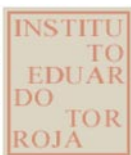




MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



INSTITUTO DE CIENCIAS
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA
C/. Serrano Galvache, n.º 4. 28033 Madrid
Tel. (+34) 91 302 04 40 · Fax (+34) 91 302 07 00
<http://www.ietcc.csic.es>



DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N.º 529/09

Área genérica / Uso previsto:

**SISTEMA DE ENCOFRADOS
DE ALUMINIO FORSA**

Nombre comercial:

FORSA

Beneficiario:

FORSA, S.A.

Sede Social /
Lugar de fabricación:

Parque Industrial y Comercial del Cauca, Etapa I
CALOTO (Cauca)
Colombia
Tel. (+57) 28 259 427
<http://www.forsa.com.co>

Validez: Desde
Hasta

21 de mayo de 2009
21 de mayo de 2014
(Condicionada a seguimiento anual)

Este Documento consta de 20 páginas



MIEMBRO DE:

UNIÓN EUROPEA PARA LA EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD TÉCNICA
UNION EUROPÉENNE POUR L'AGRÈMENT TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION
EUROPEAN UNION OF AGREEMENT
EUROPÄISCHE UNION FÜR DAS AGREEMENT IN BAUWESEN

MUY IMPORTANTE

El DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA constituye, por definición, una apreciación técnica favorable por parte del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, de la aptitud de empleo en construcción de materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales destinados a un uso determinado y específico. No tiene, por sí mismo, ningún efecto administrativo, ni representa autorización de uso, ni garantía.

Antes de utilizar el material, sistema o procedimiento al que se refiere, es preciso el conocimiento íntegro del Documento, por lo que éste deberá ser suministrado, por el titular del mismo, en su totalidad.

La modificación de las características de los productos o el no respetar las condiciones de utilización, así como las observaciones de la Comisión de Expertos, invalida la presente evaluación técnica.

C.D.U.: 69.057.5
Systèmes de Construction
Building System

DECISIÓN NÚM. 529/09

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA,

- en virtud del Decreto n.º 3.652/1963, de 26 de diciembre, de la Presidencia del Gobierno, por el que se faculta al Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, para extender el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA de los materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales de construcción utilizados en la edificación y obras públicas, y de la Orden n.º 1.265/1988, de 23 de diciembre, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, por la que se regula su concesión,
- considerando las especificaciones establecidas en el Reglamento para el Seguimiento del DIT del 28 de octubre de 1998,
- considerando la solicitud formulada por la Empresa FORSA, S.A., para la concesión de un DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA, al **Sistema de encofrados de aluminio FORSA**,
- en virtud de los vigentes Estatutos de l'Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction (UEAtc),
- teniendo en cuenta los informes de visitas a obras realizadas por representantes del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, los informes de los ensayos realizados en el IETcc, así como las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos, en sesión celebrada el día 7 de mayo de 2009,

DECIDE:

Conceder el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA número 529/09 al **Sistema de encofrados de aluminio FORSA**, considerando que,

La evaluación técnica realizada permite concluir que el Sistema es **apto para el fin propuesto y cumple las exigencias de tratamiento superficial requerido en la EHE**, siempre que se respete el contenido completo del presente documento y en particular las siguientes condiciones:

CONDICIONES GENERALES

El presente DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA evalúa exclusivamente el Sistema de encofrados propuesto por el peticionario y tal y como se describe en el presente documento, debiendo para cada caso, de acuerdo con la Normativa vigente, acompañarse del preceptivo proyecto técnico y llevarse a término mediante la dirección de obra correspondiente.

El proyecto técnico del Sistema de encofrados FORSA vendrá suscrito, en cada caso, por FORSA, S.A., que justificará el cumplimiento de la normativa en vigor, aportando la correspondiente memoria de cálculo y la documentación gráfica en la que se detallen la geometría y tolerancias de todas y cada una de las piezas, la de las juntas y, especialmente, las condiciones de conexión de piezas entre sí y con el resto de elementos estructurales. Dicho proyecto técnico será aprobado por el autor del proyecto y/o la Dirección Facultativa, según proceda. Se tendrán en cuenta las prescripciones de las normativas vigentes.

