



FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



INFORME ELECTRÓNICO DE ENSAYO N° 644187-02

Ensayos mecánicos a un panel estructural tipo SIP con núcleo de poliestireno expandido y revestimiento de mortero de cemento

PARTE 2: Ensayo de carga horizontal

CLIENTE

MONOPLAC LTDA.

Rut: 77.997.990 – 3

Av. Eduardo Frei Montalva N° 20586, Galpón 12, Comuna de Lampa.

At. Sr. Richard Honour G.

ENSAYO

Carga horizontal cíclica, de acuerdo a la norma chilena NCh802.EOf71. Este ensayo consiste en someter al panel, a la acción de una carga horizontal cuasi-estática, cíclica e incremental, aplicada en el plano del panel (al nivel superior). La carga máxima de cada ciclo se aumenta progresivamente, hasta alcanzar la rotura del panel. En cada ciclo de carga, se mide la deformación horizontal en la dirección de carga (al nivel superior) y el deslizamiento y la rotación en la base, tanto bajo carga máxima como al retirar la carga.

DESCRIPCIÓN DEL PANEL

Se ensayan tres muestras de un panel de muro (estructural), termo-aislante, correspondientes a un módulo de 2.10 m de largo x 2.40 m de alto x 110 mm de espesor, denominado comercialmente como "PANEL MURO ONDULADO PMO 70"¹, conformado por:

- o **Estructura interna:** Doble malla de acero electrosoldada AT56 – 50H de 4.2 mm de diámetro y modulación de 150 mm x 150 mm, separadas a 70 mm entre sí y se encuentran conectadas por medio de trabas transversales electrosoldadas. Al interior del armazón formado por las mallas, se aloja un núcleo ondulado de poliestireno expandido (EPS) de densidad nominal¹ 10 kg/m³ y dimensiones nominales¹ 1.05 m de largo, 2.40 m de alto y 50 mm de espesor. Entre las mallas acero electrosoldada y el núcleo de EPS, se dispone una malla de acero laminada en frío con forma de rombo, de 36 mm ancho x 18 mm de alto (tipo "malla de gallinero"), de acero calidad SAE 1010¹, denominada¹ "metal desplegado rombo Medestuk", fabricada con un alambre de sección rectangular de 1.5 mm x 0.5 mm (ver Figura 1 y Fotos 1, 2 y 3 en Anexo B).
- o **Revestimiento exterior:** Estuco de mortero de cemento de 20 a 30 mm de espesor, de dosificación 1:3.5 (cemento: arena) y una resistencia mínima nominal a la compresión¹ de 80 kgf/cm², reforzada con fibra de polipropileno de dosificación¹ 1.5 gramos por litro de agua denominada "12 mm FIBERMESH® 150"; la cantidad de agua adicionada a la mezcla quedó a criterio del albañil. En la Tabla 1 se presentan las características del mortero.

Cada muestra se conforma de dos módulos de 1.05 m de largo x 2.40 m de alto, unidos a través de un traslape de 150 mm de sus mallas electrosoldadas en ambos caras del panel (ver Foto 5 en Anexo B). Esto se materializa mediante secciones de la malla que sobresalen 150 mm respecto del núcleo de EPS (ver Figura 1, Anexo B). En tanto, en el extremo superior, sobresalen 100 mm de la malla, con el objeto de materializar una vigueta o "cadena", la cual es cortada (no se incluye la vigueta en el ensayo).

¹ Información proporcionada por el cliente.



El panel se ancla a una viga de fundación de hormigón armado de 400 mm de ancho x 300 mm de alto y 2.5 m de largo. La fijación del panel a la fundación se materializa a través de trozos de barras de acero para hormigón armado de 8 mm de diámetro ("espárragos"), grado A440-280H, que se colocan en dos líneas, coincidentes con los revestimientos interior y exterior, respectivamente. Los "espárragos" están espaciados longitudinalmente a 600 mm, embebidos 150 mm en la viga de fundación y 500 mm en el mortero del revestimiento. La viga de fundación se fabrica con un hormigón normal H30, reforzado con barras de acero grado A440-280H; cuatro barras de diámetro de 16 mm (4 ϕ 16) y cuatro de diámetro 12 mm (4 ϕ 12) como refuerzo longitudinal y veinte estribos de diámetro 8 mm con espaciamiento variable (Ver Figuras 3 y 4 en Anexo B). En la Tabla 2, se presentan los resultados de los ensayos a compresión de probetas de hormigón extraídas de las vigas de fundación.

