3.1.-	Moldaje	m2	35,70	3.260	116.382
2.3.2.-	Hormigón H30, 80% N.C.	m3	0,96	43.929	42.172
2.3.3.-	Malla Acma C-139	m2	24,00	2.284	54.816
2.4.-	Losetas Techo				
2.4.1.-	Moldaje	m2	41,10	3.260	133.986
2.4.2.-	Hormigón H30, 80% N.C.	m3	0,75	43.929	32.947
2.4.3.-	Armadura Acero A 44-28	kg	25,80	577	14.887
2.4.4.-	Malla Acma C-139	m2	16,80	2.204	37.027
2.5.-	Elementos Metálicos				
2.5.1.-	Insertos	uni	48,00	1.142	54.816
2.5.2.-	Arrostramientos	kg	19,20	1.214	23.309
2.6.-	Montaje				
2.6.1.-	Mano de Obra Instalación	gl	1,00	157.500	157.500
				Sub Total	905.938
				Gastos Generales 8%	72.475
				Utilidad 12%	108.713
				Sub Total	1.087.126
				I.V.A. 19%	206.554
				Total	1.293.680

8.1.4.- Presupuesto para Garaje de Madera.

Especificaciones generales:

Fundaciones: hormigón 170 kg.cem./m3.

Estructura de muros: tabiquería pinp IPV 2" x 4".

Revestimiento exterior: placas Northway.

Revestimiento interior: OSB 9,5 mm.

Estructura de techumbre: pino IPV 1" x 4".

Cubierta: zinc-alum acanalado 0,4 mm.

PRESUPUESTO GARAJE ESTRUCTURA DE MADERA (SUP. 15 M2)

Proyecto : Tesis "Garaje de Hormigón Prefabricado"

Tesista : Claudio González Cubillos

Profesor Guía : Sr. Hernán Arnés V.

Item	Detalle	Unid.	Cant.	P. Unit.	P.Total
1.-	Fundaciones				
1.1.-	Excavaciones	m3	0,60	2.631	1.579
1,2.-	Hormigón 4 sacos cem/m3 horm.	m3	0,60	34.156	20.494
2.-	Estructura				
2.1.-	Tabiques perimetrales pino IPV 2" x 4"	m2	25,00	4.488	112.200
2.2.-	Estructura techumbre pino IPV	gl	1,00	114.155	114.155
3.-	Revestimientos				
3.1.-	Capa fieltro 15 lbs.	m2	28,70	653	18.741
3.2.-	Placas Northway 3,66 x 0,19 x 6 mm	m2	28,70	5.694	163.418
3.3.-	Placas OSB 9,5 mm	m2	25,00	4.004	100.100
4.-	Cubierta				
4.1.-	Capa fieltro 15 lbs.	m2	20,00	653	13.060
4.2.-	Placas OSB 9,5 mm	m2	20,00	4.004	80.080
4.3.-	Cubierta Ondulada 0,4 mm	m2	20,00	4.861	97.220
5.-	Hojalatería				
5.1.-	Caballete	ml	6,00	2.964	17.784
5.2.-	Forro terminal fe galv.	ml	6,40	2.937	18.797
6.-	Carpinterías de Madera				
6.1.-	Marcos de vanos pino IPV	gl	1,00	5.408	5.408
7.-	Pintura protección de maderas				
7.1.-	Imprimante maderas	m2	45,00	1.642	73.890
				Sub Total	836.925
				Gastos Generales 8%	66.954
				Utilidad 12%	100.431
				Sub Total	1.004.310
				I.V.A. 19%	190.819
				Total	1.195.129

8.1.5.- Presupuesto para Garaje Metálico.

Especificaciones generales:

Fundaciones: hormigón 170 kg.cem./m3.

Estructura: marcos de acero estructural A37-24ES.

Estructura de muros: estructura metálica de Metalcon.

Revestimiento exterior: placas Northway.

Revestimiento interior: OSB 9,5 mm.

Cubierta: zinc-alum acanalado 0,4 mm.

PRESUPUESTO GARAJE ESTRUCTURA METALICA (SUP. 15 M2)

Proyecto : Tesis "Garaje de Hormigón Prefabricado"

Tesista : Claudio González Cubillos

Profesor Guía : Sr. Hernán Arnés V.

Item	Detalle	Unid.	Cant.	P. Unit.	P.Total
1.-	Fundaciones				
1.1.-	Excavaciones	m3	0,60	2.631	1.579
1,2.-	Hormigón 4 sacos cem/m3 horm.	m3	0,60	34.156	20.494
2.-	Estructura				
2.1.-	Estructura Metálica	kg	242,00	1.234	298.628
2.2.-	Estructura Metalcon muros perimetrales	m2	25,00	6.006	150.150
3.-	Revestimientos				
3.1.-	Capa fieltro 15 lbs.	m2	28,70	653	18.741
3.2.-	Placas Northway 3,66 x 0,19 x 6 mm	m2	28,70	5.694	163.418
3.3.-	Placas OSB 9,5 mm	m2	25,00	4.004	100.100
4.-	Cubierta				
4.1.-	Capa fieltro 15 lbs.	m2	20,00	653	13.060
4.2.-	Placas OSB 9,5 mm	m2	20,00	4.004	80.080
4.3.-	Cubierta Ondulada 0,4 mm	m2	20,00	4.861	97.220
5.-	Hojalatería				
5.1.-	Caballote	ml	6,00	2.964	17.784
5.2.-	Forro terminal fe galv.	ml	6,40	2.937	18.797
6.-	Pintura protección de maderas				
6.1.-	Imprimante maderas	m2	45,00	1.642	73.890
6.2.-	Anticorrosivo	m2	12,00	1.495	17.940
				Sub Total	1.071.880
				Gastos Generales 8%	85.750
				Utilidad 12%	128.626
				Sub Total	1.286.256
				I.V.A. 19%	244.389
				Total	1.530.644

8.1.6.- Presupuesto para Garaje de Hormigón y Albañilería In Situ.

Especificaciones generales:

Fundaciones: hormigón 170 kg.cem./m3.

Estructura muros: albañilería reforzada con hormigón armado, e = 15 cm.

Revestimientos: estucos mortero 1 : 3.

Cubierta: losa hormigón armado e = 10 cm..

PRESUPUESTO GARAJE ESTRUCTURA DE HORMIGON Y ALBAÑILERIA IN SITU (SUP. 15 M2)

Proyecto : Tesis "Garaje de Hormigón Prefabricado"

Tesista : Claudio González Cubillos

Profesor Guía : Sr. Hernán Arnés V.

Item	Detalle	Unid.	Cant.	P. Unit.	P.Total
1.-	Fundaciones				
1.1.-	Excavaciones	m3	1,50	2.631	3.947
1.2.-	Hormigón 4 sacos cem/m3 horm.	m3	1,50	34.156	51.234
2.-	Estructura de Muros				
2.1.-	Moldaje	m2	25,30	6.859	173.533
2.2.-	Hormigón 255 kg. Cem/m3	m3	1,30	39.406	51.228
2.3.-	Armadura Acero A44-28	kg	105,00	577	60.585
2.4.-	Albañilería de 11,5 cm	m2	24,00	10.865	260.760
3.-	Revestimiento				
3.1.-	Estuco	m2	48,00	5.004	240.192
4.-	Cubierta				
4.1.-	Losa de hormigón	m2	15,00	17.264	258.960
4.2.-	Membrana Sikaplan 15 G	m2	15,00	14.244	213.660
				Sub Total	1.314.098
				Gastos Generales 8%	105.128
				Utilidad 12%	157.692
				Sub Total	1.576.918
				I.V.A. 19%	299.614
				Total	1.876.532

8.2.- Comparación de costos entre garajes de distintas características

Los valores con los que se realizan las siguientes evaluaciones y comparaciones corresponden a precios de una obra vendida e incluyen IVA. Se tomó como referencia el valor del IVA correspondiente al día 23 de agosto de 2004, que tiene un valor de 17.124 pesos.

Para la mejor comprensión de la información que se entrega a continuación, los datos se resumen en tablas y gráficos que se encuentran a continuación.

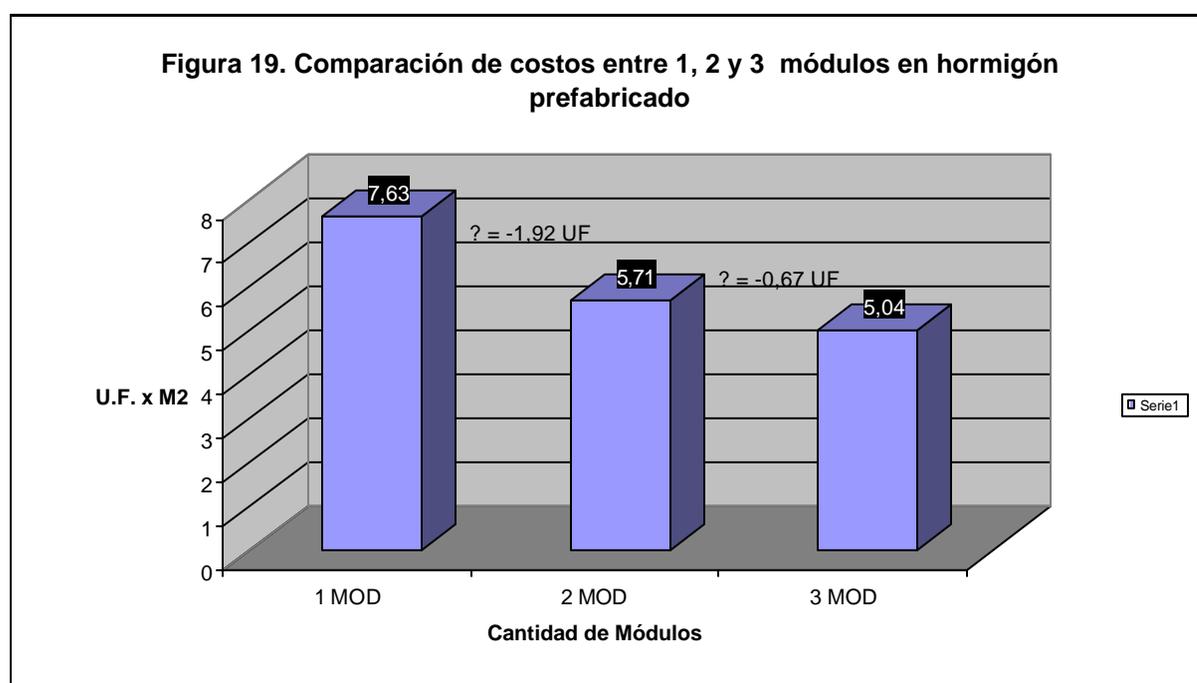
8.2.1.- Garajes con elementos de hormigón prefabricado de 1, 2 y 3 módulos

Para formarse la idea de cómo influye la superficie construida en el precio total de estas estructuras, se ha elaborado la siguiente tabla:

Tabla 22

Comparación de costos entre 1, 2 y 3 módulos de un garaje de hormigón prefabricado

TIPO GARAJE	SUPERFICIE	VALOR EN PESOS	VALOR EN U.F.	U.F./M2
UN MODULO	5 M2	653.654	38,17	7,63
DOS MODULOS	10 M2	978.141	57,12	5.71
TRES MODULOS	15 M2	1.293.680	75,55	5.04



