

# Ensayos Mecánicos de Paneles Estructurales



**Solicitante: PROPANEL**

---

**Informe 16/16GEPSyN**

**Responsable: MsC. Edgardo SANTARELLI  
Ing. Pablo N. MANZIONE**

**Diciembre de 2016**

*Grupo de Estudio de Polímeros Sintéticos y Naturales (GEPSyN)  
Departamento de Mecánica Aplicada - Facultad de Ingeniería - UNC  
Buenos Aires 1400 - (8300) - NEUQUEN - ARGENTINA.  
Fax: ++54-299-4422836, Tel.: ++54-299-4490300 int. 210*



## INDICE

<b>1. Introducción .....</b>	<b>Pág. 2</b>
<b>2. Descripción de los Paneles .....</b>	<b>" 2</b>
<b>2.1. Material.....</b>	<b>" 2</b>
<b>2.2. Ensamblaje .....</b>	<b>" 3</b>
<b>3. Ensayos .....</b>	<b>" 4</b>
<b>3.1 Método de ensayo de impacto blando.....</b>	<b>" 4</b>
<b>3.1.1. Descripción del Panel .....</b>	<b>" 4</b>
<b>3.1.2. Montaje e instrumentación.....</b>	<b>" 4</b>
<b>3.1.3. Procedimiento de ensayo .....</b>	<b>" 6</b>
<b>3.1.4. Resultados .....</b>	<b>" 6</b>
<b>3.2. Método de ensayo de impacto de bola</b> <b>de acero .....</b>	<b>" 7</b>
<b>3.2.1. Procedimiento de ensayo .....</b>	<b>" 8</b>
<b>3.2.2. Resultados .....</b>	<b>" 8</b>
<b>3.3. Método de ensayo de Compresión .....</b>	<b>" 10</b>
<b>3.3.1. Procedimiento de ensayo .....</b>	<b>" 10</b>
<b>3.3.2. Montaje e instrumentación.....</b>	<b>" 11</b>
<b>3.3.3. Resultados .....</b>	<b>" 12</b>
<b>4. Bibliografía .....</b>	<b>" 19</b>



INFORME Nº 16/16GEPSyN

Según OT:12/16 GEPSyN

**Diciembre 2016.**

Sr: Luis PERATA

***INFORME:***

Servicio realizado:

Ensayos mecánicos de paneles estructurales.

Norma o documento de aplicación:

IRAM 11596- IRAM 11595- IRAM 11588- IRAM 11585

**1. Introducción**

El presente trabajo tiene por objetivo ensayar paneles estructurales a efectos de evaluar su comportamiento estructural bajo condiciones que representen su funcionamiento en servicio.

A tal efecto, se aplican los requerimientos de las Normas IRAM 11596 ; *Método de Ensayo de Impacto Blando en Probetas Verticales*, la Norma IRAM 11595; *Paneles Fabricados Para Muros de Edificios*. *Método de Ensayo de Resistencia al Impacto de la Bola de Acero*; Norma IRAM 11588; *Muros Ciegos de Edificios*. *Método de Ensayos de Compresión*, y la Norma IRAM 11585; *Paneles para Muros y Tabiques de Edificios*.

En el presente informe se analizan, bajo las normas mencionadas paneles suministrados por el proveedor a efectos de evaluar y obtener características mecánicas de los paneles que puedan ser utilizadas en el diseño resistente de las viviendas construidas por este método.

**2. Descripción constructiva de los paneles**

La siguiente descripción de la constitución interna de los paneles y datos de las propiedades mecánicas de sus materiales, fueron aportados por el fabricante.

**2.1-Descripción General**

“**Propanel SIP**” son paneles térmicos estructurales, compuestos por un núcleo de poliestireno expandido (EPS) de alta densidad (15 kg/m<sup>3</sup>) y dos tableros OSB LP 9,5mm. La fabricación consiste en unir estos elementos mediante presión y con adhesivos aplicados



**INFORME N° 16/16GEPSyN** Según OT:12/16 GEPSyN

en un ambiente controlado, logrando que los elementos trabajen en conjunto entregando una alta resistencia mecánica y térmica.

Este producto está diseñado para ser usado principalmente en muros estructurales de viviendas de 1 ó 2 plantas, ampliaciones, edificaciones comerciales, y como parte de la solución de techumbre.

## **2.2- Formato y ensamblaje**

El formato estándar del panel es de 1,22 x 2,44 mts. El espesor puede variar según la necesidad de proyecto los paneles pueden ser desde 75 mm a 150 mm variando el espesor de los tableros y el núcleo de EPS.

**Clasificación al fuego:** Autoextinguible, norma ASTM D 4986 - 95

- Difícilmente inflamable (Grupo B1) norma DIN 4102
- Grupo 94 HF 1 norma UL 94 Underwriter Laboratories Inc.( USA )

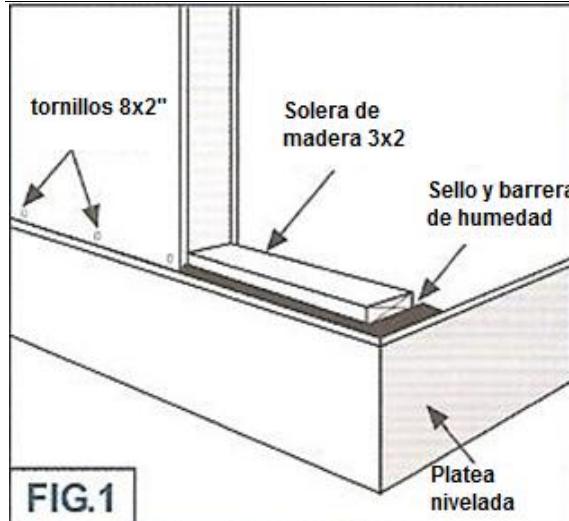
Para “**Propanel SIP**” de 100mm (Osb 9,5 – EPS 80 – OSB 9,5), se recomienda utilizar en soleras, encuentros de muros y esquinas, Palo dimensionado de 2x3”, para la unión de los Paneles Iao de 3x3”.

Antes de comenzar la instalación de muros, se debe trazar el espesor de los paneles sobre la platea o estructura de piso, fijar la solera de madera cada 40cm, “**Propanel SIP**” debe quedar completamente apoyado en la solera inferior, (ver figura 1). En losas de hormigón incorporar entre este y la solera de madera una barrera de humedad, espuma de poliuretano o fieltro para evitar la humedad por capilaridad.