Los paneles fueron diseñados por el cliente y construidos por éste en IDIEM Santiago en el mes de Noviembre de 2011 (ver Fotos 4 a 7 en el Anexo B).

Tabla 1. Características del mortero de revestimiento ⁽¹⁾.

Muestra de mortero	Fecha de muestreo	Probeta	Edad (días)	Densidad (kg/m ³)	Resistencia a la Flexo-tracción (MPa)	Resistencia a la Compresión (MPa)
1	03-11-2010	1	7	2250	1.7	4.0
		2	28	2246	2.9	7.1
		3	28	2242	2.9	7.9
2	04-11-2010	1	7	2203	2.2	6.0
		2	28	2203	3.3	7.9
		3	28	2180	2.9	7.9
3	05-11-2010	1	7	1941	0.9	2.4
		2	28	1938	1.9	3.9
		3	28	1934	1.8	4.1
4	09-11-2010	1	7	2336	2.5	8.7
		2	28	2305	4.0	13.2
		3	28	2332	3.9	12.9
5	10-11-2010	1	7	2215	1.6	4.2
		2	28	2227	2.5	6.9
		3	28	2203	2.4	6.4
6	11-11-2010	1	7	2355	2.5	7.2
		2	28	2348	4.1	12.2
		3	28	2340	4.8	12.4
7	12-11-2010	1	7	2383	2.0	5.0
		2	28	2402	2.7	8.1
		3	28	2383	2.9	7.8

Nota:

- (1) La determinación de las propiedades se realizó según NCh2261.Of1996, "Morteros - Determinación de las resistencias mecánicas de probetas confeccionadas en obra", empleando la probeta RILEM de 40 x 40 x 160 mm.

**Tabla 2.** Características del hormigón de la viga de fundación.

Muestra de hormigón	Fecha de muestreo	Probeta	Edad (días)	Asentamiento (mm)	Densidad (kg/m ³)	Resistencia a la compresión ⁽¹⁾ (Cubo de 20 cm) (MPa)
1	29-10-2010	1	7	7.0	2360	15.8
		2	28		2370	23.6
		3	28		2380	25.6
2	29-10-2010	1	7	2.0	2360	19.6
		2	28		2370	31.3
		3	28		2380	31.7

Nota: (1) La determinación de la resistencia a la compresión se realizó con muestras cúbicas de 150 mm, tomadas durante el hormigonado.

MONTAJE E INSTRUMENTACIÓN

La muestra se monta en forma vertical, apoyándolo sobre una viga de acero, apertándola a esta. Para restringir el movimiento fuera de plano del panel (inestabilidad lateral), se utiliza un sistema de tensores de arrostramiento lateral. La carga se aplica en forma concentrada sobre uno de los vértices superiores del panel, mediante un cargador de acero (ver Foto 8, Anexo B).

La instrumentación utilizada se define de acuerdo a lo especificado en la norma NCh802. Se emplean transductores de desplazamiento para medir la deformación horizontal del panel, su levantamiento y el deslizamiento en la base (ver Foto 8, Anexo B), además, de un sensor de presión para medir la carga aplicada.

PROCEDIMIENTO DE ENSAYO

El procedimiento de ensayo consiste, básicamente, en:

- Se monta la muestra sobre la viga del marco de reacción, a través de pernos de acero y tensores de arrioste lateral. Luego, se coloca la instrumentación.
- A continuación, se aplica la carga de forma incremental, mediante ciclos de carga – descarga, aumentando progresivamente la carga máxima aplicada. El incremento de carga definido es de 1.96 kN (200 kgf) hasta 10.30 kN (1050 kgf) y de 3.82 kN (400 kgf) en adelante. En cada ciclo de carga, se miden las deformaciones instantánea y residual del panel. El ensayo se inicia con una carga básica de 0.49 kN (50 kgf).
- Terminado el ensayo, se observan el modo de falla del panel y los daños locales presentados.

RESULTADOS

En la Tabla 3, se presentan los resultados globales obtenidos en el ensayo de carga horizontal. Aquí se indican las cargas y las deformaciones asociadas a los estados límites siguientes: a) pérdida de proporcionalidad en el comportamiento carga horizontal – deformación horizontal; y b) resistencia máxima a la carga horizontal. En el Anexo A, se presentan las curvas carga horizontal – deformación horizontal registradas durante el ensayo.



FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE



INFORME DE ENSAYO N° 644187-02

Tabla 3. Resultados del ensayo de carga horizontal al panel ⁽¹⁾.

Muestra del Panel (N°)	Pérdida de proporcionalidad ⁽²⁾			Resistencia máxima ⁽⁴⁾		
	Carga horizontal aplicada (kN)	Carga horizontal normalizada ⁽³⁾ (kN/m)	Deformación Horizontal (mm)	Carga horizontal aplicada (kN)	Carga horizontal normalizada ⁽³⁾ (kN/m)	Deformación Horizontal (mm)
1	8.53	4.22	0.18	36.38	18.01	2.62
2	6.51	3.22	0.16	38.78	19.20	2.12
3	8.99	4.45	0.22	39.60	19.60	3.06

Notas:

- (1) Ensayo efectuado con el sistema de anclaje del panel a la fundación.
- (2) Corresponde al momento donde la curva carga horizontal – deformación deja de ser cuasi-lineal.
- (3) Corresponde a la carga aplicada en el ensayo dividida por el largo del panel (2.1 m).
- (4) La falla de las tres muestras se debe al desprendimiento del panel desde la fundación, producto de la falla por adherencia de las barras verticales de anclaje ("espárragos", ver Fotos 9 a 13 en el Anexo B).

CLASIFICACIÓN

En la Tabla 4, se presenta la clasificación del panel de acuerdo a su comportamiento a carga horizontal, según la norma chilena para paneles prefabricados NCh806.EOf71.

Tabla 4. Clasificación del panel según la norma NCh806.EOf71.

Tipo de panel	Muestra del Panel (N°)	Clasificación NCh806.EOf71	
		Según resistencia a carga horizontal	
		Grado RH	Subgrado RH
▪ Estructura interna: doble malla electrosoldada grado AT56-50H de 4.2 mm de diámetro nominal y modulación 150 mm, con poliestireno expandido ondulado interior de 50 mm de espesor y densidad 10 kg/m³. ▪ Revestimiento Exterior: Estuco de mortero cemento de 20 mm a 30 mm de espesor, reforzados con fibra y malla de acero desplegado.	1	1	C
	2	1	C
	3	1	C

Los resultados presentados en este informe sólo son válidos para las muestras identificadas en él, y no pueden ser referidos a partidas o lotes. El presente informe no constituye una certificación de productos. Se prohíbe la reproducción total o parcial del presente informe para fines publicitarios sin la autorización escrita de IDIEM.