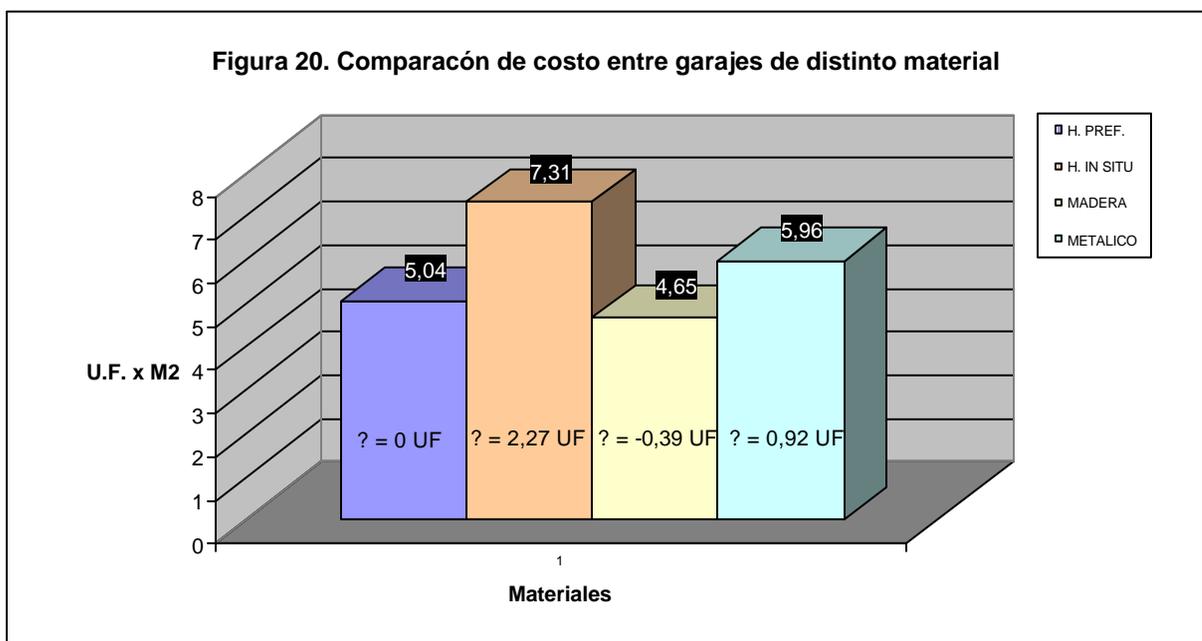
Del gráfico de la figura 19 se deduce que siempre va a ser más conveniente construir un garaje en hormigón prefabricado de mayores dimensiones, o sea que mientras mayor la superficie construida menor será el costo por metro cuadrado.

8.2.2.- Garajes fabricados con distintos materiales

Para realizar las comparaciones entre garajes construidos en base a distintos materiales, tomaremos como referencia al de 15 m² para representar una situación más realista. Por otra parte, los precios que se consideran para garajes que no sean de hormigón armado prefabricado se obtuvieron de los presupuestos confeccionados para este fin.

Tabla 23
Comparación de costos entre garajes de distinto material

TIPO GARAJE	SUPERFICIE	VALOR EN PESOS	VALOR EN U.F.	U.F./M2
H.A. PREFAB.	15 M2	1.293.680	75.55	5.04
MADERA	15 M2	1.195.129	69.79	4.65
METALICO	15 M2	1.530.644	89.39	5.96
H.A. IN SITU	15 M2	1.876.532	109.59	7.31



En el gráfico de la figura 20 se puede observar que el costo de construir y montar un garaje de hormigón prefabricado, incluso es más bajo que hacerlo con otros materiales como el acero o albañilería reforzada con hormigón armado hecha in situ. El único material que resulta mas barato que el hormigón armado, para construir un garaje, es la madera pero con un margen bastante estrecho de sólo 0,39 UF/M2.

8.2.3.- Costos de mantención

También se evalúan los costos de mantención en los que se incurriría para garajes contruidos con distintos materiales. Este procedimiento es de mucha ayuda en la evaluación de costos, ya que al sumarlo con el costo de fabricación se puede obtener una visión mas amplia en el tiempo, de los gastos que se tendrían que realizar, que en realidad van mas allá de los gastos iniciales incurridos para fabricar estas estructuras y que por lo general es un punto muy poco considerado por muchas personas cuando deciden efectuar una inversión.

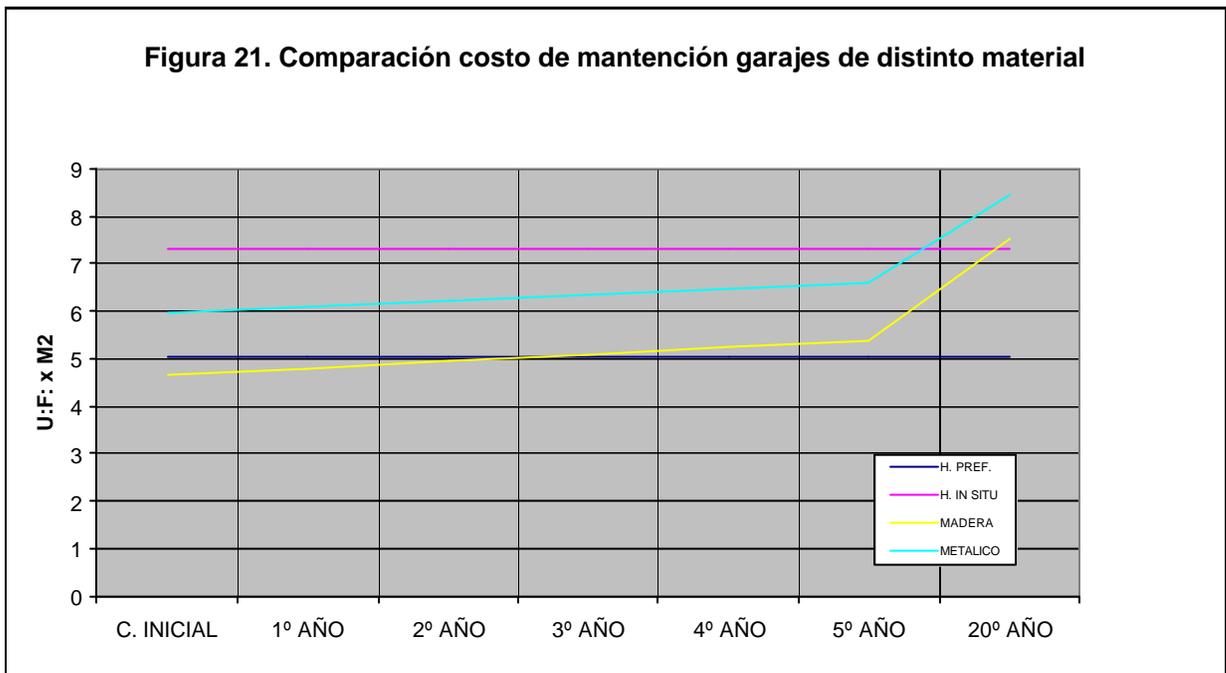
Este costo se obtiene haciendo una proyección de los gastos que se realizarían en un periodo de 20 años, considerado en este caso como la vida útil mínima de una estructura de madera. Obtenido el total de gasto, se divide por los 20 años y resulta el costo anual de mantención para el garaje.

Tabla 24

Comparación entre costos de mantención en garajes de distinto material

TIPO DE GARAJE	SUPERFICIE	U.F./AÑO/M2
H.A. PREFAB.	15 M2	0
MADERA	15 M2	0.144
METALICO	15 M2	0.125
H.A. IN SITU	15 M2	0

Los costos de mantención para garajes de hormigón es cero, ya que para evaluar este punto se consideró dentro de estos gastos aquellos que se harán por conceptos de pintura, al tener que pintar los revestimientos para su protección, y no se consideran pinturas para dichas estructuras.



La información que entrega el gráfico de la figura 21, permite realizar más de una observación, como por ejemplo:

- Que un garaje construido en madera supera, en cuanto a costo, a uno hecho con hormigón prefabricado al cabo de aproximadamente tres años.
- El costo de construir un garaje con estructura metálica siempre va a estar por encima de los costos de uno fabricado con hormigón prefabricado.
- Construir un garaje de hormigón armado y albañilería In Situ, aunque no tenga costos de mantención, siempre va a resultar más caro que ejecutarlo con hormigón prefabricado.
- Mientras que un garaje de madera cumple con su vida útil, 20 años por ejemplo, otro fabricado con hormigón prefabricado permanece aun en servicio y lo puede seguir haciendo por muchos años más.

- Al cabo de 20 años, tanto el garaje de madera como el metálico terminan por ser más caros que las otras dos soluciones en hormigón, In Situ y prefabricado, debido a los gastos de mantenimiento realizados en dicho período.

CAPITULO IX. - CONCLUSIONES.

9.1.- Conclusiones.

Tras el desarrollo de esta tesis se obtuvieron las siguientes:

- Se comprobó la factibilidad de construir un garaje completamente de hormigón, con todas las ventajas que esto implica, mas aún, se dedujo que se pueden mejorar y optimizar varios aspectos del prototipo construido, como por ejemplo:

Es posible reducir las secciones de los elementos, lo que se traduce en disminución de costos y del peso de los elementos. Este último punto es importante para la manipulación de las piezas.

Se le pueden dar variadas formas a los elementos, lo que se puede utilizar a conveniencia de la intencionalidad que se tenga al momento de concebir la idea de un proyecto. Esto puede usarse para obtener formas pensando tanto en una solución práctica tanto como en algo más original y estético.

- El ciclo de producción que se obtuvo para un módulo de un garaje prefabricado, esto es para la fabricación de los elementos de hormigón, fue de cinco días. Si se quisiera llevar este periodo de tiempo a una escala productiva industrializada, es posible reducir la duración de este ciclo debido a la posibilidad de usar tecnologías disponibles en el mercado orientadas especialmente a la reducción de los tiempos de diversos tipos de faenas, como por ejemplo el caso de los aditivos que modifican características específicas de los hormigones. Por otro lado, el hecho de que las actividades de los procesos de fabricación de elementos prefabricados sean repetitivas hace que estas sean mas cortas que si se realizaran por primera vez.

- Si la colocación de los arrostros, se consideran desde un principio como parte integrante de la estructura terminada, se les puede aprovechar como tal y así no se estaría en la obligación de retirarlos posteriormente. Esto contribuye al ahorro de tiempo en el montaje.
- El adecuado uso de arrostros puede ser una muy buena ventaja para la servicialidad de la estructura y también para sus uniones, ya que se pueden reducir los esfuerzos ejercidos sobre las uniones al contrarrestarlos con los elementos que conforman los arrostros.
- Costo inicial puede parecer alto, pero al ser un producto perdurable en el tiempo y que no requiere mantenimiento, o si es así, esta es muy baja.
- Aunque la máxima economía, al momento de utilizar elementos prefabricados se obtiene con la repetición de módulos y formas, es importante resaltar que se puede iniciar la prefabricación de los elementos estándar mientras el proyecto continúa resolviendo aquellos detalles más complicados, lo que claramente se transforma en un ahorro de tiempo.
- La utilización de prefabricados, como método industrial de producción de elementos o partes de una construcción, presenta claras y variadas ventajas; las cuales al ser comparadas cuantitativamente con las desventajas son efectivamente menores lo que hace de este sistema constructivo, un método comprobadamente confiable.
- Una de las ventajas prácticas que no se refleja bien en los estudios teóricos de costo es que en las construcciones prefabricadas existe una obligación de rigurosidad en el orden y en

las dimensiones, sin lo cual no es posible el montaje o armado. Una pieza prefabricada que falle o que sobre no pasa inadvertida.

