

**706358**  
INFORME N° .....

**ENSAYOS ESTRUCTURALES  
ANDAMIOS ADIMAC.**

Para  
**ADIMAC LTDA.**

Por  
**DICTUC S.A.**

**Laboratorio de Ingeniería Estructural**

Santiago, 31 de Julio de 2007

INDICE

1. INTRODUCCION.....	3
2. ANTECEDENTES.....	3
2.1. Tablones metálicos.....	4
2.2. Marco transversal.....	4
3. ENSAYOS REALIZADOS Y RESULTADOS OBTENIDOS.....	5
3.1. Ensayo de flexión de tablones metálicos.....	5
3.2. Ensayo de carga vertical en pie derecho de marco transversal.....	6
3.3. Ensayo de carga vertical en travesaño de marcos transversales.....	7
4. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES.....	9
ANEXO A: Figuras.....	11
ANEXO B: Fotografías.....	18
ANEXO C: Gráficos.....	21

**INFORME N° .....**

**SOLICITANTE** : **ADIMAC LTDA.**  
**RUT** : 78.598.390-4  
**DIRECCION** : Los Ceramistas 8797, Parque Intercomunal, La Reina,  
**FONO** : 273-0159; 273-0503.  
**ATENCION** : Sr. Gerardo Yáñez.  
**TRABAJO SOLICITADO** : Pruebas estructurales varias de Andamios ADIMAC.

**1. INTRODUCCION**

El presente informe da a conocer los resultados obtenidos de ensayos realizados a un tipo de andamio metálico, denominado en este documento como andamio ADIMAC. En el presente documento se informan ensayos de flexión realizados a tablonces, ensayos de carga vertical a pies derechos del marco transversal y ensayos de flexión a travesaño de marco transversal.

Los ensayos fueron realizados a petición del señor Gerardo Yáñez en representación de Adimac, y se realizaron en las dependencias del Laboratorio de Ingeniería Estructural de DICTUC S.A., filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

El informe se divide en: Antecedentes, Ensayos realizados y Resultados obtenidos, Conclusiones y Observaciones.

**2. ANTECEDENTES.**

A continuación se presentan algunos de los antecedentes relevantes proporcionados por el mandante en relación a los andamios ensayados, donde se describen someramente las características geométricas y mecánicas de los componentes principales de dichos andamios. Algunas de las dimensiones de los elementos que conforman el andamio fueron verificadas en el laboratorio.

En general, los andamios están conformados por marcos transversales metálicos de sección tubular con conexión de momento unidos entre sí por diagonales y tablonces dispuestos longitudinalmente en el andamio. Los tubos que conforman los pies derechos de los marcos poseen diferente diámetro en uno de sus extremos con el objeto de unirse en vertical con un siguiente marco y de esta forma disponer de varios cuerpos en su altura.

Cabe señalar que no se realizaron ensayos específicos a las soldaduras, sin embargo, no se presentó ningún comportamiento o falla que diera origen a algún comentario pertinente en el presente informe.

Con el objeto de identificar cada una de las probetas ensayadas en cada uno de los ensayos, en la Figura 1 del Anexo A, se presenta la nomenclatura utilizada en el presente informe.

## 2.1. Tablones metálicos.

Se sometieron a ensayo dos tablones metálicos de sección canal CA. Los apoyos de los tablones consisten en dos ganchos por cada extremo del tablón, tal como se puede observar en la Figura 2.

La sección de los tablones está conformada por un perfil canal de 245mm de alma, alas de 15mm y espesor 2mm. A su vez, las alas están rigidizadas mediante atiesadores soldados de 24mm de ancho y espesor 3mm. Más características geométricas de los tablones se pueden apreciar en la Figura 2.

En cada extremo del tablón lleva soldadas a las alas, 2 placas metálicas por un perfil de canal (orejas) de 57x60x5mm las cuales sirven para fijar horizontalmente el tablón al marco transversal. Más detalles de las placas metálicas se pueden apreciar en la Figura 2

En la Tabla 2.1.1 que se presenta a continuación, se muestran algunas características de los tablones que fueron sometidos al ensayo de flexión simple.

**Tabla 2.1.1.**  
**Propiedades de los tablones sometidos al ensayo de flexión simple**

Probeta	Largo (mm)	Ancho (mm)	Alto (mm)	Espesor (mm)	Peso (kg)
AD-FT-01	2350	245	50	2.0	13.4
AD-FT-02	2350	245	50	2.0	13.4

## 2.2. Marco transversal.

Los marcos están compuestos por dos tubos metálicos verticales (pies derechos) de 42mm de diámetro exterior, 2mm de espesor y 2000mm de altura, unidos en la parte superior por dos travesaños de sección circular con diámetro exterior de 26mm y 22mm a 1904 y 1494mm de altura respectivamente. En la parte superior de los pies derechos, existen pivotes de 100mm de largo con diámetro exterior de 34mm y espesor de 2mm, que permiten la colocación de otros cuerpos andamios en altura.

En la parte inferior, los pies derechos están unidos por un travesaño con diámetro exterior de 26mm, ubicado a 220mm de altura.

De forma paralela a uno de los pies derechos, se disponen entre los travesaños superiores dos tubos con diámetro exterior de 22mm, dejando tres espacios de aproximadamente 320mm entre ellos. Uno de estos dos tubos se extiende hasta conectarse con el tubo horizontal dispuesto en la parte inferior del marco. Entre este tubo y el pie derecho más cercano, se disponen dos tubos con diámetro exterior 22mm aproximadamente equi-espaciados en vertical a 420mm formando una especie de escalera.

La Figura 3 muestra un esquema de las dimensiones nominales de los marcos metálicos.

En la Tabla 2.2.1 que se presenta a continuación, se muestran algunas características de los marcos metálicos transversales que componen el andamio ADIMAC estudiado.

**Tabla 2.2.1.**  
**Propiedades de los marcos metálicos transversales**

Probeta	Ancho total (mm)	Alto total (mm)	Espesor de pie derecho (mm)	Peso (kg)
AD-VT-01	1200	2000	2.0	15.0
AD-VT-02	1200	2000	2.0	15.0
AD-VPD-01	1200	2000	2.0	15.0
AD-VPD-02	1200	2000	2.0	15.0

### 3. ENSAYOS REALIZADOS Y RESULTADOS OBTENIDOS.

Se realizaron los siguientes ensayos de los elementos que componen el andamio metálico en estudio.

#### 3.1. Ensayo de flexión de tablonces metálicos.

Los tablonces se apoyaron en sus extremos, reproduciendo la forma de montaje que se usa habitualmente en el andamio. En la Fotografía 1 del Anexo B se aprecia una vista general del montaje de los tablonces metálicos para el ensayo de flexión simple, mientras que en la Fotografía 2 se ve un detalle de este apoyo.

En los ensayos de tablonces metálicos, la carga fue aplicada en los cuartos de la luz libre mediante dos gatos hidráulicos de 5ton cada uno apoyados en piezas de madera que aseguran una distribución adecuada de la carga.

El ensayo se realizó hasta alcanzar una rigidez de la probeta cercana a cero (incremento de deformación sin incremento significativo de carga) o el colapso del tablón. Las deformaciones se midieron mediante tres transductores: uno al centro de la probeta y uno en cada apoyo de la probeta, de manera de registrar cualquier posible asentamiento de los apoyos. El esquema del ensayo de las probetas sometidas a flexión simple se muestra en la Figura 5.