CONDICIONES DE CÁLCULO

En cada caso se comprobará, de acuerdo con las condiciones de cálculo indicadas en el Informe Técnico de este Documento, la estabilidad, resistencia y deformaciones admisibles, justificando la adecuación del Sistema para soportar los esfuerzos mecánicos que puedan derivarse de las acciones correspondientes a los estados límite último y de servicio, en las condiciones establecidas por la Normativa en vigor y para la situación geográfica concreta.

CONDICIONES DE FABRICACIÓN Y CONTROL

El fabricante deberá mantener el autocontrol que en la actualidad realiza sobre las materias primas, el proceso de fabricación y el producto acabado, conforme a las indicaciones que se dan en el apartado 4 del Informe Técnico.

CONDICIONES DE PUESTA EN OBRA

La puesta en obra del Sistema debe ser realizada FORSA, S.A., o por empresas cualificadas, reconocidas por ésta, bajo su control técnico, las cuales garantizarán que la utilización del Sistema se efectúa en las condiciones y campos de aplicación cubiertos por el presente Documento, respetando las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos. Una copia del listado actualizado de empresas instaladoras reconocidas FORSA, S.A., estará disponible en el IETcc.

De acuerdo con lo anterior, el presente documento ampara exclusivamente aquellas obras que hayan sido realizadas por FORSA, S.A., o por empresas cualificadas, reconocidas por éstas.

En general, se tendrán en cuenta las disposiciones contenidas en la legislación vigente de Seguridad y Salud en el Trabajo, y en particular se adoptarán todas las disposiciones necesarias relativas a la estabilidad de las construcciones durante el montaje, que fijará, para lo relativo al Sistema de encofrados de aluminio FORSA, la empresa FORSA, S.A., con la aprobación del Director de Obra, debiendo formar parte del Plan de Seguridad y Salud de la obra.

VALIDEZ

El presente Documento de Idoneidad Técnica número 529/09, es válido durante un período de cinco años a condición de:

- que el fabricante no modifique ninguna de las características del producto indicadas en el presente Documento de Idoneidad Técnica,
- que el fabricante realice un autocontrol sistemático de la producción tal y como se indica en el Informe Técnico,
- que anualmente se realice un seguimiento, por parte del Instituto, que constate el cumplimiento de las condiciones anteriores, visitando, si lo considera oportuno, alguna de las realizaciones más recientes.

Con el resultado favorable del seguimiento, el IETcc emitirá anualmente un certificado que deberá acompañar al DIT, para darle validez.

Este Documento deberá, por tanto, renovarse antes del 21 de mayo de 2014.

Madrid, 21 de mayo de 2009

EL DIRECTOR DEL INSTITUTO DE CIENCIAS
DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA

Carlos Miravittles Torras

INFORME TÉCNICO

1. OBJETO DEL DIT

Sistema de encofrados de aluminio FORSA de paneles tipo "Machihembrado" y tipo "Lámina", para muros, forjados y tabiquería de viviendas en edificios de hormigón armado (Figuras 1 y 1a).

Dadas las especiales características de los paneles, éstos son fabricados únicamente bajo pedido por obra concreta.

Este documento no evalúa el comportamiento estructural y otras prestaciones de los elementos resultantes de hormigón armado.

2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema de encofrados FORSA está formado por paneles de aluminio estructural, realizados con perfiles extruidos y machihembrados, en el caso de los paneles tipo "Machihembrado", y por láminas, en el caso de los paneles tipo "Lámina". Ambos están reforzados con pletinas y perfiles de aluminio.

El sistema está formado por paneles muro y losa estándar, por otros tipos de paneles asociados a los anteriores y por diferentes accesorios que permiten su armado.

2.1 Materiales

2.1.1 Paneles

Para la fabricación de los paneles se utilizan perfiles extruidos y láminas, de aleación de aluminio estructural.