- La decisión de prefabricar In Situ o en una fabrica estable dependerá principalmente del tamaño de la obra y de la complejidad del sistema seleccionado por lo que en:
Obras medianas el mayor costo de transporte del prefabricado definirá la conveniencia de fabricar en planta o en la obra.
Obras pequeñas convendrá la fabricación In Situ o comprar piezas estándar a una fábrica establecida.
- Debido a la repetitividad de las actividades en los procesos productivos de elementos prefabricados, es posible que la mano de obra se autoespecialice al cabo de poco tiempo. Esta condición permite afirmar que la mano de obra no es algo determinante al momento de decidir entre la prefabricación In Situ o en planta.
- A menudo se encuentran opiniones que sostienen que la prefabricación se ve limitada en países sísmicos como Chile.
Es necesario resaltar que una construcción prefabricada, bien diseñada, puede ser tan o más segura que una construcción tradicional en sitio. Esto ha quedado demostrado por la experiencia de los últimos terremotos en Chile y otros países. Las construcciones que han fallado son las que tenían errores de diseño, o de desarrollo, independientemente de si eran prefabricadas o en sitio.
- Con la experiencia obtenida, al correr de los años, se recomienda para Chile combinaciones de estructuras prefabricadas con arrostamientos y diafragmas ejecutados en sitio. El uso de sobrelosas armadas y de algunos muros ejecutados en sitio aumenta la ventaja del proyecto como un todo y simplifican los diseños. Esto se pudo comprobar en el

prototipo del garaje construido, ya que se le instaló arrostramientos durante su montaje y posteriormente se tuvo la suerte de poder ponerlo a prueba en el sismo que afectó a la ciudad de Valdivia el día 04 de julio de 2004 a las 01:03 hrs., el que alcanzó aproximadamente 5,5 grados en la escala de Mercalli. Luego de inspeccionar detenidamente el garaje, tanto sus uniones como las superficies de los elementos de hormigón armado, se concluyó que no se presentaron alteraciones, fallas ni desplazamientos a causa del sismo.

- Es recomendable aumentar los coeficientes de seguridad para las sollicitaciones de las uniones en $1/3$ para trasladar los mecanismos de falla a los elementos y lograr una continuidad adecuada.
- Se pudo comprobar, a través de los presupuestos elaborados, que se cumple la premisa de que a medida que aumenta el tamaño de las obras y teniendo la mayor cantidad de piezas iguales que prefabricar, los costos se pueden ir reduciendo. Lo que se puede apreciar con mayor claridad si llevamos el costo total de una obra al valor que tendría, por ejemplo, en un m² de superficie construida.
- Se pudo establecer que el costo inicial que tiene un garaje de hormigón prefabricado, no es un impedimento o un problema al momento de tomar la decisión de elegir entre este tipo de estructura u otro, ya que como lo demostraron los estudios de costos el hormigón prefabricado resulta ser más barato que una estructura metálica o una estructura de hormigón hecha In Situ. Con respecto a una estructura de madera, ésta es más barata, pero la diferencia no es incidental.

- Si dentro de los costos se consideran tanto el inicial como los de mantención, construir un garaje con estructura de madera supera el valor de un garaje de hormigón prefabricado al cabo de aproximadamente tres años.
- Construir un garaje de hormigón armado y albañilería In Situ, aunque no tenga costos de mantención, siempre va a resultar más caro que ejecutarlo con hormigón prefabricado. La razón de esto es que al construir en el mismo lugar donde se emplazará la edificación requiere ejecutar faenas que en el montaje de elementos prefabricados no se realizarían. Algunas de estas faenas son: transporte de materiales y herramientas o equipos, ejecución de hormigones en el lugar, confección de moldajes, fraguado y curado de hormigones, retiro de moldajes, reparación de superficies dañadas entre otra. Además se debe señalar que el tiempo de permanencia en el lugar, del personal ejecutor, es considerablemente mayor.
- Mientras que un garaje de madera cumple con su vida útil, 20 años por ejemplo, otro fabricado con hormigón permanece aun en servicio y lo puede seguir haciendo por muchos años más.
- Al cabo de 20 años, tanto el garaje de madera como el metálico terminan por ser más caros que las otras dos soluciones en hormigón, In Situ y prefabricado, debido a los gastos de mantención realizados en dicho período.

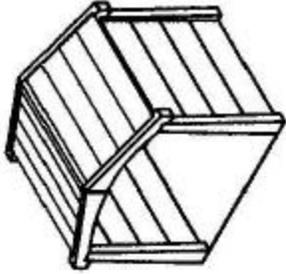
BIBLIOGRAFÍA

- Campuzano David.
Prefabricación en Hormigón
Instituto Chileno del Cemento y el Hormigón
1980.
- Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón
Prefabricación de Elementos Sencillos de Hormigón
1985
- Riddell C., Rafael – Hidalgo O., Pedro
Diseño Estructural, segunda edición
Ediciones Universidad Católica de Chile
1999
- Tectonia
Monografías de arquitectura, tecnología y construcción
Volumen 5 : “Hormigón Prefabricado
- Bruna Vargas, Fernando
Ingeniero Civil - UC
Charla en Cámara Chilena de la Construcción: “Prefabricados en Hormigón”
1994

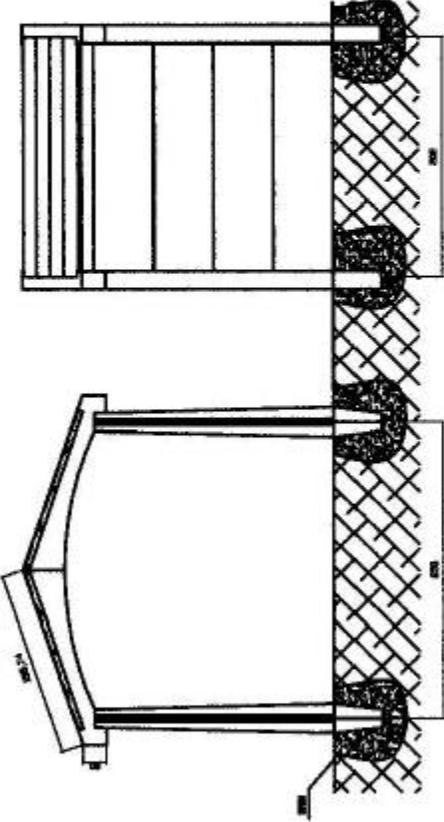
- Bruna Vargas, Fernando
Ingeniero Civil - UC
Charla en Cámara Chilena de la Construcción: “Diseño de Losas Tradicionales Prefabricadas y Postensadas”
1995
- Salgado Aravena, Jorge – Solé Azula, Ma. Eugenia
Geotecnia, tercera edición
1992
- Urrea Muster, Remberto – Salgado Aravena, Jorge
Especificaciones y Métodos de Muestreo y Ensaye
Dirección de Vialidad
1986
- Referencias de internet:
<http://www.ich.cl/>
<http://www.inn.cl/>
<http://www.cchc.cl/>
<http://www.ondac.cl/>
<http://www.melon.cl/>
<http://www.ucn.cl/>
<http://www.cbb.cl/>

ANEXOS

**PLANOS DE ARQUITECTURA Y ESTRUCTURA
PARA GARAJES DE HORMIGÓN PREFABRICADO**



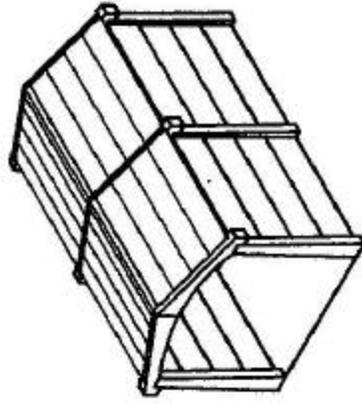
ISOMETRICA



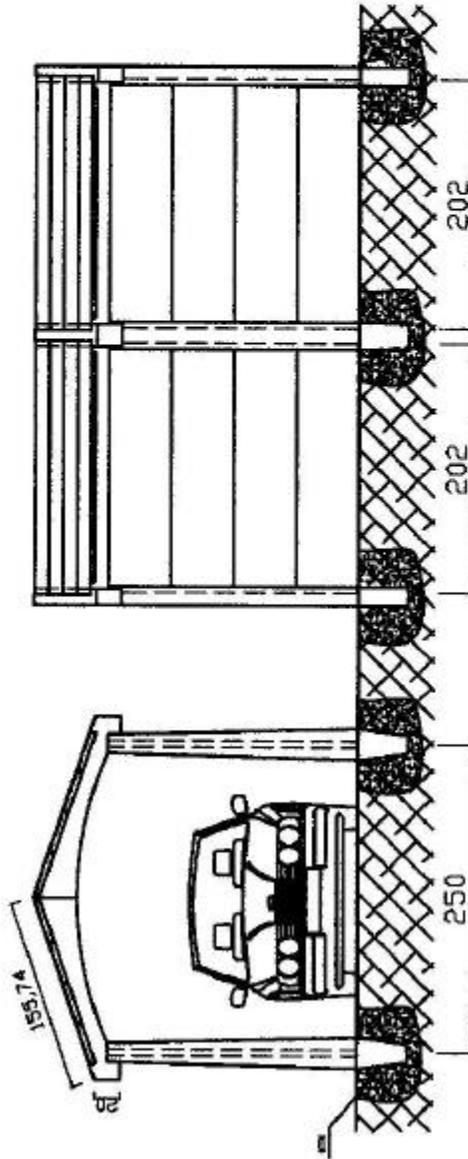
MEMORIA DE TITULO: "Garajes de Hormigón Prefabricado"

CONTENIDO: ELEVACIONES Y DETALLES	TIPO ESTRUCTURA: MODULO DE 2,50 mt DE LUZ x DE 2,00 mt DE FONDO
UBICACION: COMUNA DE VALDIVIA	DIBUJO: CLAUDIO GONZALEZ C.
	ALUMNO: CLAUDIO GONZALEZ CUBILLOS PROFESOR PATROCINANTE: HERNAN ARNES V.
	ESCALAS 1 : 50 FECHA: AGOSTO DE 2004

