



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela Ingeniería en Construcción

**“ENSAYO DE CERCHA DE PERFILES DE ACERO
GALVANIZADO DE BAJO ESPESOR CON
REFUERZOS DE MADERA EN NUDOS Y UNIONES
DE PIEZAS”**

Tesis para optar al Título de:
Ingeniero Constructor

**Profesor Patrocinante:
Sr. Hernán Arnés Valencia.
Constructor Civil
Ingeniero Civil .**

**GONZALO DANIEL SANHUEZA GUZMÁN
VALDIVIA - CHILE
2006**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero que todo a la vida y a la posibilidad de estar en este mundo.

Dedico todos estos años de esfuerzo a mi familia, que me apoyó en todo desde siempre, a mi mamá que siempre me dijo **"no importa cuanto te demores, lo que importa es que termines"**. A mi hermano cabezón que se sacó la cresta por mi desde antes de entrar a la U. A mi hermano mosca, que cada vez que estaba conmigo sentía que debía entregar todo para ser un ejemplo. A mi cuñada y casi hermana Susi, la que nunca dejó de preocuparse por mi. A mi sobrino, ahijado, nieto, primo hermano.....etc Daniel, que gratamente me comienza a sorprender. A la emita, mi segunda mami, que nunca se cansa de nosotros sus "chiches", al Chino, que siempre ha estado junto a nosotros, y que siempre es el mas contento con mis logros.... Bueno y a todos los que forman parte de mi familia, muy numerosa por lo demás.

También estoy muy contento y en deuda con yenny, mi chica linda, que como buena secretaria me ayudó a escribir gran parte de este trabajo, moito ovrigado .

Por su puesto no se me pueden olvidar los años del trencito, los buenos amigos que hice en mi casa por mucho tiempo, así como los infaltables de la **"MAFIA"** de Obras Civiles, que a pesar de no seguir con ellos siempre me consideraron como uno de los suyos.

Gracias también a Flakito, Chego, Zura y muchos mas.

Pero no puedo dejar de agradecer especialmente a mi amigo Juanjo, quien me dio la idea de esta tesis y quien siempre estuvo apoyándome todos estos años de carrera, incluso mas de lo que merecía, fue de mucha ayudamucha.

Bueno, y a alguien muy especial, a mi **Viejo, mi papá**, quien no pudo ver este logro en persona, pero que se y así lo siento, siempre estuvo junto a mi, en todo momento y lugar, siempre que lo necesité estuvo y estará hay, **gracias Pelao...**

Por último, gracias al futbol, que me dio la fuerza y la "plata" para vivir estos últimos años de estudiante... y que si dios quiere algún dia llegaré al profesional, vivan los **"de negro"**

Muchas Gracias.....a todos

"ya no mas...ca lagüelita," y esto no termina, es solo el comienzo.....

Valdivia, 2 de junio de 2006

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es mostrar una nueva forma de utilizar y complementar dos materiales de construcción: metalcon y madera. Esto se lleva a cabo mediante la fabricación de un módulo de techumbre de perfiles de acero galvanizado de bajo espesor, el cual consta de 2 cerchas unidas mediante 10 costaneras reforzando los nudos y uniones de elementos estructurales con piezas de madera confeccionadas a medida. Esto se hace con el fin de aumentar la resistencia del módulo de cerchas así como superar las cargas que fueron soportadas por estructuras similares en los ensayos a que se sometieron en experiencias anteriores. Otro propósito que tiene este trabajo es el dar pautas y recomendaciones a seguir en la construcción de cerchas de acero galvanizado de bajo espesor reforzadas con madera en los nudos y de esta manera entregar algún anexo a los manuales de construcción que ya existen para estructuras con este tipo de materiales. La idea es mostrar advertencias sobre inconvenientes y dificultades que surgen de la realización de esta experiencia inédita junto con proponer soluciones para superar dichas dificultades.

ABSTRACT

The aim of this work is to show a new way to use and complement two different kinds of construction materials: metalcon and wood. To carry out this action; there must be constructed a roof-truss design made of light gauge steel shape, which consists of two roof-truss joined by ten rafters, that strengthen knots and joints of structural elements with well-proportioned wood parts. This is done to increase the strength of the roof-truss design, as well as to surpass the loads that were carried in similar structures in the subjected practices from previous experiences. Another purpose of this work is to give some outlines and recommendations about roof-truss design of light gauge steel shape constructions strengthen whit wood in the knots; thus, to give any annex for construction handbooks that already are for this kind of materials. The idea is to show warnings about drawbacks and difficulties that come up with the realization of this unpublished experience, and also to propose solutions to overcome such difficulties.

ÍNDICE GENERAL

<u>CAPITULO I. ANTECEDENTES GENERALES</u>	1
1.1 <u>Introducción</u>	1
1.2 <u>Objetivos</u>	4
1.2.1 <u>Objetivo general</u>	4
1.2.2 <u>Objetivos específicos</u>	4
1.3 <u>Reseña histórica del acero</u>	6
1.4 <u>Metodología de trabajo</u>	8
<u>CAPITULO II. BASES DE DISEÑO Y ASPECTOS TEÓRICOS</u>	10
2.1 <u>Generalidades</u>	10
2.2 <u>Acero y sus propiedades</u>	11
<u>CAPITULO III. PERFILES DE METALCON QUE SE ENCUENTRAN EN EL MERCADO</u>	13
3.1 <u>Generalidades</u>	13
3.2 <u>Componentes principales</u>	13
3.2.1 <u>Perfiles</u>	13
3.2.1.1 <u>Canal</u>	13
3.2.1.2 <u>Montante o Pie Derecho</u>	14
3.2.1.3 <u>Tegal Omega Atiesador</u>	14
3.2.1.4 <u>Cigal Portante</u>	15
3.2.1.5 <u>Tegal Diagonal</u>	15
3.2.1.6 <u>Tegal Normal</u>	16
3.2.1.7 <u>Murogal Tirante</u>	16

<u>3.3 Tornillos</u>	<u>17</u>
<u>3.3.1 Tornillos</u>	<u>17</u>
<u>3.3.2 Reglas generales para Tornillos usados con Metalcon</u>	<u>17</u>
<u>3.3.3 Tipos de Cabezas disponibles</u>	<u>19</u>
<u>3.3.4 Selección del tipo de punta a emplear</u>	<u>20</u>
<u>3.3.5 Longitud de los tornillos</u>	<u>21</u>
<u>3.3.6 Ranura de la broca</u>	<u>21</u>
<u>3.3.7 Longitud de la punta</u>	<u>21</u>
<u>3.3.8 Longitud de la rosca</u>	<u>22</u>
<u>3.3.9 Paso de rosca</u>	<u>22</u>
<u>3.3.10 Requerimiento de espaciamiento y distanciamiento al borde</u>	<u>22</u>
<u>3.3.11 Colocación de tornillos</u>	<u>22</u>

**CAPITULO IV. SISTEMAS DE CUBIERTA MEDIANTE EL USO DE PERFILES DE
ACERO GALVANIZADO DE BAJO ESPESOR CONFORMADOS EN FRÍO** **24**

<u>4.1. Generalidades</u>	<u>24</u>
<u>4.2. Tijerales de Cubierta</u>	<u>26</u>
<u>4.3. Cerchas de Cubierta</u>	<u>27</u>
<u>4.4. Costaneras de Techo</u>	<u>28</u>

**CAPITULO V. CARGAS DE DISEÑO Y TABLA DE RESUMEN DE DISEÑO DE LA
TESIS DE LAVADO 2004** **29**

<u>5.1 Generalidades.</u>	<u>29</u>
<u>5.2 Cargas de Diseño.</u>	<u>30</u>
<u>5.2.1. Peso Propio.</u>	<u>30</u>
<u>5.2.2. Sobrecarga.</u>	<u>30</u>

5.2.3 Cargas de Viento	31
5.2.4 Cargas de Nieve	32
5.3 Resumen de Diseño.	34

CAPITULO VI. FABRICACIÓN DE CERCHAS MEDIANTE EL USO DE PERFILES DE ACERO GALVANIZADO DE BAJO ESPESOR CONFORMADOS EN FRÍO

<u>REFORZANDO LOS NUDOS CON PIEZAS DE MADERA.</u>	36
6.1 Generalidades.	36
6.2 Materiales y Herramientas.	37
6.3 Trazado a escala real.	39
6.4 Corte y fabricación de piezas.	40
6.5 Inclusión de piezas de madera para reforzar nudos.	44
6.6 Perforación de perfiles de acero mediante tornillos autoperforantes (punta broca).	45
6.7 Instalación de tornillos de punta aguda que sostendrán las piezas de madera a los perfiles de acero	49
6.8 Instalación de tornillos autoperforante en forma definitiva y armado de módulo de cerchas.	50

CAPITULO VII. ENSAYO REALIZADO AL MODULO DE CERCHA REFORZADA

	53
7.1 Introducción.	53
7.2 Generalidades de la Construcción de la Estructura de Madera.	53
7.3 Generalidades del Ensayo.	55
7.4 Equipos y Materiales que se Utilizaron.	55

<u>CAPITULO VIII. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE LABORATORIO</u>	<u>58</u>
<u>8.1 Generalidades.</u>	<u>58</u>
<u>8.2 Datos y Gráfico Carga - Deformación.</u>	<u>58</u>
<u>8.3 Comportamiento Experimental.</u>	<u>60</u>
<u>8.4 Comparación resultado experimentales entre módulo de cercha sin refuerzo (Lavado, 2004) y módulo cercha con refuerzos</u>	<u>63</u>
<u>8.5. Comparación de resultado experimentales entre módulo de cercha reparada y reforzada luego del colapso (Ruiz , 2005)) con módulo de cerchas construido con refuerzos de madera en todos sus nudos</u>	<u>65</u>
<u>8.6. Relación Peso Estructura v/s Resistencia.</u>	<u>67</u>
<u>8.7. Deformación Admisible.</u>	<u>68</u>
<u>CAPITULO IX. COMENTARIOS</u>	<u>69</u>
<u>CAPITULO X. CONCLUSIONES</u>	<u>70</u>
<u>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.</u>	<u>73</u>
<u>ANEXOS.</u>	<u>74</u>

Anexo A: Planos cerchas y detalles

Anexo B: Tabla de perfiles metalcon que aparece en catálogos de Cintac,

Anexo C: Manual de construcción con acero galvanizado liviano Metalcon

Cintac s.a

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

La construcción es un área que constantemente presenta nuevos desafíos, ya sea por la arquitectura moderna, construcciones de gran dificultad, e inclusive por rebajar los costos, así como conseguir un mejor aprovechamiento de los materiales combinando estos entre si. Para encausar dichos desafíos es necesario realizar investigación.

En el último tiempo se ha visto como el mercado del acero ha introducido nuevas familias de productos livianos y esbeltos conformados en frío, lo cual facilita el trabajo de los mismos en la misma obra y no necesariamente tener que recurrir al armado en un lugar lejano así como su posterior traslado. Esto implica ciertos cuidados a considerar para de esta forma obtener un producto final que no varíe las características requeridas inicialmente por el proyecto.

Los elementos de acero estructural conformados en frío son perfiles fabricados por doblado en plegadora a partir de tiras cortadas de planchas, o por conformados en rodillos a partir de bobinas de acero o planchas laminadas en frío o en caliente, siendo ambas operaciones realizadas a temperatura ambiente, esto es sin el agregado intencional de calor, tal como se requiere en el conformado en caliente.

Tradicionalmente los perfiles conformados en frío han sido de espesores entre 2 y 6 milímetros, no obstante se han acogido en forma muy exitosa los perfiles galvanizados ultra delgados que en espesores menores a 1 milímetro están siendo utilizados en aplicaciones semi industrializadas de muros, paneles y techumbres. Estos perfiles galvanizados de bajo espesor se utilizan principalmente como elementos resistentes primarios en construcciones menores y como elementos secundarios en edificios mayores, cordones y almas de vigas enrejadas también en estructuras estereométricas, pero su aplicación fundamental esta orientada a la construcción de viviendas en forma industrializada formando parte de la estructura completa de la vivienda o en forma parcial , siendo esto cerchas, techumbres, segundos pisos, mansardas, entrepisos, muros exteriores e interiores.

La construcción en base a perfiles galvanizados de bajo espesor tiene un desarrollo de más de 20 años en el mundo. En Chile se comenzó a introducir su uso a partir del año 1997 aproximadamente, pero no en forma masiva. Cintac S.A. como la empresa más importante del mercado en la fabricación de aceros conformados en frío, fue la primera en introducir el sistema "Steel Framing" a Chile, que luego de llevarlo a la realidad nacional derivó en Metalcon^R, sistema constructivo que utiliza como base los perfiles de acero galvanizado de bajo espesor. Solo a comienzos del año 2000 este sistema constructivo toma una parte del mercado de la construcción, siendo aun muy pequeña pero que crece día a día posicionándose fuertemente en el desarrollo constructivo nacional.

Los elementos conformados en frío en general son delgados, y presentan relaciones ancho espesor altas por lo cual se ocasionan fallas de inestabilidad o pandeo local a tensiones inferiores a las de fluencia.

En este trabajo se pretende realizar la construcción y ensayo de un modulo cerchas estándar con perfiles de acero galvanizados de bajo espesor reforzando los nudos y uniones con piezas de madera ajustadas a medida de dichos puntos, luego los resultados de laboratorio obtenidos de los ensayos de resistencia se comparan con los resultados obtenidos de una cercha sin refuerzos y los de esta misma cercha reparada y reforzada luego de su colapso.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General.

El objetivo de este trabajo es entregar una información integral sobre una nueva forma de complementar y utilizar dos materiales de construcción como son la madera y el metalcon, abarcando procesos de fabricación y ensayos de cerchas, de tal modo de tener concentrado en un solo texto disposiciones normativas, recomendaciones, precauciones y otros aspectos acerca de la fabricación de un modulo de cercha de perfiles de acero galvanizados de bajo espesor conformados en frío, con la innovación de reforzar los nudos con piezas de madera.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- Determinar la forma práctica en que se pueden usar los refuerzos adicionales de madera en los nudos y las uniones de cerchas de metalcon.

- Establecer algunas recomendaciones en la forma de cómo reforzar con madera los nudos de una cercha de metalcon.

- Desarrollar un documento que sirva de complemento a los manuales de construcción para estructuras de metalcon, indicando en este la forma de reforzar con madera los nudos de una estructura de perfiles de acero galvanizado de bajo espesor.
- Comparar la resistencia de una cercha de metalcon reforzada con madera con la resistencia de una cercha reparada usando madera, luego de haber sido ensayada a rotura sin refuerzos de madera.

1.3. RESEÑA HISTORICA DEL ACERO

El acero, a pesar de haber contribuido a la historia de la construcción durante más de 40 siglos, toma una influencia decisiva sólo a partir de 1872, momento en que se logra producirlo económica y controladamente. Luego el desarrollo vertiginoso de procedimientos científicos y tecnológicos en el área, han permitido que la industria siderúrgica llegue a constituir uno de los pilares fundamentales del desarrollo del mundo moderno.

Es así como la producción mundial de acero aumenta a un ritmo siempre creciente, adecuándose a las necesidades del hombre. Sin embargo, ya no están construyendo plantas de gran capacidad en los centros siderúrgicos tradicionales como los de Alemania, Inglaterra y Estados Unidos, sino en lugares tan distantes como Arabia Saudita, Irán, República Sudafricana, Brasil, Venezuela y Chile.

Este desplazamiento geográfico en la producción mundial de acero que comenzó hace algunos años, no sólo se debe a razones económicas, como reducción de costos por transporte o instalación en áreas que dispongan a la vez de materia prima, energía y mano de obra, sino al creciente interés de los países emergentes por participar en la elaboración de sus materias primas, con el fin de satisfacer la demanda de acero para la instalación de sus nuevas industrias.

El aumento del consumo de Acero a lo largo del siglo XX es un fiel reflejo de la evolución en la utilización de nuevas tecnologías y materiales. Desde 1900 a 1999 el consumo aumentó de 28 millones de toneladas anuales a 780 millones de toneladas anuales. Esto determina un creciente promedio de 3,4% anual a lo largo de 100

años. Así podemos decir que este fue el siglo de Acero, si tomamos en cuenta la evolución del Acero hacia el Acero Liviano Galvanizado y otras aleaciones, bien podríamos decir que el siglo del “Acero Inteligente”.

De esto se desprende que, en buena medida, la responsabilidad sobre el correcto uso del acero recae sobre los Ingenieros Civiles y Proyectista Estructurales en la etapa de diseño, sobre las maestranzas y su personal en la etapa de fabricación y sobre los constructores en la etapa de construcción de una obra. Y para cumplir este compromiso, debemos esmerarnos en saber cada día más sobre este material tan útil cuando se aprovechan sus ventajas y controlar sus defectos.

1.4. METODOLOGIA DE TRABAJO

En una primera etapa se tomó el diseño realizado rigurosa y detalladamente para el módulo de cerchas, siguiendo las especificaciones del código AISI. Luego de lo cual se procedió a dibujar planos y detalles de este módulo, así de esta forma se puede realizar su fabricación.

Se fabricó en taller un módulo de dos cerchas con perfiles galvanizados de bajo espesor que fue construido según los métodos dados por el fabricante de estos perfiles estructurales, es decir mediante el Manual de Construcción con Acero Galvanizado Liviano de Metalcon, el cual es un sistema constructivo desarrollado por Cintac S. A. Además de seguir este manual, se introdujo la innovación de reforzar los nudos y uniones de elementos con piezas de madera confeccionada con cortes a medida, de manera que encajen de forma exacta y adecuada en los nudos a reforzar. Dichas piezas se fabrican con madera de pino elegidas teniendo en cuenta su baja humedad (madera seca) y procurando que no tengan imperfecciones que disminuya su capacidad de resistencia, esto es nudos, cantos muertos, rasgaduras u otro tipo de defecto que sea posible de diferenciar según la clasificación visual de la madera.

Este módulo consiste en dos cerchas paralelas separadas a 80 centímetros y arriostradas en sentido transversal (cruces de San Andrés) para evitar pandeos de la cercha completa y así tener un ensayo más real que no se distorsiona con otros efectos, ya que lo que nos interesa analizar son los elementos estructurales componentes de la cercha, que trabajan bajo distintos tipos de esfuerzos. Estas cerchas tienen una luz de 5,5 metros y fueron construidas con perfiles ultra delgados, los cuales tienen un espesor de 0.85 milímetros fabricados en acero ASTM A 653-97

grado 40, con una fluencia mínima de 2812 Kg/cm^2 y un límite de ruptura de 3867 Kg/cm^2 , el galvanizado es G90 esto es 275 gr/m^2 de zinc por ambos lados de la plancha. En las uniones se utilizaron tornillos auto perforantes punta broca los cuales cumplen la función de perforar los perfiles y dejar los agujeros listos para poner tornillos de punta aguda donde sea necesario adosar las piezas de madera para los refuerzos requeridos en nudos y uniones de la cercha. Lo anterior se hace necesario por la razón de que la punta del tornillo queda insertada en la madera. De esta forma se logra una fijación óptima de la pieza de refuerzo (taco de madera) al perfil de acero, lo cual no se podría lograr con el tornillo auto perforante de punta broca.

Se realizaron ensayos de laboratorio del tipo verificación destructivos y mediante estos se analizaron sus capacidades de resistencia máximas, midiéndose deformaciones para incrementos de carga.

El proceso de fabricación del módulo de cerchas se llevó a cabo en dependencias del Hogar Miraflores de la Universidad Austral de Chile, donde se encontró un radier plano y que cumple con las medidas métricas ideales para desarrollar esta experiencia, es decir sirve para trazar a escala real la cercha que se fabricó. Luego de trasladó el módulo de cerchas hasta las dependencias del "laboratorio de ensaye de materiales de construcción" LEMCO, dependiente del Instituto de Obras Civiles de la Universidad Austral de Chile, ubicado en el Campus Miraflores, aquí se desarrolló la etapa de ensayos de resistencia de la estructura a estudiar.

CAPÍTULO II

BASES DE DISEÑO Y ASPECTOS TEORICOS

2.1. GENERALIDADES

En el mercado del acero nacional existen una serie de perfiles conformados en frío dentro de los cuales se pueden destacar los siguientes elementos estructurales individuales, secciones del tipo C, CA, Z, L, Tubulares, Σ , Ω , etc. La altura de éstas secciones en general varía entre 50 y 300 milímetros y en casos especiales hasta 550 milímetros, los espesores oscilan entre 0.5 a 6 milímetros. Estos elementos de acero conformados en frío se utilizan como elementos resistentes primarios en construcciones menores y como elementos secundarios en edificios mayores por ejemplo, cordones y almas de vigas enrejadas, estructurales estereométricas, arcos y racks de almacenamientos.

En la etapa de diseño, utilizando éstos tipos de perfiles hay que tener algunas consideraciones especiales como son los fenómenos de pandeo y post pandeo de elementos delgados en compresión, rigidez torsional de los elementos, disposición de atiesadores en elementos que trabajan bajo esfuerzos de compresión, propiedades de sección variable para elementos atiesados, parcialmente atiesados y no atiesados, conexiones en planchas delgadas resistencia al aplastamiento en los extremos de vigas, limitaciones de espesor, diseño plástico, métodos lineales para el cálculo de propiedades, trabajo de formado en frío y por último ensayos para casos especiales.

2.2. ACERO Y SUS PROPIEDADES

La especificación del AISI considera 16 tipos de acero, siendo los de mayor importancia; ASTM A36 acero al carbono, ASTM A572, grado 42, 50, 60 y 65 KSI, acero de alta resistencia y baja aleación de columbio-vanadio. En Chile se usa principalmente el acero INN A42-27ES, acero al carbono y ASTM A653 acero con cubierta de zinc o galvanizado.

Las propiedades mecánicas que nos interesan desde el punto de vista estructural son principalmente la tensión de fluencia, características tensión-deformación, módulo de elasticidad, módulo tangente y módulo de corte, ductilidad, soldabilidad, resistencia a la fatiga y resiliencia.

Tensión de fluencia:

La tensión de fluencia varía en rangos desde $F_y = 24 \text{ KSI}$ (1690 kg/cm^2) y $F_y = 80 \text{ KSI}$ (5625 kg/cm^2).

Comportamiento Tensión-Deformación:

- *Fluencia instantánea:* aceros producto de procesos de laminado en caliente.
- *Fluencia gradual:* aceros producto de procesos con trabajo mecánicos como los conformados con frío.

Ductibilidad:

Capacidad de la pieza y ensamble estructural para permitir trabajo inelástico sin ruptura, este concepto se aplica a las uniones y no a los elementos conformados.

Fatiga:

Se entiende por fatiga al daño que puede producir ruptura de la estructura ó unión, debido a la frecuencia de fluctuaciones de tensiones a que esté sometida. La fatiga de material es importante en elementos sometidos a cargas cíclicas, repetitivas y vibraciones, el AISI no incorpora la fatiga en su especificación pero el fenómeno puede ser analizado por ensayos o por curvas de tensión ciclos del acero.

Resiliencia:

Capacidad del acero para absorber energía sin fractura, se mide mediante el ensayo de Charpi, provisiones sísmicas del AISC exigen una resiliencia mínima para el acero.

Efecto de la Temperatura:

Las propiedades mecánicas se obtienen en temperaturas normales de trabajo, para condiciones extremas se debe considerar la modificación de las propiedades, estas condiciones extremas son temperaturas menores a -30°C y temperaturas mayores a 93°C .

CAPÍTULO III

PERFILES DE METALCON QUE SE ENCUENTRAN EN EL MERCADO

3.1 Generalidades.

En este capítulo se indicarán los componentes principales del sistema y a la vez sus usos, además se mencionarán algunos tornillos a utilizar.

3.2 Componentes Principales.

3.2.1 Perfiles.

3.2.1.1. Canal. (Figura 3.1)

Sus usos son:

- a) En solera superior y solera inferior.
- b) En la construcción de vigas y dinteles.
- c) Como conector, apoyo y refuerzos en general.
- d) Como elemento de unión.

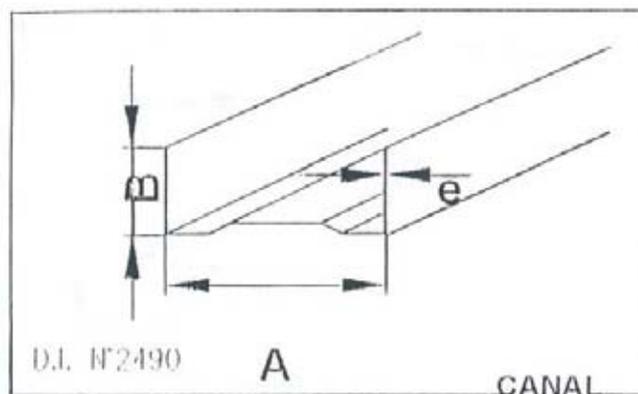


Figura 3.1

3.2.1.2. Montante o Pie Derecho. (Figura 3.2)

Sus usos son:

- Como pie derecho.
- Como atiesador en conexiones y apoyos en general.
- En la construcción de pilares, vigas y cerchas.

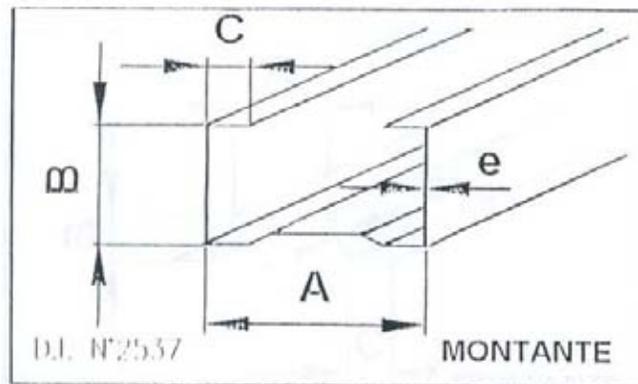


Figura 3.2

3.2.1.3. Tegal Omega Atiesada. (Figura 3.3)

Sus usos son:

- Como costanera de techo y cielo.
- Para puntos de apoyos y estabilidad en general.

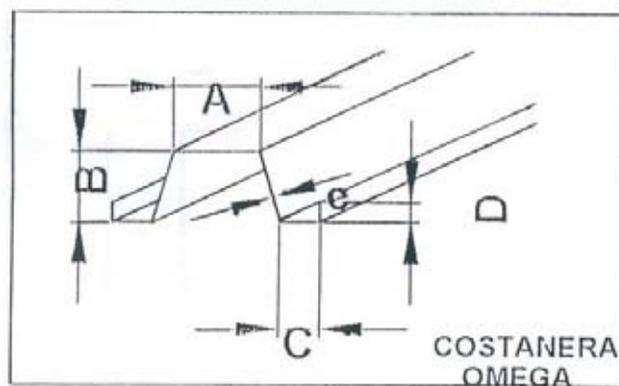


Figura 3.3

3.2.1.4. Cigal Portante. (Figura 3.4)

Sus usos son:

- Para la instalación de cielos falsos.
- Como conector temporal como apoyo y estabilizador de cercha, muros y tabiques durante las construcciones.

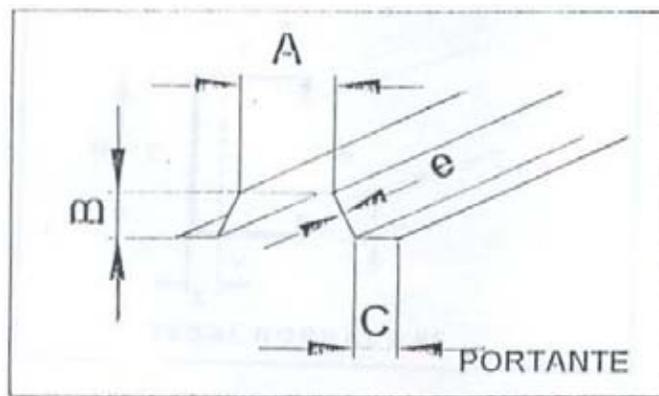


Figura 3.4

3.2.1.5. Tegal Diagonal. (Figura 3.5)

Sus usos son:

- Para la construcción de cerchas (en sus diagonales).
- Para estabilidad y arriostamiento permanente entre cerchas y tabiques.

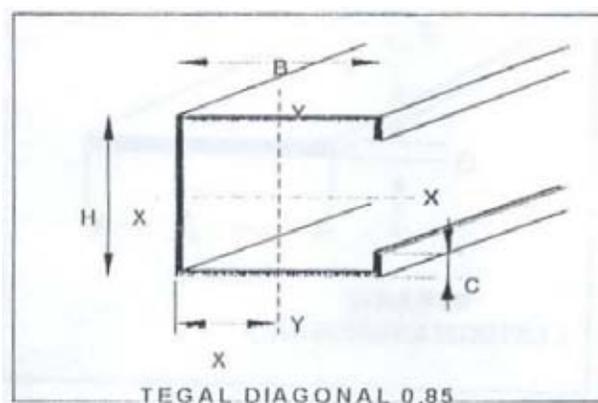


Figura 3.5

3.2.1.6. Tegal Normal. (Figura 3.6)

Sus usos son:

- a) Para la construcción de cerchas.
- b) Para estabilidad y arriostramiento permanente entre cercha y tabique.

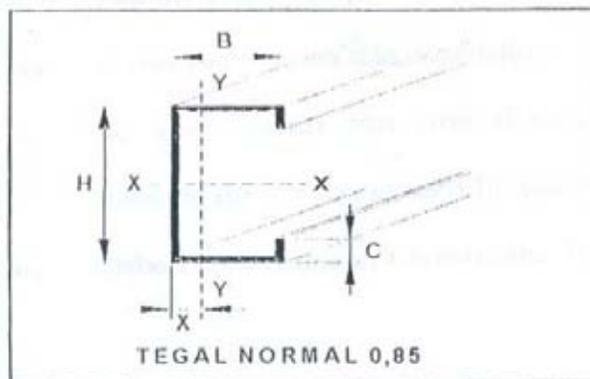


Figura 3.6

3.2.1.7. Murogal Tirante. (Figura 3.7)

- a) Como diagonales para dar arriostramiento a un tabique estructural.
- b) Como tensor general.
- c) Como conector entre dos elementos.
- d) Como conector tipo escuadra 90°.

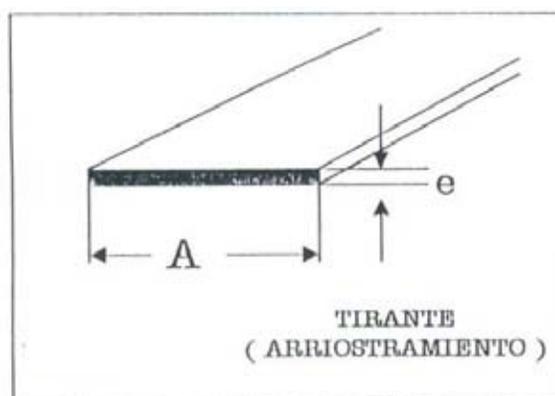


Figura 3.7

3.3 Tornillos.

3.3.1. Tornillos.

La fijación más común para Metalcon es por medio de tornillos autoroscantes. En una sola operación, estos pueden perforar y fijar en forma segura todo tipo de materiales a la estructura de acero. A la hora de elegir un tornillo se debe considerar tres puntos, el tipo de cabeza, punta y la selección de la rosca. Para aplicaciones exteriores pueden ser, con revestimiento de zinc, cadmio o co-polímero. Los tornillos para conexiones entre dos elementos de espesor igual a 0.85 mm deberán ser autotaladrante y con un mínimo de diámetro 0.164 pulgadas (#8).

3.3.2. Reglas Generales para Tornillos usados con Metalcon.(Figuras 3.8 , 3.9 , 3.10)

- a) Serán resistente a la corrosión.
- b) Se atornillarán con una distancia mínima al borde y entre ejes de 3 veces al diámetro del tornillo usado.
- c) Deben penetrar dejando un mínimo de 3 hilos de vistas.

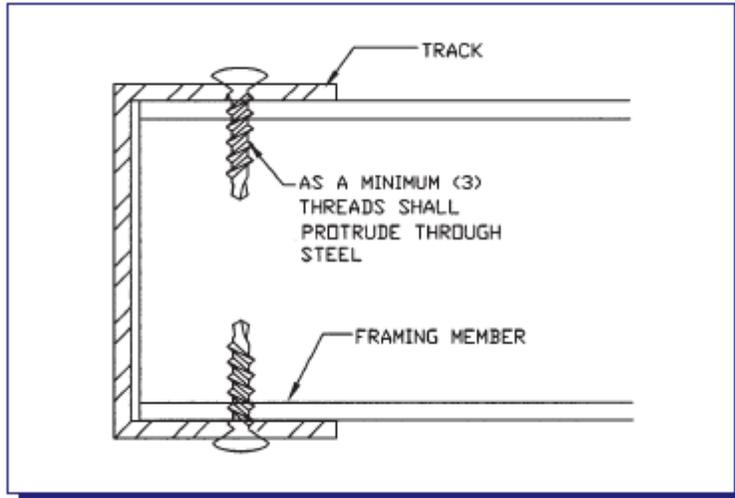


Figura 3.8

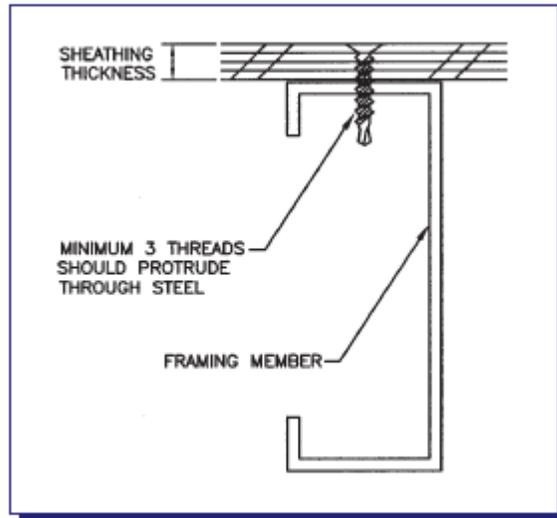


Figura 3.9

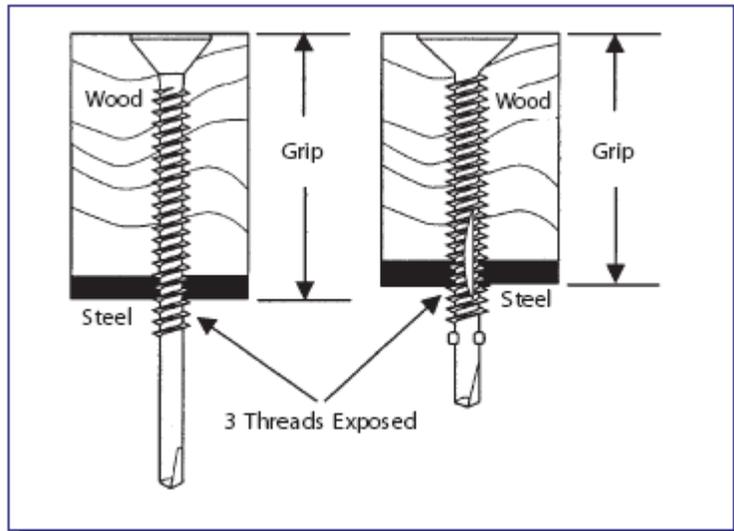


Figura 3.10

3.3.3. Tipos de Cabezas disponibles.

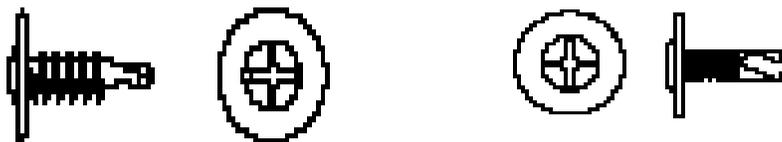
Fabricados en diversos tipos de cabeza, los tornillos auto perforantes usan comúnmente para transmitir el apriete un tornillo de cabeza en cruz de Phillips N°2.

Los tipos de cabezas son:

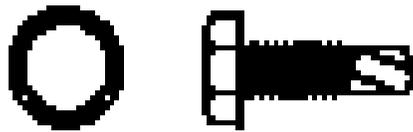
- Cabeza trompeta: se usa para fijar todo tipo de placas de yeso, paneles de madera y otros revestimientos. Permite tener superficies planas, suaves y de fácil terminación al quedar la cabeza embutida en el revestimiento.



- Cabeza plana: Denominados tornillos cabezas de lenteja, se usan cuando no se desean que la cabeza interfiera con el revestimiento si este es rígido.



- Cabeza hexagonal: Usados permanentemente para penetrar aceros de mayor espesor, al ser la cabeza con 6 puntos de apoyos, entrega un muy buen torque asegurando mayor estabilidad durante la operación de colocación. La cabeza es normalmente de 5/16" y en aplicación de mayor espesor de 3/8".



3.3.4. Selección del tipo de punta a emplear.

Solo dos tipos de puntas son usados de Metalcon, Aguda o Broca (Figura 3.7). Es muy importante usar la punta correcta según el espesor total de acero a fijar. Se utiliza un tornillo punta aguda para fijar aceros de hasta 1.0 mm de espesor. Para espesores totales de aceros mayores a 1.0 mm se usan tornillos tipo punta de broca.

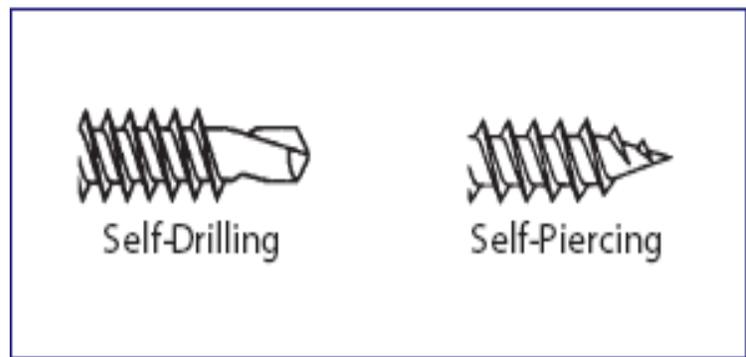


Figura 3.11

3.3.5. Longitud de los tornillos.

Como líneas generales se recomiendan que el tornillo sea 3/8" a 1/2" más largo que el espesor de los materiales conectados, asegurando que al menos tres hilos queden expuestos y a la vista.

3.3.6. Ranura de la broca.

La longitud de la ranura de la broca determina el espesor del metal que puede ser perforado. La ranura es un canal para remover las virutas durante la perforación. Si la ranura llegara a quedar completamente embebida en el material, las virutas quedarían atrapadas en ella y el tornillo atorado, causando que la punta se rompa o se quemara.

3.3.7. Longitud de la punta.

La sección sin roscas desde la punta hasta el primer hilo de rosca, deberá ser suficientemente larga para asegurar que la operación de perforado termine antes que el primer hilo alcance el metal. La rosca del tornillo avanza a una velocidad hasta diez veces mayor que la operación de la broca.

3.3.8. Longitud de la rosca.

Siempre hay que escoger un tornillo con suficiente longitud de rosca, como para que ésta encaje completamente en el material base. Por ejemplo si está fijada en acero de $\frac{1}{4}$ ", el tornillo deberá tener como mínimo $\frac{1}{4}$ " de longitud de rosca (se recomienda que al menos tres hilos queden a la vista pasando el material).

3.3.9. Paso de rosca.

En general cuanto menor sea el espesor de los materiales a ser fijados, mayor será el número de hilos de rosca por pulgada y viceversa, a mayor espesor del material a fijar, el número de hilos de rosca por pulgada será menor.

3.3.10. Requerimiento de espaciamiento y distanciamiento al borde.

Se recomienda mantener una distancia mínima de espaciamiento entre ejes de tornillos de 3 veces el diámetro de éstos. A su vez se recomienda mantener una distancia de espaciamiento entre tornillos y el borde de acero de 3 veces el diámetro de éstos. En el caso de tableros de yeso o de madera se recomienda no colocar tornillos a menos de 10 mm del borde de estos.

3.3.11. Colocación de tornillos.

Las fijaciones usadas en el sistema Metalcon deben ser colocadas solo usando un atornillador eléctrico. No se debe usar otro tipo de herramientas para la instalación de tornillos ya que solo las mencionadas están equipadas con un

embrague automático y con un profundímetro que regula y ajusta la penetración del tornillo.

Para tornillos punta aguda, se recomienda usar atornilladores eléctricos rápidos de más de 4000 rpm de velocidad.

Para tornillos de punta broca, se recomienda usar atornilladores de velocidad variable entre 0 y 2500 rpm para evitar quemar la punta.

CAPÍTULO IV

SISTEMAS DE CUBIERTA MEDIANTE EL USO DE PERFILES DE ACERO GALVANIZADOS DE BAJO ESPESOR CONFORMADOS EN FRÍO.

4.1. Generalidades

La construcción de sistemas de cubierta en este tipo de material no está restringida al solo uso de construcciones de acero galvanizado liviano, sino también a otro tipo de estructuras como Hormigón Armado, Albañilería, Ferrocemento o Madera, ya que este sistema constructivo (Metalcon ®) es abierto y se puede combinar con otros tipos de materiales dentro de una misma estructura logrando adaptarse perfectamente a las exigencias y situaciones existentes además de ser una alternativa liviana para sistemas de cubierta. Por ser un sistema liviano nos da la posibilidad de rapidez de ejecución, mejor aprovechamiento de los materiales y mano de obra.

El acero utilizado en este sistema de cubiertas es acero galvanizado, lo cual lo convierte objetivamente en extremadamente durable a través del tiempo y es especialmente apto para cualquier tipo de clima y situación geográfica, sobre todo las extremas, por otro lado el acero galvanizado no es atacado por temitas ni otros animales que puedan deteriorar la estructura.

En cuanto al tema de corrosión el AISI ha desarrollado investigaciones y hecho publicaciones tal como “Durability of Cold-Formed Steel Framing Members” en la cual

se puede encontrar todo lo relacionado con los tipos de galvanizados utilizados, su comportamiento en climas adversos y en combinación con otros materiales.

En viviendas y edificios de uno o más pisos, las posibilidades de cubiertas a ser desarrolladas desde el punto de vista arquitectónico son muy variadas. La construcción de dichas cubiertas pueden ejecutarse mediante el uso de cerchas, tijerales o una combinación de éstas(cerchas habitables). A su vez, dependiendo de las luces a cubrir, del tipo de revestimiento a utilizar (tejas asfálticas, tejas cerámicas, planchas metálicas continua etc.) y de la separación de las cerchas o tijerales está la posibilidad de utilizar por sobre éstas costaneras de techo o disponer directamente una chapa estructural de madera por sobre las cerchas o tijerales.



En el presente capítulo se pretende dar algunas pautas para el diseño de sistemas de cubierta mediante el uso de cerchas no habitables y habitables.

4.2. Tijerales de Cubierta

En el diseño de tijerales el proyectista debe tener en cuenta los siguientes aspectos de diseño:

- Los tijerales son elementos sometidos a esfuerzos de flexo-compresión.
- Debe controlarse al giro de las alas de los tijerales. El ala superior mediante las costaneras de techo o la chapa estructural de madera (OSB de 9 mm o contrachapado estructural $\frac{1}{2}$), y del ala inferior mediante el uso de pletinas de acero continuas.
- Se debe verificar el aplastamiento del alma del tijeral en el apoyo inferior mediante el uso de un atiesador de alma.
- Los tijerales pueden ser elementos simples o compuestos.
- De utilizarse tijerales como elementos compuestos. Las capacidades de la sección se obtiene a partir de la suma de las capacidades individuales de cada elemento.

4.3. Cerchas de Cubierta

Las posibilidades de configuración de cerchas de cubierta son variadas, dependiendo de la arquitectura del proyecto, la pendiente de la cubierta y la luz entre apoyos entre otros. Dado esto, los aspectos más relevantes a tener en cuenta cuando se diseña y construye una cercha de cubiertas son los siguientes:

- Las cuerdas de las cerchas son elementos sometidos a esfuerzos de flexo-compresión o a flexo-tracción. Por esto, se deben controlar las longitudes de pandeo de la sección (giros de las alas), por ejemplo, utilizar cruces de San Andrés para acotar la longitud de pandeo en el eje débil de la cuerda inferior.
- En los puntos de apoyo de las cerchas deben concurrir diagonales o montantes de forma tal de no inducir flexión indeseada en la cuerda inferior.
- Las cuerdas superiores de las cerchas no deben ser empalmadas, de no existir un diseño proporcionado por el calculista.
- La unión de la cumbrera debe realizarse a media pieza, esto es, se deben traslapar las cuerdas superiores destajando las alas de una de ellas.
- Las diagonales y montantes son elementos sometidos a esfuerzos de compresión o tracción, y para el diseño deben considerarse como elementos simplemente apoyados.

- En los puntos de apoyo de las cerchas debe considerarse el uso de rigidizador de alma de la cuerda inferior.

4.4. Costaneras de Techo

Para este tipo de elementos, Cintac a desarrollado la serie de perfiles de sección tipo omega, cuya característica principal es ser una sección estable, es decir, por poseer dos almas, la sección tiene propiedades inerciales y de radio de giro similar en ambos ejes de trabajo, otorgándole a la sección gran estabilidad lateral, razón por la cual resulta muy eficiente en su aplicación como costanera de techo en cubierta que posee pendientes elevadas.

Para su diseño se debe considerar:

- Las costaneras de cubierta son elementos sometidos a esfuerzos de flexión tanto en su eje débil como fuerte.
- Son elementos de uno o más tramos.

CAPÍTULO V

CARGAS DE DISEÑO Y TABLA DE RESUMEN DE DISEÑO DE LA TESIS DE LAVADO 2004

5.1 Generalidades.

En el presente capítulo se tomará como base para esta experiencia lo realizado en la tesis de Ingeniería Civil (Lavado, 2004) [6]. Se ve la figura (5.1) que es una cercha del tipo Serie Estándar de Cintac, la cual será ensayada posteriormente como parte de un sistema o módulo de cercha construida íntegramente de Metalcon y reforzada con piezas de madera cortadas a medida para cada nudo y unión de los distintos perfiles que la conforman. El objetivo de este capítulo es establecer las cargas de diseño y determinar la sollicitación y capacidad de los elementos estructurales.

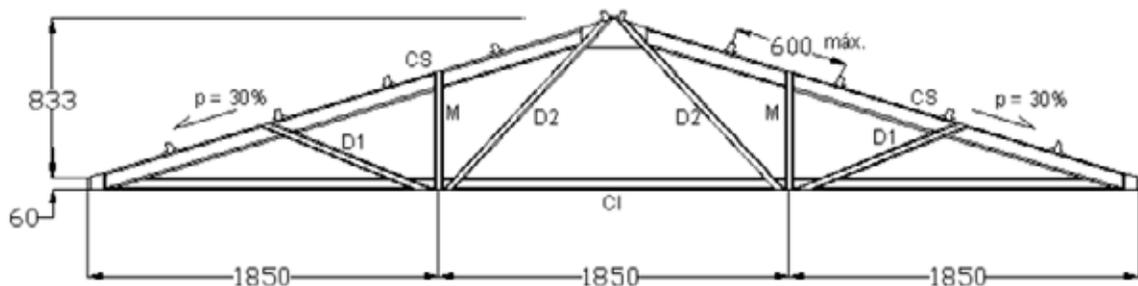


Figura 5.1

Cercha que se diseñó

[6]. Lavado Tapia Gonzalo Andrés.,(2004), Diseño y ensayo de cerchas con perfiles de acero galvanizado de bajo espesor”
Tesis Ingeniero Civil, Universidad Austral de Chile.

5.2 Cargas de Diseño.

5.2.1. Peso Propio.

Se considerará cubierta de tejuela asfáltica sobre chapa estructural de OSB 11 mm para que las cargas de peso propio se desglosen de la siguiente manera.

Cubierta (Tejuela Asfáltica)	=	25.0	kgf/m ²
Estructura	=	10.0	kgf/m ²
Cielos	=	12.5	kgf/m ²
Aislamiento	=	3.5	kgf/m ²
Colaterales	=	<u>5.0</u>	kgf/m ²
Total Peso Propio	=	56.0	kgf/m ²

5.2.2. Sobrecarga:

De acuerdo a la norma chilena NCh 1537 Of.86 "Cargas permanentes y sobrecargas de uso para el diseño estructural de edificios", la sobrecarga de techo es de 100 kgf/m², la cual puede ser reducida por pendiente de acuerdo a la expresión:

$$q_{se} (1-2.33 \cdot \alpha) \cdot 100 \text{kgf} / \text{m}^2 \text{ donde } \alpha \text{ es la pendiente en porcentaje en } \%$$

Sin embargo, la sobrecarga de techo no debe ser menor a 30 kgf/m², lo cual se cumple para pendientes mayores a 30%.

Dado que nuestro caso la pendiente es de 30%, la sobrecarga de techo a considerar en este módulo de cercha será de 30 kgf/m².

5.2.3. Cargas de Viento.

De acuerdo con la norma chilena NCh 432 Of.71 “Cálculo de la acción del viento sobre estructuras”. La velocidad de diseño por viento a considerada para este diseño fue de 120 km/hra.

La presión básica del viento q depende de la altura de la construcción sobre el nivel del terreno y de la ubicación de la construcción; a este respecto se distingue si la construcción se encuentra en una ciudad, o en campo abierto o frente al mar. Valores típicos de la presión básica son $q = 70 \text{ kgf/m}^2$ para una altura de 4 m sobre el suelo.

Considerando una velocidad del viento de 120 km/hra según la norma tenemos:

$$q = \frac{u^2}{16} \quad \text{donde;}$$

q = es la presión básica, en kgf/m^2 .

U = es la velocidad máxima instantánea del viento, en m/s.

$$U = 120 \text{ km / hra} \Rightarrow u = 33.33 \text{ m/s.}$$

$$Q = \frac{33.33^2}{16} = 69.5 \Rightarrow 70 \text{ kgf / m}^2 \Rightarrow q 70 \text{ kgf / m}^2$$

Además la norma considera un factor de forma para ciertos tipos de superficie, para nuestro caso la presión básica se empleará de la siguiente forma en el análisis.

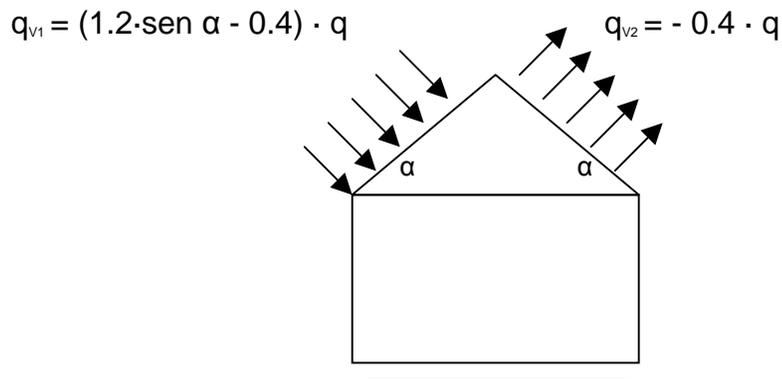


figura (5,2)

$$q_{v1} = (1.2 \cdot \text{sen } \alpha - 0.4) \cdot q$$

$$q_{v2} = -0.4 \cdot q$$

Reemplazando nuestros datos en la formula tenemos.

$$q_{v1} = (1.2 \cdot \text{sen } 16.7^\circ - 0.4) \cdot 70 = -0.055 \Rightarrow q_{v1} = -0.055 \text{ kgf/m}^2$$

$$q_{v2} = -0.4 \cdot 70 = 28 \Rightarrow q_{v2} = -28 \text{ kgf/m}^2$$

5.2.4 Cargas de Nieve

Se obtiene de acuerdo con la norma chilena NCh 431 Of.77 "Sobrecargas de Nieve". La nieve, en la mayor parte del país, es una acción del tipo eventual, es decir, ocurre sólo algunas veces durante la vida útil de la obra que se está diseñando. Por el contrario, la norma establece que en zonas cordilleranas y en el extremo sur del territorio, donde nieva todos o casi todos los años, la carga de nieve debe considerarse de ocurrencia normal en vez de eventual.

La carga de nieve depende esencialmente de la inclinación del techo. Si esta inclinación es igual o menor que 30° respecto de la horizontal, la carga básica de nieve se determina de una tabla que dependen de la altura del lugar y de su latitud geográfica.

Por lo cual, en concordancia con la norma, se utilizó para el cálculo una carga básica de nieve de 25 kgf/m^2 de recurrencia eventual.

5.3 Resumen de Diseño.

En la tabla (5.1) se presenta un resumen de los esfuerzos solicitantes y resistencia del perfil Metalcon utilizado para cada elemento componente de la cercha según la tesis de Lavado 2004.

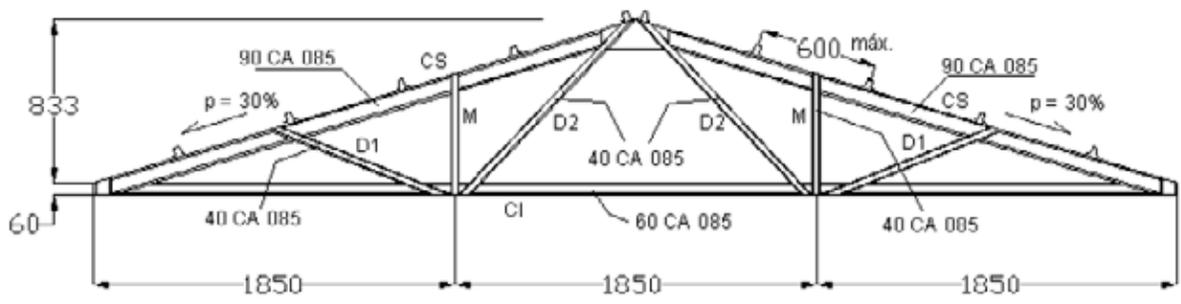
Tabla (5.1)
Resumen de Diseño.

Elemento	Tipo Esfuerzo	Esfuerzo Solicitante		Capacidad Máx.	Capacidad Adm		Tipo Perfil
		ASD	LRFD		ASD	LRFD	
Cuerda Superior CS	Flexo-Compresión	M = 1907 P = 1010	M = 2191 P = 1160	M _n = 11853 P _n = 2764	M _{adm} = 7097 P _{adm} = 1536	M _{adm} = 11260 P _{adm} = 2350	90AC085
Cuerda Inferior CI	Flexo-Tracción	M = 821 T = 950	M = 978 T = 1091	M _n = 3929 T _n = 3403	M _{adm} = 2353 T _{adm} = 2037	M _{adm} = 3733 T _{adm} = 3062	60CA085
Diagonal 1 D1	Compresión	P = 118	P = 133	P _n = 857	P _{adm} = 476	P _{adm} = 728	40CA085
Diagonal 2 D2	Tracción	T = 288	T = 332	T _n = 3149	T _{adm} = 1886	T _{adm} = 2834	40CA085
Montante M	Compresión	P = 109	P = 125	P _n = 1646	P _{adm} = 915	P _{adm} = 1399	40CA085

Nota: Las unidades de esta tabla son para momentos [Kgf-cm] y para axiales [kgf].

De este modo se justifican los perfiles utilizados en cada elemento estructural que conforma la cercha.

En la siguiente figura se aprecia el diseño definitivo.



nota: las cotas están en milímetros

Figura (5.2)

CAPÍTULO VI

FABRICACIÓN DE CERCHAS MEDIANTE EL USO DE PERFILES DE ACERO GALVANIZADO DE BAJO ESPESOR CONFORMADOS EN FRÍO REFORZANDO LOS NUDOS CON PIEZAS DE MADERA.

6.1 Generalidades.

En este capítulo se describirán los pasos seguidos en la fabricación de las cerchas y el módulo de cerchas a ensayar. En este proceso se pudo diferenciar seis etapas importantes y a la vez cronológicas para el resultado final del módulo de cerchas. Estas etapas son: el trazado a escala real, corte y fabricación de las piezas componentes de la cercha (tanto las de acero como las de madera), inclusión de piezas de madera para reforzar nudos, perforación de perfiles de acero mediante tornillos autoperforantes, instalación de tornillos de punta aguda que sostendrán las piezas de madera a los perfiles de acero, instalación de tornillos autoperforante en forma definitiva y armado de módulo de cerchas.

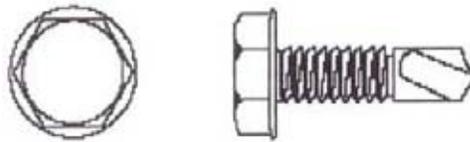
Antes de continuar con la descripción del proceso de fabricación se describirán materiales y herramientas utilizadas en el proceso de la construcción de las cerchas.

6.2 Materiales y Herramientas.

- Perfiles de Acero (Metalcon): Se utilizaron perfiles de acero galvanizado de bajo espesor conformados en frío fabricados por Cintac S.A., estos perfiles son fabricados en acero estructural galvanizado de alta resistencia ASTM 653-94 Grado 40. Los perfiles utilizados para la fabricación de las cerchas tienen las siguientes características geométricas.

Perfil	Alma [mm]	Ala [mm]	Atiesador [mm]	Espesor [mm]
90CA085	90	38	12	0,85
60CA085	60	38	8	0,85
40CA085	40	38	6	0,85

- Tornillos Auto perforantes: Los tornillos utilizados fueron tornillos auto perforantes #10x3/4" punta 3, Cabeza Hexagonal, revestimiento zincado con una capacidad de perforación de 5 mm.



- Tornillos de punta aguda: Se utilizó tornillos de punta aguda de 1 1/2" con el fin de sostener de manera adecuada la pieza de madera a los perfiles de acero en cada nudo que se procedió a reforzar.
- Alicata tipo "vise-grip": se utilizó para sujetar los perfiles mientras se atornillan.

- Tijeras corta latas: se utilizó para cortar material excedente en los perfiles después de realizar los cortes.
- Esmeril Angular 4 ½": se utilizó para cortar los perfiles y pulir bordes para eliminar astillas.
- Tronzadora: se utilizó para hacer cortes en los perfiles con ángulos deseados.
- Atornillador eléctrico: debe ser con embrague automático y con la punta magnetizada para sostener el tornillo autotaladrante mientras se atornilla, además su velocidad no debe superar las 2500 RPM, ya que una mayor velocidad quema la punta antes de perforar.
- Serrucho: Se utilizó para cortar las secciones de madera a la medida que se requirió con el fin de reforzar cada nudo de la cercha.
- Cepilladora Eléctrica: Se utilizó con el fin de dar a la pieza de madera la escuadría y dimensiones necesarias que se requieren para el refuerzo de distintos nudos de la estructura.
- Lija para Madera: Se requiere para detalles finos y finales en las piezas de madera que se utilizan en los refuerzos.
- Desatornillador de cruz.
- Huinchita de medir.
- Nivel y plomada.

- Anteojos protectores de seguridad.
- Guantes protectores de cuero.

A continuación se describirán e ilustrarán mediante fotografías las seis fases mencionadas anteriormente.

6.3 Trazado a escala real.

Para una correcta fabricación de las cerchas éstas fueron trazadas a escala real según los planos del anexo A. Este paso es fundamental para que no se cometan errores en los cortes de los perfiles y sus ángulos, además se facilita un rápido armado posterior al visualizar a escala real la cercha.

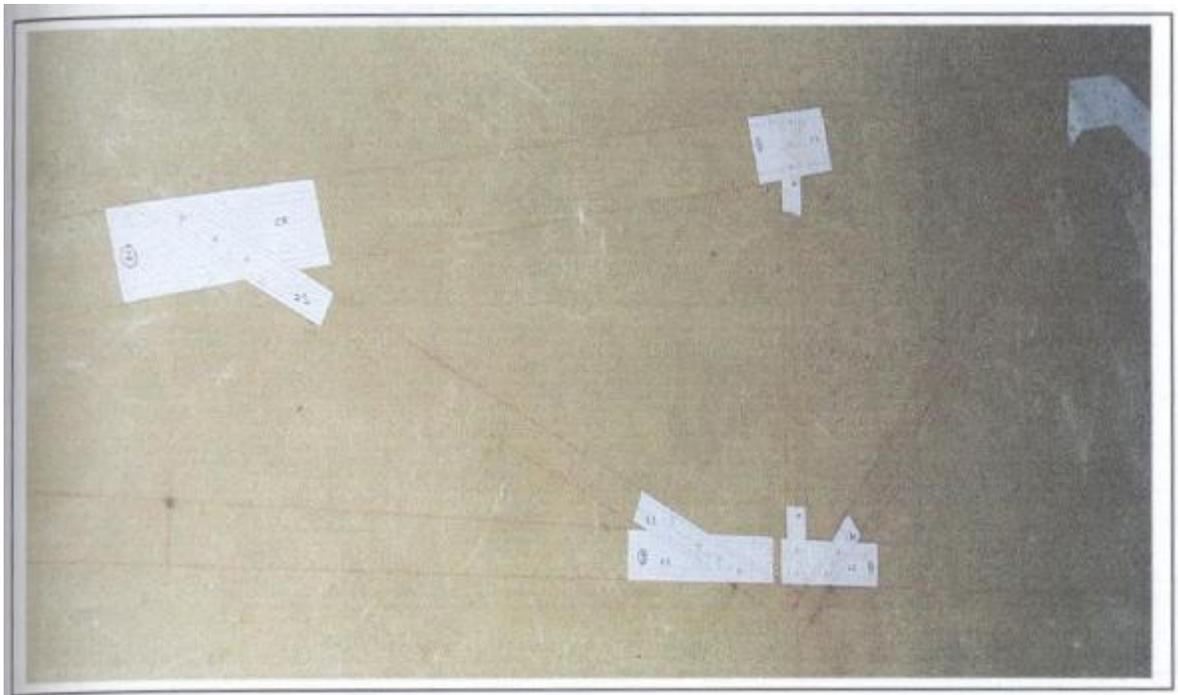


Figura (6.1): Trazado a escala real.

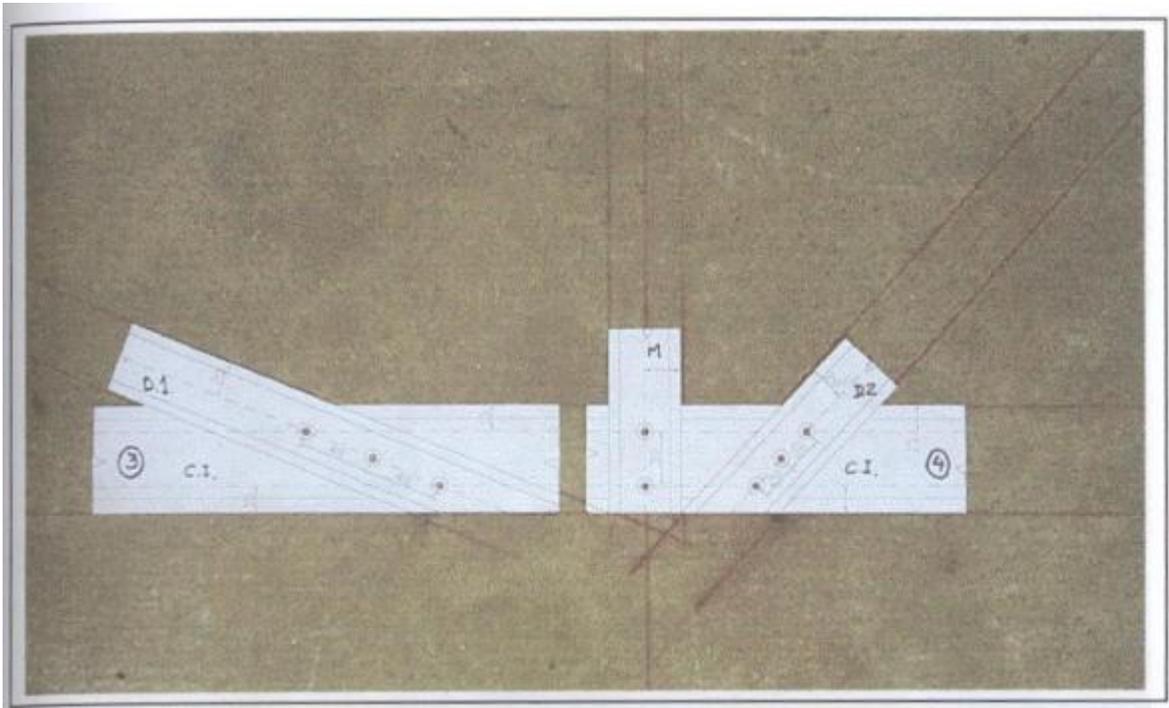


Figura (6.2): Trazado a escala real, diagonales.

6.4 Corte y fabricación de piezas.

Mediante la utilización del trazado a escala se realizaron los cortes precisos a los perfiles y su codificación por elemento para su posterior ensamble.



Figura (6.3): Fabricación Cuerdas.

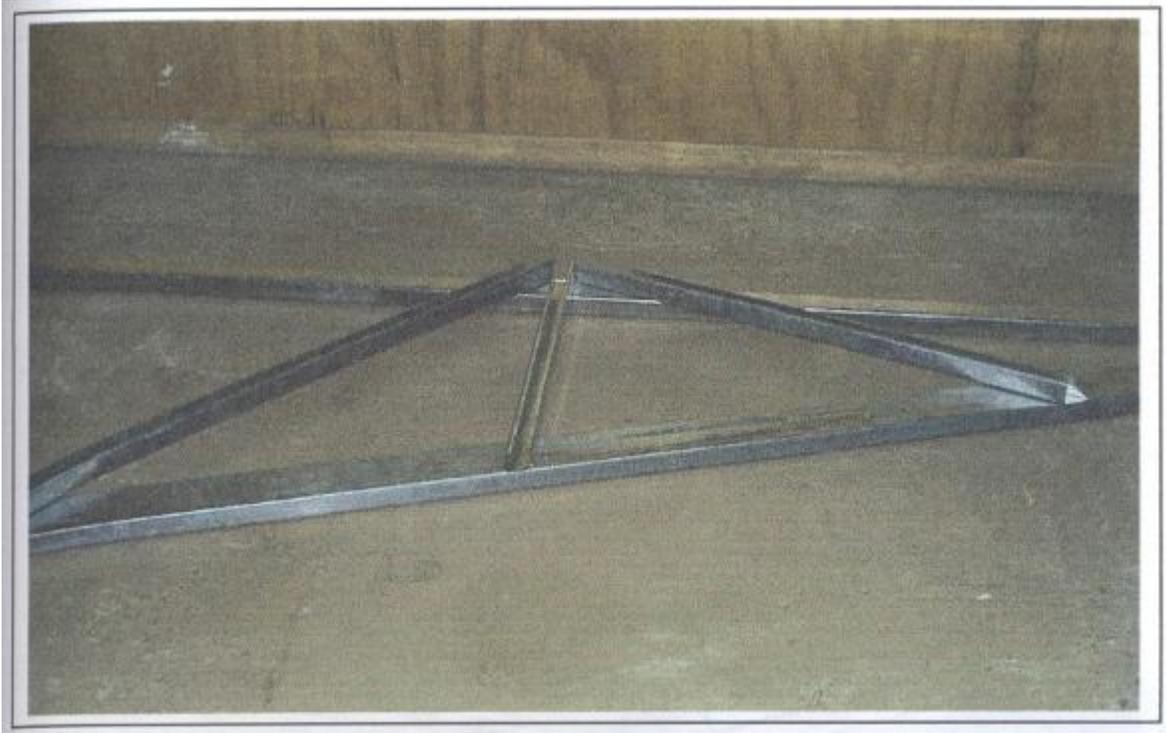


Figura (6.4): Fabricación diagonales.

Una vez que se tiene la dimensión real de los nudos a reforzar, se procede a cortar las piezas de madera que servirán de refuerzo para cada nudo en particular.



Figura (6.5): Fabricación refuerzos de madera.

Las maderas que sirven para dicha etapa de la fabricación se adquirieron en un aserradero, donde se escogió piezas de pino de 3,60 mts de escuadrias 2x4" y 2x3", ajustando su dimensión lineal en el cepillado para dejarlas de 38 x 60_{mm} y 38 x 90_{mm}. Estas medidas corresponden aproximadamente a la de los perfiles de acero galvanizado que conforman las cuerdas superiores e inferiores de las cerchas del módulo respectivamente.



Figura (6.6): Fabricación refuerzos de madera.

Teniendo la madera ya cepillada se procede a dar el ajuste final a la escuadría con el propósito de que este refuerzo cumpla su función de manera óptima y adecuada. Esto se realiza por medio de una cepilladora eléctrica teniendo precaución de no dar una dimensión menor a la requerida de modo que sea lo más exacta posible, pues se desea que la pieza que reforzará el nudo sea de un solo trozo de madera y no tenga que ser rellenado el espacio sobrante con otra madera de dimensión menor. Lo anterior haría que el refuerzo se comporte de una manera distinta a la esperada.

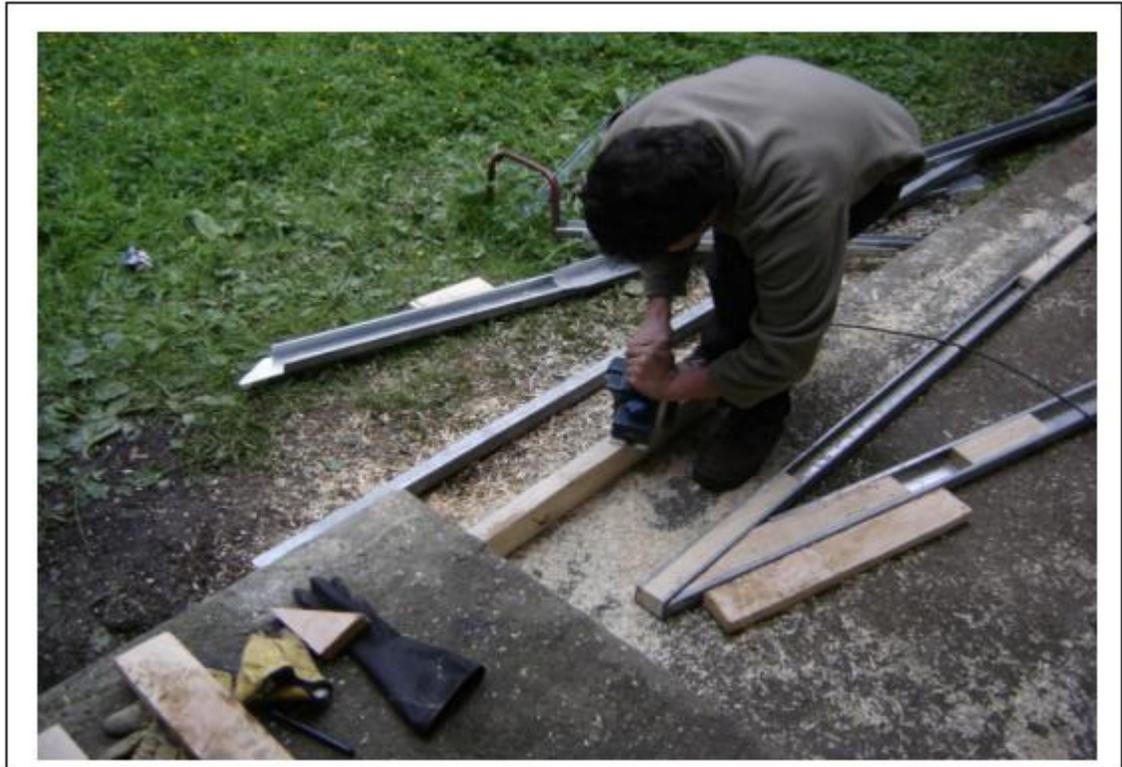


Figura (6.7): Fabricación refuerzos de madera.

Por último se utiliza lija para madera con el objetivo de dejar lo más ajustada posible la pieza según el nudo que se quiera reforzar teniendo en cuenta las dimensiones y forma de uniones de los perfiles de metalcon. Lo anterior se hace con el objeto de no dejar ni muy suelto ni muy apretado cada refuerzo de madera que se requiere para no adicionar nuevas variables a las características del acero que se utiliza en la fabricación de la estructura a experimentar.

6.5 Inclusión de piezas de madera para reforzar nudos.

Cuando se tienen las dimensiones de cada pieza de madera según el nudo que se requiera reforzar, esto es largo y escuadría necesaria, se procede a instalar dichas piezas en cada posición definitiva dentro de las cerchas, de tal forma de dar resistencia adicional a cada encuentro de perfiles de acero que conforman la estructura final.



Figura (6.8) refuerzos de madera.



Figura (6.9) refuerzos de madera.



Figura (6.10) refuerzos de madera.

6.6. Perforación de perfiles de acero mediante tornillos autoperforantes (punta broca).

Una vez que se tienen los cortes de las piezas y los refuerzos de madera ya instalados en su posición definitiva, se marcan los puntos de los perfiles metálicos donde deben ir los tornillos, se puede utilizar plantillas impresas a escala real.

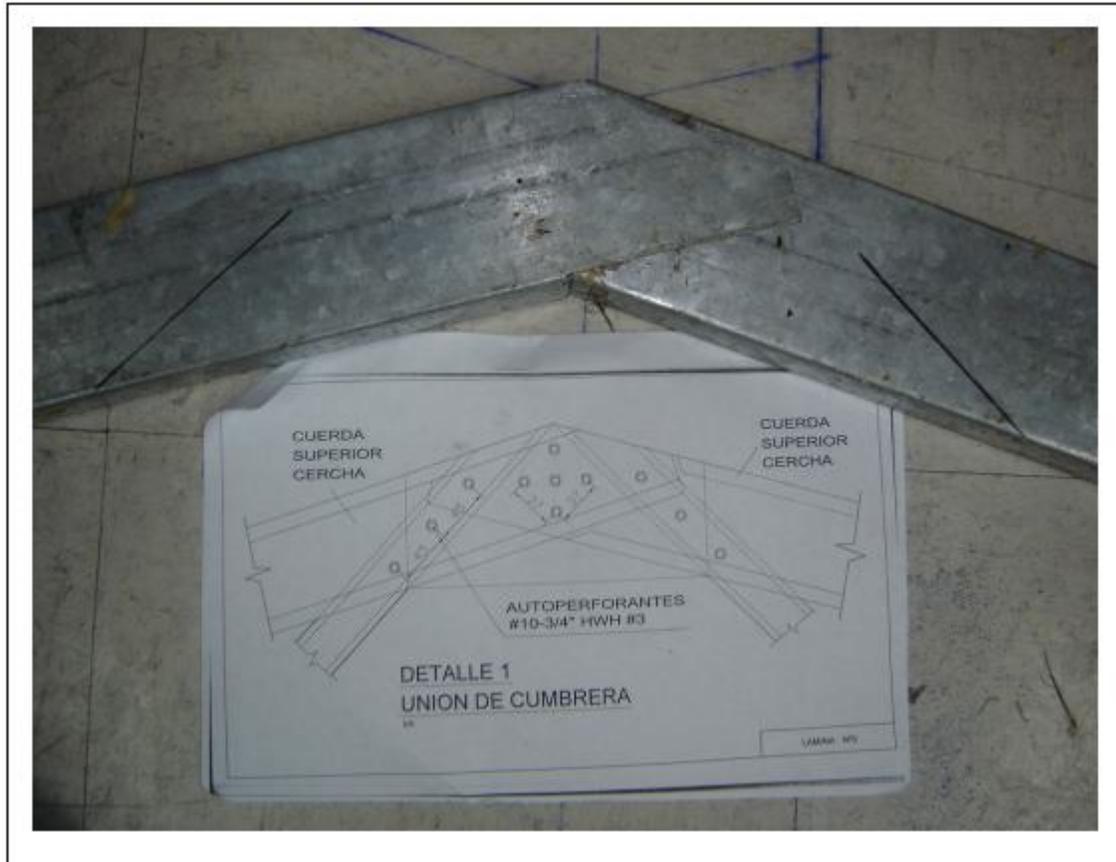


Figura (6.11): detalles para perforaciones con tornillos autoperforantes.

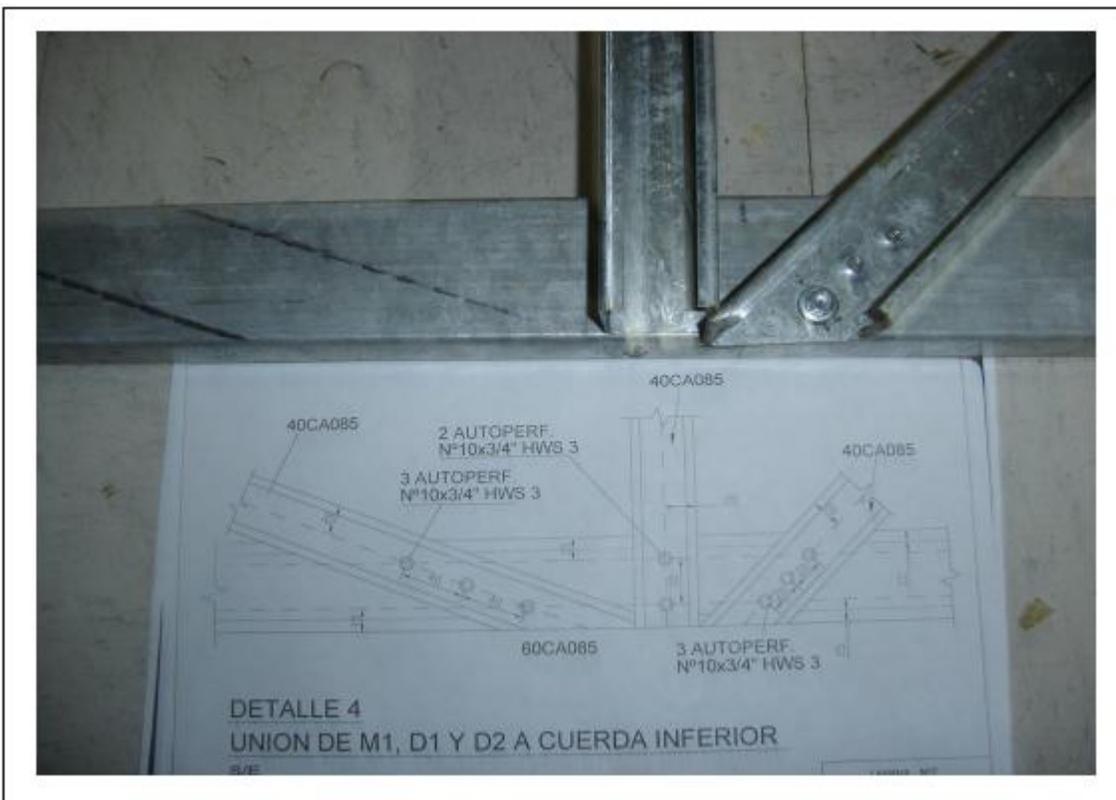


Figura (6.12): detalles para perforaciones con tornillos autoperforantes

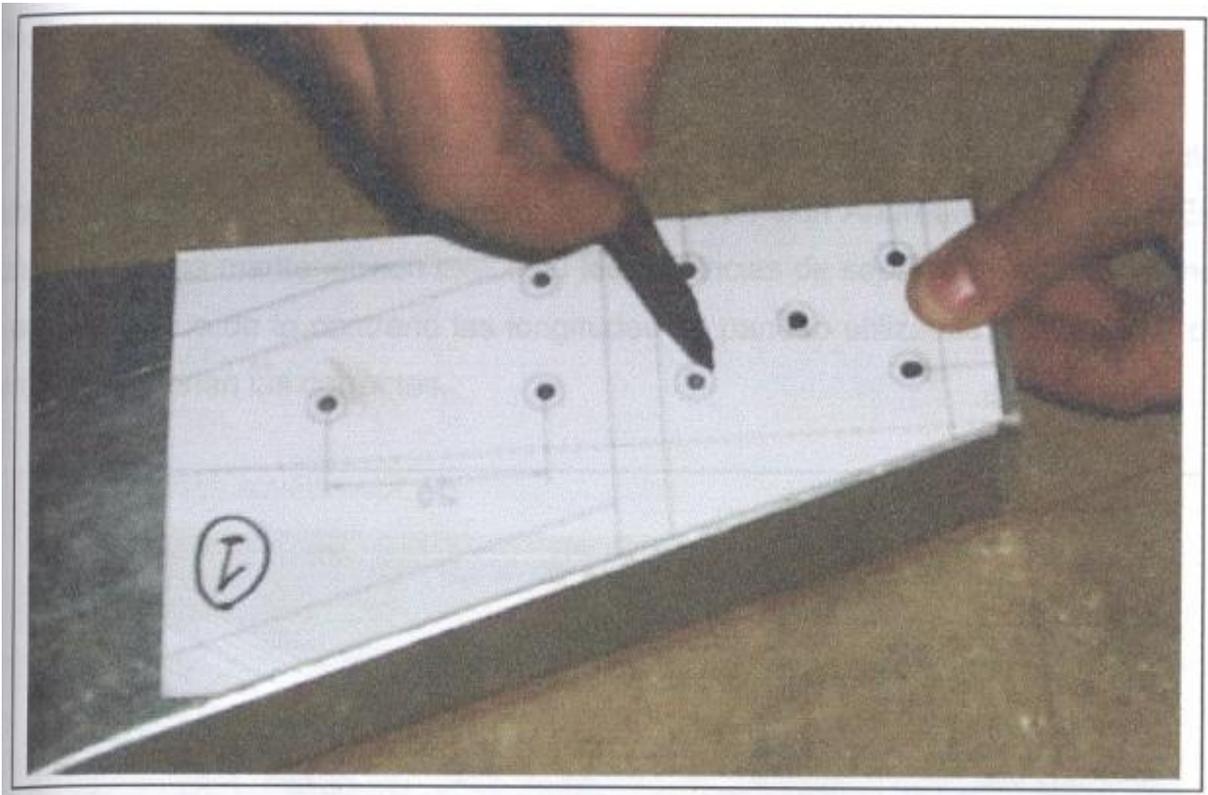


Figura (6.13): Plantillas para perforaciones con tornillos autoperforantes.

Luego se perforan los perfiles metálicos utilizando tornillos autoperforantes de punta broca.



Figura (6.14): perforación con tornillos autoperforantes punta broca



Figura (6.15): perforaciones con tornillos autoperforantes punta broca

Una vez que se tienen los tornillos punta broca teniendo la cercha armada se procede a cambiarlos en forma matizada por los tornillos punta aguda para así no tener que desarmar toda la cercha nuevamente, lo que hace que se mantengan en su posición los orificios requeridos para el siguiente paso.

6.7 Instalación de tornillos de punta aguda que sostendrán las piezas de madera a los perfiles de acero

Una vez que se tienen los refuerzos de madera en las posiciones destinadas se ejecuta la instalación de tornillos de punta aguda en los orificios que se requieran para afianzar de manera ideal las piezas de madera por la cara interior de las cuerdas superiores e inferiores de las cerchas, quedando de esta forma ambos materiales actuando de forma monolítica.



Figura (6.15): instalación de tornillos punta aguda



Figura (6.15): instalación de tornillos punta aguda

6.8 instalación de tornillos autoperforante en forma definitiva y armado del módulo de cerchas.

Una vez que se tienen instalados los tornillos de punta aguda para cada pieza de madera, se procede a insertar los otros tornillos de punta broca en los lugares que se requiera unir las piezas metálicas entre si, dejando las cerchas totalmente terminadas.



Figura (6.16): cerchas armadas

Teniendo las cerchas ya terminadas se pasa a la etapa de ensamble de estas en el módulo, mediante costaneras (perfiles omega) y cruces de San Andrés, las que cumplen la función de evitar el pandeo de las cerchas. Es de suma importancia mantener con exactitud las distancias de separación entre costaneras y cerchas, ya que de lo contrario las longitudes de pandeo utilizadas en el diseño de la estructura no serían las correctas.



Figura (6.17): módulo de cerchas unido por costaneras



Figura (6.18): cruces de San Andrés

CAPÍTULO VII

ENSAYO REALIZADO AL MODULO DE CERCHA REFORZADA

7.1 Introducción.

A continuación se definirá y se darán características del ensayo realizado con el módulo de cercha. Además se darán pormenores y detalles de los elementos que se utilizaron.

7.2 Generalidades de la Construcción de la Estructura de Madera.

Se construyeron cuatro estructuras de madera con el objetivo de transmitir la carga hacia la cercha. Esto se adoptó para poder simular de forma más real la distribución de cargas del resto de la estructura. De esta manera se sabrá exactamente cual es la carga aplicada en cada incremento que se realiza en el experimento.



Figura 7.1 Estructura de Madera

7.3 Generalidades del Ensayo.

El ensayo realizado consistió en aplicar cargas P en cinco puntos de la cercha (figura 7.2) para provocar los esfuerzos de compresión, tracción, flexo-compresión y flexo-tracción requeridos y evaluar así el comportamiento de los elementos componentes de la cercha.

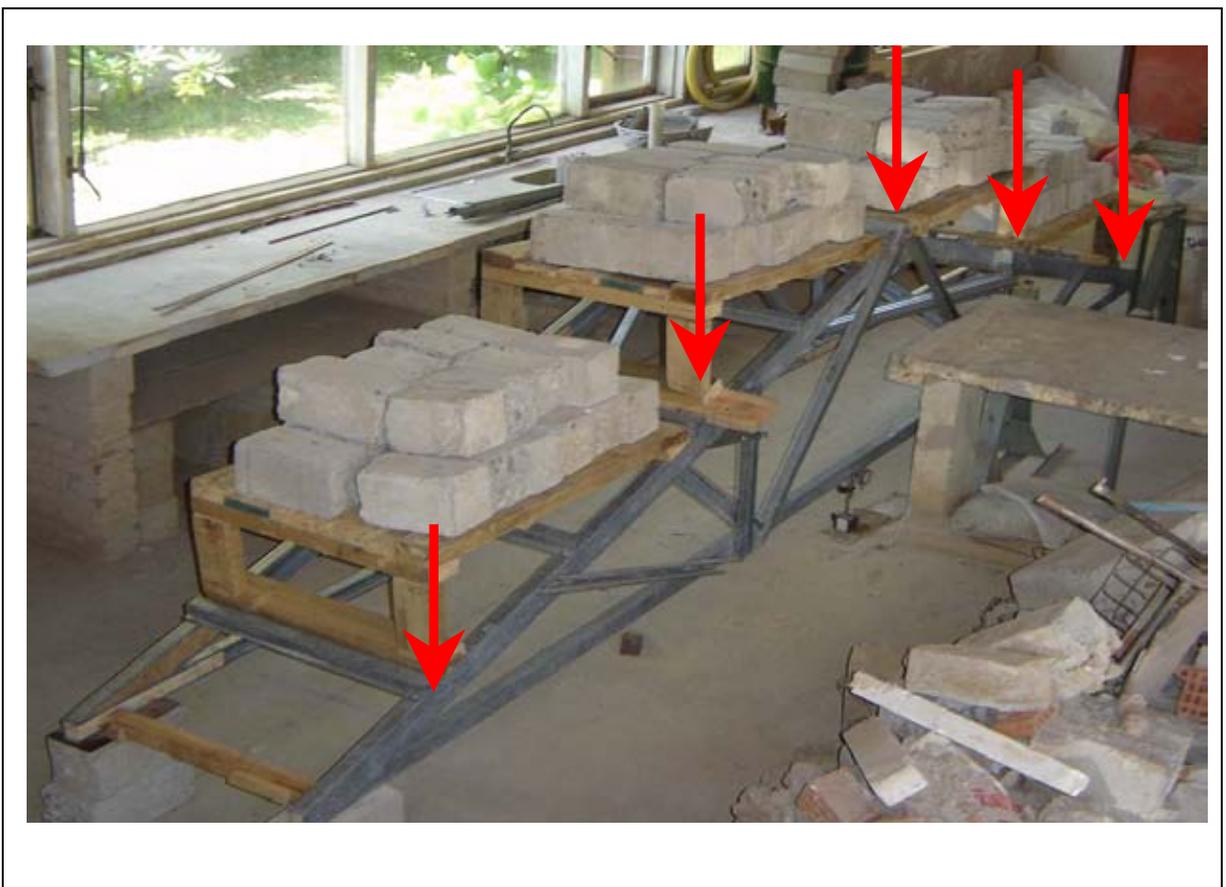


Figura 7.2 Disposición de la Cercha.

7.4 Equipos y Materiales que se Utilizaron.

Para realizar este ensayo se necesitaron diferentes elementos que se debieron reunir.

- Apoyos: Son bloques de hormigón, puestos en forma estable y cumplen la función de nivelar y dar estabilidad a la estructura a ensayar.



Figura 7.3

- Estructura de Madera: Su objetivo es transmitir la carga hacia la cercha (figura 7.1).
- Deformímetro: Es un instrumento que cuenta con un dial que muestra la deformación existente. Se colocó por debajo del centro de la cercha midiendo en pulgadas la deformación de ésta a medida que se iba cargando. Luego dicha medida se transformó a milímetros.

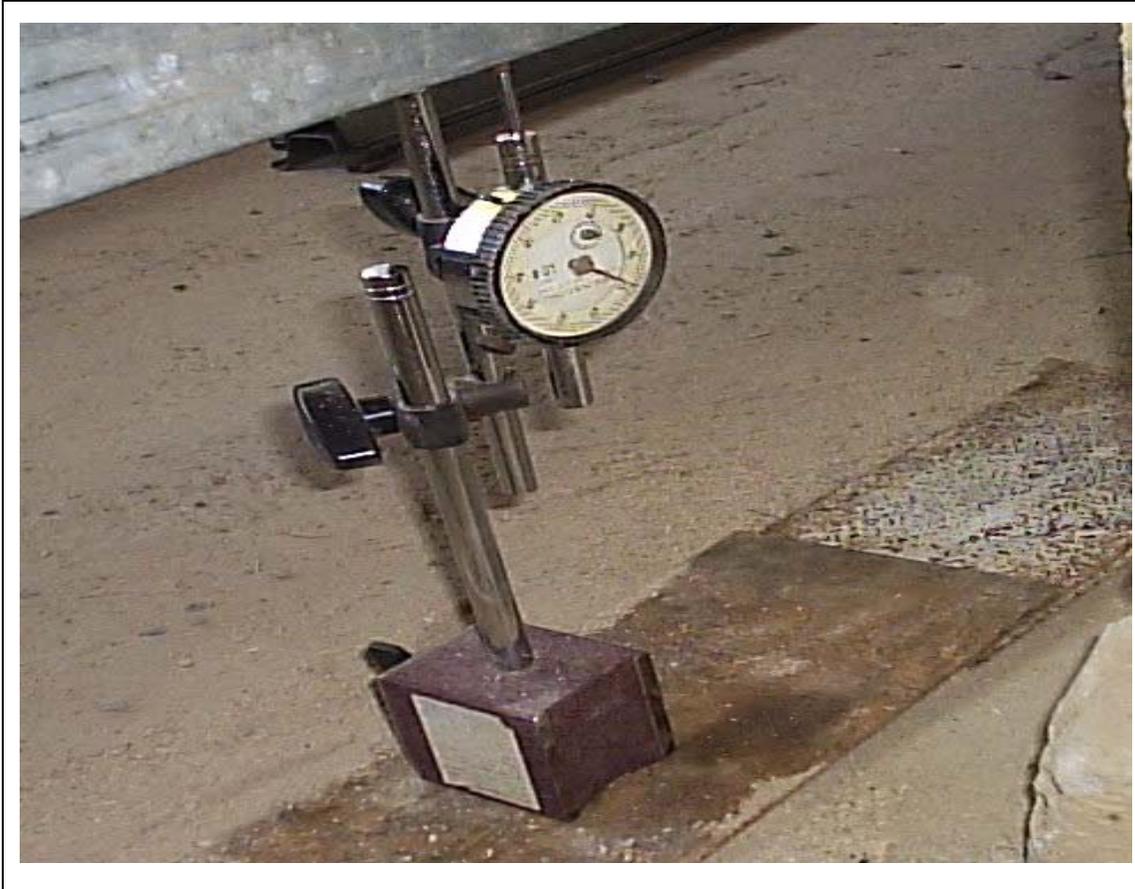


Figura 7.4

Bloques de Hormigón: De un peso aproximado de 30 kg, fueron utilizados como carga a disponer sobre las estructuras de madera.



Figura 7.5

CAPÍTULO VIII

RESULTADOS OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE LABORATORIO

8.1 Generalidades.

En este capítulo, se presentan los datos obtenidos en el ensayo de laboratorio y además se grafica la relación “Carga – Deformación” medida, lo que muestra el comportamiento del módulo durante la experiencia.

8.2 Datos y Gráfico Carga y Deformación:

Los datos obtenidos en el ensayo realizado al módulo de cerchas se presentan en la siguiente tabla. Las deformaciones medidas corresponden a la deflexión en el centro de la cuerda inferior. El deformímetro se ubicó en la cara inferior de dicha cuerda. Estas deformaciones se midieron para incrementos de carga de 120 kg. Cabe señalar que finalizando el ensayo las mediciones fueron para un incremento de 60 kg en la antepenúltima lectura, y de 30 kg para la penúltima medición. En la última lectura la deformación registrada fue sólo por descenso del módulo de cerchas producto de carga permanente y no por incremento de carga.

Tabla (8.1)
Datos ensayo Carga – Deformación
[Kg – mm]

CARGA [Kg]	DEFORMACIÓN [MM]
0	0
75	0,48
195	1,07
315	1,88
435	2,77
555	4,04
675	5,99
795	7,54
915	8,92
1035	10,08
1155	11,63
1275	13,28
1395	15,60
1515	16,61
1635	18,19
1695	19,58
1725	19,99
1725	20,19

A continuación se presenta el gráfico Carga – Deformación (figuras 8.1)
 que se obtuvo de los datos de la tabla (8.1).

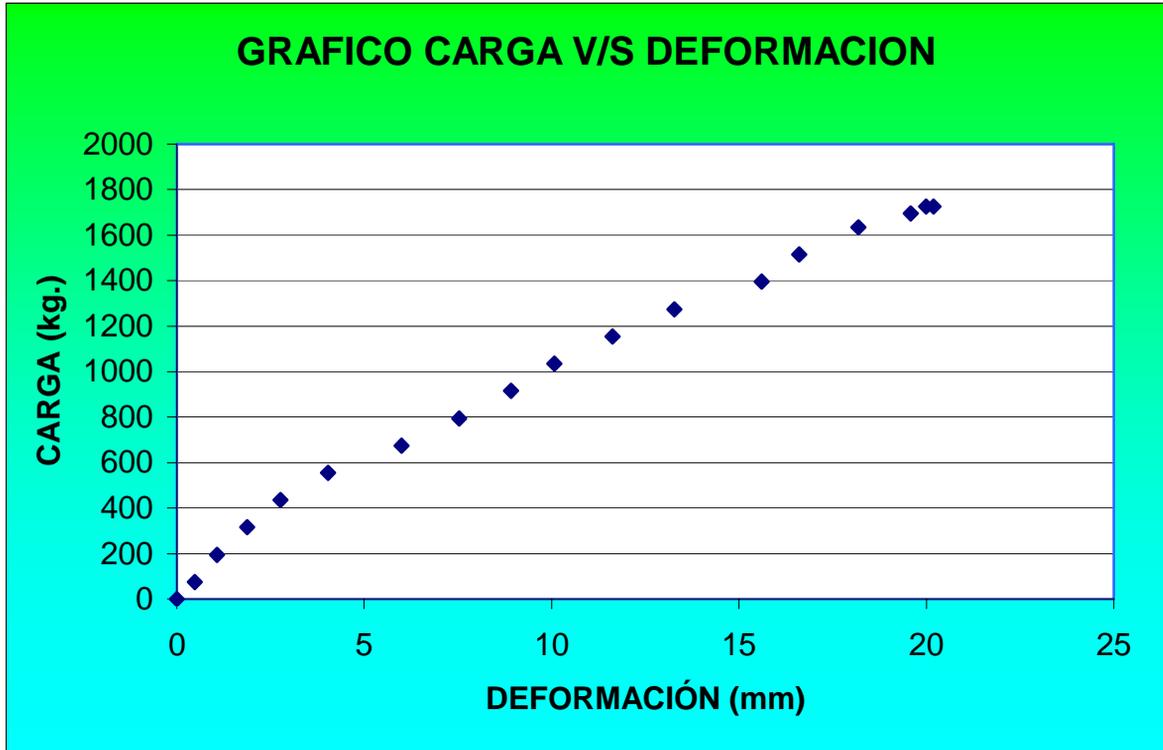


Figura (8.1): Gráfico dispersión de puntos tabla carga – deformación.

8.3 Comportamiento Experimental.

El tiempo que duró la experiencia del ensayo fue de aproximadamente 2 horas y media comenzando con la disposición de las estructuras de madera sobre el módulo de cerchas y terminando con el colapso de este módulo.

Al observar la curva tensión deformación del ensayo realizado se observa:

- Un comportamiento lineal hasta los 435 kg de carga.
- A partir de la carga anterior la rigidez de la estructura baja y comienzo a comportarse en forma lineal pero solo en tramos cortos.
- La total carga máxima resistida por la estructura fue de 1725 Kg. con una deformación de 20.19 mm.
- Esta falla no presentó comportamiento plástico previo en forma notoria.

En las siguientes fotos se observan las fallas producidas en el modulo de cerchas reforzadas con madera. Se aprecian evidentes fallas por pandeo en algunos tramos de la cuerda superior lo que explica el comportamiento frágil de la estructura. La falla por pandeo era esperable dado el bajo espesor de los perfiles utilizados en el sistema metalcon. También se puede observar que la estructura descendió en forma vertical hasta llegar al suelo, es decir, no sufrió caída de los bloques de hormigón para ninguno de sus lados. Se concluye por lo tanto que ambas cerchas se comportaron en forma parecida, es decir poseían una resistencia similar y/o actuaron como conjunto. Lo anterior mostraría que la calidad de los materiales y técnicas constructivas son buenas por ser su comportamiento constante entre diferentes elementos.



Figura (8.3): falla visible momentos antes del colapso



Figura (8.4): falla visible momentos antes del colapso



Figura (8.5): modulo de cerchas luego del colapso



Figura (8.6): modulo de cerchas luego del colapso

8.4 Comparación resultados experimentales entre módulo de cercha sin refuerzo (lavado, 2004) y módulo de cercha con refuerzos

Al utilizar la tesis de Lavado 2004 como referencia para el presente estudio, debemos hacer notar los siguientes aspectos importantes para poder hacer una adecuada interpretación de los resultados:

- La forma de ensayo para ambas investigaciones fue diferente pues, para el módulo de cerchas sin refuerzos la carga se transmitió directamente sobre la cumbrera y los montantes con una estructura auxiliar accionada con un cilindro hidráulico (figura 8.7), en cambio en el ensayo para el módulo de cerchas reforzadas con madera la carga aplicada se distribuyó en las costaneras para que estas transmitan las fuerzas al resto de la estructura (figura 8.8).
- Lavado aplicó sus cargas solamente en tres puntos de cada cercha que correspondían a la intersección del cordón superior con los montantes y en la cumbrera. En la presente investigación las cargas se aplicaron en 5 puntos por cercha, que correspondían a las costaneras. Esto resulta sumamente relevante en la capacidad última de la estructura pues el cordón superior no trabaja solo a compresión sino a flexocompresión.

- Dada la forma de aplicación de las cargas, el tiempo de carga a la cual se sometió la estructura fue mucho mayor que en la experiencia con el dispositivo hidráulico.
- El módulo original de cerchas fue diseñado por Lavado para soportar una carga total de 430,4 Kg equivalente a las cargas de la normativa para una techumbre.

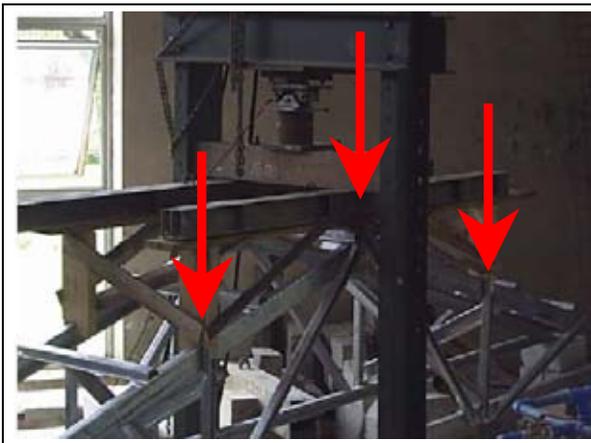


Figura (8.7): ensayo practicado a modulo de cerchas sin refuerzos

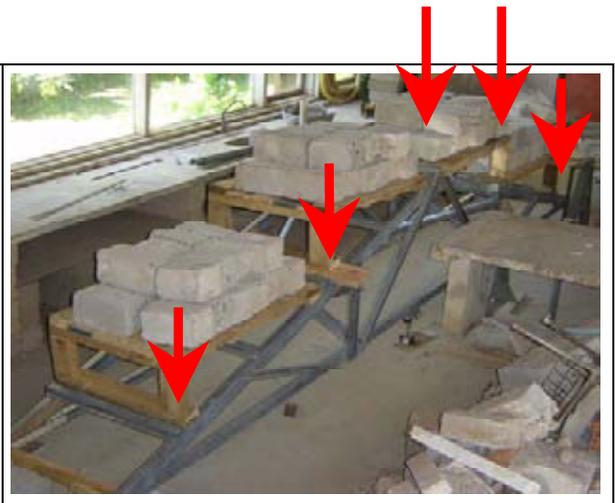


Figura (8.8): ensayo practicado a modulo de cerchas reforzado

Al comparar los resultados y comportamientos de ambas estructuras se observa:

- El módulo de cerchas en la tesis del Ing. Lavado 2004 soportó una carga total aplicada de 2125 kg. En cambio la carga soportada en el ensayo del presente trabajo (fig. 8.8) fue de solo 1725 kg. , lo que representa un **74.29%** de la carga de falla soportada por el módulo original.
- Considerando la carga de diseño de Lavado el factor de seguridad para ambas cerchas fue de:
 - FS Lavado = $2125/430.4 = 4.94$
 - FS con refuerzo = $1725/430.4 = 4.01$
- La deformación de Lavado 2004 en el momento del colapso fue de **12,87 mm**, en cambio en la presente experiencia registró un valor de **20,19 mm**.

- En el ensayo para el módulo de cerchas sin refuerzos se observó que los apoyos sufrieron fallas con torsión de los perfiles sobre su eje. En cambio para el módulo de cerchas reforzadas, los perfiles de apoyo se mantuvieron posados de forma estable sobre los bloques de hormigón que soportaban la estructura. Tomando en cuenta lo anterior se puede decir que los refuerzos de madera en dichos puntos controlaron de forma adecuada el tipo de falla anteriormente señalado.

8.5. Comparación de resultados experimentales entre módulo de cercha reparada y reforzada luego del colapso (Ruiz, 2005) con módulo de cerchas construido con refuerzos de madera en todos sus nudos

En esta parte analizaremos el módulo de cercha que fue reparada por el Ingeniero Constructor Juan Ruiz como parte de su tesis de titulación, Ruiz 2005. En ésta, Ruiz usó el módulo de cerchas colapsada luego del ensayo de la tesis de Ing. Civil Lavado 2004, enderezando, desabollando y reforzando con piezas de madera los sectores con fallas visibles. Luego procedió a cargar la estructura reparada con pesos dispuestos de forma uniforme, simulando cargas distribuidas sobre la techumbre.

Este módulo reparado por Ruiz soporto una carga de 943 kg. Al momento de colapsar tenía una deformación de 7,976 mm. Si bien el colapso se produjo en zonas no reforzadas con madera, lo que podría deberse a que el material de acero galvanizado se encontraba dañado, también se produjeron fallas en zonas reparadas previamente.

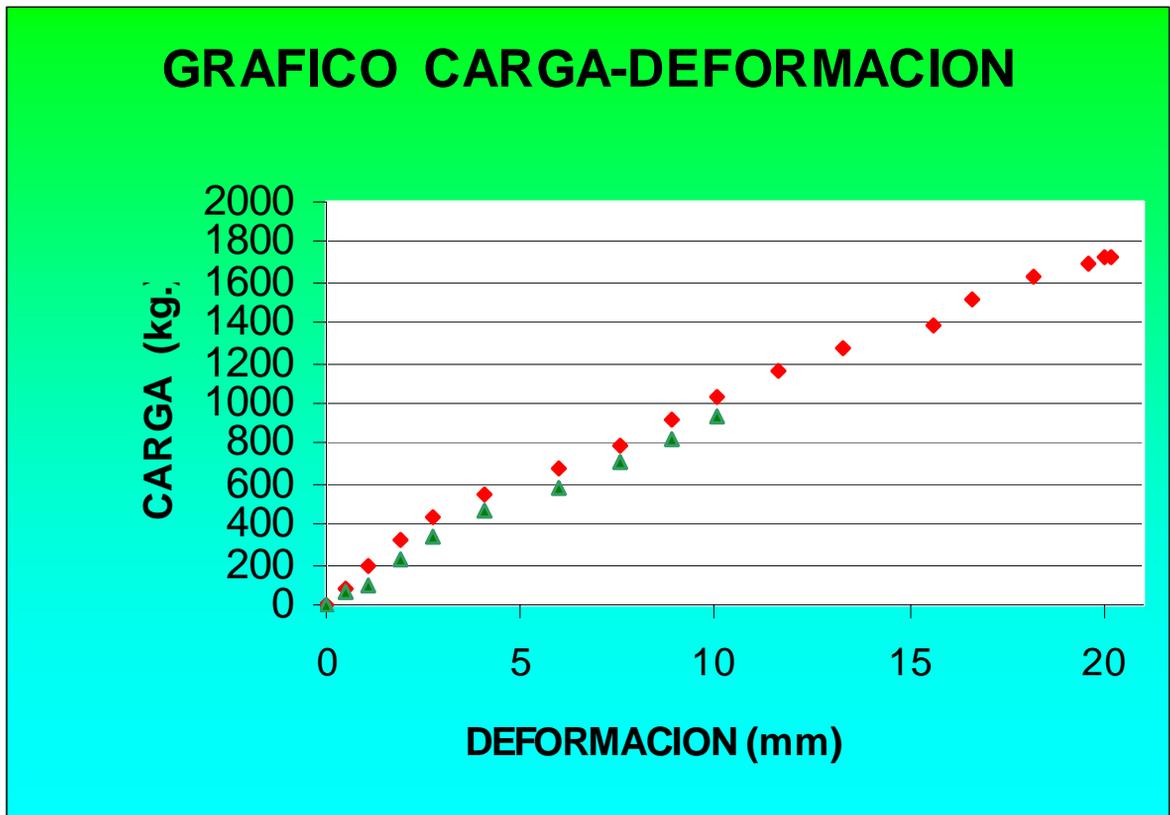


Figura (8.1): Gráfico Carga – Deformación módulo nuevo construido con refuerzos (rombos rojos)
Carga – Deformación módulo reparado (Ruiz, 2005) (triángulos verdes)

Al comparar la carga última de la cercha fabricada con refuerzos de madera con el ensayo de Ruiz 2005, se aprecia un aumento de aproximadamente el doble de carga al utilizar perfiles no dañados previamente y reforzando todos los nudos.

Al revisar la gráfica tensión deformación de ambas experiencias, se observa que las curvas son muy similares salvo por el hecho que en la de Ruiz se presentó una pequeña deformación plástica al comienzo de la experiencia. Esto podría deberse a un comportamiento plástico inicial de la estructura o a un reacomodo de los apoyos del montaje. Además ambas graficas presentan una zona inicial lineal, hasta aproximadamente los 400 Kg , para después disminuir su rigidez.

8.6. Relación Peso Estructura v/s Resistencia.

En la tabla siguiente se detallará el peso de la estructura sometida a ensayo de verificación de diseño.

Tabla (8,3)

Peso del Módulo de Cerchas.

Peso Cercha

<i>Elemento</i>	<i>codigo</i>	<i>L pza(m)</i>	<i>cantidad</i>	<i>ml</i>	<i>perfil</i>	<i>Peso(kgf/m)</i>	<i>Peso elem.</i>
Cordon Superior	C.S.	2.93	2	5.86	90CA085	1.23	7.2078
Cordon Inferior	C.I.	5.55	1	5.55	60CA085	0.95	5.2725
Diagonal 1	D.1	1.00	2	2.00	40CA085	0.817	1.634
Diagonal 2	D.2	1.28	2	2.56	40CA085	0.817	2.09152
Montante	M	0.63	2	1.26	40CA085	0.817	1.02942
Ref. madera C.S.	R.M.S	1.40	2	2.80	38mmx90mm	1.368	3.83
Ref. madera C.I.	R.M.I	0.45	4	1.80	38mmx60mm	0.912	1.64

Peso Cercha = 22,705 [kgf]

Peso Módulo de Cerchas

<i>Elemento</i>	<i>codigo</i>	<i>L pza(m)</i>	<i>cantidad</i>	<i>ml</i>	<i>perfil</i>	<i>Peso(kgf/m)</i>	<i>Peso elem.</i>
Cordon Superior	C.S.	2.93	4	11.72	90CA085	1.23	14.4156
Cordon Inferior	C.I.	5.55	2	11.10	60CA085	0.95	10.545
Diagonal 1	D.1	1.00	4	4.00	40CA085	0.817	3.268
Diagonal 2	D.2	1.28	4	5.12	40CA085	0.817	4.18304
Montante	M	0.63	4	2.52	40CA085	0.817	2.05884
Cruces S. A.	C.S.A.	1.00	4	4.00	40OMA085	0.98	3.92
Costaneras	C	0.90	10	9.00	40OMA085	0.98	8.82
Ref. madera C.S.	R.M.S	1.40	4	5.6	38mmx90mm	1.368	7.66
Ref. madera C.I.	R.M.I	0.45	8	3.6	38mmx60mm	0.912	3.28

Peso Módulo Cerchas = 58,150 [kgf]

Tabla (8,4)

Relación Peso Estructura v/s Resistencia.

Peso Estructura [Kg]	Resistencia [Kg]	Resistencia Peso Estructura
58,150	1725	29,66

De estas tablas se desprende el hecho de que la estructura es liviana:

- Posee un peso de acero por metro cuadrado de cubierta de 6.6 Kg/mt², que es bajo respecto de otras soluciones en acero de mayor espesor. Por ejemplo una estructura similar podría pesar sobre los 8 kg/mt², al estar fabricada por elementos de 2 mm
- Posee una excelente relación Resistencia / Peso de 29,66 veces

8.7 Deformación Admisible.

La deformación admisible por Norma para una cercha de este tipo debe ser inferior o igual a L/300, lo que para este caso es:

$$\frac{L}{300} = \frac{555}{300}$$

Deformación admisible = 18.5 mm

Por otro lado, estimaremos la carga admisible experimental para la cercha como un 60% de la carga última, es decir de $0.6 \cdot 1725 = 1035$ Kg. Con esta carga la deformación obtenida fue de 10.08 mm, menor a la exigida por norma. De este modo la estructura cumple con ser suficientemente rígida dentro del rango de esfuerzos normales.

CAPÍTULO IX

COMENTARIOS

-La carga soportada por el módulo de cerchas, la que llegó aproximadamente a unos 350 kg/m^2 , nos permite tomar la decisión de poder cubrir la techumbre con algún tipo de material más pesado que los utilizados usualmente para este tipo de estructura. Lo anterior nos amplía el abanico de opciones al momento de elegir algún sistema de cubierta, o bien poder destinar este tipo de cerchas para lugares en que las sobrecargas de techumbres sean más exigentes que en sectores donde ya se utiliza.

-El clima existente al momento de llevar a cavo la fabricación de la cercha obligó a buscar un lugar en el cual se pudiera proteger de la lluvia. Por lo cual si se hace este tipo de construcción en una zona del país con un clima adverso y lluvioso habría que tomar la precaución de contar con un recinto que pueda proteger de las inclemencias del tiempo a los trabajadores de la obra. Esto se hace por la razón que en este tipo de material se debe utilizar en su gran mayoría herramientas eléctricas.

CAPÍTULO X

CONCLUSIONES

1. La fabricación de éste tipo de cerchas es fácil, puesto que sin tener ninguna experiencia se pudo ejecutar su construcción de manera adecuada, simplemente siguiendo las instrucciones del manual Cintac. Además en la confección de los refuerzos de madera no se necesitó de grandes habilidades para el manejo de herramientas. Tampoco se requirió de muchos cuidados al momento de manipular las piezas que sirvieron de refuerzos en los nudos.
2. El reforzamiento de la cercha es económico, ya que el costo involucrado en la adquisición de madera no superó los \$4000.
3. El capítulo VI de este trabajo indica como se construye una estructura de metalcon reforzada con madera en los nudos. Con esto se cumple con entregar un anexo a los manuales de cintac ya que siguiendo los pasos indicados en dicho capítulo cualquier persona puede fabricar una estructura similar a la realizada en esta experiencia.
4. De acuerdo a la experiencia lograda hay que tener la consideración de estudiar las recomendaciones del fabricante, contar con un buen diseño de la estructura, ser cuidadoso en los cortes y uniones de perfiles, y sus refuerzos de madera. Es recomendable tomar medidas adecuadas de inspección en el proceso de fabricación y poder así prever causales de falla en la estructura.

5. El método de ensayo utilizado tiene incidencia en las fallas producidas en los distintos puntos de la estructura. En los últimos momentos de la prueba se observó como el módulo de cerchas seguía descendiendo después de haberla cargado por última vez. Esto no habría ocurrido con un dispositivo hidráulico como en el caso de Lavado.
6. Los refuerzos de madera en la presente tesis se comportaron de forma adecuada puesto que no existió rotura de los mismos. Tampoco se evidenció rasgadura en ellos y no se vio desprendimiento aún cuando la estructura se encontraba colapsada luego del ensayo.
7. La carga última resistida por cercha de 1725/2 Kg resulta ser adecuada bajo un factor de seguridad de 0.6 para estructuraciones con una luz de 5.5 mt y cerchas distanciadas a 1.5 mts entre si pues la carga resistente estimada en este caso por unidad de superficie es de: $Q = 1725/2 * 0.6 / 5.5 / 1.5 = \mathbf{62 \text{ Kg/mt}^2}$
8. Una Cercha reparada sin reforzar con madera en todos los nudos, tal como lo hizo Ruiz, y bajo una carga de Pesos propio más sobrecarga obliga a disponer las cerchas a una distancia del orden de:

$$Q = 943/2 * 0.6 / 5.5 / 56 = \mathbf{0.91mt}$$
9. Se observó un comportamiento frágil que normalmente es indeseable en todo tipo de estructuras. Este comportamiento se debe a la falla por pandeo de los perfiles, dado su bajo espesor. Desde este punto de vista se puede decir que este comportamiento frágil es inherente al sistema metalcon.

10. En general se logró una calidad uniforme y por tanto aceptable en la fabricación.
11. La incorporación de madera permite controlar algunas formas de falla indeseables en los perfiles.
12. El sistema permite lograr estructuras muy livianas y por lo tanto económicas.
13. Es posible controlar en forma adecuada las deformaciones en cerchas reticuladas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1]. AISI (American Iron and Steel Institute),(1996),” *Durability of Cold-Formed Steel Framing Members* ” , Washinton, D.C.
- [2]. AISI (American Iron and Steel Institute),(2001),” *Prescriptive Method for Residential Cold-Formed Steel Framing* ” , Washinton, D.C.
- [3]. AISI (American Iron and Steel Institute),(2001),” *Standard for Cold-Formed Steel Framing – General Provisions* ” , Washinton, D.C.
- [4]. Cintac,(1999),” *Manual de Construcción con Acero Galvanizado Liviano Metalcon*“, Cintac S.A., Santiago, Chile.
- [5]. Cintac,(1999),” *Manual de Diseño con Acero Galvanizado Liviano Metalcon* “ , Cintac S.A., Santiago, Chile.
- [6]. Lavado Tapia Gonzalo Andrés.,(2004), *Diseño y ensayo de cerchas con perfiles de acero galvanizado de bajo espesor*” , Tesis Ingeniero Civil, Universidad Austral de Chile.
- [7]. Ruiz Sanches Juan José.,(2005), *Aplicación de perfiles de acero galvanizado de bajo espesor en muros y cerchas, reparación y esayo de modulo de cerchas* , Tesis Ingeniero Constructor, Universidad Austral de Chile.
- [8]. Molina, C.A. y Moreno, A.,(1998), *Proposición de Ensayos de Laboratorio para Visualizar Fallas por Inestabilidad en Elementos de Acero*, Tesis Ingeniero Civil, Universidad de Santiago, Chile.

ANEXOS

ANEXO A

En el siguiente anexo se pretende entregar un juego de láminas para explicar el diseño de las cerchas en forma grafica, detalle de uniones y una vista en isométrica de el módulo de cerchas a ensayar.

Lamina N°1 : Diseño final de la cercha.

Lamina N°2 : Muestra los elementos y uniones detallados en las laminas siguientes.

Lamina N°3 : Detalle 1, unión de cumbrera y diagonales D2.

Lamina N°4 : Detalle ensamble unión cuerdas superiores en cumbrera.

Lamina N°5 : Detalle 2, unión de montante a cuerda superior.

Lamina N°6 : Detalle 3, unión diagonal D1 a cuerda superior.

Lamina N°7 : Detalle 4, unión de M, D1 y D2 a cuerda inferior.

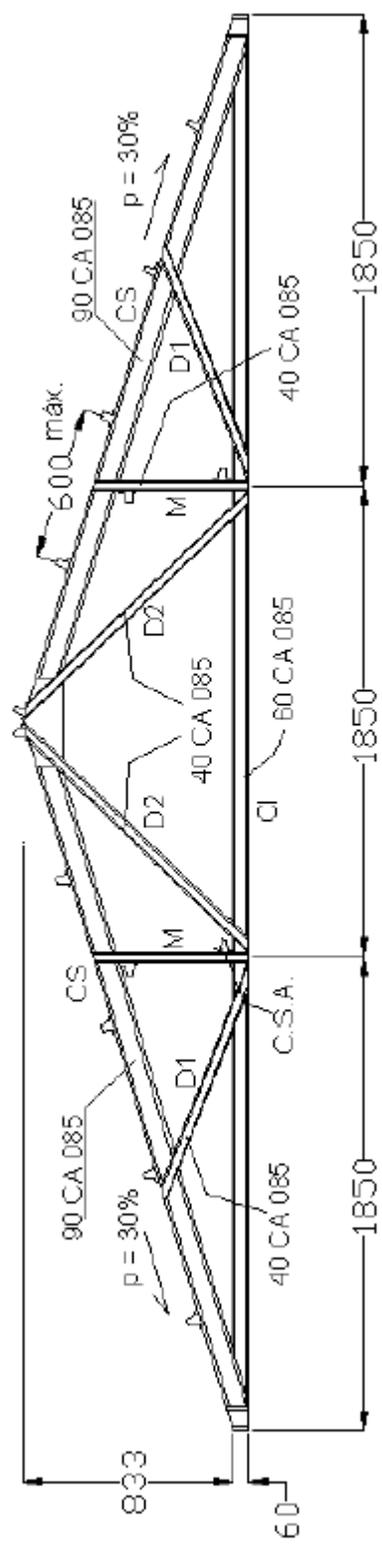
Lamina N°8 : Detalle 5, Estabilizador lateral de las cerchas, cruz de San Andrés.

Lamina N°9 : Detalle 6, unión cuerda superior a inferior en apoyo.

Lamina N°10: Isométrica unión cuerda superior a inferior.

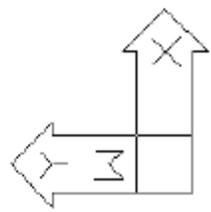
Lamina N°11: Isométrica módulo de cerchas sin costaneras.

Lamina N°12: Isométrica módulo de cerchas completo.

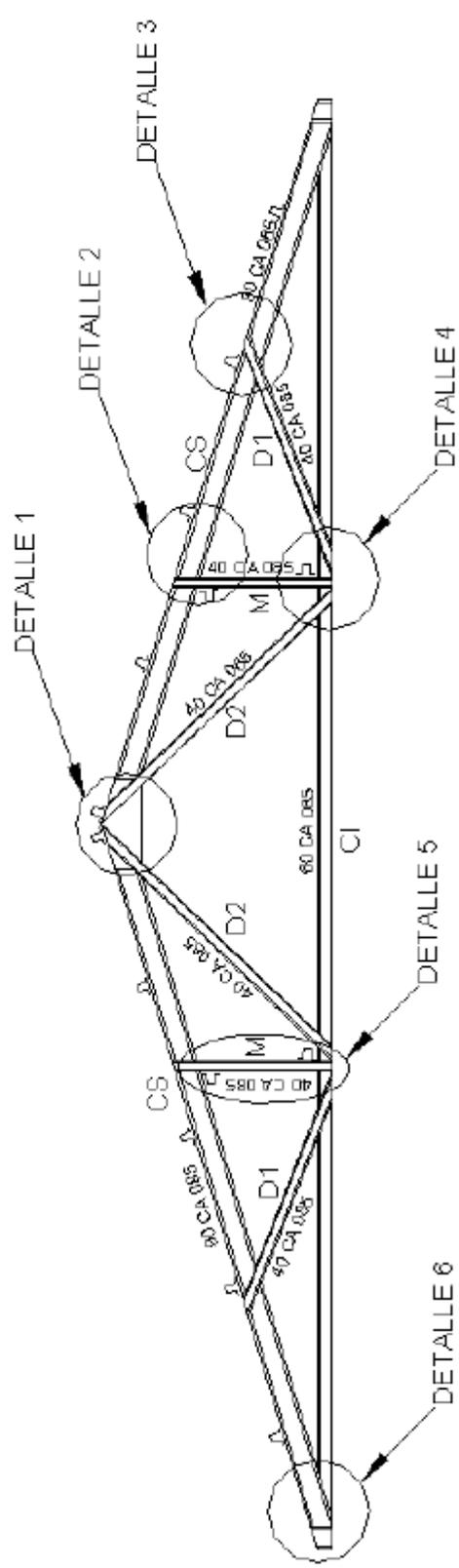


CERCHA CM1

ESCALA 1:25
Cotas en milímetros

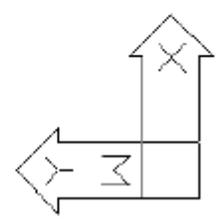


LAMINA Nº1

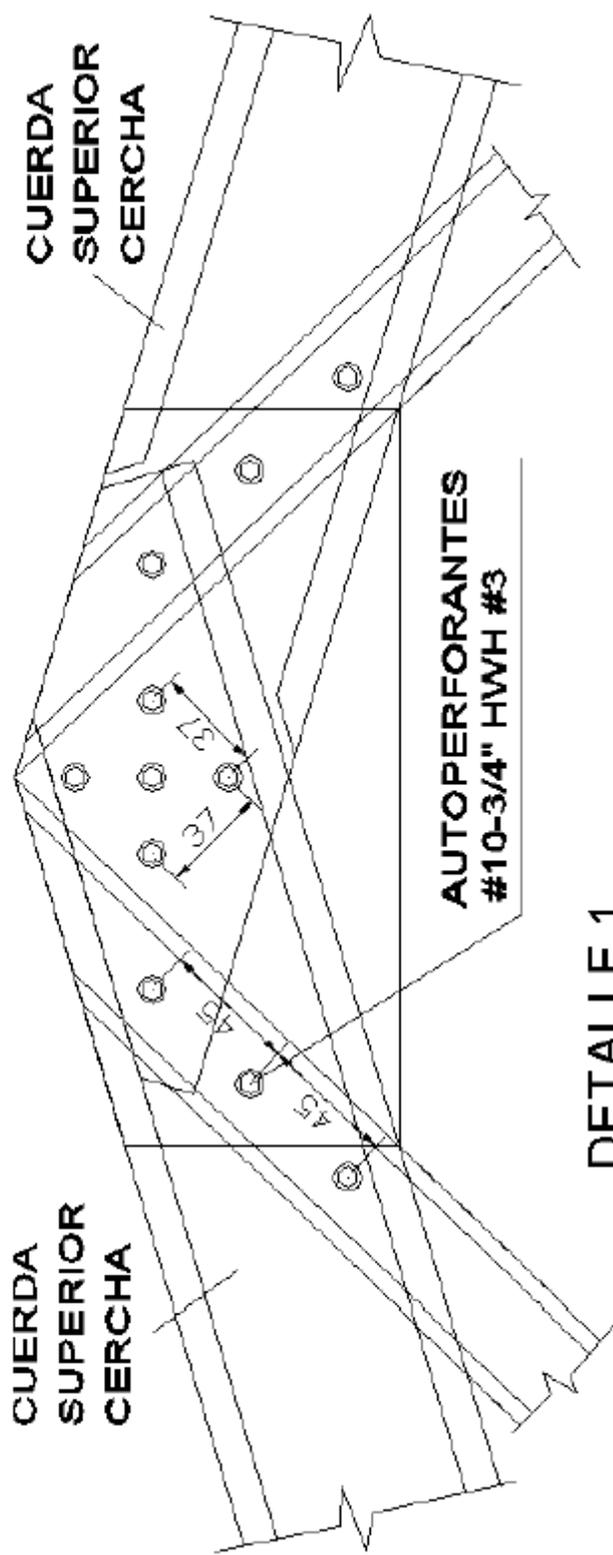


CERCHA CM1

ESCALA 1:25
LAMINA DETALLES

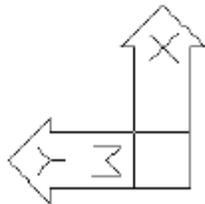


LAMINA Nº2



DETALLE 1
UNION DE CUMBRERA

S.E

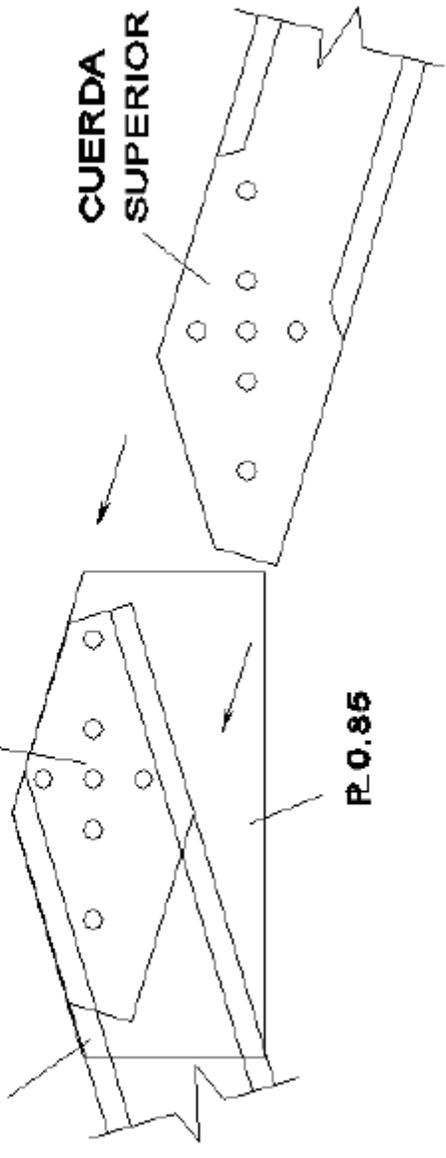


LAMINA Nº3

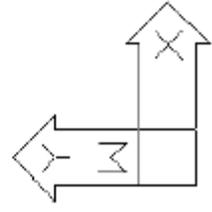
**AUTOPERFORANTES.
Nº10x3/4" HMVS #3**

**CUERDA
SUPERIOR**

**CUERDA
SUPERIOR**



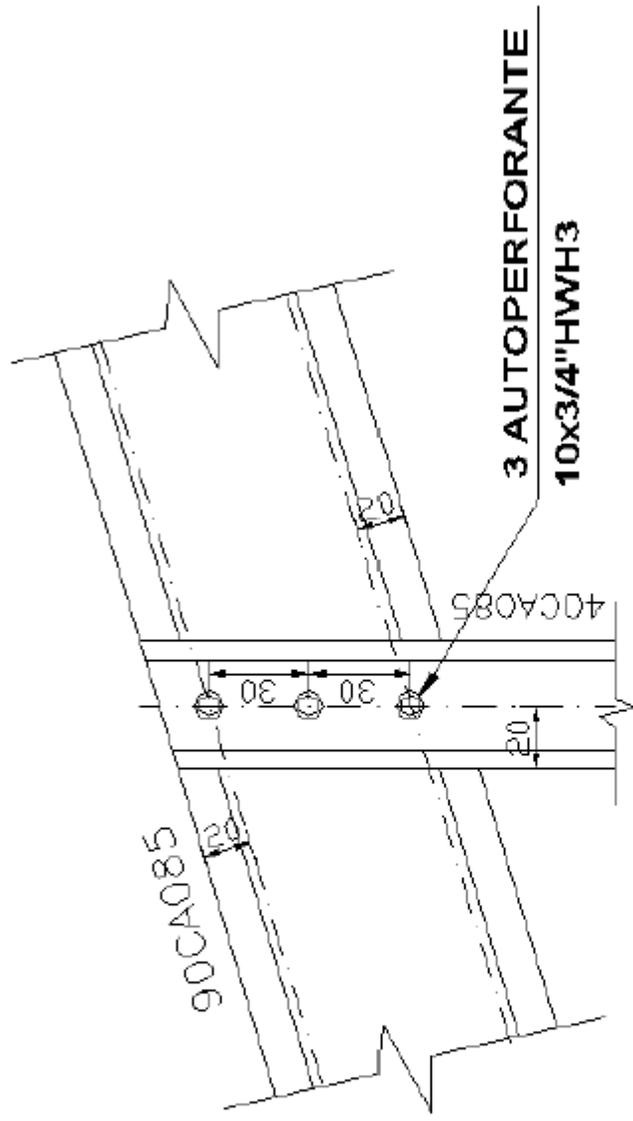
R_0.85



DETALLE
UNION DE CUERDA SUPERIOR

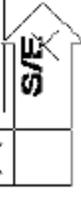
S/E

LAMINA Nº4

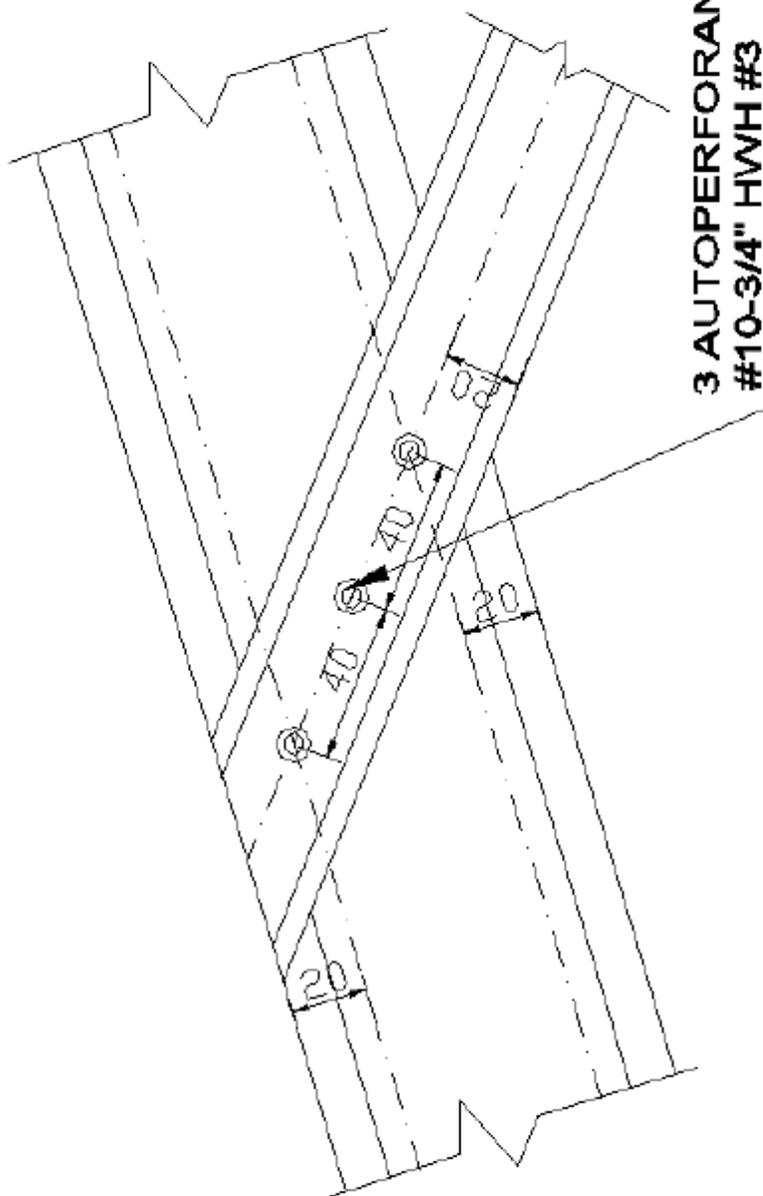


DETALLE 2

UNION MONTANTE A CUERDA SUPERIOR



LAMINA Nº5

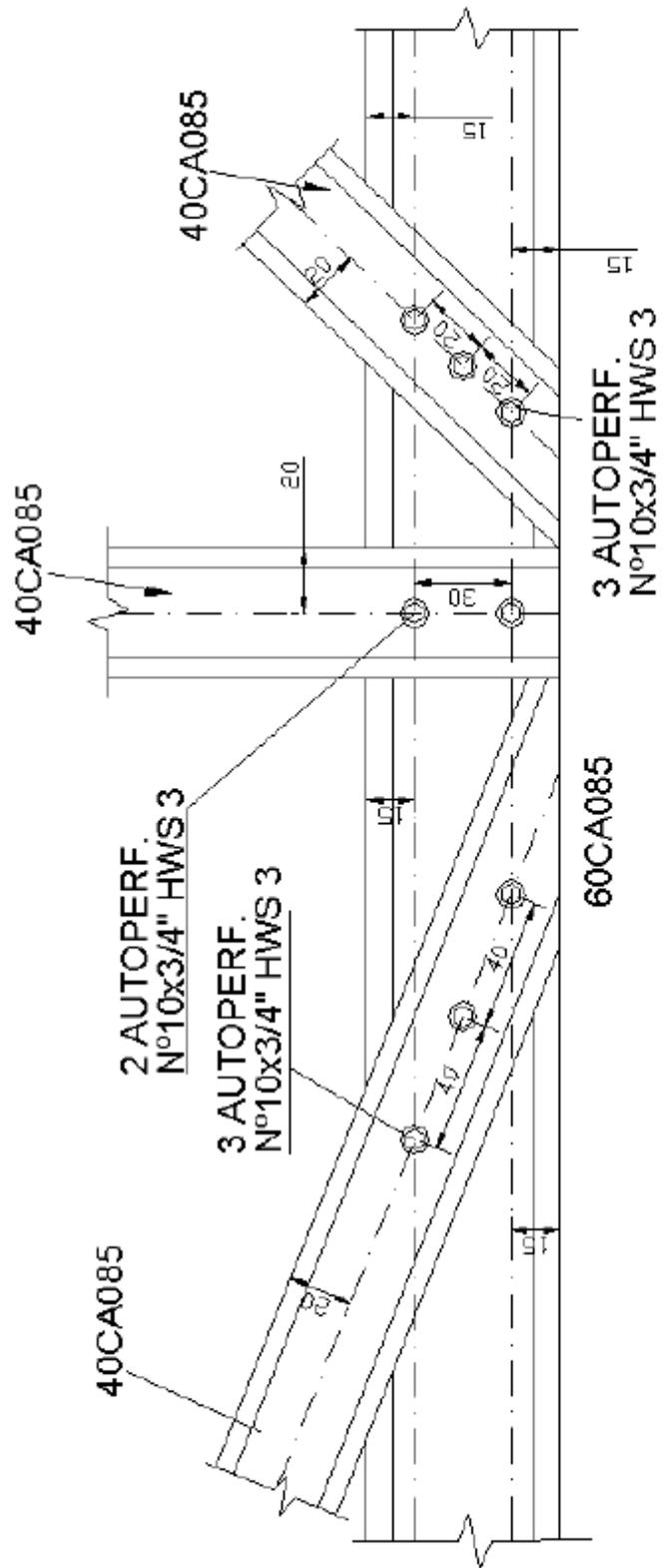


3 AUTOPERFORANTES
#10-3/4" HWH #3


DETALLE 3

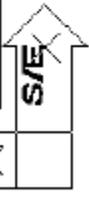
UNION DIAGONAL D1 A CUERDA SUPERIOR

LAMINA Nº6

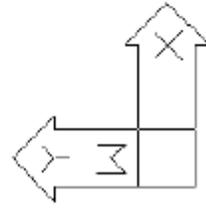
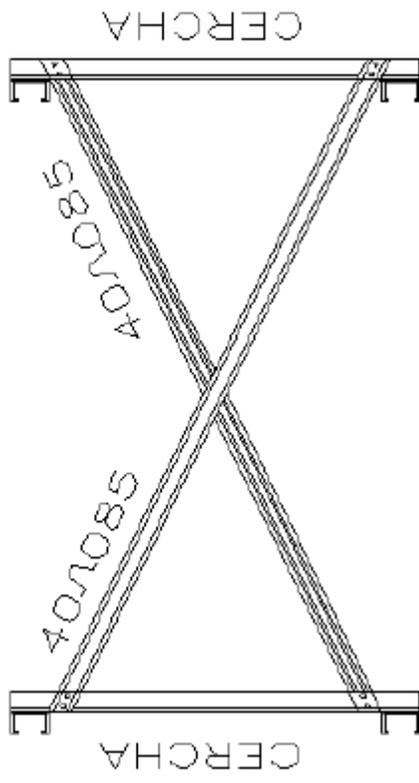


DETALLE 4

UNION DE M1, D1 Y D2 A CUERDA INFERIOR



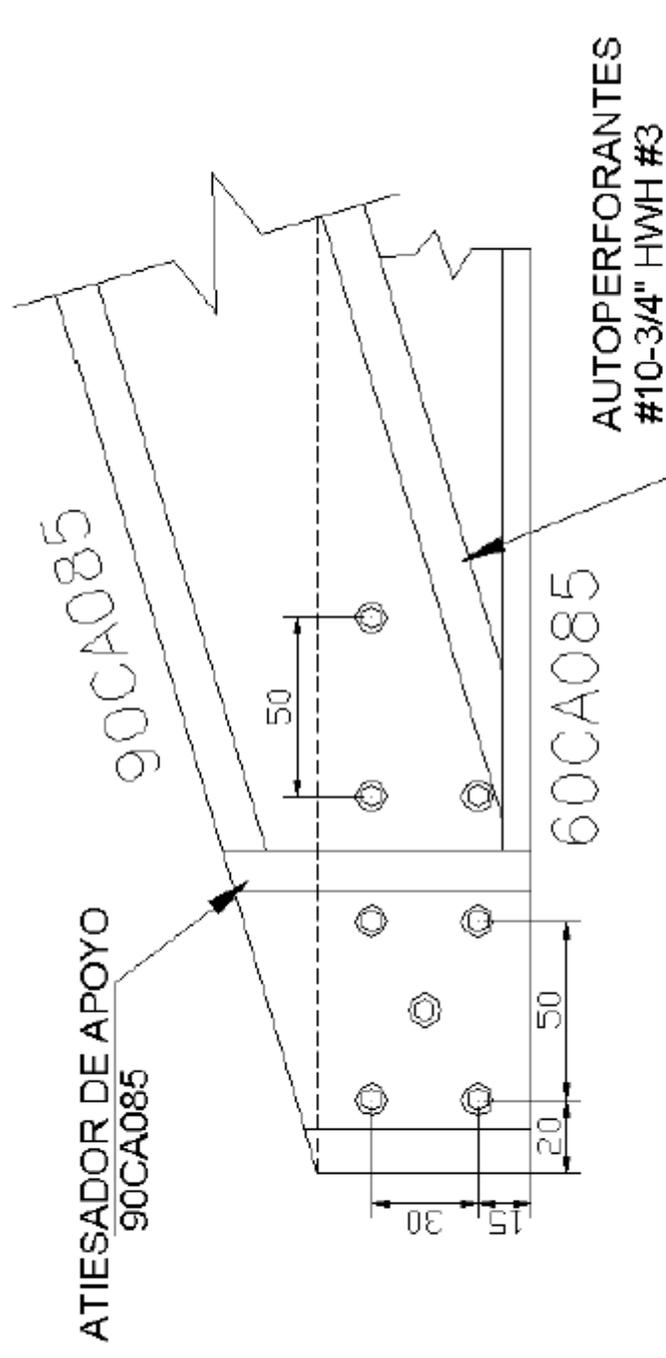
LAMINA N°7



DETALLE 5 : ESTABILIZADOR
LATERAL CERCHAS
(CRUZ DE SAN ANDRES C.S.A.)

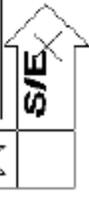
S/E

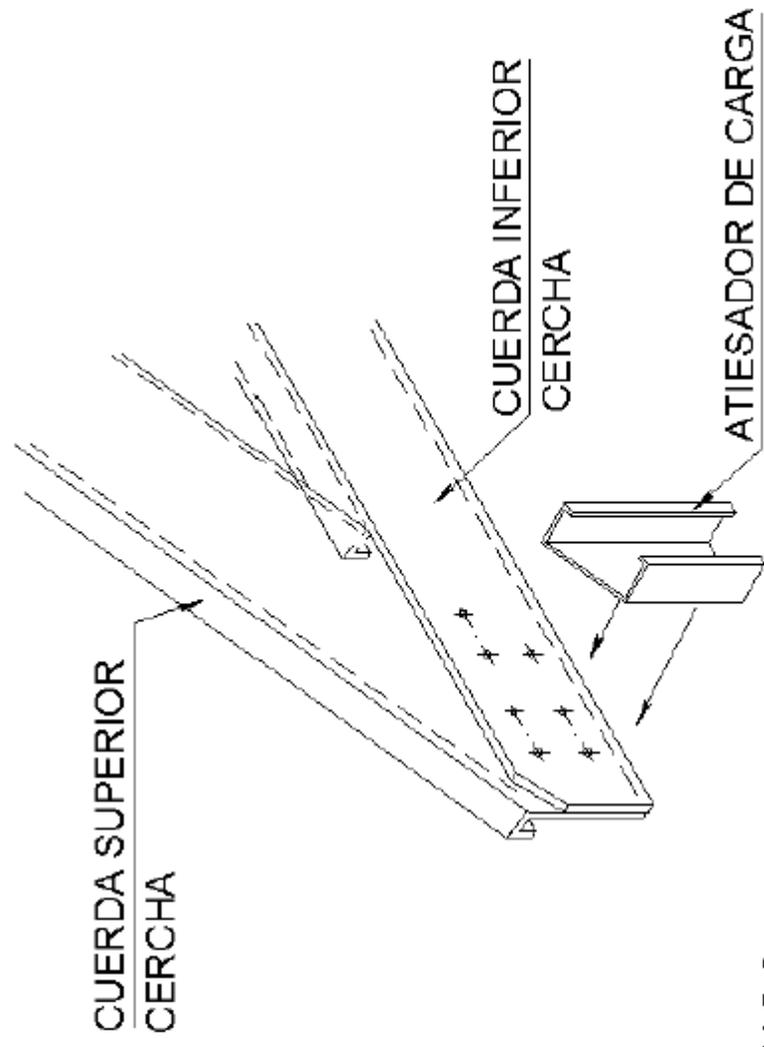
LAMINA N°8



DETALLE 6

UNION CUERDA SUPERIOR A INFERIOR

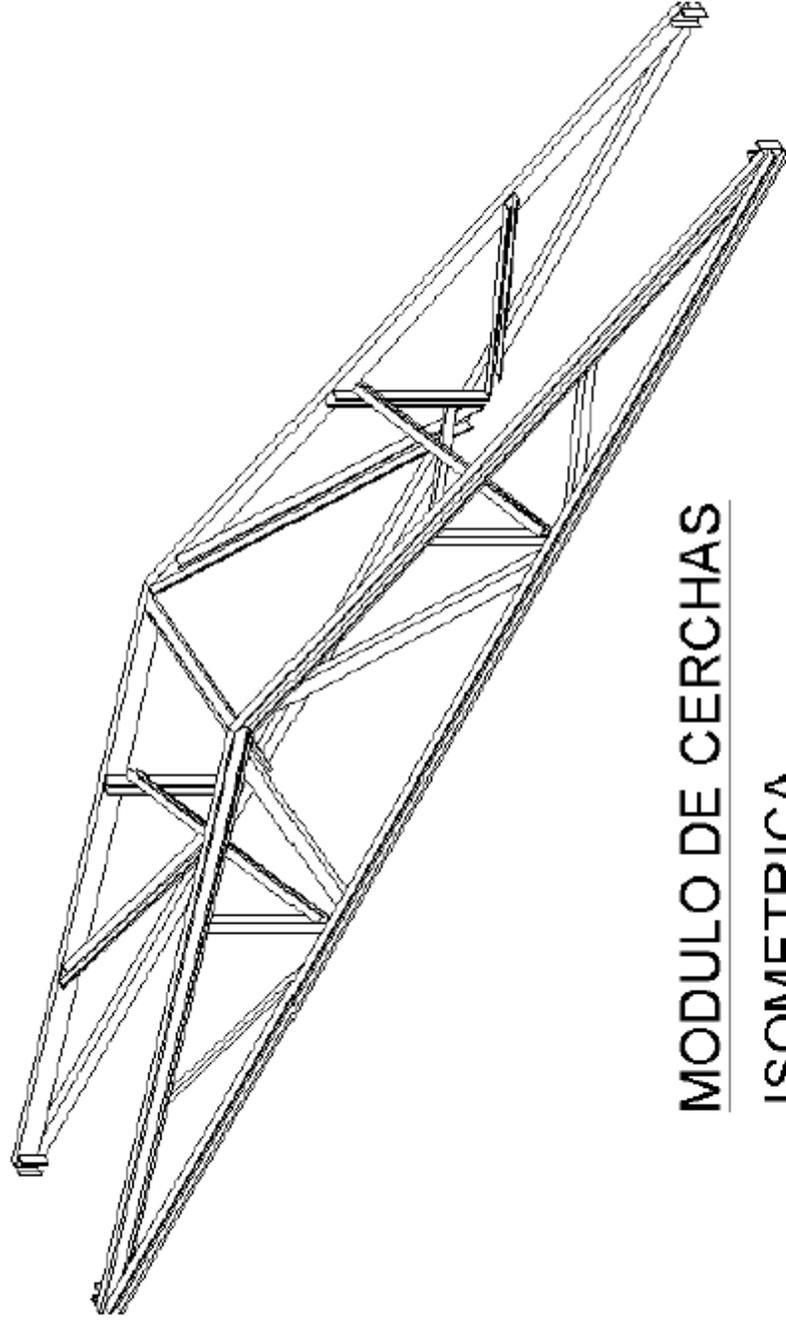




ISOMETRICA

UNION CUERDA SUPERIOR A INFERIOR

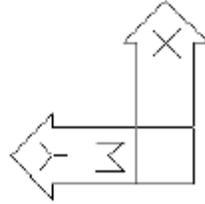
LAMINA Nº10



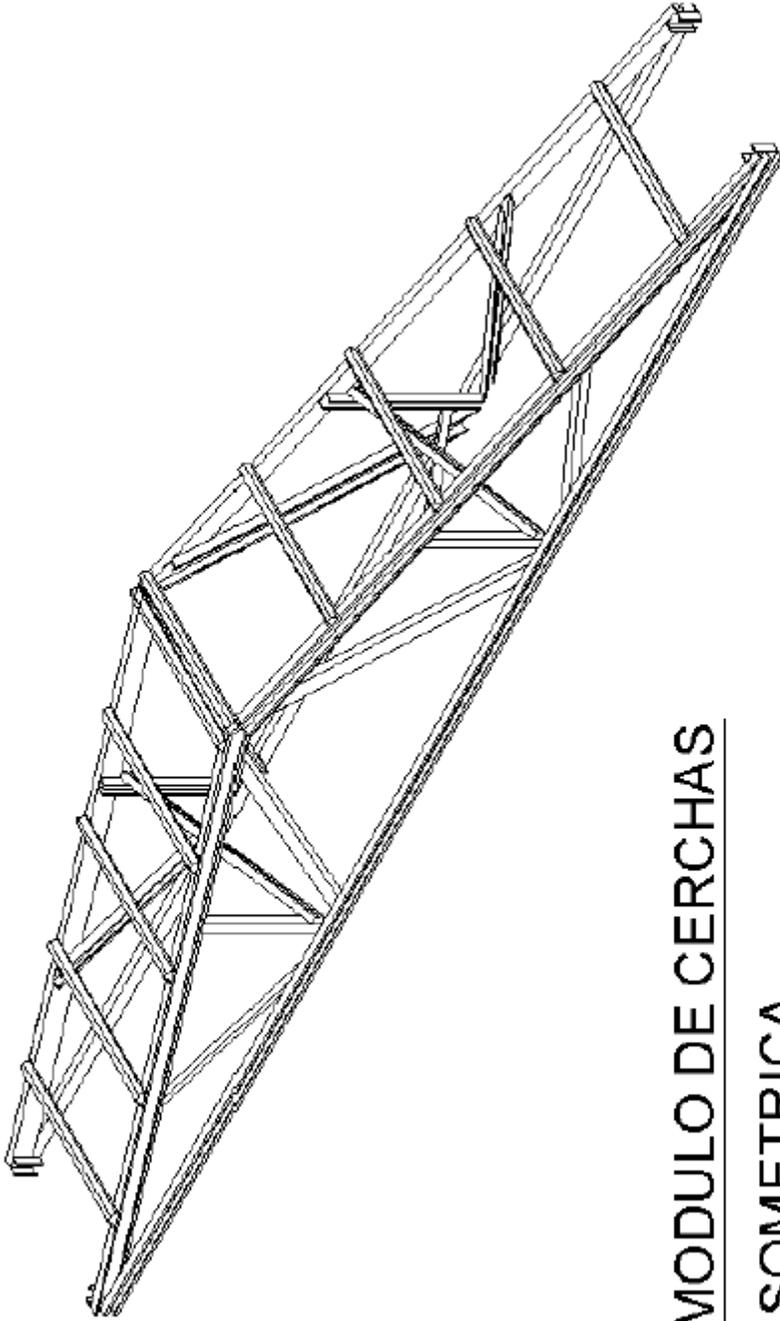
MODULO DE CERCHAS

ISOMETRICA

SIN COSTANERAS

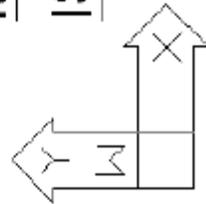


LAMINA Nº11



MODULO DE CERCHAS

ISOMETRICA



LAMINA Nº12

ANEXO B

TABLA DE PERFILES METALCON

Aparece en catálogos de cintac, el cual se puede encontrar en tiendas del ramo.

APLICACION	PERFILES METALCON		DIMENSIONES					
	PERFIL	FORMA	PESO (kgf/m)	ALMA (mm)	ALA (mm)	ATIESADO (mm)	ESPESOR (mm)	LARGO (mm)
MUROS ESTRUCTURALES	TEGAL NORMAL 0,85 (sin perforar)		1,23	90	38	12	0,85	4000 Y 7100
	TEGAL DIAGONAL 0,85 (SP)		0,84	40	38	8	0,85	4000 Y 6000
	TEGAL OMEGA NORMAL 0,85		0,98	25	40	15+8	0,85	6000
	TEGAL OMEGA ECONOMICA 0,5		0,58	25	40	15+8	0,5	6000
	CANAL DIAGONAL 0,85		0,58	62	25	-	0,85	3000 Y 6000
TECHUMBRES Y MANZARDAS	MUROGAL MONTANTE NORMAL 0,85		1,23	90	38	12	0,85	2500 Y 6000
	MUROGAL SOLERA NORMAL 0,85		1,0	92	30	0	0,85	3000 Y 6000
	MUROGAL TIRANTE 1,6		0,88	70	0	0	1,6	6000
	MUROGAL MONTANTE ESPECIAL 0,85		0,93	60	38	8	0,85	2400 Y 6000
	MUROGAL SOLERA ESPECIAL 0,85		0,92	62	25	-	0,85	3000
	MUROGAL ANGULO ESTABILIZADOR 0,85		0,46	35	35	-	0,85	6000
PISOS Y ENTREPISOS	VIGAL SUPERIOR 1,6		3,06	150	40	12	1,6	6000
	CANAL SUPERIOR 1,0		1,65	153	30	0	1,0	6000

Consulta por otras dimensiones de perfiles disponibles (SP) = Sin perforar

APLICACION	PRODUCTO	FORMA	NOMENCLATURA	PESO (kgf/m)	MEDIDAS				LARGOS (m)	PERFORACION SI / NO		
					ALMA	ALA	ATIEZADO	ESPESOR				
MUROS ESTRUCTURALES	Montantes:											
		Murogal Montante Especial 0,85 mm		60CA085	0,96	60	38	8	0,85	2,4 - 6,0	no	
		Murogal Montante Normal 0,85 mm		90CA085	1,23	90	38	12	0,85	2,5 - 6,0	si	
		Murogal Montante Normal 1,0 mm		90CA10	1,44	90	38	12	1,00	2,5 - 6,0	si	
		Murogal Montante Normal 1,2 mm**		90CA12	1,23	90	38	12	1,20	2,5 y a ped.	si	
		Murogal Montante Extra 0,85 mm		100CA085	1,32	100	40	12	0,85	2,5 - 6,0	si	
		Murogal Montante Extra 1,2 mm		100CA12	1,85	100	40	12	1,20	2,5 y a ped.	si	
		Soleras:										
		Murogal Canal Diagonal 0,85 mm		42C085	0,58	42	25	-	0,85	3,0 - 6,0	no	
		Murogal Canal Especial 0,85 mm		62C085	0,72	62	25	-	0,85	3,0 - 6,0	no	
		Murogal Canal Normal 0,85 mm		92C085	1,00	92	30	-	0,85	3,0 - 6,0	no	
		Murogal Canal Normal 1,0 mm		92C10	1,17	92	30	-	1,00	3,0 - 6,0	no	
		Murogal Canal Extra 0,85 mm		103C085	1,07	103	30	-	0,85	3,0 - 6,0	no	
		Murogal Canal Extra 1,0 mm		103C10	1,25	103	30	-	1,00	3,0 - 6,0	no	
		Otros:										
		Murogal Tirante 1,6 mm		70P16	0,88	70	-	-	1,60	6,0	no	
		Murogal Angulo Estabilizador 0,85 mm		35L085	0,46	35	35	-	0,85	6,0	no	
VIGAS ENTREPISOS	Vigas:											
		Vigas Superior 0,85 mm		150CA085	1,66	150	40	12	0,85	6,0 y a ped.	no	
		Vigas Superior 1,0 mm		150CA10	1,94	150	40	12	1,00	6,0 y a ped.	no	
		Vigas Superior 1,2 mm**		150CA12	2,27	150	40	12	1,20	6,0 y a ped.	no	
		Vigas Superior 1,6 mm		150CA16	3,06	150	40	12	1,60	6,0 y a ped.	no	
		Vigas Grande 1,6 mm		200CA16	3,69	200	40	12	1,60	6,0 y a ped.	no	
		Vigas Extra Grande 1,6 mm		250CA16	4,64	250	50	15	1,60	6,0 y a ped.	no	
		Canales:										
		Murogal Canal Superior 1,0 mm		153C10	1,65	153	30	-	1,00	6,0	no	
		Murogal Canal Grande 1,0 mm		203C10	2,04	203	30	-	1,00	6,0	no	
	Murogal Canal Extra Grande 1,2 mm**		253CA12	2,91	253	30	-	1,20	6,0	no		
TECHUMBRE MANSARDAS	Cerchas											
		Tegal Normal 0,85 mm		90CA085sp***	1,23	90	38	12	0,85	4,0 y 7,1	no	
		Tegal Extra 0,85 mm**		100CA085sp***	1,32	100	40	12	0,85	6,0	no	
		Tegal Diagonal 0,85 mm		40CA085sp***	0,84	40	38	8	0,85	4,0 - 6,0	no	
		Costaneras:										
	Tegal Omega Normal 0,85 mm		400MA085	0,98	40	25	15+8	0,85	6,0	no		
	Tegal Omega Economica 0,5 mm		400MA05	0,58	40	25	15+8	0,5	6,0	no		

* Las perforaciones son para facilitar el paso de ductos eléctricos o instalaciones

** Material solo a pedido

*** sp = Sin perforaciones

ANEXO C

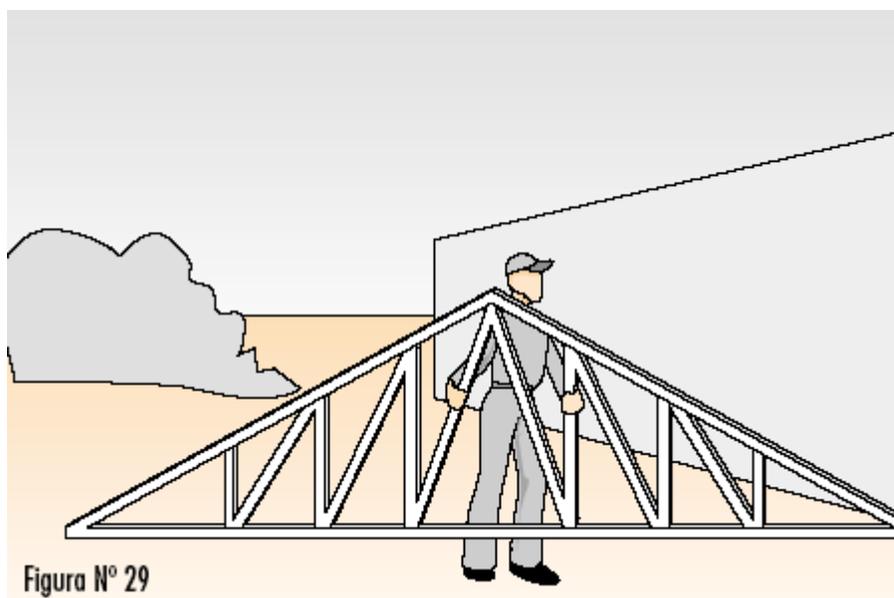
MANUAL DE CONSTRUCCION CON ACERO GALVANIZADO

LIVIANO METALCON CINTAC S.A.

Este es un extracto del manual de Cintac del cual se seleccionaron los temas de interés para el trabajo que se desarrolla en esta tesis.

C.1. ARMADO DE CERCHAS

Una de las mejores ventajas del sistema Metalcon® es la posibilidad de construir las cerchas con acero galvanizado, terminando con una cercha perfectamente derecha y suficientemente liviana que una persona la puede levantar fácilmente.



El sistema Metalcon®, permite diseñar cerchas cualquiera sea su necesidad y estilo. He aquí algunos de los diseños típicos de cerchas. (Figura N° 30).

DISEÑOS TÍPICOS DE CERCHAS

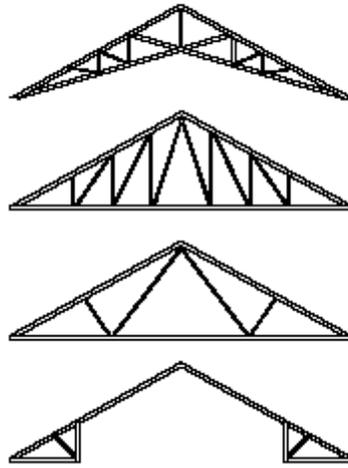


Figura N° 30

La Figura N° 31 muestra una cercha típica y sus componentes, al igual que sus uniones. Para armar una cercha, asegúrese que dispone de un espacio plano y suficientemente grande para armar la cercha de una vez. Todas las uniones se harán con tornillos del # 10 como mínimo.

CERCHA TIPICA

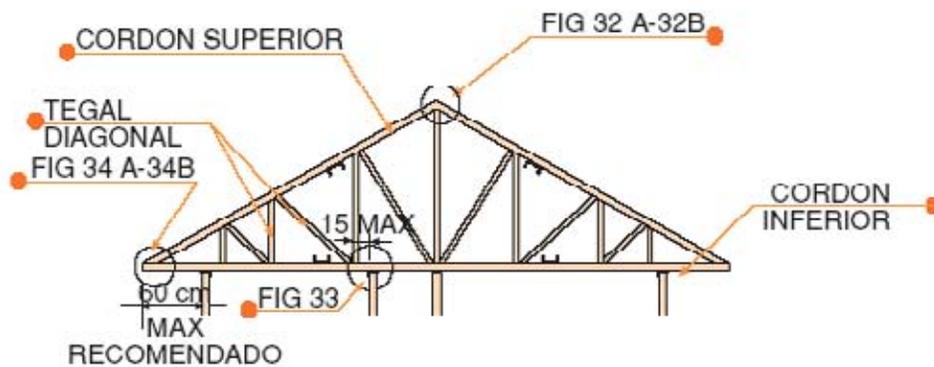
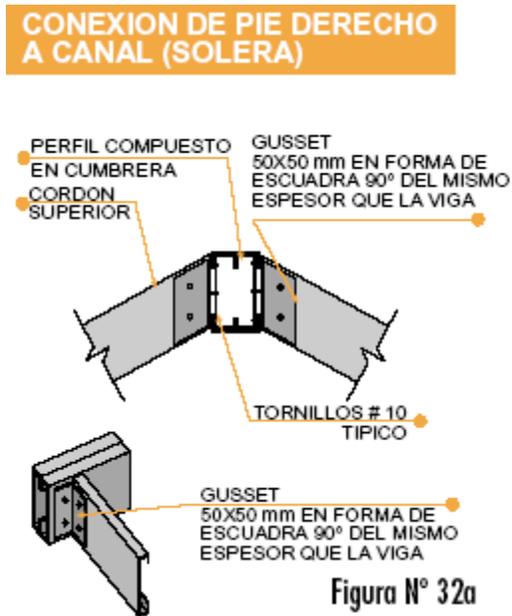


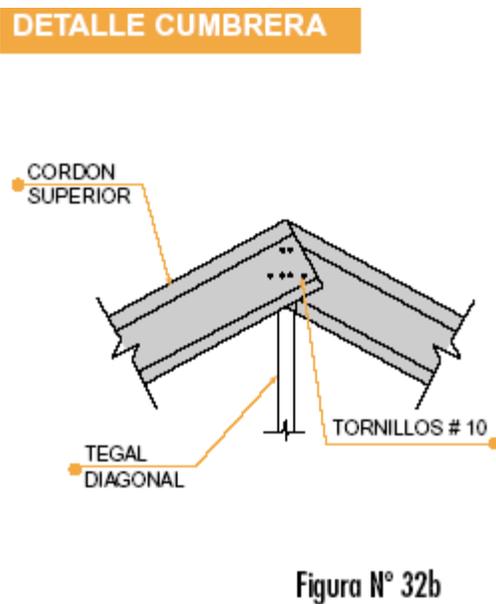
Figura N°31

Existen 2 prácticas de unión en las Cumbreras.

a) Usando una viga central de 2 perfiles (Figura N° 32 a), y



b) Usando los mismos 2 cordones superiores de la cercha, cortándole a uno de ellos un pedazo del ala para que calcen uno encima del otro y con el ángulo correcto. (Figura N° 32 b).



La Figura N° 33, nos muestra la conexión típica entre el cordón inferior y las diagonales de la cercha.

Las Figuras N° 34 a y 34 b, nos muestran las 2 conexiones típicas entre el cordón superior y el cordón inferior, como también el apoyo y unión de la cercha al muro

UNION DIAGONALES Y MONTANTES A CORDON INFERIOR

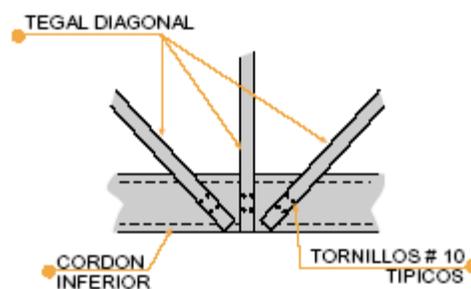


Figura N° 33

C.2. CONEXION DE CERCHAS A MUROS

1. Las cerchas tienen que ir apoyadas directamente sobre un pie derecho, de lo contrario hay que reforzar la canal superior con una canal compuesta de metal y/o madera, como un 2" x 4", de acuerdo a la carga del techo y lo especificado por el calculista.

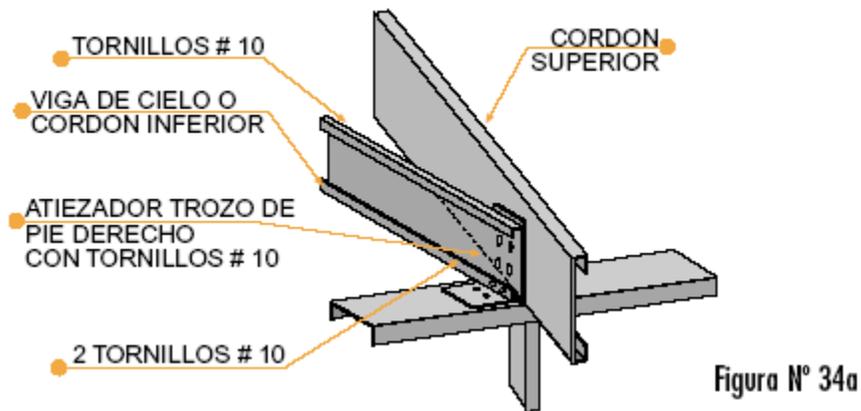
2. Las conexiones se pueden hacer de dos formas:

a) Haciendo en terreno 2 escuadras de Murogal® Tirante por cada conexión, es decir 4 por cercha, y atornillando cada una con 2 tornillos # 10 al cordón de la cercha y 2 tornillos # 10 a la canal superior del muro. (Figura N° 34b).

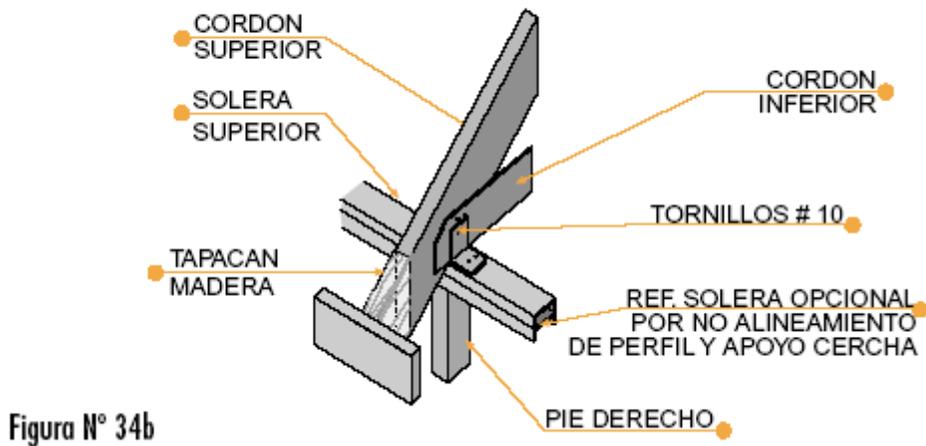
b) Con un conector tipo Simpson.

Nota: En ambos casos, es la práctica común atornillar por debajo de la canal superior, directamente a la cercha, con 2 tornillos del # 10.

APOYO DE CERCHA A PANELES DE MURO



APOYO DE CERCHA A PANELES DE MURO



Dato Constructivo:

A medida que vaya parando las cerchas use un Cigal® Portante o similar para unir temporalmente las cerchas unas con otras. Una corrida a cada lado del cordón superior de las cerchas. Una buena práctica es hacer una marca en cada cercha donde va el Cigal® Portante, de esta manera al estar el trabajador en el aire, sólo necesita el atornillador eléctrico, sin la necesidad de medir ni marca

C.3. ALEROS Y CIELOS FALSOS

La gran flexibilidad de diseño y trabajo del sistema Metalcon®, permite cualquier ángulo de conexión entre la estructura de mansarda y aleros de diferentes características.

La Figura N° 35, nos muestra un ejemplo típico de una alero con cielo falso, que permite cualquier revestimiento y techumbre.

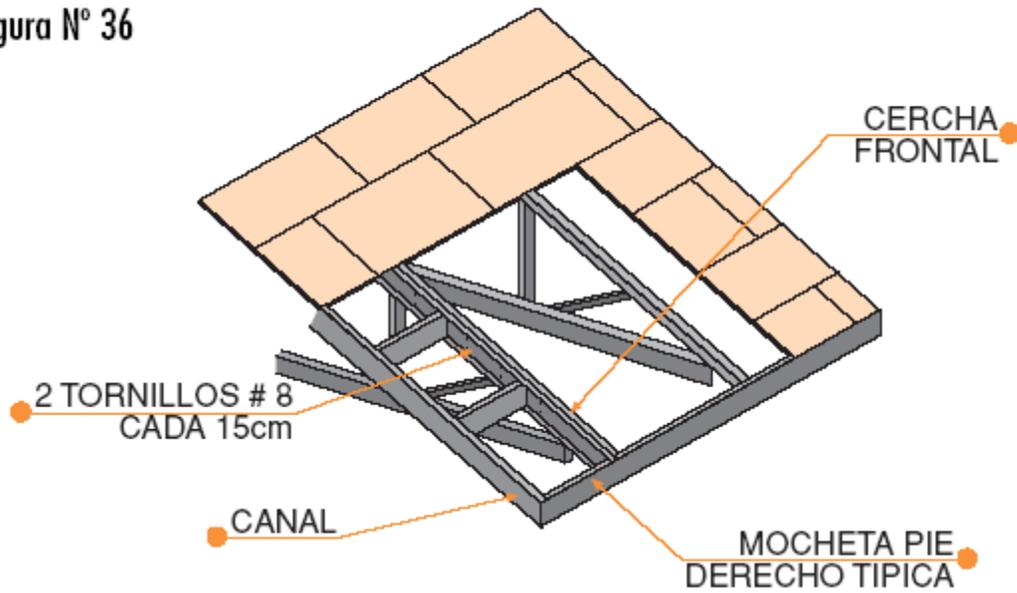
Los aleros en los frontones están formados por un mini tabique , compuesto de 2 canales y perfiles pequeños hasta un máximo de 60 cm. de largo, separados a 60 cm. de eje a eje, y que se atornillan directamente a la cercha frontal (ver figura N°36).

Sobre la canal exterior, atornille directamente el tapacan de madera, usando tornillos del # 8, autorroscantes, del largo adecuado al espesor del tapacan.



DETALLE ALERO FALSO

Figura N° 36



C.4. TECHO, CUBIERTA Y TAPACANES

La estructura de techo, construida con acero galvanizado, se cubre de la misma forma que si fuera hecha en madera, excepto que la cubierta va atornillada.

a) Costaneras: En el caso de costaneras, se usa el Tegal® Omega. La distancia entre costaneras lo determina el diseño del plano de cálculo. (Ver Figura N° 37)

COSTANERAS

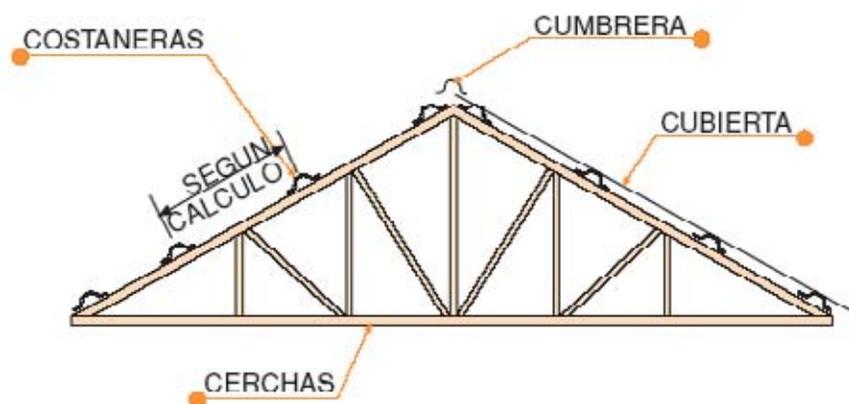


Figura N° 37

b) Cubierta con Entablado :En el caso de cubierta que requiera un entablado, se usa típicamente una placa tipo O.S.B. con un mínimo de 11,1 mm de espesor. Estas placas tienen que ir traslapadas y en forma perpendicular a las cerchas.

Se atornillan con tornillos autotaladrantes de # 8, con 1/4" más largo que el espesor de la placa. La distancia entre tornillos es de 15 cm. en los bordes y a 20 cm en el centro. (Ver Figura N° 38)

PLANTA CUBIERTA DE TECHO TIPICA

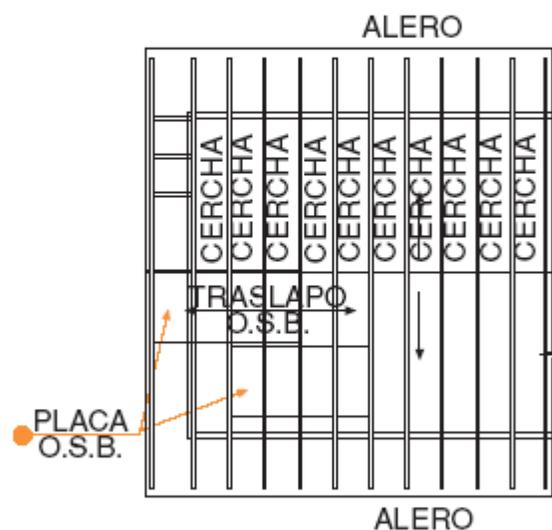


Figura N° 38

c) Tapacanes: Para instalar los tapacanes en los aleros de las cerchas inserte un trozo de madera aproximadamente de 30 cm de largo por 2" x 4", de manera que quepa dentro de la cola de la cercha (ya sea el cordón superior o el cordón inferior). Fíjelo con 6 tornillos autotaladrantes, corte el exceso de la madera, de manera que quede aplomado. De esta forma Ud. tiene en cada cercha de metal un espacio de madera donde clavar los tapacanes. Ver Figuras N° 34 y 35.

d) Techumbres: Las cerchas construidas con el sistema Metalcon® y adecuadamente calculadas, de acuerdo a la carga que recibirán, aceptan todo tipo de techos al igual que una cercha de madera.

C.5. TRANSPORTE DE MUROS, TABIQUES Y CERCHAS

Cuando se transportan muros, tabiques o cerchas, ya hechos con el sistema Metalcon®, siempre deben ir “de canto”.

Esta regla se aplica al transporte en vehículo, camiones, trailer etc., como también al transporte manual dentro de la obra.

Un muro, tabique o cercha al no estar de canto debe tener un punto de apoyo cada 3 metros máximo, ya que de lo contrario se puede deformar.

El ideal para transportar un muro, tabique o cercha dentro de la obra es hacerlo con el mayor personal posible y con una posición de aproximadamente 45°.