Los perfiles utilizados para la fabricación de los paneles tipo "Machihembrado" son aleaciones 6061, temple 5 y 6, y 6261, temple 5. Para fabricar el panel, los perfiles se unen machihembrados entre sí, con soldadura de aluminio 5356.

Para los paneles tipo "Lámina" se utilizan aleaciones 5052, temple H38, H36, H34 y H32.

2.1.2 Accesorios

Los accesorios para paneles son de acero de alta resistencia mecánica sometidos a diferentes tratamientos térmicos.

2.2 Características de los paneles

2.2.1 Paneles muro estándar

Los paneles muro estándar (Figura 2) tienen anchos entre 60 y 90 cm, con alturas de 210 y 240 cm, sin embargo, según requiera el diseño se pueden fabricar paneles de diferentes anchos y alturas desde 10 hasta 90 cm y desde 30 hasta 300 cm, respectivamente, con diferentes combinaciones.

Presentan refuerzos transversales (Figura 2a), instalados cada 30 cm, para garantizar un mejor comportamiento a la deformación de los paneles en servicio.

Todas las esquinas de los paneles se encuentran reforzadas con triángulos que actúan como elementos rigidizadores (Figura 2b).

Los paneles tienen los laterales perforados, para dar versatilidad de uso a los mismos. Las perforaciones están protegidas mediante los "bushing" (Figura 2c), que son elementos de acero, que se instalan como refuerzos de las perforaciones, para el ensamble y para la instalación de elementos alineadores.

2.2.2 Paneles asociados a los paneles muro

Para definir las esquinas se utilizan diferentes tipos de paneles, en función del acabado que se busque:

Ángulo exterior: Perfil de aluminio utilizado para conformar las esquinas exteriores a 90 grados (Figuras 3 y 3a).

Esquinero de muro interno: Elemento de aluminio que conforma las esquinas interiores a 90 grados (Figuras 4 y 4a).

Las fachadas y secciones exteriores de las viviendas pueden ser conformadas con formaletas CAP más el panel de muro estándar o con formaletas altas:

Formaleta CAP: Panel que sirve de complemento al panel estándar, para completar la altura total del muro exterior, abarcando el espesor de la losa (Figura 5).

Formaleta Alta: Panel que cubre la altura total del muro exterior más el espesor de la losa (Figura 6).

Para determinar la forma, altura y ángulo de inclinación del muro se utilizan Formaletas para Culas (Figura 7). Son paneles que se aseguran a los paneles de muro mediante pin grapas en el borde inferior y pasadores en los bordes laterales.

Como cierre de los muros se utilizan Tapamuros de perfil de aluminio (Figura 8), que se ensamblan con pasadores y cuñas, y si la configuración no es estándar, con pin grapas.

2.2.3 Paneles losa estándar

Se utilizan como paneles losa estándar (Figura 9) los de 90 × 120 cm, sin embargo, dependiendo del diseño requerido, se pueden fabricar anchos y largos desde 10 hasta 90 cm y desde 30 hasta 130 cm, respectivamente, con diferentes combinaciones.

El perfil lateral está ranurado y perforado (Figura 9a), para permitir el ensamble de un panel con otro. El perfil ranurado permite utilizar el panel en diferentes posiciones, asegurándolos con pin grapas.

Presentan refuerzos transversales de 7,5 cm (Figura 9b), que garantizan un mejor comportamiento a la deformación de los paneles en servicio.

2.2.4 Paneles asociados a los paneles losa

Para la conexión entre un panel muro y un panel losa se utiliza la Unión muro-losa (Figuras 10 y 10a). Se trata de una pieza de aluminio, fabricada en perfiles 6061, reforzada en todas sus esquinas.

La unión entre muros y losas también puede realizarse utilizando la Cuchilla (Figura 11), que es una pieza de aluminio que se apoya en la sección superior del panel muro.

El Culatón es una pieza que funciona como conector entre paneles muro y losas inclinadas (Figura 12).

Para el apuntalamiento de las losas (Figura 13) se utilizan bien perfiles de aluminio, Vigas en I, de 13,5 cm de altura, o Vigas en U de 5,4 cm de altura, o bien Losas puntal, que varían entre 10 y 30 cm de ancho, con longitudes variables en función del diseño y sobre las que se sitúan directamente los puntales.