LAMINA N°
1 / 3

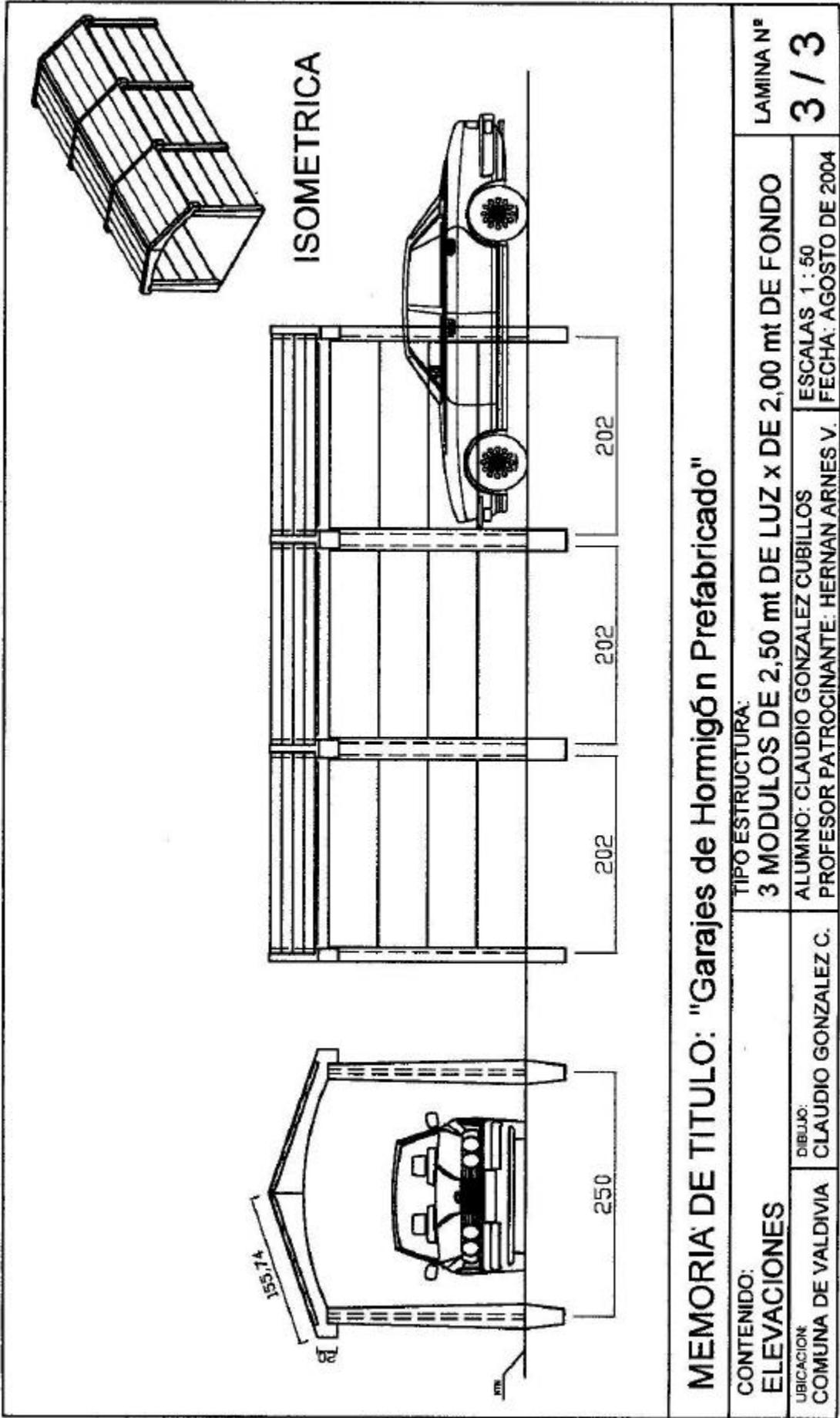


ISOMETRICA



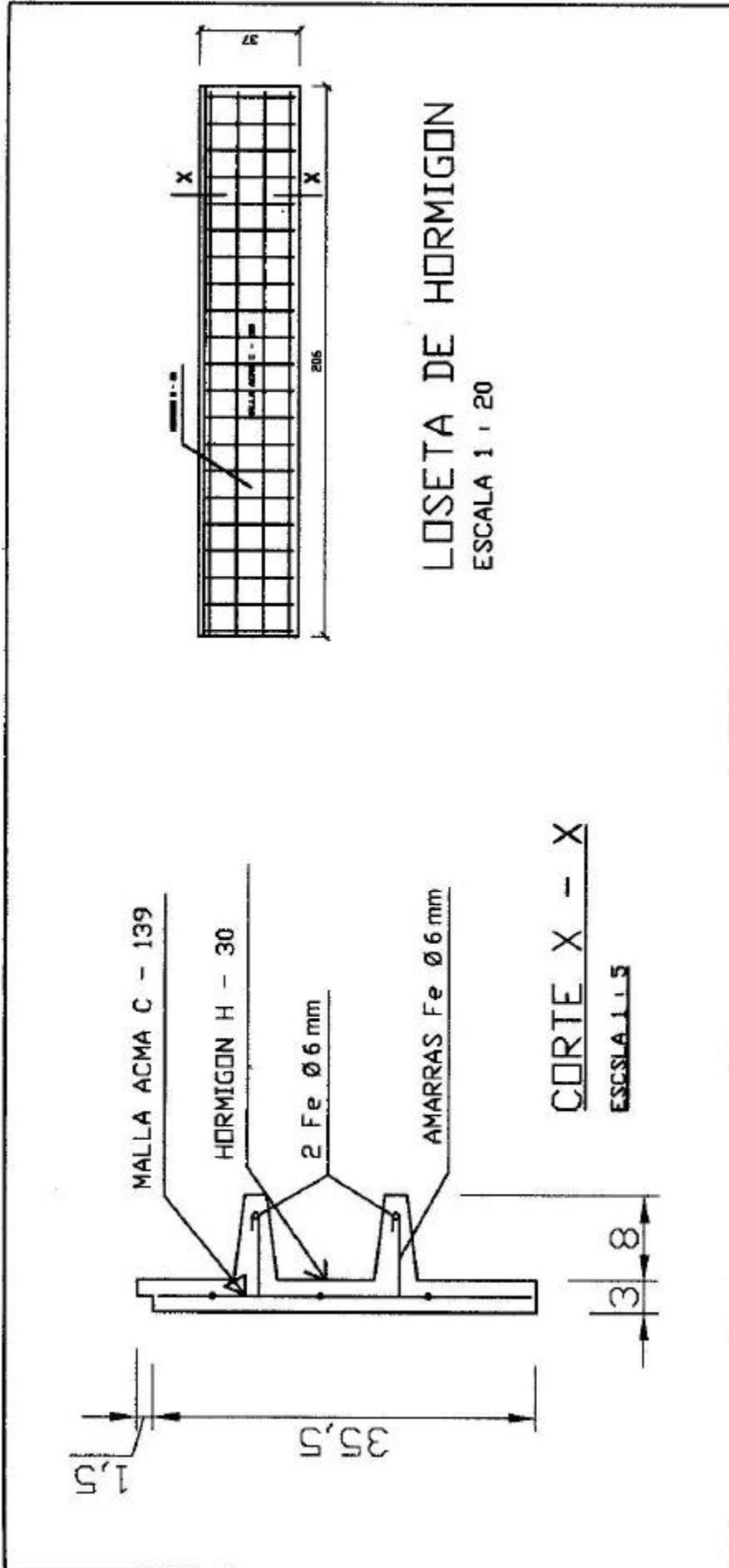
MEMORIA DE TITULO: "Garajes de Hormigón Prefabricado"

CONTENIDO: ELEVACIONES		TIPO ESTRUCTURA: 2 MODULOS DE 2,50 mt DE LUZ x DE 2,00 mt DE FONDO	LAMINA Nº 2 / 3
UBICACION: COMUNA DE VALDIVIA		ALUMNO: CLAUDIO GONZALEZ CUBILLOS PROFESOR PATROCINANTE: HERNAN ARNES V.	ESCALAS 1 : 50 FECHA: AGOSTO DE 2004
DIBUJO: CLAUDIO GONZALEZ C.			

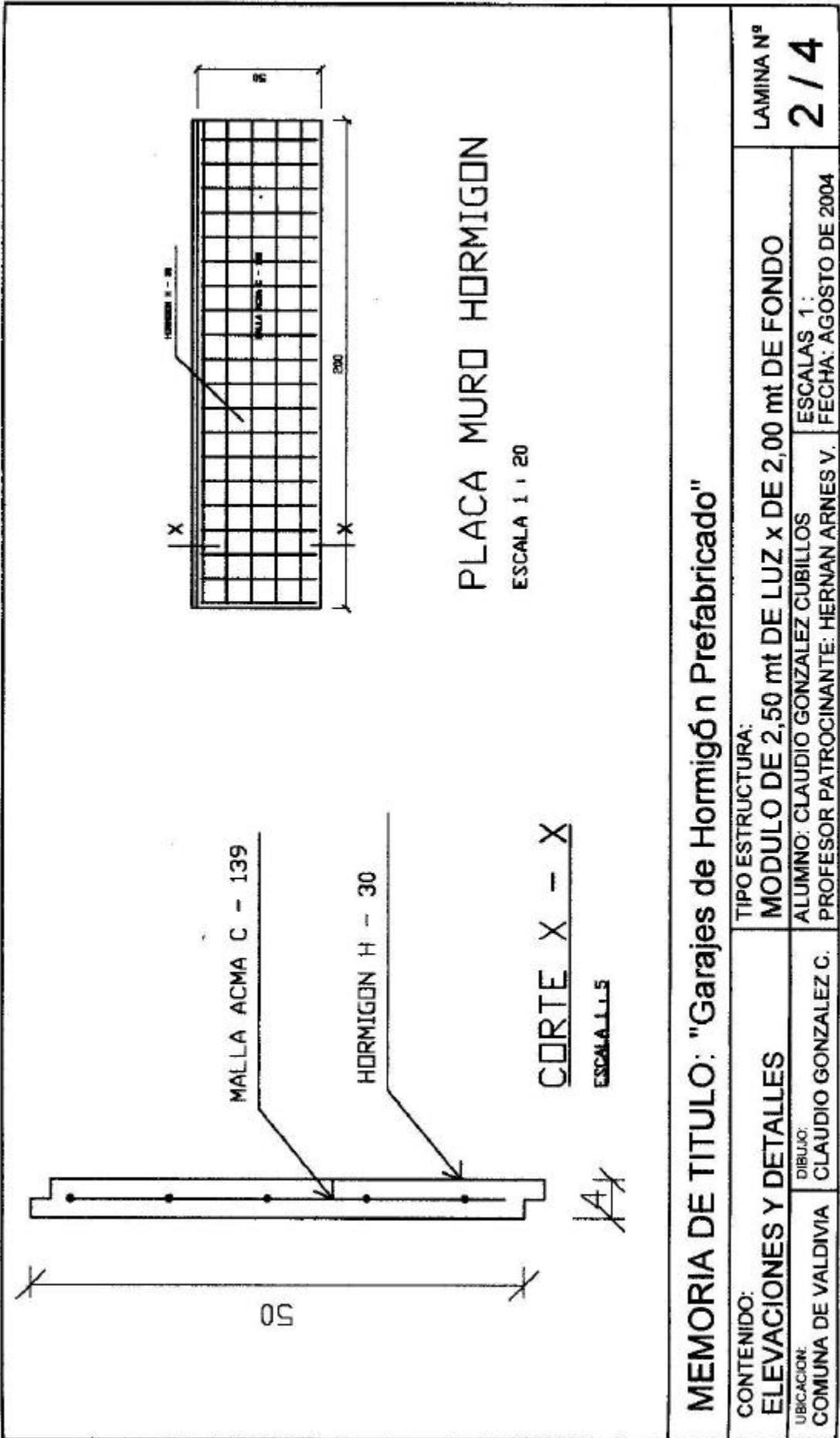


MEMORIA DE TITULO: "Garajes de Hormigón Prefabricado"

CONTENIDO: ELEVACIONES		TIPO ESTRUCTURA: 3 MODULOS DE 2,50 mt DE LUZ x DE 2,00 mt DE FONDO		LAMINA N° 3 / 3
UBICACION: COMUNA DE VALDIVIA	DIBUJO: CLAUDIO GONZALEZ C.	ALUMNO: CLAUDIO GONZALEZ CUBILLOS PROFESOR PATROCINANTE: HERNAN ARNES V.	ESCALAS 1 : 50 FECHA: AGOSTO DE 2004	

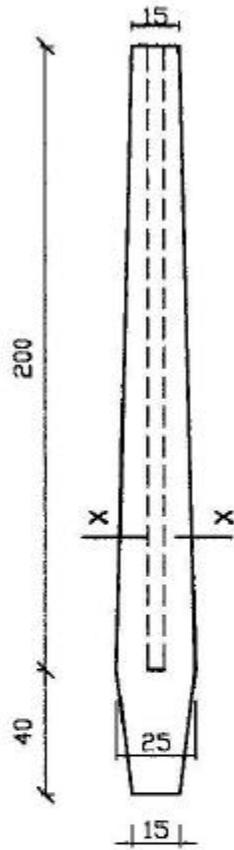


MEMORIA DE TÍTULO: "Garajes de Hormigón Prefabricado"		LÁMINA Nº 1 / 4
CONTENIDO: ELEVACIONES Y DETALLES	TIPO ESTRUCTURA: MODULO DE 2,50 mt DE LUZ x DE 2,00 mt DE FONDO	ESCALAS 1: FECHA: AGOSTO DE 2004
UBICACION: COMUNA DE VALDIVIA	ALUMNO: CLAUDIO GONZALEZ CUBILLOS PROFESOR PATROCINANTE: HERNAN ARNES V.	
DRUJO: CLAUDIO GONZALEZ C.		