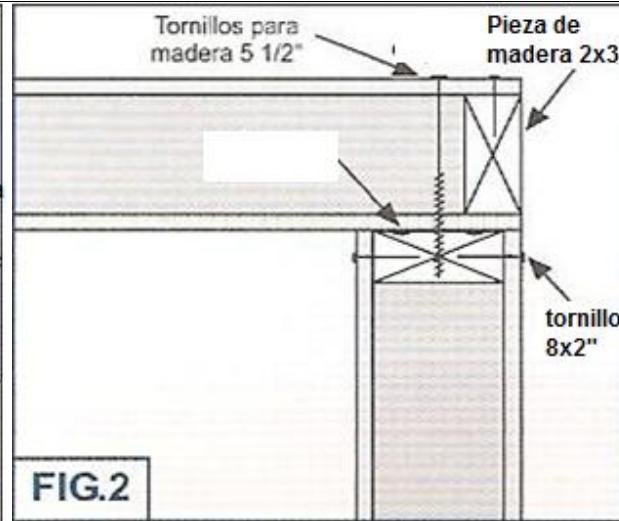
Los “**Propanel SIP**” se instalan verticalmente sobre la solera de madera, se recomienda comenzar por una esquina incorporando una pieza de madera tipo pie derecho en el interior del panel (ver figura 2).

**INFORME N° 16/16GEPSyN**

Según OT:12/16 GEPSyN



**FIG.1**

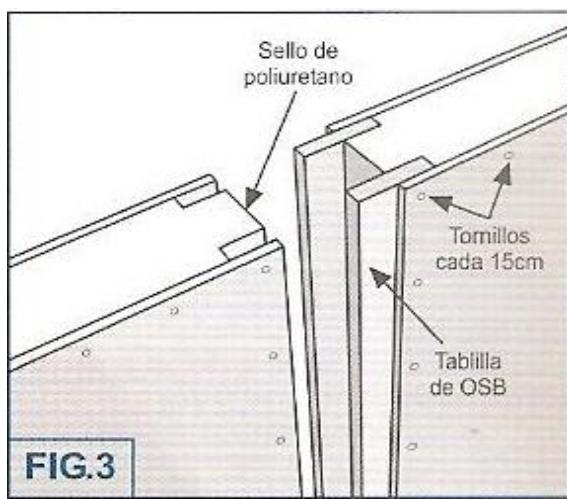


**FIG.2**

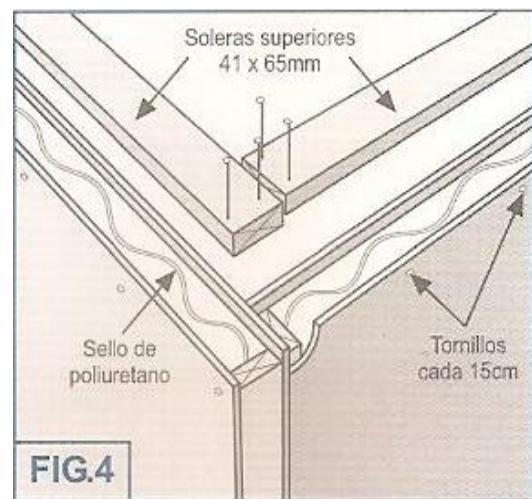
Figura N°1: Sistema de amarre a la platea

Figura N° 2: Esquema de unión entre paneles a 90°

Se coloca el otro panel esquina formando un ángulo de 90°, aplome el conjunto, fije la unión con tornillos para madera de Spax 180mm cada 40 cm, puede ayudarse con piezas de madera para mantener la estructura aplomada. Luego se procede a instalar los paneles que conformaran el muro, los que se unen entre sí por medio de dos tablillas de OSB de 11.1 mm, de 100 mm de ancho y de 2.37 m de largo (ver figura 3) o se puede realizar con un listón o pieza de madera de 3x3".



**FIG.3**



**FIG.4**

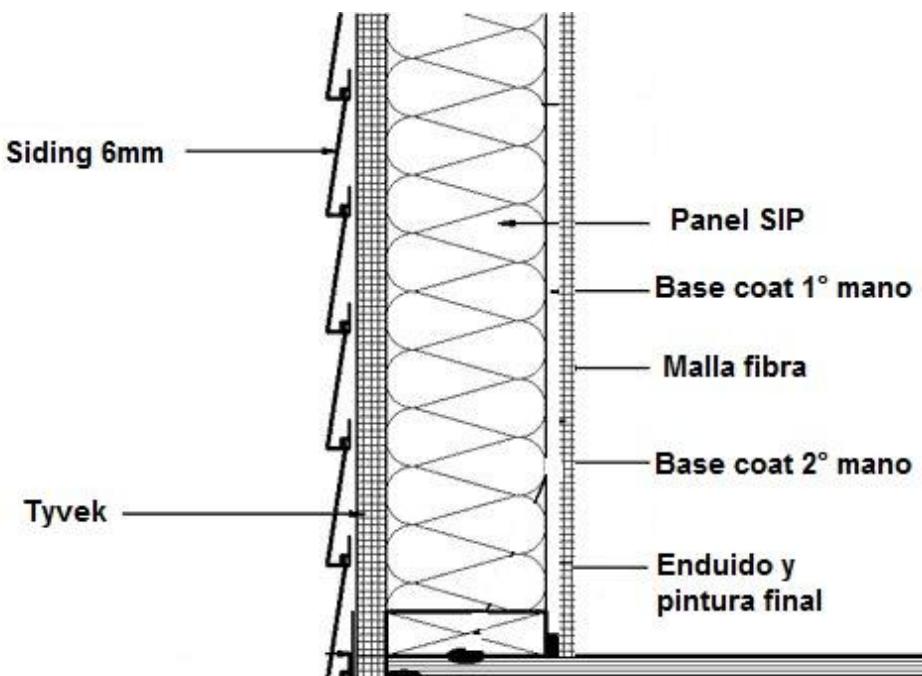
Figura N°3: Esquema de unión entre paneles

Figura N° 4: Esquema colocación de soleras

Las fijaciones de las uniones de los paneles con las tablillas como los paneles a las soleras, se debe hacer con tornillos CRS de 8 x 2", fijando a 1cm del borde y cada 10cm en todo el perímetro, la correcta instalación evitara problemas de continuidad estructural. Una

INFORME N° 16/16GEPSyN Según OT:12/16 GEPSyN

vez instalados los tableros se procede a la colocación de la solera superior que amarrara todo el conjunto, la unión de solera no debe coincidir con una unión de paneles, quedando traslapadas las uniones mínimo 30 cm. Antes de instalar la solera, puede incorporar adhesivo o sello de poliuretano, luego se fija los tableros a la solera cada 15 cm (ver figura 4). El sello de poliuretano o cola fría para maderas debe aplicarse también en las piezas de madera y tablillas.