2.3 Características de los accesorios

Los elementos accesorios son fabricados por proveedores externos.

Los accesorios más comunes utilizados en el sistema FORSA, se relacionan a continuación:

Pasador: Junto con la cuña sirve para la sujeción de paneles de muro entre sí, con angulares, esquineros de muro y tapamuros, así como para la sujeción de paneles de losa (Figuras 14 y 14a).

Cuña para pasador: Trabaja en conjunto con los pasadores y el pin flecha (Figura 15).

Pin flecha: Junto con la cuña asegura la sujeción de paneles (Figuras 16 y 16a).

Corbata: Accesorio de acero al carbono, que sirve para sujetar y separar los paneles, determinando el espesor del muro. Se instalan en las uniones de paneles, cada 30 cm (Figuras 17 y 17a).

Pin grapa: Accesorio generalmente utilizado para unir paneles de muro con elementos de unión muro-losa, cerramientos, conectores o para unir paneles de losa con losa. Se utiliza cuando no coinciden las perforaciones entre paneles (Figuras 18 y 18a).

Grapa candado: Accesorio cuya forma de grapa permite la sujeción entre paneles, sin necesidad de accesorios adicionales (Figuras 19 y 19a).

Portalineadores: Mantienen el alineamiento horizontal de los paneles de muros, instalándose horizontalmente en cada unión de paneles. Dependiendo de la altura del muro se emplean 2 ó 3 líneas de portalineadores (Figuras 20 y 21).

Tensor de vanos para puertas y ventanas: Se utilizan para mantener la dimensión de las puertas y ventanas (Figura 22).

3. FABRICACIÓN

3.1 Centro de producción

Los paneles de aluminio FORSA, se fabrican en la factoría de la empresa FORSA, S.A., situada en el Parque Industrial y Comercial del Cauca, Etapa I, en el municipio de Caloto, perteneciente al Departamento de Cauca, en Colombia.

La capacidad de producción de la planta, según el fabricante, es de 8.500 m² mensuales.

La empresa tiene implantado un sistema de calidad según las Normas ISO 9001:2000, certificado por ICONTEC de Colombia, con el certificado N.º SC2247-1, en vigor hasta el 30 de mayo de 2010.

3.2 Proceso de fabricación

Los procesos que implican la fabricación de los paneles de encofrado son los siguientes:

Corte del perfil: La fabricación se inicia con el corte de los perfiles siguiendo la instrucción de fabricación.

Troquelado: Se procede al troquelado y al remachado del bushing en las perforaciones estándar.

Fresado: Se fresa el perfil en la perforación, según el plano informativo.

Cajeo: Se realiza el cajeo en los perfiles machos, hembras e internos, para la ubicación de los refuerzos en el armado.

Remachado: Se remacha el bushing en las perforaciones estándar.

Ensamblaje de perfiles: Los perfiles se ensamblan de acuerdo a la instrucción de montaje.

Unión de perfiles: Se procede a la unión de los perfiles, mediante cordones de soldadura entre los cajeros, y al pulido de las mismas.

Ensamblaje de refuerzos horizontales: Se ensamblan los refuerzos horizontales y se puntean con soldadura para garantizar su posicionamiento.

Ensamblaje de platinas, refuerzos verticales, triángulos y accesorios: Una vez ensamblados se procede a la soldadura de las uniones, mediante cordón continuo.

Limpieza: Previamente a la limpieza se procede al pulido de los excesos de soldadura en las uniones del ensamble, se da un mejor acabado a las áreas pulidas y se limpia el panel por la cara de refuerzo, retirando las manchas negras producidas por las soldaduras.

Acabado del panel: Para finalizar, se pasa el panel entre rodillos, para garantizar su planeidad, y se somete a presión, para garantizar su rectitud y disminuir el viramiento entre extremos.

Armado y verificación de los módulos: Se efectúa el armado de los paneles, se verifica la existencia de anomalías y se corrigen las mismas.