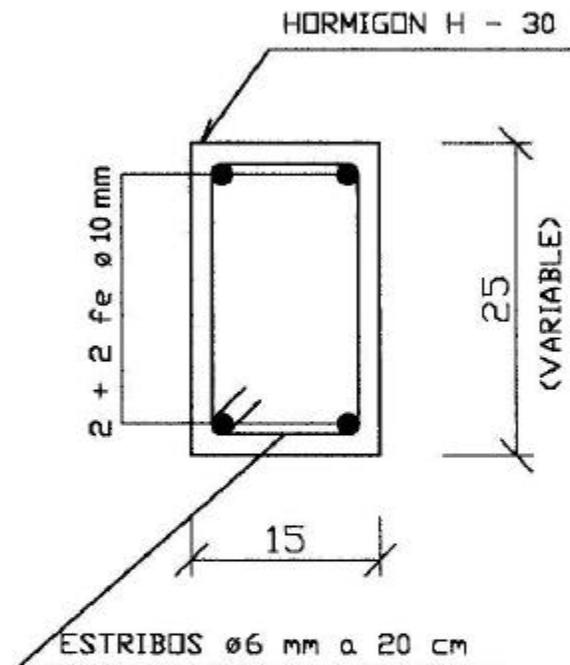
PILAR DE HORMIGON

ESCALA 1 : 20



CORTE X - X

ESCALA 1 : 5



Memoria de Título:

"Garajes de Hormigón Prefabricado"

TIPO ESTRUCTURA:

MODULO DE 2,50 mt DE LUZ x DE 2,00 mt DE FONDO

CONTENIDO:

ELEVACIONES Y DETALLES

FECHA: AGOSTO DE 2004

ESCALAS 1 :

ALUMNO: CLAUDIO GONZALEZ CUBILLOS

LAMINA Nº

PROFESOR PATROCINANTE: HERNAN ARNES V.

UBICACION:

COMUNA DE VALDIVIA

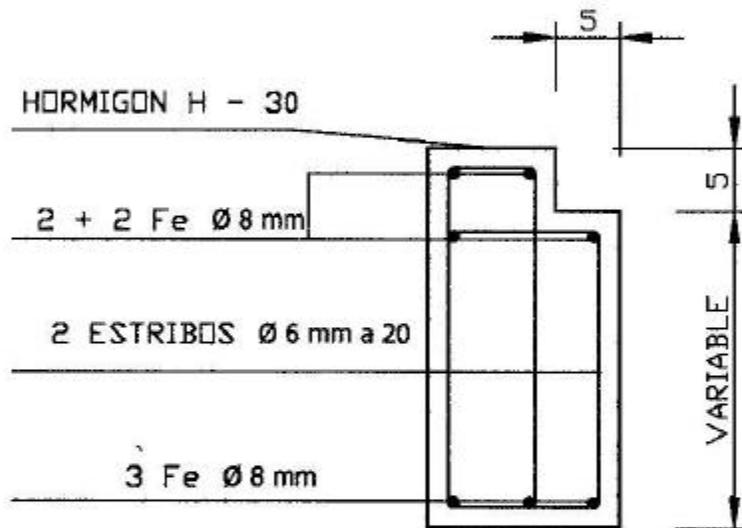
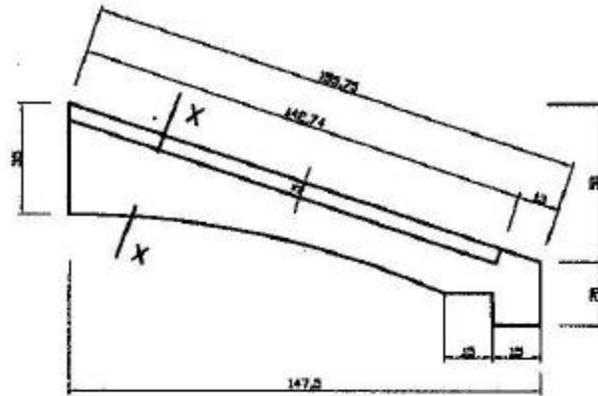
DIBUJO:

CLAUDIO GONZALEZ C.

3 / 4

VIGAS DE HORMIGÓN

ESCALA 1 : 10



CORTE X - X

ESCALA 1 : 5

Memoria de Título:

"Garajes de Hormigón Prefabricado"

TIPO ESTRUCTURA:

MODULO DE 2,50 mt DE LUZ x DE 2,00 mt DE FONDO

CONTENIDO:

ELEVACIONES Y DETALLES

FECHA: AGOSTO DE 2004

ESCALAS 1 :

ALUMNO: CLAUDIO GONZALEZ CUBILLOS

LAMINA N°

PROFESOR PATROCINANTE: HERNAN ARNES V.

UBICACION:
COMUNA DE VALDIVIA

DIBUJO:
CLAUDIO GONZALEZ C.

4 / 4

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

PROYECTO: GARAJE DE HORMIGÓN PREFABRICADO.
 Ing. en Civil: Claudio González Cubillos.
 Profesor Guía: Hernán Arnes Valencia.

1
 24/08/2004

**PRECIOS UNITARIOS DEL PRESUPUESTO
 GARAJE ESTRUCTURA DE HORMIGÓN Y ALBAÑILERÍA IN SITU**

Item	Línea	Código	Descripción	Item(es)	Cantidad	P. Unitario \$	Total \$
Actividad(es)							
1.01	BA	90032	EXCAVACIONES		1,5 m3		
	1		JORNALERO		0,3 día	7.000	2.100
	2		CARRETILLA COMPENSADA		0,005 uni	22.120	111
	3		LEYES SOCIALES (O.E.)	1	20 %		420
							\$ 2.631
1.02	CA	90000	HORMIGÓN 4 SACOS CEMM3 HORM.		1,5 m3		
	1		RIPIO (flete 15km)		0,7 m3	7.000	4.900
	2		ARENA GRUESA (FLETE 15 km)		0,75 m3	7.000	5.250
	3		CEMENTO MELON ESP.		5 sac	3.500	17.500
	4		TROMPO BENCINERO 125 LTS		0,25 gl	4.000	1.000
	5		BENCINA ESPECIAL 93 CORRIEN		0,5 lt	500	250
	6		CONCRETERO		0,6 día	7.300	4.380
	7		LEYES SOCIALES (O.E.)	6	20 %		876
							\$ 34.196
2.01	DA	90005	MOLDAJE		25,3 m2		
	1		PINO BRUTO		1,8 pul	1.250	2.250
	2		TERCIADO ESTRUCTURAL 1" 18 MM		0,1400 pla	10.752	1.505
	3		DESMOLTEP METAL TB=200LTS		0,13 lt	580	75
	4		CLAVO 2 1/2"x11 (238 unid.)		0,35 kg	610	214
	5		SEPARADOR ENCOFRADO #2 15mm		7 uni	7	49
	6		ALAMB.NEG #14 37mt/kg R/50K		0,26 kg	497	129
	7		PISTOLA ACL HILTI DX450		0,001 uni	380.000	380
	8		CLAVO HILTI SDM 54 P8 (2 1/2") c/fulm.		2 uni	85	170
	9		JORNALERO		0,015 día	7.000	105
	10		CARPINTERO		0,12 día	12.500	1.500
	11		LEYES SOCIALES (O.E.)		30 %		482
							\$ 6.859
2.02	CA	90181	HORMIGÓN 255 kg. cem./m3		1,3 m3		
	1		RIPIO (flete 15km)		0,7 m3	7.000	4.900
	2		ARENA GRUESA (FLETE 15 km)		0,75 m3	7.000	5.250
	3		CEMENTO MELON ESP.		6,5 sac	3.500	22.750
	4		TROMPO BENCINERO 125 LTS		0,25 gl	4.000	1.000
	5		BENCINA ESPECIAL 93 CORRIEN		0,5 lt	500	250
	6		CONCRETERO		0,6 día	7.300	4.380
	7		LEYES SOCIALES (O.E.)	6	20 %		876
							\$ 39.406
2.03	EA	90002	ARMADURA ACERO A 63-42		105 kg		
	1		FIERRO ESTRIADO A-44		1,1000 kg	385	424
	2		ALAMB.NEG#18 104mt/kg R/50K		0,01 kg	706	7
	3		DISCO CORTE RASTA 7" A=3209		0,001 uni	900	1

NEXO TESIS: GARAJE DE HORMIGÓN PREFABRICADO.
 asista: Claudio González Cubillos.
 profesor Guía: Hernán Arnes Valencia.

2
 24/08/2004

PRECIOS UNITARIOS DEL PRESUPUESTO
GARAJE ESTRUCTURA DE HORMIGÓN Y ALBAÑILERIA IN SITU

em	Línea	Código	Descripción	Item(es)	Cantidad	P. Unitario \$	Total \$
		4	SUBCONT. PREPARAC. Y COLOC. ENFIERRADURA		1 kg	140	140
		5	JORNALERO		0,0006 día	7.000	4
		6	LEYES SOCIALES (O.E.)	5	20 %		1
						\$	577
2.04		FA 90005	ALBAÑILERÍA DE 11,5 CM		24 m2		
	SubAct.	1	LADRILLO REJ.STD. 24x11,5x7,1		49,5 uni	115	5.693
		2	MORTERO 340 KG/CM3 1:3		40 lit	52	2.080
		3	FIERRO RED 6mm LISO(CAP)		1,5 kg	365	548
		4	PINO EN BRUTO DIMENSIONADO		0,05 pul	1.200	60
		5	JORNALERO		0,06 día	7.000	420
		6	ALBAÑIL		0,15 día	11.000	1.650
		7	LEYES SOCIALES (O.E.)		20 %		414
						\$	10.865
3.01		KE 90070	ESTUCO 1:3		48 m2		
	SubAct.	1	MORTERO 340 KG/CM3 1:3		28 lit	52	1.456
		2	CLAVO 2"		0,015 kg	350	5
		3	PINO CEPILLADO		0,02 pul	1.800	36
		4	SIKALATEX (Tineta 20 kg)		0,01 tin	0	0
	SubAct.	5	PUNTEREO MUROS Y PILARES EXTERIORES		1 m2	359	359
		6	ALBAÑIL		0,1400 día	11.000	1.540
		7	JORNALERO		0,055 día	7.000	385
		8	ANDAMIOS C/2 PLATAFORMAS		0,001 gl	54.000	54
		9	LEYES SOCIALES (O.E.)		21 %		404
	SubAct.	10	M.L. DE ESTUCO INTERIOR		0,5 ml	1.529	765
						\$	5.004
4.01		CA 90182	LOSA DE HORMIGÓN		15 m2		
	SubAct.	1	MOLDAJE		1 m2	6.859	6.859
	SubAct.	2	HORMIGÓN 255 kg. cern./m3		0,1 m3	39.406	3.941
	SubAct.	3	ARMADURA ACERO A 63-42		8 kg	577	4.618
		4	ALBAÑIL		0,1400 día	11.000	1.540
		5	LEYES SOCIALES (O.E.)	4	20 %		308
						\$	17.264
4.02		IC 90089	MEMBRANA SIKAPLAN 15 G		15 m2		
		1	SIKAPLAN 15G (ROLLO x 40 M2)		0,0275 uni	296.574	8.156
		2	VARIOS	1	2 %		163
		3	SUBC. APLIC. MEMBRANA SIKAPLAN 15G		1 m2	1.800	1.800
		4	JORNALERO		0,03 día	7.000	210
		5	HERRAMIENTAS	4	5 %		11
		6	LEYES SOCIALES (O.E.)	4	21 %		44
	SubAct.	7	SOBRELOSAS AFINADA		1 m2	3.860	3.860
						\$	14.244

ANEXO TESIS: GARAJE DE HORMIGÓN PREFABRICADO.

Tesisista: Claudio González Cubillos.

Profesor Guía: Hernán Arnes Valencia.