Durante el ensayo se registraron los datos obtenidos (carga por gato y deformaciones) mediante un equipo de adquisición de datos de origen japonés marca TML, modelo TDS-302. La Fotografía 3 muestra la deformación bajo carga máxima de uno de los tablonces ensayados. Para acomodar las piezas bajo estudio, se realizó un ciclo de carga-descarga al 20% aproximadamente de la carga máxima esperada.

Una vez finalizado el ensayo de flexión simple, se procedió a dibujar las curvas carga aplicada por gato en kilogramos-fuerzas versus deformación al centro del tablón menos la deformación promedio registrada en los apoyos. Los Gráficos 1 y 2 del Anexo C muestran las curvas obtenidas para cada ensayo.

A continuación se muestra la Tabla 3.1.1, donde aparece un resumen de los resultados obtenidos del ensayo de flexión simple. En dicha tabla se presenta además la rigidez secante determinada con el criterio del 40% de la carga máxima.

**Tabla 3.1.1.**  
**Resultados de los ensayos de flexión simple de tablonés metálicos.**

Probeta	Distancia entre apoyos (mm)	Carga máxima por gato (kgf)	Carga máxima total (suma de ambos gatos) (kgf)	Deformación asociada al 40% de carga máxima (mm)	Rigidez asociada al 40% de la carga máxima (suma de ambos gatos) (kgf/mm)
AD-FT-01	2350	440	880	14.6	24.2
AD-FT-02	2350	412	824	13.8	23.9
<b>Promedio</b>	-	<b>426</b>	<b>852</b>	<b>14.2</b>	<b>24.1</b>

Los tablonés fallaron por pandeo local de la zona comprimida por flexión, sin que se observaran problemas en las zonas extremas de apoyo. Además se observó deformación residual luego de finalizado el ensayo, tal como se muestra en la Fotografía 4.

### **3.2. Ensayo de carga vertical en pie derecho de marco transversal.**

Los pies derechos de los marcos transversales fueron ensayados formando parte de sus respectivos marcos metálicos, tal como son utilizados. En la parte superior del pie derecho, donde se presenta el angostamiento y donde se aplicó la carga, se adicionó un tramo de perfil metálico que representa el apoyo del pie derecho del andamio del siguiente nivel. En ambos extremos del pie derecho la condición de vinculación correspondió a un rótula (libre de girar).

La carga fue aplicada utilizando la prensa Amsler, que posee una capacidad de 200 toneladas con precisión de  $\pm 1\%$  y que es capaz de controlar la velocidad de aplicación de la carga. Se colocaron cuatro transductores (LVDT) para medir las deformaciones de la siguiente forma: dos transductores a ambos lados de la altura del pie derecho, midiendo la deformación vertical y dos transductores horizontales situados en la mitad de la altura, para medir la deformación del pie derecho según dos direcciones horizontales y ortogonales entre sí (pandeo). En la Fotografía 8 se muestra la condición de apoyo superior y los transductores instalados para medir la deformación vertical de la probeta.

Los datos de deformación obtenidos se registraron mediante un equipo de adquisición de datos de origen japonés marca TML, modelo TDS-302. El esquema del ensayo de carga vertical a los pies derechos del andamio se muestra en la Figura 6.

El ensayo se realizó hasta obtener una rigidez de la probeta cercana a cero (incremento de deformación sin incremento significativo de carga) o el colapso del pie derecho. En las Fotografías 10 y 11 se aprecia una de las probetas una vez finalizado el ensayo. Durante cada ensayo se realizó un ciclo de carga-descarga para acomodar las piezas.

Una vez terminados los ensayos, se dibujaron las curvas carga aplicada en kilogramos-fuerzas versus deformación vertical y horizontal en milímetros. Los Gráficos 3 y 4 muestran las curvas obtenidas para cada ensayo.

La Tabla 3.2.1 muestra un resumen de los resultados obtenidos de los ensayos de carga vertical a pie derecho.

**Tabla 3.2.1.**  
**Resultados de los ensayos de compresión axial a pie derecho de andamio metálicos.**

Probeta	Carga máxima (kgf)	Deformación vertical total asociada a la carga máxima (mm)
AD-VPD-01	5500	4.5
AD-VPD-02	4620	4.1
<b>Promedio</b>	<b>5060</b>	<b>4.3</b>

Los pies derechos experimentaron una falla por pandeo, tal como se muestra en las Fotografía 10. En el caso de la probeta AD-VPD-02 se observó un salto del pie derecho, posterior a la carga máxima.

### **3.3. Ensayo de carga vertical en travesaño de marcos transversales.**

Para el ensayo de los marcos, cada uno se instaló con sus respectivas diagonales longitudinales y marco posterior, de manera de reproducir su estructura real al ser utilizados.

La carga fue aplicada sobre el punto central de la zona del travesaño horizontal superior del marco metálico con mayor distancia entre los apoyos, utilizando un gato de 5ton, reaccionando contra un marco rígido de hormigón armado.

El ensayo se realizó hasta obtener una rigidez de la probeta cercana a cero (incremento de deformación sin incremento significativo de carga) o el colapso del marco. La deformación vertical se midió mediante un transductor que se colocó bajo el punto de aplicación de la carga. El esquema del ensayo de los marcos sometidos a carga vertical se muestra en la Figura 7.

Los datos obtenidos (carga y deformación) durante el ensayo se registraron mediante un equipo de adquisición de datos de origen japonés marca TML, modelo TDS-302. En la Fotografía 11 se aprecia una vista del montaje de este ensayo. Durante cada ensayo se realizó un ciclo de carga-descarga al 10% aproximadamente de la carga máxima esperada.

Una vez terminados los ensayos, se dibujaron las curvas carga aplicada en kilogramos-fuerzas versus deformación vertical en milímetros. Los Gráficos 5 y 6 muestran las curvas obtenidas para cada ensayo.

La Tabla 3.3.1 muestra un resumen de resultados obtenidos en los ensayos de carga vertical en marcos metálicos.

**Tabla 3.3.1.**  
**Resultados de los ensayos de carga vertical de marcos metálicos.**

<b>Probeta</b>	<b>Distancia entre ejes de apoyos del travesaño (mm)</b>	<b>Carga máxima (kgf)</b>	<b>Deformación asociada a la carga máxima (mm)</b>	<b>Deformación asociada al 40% de la carga máxima (mm)</b>	<b>Rigidez asociada al 40% de la carga máxima (kgf/mm)</b>
AD-VT-01	560	891.0	30.9	3.3	107.8
AD-VT-02	560	881.3	32.4	3.7	96.0
<b>Promedio</b>	-	<b>886.2</b>	<b>31.7</b>	<b>3.5</b>	<b>101.9</b>

Los marcos experimentaron una deformación por flexión del travesaño superior, tal como se muestra en la Fotografía 12.

#### 4. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

A continuación se presenta un resumen ejecutivo con los resultados obtenidos de los ensayos.