Embalaje y despacho: Una vez verificado el armado, el módulo se desarma y se prepara para su envío a obra. Las piezas son identificadas, embaladas y distribuidas en palets.

4. CONTROLES

4.1 Control de la materia prima

4.1.1 Control de la perfilería

Se controlan características dimensionales, dureza y composición química.

Las especificaciones dimensionales vienen establecidas en los planos. Asimismo, se controla la planeidad, rectitud, viramiento y angularidad. El tamaño del lote se establece por pedido recibido, según NTC-ISO 28859-1, nivel de inspección II,

plan de muestreo simple para inspección normal, NAC 4%. Según esta norma, en función del tamaño del lote y del nivel de inspección elegido se establece el tamaño de la muestra.

La dureza se controla mediante un durómetro en escala Rockwell F y/o escala Webster (Wb) y se realiza el ensayo a dos muestras por lote. El tamaño del lote se establece por pedido recibido.

La composición química se controla en laboratorio externo, sobre probetas de 50 × 50 mm, tomando 3 muestras por proveedor. Las muestras deben cumplir las especificaciones establecidas en la norma Aluminum Standards and Data⁽¹⁾, de The Aluminum Association.

4.1.2 Control de la lámina

Se controlan características dimensionales y dureza. Asimismo, en función del tipo de certificación aportada, se controla la composición química, propiedades mecánicas y doblado en aleaciones 5052 H32 y H34.

Las especificaciones dimensionales vienen establecidas en los planos. Además, se controla la angularidad y las diagonales. Los tamaños del lote y de la muestra se establecen igual que en la perfilería.

La dureza y la composición química se controlan del mismo modo que en la perfilería. Se deben cumplir las especificaciones, relativas a composición química, de la norma Aluminum Standards and Data⁽²⁾, de The Aluminum Association.

Las propiedades mecánicas se determinan en laboratorio externo, controlándose la tensión de rotura, el límite elástico y el alargamiento en rotura, sobre probetas de 20 × 200 × 12,5 mm, tomando 2 probetas por lote. Las muestras deben cumplir las especificaciones establecidas en la norma Aluminum Standards and Data⁽³⁾, de The Aluminum Association, además se contrasta con los certificados de propiedades mecánicas enviados por el proveedor.

Se realiza control del doblado, en laboratorio interno, de probetas de 200 × 200 mm, tomando tres probetas por cada lote de importación. En las aleaciones 5052 H36 y H38 no se realiza esta prueba, ya que se utilizan exclusivamente para fabricar piezas planas.

⁽¹⁾ Las normas equivalentes en España son UNE 38342 y EN AW-6261, para las aleaciones 6061 y 6261, respectivamente.

⁽²⁾ Equivalente a la norma española UNE 38336.

⁽³⁾ Equivalente a la norma española UNE 38336.

4.1.3 Control de los accesorios

Se realizan diferentes controles según el tipo de accesorio (véase Tabla n.º 1):

- Características dimensionales (CD).
- Composición química (CQ).
- Análisis metalográfico (AM).
- Dureza (DR).
- Microdureza (MD).
- Prueba de usos (PU).
- Tenacidad (TN).
- Prueba de ensamble (PE).
- Prueba de tensión (PT).

Tabla n.º 1

Accesorios	Aspectos a verificar								
	CD	CQ	AM	DR	MD	PU	TN	PE	PT
Alineador de caps - Estándar y especiales	X								
Pasarela exterior	X								
Aros de refuerzo de 12.5 mm	X							X	
Aros de refuerzo de 11.5 mm - Cajeo	X							X	
Barreta niveladora	X								
Base para gatos	X								
Bushing galvanizado 3p	X								
Bushing galvanizado 5p	X	X	X	X	X			X	
Corbatas muro	X	X	X	X					X
Cuña retenedora	X								
Cuñas en ángulo	X								
Cuñas para pasador	X	X	X	X	X	X		X	
Escalera	X								
Grada móvil plegable	X								
Grapa candado	X	X	X	X		X	X	X	
Grapaflecha	X	X	X	X		X	X	X	
Pasador corto	X	X	X	X		X		X	
Pasador corto sin ranura	X								
Pasador cabeza plana	X			X				X	
Pasador mediano	X								
Pasador largo	X								
Pasador extralargo	X								
Pin para cenefa	X							X	
Pin flecha	X	X	X	X		X		X	
Pin grapas izquierdo / derecho 24 mm	X	X	X	X		X	X	X	
Pin grapas izquierdo / derecho 20.25 mm	X			X		X	X	X	
Portaalineador	X								
Portaalineador vertical	X								
Sacacorbata de impacto / de leva	X								
Sacapanel	X								
Tensor de muros de 310 / 390 cm	X								
Tensor tipo a, b, c, d	X								