**Figura N°5: Esquema de sección de panel terminado**

El revestimiento no tiene funciones estructurales y es posible su tendido en dirección vertical u horizontal respecto a la dirección del muro (Figura 5).



### 3. Ensayos

En común acuerdo con el solicitante, se decidió desarrollar los siguientes ensayos:

#### **3.1. Normas IRAM 11596; Método de Ensayo de Impacto Blando en Probetas Verticales**

Para este ensayo se utiliza una bolsa de cuero con arena en su interior. Peso: 30 kgf. Se deja caer la bolsa desde alturas crecientes con movimiento pendular.

Dependiendo de la altura desde donde se deja caer la bolsa se genera una determinada energía de impacto. Luego se miden las flechas instantáneas y las flechas residuales y se observa el deterioro que se produce sobre el revestimiento exterior del panel.

La flecha instantánea es la que se mide bajo carga y la flecha residual ó permanente es la que se mide después de haber retirado la carga.

##### **3.1.1. Descripción del panel**

Se ensayan tres muestras de un panel de muro (estructural) externo y tres paneles para interior, correspondientes a un módulo de dimensiones nominales 1.2 m de ancho x 2.4 m de alto x 110 mm de espesor, nominales, y peso de 66 kg. Las muestras fueron entregadas por el cliente en nuestro Laboratorio listas para el ensayo. El proceso de armado de los tableros no fue supervisado por GEPSyN.

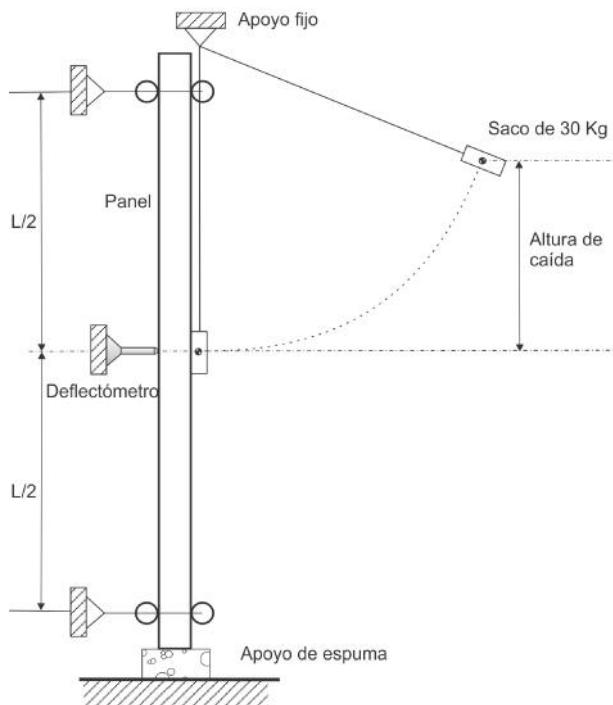
##### **3.1.2. Montaje e instrumentación**

El panel se monta simplemente apoyado sobre una estructura de reacción dispuesta de forma vertical, con una luz entre apoyos de 2.0 m. El montaje del panel se materializa por medio de una serie de tubos de acero colocados en los bordes del panel y un conjunto de abrazaderas metálicas (Ver foto de la Figura N° 2).

Para aplicar el impacto se emplea un saco de lona relleno con arena, con una masa total de 30 kg. Este saco se fija a la estructura, en un punto ubicado sobre el panel, de modo que el impacto sea aplicado al centro del panel, perpendicular a su plano.

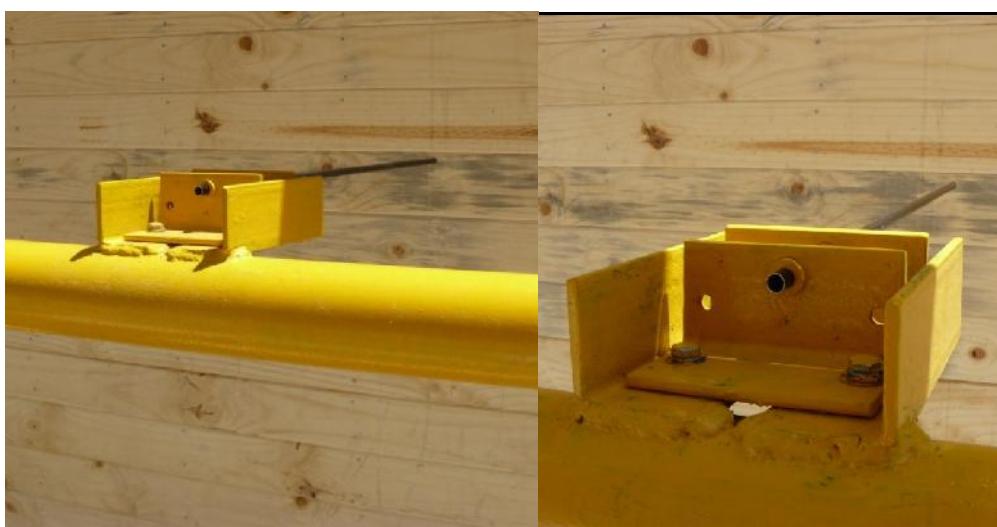
**INFORME N° 16/16GEPSyN**

Según OT:12/16 GEPSyN



**Figura N° 2: Esquema del ensayo y foto del proceso de ensayo**

La instrumentación utilizada se define de acuerdo a lo especificado en la norma IRAM 11596. Se emplea un deflectómetro como se muestra en la foto de la Figura N°3, para medir las deformaciones fuera de plano instantánea y residual del panel en el punto de impacto. El deflectómetro se ubica en el eje central de la cara posterior del panel, a la altura de aplicación del impacto.



**Figura N° 3: Foto del deflectómetro y detalle.**



**INFORME N° 16/16GEPSyN**

Según OT:12/16 GEPSyN

**3.1.3. Procedimiento de Ensayo**

El procedimiento de ensayo consiste básicamente en:

- \_ Fijar el panel a la estructura de reacción y colocar la instrumentación.
- \_ A continuación, se aplican los impactos al panel, aumentando la altura de caída a de 45 cm, 60 cm y 120 cm hasta alcanzar la rotura, o bien, una energía máxima de impacto de 360 Joule. En cada impacto, se miden las deflexiones instantánea y residual del panel por la cara posterior, así como la deformación residual o permanente en la cara de impacto (en el punto de impacto).
- \_ Terminado el ensayo, se observan los daños locales y el estado final del panel.

**3.1.4. Resultados**

En la Tabla 1, se indican los resultados del ensayo siguientes: a) primer daño visible a simple vista en el panel; y b) la deflexión residual para la cara exterior del panel para diferentes niveles de energía de impacto.

Las muestras ensayadas cumplen con los criterios de aceptación para el ensayo de impacto blando, a excepción de dos muestras en el impacto de 360 J:

- a) para una energía de 135 joule con una altura de caída de la bolsa a 45 cm el panel no presenta flecha residual mayor al 0.2% de la altura del muro ensayado (0,44cm), y no es mayor a 0,5 cm.
- b) para una energía de 180 joule con una altura de caída de la bolsa a 60 cm el panel no se sufre deterioro visible; y para una energía de 360 joule con una altura de caída de la bolsa a 120 cm el panel no debe ser atravesado por la bolsa o ser deteriorado de manera tal que comprometa la seguridad de los ocupantes del edificio.

Los resultados presentados en informe sólo son válidos para las muestras identificadas en él, y no pueden ser referidos a partidas o lotes.

**INFORME N° 16/16GEPSyN** Según OT:12/16 GEPSyN

**TABLA I.**

Nº	Altura probeta cm	Peso Kg	Impacto		Flecha Instantánea mm	Flecha permanente mm	Observaciones
			Altura (cm)	Energía (J)			
7	239	66.5	45	135	13	0	El panel no presenta daño aparente durante todo el ensayo.
			60	180	18.5	0	
			120	360	29	1	
8	238	62.2	45	135	20	0	El panel no presenta daño aparente durante todo el ensayo.
			60	180	24.5	0	
			120	360	40	1	
9	239.4	63.5	45	135	16	0	El panel no presenta daño aparente durante todo el ensayo.
			60	180	19	0	
			120	360	28	0.5	

**Nota:** Si bien la flecha instantánea no está considerada en los criterios de aceptación de la norma aplicada, su determinación puede ser utilizada para verificar las condiciones de prestación del muro, cuando sea un requisito normativo para esta tipología



Panel 07



Panel 08



Panel 09

### **3.2. Normas IRAM 11595; Método de Ensayo de Resistencia al impacto de la bola de acero**

Para este Ensayo se utiliza una bola de acero de 5 cm. de diámetro. Se deja caer la bola desde alturas crecientes (escalonadas cada de 25 en 25 cm.) hasta una altura máxima de 2 m. Se realiza sobre el revestimiento exterior. Nuevamente, dependiendo de la altura, se genera una determinada energía de impacto. Luego se miden los diámetros de las improntas (marcas) y la profundidad de las mismas.

#### **3.2.1. Procedimiento de Ensayo**

Para cada altura de caída se observan y anotan los deterioros en la cara y contracara del espécimen, cuando la hubiere se anota el diámetro y la profundidad de la impronta producida por la bola de acero en la superficie del espécimen.

#### **3.2.2. Resultados**

En la Tabla 2, se indican los resultados del ensayo siguientes: Dimensiones del panel, zona de impacto, altura de la caída de la bola de acero y observaciones sobre la zona de impacto.

Las muestras ensayadas cumplen con los criterios de aceptación para el ensayo de impacto blando, los cuales son:

- a) Para una altura de caída de 50 cm, presentará un diámetro de la huella dejada por la bola, menor o igual a 20 mm.
- b) Para una altura de caída de 75 cm, no se producirá alteración alguna en el resto de la superficie de la muestra que se ensaya,





**INFORME N° 16/16GEPSyN** Según OT:12/16 GEPSyN

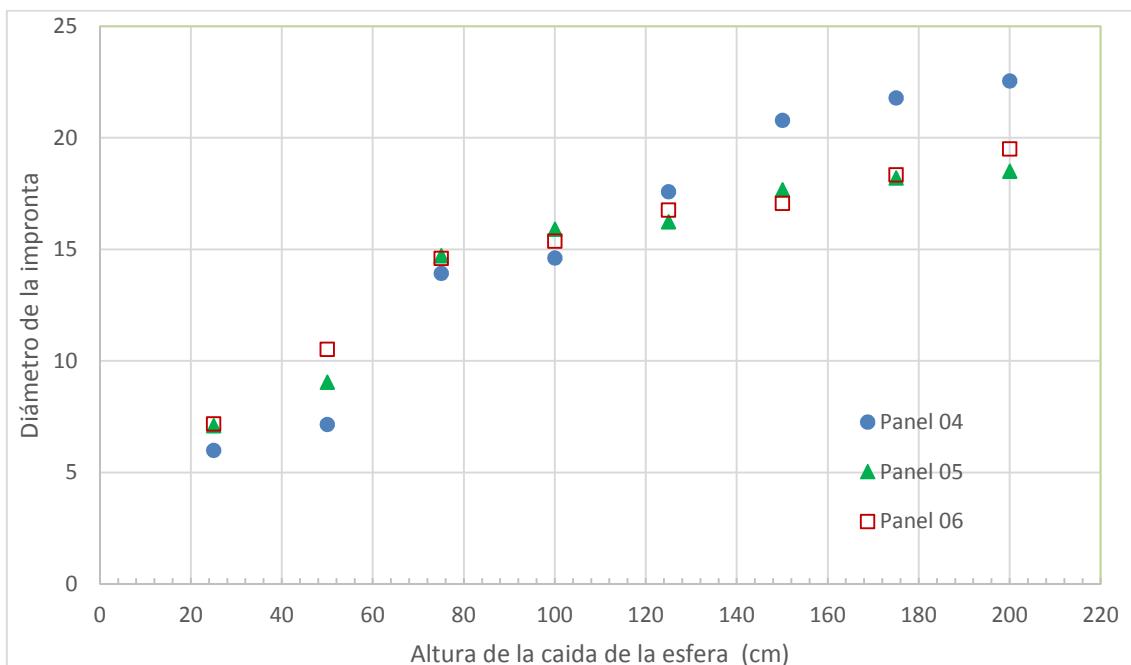
c) Para una altura de caída no mayor que 2 m, no será atravesado por la bola de acero

Los resultados presentados en informe sólo son válidos para las muestras identificadas en él, y no pueden ser referidos a partidas o lotes.

**Tabla II**

Muestra	Diámetro de la impronta <sup>(1)</sup>							
	25 cm	50cm	75 cm	100 cm	125 cm	150 cm	175 cm	200 cm
04	6.00	7.17	13.94	14.63	17.6	20.79	21.8	22.56
05	7.1	9.06	14.72	15.94	16.24	17.68	18.21	18.51
06	7.19	10.54	14.61	15.39	16.78	17.08	18.36	19.52

(1) Los valores de la tabla corresponde al diámetro de la impronta



INFORME N° 16/16GEPSyN Según OT:12/16 GEPSyN

### 3.3. Normas IRAM 11588 ; Método de Ensayo de Compresión

En este ensayo se somete al Panel a una carga de compresión escalonada. Su objetivo es determinar las deformaciones que sufre el Panel. Se utilizan transductores de desplazamiento a efectos de cuantificar las deformaciones y flechas producidas durante el ensayo.

Se determinan así los valores carga-acortamiento y carga-lateral, instantáneos y permanentes y la carga de rotura.

#### 3.3.1. Procedimiento de Ensayo

Se ensayan tres paneles como mínimo de acuerdo al esquema siguiente de la figura N° 5. Este ensayo consiste en someter a un módulo aislado del panel, colocado en posición vertical y simplemente apoyado en sus extremos superior e inferior, a la acción de una carga vertical aplicada. La carga de compresión se aplica de forma incremental y quasi-estática, mediante ciclos de carga – descarga. Durante el ensayo se mide la deformación longitudinal y la deflexión transversal del panel bajo carga máxima y al descargar.

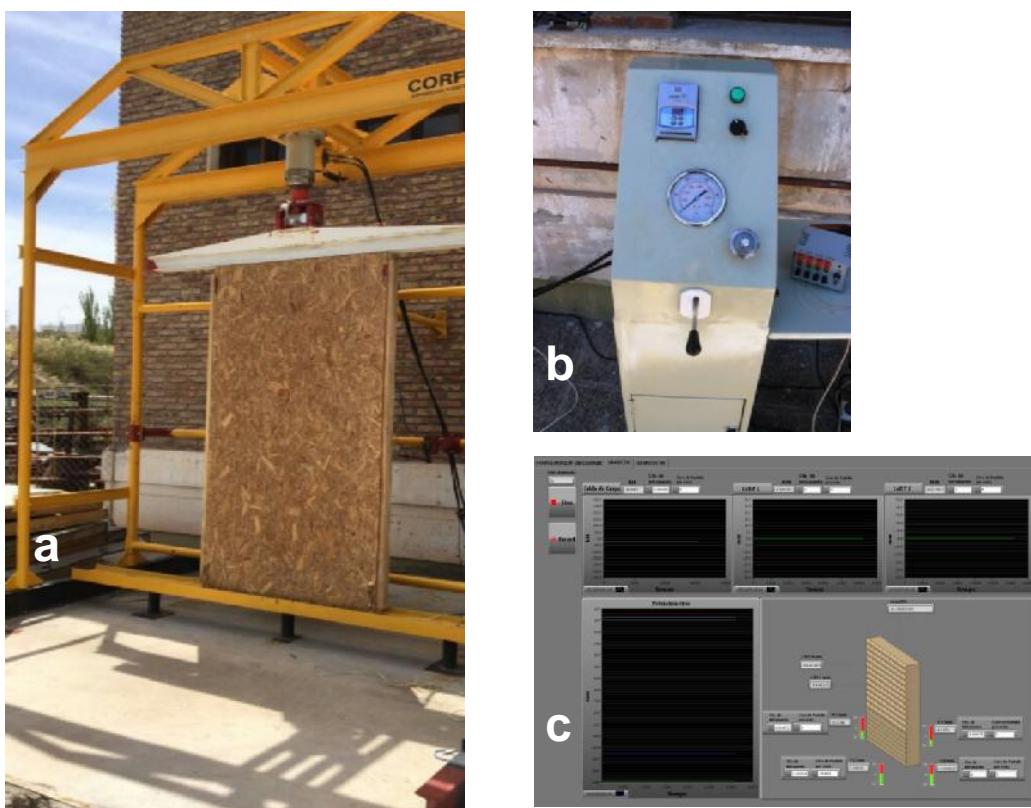


Figura N°7: a) Vista general del ensayo de compresión b) Control del sistema hidráulico. c) Pantallas del soft de adquisición de datos.

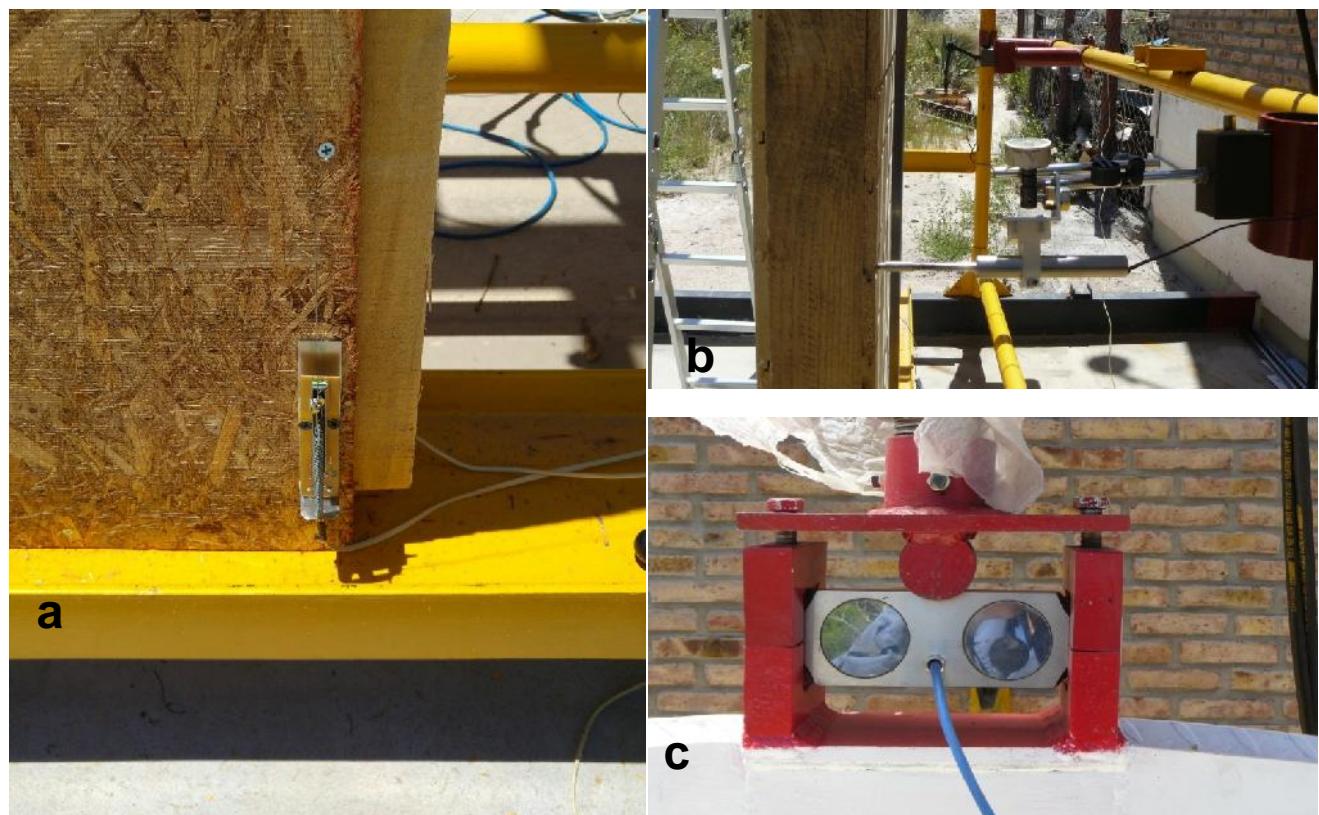
INFORME N° 16/16GEPSyN

Según OT:12/16 GEPSyN

### 3.3.2. Montaje e Instrumentación

El panel se monta en forma vertical, apoyándolo entre los platos de la Máquina de Ensayo. La distribución de la carga sobre las caras de apoyo del panel se materializa por medio de placas de acero que abarcan toda la longitud de la cara de apoyo del panel. FiguraNº 6.

La instrumentación utilizada se adecúa de acuerdo a lo especificado en la Norma IRAM 11588. Se emplean cuatro transductores de desplazamiento construidos con 4 potenciómetros para medir la deformación longitudinal del panel de manera digital, dos transductores de desplazamiento para medir la deflexión central a media altura del panel del tipo LVDT y una celda de carga de 300 KN para medir la carga aplicada (Figura Nº8).



FiguraNº 8: a) Detalle del potenciómetro para medir la deformación longitudinal del panel. b) Detalle de los instrumentos para medir la deflexión central. c) Detalle de la celda de carga

El procedimiento de ensayo consiste, básicamente, en:

- 1) Fijar el panel en la Máquina de Compresión y colocar la instrumentación.



**INFORME N° 16/16GEPSyN** Según OT:12/16 GEPSyN

- 2) A continuación, se adquieren los datos de carga y deformación del panel a través de un soft conformando un archivo txt. Se aplica la carga de forma incremental, mediante ciclos de carga – descarga, aumentando progresivamente la carga máxima aplicada. El incremento de carga es de aproximadamente de 5 KN en las primeras cuatro cargas y luego de 10 KN hasta la falla y la longitud a medir la deformación es de L= 2030 mm. En cada ciclo de carga se mide la deformación axial y la deflexión central transversal del panel bajo carga máxima y al descargar el panel midiendo la deformación permanente.
- 3) Terminado el ensayo, se observan el modo de falla del panel y los daños locales presentados.

### 3.3.3. Resultados

En la Tabla 3, se indican los resultados del ensayo. Las muestras ensayadas cumplen con los criterios de aceptación para el ensayo Cargas verticales.

El cálculo de la media aritmética ( $P_{rm}$ ) de las cargas de rotura ( $P_{ri}$ ) se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$P_{rm} = \frac{P_{ri}}{n}$$

Donde: n es el número de paneles ensayados

La desviación normal (S) es:

$$S = \sqrt{\frac{(P_{ri} - P_{rm})^2}{n-1}}$$

El coeficiente de variación resulta:

$$\delta = \frac{S}{P_{rm}}$$



**INFORME N° 16/16GEPSyN** Según OT:12/16 GEPSyN

La carga de rotura característica por compresión ( $P_{rk}$ ) se calcula mediante la fórmula siguiente:

$$P_{rk} = P_{rm} (1 - K \cdot \delta)$$

Donde k es el coeficiente de variación y es, para muestra de tres paneles ( $n=3$ ),  $K= 2.92$

### DATOS DE LOS PANELES

Muestra	Datos geométricos			Peso Kg
	Alto cm	Ancho cm	Espesor cm	
01	240.0	120.5	12.5	66
02	239.8	120.1	12.4	63
03	239.4	120.0	11.5	64

Muestra	Valores Máximos Alcanzados			Valores Permanentes		Observaciones
	Carga KN	Deflexión central <sup>(1)</sup> mm	Deformación axial <sup>(2)</sup> mm	Deflexión central mm	Deformación axial mm	
Panel 01	121,7	8,60	2,03	1,79	0,31	Alabeo del panel en carga máxima
Panel 02	121,3	4,79	2,20	1,73	0,50	Alabeo del panel en carga máxima
Panel 03	146,7	1,91	2,72	1,38	0,57	Alabeo del panel en carga máxima

(1) La deflexión central es el promedio de los dos LVDT

(2) La deformación axial es el promedio de los cuatro potenciómetros



INFORME N° 16/16GEPSyN

Según OT:12/16 GEPSyN

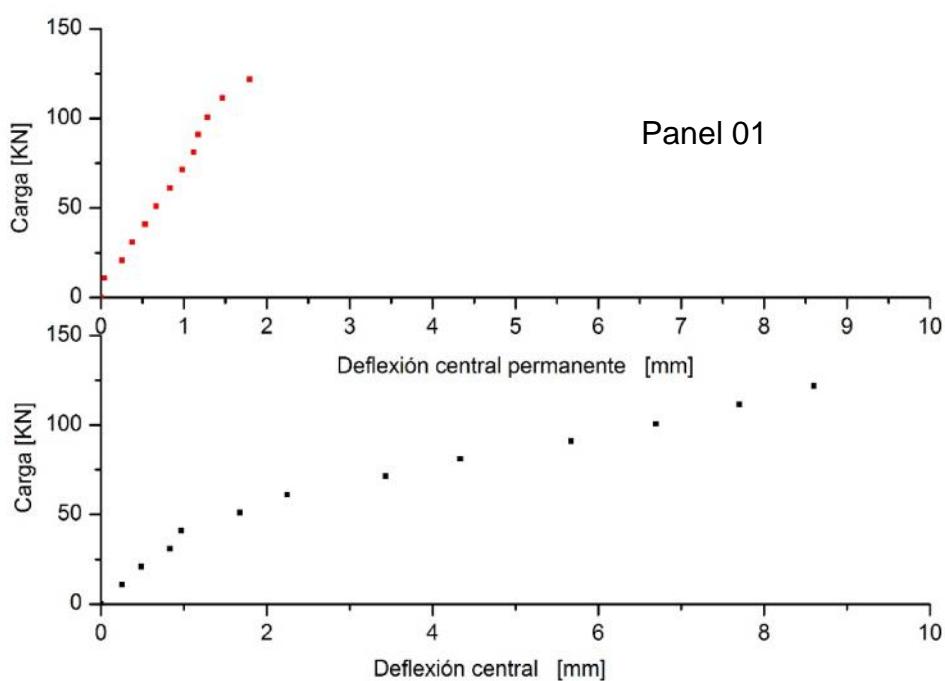
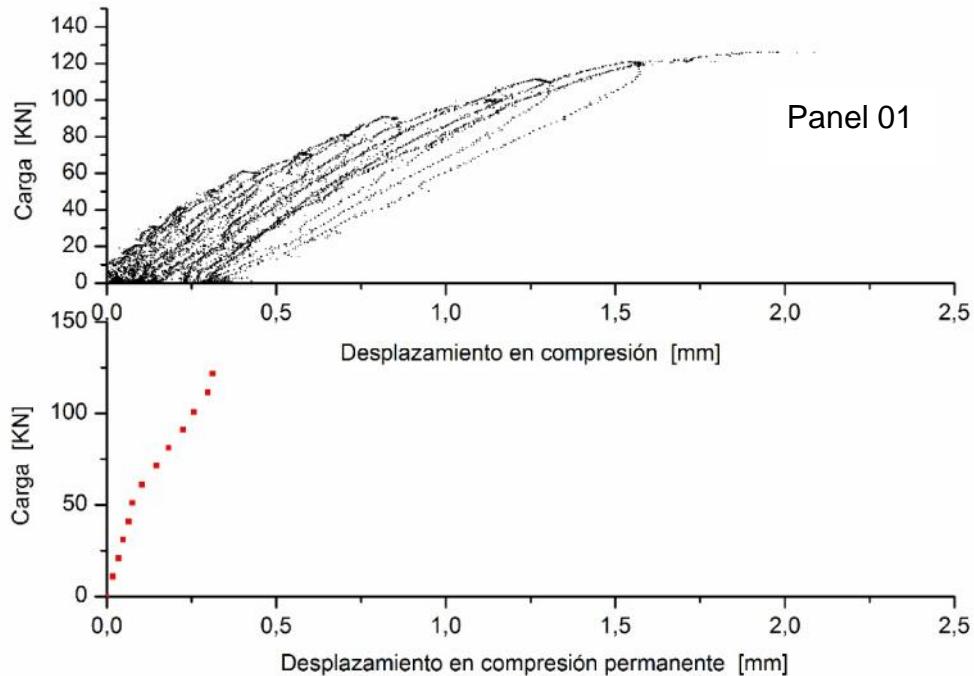
## PANEL 01





INFORME N° 16/16GEPSyN

Según OT:12/16 GEPSyN





INFORME N° 16/16GEPSyN

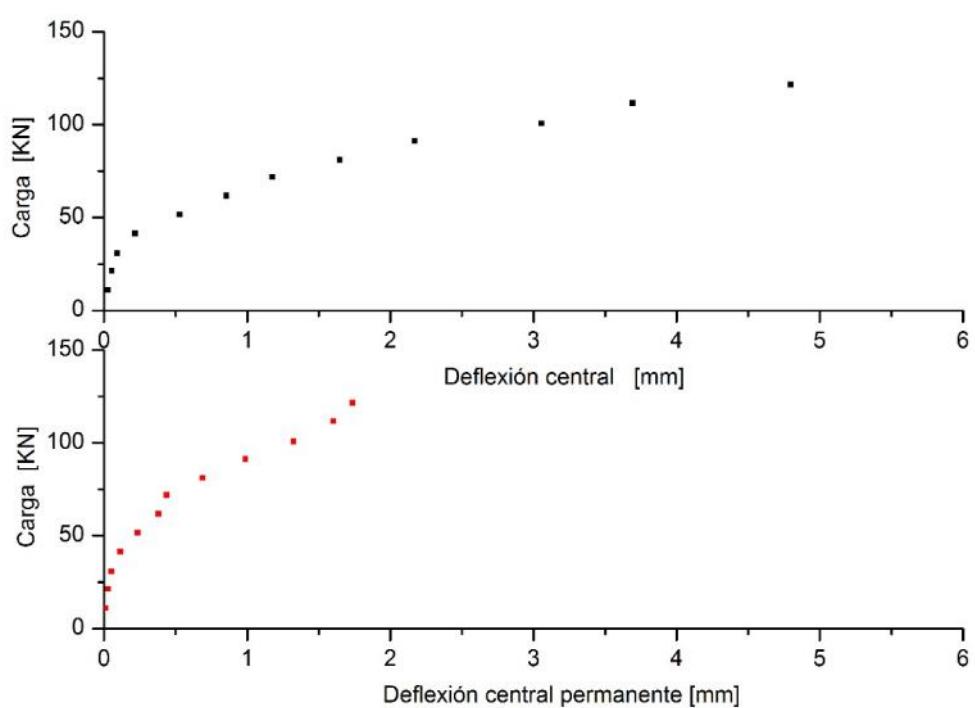
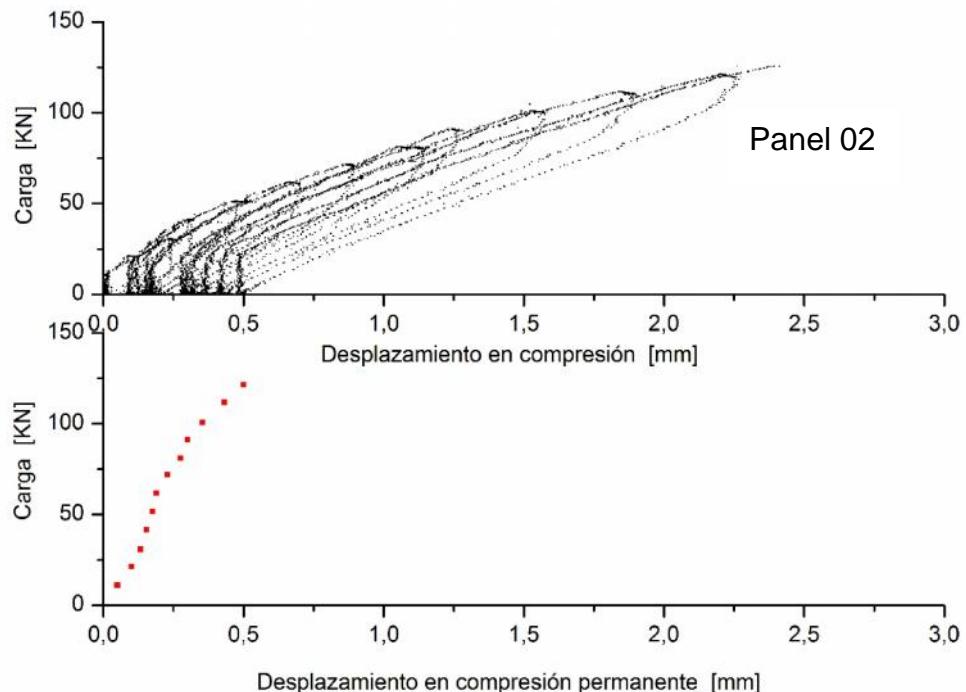
Según OT:12/16 GEPSyN

**PANEL 02**



INFORME N° 16/16GEPSyN

Según OT:12/16 GEPSyN



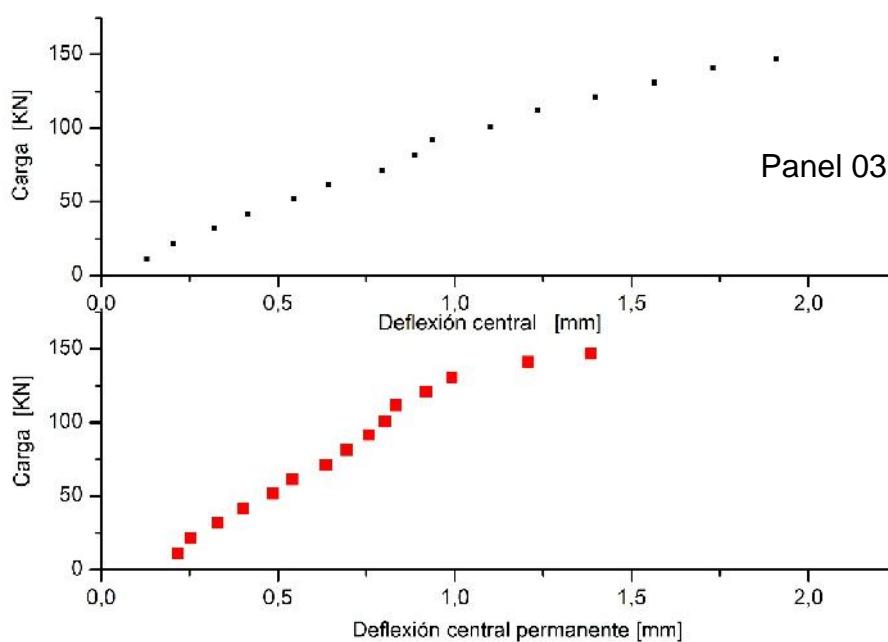
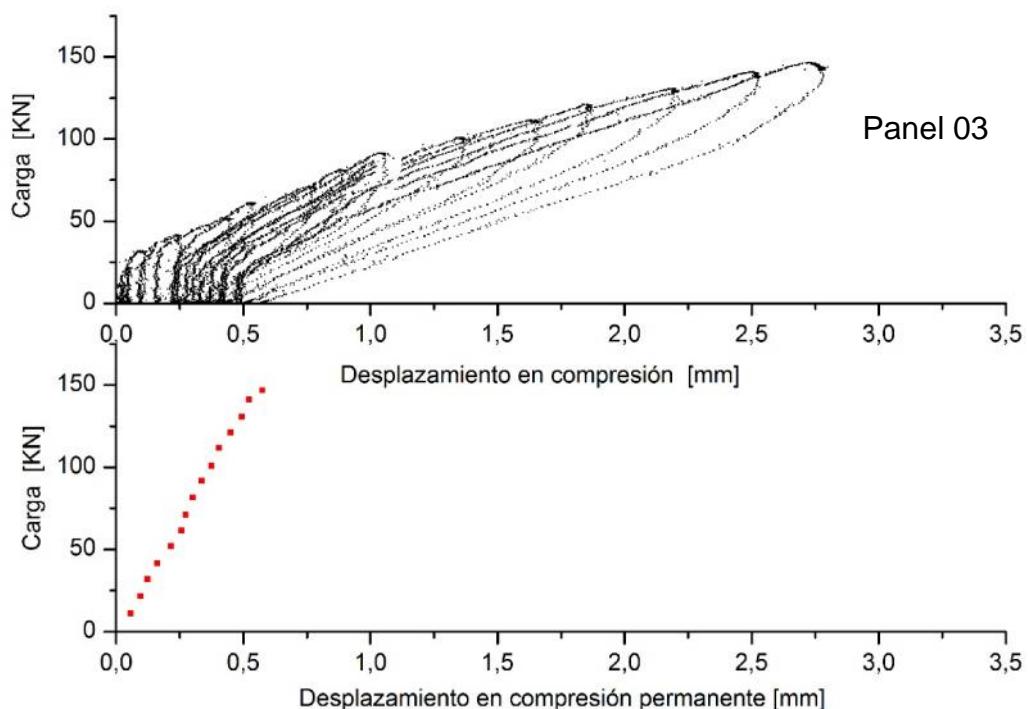


INFORME N° 16/16GEPSyN

Según OT:12/16 GEPSyN

**PANEL 03**



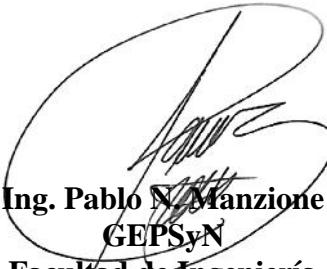




INFORME N° 16/16GEPSyN

Según OT:12/16 GEPSyN

**Carga Característica por compresión Pkr = 87.84 KN**



Ing. Pablo N. Manzione  
GEPSyN

Facultad de Ingeniería  
Universidad Nacional del Comahue



#### 4. BIBLIOGRAFÍA

1. Norma IRAM 11596 Muros de Edificios. *Método de ensayo de Impacto blando en probetas verticales*
2. Norma IRAM 11595; *Paneles Fabricados Para Muros de Edificios. Método de Ensayo de Resistencia al Impacto de la Bola de Acero;*
3. Norma IRAM 11588; *Muros Ciegos de Edificios. Método de Ensayos de Compresión,*
4. Norma IRAM 11585; *Paneles para Muros y Tabiques de Edificios.*
5. ASTM D-3043
6. ASTM D-4442
7. Principles of Wood Science and Technology. Kollmann, F.F.P., Coté W. Jr. 1968.