Santiago, 21 de Marzo de 2011


PABLO CARCAMO MUÑOZ
Ingeniero Civil
Sección Estructuras - Ensayos




GUILLERMO SIERRA RUBILAR
Jefe Sección
Sección Estructuras – Ensayos

SLA/SPN/AAU/ PCM/gsr



ANEXO A. GRÁFICOS

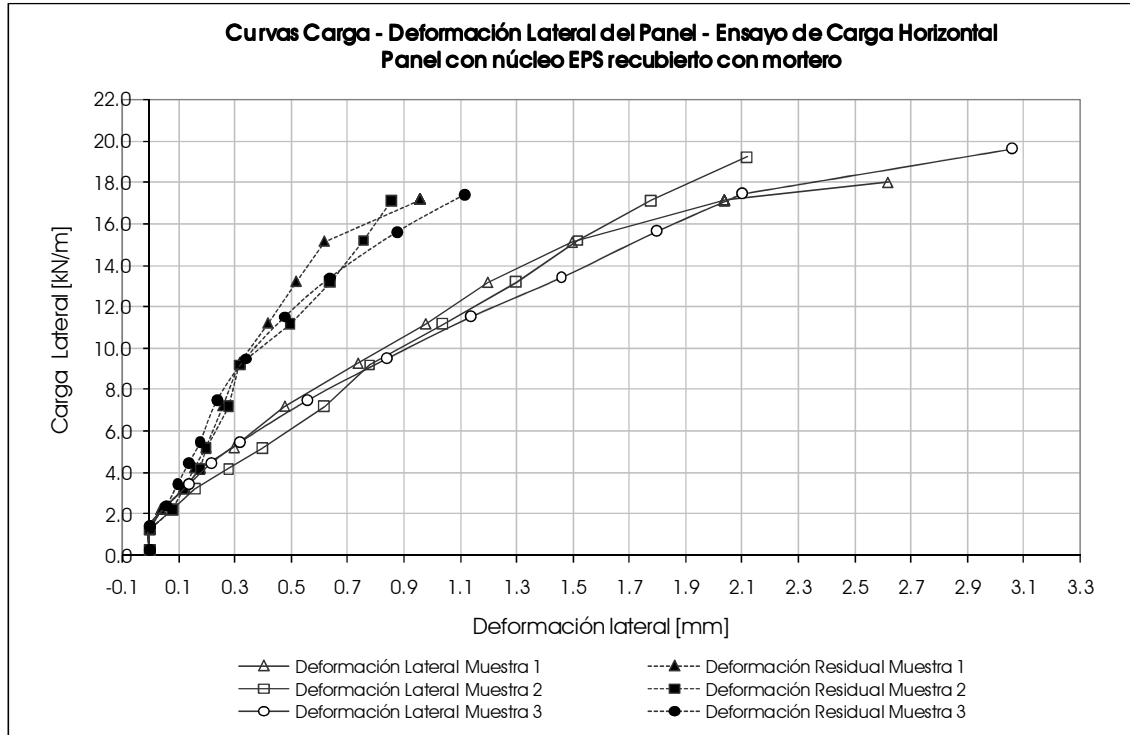


Gráfico 1. Curvas carga – deformación horizontal (carga normalizada por el largo del panel).



ANEXO B. FOTOS Y FIGURAS

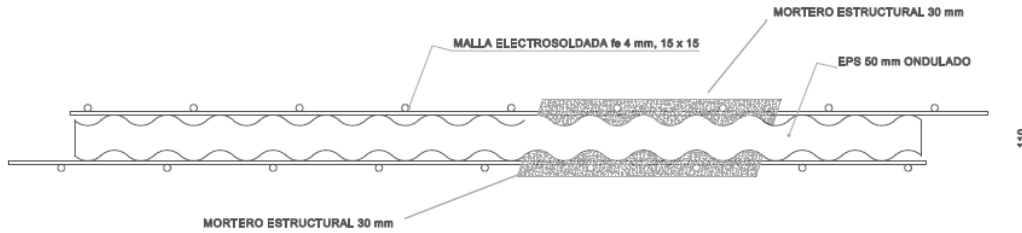


Figura 1. Esquema del panel Monoplac "PMO-70".

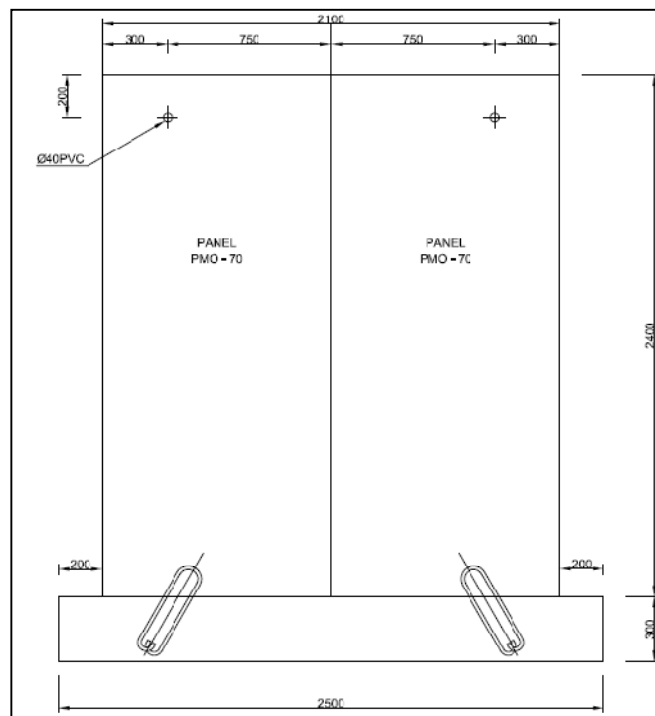
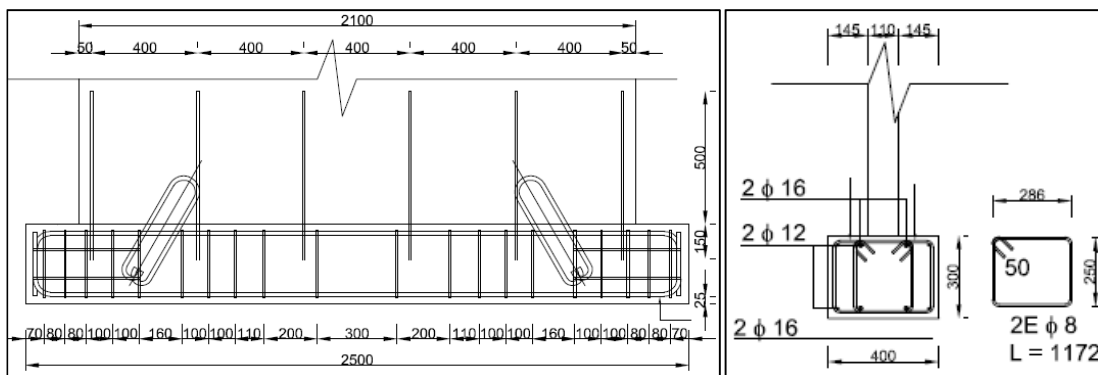


Figura 2. Vista frontal muestra de ensayo.



Figuras 3 y 4. Vista longitudinal y transversal de la viga de fundación.

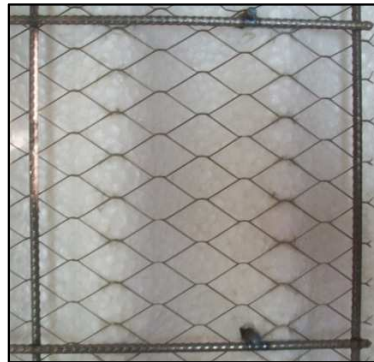


fcfm

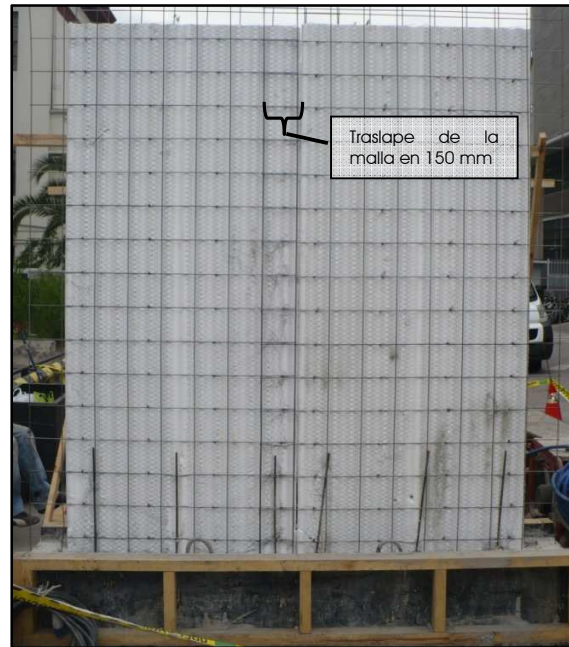
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Idiem
UN SIGLO DE CONFIANZA Y RESPALDO

INFORME DE ENSAYO Nº 644187-02



Fotos 1, 2 y 3. Estructura interna de panel Monoplac "PMO-70".



Fotos 4 y 5. Proceso constructivo. Disposición de armadura de refuerzo y moldaje en viga de fundación y anclaje de la estructura interna del panel a la fundación, respectivamente.



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

ldiem
UN SIGLO DE CONFIANZA Y RESPALDO

INFORME DE ENSAYO Nº 644187-02



Fotos 6 y 7. Proceso constructivo. Aplicación de capas de mortero sobre el panel.



Foto 8. Vista general del montaje del ensayo de carga horizontal al panel.



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

ldiem
UN SIGLO DE CONFIANZA Y RESPALDO

INFORME DE ENSAYO N° 644187-02



Fotos 9 y 10. Modo de falla de la muestra N° 1.

Falla por desprendimiento del panel de la viga de fundación.



Fotos 11 y 12. Modo de falla de la muestra N° 2.

Falla por desprendimiento del panel de la viga de fundación.



fcfm

FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Idiem
UN SIGLO DE CONFIANZA Y RESPALDO

INFORME DE ENSAYO N° 644187-02



Foto 13. Modo de falla de la muestra N° 3.
Falla por desprendimiento del panel de la viga de fundación.

Para verificar este documento ingrese a: <http://repositorio.idiem.cl>

El código del documento es: doibndgyvd