3
24/08/2004

**PRECIOS UNITARIOS DEL PRESUPUESTO
GARAJE ESTRUCTURA DE HORMIGÓN Y ALBAÑILERIA IN SITU**

Item	Línea	Código	Descripción	Item(es)	Cantidad	P. Unitario \$	Total \$
SubActividad(es) Nivel 1							
		CB 00583	MORTERO 340 KG/C/M3 1:3		40 lit		
	1		ARENA ESTUCO C/FLETE 15 KMS		0,0015 m3	4.740	7
	2		CEMENTO MELON ESP.		0,01 sac	3.500	35
	3		TROMPO BENCINERO 125 LTS		0,0002 gl	4.000	1
	4		BENCINA ESPECIAL 93 S/PLOMO		0,003 lit	500	2
	5		JORNALERO		0,0008 dia	7.000	6
	6		LEYES SOCIALES (O.E.)	5	21 %		1
							\$ 52
		KA 00817	PUNTEREO MUROS Y PILARES EXTERIORES		1 m2		
	1		DEMOLEDOR BOSCH 11305 15 kg		0,005 dia	4.000	20
	2		JORNALERO		0,04 dia	7.000	280
	3		LEYES SOCIALES (O.E.)	2	21 %		59
							\$ 359
		KA 90011	M.L. DE ESTUCO INTERIOR		0,5 ml		
SubAct.	1		MORTERO 340 KG/C/M3 1:3		7 lit	52	364
	2		CLAVO 2"		0,0170 kg	350	6
	3		PINO CEPILLADO		0,02 pul	1.800	36
	4		ALBAÑIL		0,070 dia	11.000	858
	5		JORNALERO		0,01 dia	7.000	70
	6		LEYES SOCIALES (O.E.)		21 %		195
							\$ 1.529
		CA 90181	HORMIGÓN 255 kg. cem./m3		0,1 m3		
	1		RIPIO (flete 15km)		0,7 m3	7.000	4.900
	2		ARENA GRUESA (FLETE 15 km)		0,75 m3	7.000	5.250
	3		CEMENTO MELON ESP.		0,5 sac	3.500	22.750
	4		TROMPO BENCINERO 125 LTS		0,25 gl	4.000	1.000
	5		BENCINA ESPECIAL 93 CORRIEN		0,5 lit	500	250
	6		CONCRETERO		0,8 dia	7.300	4.360
	7		LEYES SOCIALES (O.E.)	6	20 %		876
							\$ 39.406
		DA 90005	MOLDAJE		1 m2		
	1		PINO BRUTO		1,8 pul	1.250	2.250
	2		TERCIADO ESTRUCTURAL 1" 18 MM		0,1400 pla	10.752	1.506
	3		DESMOLTEP METAL TB=200LTS		0,13 lit	580	75
	4		CLAVO 2 1/2"x1 1/4" (238 unid.)		0,35 kg	610	214
	5		SEPARADOR ENCOFRADO #2 15mm		7 unid	7	49
	6		ALAMB. NEG #14 37ml/kg R/50K		0,26 kg	497	129
	7		PISTOLA ACL. HILTI DX450		0,001 unid	380.000	380
	8		CLAVO HILTI SDM 54 P8 (2 1/2") c/fulm.		2 unid	85	170

INEXO TESIS: GARAJE DE HORMIGÓN PREFABRICADO.
 Asista: Claudio González Cubillos.
 Profesor Guía: Hernán Arnes Valencia.

4
 24/08/2004

**PRECIOS UNITARIOS DEL PRESUPUESTO
 GARAJE ESTRUCTURA DE HORMIGÓN Y ALBAÑILERÍA IN SITU**

tem	Línea	Código	Descripción	Item(es)	Cantidad	P. Unitario \$	Total \$
	9	JORNALERO			0,015 día	7.000	105
	10	CARPINTERO			0,12 día	12.500	1.500
	11	LEYES SOCIALES (O.E.)			30 %		482
						\$	6.889
	EA 90002	ARMADURA ACERO A 63-42			8 kg		
	1	FIERRO ESTRIADO A-44			1,1000 kg	385	424
	2	ALAMB.NEG#18 104mt/kg R/50K			0,01 kg	706	7
	3	DISCO CORTE RASTA 7" A=3209			0,001 uni	900	1
	4	SUBCONT. PREPARAC. Y COLOC. ENFIERRADURA			1 kg	140	140
	5	JORNALERO			0,0008 día	7.000	4
	6	LEYES SOCIALES (O.E.)		6	20 %		1
						\$	577
	LF 90000	SOBRELOSAS AFINADA			1 m2		
SubAct.	1	MORTERO 340 KG/C/M3 1:3			42 lit	52	2.184
	2	JORNALERO			0,025 día	7.000	175
	3	ALBAÑIL			0,11 día	11.000	1.210
	4	LEYES SOCIALES (O.E.)			21 %		291
						\$	3.860

SubActividad(es) Nivel 2

	CB 00563	MORTERO 340 KG/C/M3 1:3			7 lit		
	1	ARENA ESTUCO C/FLETE 15 KMS			0,0015 m3	4.740	7
	2	CEMENTO MELON ESP.			0,01 sac	3.500	35
	3	TROMPO BENCINERO 125 LTS			0,0002 gl	4.000	1
	4	BENCINA ESPECIAL 93 S/PLOMO			0,003 lit	500	2
	5	JORNALERO			0,0008 día	7.000	6
	6	LEYES SOCIALES (O.E.)		6	21 %		1
						\$	52

Audio González Cubillos
 Constructor Civil (E)
 Anexo para complemento de tesis.

1
 24/08/2004

**PRECIOS UNITARIOS DEL PRESUPUESTO
 GARAGE ESTRUCTURA DE MADERA**

tem	Línea	Código	Descripción	Item(es)	Cantidad	P. Unitario \$	Total \$
Actividad(es)							
01.01	BA	90032	EXCAVACIONES		0,6 m3		
			1 JORNALERO		0,3 dia	7.000	2.100
			2 CARRETILLA COMPENSADA		0,005 uni	22.120	111
			3 LEYES SOCIALES (O.E.)	1	20 %		420
							\$ 2.631
01.02	CA	90000	HORMIGÓN 4 SACOS CEMM3 HORM.		0,6 m3		
			1 RIPIO (flete 15km)		0,7 m3	7.000	4.900
			2 ARENA GRUESA (FLETE 15 km)		0,75 m3	7.000	5.250
			3 CEMENTO MELON ESP.		5 sac	3.500	17.500
			4 TROMPO BENCINERO 125 LTS		0,25 dia	4.000	1.000
			5 BENCINA ESPECIAL 93 CORRIEN		0,5 lit	500	250
			6 CONCRETERO		0,6 dia	7.300	4.380
			7 LEYES SOCIALES (O.E.)	6	20 %		675
							\$ 34.156
02.01	HA	90025	TABIQUES PERIMETRALES PINO IPV 2' x 4'		25 m2		
			1 PINO IMPREG. DIMENSIONADO ESTRUCTURAL		1,1000 pul	2.200	2.420
			2 CLAVO CORRIENTE 4'x8 (88 un)		0,35 kg	595	208
			3 ANCLAJE		0,6 gl	600	360
			4 CARPINTERO		0,1 dia	12.500	1.250
			5 LEYES SOCIALES (O.E.)	4	20 %		250
							\$ 4.488
02.02	HA	90077	ESTRUCTURA TECHUMBRE PINO IPV		1 gl		
			1 PINO IMPREG. DIMENSIONADO ESTRUCTURAL		23,1 pul	2.200	50.820
			2 CLAVO CORRIENTE 4'x8 (88 un)		5 kg	595	2.975
			3 ANCLAJE		0,6 gl	600	360
			4 CARPINTERO		4 dia	12.500	50.000
			5 LEYES SOCIALES (O.E.)	4	20 %		10.000
							\$ 114.155
03.01	IC	00149	CAPA FIELTRO 15 LB.		28,7 m2		
			1 DYNAFLEX FIELTRO 15 LB ROLL		1,2 m2	350	420
			2 CORCHETE T-5-8 1/2" 5000 uni		0,002 caj	3.550	7
			3 CARPINTERO		0,015 dia	12.500	188
			4 LEYES SOCIALES (O.E.)	3	20 %		36
							\$ 653
03.02	K	90025	PLACAS NORTHWAY 3,66 x 0,19 x 6 mm		28,7 m2		
			1 PIEZA NORTHWAY 3,66 x 0,19 x 6 mm		1,9 uni	1.852	3.519
			2 CLAVO TERRA GALV. P.TEJA 2X10		0,25 kg	950	238
			3 HOJAL. COMPLEM. NORTHWAY y REV. ZINC. ON		0,1 ml	2.200	220

Claudio González Cubillos
 Constructor Civil (E)
 Anexo para complemento de tesis.

3
 24/08/2004

**PRECIOS UNITARIOS DEL PRESUPUESTO
 GARAGE ESTRUCTURA DE MADERA**

Item	Línea	Código	Descripción	Item(es)	Cantidad	P. Unitario \$	Total \$
06.02	OA	90156	FÓRRO TERMINAL FE GALV. #24		6,4 ml		
	1		PLANCHA DE ACERO GALVANIZADO 0,5 mm		0,15 pla	6.500	975
	2		SOLDA. 50% ESTAÑO TIPO A		0,025 kg	5.621	146
	3		ROSC.1 1/2x10 AB CIN DR C/B		2 uni	8	16
	4		SUBCONTRATO HOJALATERÍA		1 ml	1.800	1.800
						\$	2.937
06.01	HA	90078	MARCOS DE VANOS PINO IPV		1 gl		
	1		PINO IMPREG. DIMENSIONADO ESTRUCTURAL		1 pul	2.200	2.200
	2		CLAVO CORRIENTE 4"x8 (85 un)		0,35 kg	596	208
	3		CARPINTERO		0,2 dia	12.500	2.500
	4		LEYES SOCIALES (O.E.)	3	20 %		500
						\$	5.408
07.01	KC	90122	IMPRIMANTE MADERAS		45 m2		
	1		IMPRIMANTE PARA MADERAS MAD&SON		0,1 gal	9.500	950
	2		LIIJA KRAFT GRANATE #2 50		0,3 pil	60	18
	3		BROCHA 5x5/8" DE CERDA		0,02 uni	1.211	24
	4		VIARIOS		5 %		50
	5		SUBCONTRATO PINTURA		2 m2	300	600
						\$	1.642

ANEXO TESIS: GARAJE DE HORMIGÓN PREFABRICADO.

Tesisista: Claudio González Cubillos.

Profesor Guía: Hernán Arnes Valencia.

24/08/2004

**PRECIOS UNITARIOS DEL PRESUPUESTO
GARAJE ESTRUCTURA METÁLICA**

Item	Línea	Código	Descripción	Item(es)	Cantidad	P. Unitario \$	Total \$
Actividad(es)							
01.01	BA	90032	EXCAVACIONES		0,6 m3		
			1 JORNALERO		0,3 día	7.000	2.100
			2 CARRETILLA COMPENSADA		0,005 uni	22.120	111
			3 LEYES SOCIALES (O.E.)	1	20 %		420
							\$ 2.631
01.02	CA	90000	HORMIGÓN 4 SACOS CEM/M3 HORM.		0,6 m3		
			1 RUIPIO (flete 15km)		0,7 m3	7.000	4.900
			2 ARENA GRUESA (FLETE 15 km)		0,75 m3	7.000	5.250
			3 CEMENTO MELON ESP.		5 sac	3.500	17.500
			4 TROMPO BENCINERO 125 LTS		0,25 día	4.000	1.000
			5 BENCINA ESPECIAL 93 CORRIEN		0,5 lit	500	250
			6 CONCRETERO		0,6 día	7.300	4.380
			7 LEYES SOCIALES (O.E.)	6	20 %		876
							\$ 34.156
02.01	GA	90002	ESTRUC. METÁLICA		287 kg		
			1 PERFILES		1,08 kg	690	745
			2 SOLDADURA # 230 DE 1/8		0,01 kg	1.200	12
			3 DISCO CORTE RASTA 7" A=3209		0,008 uni	900	7
			4 DISCO DESBASTE RASTA 7"		0,002 uni	1.500	3
			5 MÁQUINA ELECTRICA MENOR		0,1 gl	600	60
			6 GAS, OXIGENO, ETC.		1 gl	10	10
			7 PERNOS HEX. C/TUER. Y GOL. EST. METÁLICA		1 gl	10	10
			8 PERNOS, GROUTING		1 gl	2	2
			9 VARIOS		1 %		7
			10 LEYES SOCIALES (O.E.)	1	20 %		0
			11 SUBCONT. INSTALACIÓN ESTRUCT. METÁLICA		1,08 kg	350	378
							\$ 1.234
02.02	HA	02080	ESTRUC. METALCÓN MUROS PERIMETRO 2º		25 m2		
			1 PERFILES METALCÓN TABIQUES PERIMETRALES		3,8 kg	690	2.622
			2 TORNILLO AUTOPERFORANTE 8x3/4"		30 uni	12	360
			3 TORNILLO AUTOPERFOR. 10x3/4"		30 uni	18	540
			4 PISTOLA HILTI		0,001 uni	380.000	380
			5 CLAVO HILTI SDM 54 P8 (2 1/2") c/Ultm.		1 uni	85	85
			6 ATORNILLADORA ELÉCTRICA		0,002 uni	120.000	240
			7 DISCO CORTE RASTA 7" A=3209		0,05 uni	900	45
			8 CARPINTERO		0,11 día	12.500	1.375
			9 JORNALERO		0,01 día	7.000	70
			10 LEYES SOCIALES (O.E.)		20 %		289
							\$ 6.008
03.01	IC	00149	CAPA FIELTRO 15 LB.		28,7 m2		

ANEXO TESIS: GARAJE DE HORMIGÓN PREFABRICADO.
 Tesisista: Claudio González Cubillos.
 Profesor Guía: Hernán Arnes Valencia.

2
 24/08/2004

PRECIOS UNITARIOS DEL PRESUPUESTO
 GARAJE ESTRUCTURA METÁLICA

Item	Línea	Código	Descripción	Item(es)	Cantidad	P. Unitario \$	Total \$
			1 DYNAFLEX FIELTRO 15 LB ROLL		1,2 m2	350	420
			2 CORCHETE T-5-8 1/2" 5000 unil		0,002 caj	3.550	7
			3 CARPINTERO		0,015 dia	12.500	188
			4 LEYES SOCIALES (O.E.)	3	20 %		38
							\$ 653
03.02		K 90025	PLACAS NORTHWAY 3,86 x 0,19 x 6 mm		28,7 m2		
			1 PIEZA NORTHWAY 3,86 x 0,19 x 6 mm		1,9 unil	1.852	3.519
			2 CLAVO TERRA GALV. P.TEJA 2X10		0,25 kg	950	238
			3 HOJAL. COMPLEM. NORTHWAY y REV. ZINC. ON		0,1 ml	2.200	220
			4 VARIOS	1	2 %		70
			5 CARPINTERO TERMINACION		0,1 dia	12.500	1.250
			6 JORNALERO		0,01 dia	7.000	70
			7 HERRAMIENTAS	5	5 %		63
			8 LEYES SOCIALES (O.E.)		20 %		284
							\$ 5.694
03.03		LF 90094	PLACA OSB 9,5 MM		25 m2		
			1 TABLERO OSB 9,5 mm		0,38 pla	6.520	2.478
			2 CLAVO 2 1/2"x11 (238 unil.)		0,15 kg	610	92
			3 CARPINTERO		0,09 dia	12.500	1.125
			4 JORNALERO		0,01 dia	7.000	70
			5 LEYES SOCIALES (O.E.)		20 %		239
							\$ 4.004
04.01		IC 00149	CAPA FIELTRO 15 LB.		20 m2		
			1 DYNAFLEX FIELTRO 15 LB ROLL		1,2 m2	350	420
			2 CORCHETE T-5-8 1/2" 5000 unil		0,002 caj	3.550	7
			3 CARPINTERO		0,015 dia	12.500	188
			4 LEYES SOCIALES (O.E.)	3	20 %		38
							\$ 653
04.02		LF 90094	PLACA OSB 9,5 MM		20 m2		
			1 TABLERO OSB 9,5 mm		0,38 pla	6.520	2.478
			2 CLAVO 2 1/2"x11 (238 unil.)		0,15 kg	610	92
			3 CARPINTERO		0,09 dia	12.500	1.125
			4 JORNALERO		0,01 dia	7.000	70
			5 LEYES SOCIALES (O.E.)		20 %		239
							\$ 4.004
4.03		IB 90031	CUBIERTA PLONDULADA 0,4 MM.		20 m2		
			1 TOR.GAL. 2 1/2"x12mm P/TECH		5 unil	43	215
			2 PL ZINCALUM #28 ACAN. 0,4mm		1,1000 m2	2.860	3.148
			3 CARPINTERO		0,1 dia	12.500	1.250
			4 LEYES SOCIALES (O.E.)	3	20 %		250

ANEXO TESIS: GARAJE DE HORMIGÓN PREFABRICADO.

Tesisista: Claudio González Cubillos.

Profesor Guía: Hernán Ames Valencia.

3
24/08/2004

**PRECIOS UNITARIOS DEL PRESUPUESTO
GARAJE ESTRUCTURA METÁLICA**

Item	Línea	Código	Descripción	Item(es)	Cantidad	P. Unitario \$	Total \$
						\$	4.861
05.01		OA 90148	CABALLETE		6 ml		
		1	PL ZINCALUM #26 LISA 0,4mm x 3m		0,5800 m2	2.150	1.247
		2	TOR.GAL. 2 1/2"x12mm P/TECH		3 uni	43	129
		3	REMACHE POP		0,005 kg	8.475	42
		4	SIKAFLEX		0,045 tub	3.250	146
		5	SUBCONTRATO HOJALATERIA		1 ml	1.400	1.400
						\$	2.964
05.02		OA 90156	FORRO TERMINAL FE GALV. #24		6,4 ml		
		1	PLANCHA DE ACERO GALVANIZADO 0,5 mm		0,15 pla	6.500	975
		2	SOLDA. 50% ESTAÑO TIPO A		0,025 kg	5.821	146
		3	ROSC. 1 1/2"x10 AB CIN DR C/B		2 uni	8	16
		4	SUBCONTRATO HOJALATERIA		1 ml	1.800	1.800
						\$	2.937
07.01		KC 90122	IMPRIMANTE MADERAS		45 m2		
		1	IMPRIMANTE PARA MADERAS MAD&SON		0,1 gal	9.500	950
		2	LIJA KRAFT GRANATE #2 50		0,3 pli	60	18
		3	BROCHA 5x5/8' DE CERDA		0,02 uni	1.211	24
		4	VARIOS		5 %		50
		5	SUBCONTRATO PINTURA		2 m2	300	600
						\$	1.642
07.02		KC 90138	ANTICORROSIVO		12 m2		
		1	ANTICORROSIVO KEM PR		0,1 gal	5.200	520
		2	BROCHA 5x5/8' DE CERDA		0,01 uni	1.211	12
		3	LIJA KRAFT GRANATE #2 50		0,15 pli	60	9
		4	SUBCONTRATO PINTURA		3 m2	300	900
		5	ANDAMIOS C/2 PLATAFORMAS		0,001 gl	54.000	54
						\$	1.485

ANEXO TESIS: GARAJE DE HORMIGÓN PREFABRICADO.
 Tesista: Claudio González Cubillos.
 Profesor Guía: Hernán Arnes Valencia.

1
 24/08/2004

**PRECIOS UNITARIOS DEL PRESUPUESTO
 GARAJE ESTRUCTURA DE HORMIGÓN PREFABRICADO**

Item	Línea	Código	Descripción	Item(es)	Cantidad	P. Unitario \$	Total \$
Actividad(es)							
01.01	BA	90032	EXCAVACIONES		0,8 m3		
	1		JORNALERO		0,3 día	7.000	2.100
	2		CARRETILLA COMPENSADA		0,005 uni	22.120	111
	3		LEYES SOCIALES (O.E.)	1	20 %		420
							\$ 2.631
01.02	CA	90000	HORMIGÓN 4 SACOS CEMM3 HORM.		0,6 m3		
	1		RIPIO (flete 15km)		0,7 m3	7.000	4.900
	2		ARENA GRUESA (FLETE 15 km)		0,75 m3	6.500	4.875
	3		CEMENTO MELON ESP.		5 sac	3.500	17.500
	4		TROMPO BENCINERO 125 LTS		0,25 gl	4.000	1.000
	5		BENCINA ESPECIAL 93 CORRIEN		0,5 lit	500	250
	6		CONCRETERO		0,6 día	7.300	4.380
	7		LEYES SOCIALES (O.E.)	6	20 %		876
							\$ 33.781
02.01.01	DA	90005	MOLDAJE		16,40 m2		
	1		PINO BRUTO		0,9 pul	1.250	1.125
	2		TERCIADO ESTRUCTURAL 1" 18 MM		0,05 pla	10.752	538
	3		DESMOLTEP METAL TB=200LTS		0,13 lit	580	75
	4		CLAVO 21/2"x11 (236 unid.)		0,2 kg	610	122
	5		SEPARADOR ENCOFRADO #2 15mm		7 uni	7	49
	6		ALAMB.NEG #14 37mt/kg R/50K		0,15 kg	497	75
	7		CARPINTERO		0,085 día	12.500	1.063
	8		LEYES SOCIALES (O.E.)	7	20 %		213
							\$ 3.280
02.01.02	CA	90188	HORMIGÓN H30, 80% N.C.		0,56 m3		
	1		GRAVILLA		0,7 m3	6.500	4.550
	2		ARENA GRUESA (FLETE 15 km)		0,75 m3	6.500	4.875
	3		CEMENTO MELON ESP.		8,5 sac	3.500	29.750
	4		TROMPO BENCINERO 125 LTS		0,25 gl	4.000	1.000
	5		BENCINA ESPECIAL 93 CORRIEN		0,5 lit	500	250
	6		CONCRETERO		0,4 día	7.300	2.920
	7		LEYES SOCIALES (O.E.)	6	20 %		584
							\$ 43.929
02.01.03	EA	90002	ARMADURA ACERO A 63-42		68,2 kg		
	1		FIERRO ESTRIADO A-44		1,1000 kg	385	424
	2		ALAMB.NEG#18 104mt/kg R/50K		0,01 kg	706	7
	3		DISCO CORTE RASTA 7" A=3209		0,001 uni	900	1
	4		SUBCONT. PREPARAC. Y COLOC. ENFIERRADURA		1 kg	140	140
	5		JORNALERO		0,0006 día	7.000	4
	6		LEYES SOCIALES (O.E.)	6	20 %		1

ANEXO TESIS: GARAJE DE HORMIGÓN PREFABRICADO.
 Tesista: Claudio González Cubillos.
 Profesor Guía: Hernán Arnes Valencia.

2
 24/08/2004

**PRECIOS UNITARIOS DEL PRESUPUESTO
 GARAJE ESTRUCTURA DE HORMIGÓN PREFABRICADO**

Item	Línea	Código	Descripción	Item(es)	Cantidad	P. Unitario \$	Total \$
						\$	577
02.02.01		DA 90005	MOLDAJE		14,4 m2		
		1	PINO BRUTO		0,9 pul	1.250	1.125
		2	TERCIADO ESTRUCTURAL 1" 18 MM		0,05 pla	10.752	538
		3	DESMOLTEP METAL TB=200LTS		0,13 lit	580	75
		4	CLAVO 21/2"x11 (238 unid.)		0,2 kg	610	122
		5	SEPARADOR ENCOFRADO #2 15mm		7 unid	7	49
		6	ALAMB.NEG #14 37mt/kg R/50K		0,15 kg	497	75
		7	CARPINTERO		0,085 dia	12.500	1.063
		8	LEYES SOCIALES (O.E.)	7	20 %		213
						\$	3.280
02.02.02		CA 90187	HORMIGÓN H30, 80% N.C.		0,38 m3		
		1	GRAVILLA		0,7 m3	6.500	4.550
		2	ARENA GRUESA (FLETE 15 km)		0,75 m3	6.500	4.875
		3	CEMENTO MELON ESP.		8,5 sac	3.500	29.750
		4	TROMPO BENCINERO 125 LTS		0,25 gl	4.000	1.000
		5	BENCINA ESPECIAL 93 CORRIEN		0,5 lit	500	250
		6	CONCRETERO		0,4 dia	7.300	2.920
		7	LEYES SOCIALES (O.E.)	6	20 %		584
						\$	43.929
02.02.03		EA 90017	ARMADURA ACERO A 63-42		61 kg		
		1	FIERRO ESTRIADO A-44		1,1000 kg	385	424
		2	ALAMB.NEG#18 104mt/kg R/50K		0,01 kg	706	7
		3	DISCO CORTE RASTA 7" A=3209		0,001 unid	900	1
		4	SUBCONT. PREPARAC. Y COLOC. ENFIERRADURA		1 kg	140	140
		5	JORNALERO		0,0006 dia	7.000	4
		6	LEYES SOCIALES (O.E.)	5	20 %		1
						\$	577
02.03.01		DA 90005	MOLDAJE		35,70 m2		
		1	PINO BRUTO		0,9 pul	1.250	1.125
		2	TERCIADO ESTRUCTURAL 1" 18 MM		0,05 pla	10.752	538
		3	DESMOLTEP METAL TB=200LTS		0,13 lit	580	75
		4	CLAVO 21/2"x11 (238 unid.)		0,2 kg	610	122
		5	SEPARADOR ENCOFRADO #2 15mm		7 unid	7	49
		6	ALAMB.NEG #14 37mt/kg R/50K		0,15 kg	497	75
		7	CARPINTERO		0,085 dia	12.500	1.063
		8	LEYES SOCIALES (O.E.)	7	20 %		213
						\$	3.280
02.03.02		CA 90185	HORMIGÓN H30, 80% N.C.		0,96 m3		
		1	GRAVILLA		0,7 m3	6.500	4.550
		2	ARENA GRUESA (FLETE 15 km)		0,75 m3	6.500	4.875

ANEXO TESIS: GARAJE DE HORMIGÓN PREFABRICADO.