De los ensayos de flexión simple a los tablonces metálicos con dos cargas puntuales a los cuartos de la luz:

- 6.1.- El valor promedio de la carga puntual individual máxima ubicada en los cuartos de la luz obtenido es:  
 $P_{\text{máx}} = 426\text{kgf}$
- 6.2.- El valor promedio de la carga total máxima obtenida como la suma de las máximas cargas puntuales individuales ubicadas en los cuartos de la luz es:  
 $P_{\text{Total máx}} = 852\text{kgf}$
- 6.3.- La carga uniformemente distribuida que provoca el mismo momento flector que  $P_{\text{máx}}$  es:  
 $q_{\text{máx}} = 1480\text{kgf/m}^2$ .  
 $q_{\text{máx}} = 363\text{kgf/m}$  de tablón metálico ensayado.
- 6.4.- Se sugiere una carga de trabajo equivalente uniformemente distribuida en el tablón, asociada a un factor de seguridad de 2.5:  
 $q_{\text{trabajo}} = 592\text{kgf/m}^2$ .  
 $q_{\text{trabajo}} = 145\text{kgf/m}$  de tablón metálico ensayado.
- 6.5.- El valor promedio de la rigidez asociada al 40% de la carga máxima observada es:  
 $k_{40\%} = 24.1\text{kgf/mm}$
- 

De los ensayos de carga vertical a pie derecho de marco metálico transversal de un nivel:

- 6.6.- El valor promedio de la carga centrada máxima obtenida es:  
 $P_{\text{máx}} = 5060\text{kgf}$ .
- 6.7.- Se sugiere una carga de trabajo asociada a un factor de seguridad 2.5:  
 $P_{\text{trabajo}} = 2024\text{kgf}$ .
-

De los ensayos de carga vertical a marcos metálicos de un nivel, con carga puntual en el travesaño:

6.8.- El valor promedio de la carga aplicada máxima obtenida es:

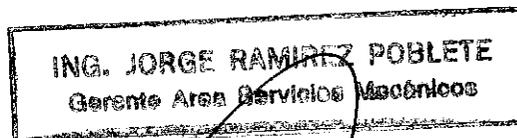
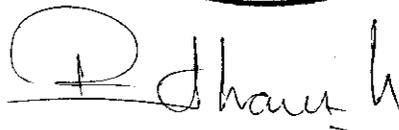
$$P_{\text{máx}} = 886.15\text{kgf.}$$

6.9.- Se sugiere una carga de trabajo asociada a un factor de seguridad 2.5:

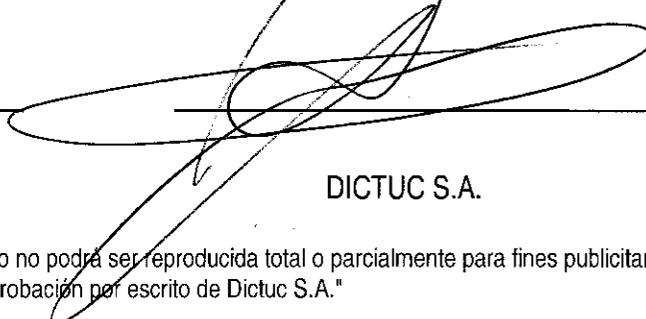
$$P_{\text{trabajo}} = 354\text{kgf.}$$

6.10.- El valor promedio de la rigidez asociada al 40% de la carga máxima observada es:

$$K_{40\%} = 101.9\text{kgf/mm.}$$

Ing. Raúl Alvarez Medel  
Jefe Laboratorio Ing. Estructural



DICTUC S.A.

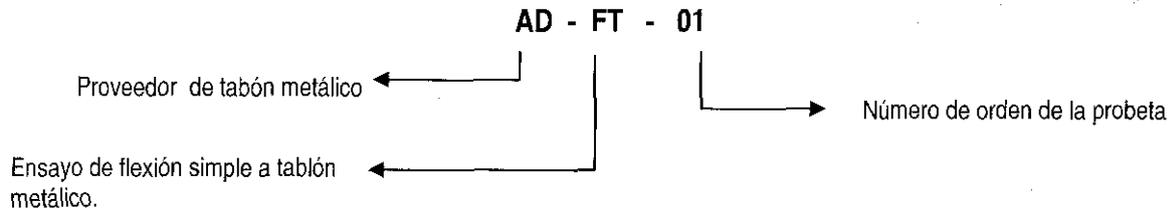
La información contenida en este certificado no podrá ser reproducida total o parcialmente para fines publicitarios sin la aprobación por escrito de Dictuc S.A."

RAM/RS

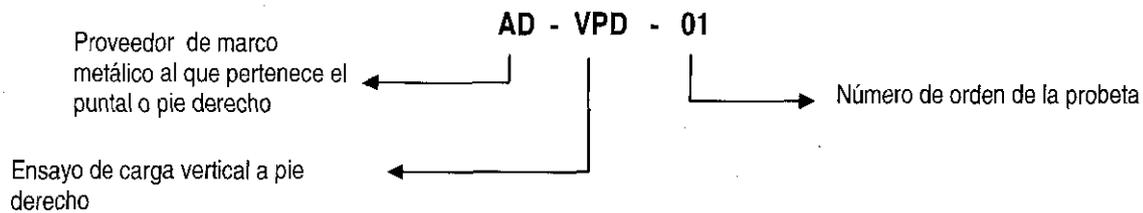
Santiago, 31 de Julio de 2007.

c.c.: LIE/2700

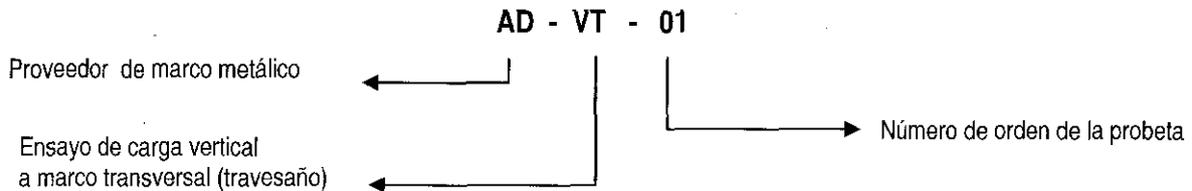
**ANEXO A: Figuras.**



**Nomenclatura utilizada para la identificación de las probetas en ensayo de flexión simple de tablón.**

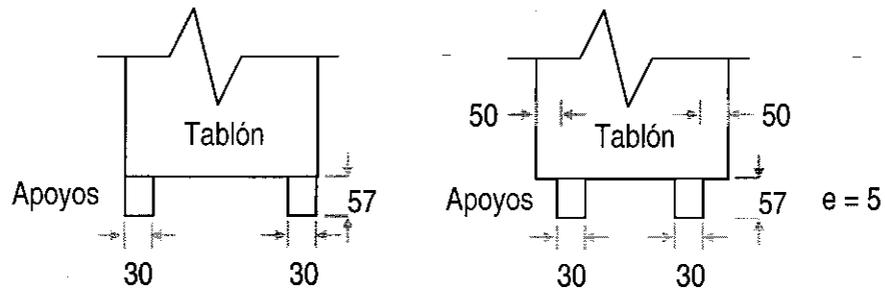
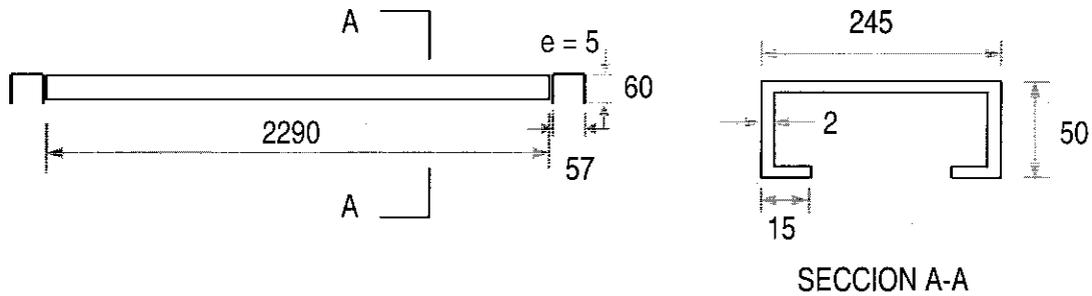


**Nomenclatura utilizada para la identificación de las probetas en ensayo de carga vertical a pie derecho**



**Nomenclatura utilizada para la identificación de las probetas en ensayo de carga vertical en marco transversal (travesaño)**

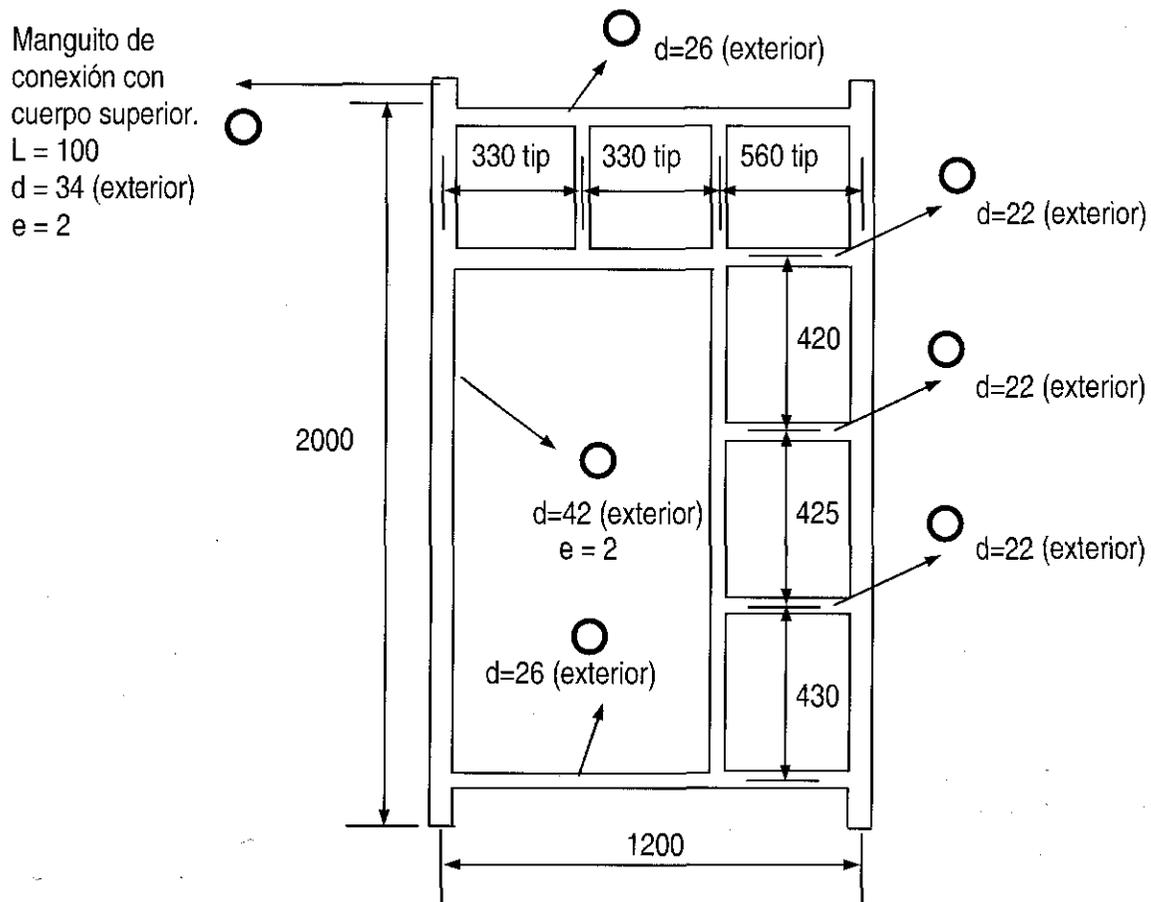
**Figura 1. Nomenclatura utilizada para la identificación de las probetas en los ensayos.**



**Detalle de apoyo aislado.**

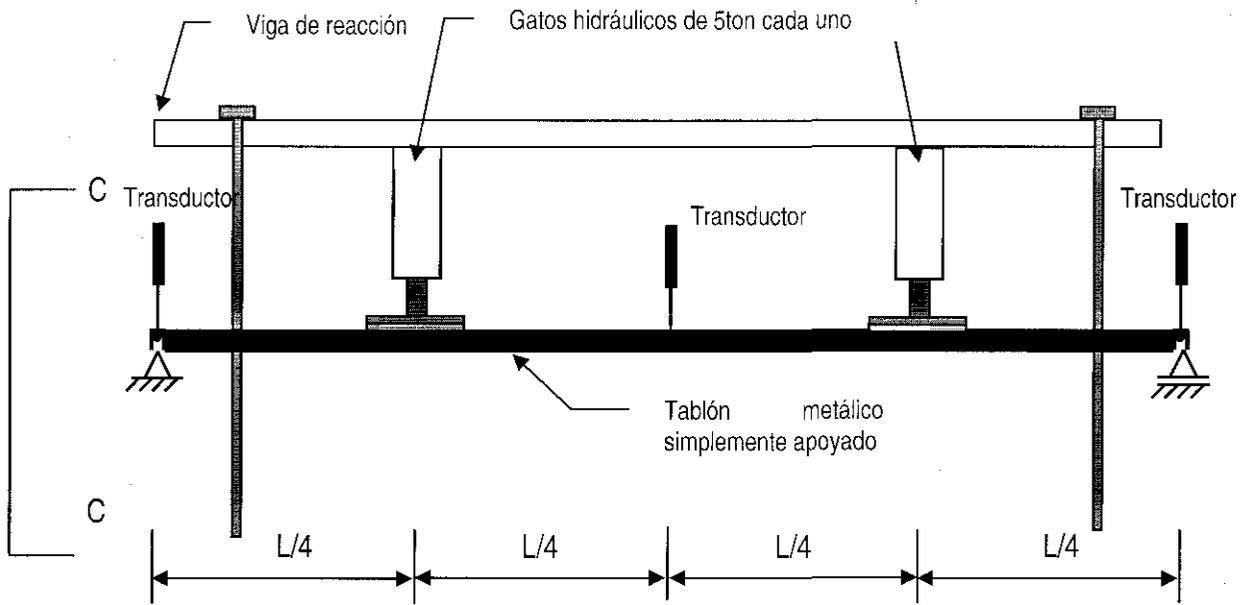
Nota. Medidas en mm.

**Figura 2. Detalle de la geometría de los elementos que conforman los tabloncillos empleados en los ensayos.**

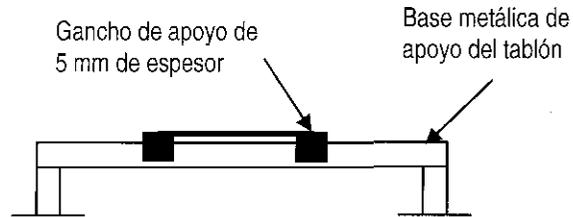


Nota. Medidas en mm.

**Figura 3. Dimensiones nominales de los marcos metálicos de los andamios que se sometieron a ensayo.**

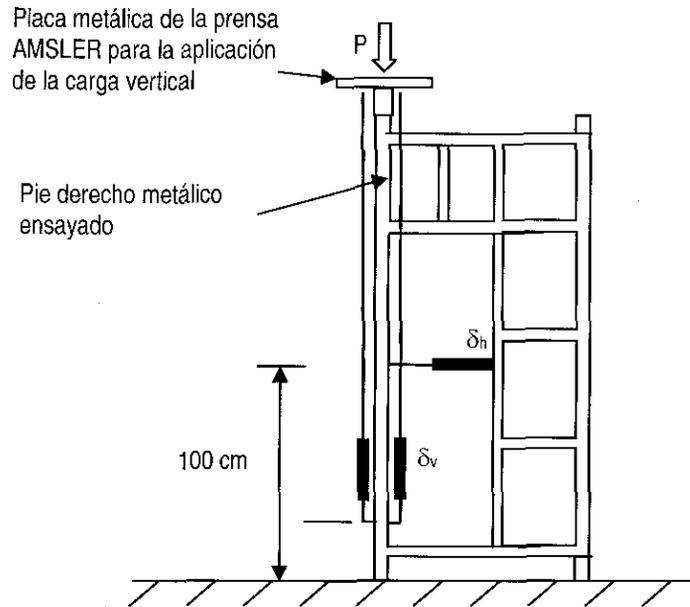


VISTA LATERAL

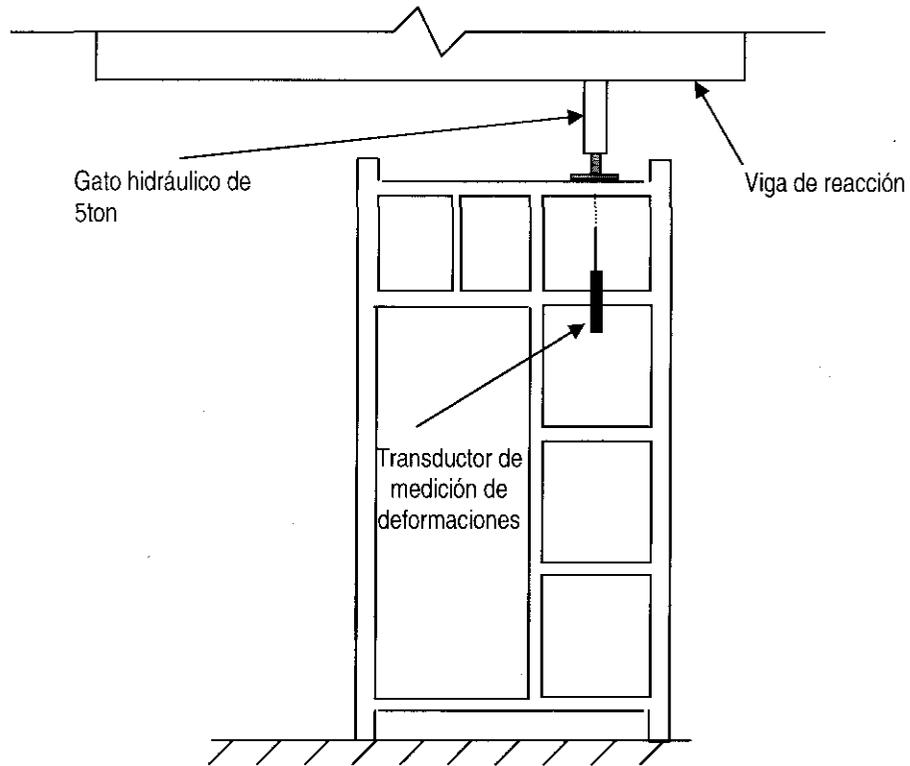


SECCION C-C

**Figura 5. Esquema del ensayo de flexión simple de tablón.**

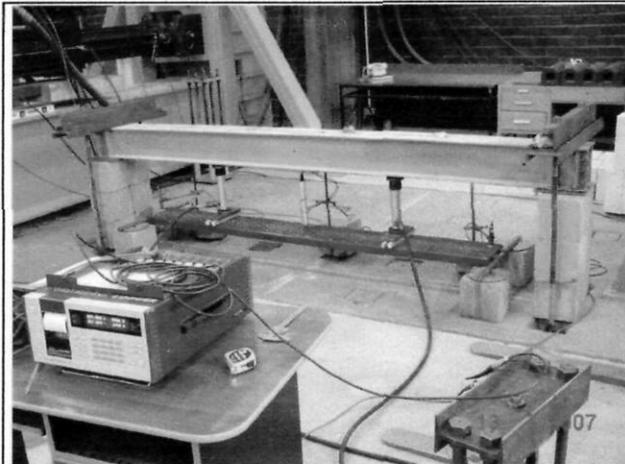


**Figura 6. Esquema del ensayo de carga vertical a pie derecho.**

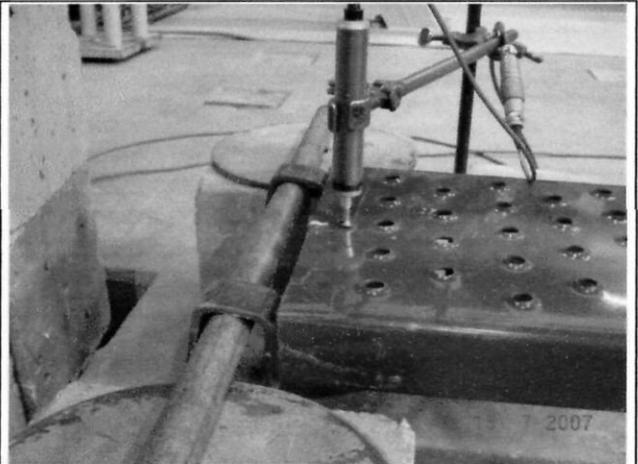


**Figura 7. Esquema del ensayo de carga vertical en travesaño de marco transversal.**

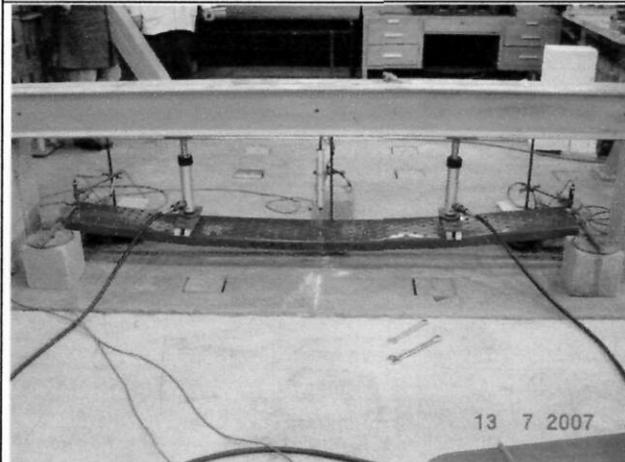
**ANEXO B: Fotografías.**



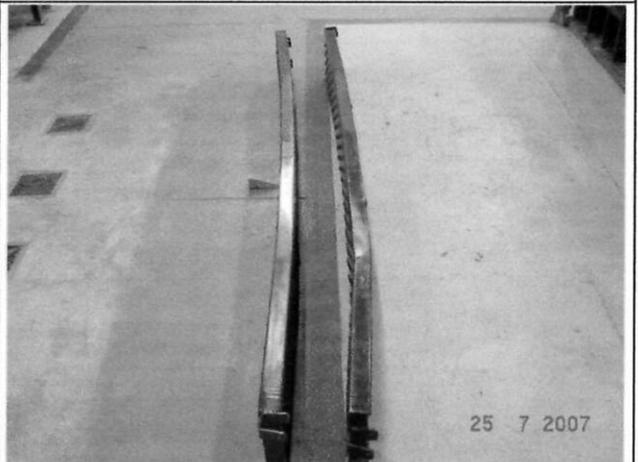
Fotografía 1. Vista general del montaje del ensayo de flexión simple de tableros metálicos.



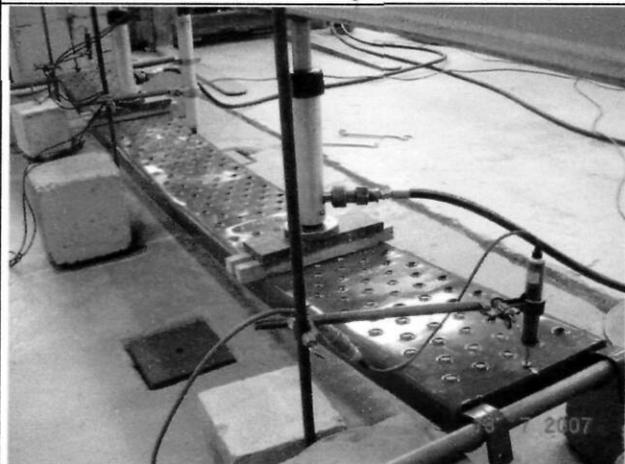
Fotografía 2. Detalle del apoyo del tablero metálico sometido a flexión simple.



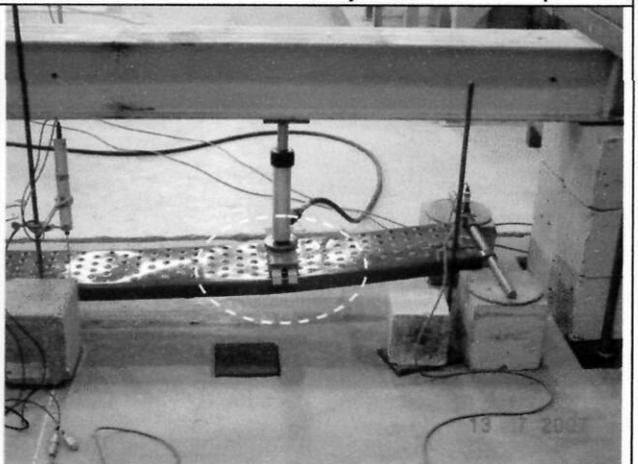
Fotografía 3. Deformación máxima de tablero metálico sometido al ensayo de flexión simple.



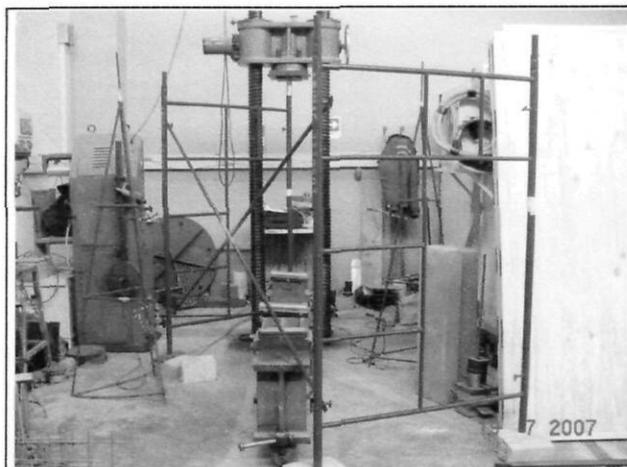
Fotografía 4. Deformación residual en tablero metálico sometido al ensayo de flexión simple.



Fotografía 5. Deformación máxima de tablero metálico



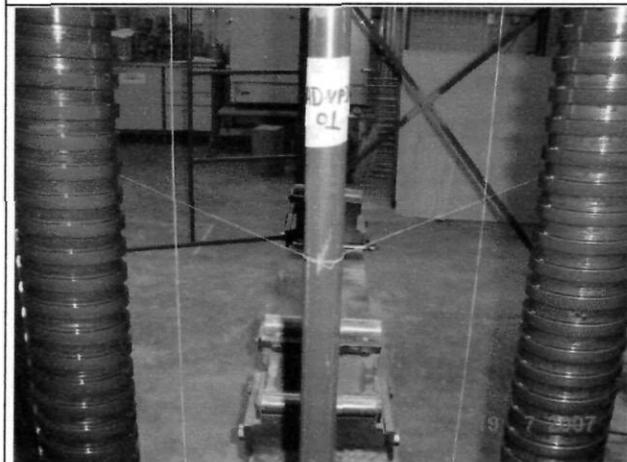
Fotografía 6. Detalle de falla por deformación de tablero metálico



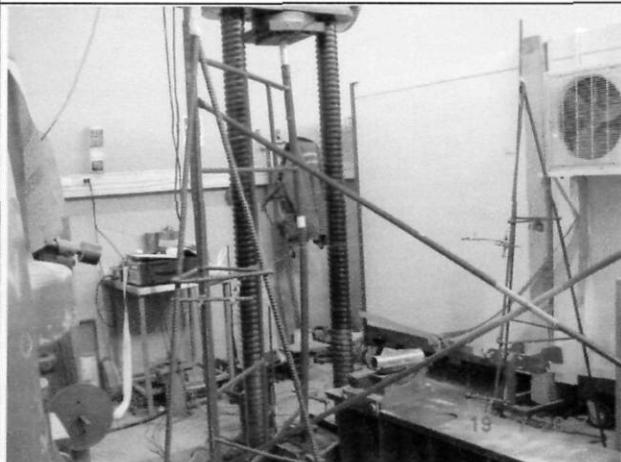
Fotografía 7. Vista general del montaje de ensayo de carga vertical a pie derecho



Fotografía 8. Vista del montaje superior de pie derecho



Fotografía 9. Detalle de medición: hilos de los transductores.



Fotografía 10. Falla por pandeo. Ensayo de carga vertical a pie derecho.

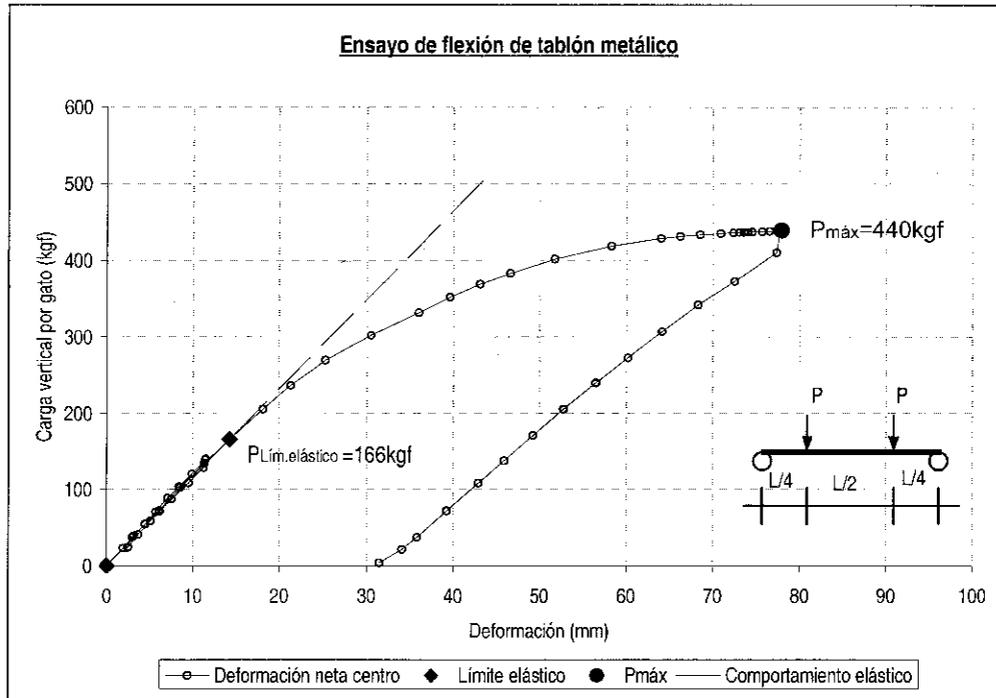


Fotografía 11. Vista del montaje del ensayo de carga vertical al travesaño del marco transversal.

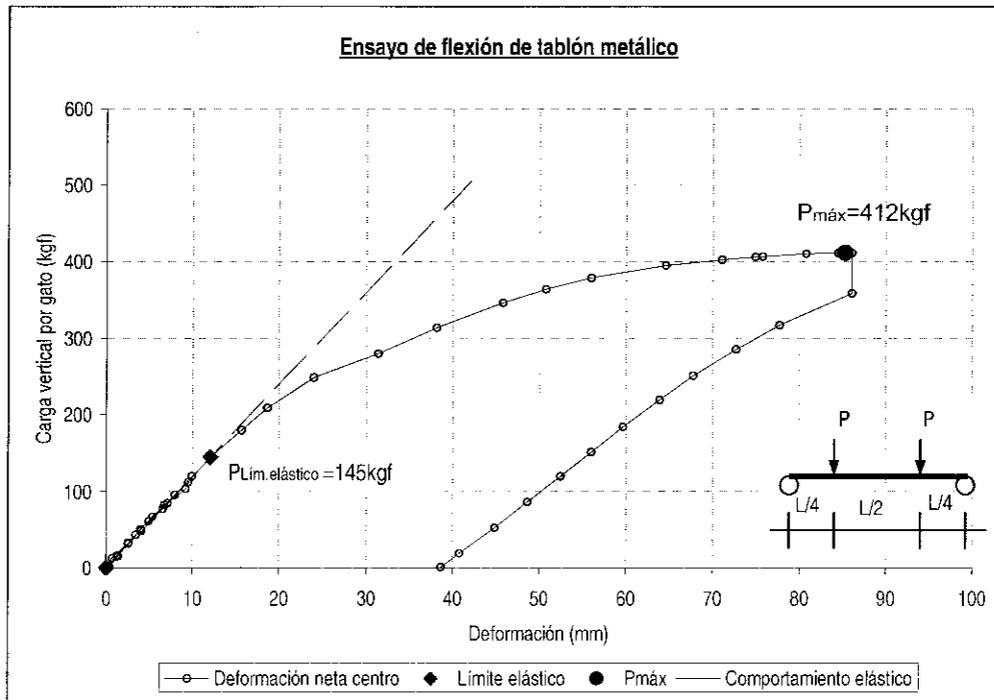


Fotografía 12. Falla por deformación del travesaño.

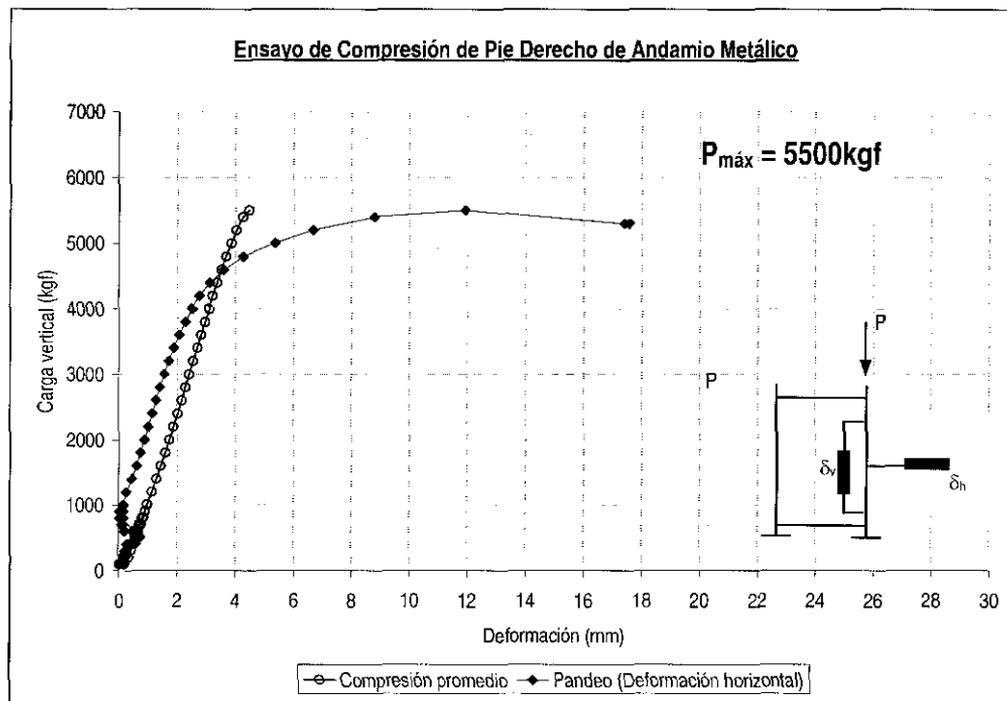
**ANEXO C: Gráficos.**



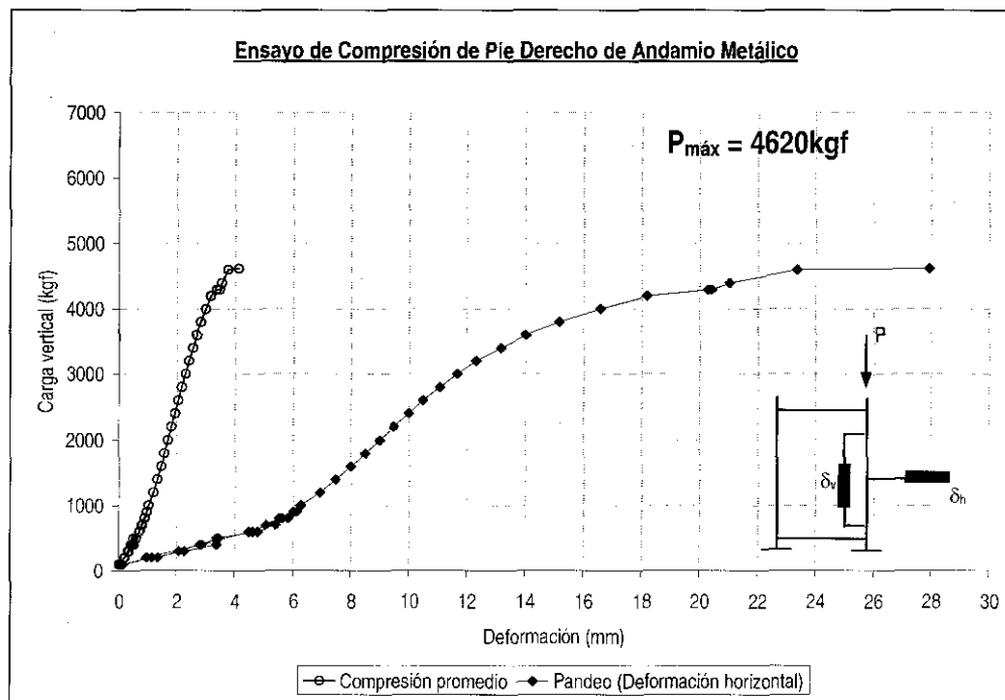
**Gráfico 1. Curva carga aplicada versus deformación. Ensayo de flexión simple de tablón. Probeta AD-FT-01.**



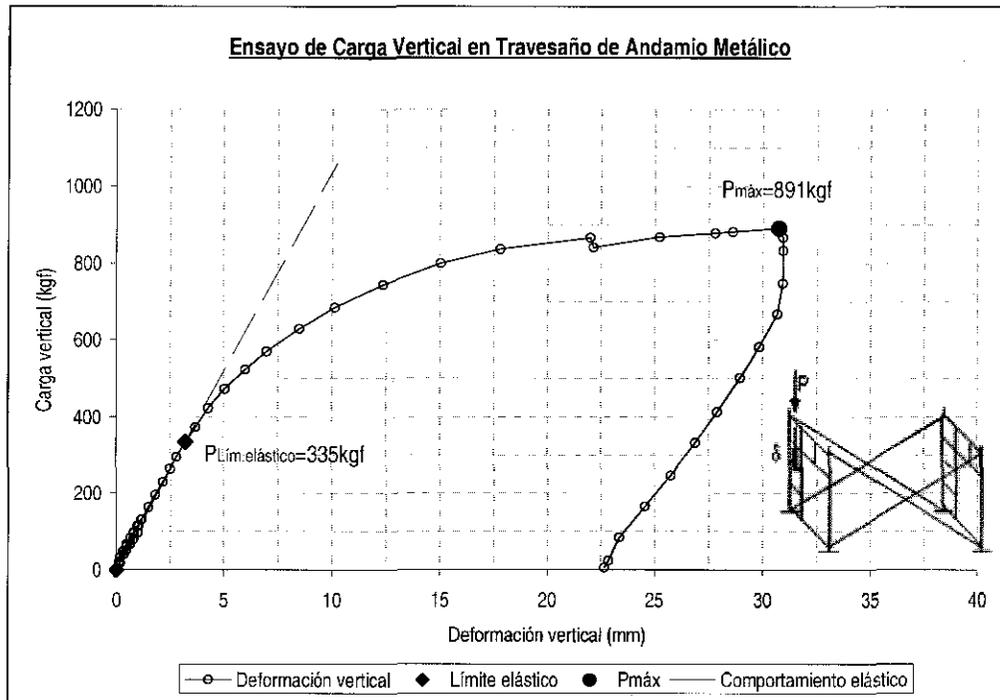
**Gráfico 2. Curva carga aplicada versus deformación. Ensayo de flexión simple de tablón. Probeta AD-FT-02.**



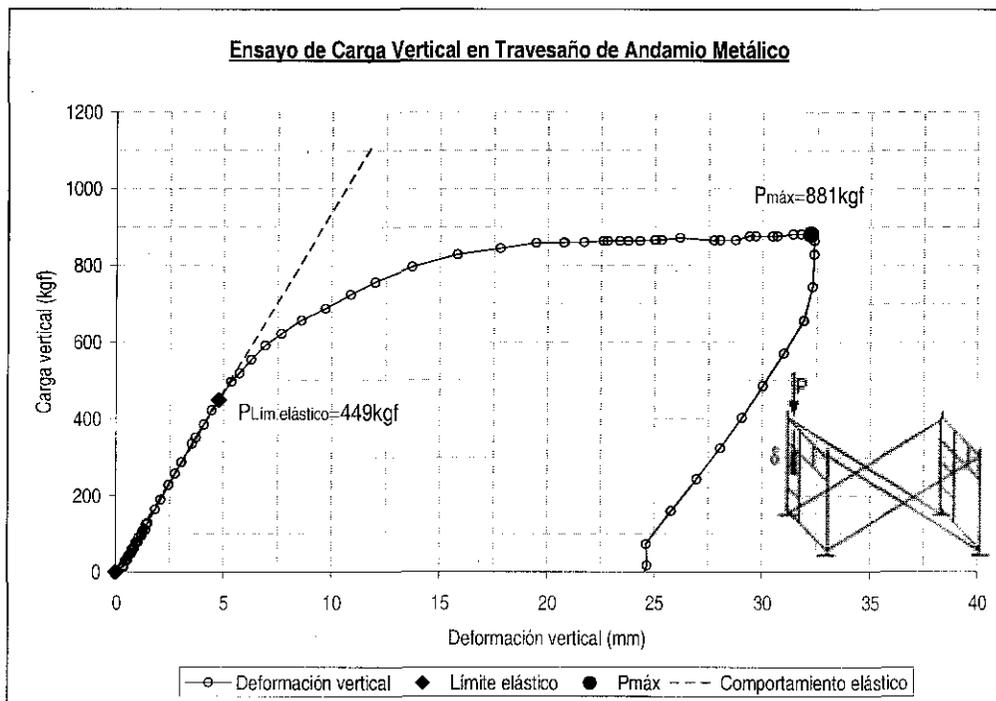
**Gráfico 3. Curva carga aplicada versus deformación. Ensayo de carga vertical a pie derecho. Probeta AD-VPD-01.**



**Gráfico 4. Curva carga aplicada versus deformación. Ensayo de carga vertical a pie derecho. Probeta AD-VPD-02.**



**Gráfico 5. Curva carga versus deformación. Ensayo de carga vertical de marco transversal. Probeta AD-VT-01.**



**Gráfico 6. Curva carga versus deformación. Ensayo de carga vertical de marco transversal. Probeta AD-VT-02.**