Los ensayos de características dimensionales, dureza, pruebas de usos, tenacidad y prueba de ensamble, se realizan en laboratorio interno. Mientras que la composición química, análisis metalográfico, microdureza y la prueba de tensión, se realizan en laboratorio externo y se contrastan con los certificados enviados por el fabricante. Los lotes de control y las frecuencias de ensayo se muestran en la Tabla n.º 2.

Tabla n.º 2

Variable a controlar	Tamaño de muestra	Frecuencia de inspección
Características dimensionales	NTC-ISO 2859-1, inspección simple AQL 10%, nivel de Inspección II	Por orden de compra
Composición química	1 / Accesorio	Trimestral
Análisis metalográfico	1 / Accesorio	Trimestral
Dureza	5-10 ud / Accesorio	Por orden de compra
Microdureza	1 / Accesorio	Trimestral
Prueba de usos	5 ud / Accesorio	Por orden de compra
Tenacidad	5 ud / Accesorio	Por orden de compra
Prueba de ensamble	5 ud / Accesorio	Por orden de compra
Prueba de tensión	1 / Accesorio	Trimestral

4.2 Control de ejecución durante el proceso de fabricación

Se controlan las características dimensionales durante las etapas indicadas en la Tabla n.º 3.

Tabla n.º 3

Etapas	VARIABLES a controlar	Tamaño de muestra	Frecuencia de inspección
Corte	Largos de refuerzos 2004	1 pieza	Por cada 10 cortes
	Largos de refuerzos 2005	1 pieza	Por cada 10 cortes
	Perfil cortado	1 pieza	Por cada 10 cortes
	Escuadra del corte	1 pieza	Por cada 10 cortes
Troquelado	Material cortado	Por lote	Por cada entrega de corte
	Troquel a utilizar en perforación	Por troquel	Mensual
	Distancia de centro a CC de la perforación	Mensual	Mensual
	Distancia entre perforaciones horizontales	1 pieza	Por cada 10 piezas
	Distancia entre perforaciones verticales	1 pieza	Por cada 10 piezas
	Número de perforaciones	100%	100%
	Topes del troquel	Por troquel	Mensual
	Fresado	Material troquelado	1 pieza
Profundidad del fresado		1 pieza	Por cada 10 piezas
Número de fresados		100%	100%
Cajeo	Material fresado	1 pieza	Por cada entrega fresado
	Distancia entre ubicación de refuerzos	1 pieza	Por cada 10 piezas
Remachado	Material cajeado	1 pieza	1 pieza por cada entrega cajeo
	Troquel a utilizar para remachado	Por troquel	Mensual
	Tipo de ojal	Por troquel	Mensual
	Remachado Bushing		100%
		100%	100%
		100%	100%

4.3 Control del producto acabado

Sobre cada panel terminado se inspecciona que la pieza está completamente soldada, la continuidad de la soldadura, que tras el pulido se conservan las características definidas en los planos, se controla el acabado del panel, la planeidad del mismo tras el paso por los rodillos y la planeidad final tras el paso por la prensa.

Como acción complementaria al control de calidad del producto terminado, se realizan los siguientes ensayos:

- Prueba de líquidos penetrantes. Se trata de una prueba no destructiva con la cual se determinan las porosidades internas de los paneles, según la norma AWS D1.2. La suma de las dimensiones más grandes de todas las inclusiones y porosidades no excederá 20 mm en cada segmento de 100 mm. Se realiza sobre dos paneles, con una frecuencia bimensual.
- