



# Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Construcción Civil

## "ENSAYO COMPARATIVO DE TABIQUERIAS CONSTRUIDAS CON MADERA TRADICIONAL VERSUS METALCON."

**Tesis para optar al título de:  
Ingeniero Constructor.**

**Profesor Guía:  
Sr. José Soto Miranda.  
Ingeniero Civil, M. Sc. en Ing. Civil.**

**CLAUDIA LUISA A. MONTUYAO ARRATIA.**

**VALDIVIA-CHILE**

**2008**

*Dedicada a mis grandes  
amores; mis hijas: María Paz,  
Valentina Antonia, mi marido: José  
Alfredo y en especial a mi madre:  
María Edita, que gracias a su apoyo  
incondicional y esfuerzo pude terminar  
mi carrera.*

*Sin ustedes no existiría, los amo  
mucho.*

## **RESUMEN**

En la presente memoria se pretende realizar un análisis comparativo de laboratorio con dos sistemas constructivos; uno tradicional como lo es la Madera y otro innovador como es el caso del Metalcon, el cual es un sistema constructivo que está compuesto por perfiles de acero galvanizado y que su uso se ha visto masificado en gran medida por las facilidades con las que se pueden construir todo tipo de estructuras en un menor periodo de tiempo.

A partir del ensayo realizado en el laboratorio Lemco, se pretende medir experimentalmente la resistencia, rigidez y deformación horizontal que presenten ambos tabiques al ser expuestos a sollicitaciones en la parte superior.

De los resultados obtenidos, se concluye que el tablero confeccionado con Metalcon, presenta un comportamiento estructural inferior al de Madera, en términos de resistencia, rigidez y deformación.

## **SUMMARY**

The present report is intended to conduct a comparative analysis of laboratory with two construction systems, as is a tradicional Wood and other innovative as in the case of Metalcon which is a construction system that consists of profiles of galvanized steel and its use has been heavily crowded for the facilities with which they can build all kinds of structures in less time.

From the test conducted in the Lemco laboratory, it is intended to measure experimentally the resistance, stiffness and serial number that seek both horizontal walls to be exposed to sollicitations at the top.

From the results, we conclude that the board is manufactured using Wood, presents a structural performance superior to Metalcon in terms of strength, stiffness and serial number.

## INDICE GENERAL

### CAPITULO I. INTRODUCCION Y ANTECEDENTES

1.1	Introducción	7
1.2	Objetivos	8
	1.2.1	
	Objetivos generales	8
	1.2.2	
	Objetivos específicos	8
1.3	Metodología de trabajo	9
1.4	Antecedentes históricos	9

### CAPITULO II. ENTRAMADOS VERTICALES

2.1	Definición	12
	2.1.2	
	Componentes de un entramado vertical	12
	2.1.2.1.	
	Componentes principales	12
	a)	
	Solera inferior	13
	b)	
	Pié derecho	14
	c)	
	Solera superior	14
	d)	
	Cadenetas	14
	e)	
	Dintel	14
	f)	
	Alfeizar	15
	g)	
	Jamba	15
	h)	
	Puntal de dintel	16
	i)	
	Muchacho	16
	2.1.2.2.	
	Componentes secundarios	
	a)	
	Solera de anclaje	17
	b)	
	Solera de amarre	17

c) Cornijal	17
2.1.2.3 Componentes estructurales de un tabique	18
a) Diagonal estructural	18
b) Tensores o zunchos	18
c) Revestimientos	19
2.1.2.4 Elementos de unión	
a) Unión bastidor- revestimiento	20
b) Unión entre elementos esbeltos	20
c) Unión del muro a la fundación	20
2.1.2.5 Características del tablero de recubrimiento	
a) Tablero de fibras	21
b) Tablero de contrachapado	21
c) Tablero de partículas	22
2.2 Cargas que actúan sobre un muro de corte	
2.2.1 Cargas verticales	22
2.2.2 Cargas horizontales	23
2.3 Comportamiento estructural	24

### **CAPITULO III. EL ACERO Y SISTEMA METALCON. SUS PROPIEDADES Y FORMA CONSTRUCTIVA**

---

3.1 Propiedades mecánicas	
3.1.1 Tensión de fluencia	26
3.1.2 Comportamiento tensión-deformación	26
3.1.3 Ductilidad	26
3.1.4 Fatiga	27

3.1.5 Resiliencia	27
3.1.6 Efecto de temperatura	27
3.2 Metalcon	28
3.2.1 Componentes principales del sistema Metalcon	
a) Canal	28
b) Montante o Pie Derecho	29
c) Tegal Omega Atiesador	29
d) Cigal Portante	30
e) Tegal Diagonal	30
f) Tegal Normal	31
g) Murogal Tirante	31
3.2.2 Tornillos	
a) Reglas generales para Tornillos usados con Metalcon	32
b) Tipos de Cabezas disponibles	34
c) Selección del tipo de punta a emplear	35
d) Longitud de los tornillos	36
e) Ranura de la broca	36
f) Longitud de la punta	36
g) Longitud de la rosca	36
h) Paso de rosca	37
i) Requerimiento de espaciamiento y distanciamiento al borde	37
j) Colocación de tornillos	37
3.3. Anclaje	
3.3.1. Pernos de anclaje	38
3.3.2. Amarre con una tira de murogal	38

3.3.3. Anclaje de metal tipo Simpson	39
3.3.4. Clavos y pernos de anclaje tipo Hilti	39
3.3.5. Anclaje estructural de esquina y de arriostramiento	39
3.4. Aislamiento	
3.4.1. Poliestireno expandido	41
3.4.2. Lana mineral o de vidrio	41
3.5. Revestimientos	
3.5.1. Revestimientos interiores	
a) Plancha de yeso-cartón	41
b) Plancha de fibrocemento	42
c) Madera tinglada o machihembrada	42
d) Estuco	42
3.5.2 Revestimientos exteriores	
a) Plancha de fibrocemento	42
b) Vinyl siding	43
c) Estuco	43

#### **CAPITULO IV. ENSAYO DE LABORATORIO**

4.1. Generalidades	45
4.2. Resumen del método	45
4.3. Instrumentos y accesorios utilizados	46
4.3.1. Probetas	49
4.3.2. Procedimiento de ensayo	49
a) Generalidades	49
b) Observaciones	50

c) Aplicación de las cargas	50
d) Expresión de resultados	51
4.4. Materiales y equipos utilizados en la confección de los tabiques	52
4.4.1. Tabique de metalcon	52
4.4.2. Tabique de madera	54

## **CAPITULO V. ANALISIS DE RESULTADOS**

5.1. Generalidades	56
5.2. Resultado del ensayo para el tabique de Madera	56
5.3. Resultado del ensayo para el tabique de Metalcon	59

## **CAPITULO VI. ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS**

6.1. Generalidades	62
6.2. Tabique de Madera	62
6.3. Tabique de Metalcon	63
6.4. Cualidades del producto Metalcon	64

## **CAPITULO VII. CONCLUSIONES**

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **CAPITULO I: INTRODUCCION Y ANTECEDENTES**

### **1.1.- INTRODUCCION**

La madera es un recurso natural que ha sido desde siempre uno de los materiales más utilizados por el hombre con fines estructurales y arquitectónicos, siendo en nuestro país masivamente utilizada en la construcciones habitacionales, obteniendo como resultado excelentes propiedades mecánicas debido a que este sistema es capaz de absorber mucha energía por deformación. Sin embargo; en los últimos tiempos, han aparecido productos innovadores en el mercado, como lo es el metalcon, el cual es un sistema constructivo, que cuenta con una serie de perfiles de acero galvanizados con el que se pueden realizar las tabiquerías para construcciones habitacionales de hasta dos pisos de altura, el cual ha visto masificado su uso debido a que es un material de gran resistencia y versatilidad, obteniendo construcciones más livianas y duraderas. En nuestra ciudad de Valdivia el uso de Metalcon en construcciones habitacionales se ha visto incrementada, por lo que podemos encontrar viviendas que cuentan con el sistema constructivo Metalcon, tanto en la estructura de techumbre como en su totalidad.

El sistema de perfiles galvanizados metalcon, no cuenta con información de la resistencia y rigidez que alcanza una estructura de tabiquería revestida con placas de osb por ambos lados al ser expuesto a una carga horizontal en la parte superior del sistema estructural, por lo que mediante un ensayo en el laboratorio Lemco de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, se pretende obtener una serie de parámetros para luego ser comparados con uno de madera tradicional de similares características igualmente ensayado.

## **1.2.- OBJETIVOS**

### **1.2.1.- OBJETIVOS GENERALES:**

Analizar experimentalmente un tabique de madera tradicional y uno confeccionado con metalcon, mediante un ensayo en el laboratorio Lemco, ambos de idénticas características revestidos con placas de osb, los que serán expuestos a una carga horizontal en su parte superior del tabique, para luego estudiar los comportamientos en ambos casos.

### **1.2.2.- OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Obtener experimentalmente la deformación horizontal y resistencia que presenten ambos tabiques al ser expuestos a solicitaciones en la parte superior del tabique.
- Analizar los parámetros de deformaciones y resistencias que puedan arrojar los ensayos para ambos tabiques.
- Realizar un análisis de costos para la confección de tabiquerías para ambos materiales.
- Analizar las ventajas y desventajas en la utilización de estos sistemas constructivos.

### 1.3.- METODOLOGÍA DE TRABAJO:

Como idea general, se pretende realizar un ensayo de laboratorio para el que se utilizará:

- Un tabique de metalcon, el que será confeccionado con perfiles estructurales tipo murogal montante de 60x38x0.5 mm. en todas sus piezas con dimensiones de 1.20m x 2.40m. el cual será unido con tornillos autotaladrantes de 1 1/2" #8. revestido con placas de Osb. Por ambos lados.
- Un tabique de madera de pino insigne seco bruto de 2"x3" en todas sus piezas de 1.20m x 2.40m, el cual será unido con clavos de 4"y revestido con placas de Osb. en ambos lados unidas al tabique con clavos volcanita de 2".

En el laboratorio los tabiques serán sometidos a una carga horizontal en uno de sus extremos superiores por medio de un gato hidráulico, con lo cual podremos analizar los comportamientos de ambos sistemas constructivos a cada incremento de carga.

Con los resultados obtenidos se pretende analizar la Influencia en el costo de fabricación para tabiques de metalcon, respecto a la construcción tradicional, ventajas y desventajas de ambos materiales entre otros aspectos.

#### 1.4.- ANTECEDENTES HISTORICOS

Vivienda, es aquella construcción en la cual la resistencia estructural que brinda la estabilidad al techo y los muros es provista por distintos elementos estructurales como lo son los tabiques.

De acuerdo con la definición, las estructuras destinadas a ser habitadas deben ser capaces de soportar cargas verticales (peso propio, nieve, etc.) y cargas horizontales provenientes de la acción del viento o de un sismo, las que se traducen en esfuerzos de corte en los muros de dichas estructuras. El comportamiento de una vivienda es consecuencia principalmente del diseño, la calidad de la construcción y el uso durante su vida de servicio. En este comportamiento aparecen otros aspectos, tales como el de seguridad, serviciabilidad, durabilidad, y confort para los moradores.

La durabilidad es un punto importante, esta se asocia al posible deterioro de los elementos, contabilizado principalmente por la pérdida de resistencia mecánica, pero también por cambios funcionales (por ejemplo roturas en un revestimiento exterior que origina entradas de agua) o estéticos, como el cambio de color que sufren las maderas debido a la acción de la luz sobre su superficie.

Dentro de los materiales alternativos a la madera, se encuentra el Metalcon, el cual es un sistema constructivo que consta de perfiles de acero galvanizado de bajo espesor, con el que se obtienen estructuras livianas, resistentes, e invariables con el paso del tiempo.

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<sup>R</sup>. 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.

## CAPÍTULO II: ENTRAMADOS VERTICALES

### 2.1. - DEFINICION

Un tabique es un elemento entramado compuesto por piezas verticales y horizontales de madera que se distribuyen de forma similar e independiente del tipo de servicio que presten, ya sea como un elemento constructivo resistente o simplemente de separación entre recintos.

### 2.1.2.- COMPONENTES DE UN ENTRAMADO VERTICAL

#### 2.1.2.1.- COMPONENTES PRICIPALES

Su principal característica es que son utilizados para estructurar el elemento completo en su fase de armado o prefabricación.

Las piezas principales que conforman el tabique.

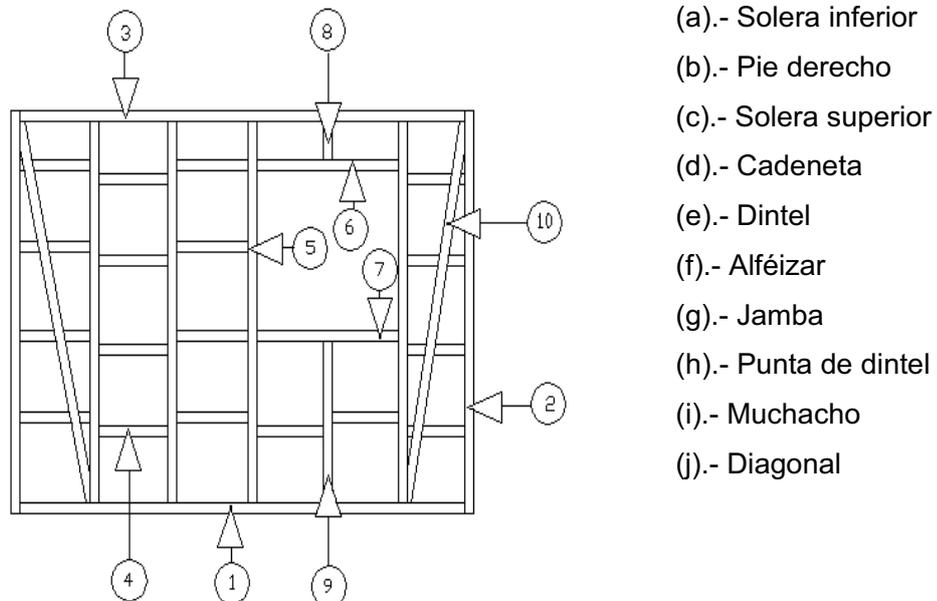
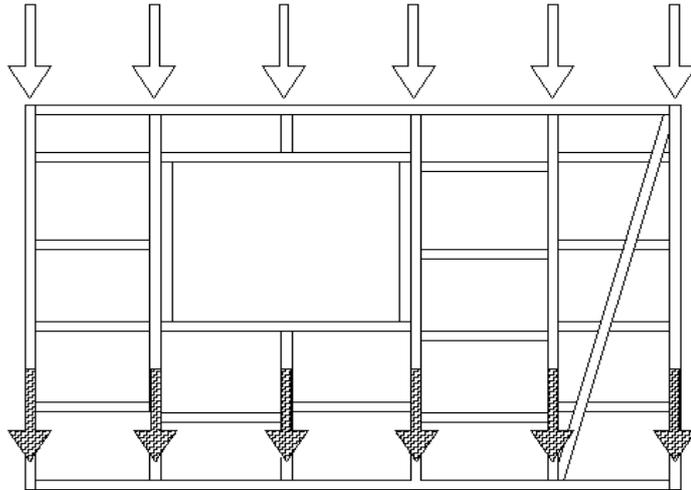


Figura 1.1. Partes de un tabique.

### a) Solera inferior

Corresponde a la pieza que sirve de unión para todas las piezas verticales del tabique tales como pie derecho, jambas y muchachos, la que se fija por medio de uniones en todas las piezas. Su función principal es distribuir las cargas verticales hacia la solera de anclaje.



*Figura 1.2. Esquema donde se muestra la distribución de cargas verticales desde el nivel superior a pie derechos y estos a su vez a la solera inferior.*

Si en el caso en que la solera inferior del tabique es anclada a una superficie de hormigón esta debe cumplir con ciertos requisitos tanto en resistencia como en durabilidad.

- Aislación de la humedad.

La humedad proviene del contacto directo entre la superficie de hormigón y la solera para evitar se recomienda el uso de una doble lámina de fieltro asfáltico de 15 libras u otro sistema de características similares.

- Preservación

Es recomendable utilizar madera impregnada con sales CCA por métodos de presión y vacío a un contenido mínimo de  $4.0 \text{ kg/m}^3$  de óxidos activos, según se establece en la norma chilena NCh. 819

**b) Pie Derecho**

Corresponde al elemento estructural dispuesto en forma vertical unida por medio de fijaciones entre la solera superior y la solera inferior, cuya función es transmitir axialmente las cargas provenientes de la techumbre o niveles superiores de la estructura al nivel de fundación. En el caso de tabiques autosoportantes, solo cumple con la función de ser el componente al cual se fijan las placas de revestimiento.

Los pies derechos externos también reciben el nombre de cuerdas.

**c) Solera Superior**

Pieza a la que también se le denomina carrera, la cual sirve de unión superior de todas las piezas verticales del tabique tales como pie derecho, jambas y puntales de dintel la que va fija por medio de uniones en todas las piezas. Su función principal es transmitir y distribuir a los componentes verticales las cargas provenientes de la techumbre o niveles superiores del recinto hacia los pies derechos.

**d) Cadenetas**

También denominadas viguetas o transversales, son elementos horizontales que separa el espacio entre los pie derechos en compartimientos estancos independientes, cuya finalidad es producir una interacción entre todos los elementos constituyentes del muro a fin de que éstos trabajen conjuntamente. Sirven para a evitar el pandeo lateral producido en los pies derechos debido a las cargas verticales en el plano del muro, para clavar o atornillar el revestimiento vertical, además sirve para bloquear el ascenso de los gases de combustión y retardar la propagación de las llamas por el interior del tabique en un eventual incendio.

**e) Dintel**

Corresponde al conjunto de una o más piezas horizontales que solucionan la luz en un vano de puerta o ventana, en el caso de tabiques soportantes pueden tratarse de ambos tipos de vano. En el caso de tabiques auto soportante, por lo general; solo se

trata de dinteles de puerta. Su estructuración dependerá de la luz y de la carga superior que reciba este.

**f) Alfeizar**

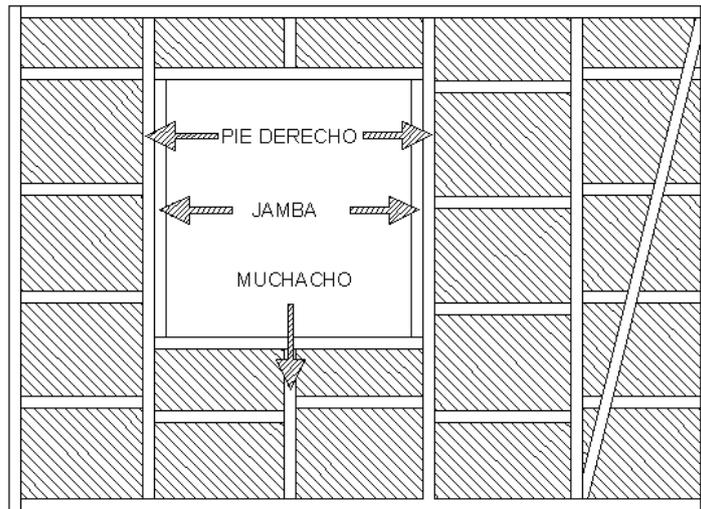
Pieza horizontal soportante en elementos de ventana, generalmente se utilizan en tabique soportantes perimetrales. Su estructuración depende de la longitud o el ancho del vano del tipo de material que se especifica para la ventana.

**g) Jamba**

Pieza vertical soportante que complementa la estructuración de vanos en puertas y ventanas, cuya función principal es apoyar la estructuración del dintel.

Algunas funciones son:

- Mejora la resistencia al fuego del vano como conjunto.
- Refuerza en forma colaborante, con su pie derecho de apoyo longitudinal, la rigidez necesaria para el cierre y abatimiento (pivote del eje) de puertas y ventanas.



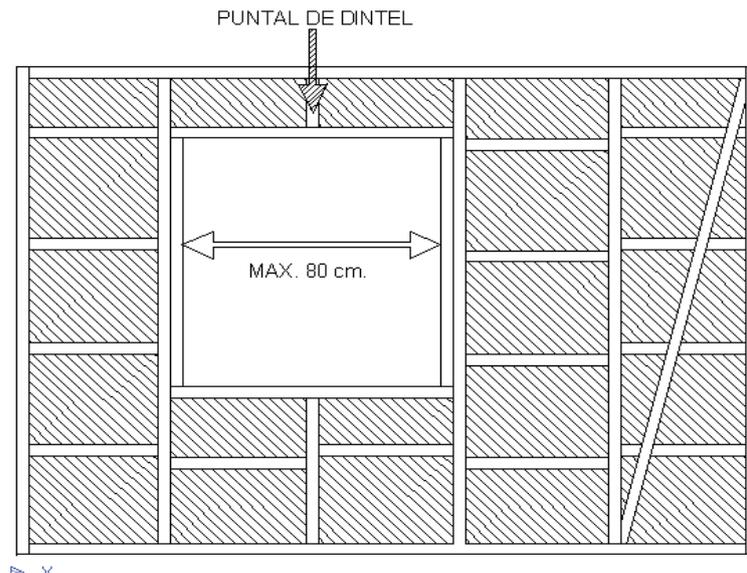
*Figura 1.3. Jambas soportantes de un dintel de ventana, muchachos soportantes de un alféizar de ventana.*

#### **h) Puntal de Dintel**

En aquellos dinteles de luz no mayores que 80 cm. y siempre que no actúen cargas puntuales provenientes de niveles superiores, la unión de estos, la solera superior y el dintel del vano de la ventana o puerta puede ser resuelta por medio de piezas verticales de longitud menor llamadas puntales de dintel, las que permiten mantener, para efectos de modulación, la fijación de revestimientos por ambas caras del entramado.

#### **i) Muchacho**

Componente vertical que une el alféizar de un vano de ventana con la solera inferior, cumpliendo la misma función de un puntal de dintel.



*Figura 1.4. Puntal de Dintel. En tabique soportante es utilizable en vanos con una luz no superior a 80cm. En tabiques auto-soportantes puede ser usado hasta en vanos de 1.2m.*

#### **2.1.2.2.- COMPONENTES SECUNDARIOS**

Son aquellos que permiten anclar y fijar los tabiques tanto inferior como superiormente, se diferencian de los componentes principales es que estos son incorporados a la estructura en la fase de montaje o alzado de los tabiques.

##### **a) Solera de Anclaje**

Corresponde al elemento estructural horizontal anclada al sobrecimiento o nivel de piso inferior mediante pernos de anclaje u otro elemento de unión. Sirve de elemento de apoyo para la solera inferior distribuyendo la carga que proviene de la estructura hacia la fundación o nivel de piso inferior.

**b) Solera de Amarre (sobre-solera)**

Elemento horizontal dispuesta sobre la solera superior a fin de construir un elemento de amarre de todo el sistema de diafragmas verticales, se ejecuta por medio de uniones clavadas alternadamente cada 15 cm.

**c) Cornijal**

Pieza de sección cuadrada que se utiliza eventualmente en encuentros de tabiques de tipo esquina las caras de estos elementos deben ser de igual ancho de piezas primarias y secundarias

**2.1.2.3.- COMPONENTES ESTRUCTURALES DE UN TABIQUES**

Los tabiques soportantes son los principales elementos de la estructura resistente de la vivienda, estos son los encargados de transmitir las cargas estáticas y dinámicas que afectan ala edificación.

Por tal razón, debe realizarse una cuantificación del tipo y magnitud de las solicitaciones permanentes y eventuales, de modo que una vez en servicio, los tabiques soporten y cumplan con la función para la cual fueron diseñados.

Debido a esto es fundamental el uso de ciertos componentes tales como arriostramientos, ya que sin ellos no presentarían resistencia a la tracción o a la deformación lateral, producto de la acción de cargas dinámicas.

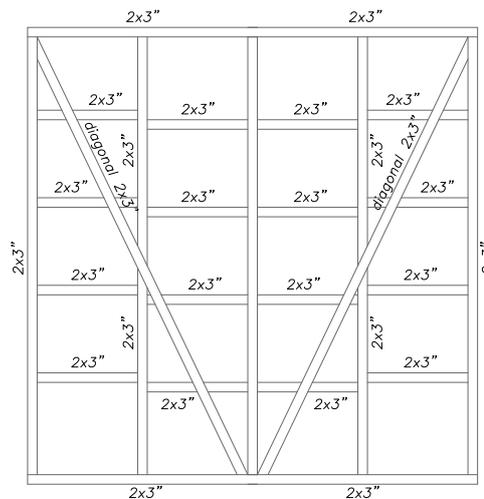
La mayor parte de la veces esto se soluciona colocando diagonales de distinta o igual esquadría de el resto de los componentes del tabique, otra posibilidad es el uso de tensores o arriostramientos del tipo perfiles de acero. Las alternativas de solución son:

**a) Diagonal Estructural (Riostras)**

Pieza esbelta que va inclinada 45° aproximadamente, cuya finalidad es transmitir las cargas horizontales en el sentido del plano del panel estructural

provenientes fundamentalmente del viento o sismos con el objeto de otorgarle una mayor rigidez al

muro. Si el revestimiento con el que se cubre el muro aporta una rigidez suficiente se puede prescindir de ella. Considerando que por cada diagonal puesto en una dirección, debe existir otro contrapuesto en el mismo plano. La desventaja de ocupar esta alternativa radica en la necesidad de incorporar al tabique mas cadenas esto es para evitar el pandeo lateral de la diagonal estructural ante esfuerzos horizontales.



*Figura 1.5. Muro arriostrado con un diagonales estructurales de igual escuadría que las piezas principales.*

## **b) Tensores o Zunchos Metálicos en Perfil de Acero Plano**

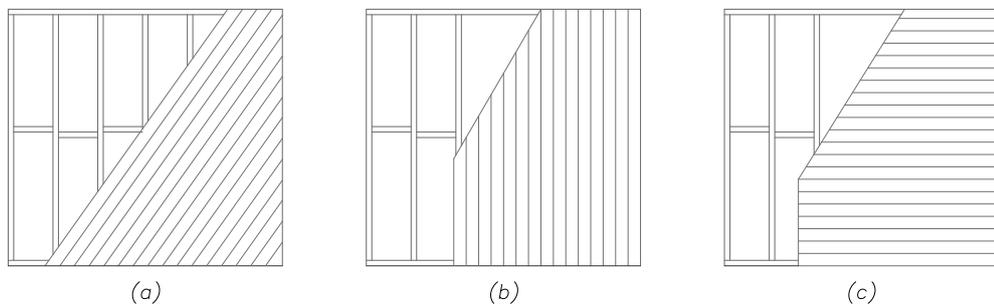
Consiste en colocar barras de acero plana de 20 a 50mm de ancho con 2 a 3mm de espesor dispuesto en un ángulo similar al diagonal de madera.

También se debe considerar tensores contrapuestos en el mismo plano tal como el caso anterior. Otro punto a considerar se debe considerar un rebaje en la madera para incorporarlo al espesor final del tabique en obra gruesa.

### c) Revestimientos

Son elementos planos, de tipo envolvente para las componentes interiores de un diafragma vertical. Dependiendo de la configuración de los revestimientos, estos pueden ser:

- **Revestimiento de entablado:** Constituido por tablas elaboradas de canto recto machihembradas o tingladas, dispuestas en forma horizontal, vertical o en diagonal ( $45^\circ$ ) respecto a pies derechos y/o soleras clavadas a estos elementos en cada encuentro.
- **Revestimiento de tablero:** son aquellos constituidos en base a placas de subproductos derivados de la madera, tales como tableros de contrachapado, Osb, fibras u otros materiales, como ser el asbesto cemento o el cartón-yeso. Este último no es considerado normalmente como estructural es muy usado en Chile como recubrimiento interior debido a sus cualidades de aislante acústico y corta fuego.



*Figura 1.6. (a) Revestimiento de entablado dispuesto en forma diagonal; (b) Revestimiento de molduras dispuesto en forma vertical; (c) Revestimiento de molduras dispuesto en forma horizontal. Pudiendo ser machihembrado o tinglado, que además cumple la función de arriostrar ya sea los muros interiores como también los muros perimetrales de la vivienda.*

#### **2.1.2.4.- ELEMENTOS DE UNIÓN O FIJACIÓN**

Son aquellos que materializan las uniones de los elementos que componen la estructura:

##### **a) Unión entre bastidor y revestimiento.**

Depende del tipo de cubierta a utilizar, siendo los clavos elementos de fijación más utilizados. En el caso de recubrimientos frágiles se utilizan tornillos como elemento de unión. Otros fijadores, pero de mayor uso en el extranjero, son las uniones mediante corchetes.

Los adhesivos elastoméricos son otro tipo de fijación no utilizado en Chile, pues presenta el inconveniente que el muro colapsa totalmente antes de fallar la unión, produciendo una falla de tipo frágil, por lo que no se cumple el requerimiento de diseño de obtener una falla dúctil en este tipo de estructuras.

##### **b) Unión entre elementos esbeltos.**

La unión entre pies derechos, soleras, cadenas, diagonales, generalmente se materializa mediante clavos. En algunos casos se utilizan conectores metálicos como fijaciones entre la solera inferior y las cuerdas con la finalidad de resistir el esfuerzo de tracción transmitido por estas últimas.

##### **c) Unión del muro a las fundaciones.**

Por lo general se emplean anclajes de acero liso, espárragos o pernos de anclaje, fabricados a partir de barras de acero para hormigón armado, los cuales cumplen la función de transmitir el esfuerzo de corte desde el muro a la fundación.

### **2.1.2.5.- CARACTERÍSTICAS DEL TABLERO DE RECUBRIMIENTO.**

Los tableros se construyen en base a placas de subproductos de madera u otro material, tales como los tableros de fibras, de partículas, contrachapados, asbesto cemento, cartón-yeso, etc. Los tableros se pueden clasificar en estructurales y no estructurales entendiéndose por estructurales a aquellos que poseen una alta rigidez y resistencia al cizalle.

Los tableros en base a subproductos de la madera, se dividen en tres grandes tipos:

#### **a) Tablero de fibras.**

Tablero fabricado por la aglomeración de fibras de madera, las cuales se compactan haciéndolas pasar por rodillos o por una prensa de platos a altas temperaturas. Durante su proceso de fabricación se le pueden agregar aglutinantes u otro material para mejorar algunas características, las propiedades mecánicas y la resistencia a la humedad, al fuego, al ataque de insectos y pudrición.

#### **b) Tablero de contrachapado.**

Tablero formado por dos o más chapas de madera, generalmente en un número impar con el objeto de lograr una sección transversal simétrica. Las capas se unen de forma tal que la orientación de las fibras entre láminas adyacentes estén dispuestas de forma perpendicular. Las chapas obtenidas mediante un proceso de debobinado o foliado se unen empleando un adhesivo y una prensa de platos.

**c) Tablero de partículas.**

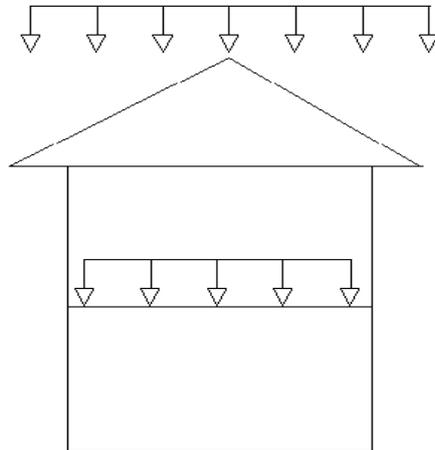
Tablero hecho en base a partículas de madera aglomeradas con un aglutinante orgánico mas la unión de uno o más de los siguientes agentes: calor, humedad, catalizador, presión, etc. Perteneciendo a este ultimo tipo los tableros OSB utilizados en nuestra investigación.

**2.2.- CARGAS QUE ACTÚAN SOBRE UN MURO DE CORTE.**

Las cargas a que se encuentra sometida la estructura se pueden dividir en:

**2.2.1.- CARGAS VERTICALES**

Se componen por las sobrecargas de las estructuras que son soportadas por el muro,



*Figura 1.7. Esfuerzo producto del peso de techumbre o de pisos superiores y por el peso propio de la estructura.*

### 2.2.2.- CARGAS HORIZONTALES

Ocasionadas por solicitaciones eventuales de viento y de sismo. Las cargas de viento se determinan de acuerdo a la norma NCh 432, según la localidad y grado de exposición de la estructura, y las cargas de sismo se calculan de acuerdo a NCh 433, según la ubicación geográfica de la estructura.

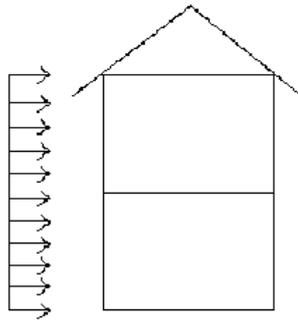


Figura 1.8. Esfuerzo provocado por el viento en la estructura.

Las fuerzas de sismo se producen por la oposición de la estructura al desplazamiento del suelo, producto del movimiento de la corteza terrestre. La fuerza sísmica es directamente proporcional a la masa de la estructura. Esto constituye una ventaja estructural de las edificaciones de madera, en comparación con las edificaciones tradicionales de albañilería y hormigón, las cuales tienen un peso específico considerablemente mayor con respecto a la madera.

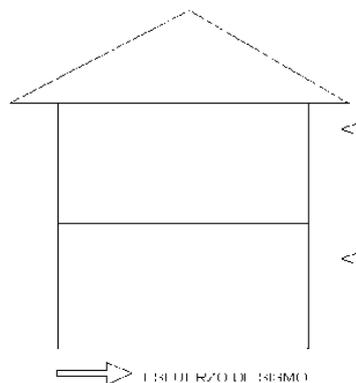


Figura 1.9. Esfuerzo provocado por un sismo.

### 2.3.- COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL.

Analizar el comportamiento estructural ha sido motivo de una amplia gama de estudios, especialmente en países que, como el nuestro, se encuentran sometidos por fenómenos sísmicos, y en zonas en que la acción del viento cobra vital importancia.

El efecto que producen las cargas horizontales en los muros es más complejo que una sollicitación por corte puro. Las tensiones que se originan en el muro son producto de una combinación de fenómenos, tales como corte en la unión clavada tablero - bastidor y en las placas de recubrimiento, flexión en los pies derechos y soleras del bastidor y el momento volcante que afecta al panel-en su totalidad.

Además existen otros factores que influyen en el comportamiento del muro, ya que este no se encuentra actuando de manera aislada sino que interactúa con otros elementos. Los principales factores que intervienen en el comportamiento son:

- .- Carga vertical proveniente de la descarga de elementos superiores.
- .- Interacción con muros perpendiculares.
- .- Continuidad entre paneles adyacentes producto de la existencia de una solera superior de amarre.

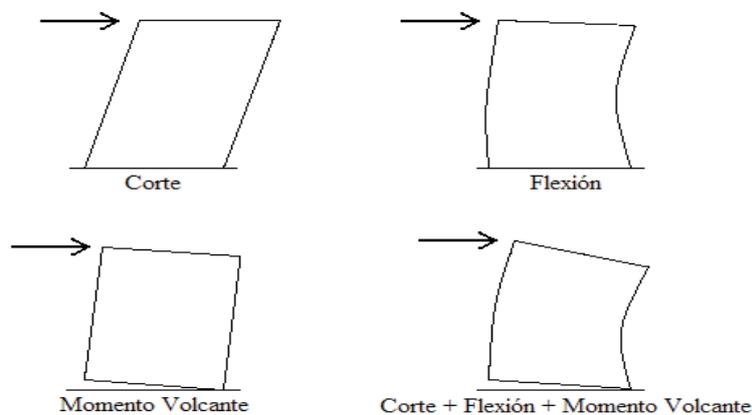


Figura 2.0. Combinación de los efectos producidos en un muro.

Los factores descritos contribuyen a aumentar la capacidad resistente del muro, ya que éste no actúa de forma aislada y se incorporan elementos que contribuyen a resistir la sollicitación de corte. La carga vertical contrarresta el momento volcante. Los muros perpendiculares se oponen al desplazamiento lateral del muro solicitado. Al existir un elemento de amarre entre paneles adyacentes se crea una continuidad del muro.

En base a experiencias anteriores, se ha establecido que la deformación alcanzada por un muro de madera bajo la acción de una carga lateral, es el resultado de la suma de las siguientes deformaciones locales:

- .- Deformación de la unión clavada revestimiento-bastidor.
- .- Deformación de la unión clavada entre elementos del bastidor.
- .- Deformación de los elementos del sistema de anclaje.
- .- Deformación de pies derechos y soleras.
- .- Deformación por corte del tablero de recubrimiento.

Se ha determinado que las deformaciones locales que más contribuyen a la deformación horizontal total, son aquellas que se producen en las uniones clavadas, especialmente en la unión bastidor- tablero de recubrimiento, y la deformación de soleras y pies derechos.

### **CAPITULO III: ACERO Y SISTEMA METALCON, SUS PROPIEDADES Y FORMA CONSTRUCTIVA**

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.

#### **3.1.- PROPIEDADES MECÁNICAS**

##### **3.1.1.- TENSIÓN DE FLUENCIA:**

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

##### **3.1.2.- 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.

##### **3.1.3.- DUCTILIDAD**

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.

### **3.1.4.- 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.

### **3.1.5.- 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.

### **3.1.6.- 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  $-30^{\circ}\text{C}$  y temperaturas mayores a  $93^{\circ}\text{C}$ .

### **3.2.- METALCON**

Metalcon, es un moderno sistema constructivo de viviendas totalmente en seco, en el cual; los muros perimetrales, tabiques, entrepisos, cielos y techos, son soportados por una estructura de perfiles de acero galvanizado liviano de CINTAC que cuenta con soluciones estándar de instalación y cálculo estructural, con la que se pueden construir viviendas completas, segundos pisos, mansardas, techumbres, tabiques y cielos, etc.

Los perfiles son fabricados en acero estructural galvanizado de alta resistencia ASTM A 653-97 Grado 40, lo que permite diseñar en bajos espesores, logrando estructuras livianas, resistentes e invariables con el paso del tiempo. El sistema Metalcon se compone de tres familias de productos, como lo son: Metalcon Estructural, Metalcon tabiques y metalcon cielos.

Para el caso del Metalcon estructural; sus especiales dimensiones permiten el alcance de los perfiles montantes dentro de las soleras, para hacer posible el armado de los diferentes componentes estructurales de la vivienda.

#### **3.2.1.- COMPONENTES PRINCIPALES DEL SISTEMA METALCON.**

##### **a) Canal**

Sus usos son:

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

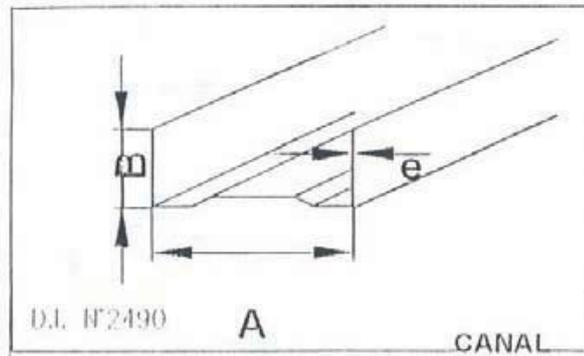


Figura 2.1.

**b) Montante o pié derecho.**

Sus usos son:

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

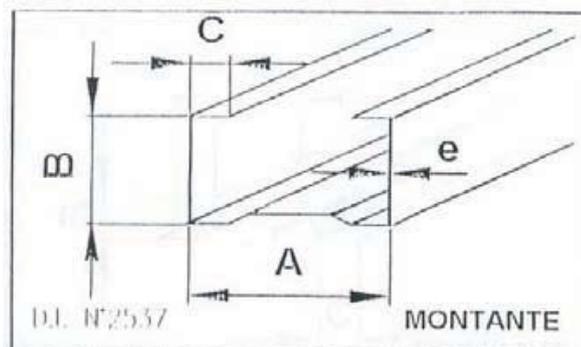
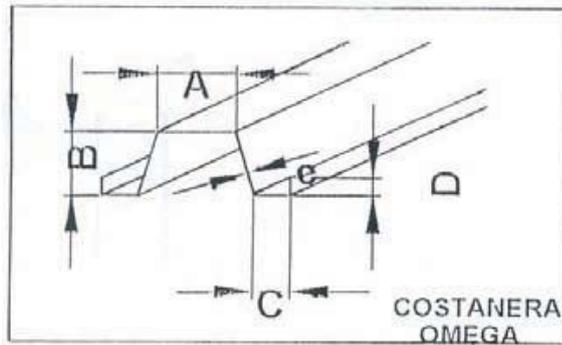


Figura 2.2.

**c) Tegal omega atiesada.**

Sus usos son:

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

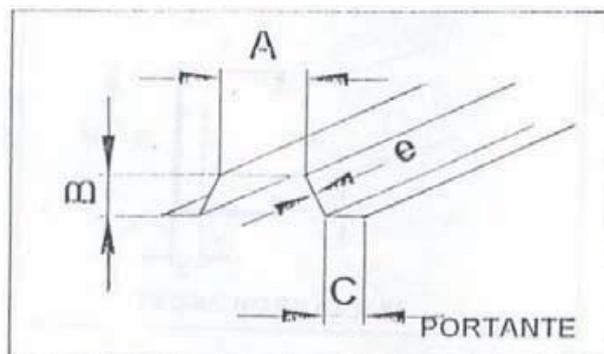


*Figura 2.3.*

**d) Cigal portante.**

Sus usos son:

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

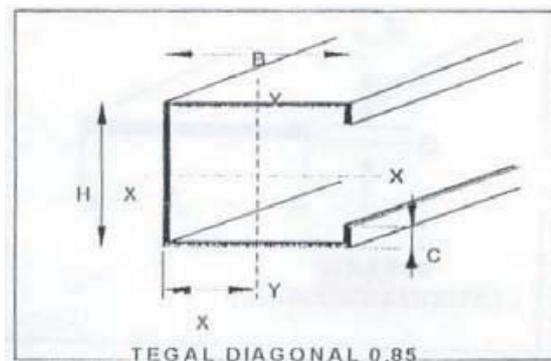


*Figura 2.4.*

**e) Tegal diagonal.**

Sus usos son:

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

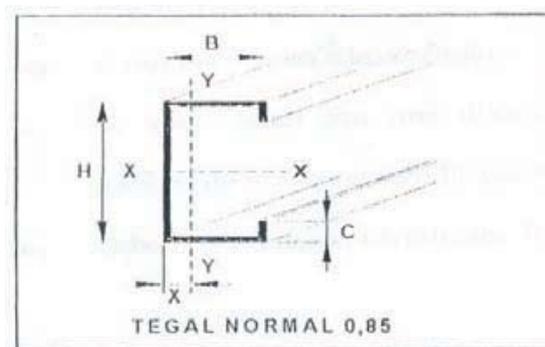


*Figura 2.5.*

**f) Tegal normal.**

Sus usos son:

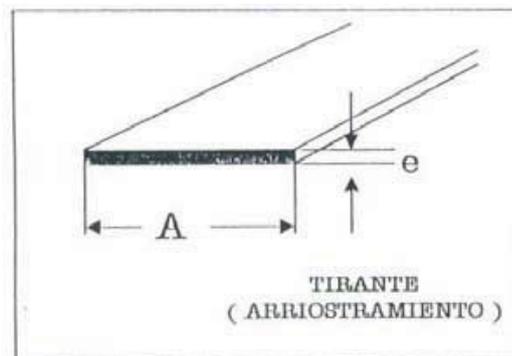
- Para la construcción de cerchas.
- Para estabilidad y arriostamiento permanente entre cercha y tabique.



*Figura 2.6.*

**g) Murogal tirante.**

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



*Figura 2.7.*

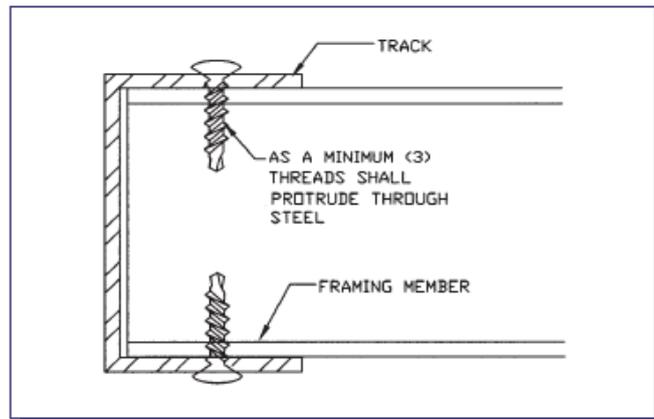
**3.2.3.- TORNILLOS.**

La fijación más común para Metalcon es por medio de tornillos autoroscantes.

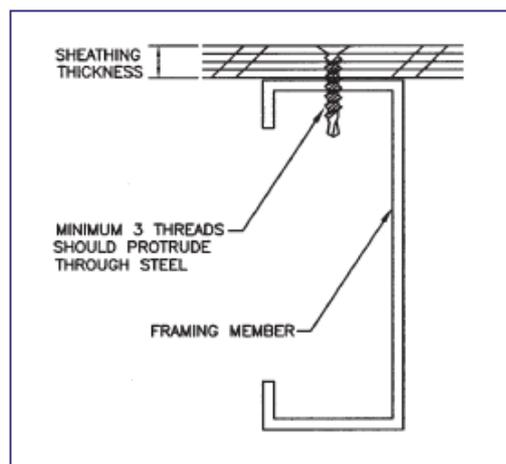
En una sola operación, estos pueden perforar y fijar en forma segura todo tipo de materiales a la estructura de acero. A la hora de elegir un tornillo se debe considerar tres puntos, el tipo de cabeza, punta y la selección de la rosca. Para aplicaciones exteriores pueden ser, con revestimiento de zinc, 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).

**a) Reglas generales para tornillos usados con Metalcon.**

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



*Figura 2.8. Regla para los tornillos.*



*Figura 2.9.*

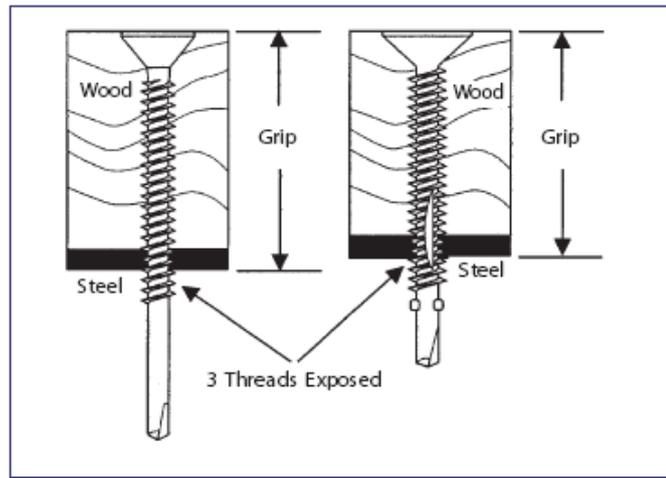


Figura 3.0.

#### b) Tipos de cabeza 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.

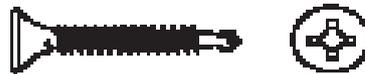


Figura 3.1 Tornillo cabeza de trompeta.

- Cabeza plana:

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

rígido. Fijación perfil a perfil o de elemento conector a perfil donde irá plancha de revestimiento.



*Figura 3.2. Tornillo cabeza plana.*

- Cabeza hexagonal:

Usados permanentemente para penetrar aceros de mayor espesor, al ser la cabeza con 6 puntos de apoyos, entrega en 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". Para fijación de elemento conector a perfil o perfil a perfil.



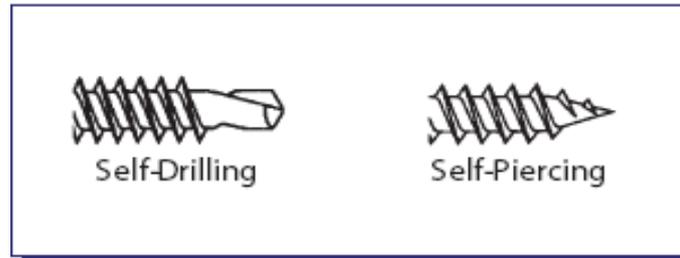
*Figura 3.3 Tornillo cabeza hexagonal.*

**c) Selección de puntas.**

El sistema constructivo Metalcon, admite el uso de dos tipos de puntas, aguda o broca.

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 3.4. Tipos de puntas para tornillos.*

#### **d) Longitud para 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.

#### **e) 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.

#### **f) 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.

**g) 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).

**h) Paso de la 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.

**i) Espaciamiento y distancia del 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.

**j) Colocación de los 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.

### **3.3.- ANCLAJE**

Para anclar el sistema Metalcon se pueden optar a diferentes opciones dependiendo del tipo de fundación, comúnmente se usan dos:

#### **3.3.1.- PERNOS DE ANCLAJE:**

Los pernos los determinará el proyecto de cálculo en su dimensión y ubicación, pero se recomienda como mínimo usar pernos de acero de 12mm de diámetro, 250mm de largo con gancho de 50mm en su parte inferior. El extremo recto sin gancho tiene aproximadamente 50mm de hilo, donde se pone una tuerca con golilla de 3cm de diámetro por 3mm de espesor. Estos pernos se instalan a 45mm aproximadamente del borde perimetral del radier, de manera que queden en el centro de la canal (para el caso que ésta tenga 90mm.)

|Debido a que la canal tiene 0,85mm de espesor es necesario agregar un supe de refuerzo del mismo perfil de los pies derechos dentro de la canal, como golilla atiesadota. Generalmente estos pernos van uno a 30cm máximo del inicio del muro estructural y uno a cada lado de las puertas, luego va uno cada 1,2mt como máximo entre perno y perno. El plano de cálculo deberá indicar la ubicación exacta de cada uno de los elementos.

**3.3.2.- AMARRE CON UNA TIRA DE MUROGAL:**

Este tipo de anclaje es adicional y en conjunto con los pernos de anclaje. Si el cálculo así lo determina, se debe instalar una amarra por cada vértice del muro perimetral como mínimo. Estos elementos de amarre se deben confeccionar en terreno, y el gancho inferior va enganchado en uno de los fierros del sobrecimiento en caso de ser amarrado.

**3.3.3.- ANCLAJE DE METAL TIPO SIMPSON:**

También llamada escuadra Simpson. Es igual al anclaje con Murogal tirante, pero viene listo de fábrica.

**3.3.4.- CLAVOS Y PERNOS DE ANCLAJE TIPO HILTI:**

En los muros estructurales, éstos se recomiendan solamente como suplemento a los anclajes anteriores. Como norma general se instala un clavo tipo Hilti de 1 ½" con golilla incorporada directamente a la canal (solera inferior), en el centro entre montante y montante.

En los tabiques no estructurales como no es necesario ponerle pernos de anclaje, se instalan entre montantes y montantes.

**3.3.5.- ANCLAJES ESTRUCTURALES DE ESQUINAS Y DE ARRIOSTRAMIENTOS, TIPO SIMPSON O SIMILAR:**

Se utilizan preferentemente en las esquinas donde existe concentración de esfuerzos y /o para tomar las cargas transmitidas por las diagonales de arriostramiento.

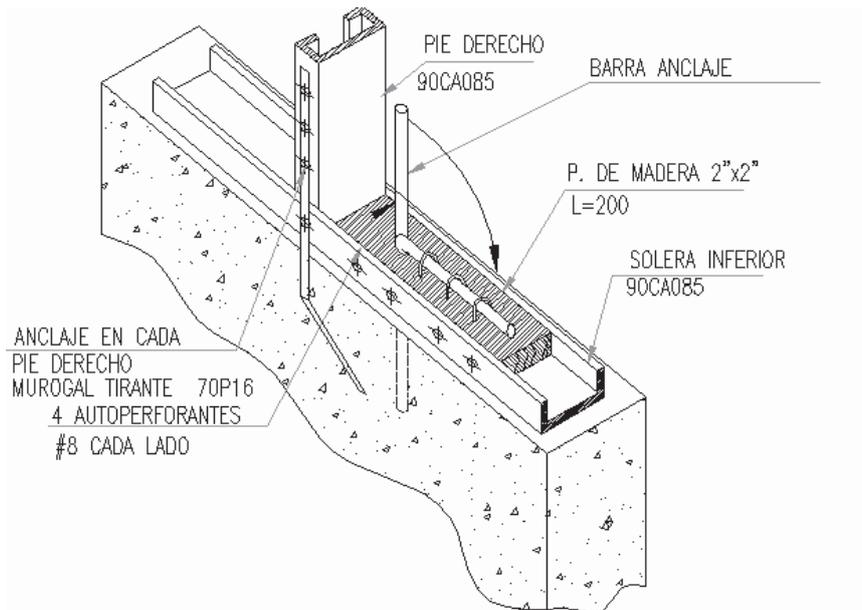


Figura 3.5. Anclaje Standard.

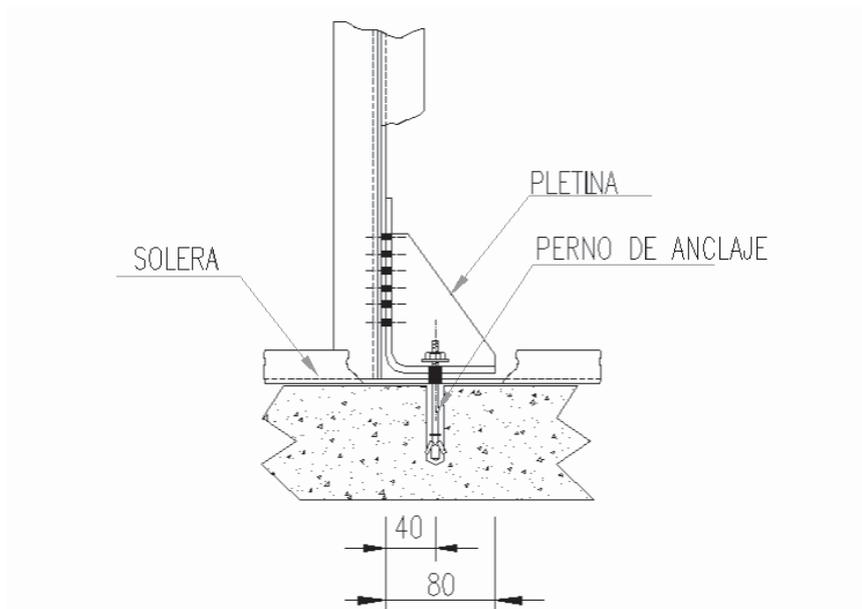
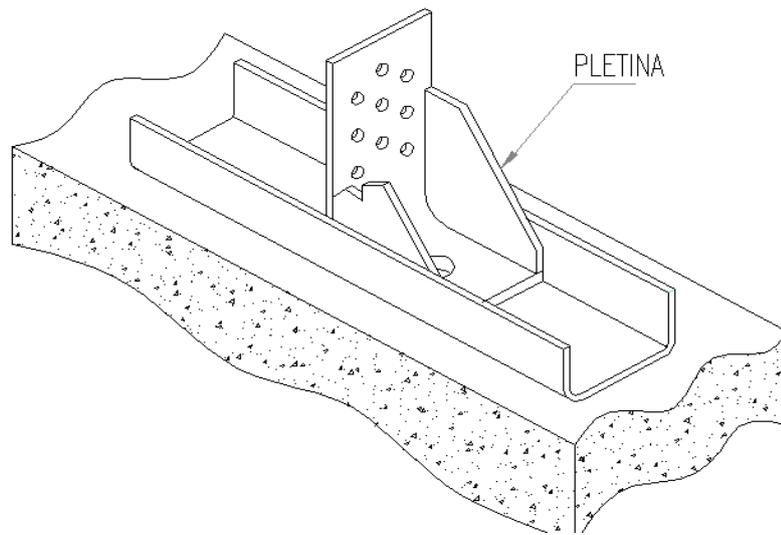


Figura 3.6. Anclaje con conector tipo Simpson.



*Figura 3.7. Conector para anclaje (alternativo).*

### **3.4.- AISLACION**

Esta se instala en la misma forma que en un muro convencional de madera.

Los más utilizados por el sistema Metalcon son:

#### **3.4.1.- POLIESTIRENO EXPANDIDO:**

Tipo aislapol, se cortan las planchas de éste material de manera que queden semiapretadas entre los perfiles, así no es necesario ningún mecanismo adicional para sujetarlas.

#### **3.4.2.- LANA MINERAL O DE VIDRIO:**

Es instalada una vez que uno de los revestimientos ya esté instalada, de manera que sujete este material. Se puede instalar a presión o por corchetes.

### **3.5.- REVESTIMIENTOS**

#### **3.5.1.- REVESTIMIENTOS INTERIORES**

El sistema METALCON acepta los mismos revestimientos que un muro o tabiquería convencional de madera.

Los más utilizados son:

**a) Plancha de yeso cartón.**

Esta se atornilla a los perfiles usando tornillos autorroscantes Philip Fosfatados de #6, de 1 1/8" a 1 1/4", cada 15 cm. en cada perfil.

**b) Plancha de fibrocemento.**

Se atornilla igual que la volcánita, pero hay que tener en cuenta que los tornillos de este tipo de material pueda dejar parte de la cabeza a la vista, lo que complica el empastado posterior. Este caso se puede evitar colocando tornillos autotaladrantes rock-onn #8 x 1 1/4".

**c) Maderas tingladas o machihembradas.**

Al igual que los anteriores, se usan uno a dos tornillos por tabla.

**d) Estuco.**

Para darle un aspecto sólido, se puede estucar usando una malla con fieltro incorporado, tipo Malla/ Estuco Davis Wire. Sobre este material se aplica un estuco corriente de 2,5 cm. Esta malla va atornillada a cada perfil con tornillos

autorroscantes #8 x 1/2" galvanizados y sin ningún respaldo fuera de su propio papel fieltro.

### **3.5.2.- REVESTIMIENTOS EXTERIORES**

El sistema constructivo METALCON, acepta los mismos revestimientos exteriores que un tabique de madera.

Los más utilizados son:

#### **a) Planchas de fibrocemento.**

Estas van instaladas sobre un papel fieltro y un aislante de 10mm. Como mínimo para evitar el puente térmico. Se atornillan con tornillos galvanizados autotaladrantes #6 cada 15 cm.

#### **c) Vinyl siding.**

Este material se instala sobre una placa de OSB que va atornillada a los montantes con tornillos autotaladrantes de #8 o #6 cada 15 cm. Y un papel fieltro de #10 lb. Para impedir la filtración de humedad.

#### **c) Estuco.**

Al igual que el revestimiento interior de estuco, pero agregándole in mínimo de 10 mm. De poliestireno o una placa de OSB. Las terminaciones con este sistema de estucado son las mismas de un afinado liso o con terminación rústica.

**NOTA:** Debido a que el metal tiene una conectividad térmica mayor que la madera, es necesario evitar un puente térmico con algún material aislante tipo poliestireno o madera. De lo contrario en las zonas del país muy frías se podrían producir manchas delineando la silueta de los pies derechos.

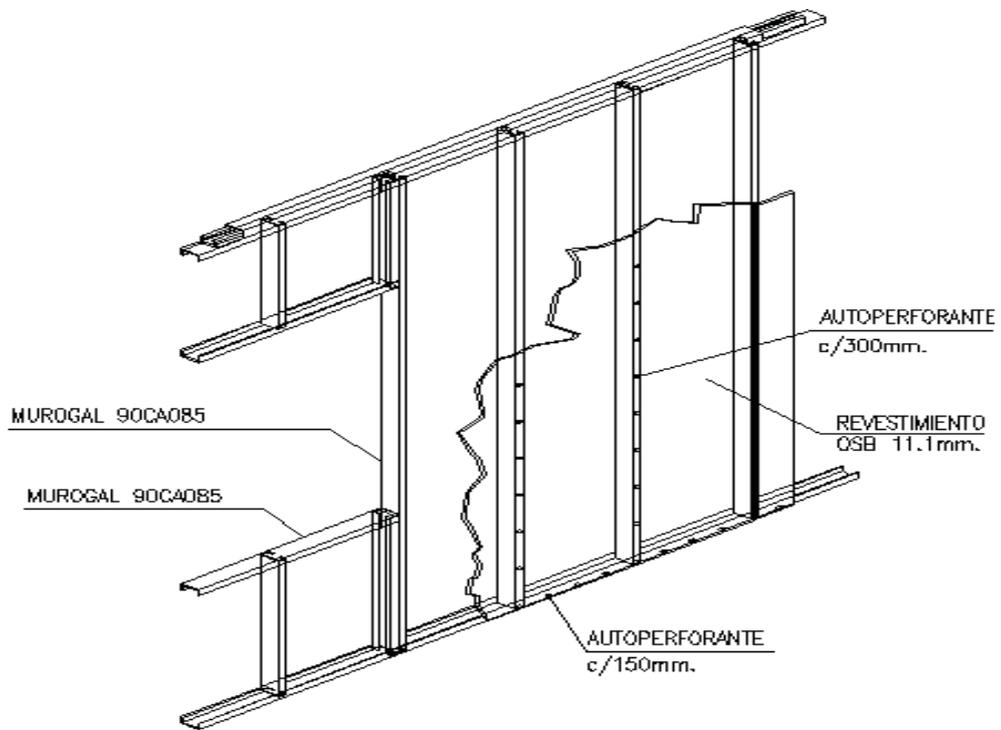


Figura 3.8. Construcción tipo de muro con perfiles de acero galvanizado.



*Figura 3.9. Muros perimetrales de una vivienda de acero galvanizado.*



*Figura 4.0. Muros interiores de una vivienda de acero galvanizado.*

## **CAPITULO IV: ENSAYO DE LABORATORIO**

### **4.1.- GENERALIDADES:**

En este capítulo se describirán los procedimientos efectuados para la fabricación de los tabiques que serán ensayados en el laboratorio, tomándose como referencia la norma Chilena Nch. 802 Of. 71 de ensayo de paneles sometidos a cargas horizontales.

### **4.2.- RESUMEN DEL MÉTODO**

El ensayo de laboratorio consiste en someter los paneles de tabiquería a la acción de cargas horizontales en su parte superior, las que se irán incrementando gradualmente hasta que los materiales alcancen un punto de rotura; para luego; sin medir deformaciones, elevar las cargas hasta la deformación de los mismos.

Con las lecturas de los ensayos se podrá obtener un gráfico con la relación carga-deformación, el cual permitirá determinar la carga de rotura alcanzada por cada tabique, la constante de rigidez lateral que alcanza cada uno de ellos en este punto; de igual modo se podrá detectar otros fenómenos que se puedan producir durante el ensayo, tales como: alabeo, daños locales o ruptura de los paneles estructurales.

Este ensayo pretende reproducir las condiciones reales de trabajo de un panel.