Tesiista: Claudio González Cubillos.

Profesor Guía: Hernán Arnes Valencia.

3
24/08/2004

**PRECIOS UNITARIOS DEL PRESUPUESTO
GARAJE ESTRUCTURA DE HORMIGÓN PREFABRICADO**

Item	Línea	Código	Descripción	Item(es)	Cantidad	P. Unitario \$	Total \$
			3 CEMENTO MELON ESP.		8,5 sac	3.500	29.750
			4 TROMPO BENCINERO 125 LTS.		0,25 gl	4.000	1.000
			5 BENCINA ESPECIAL 93 CORRIEN		0,5 lit	500	250
			6 CONCRETERO		0,4 día	7.300	2.920
			7 LEYES SOCIALES (O.E.)	8	20 %		584
							\$ 43.929
02.03.03		EA 90018	MALLA ACMA C139		24 m2		
			1 MALLA ACMA C 139 (5,0 x 2,80 m)		0,1 pla	17.980	1.798
			2 ENFIERRADOR		0,03 día	13.500	405
			3 LEYES SOCIALES (O.E.)	2	20 %		81
							\$ 2.284
02.04.01		DA 90005	MOLDAJE		41,1 m2		
			1 PINO BRUTO		0,9 pul	1.250	1.125
			2 TERCIADO ESTRUCTURAL 1" 18 MM		0,05 pla	10.752	538
			3 DESMOLTEP METAL TB=200LTS		0,13 lit	580	75
			4 CLAVO 2 1/2"x11 (236 unid.)		0,2 kg	610	122
			5 SEPARADOR ENCOFRADO #2 15mm		7 uni	7	49
			6 ALAMB.NEG #14 37ml/kg R/50K		0,15 kg	497	75
			7 CARPINTERO		0,085 día	12.500	1.063
			8 LEYES SOCIALES (O.E.)	7	20 %		213
							\$ 3.280
02.04.02		CA 90186	HORMIGÓN H30, 80% N.C.		0,75 m3		
			1 GRAVILLA		0,7 m3	6.500	4.550
			2 ARENA GRUESA (FLETE 15 km)		0,75 m3	6.500	4.875
			3 CEMENTO MELON ESP.		8,5 sac	3.500	29.750
			4 TROMPO BENCINERO 125 LTS		0,25 gl	4.000	1.000
			5 BENCINA ESPECIAL 93 CORRIEN		0,5 lit	500	250
			6 CONCRETERO		0,4 día	7.300	2.920
			7 LEYES SOCIALES (O.E.)	6	20 %		584
							\$ 43.929
02.04.03		EA 90020	ARMADURA ACERO A 63-42		25,8 kg		
			1 FIERRO ESTRIADO A-44		1,1000 kg	385	424
			2 ALAMB.NEG#18 104ml/kg R/50K		0,01 kg	706	7
			3 DISCO CORTE RASTA 7" A=3209		0,001 uni	900	1
			4 SUBCONT. PREPARAC. Y COLOC. ENFIERRADURA		1 kg	140	140
			5 JORNALERO		0,0006 día	7.000	4
			6 LEYES SOCIALES (O.E.)	5	20 %		1
							\$ 577
02.04.04		EA 90019	MALLA ACMA C139		16,8 m2		
			1 MALLA ACMA C 139 (5,0 x 2,80 m)		0,1 pla	17.980	1.798
			2 ENFIERRADOR		0,025 día	13.500	338

ANEXO TESIS: GARAJE DE HORMIGÓN PREFABRICADO.
 Tesista: Claudio González Cubillos.
 Profesor Guía: Hernán Arnes Valencia.

4
 24/08/2004

**PRECIOS UNITARIOS DEL PRESUPUESTO
 GARAJE ESTRUCTURA DE HORMIGÓN PREFABRICADO**

Ítem	Línea	Código	Descripción	Ítem(es)	Cantidad	P. Unitario \$	Total \$
	3		LEYES SOCIALES (O.E.)	2	20 %		68
							<u>68</u>
						\$	2.204
02.05.01		GA 90002	INSERTOS METÁLICOS		48 uni		
		1	PERFILES		1 kg	890	890
		2	SOLDADURA # 230 DE 1/8		0,01 kg	1.200	12
		3	DISCO CORTE RASTA 7" A=3209		0,008 uni	900	7
		4	DISCO DESBASTE RASTA 7"		0,002 uni	1.500	3
		5	MÁQUINA ELECTRICA MENOR		0,1 gl	600	60
		6	GAS, OXIGENO, ETC.		1 gl	10	10
		7	PERNOS HEX. C/TUER. Y GOL. EST. METÁLICA		1 gl	10	10
		8	SUBCONT. INSTALACIÓN ESTRUCT. METÁLICA		1 kg	350	350
							<u>350</u>
						\$	1.142
02.05.02		GA 90049	ARRIOSTRAMIENTOS		19,2 kg		
		1	PERFILES		1,05 kg	690	725
		2	SOLDADURA # 230 DE 1/8		0,01 kg	1.200	12
		3	DISCO CORTE RASTA 7" A=3209		0,008 uni	900	7
		4	DISCO DESBASTE RASTA 7"		0,002 uni	1.500	3
		5	MÁQUINA ELECTRICA MENOR		0,1 gl	600	60
		6	GAS, OXIGENO, ETC.		1 gl	10	10
		7	PERNOS HEX. C/TUER. Y GOL. EST. METÁLICA		1 gl	10	10
		8	PERNOS, GROUTING		1 gl	2	2
		9	VARIOS		1 %		7
		10	LEYES SOCIALES (O.E.)	1	20 %		0
		11	SUBCONT. INSTALACIÓN ESTRUCT. METÁLICA		1,08 kg	350	378
							<u>378</u>
						\$	1.214
02.05.01		CA 90189	MANO DE OBRA INSTALACIÓN		1 gl		
		1	CARPINTERO		10,5 dia	12.500	131.250
		2	LEYES SOCIALES (O.E.)	1	20 %		26.250
							<u>26.250</u>
						\$	157.500

ENSAYES DE ARIDOS Y DOSIFICACIÓN DE
HORMIGÓN



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Instituto de Obras Cívicas
Laboratorio LEMCO

SEGUNDA HOJA DE MEMORIA SR. CLAUDIO GONZALEZ.

2.2 GRANULOMETRIA

TAMIZ ASTM	% QUE PASA	
	GRAVILLA	ARENA
1 1/2"	100	
1"	100	
3/4"	100	
1/2"	57	
3/8"	19	100
No 4	1	80
No 8	0,08	64
No 10	--	--
No 16	--	51
No 30	--	29
No 40	--	--
No 50	--	7
No 100	--	3
No 200	--	1,89

ADEMÁS, SE INCLUYE DOSIFICACIÓN DE HORMIGÓN (ES) GRADO H25 - H30

3. RESULTADOS

DOSIFICACIÓN PARA 1 M3

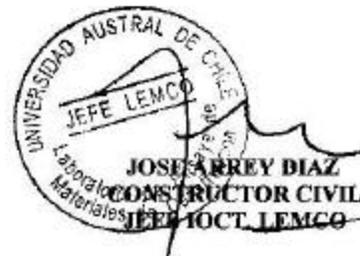
HORMIGÓN GRADO	CEMENTO KG.	AGUA LTS	GRAVILLA		ARENA		CONO CM.
			KG.	LT.	KG.	LT.	
H-25	380	190	803	490	981	564	6-9
H-30	422	190	786	479	961	552	6-9

OBSERVACIONES :

- LA DOSIFICACIÓN ESTA CALCULADA EN BASE A MATERIALES SECOS.
- LA CANTIDAD DE ARENA DEBE CORREGIRSE POR ESPONJAMIENTO EN OBRA.
- LA CANTIDAD DE CEMENTO UTILIZADA CORRESPONDE AL MÍNIMO PARA OBTENER LA RESISTENCIA SOLICITADA.

3.- REFERENCIAS :

NCH 170 Of. 85	NCH 1019 E Of. 74	NCH 163 Of. 79
NCH 164 E Of. 76	NCH 165 Of. 77	NCH 1116 E Of. 77
NCH 1117 E Of. 77	NCH 1223 Of. 77	NCH 1239 Of. 77
MUESTRA No. 9200		



VALDIVIA, Octubre 24 del 2003



Universidad Austral de Chile
 Facultad de Ciencias de la Ingeniería
 Instituto de Obras Cívicas
Laboratorio LEMCO

CERTIFICADO No S/N.
(MEMORIA)

OBRA : MEMORISTA CARRERA CONSTRUCCION CIVIL
SOLICITADO POR : ALUMNO MEMORISTA SR. CLAUDIO GONZALEZ CUBILLOS
UBICACIÓN : COMUNA VALDIVIA X° REGION

1. **GENERALIDADES** : EL PRESENTE INFORME ENTREGA RESULTADOS DE LOS ENSAYES REALIZADOS A UNA MUESTRA DE GRAVILLA Y ARENA CON EL PROPÓSITO DE USAR DICHS MATERIALES EN LA FABRICACIÓN DE HORMIGÓN.

MUESTRA TOMADA POR LEMCO. MATERIAL PROCEDENTE DE VALDICOR

LOS ENSAYOS CONSISTIERON EN :

- GRANULOMETRIA
- DETERMINACIÓN MATERIA ORGÁNICA
- DETERMINACIÓN DENSIDAD APARENTE
- DETERMINACIÓN DENSIDAD REAL SECA
- DETERMINACIÓN DENSIDAD REAL SSS
- DETERMINACION DENSIDAD NETA
- DETERMINACIÓN % ABSORCIÓN.
- DETERMINACION % HUECOS
- DETERMINACION % COMPACIDAD

2. **RESULTADOS.**

2.1

PROPIEDADES FÍSICAS	UNIDAD	GRAVILLA	ARENA
MATERIA ORGÁNICA	%	—	NIVEL 3
DENSIDAD APARENTE	Kg/dm ³ .	1,64	1,74
DENSIDAD REAL SECA	Kg/dm ³ .	2,59	2,63
DENSIDAD REAL SSS	Kg/dm ³ .	2,63	2,66
DETERMINACION DENSIDAD NETA	%	2,70	2,72
ABSORCIÓN	%	1,56	1,29
HUECOS	%	37	34
COMPACIDAD		63	66



CONTINUA EN HOJA No. 2