#### 4.3.- INSTRUMENTOS Y ACCESORIOS UTILIZADOS

Los instrumentos y accesorios se montarán siguiendo como pauta la norma Chilena NCh. 806 Of. 71, como se indica en la figura 4.1.

En el ensayo se utilizaron los siguientes equipos:

- **Pistón Hidráulico:** de doble efecto, con capacidad de carga 30 toneladas y funcionamiento mecánico por medio de una bomba hidráulica, marca Larsep.



Figura 4.2. Pistón hidráulico.

- **Celda y Medidor electrónico de carga:** Utilizada para medir la carga aplicada, con una capacidad máxima de 12 toneladas y una precisión de 5Kg.



Figura 4.3. Medidor electrónico de carga

- **Bomba Hidráulica:** sistema de bombeo que mueve el pistón de carga, cuenta con un regulador manual de la velocidad de carga que controla el paso del flujo de aceite hidráulico al interior de la bomba.



*Figura 4.4. Bomba hidráulica.*

- **Deformómetro:** instrumento utilizado para medir las deformaciones, está formado por un pistón metálico, el que al ser presionado mide la deformación producida en un dial graduado con precisión de mm.
- **Anclajes del tabique:** se utilizaron dos barras hiladas con tuerca de 3/8" anclados en la base de apoyo. Este sistema deberá restringir al mínimo todo posible levantamiento de la base del panel, para no dificultar la deformación longitudinal de éste.



*Figura 4.5. Anclaje del tabique.*

- **Sistema de puntales:** Se dispuso de dos puntales laterales para inmovilizar el panel e impedir que se produzca volcamiento e impida el desplazamiento lateral de la solera superior del panel durante el ensayo.



*Figura 4.6. Sistema de puntales.*

- **Tope:** El cual es colocado en el extremo inferior opuesto al costado de aplicación de la carga para evitar desplazamientos horizontales, el cual tiene una altura igual al ancho del panel.



*Figura 4.7. Tope del extremo inferior.*

#### **4.3.1.- PROBETAS.**

- Los ensayos serán efectuados sobre tabiques de similares características y de iguales dimensiones para los casos del uso de madera o metalcon.
- Antes de efectuar el ensayo se comprobará la rectitud de los paneles y la planeidad de sus caras, como se indica en NCh 806.
- Las probetas serán representativas del sistema constructivo a que pertenecen tanto en los materiales como en la forma constructivas para cada caso.

#### **4.3.2.- PROCEDIMIENTO DE ENSAYO.**

##### **a) Generalidades.**

- Acondicionamiento del laboratorio para ejecutar el ensayo, colocando en la base del suelo barras hiladas de 3/8" como sistema de anclaje.
- Fijar los tabiques a lo largo de su base, siendo apernados con tuercas de 3/8" al anclaje para impedir el levantamiento del extremo inferior de los

paneles.

- En el extremo inferior opuesto al costado de aplicación de la carga existirá una superficie de contacto o tope con la probeta, el cual será de madera y tendrá una altura igual al espesor del panel.
- Los tabiques poseerán un elemento rígido o apoyos laterales para impedir desplazamientos e impedir el pandeo al ser aplicadas las cargas.
- Se aplicará una carga horizontal en la dirección del largo del panel sobre una superficie de metal cuadrada medida desde el canto superior de la probeta.

**b) Observaciones.**

- Hacer las lecturas de las deformaciones.
- Hacer observaciones parciales en cada estado de carga para detectar las fallas locales, alabeos, desprendimientos, etc.
- Registrar la carga que produjo la rotura, la carga máxima observada y anotar las características de la falla.

**c) Aplicación de las cargas.**

- Aplicar una carga horizontal en la dirección del largo del panel sobre una superficie cuadrada medida desde el canto superior de la probeta.
- Aplicar las cargas por incrementos aproximadamente iguales con una tolerancia de  $\pm 10\%$  de la carga. Medir la deformación producida por cada incremento de carga. Elegir los incrementos de modo que permitan obtener un número suficiente de puntos para trazar la curva carga-deformación en forma precisa.
- Iniciar el ensayo con una pequeña carga o sin esta; de ser aplicada

una carga inicial, deberá ser registrada al igual la deformación que esta cause al panel. Llevar la carga al primer incremento y anotar la deformación. A continuación llevar la carga a la carga inicial o a cero, según corresponda, y registrar la deformación residual permanente observada. Aumentar la carga en dos incrementos anotándose la deformación y nuevamente volver al estado inicial; registrar la deformación residual observada.

- Cuando a juicio del laboratorio las deformaciones indiquen que el panel se aproxima a su límite de fluencia, abandonar la secuencia descrita en el paso anterior y retirar los instrumentos de medición y llevar la carga hasta la rotura, carga máxima o hasta que el panel se haya deformado 10 cm.

**d) Expresión de resultados.**

- Cálculo de la deformación
- Para cada dial indicador u otro aparato de medición, calcular el desplazamiento como la diferencia entre la lectura cuando la carga está aplicada y la lectura inicial.
- Calcular la deformación horizontal y la deformación horizontal residual permanente del panel como la lectura del dial del extremo superior opuesto al costado de aplicación de la carga menos la suma de las lecturas de los otros dos.
- Comentario informativo.

El método de ensayo descrito en esta norma servirá también como método de ensayo para el empotramiento de paneles siempre que se suprima el sistema de anclaje especificado en el punto de dicha norma, y se lo reemplace por el sistema de anclaje del panel en servicio.

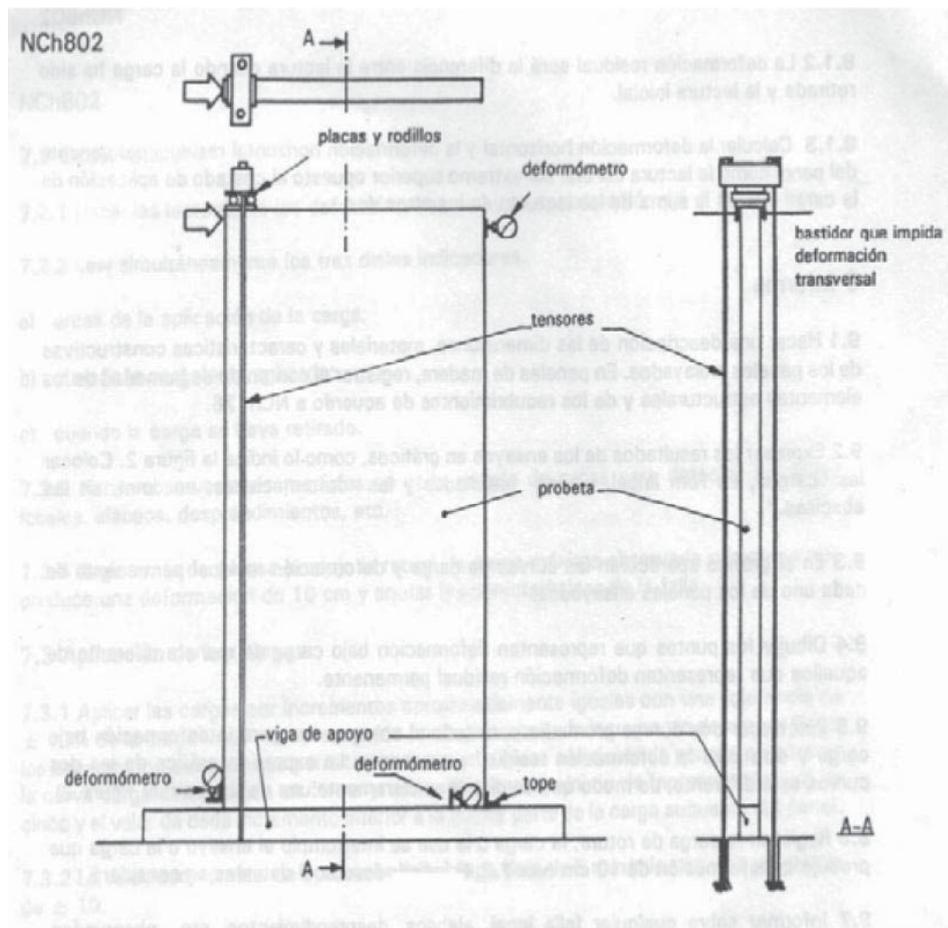


Figura 4.1. Método de ensayo según lo dispuesto en la Nch. 806.

#### **4.4.- MATERIALES Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS EN LA CONFECCIÓN DE LOS TABIQUES.**

##### **4.4.1. TABIQUE METALCON**

- Perfiles: Para el tabique se utilizaron perfiles de acero estructural galvanizado de bajo espesor de alta resistencia ASTM 653-94 Grado 40 fabricados por Cintac S.A. Los cuales tienen las siguientes características geométricas.

Perfil	Alma [mm]	Ala [mm]	Atiesador [mm]	Espesor [mm]
90CA0.85	90	38	12	0,85
92C0.85	92	30	-	0.85

- Tornillos: Los tornillos a utilizar en la unión de las piezas fueron tornillos autoperforantes #8x3/4" punta 3, Cabeza Hexagonal. Para el revestimiento se utilizaron tornillos autoperforantes #8x1 1/4" puestos a 40 cm. De separación.
- Revestimiento: El tabique será revestido con planchas de OSB de 9,5 mm de espesor por ambos lados, la cual será atornillada cada 40 cm. A la estructura.
- Esmiril Angular 4 1/2": Utilizado para realizar los cortes de los perfiles y pulir los cantos de los perfiles.
- Atornillador eléctrico: con embrague automático y punta magnetizada, su velocidad no debe superar las 2500 RPM, ya que una mayor velocidad quema la punta antes de perforar.
- Huinchas de medir, nivel y plomada.
- Anteojos protectores de seguridad y guantes.

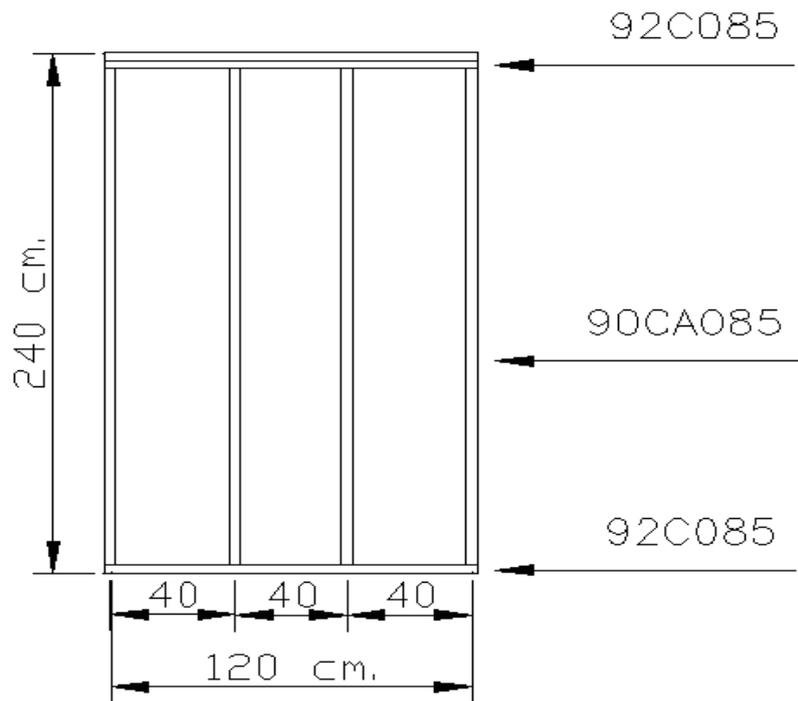


Figura 4.2. Confección de tabique con metalcon.

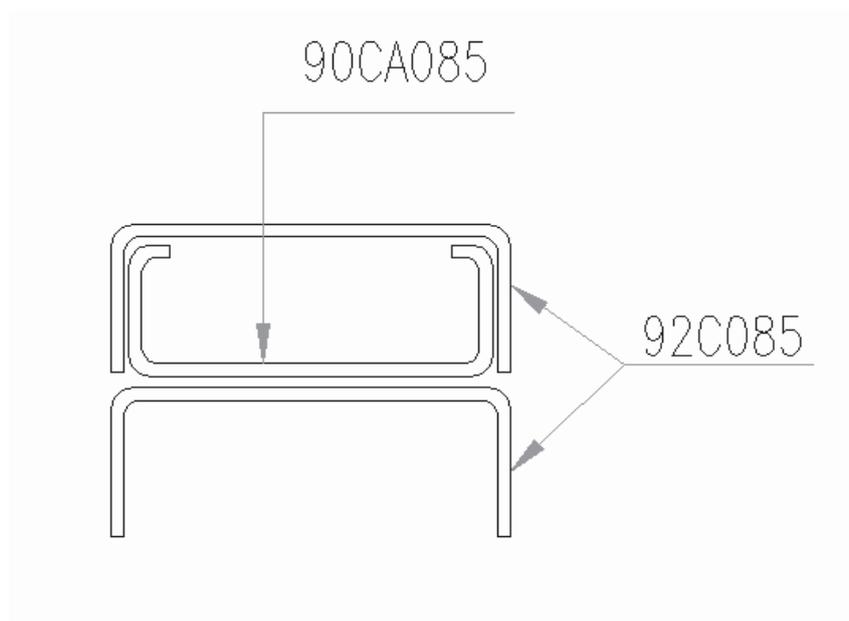


Figura 4.3. Detalle de solera superior del tabique.

#### 4.4.2. TABIQUE DE MADERA

- Estructura: Esta estará compuesta por piezas de madera de pino seco bruto de 2X3". Los pié derecho serán ubicados a 60 cm. de separación, las cadenetras a 57,5 cm. aprox. Como lo ilustra la fig.4.4.
- Uniones: El tabique será unido en todas sus piezas por clavos corrientes de 4". Y para el revestimiento serán utilizados clavos vulcanita de 1 ½" los que serán espaciados cada 40 cm.
- Revestimiento: Para revestir el tabique de madera por ambos lados se utilizarán planchas de OSB de 9,5 mm.
- Huinchas de medir, nivel y plomada.
- Anteojos protectores de seguridad y guantes.

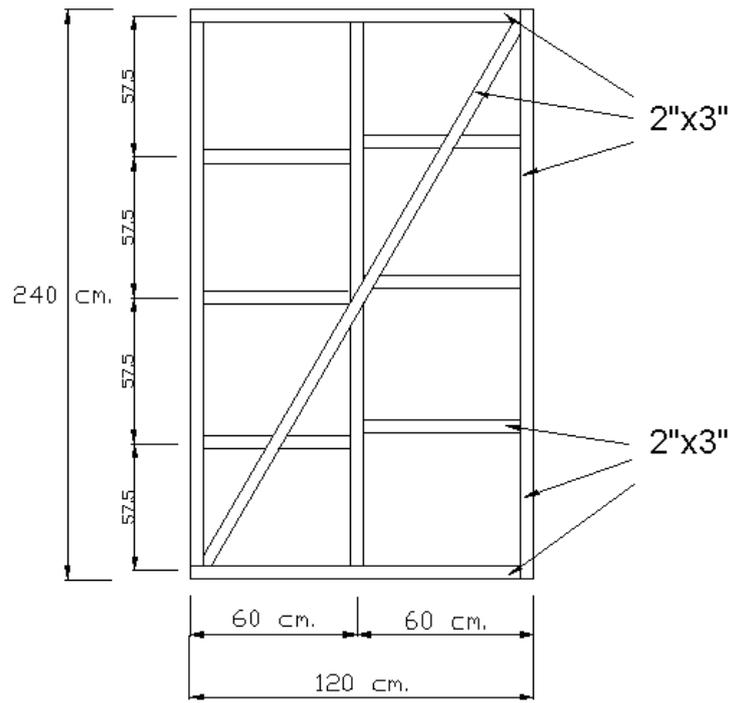


Figura 4.4. Confección de tabique de madera.

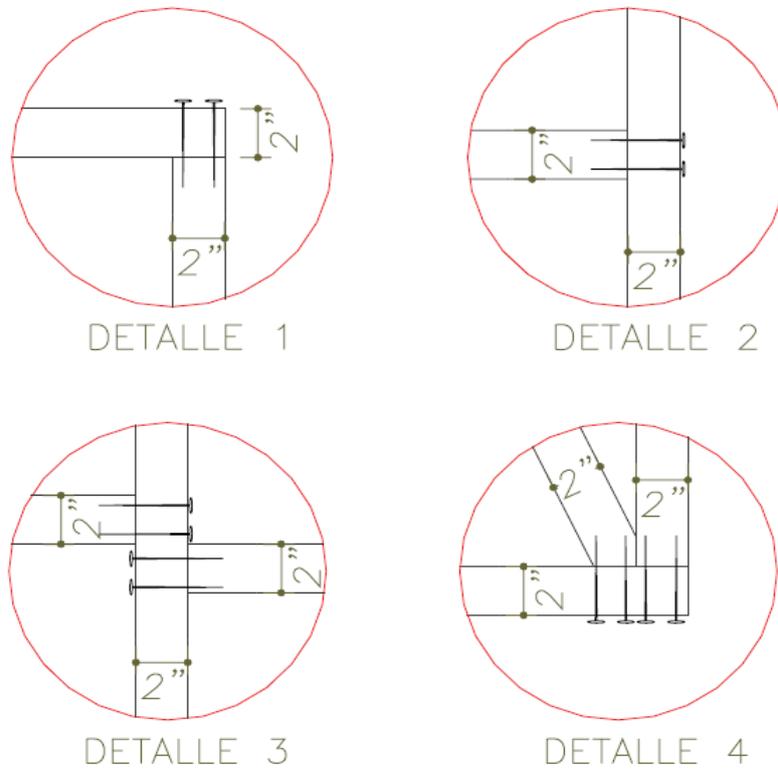


Figura 4.5. Detalles de las uniones del tabique de madera.

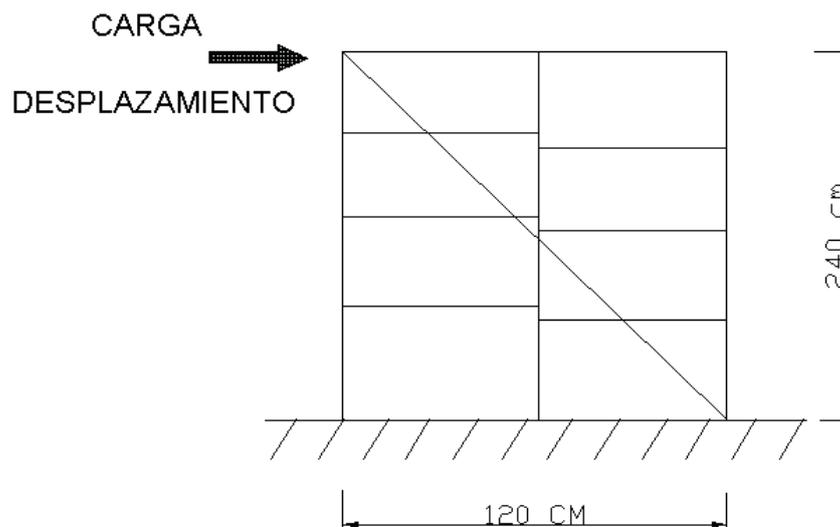
## **CAPITULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS**

### **5.1. GENERALIDADES**

El objetivo del ensayo es evaluar la capacidad de cada panel como elemento estructural al ser expuesto a cargas horizontales en su propio plano.

Los muros fueron ensayados en el Laboratorio Lemco en condiciones reales; anclando y reforzando las caras de modo de evitar algún tipo de pandeo o volcamiento de los mismos.

### **5.2. RESULTADO DEL ENSAYO PARA EL TABIQUE DE MADERA.**



*Figura 4.6. Esquema de la aplicación de las cargas en el tabique de madera, de escuadría de 2x3" de pino bruto, revestido con planchas de Osb por ambos lados.*

<b>ENSAYO</b>	<b>N° 1</b>
<b>CARGA (Kgf)</b>	<b>DESPLAZAMIENTO (cm.)</b>
0	0,0
300	0,2
700	0,3
1000	0,4
1300	0,6
1500	0,7
1700	0,8
1800	0,9
2000	1,1
2200	1,2
2300	1,9
2500	2,2
2700	2,9

<b>ENSAYO</b>	<b>N° 2</b>
<b>CARGA (Kgf)</b>	<b>DESPLAZAMIENTO (cm.)</b>
0	0,0
300	0,3
700	0,4
1100	0,7
1400	0,8
1600	0,9
1800	1,1
2000	1,2
2200	1,4
2300	1,7
2500	2,0
2700	2,7

ENSAYO	N° 3
CARGA (Kgf)	DESPLAZAMIENTO (cm.)
0	0,0
300	0,2
600	0,4
900	0,6
1200	0,7
1500	0,9
1700	1,0
1800	1,1
2000	1,3
2200	1,3
2300	1,8
2500	2,1
2700	2,8

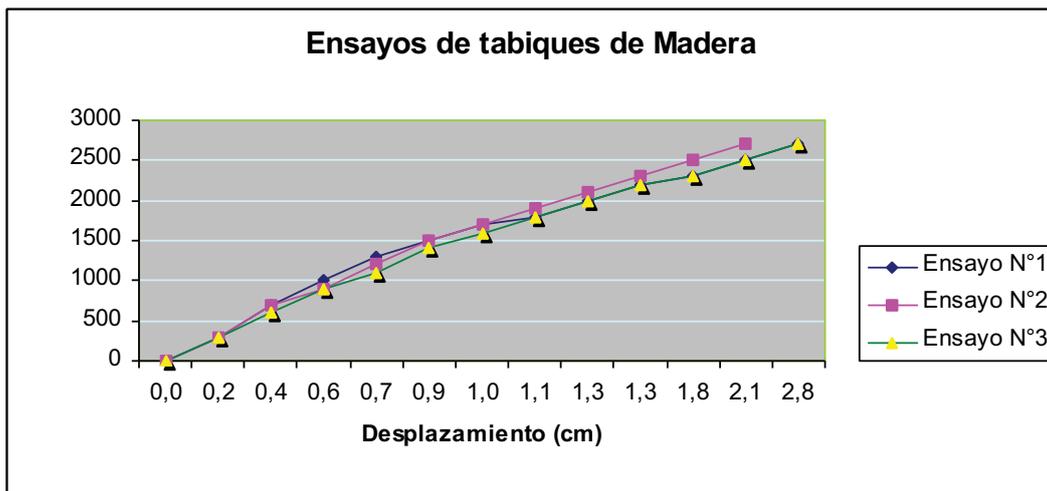


Figura 4.7. Gráfico carga v/s desplazamiento para el tabique de madera.

#### Observaciones:

- En el primer ensayo se aplicaron las cargas de manera regular sin que el muro alcance el punto de rotura.
- En el segundo ensayo se aplicaron las cargas luego de ser descomprimidas las cargas aplicadas al primer ensayo sin que el muro alcance el punto de rotura

- En el tercer ensayo se aplicaron las cargas luego de ser descomprimidas las cargas aplicadas del segundo ensayo, aumentando las cargas hasta que el muro alcance el punto de rotura.
- La carga de rotura del tabique se presenta a los 3300 Kgf, una deformación horizontal de 3.2 cm. Produciéndose un levantamiento final del tabique de 7.5 cm.
- El levantamiento se produce al desclavarse el pie derecho con la solera.



*Figura 4.8. Deformación obtenida en la parte inferior del tabique luego de ser aplicada la última carga. (Vista frontal del tabique).*

#### **5.2.1.- DETERMINACIÓN DE LA RIGIDÉZ LATERAL PARA EL MURO DE MADERA.**

La rigidez lateral para el muro de madera en cada ensayo fue calculada luego de haber efectuado un ajuste lineal a cada curva del gráfico, arrojando como resultado la ecuación de la recta para cada caso particular.

a) Ecuación para la curva del ensayo N° 1

$$Y1 = 213,7X + 42,3$$

Cálculo de la constante de rigidez para el muro en el ensayo N°1:

$$K = \frac{213.7 \times 1}{1000}$$

$$K = 0.21 \text{ (ton/cm.)}$$

b) Ecuación para la curva del ensayo N° 2

$$Y2 = 215,3X - 84,85$$

Cálculo de la constante de rigidez para el muro en el ensayo N°2:

$$K = \frac{215.3 \times 1}{1000}$$

$$K = 0.22 \text{ (ton/cm.)}$$

c) Ecuación para la curva del ensayo N° 3

$$Y3 = 220,33X - 50$$

Cálculo de la constante de rigidez para el muro:

$$K = \frac{220.3 \times 1}{1000}$$

$$K = 0.22 \text{ (ton/cm.)}$$

### 5.3. RESULTADO DEL ENSAYO PARA EL TABIQUE DE METALCON.

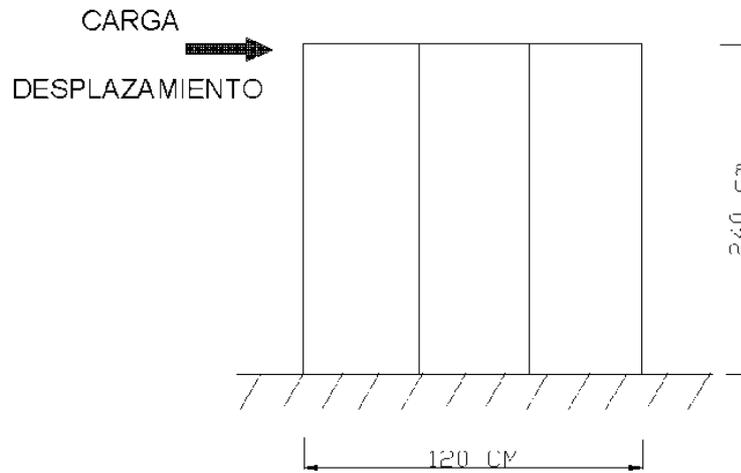


Figura 4.9. Esquema de la aplicación de las cargas en el tabique de metalcon, revestido con planchas de Osb por ambos lados.

<b>ENSAYO</b>	<b>N° 1</b>
CARGA (Kgf)	DESPLAZAMIENTO (cm.)
0	0,0
400	0,4
600	0,6
800	0,7
1100	1,4
1300	1,6
1600	2,2
1800	3,3
2100	3,4
2300	3,6
2400	4,1

<b>ENSAYO</b>	<b>N° 2</b>
CARGA (Kgf)	DESPLAZAMIENTO (cm.)
0	0,0
300	0,3
600	0,6
800	0,9
1100	1,2
1300	1,6
1600	2,0
1800	2,8
2000	3,3
2100	3,6
2300	3,9

<b>ENSAYO</b>	<b>N° 3</b>
CARGA (Kgf)	DESPLAZAMIENTO (cm.)
0	0,0
400	0,5
600	0,7
900	1,1
1200	1,4
1400	1,9
1600	2,2
1800	3,0
2000	3,3
2200	3,6
2400	3,8

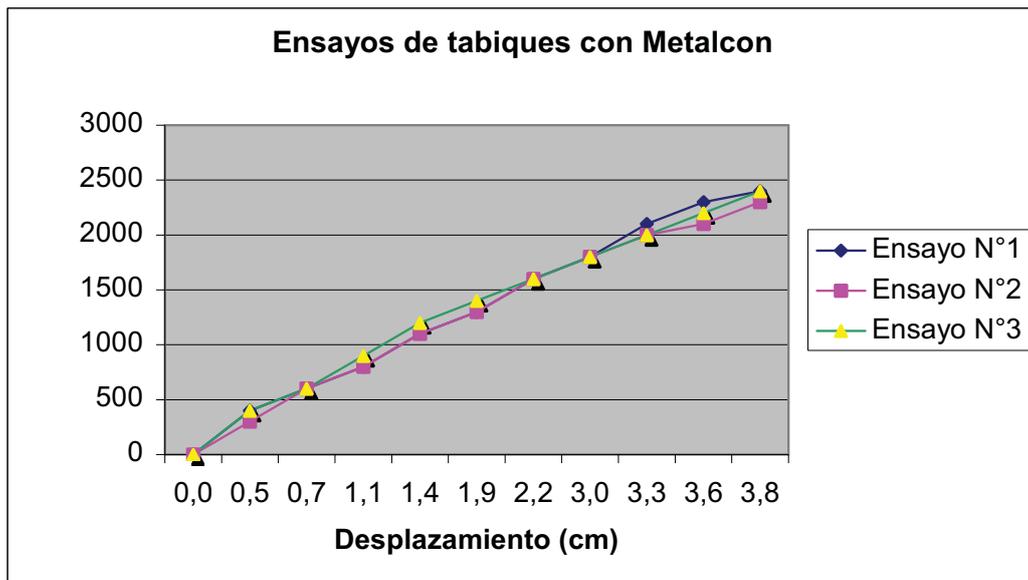


Figura 5.0. Gráfico carga v/s desplazamiento para el tabique de metalcon.

#### Observaciones:

- En este ensayo se aplicaron las cargas de manera regular sin que el muro alcance el punto de rotura.
- En este ensayo se aplicaron las cargas luego de ser descomprimidas las cargas aplicadas al primer ensayo sin que el muro alcance el punto de rotura.
- En este ensayo se aplicaron las cargas luego de ser descomprimidas las cargas aplicadas del segundo ensayo, aumentando las cargas hasta que el muro alcance el punto de rotura.
- La carga de rotura del tabique se presenta a los 2800 Kgf, una deformación horizontal de 4.3 cm. Produciéndose un levantamiento final del tabique de 2.6 cm.
- La falla del tabique se ubica en el punto de anclaje.



*Figura 5.1. Deformación obtenida en la solera inferior del tabique luego de ser aplicada la última carga.*



*Figura 5.2. Vista frontal del panel en su parte inferior.*

### 5.3.1.- DETERMINACIÓN DE LA RIGIDÉZ LATERAL PARA EL MURO DE METALCON.

La rigidez lateral para el muro de Metalcon en cada ensayo fue calculada luego de haber efectuado un ajuste lineal a cada curva del gráfico, arrojando como resultado la ecuación de la recta para cada caso particular.

a) Ecuación para la curva del ensayo N° 1

$$Y1 = 241,8X - 141,8$$

Cálculo de la constante de rigidez para el muro en el ensayo N°1:

$$K = \frac{241,8 \times 1}{1000}$$

$$K = 0,24 \text{ (ton/cm.)}$$

b) Ecuación para la curva del ensayo N° 2

$$Y2 = 230,9X - 121,8$$

Cálculo de la constante de rigidez para el muro en el ensayo N°2:

$$K = \frac{230,9 \times 1}{1000}$$

$$K = 0,23 \text{ (ton/cm.)}$$

c) Ecuación para la curva del ensayo N° 3

$$Y3 = 232,7X - 78,2$$

Cálculo de la constante de rigidez para el muro:

$$K = \frac{232,7 \times 1}{1000}$$

$$K = 0,23 \text{ (ton/cm.)}$$

## **CAPITULO VI: ANÁLISIS DE COSTOS UNITARIOS**

### **6.1. GENERALIDADES**

En este capítulo se darán a conocer los costos unitarios, finales y la utilización de materiales en la confección final de cada tabique.

### **6.2. MURO DE MADERA**

Confeccionado con madera de pino bruto de 2"x3", formando un muro de 1.20 X 2.40 m. Revestido con Osb por ambos lados.

<b>Especificaciones</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>\$ Unit. C/IVA</b>	<b>\$ Total</b>
<b>Materiales</b>				
Pino 2" X 3" Bruto Seco	Pzas.	9	1.312	11.808
Panel Osb E= 9.5 mm.	Uni.	2	6.490	12.980
Clavos 4"	Kg.	0,4	1.390	556
Clavos 1 1/2" Volcanita	Kg.	0,06	1.492	90
<b>Mano De Obra</b>				
Carpintero	D/S	0,15	12.416	1.862
Desgaste Herramientas	%	5	575	29
<b>Costo Total del Panel</b>				<b>\$27.325,-</b>

### 6.3. MURO DE METALCON

Confeccionado con perfiles murogal y canal de 0.85 mm. De espesor, formando un muro de 1.20 X 2.40 m. Revestido con Osb por ambos lados.

<b>Especificaciones</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>\$ Unit. C/IVA</b>	<b>\$ Total</b>
<b>Materiales</b>				
Perfil 90CA0.85	Uni.	4.5	4.936	22.212
Perfil 90C0.85	Uni.	1	4.623	4.623
Panel Osb E= 9.5 mm.	Uni.	2	6.490	12.980
Tornillos autotaladrantes 3/8"	Uni.	30	16	480
Tornillos autotaladrantes 11/2"	Uni.	60	18	1,080
<b>Mano De Obra</b>				
Carpintero	D/S	0,13	12.416	1.614
Desgaste Herramientas	%	5	575	29
<b>Costo Total del Panel</b>				<b>\$ 43.028.-</b>

#### 6.4. CUALIDADES DEL PRODUCTO METALCON.

- **Calidad:** Los elementos de pisos, muros y cerchas del sistema Metalcon son dimensionalmente rectos; por lo que no se deforman con el paso del tiempo, permaneciendo siempre rectos y que a diferencia de otros materiales, no se tuercen ni deforman con los cambios climáticos o de humedad, lo que disminuye probabilidades de deterioros.
- **Duración:** Manteniendo una correcta instalación de los perfiles de Metalcon, se puede asegurar un comportamiento muy estable y predecible en el tiempo, permitiendo que una construcción tenga una larga vida útil.
- **Costos:** La construcción de tabiquerías con Metalcon implica una menor cantidad de piezas ya que se obvia la colocación de diagonales y cadenas como lo es para la construcción de tabiquería tradicional de madera; implicando a su vez, una menor pérdida de material, la que es del orden del 2%, además, por ser este un sistema compuesto de elementos livianos, requiere de menos elementos en las fundaciones; implicando un ahorro en la adquisición de materiales.
- **Velocidad:** Facilita el diseño, permitiendo a la vez construir todos los componentes estructurales de una vivienda, dando una solución rápida, limpia y económica de alta calidad, lo que se refleja en un ahorro en el tiempo de trabajo.
- **Inmune a plagas:** El sistema Metalcon, al pertenecer a la familia de los aceros, no es afectado por termitas ni plagas en general, por lo que la estructura no será dañada por este tipo de agentes.
- **Terminaciones:** Permite todo tipo de terminaciones o acabados, facilitando el trabajo de pinturas, texturas, afinados o empapelados sobre superficies planas.

## **CAPITULO VII: CONCLUSIONES**

De acuerdo con los antecedentes recopilados, se puede concluir lo siguiente:

- Al observar los gráficos se puede concluir que el tabique de metalcon y el de madera presentan un comportamiento lineal elástico dentro de los rangos de aplicación de las cargas.
- Con los datos pesquisados de los ensayos, se puede concluir que para un mismo nivel de deformación, el muro confeccionado con Madera presenta una mayor resistencia a la aplicación de carga horizontal.
- Con las cargas de rotura correspondientes a cada tabique, se pudo estimar el coeficiente de rigidez lateral de cada muro, concluyendo con este dato, que el coeficiente de rigidez final para el muro de madera es mayor que para el caso del muro de Metalcon. Demostrándose así que el muro confeccionado con Madera aporta una mayor rigidez como elemento estructural.
- La falla que se obtuvo en el muro de madera, al desclavarse las piezas de unión, se podría haber reducido si se hubiera aumentado la cantidad de clavos en las uniones, o bien se le hubieran adherido conectores metálicos en las esquinas inferiores.
- Para el caso del tabique de Metalcon, se podría reforzar la solera inferior, compuesta por el perfil canal para aumentar la capacidad de carga horizontal en el muro, ubicando en su interior una pieza de madera de 2X2, corrigiendo a su vez así, el modo de falla que presentó en la zona de anclaje (figuras 5.1; 5.2) o en su defecto, se podría reforzar los extremos inferiores del muro con conectores metálicos de acero galvanizado, ambas soluciones vistas en visitas a terreno y que son utilizadas dependiendo de los cálculos y dimensiones de cada proyecto.

- De acuerdo al análisis de costos; se puede concluir que construir con madera resulta al rededor de un 43% más económico que hacerlo con metalcon, con respecto a la adquisición de materiales; pero que para el caso de proyectos habitacionales masivos, resulta más conveniente construir con Metalcon, ya que éste permite abaratar costos en mano de obra, pérdidas de material y permite realizar en menor cantidad de tiempo los mismos, haciéndolo más rentable para las empresas a largo plazo.

## **CAPITULO VIII: BIBLIOGRAFÍA**

- (1) CARVALLO, V; PEREZ, V. 1997. Manual de Construcción en Madera. 2 ed. Santiago, Chile, edición Inst. Forestal, Corporación de fomento de la producción. 555 p.
- (2) INSTITUTO Nacional de Normalización. Madera - Terminología General. Nch 173: Of.73. Santiago, Chile, 1977.
- (3) INSTITUTO Nacional de Normalización. Arquitectura y Construcción, Esfuerzo de carga Horizontal. Nch 802: Of.71. Santiago, Chile.
- (4) INSTITUTO Nacional de Normalización. Arquitectura y Construcción, Paneles prefabricados. Nch 806: Of.71. Santiago, Chile.
- (5) INSTITUTO Nacional de Normalización. Madera – Construcciones en Madera, calculo. Nch 1198: Of.91. Santiago, Chile, 1977.
- (6) GUZMAN, E. 1990. Curso Elemental de Edificación. 2 ed. Santiago, Chile, publicación de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Chile. 345 p.
- (7) AISI (American Iron and Steel Institute),(2001),” Standard for Cold-Formed Steel Framing – General Provisions ” , Washinton, D.C.
- (8) Cintac, (1999),” Manual de Construcción con Acero Galvanizado Liviano Metalcon“, Cintac S.A., Santiago, Chile.

### Internet:

*SITIO corma.cl [en línea]: En español, Ver. Manual de la construcción.*

*Disponible en:*

<<http://www.corma.cl/portal/>>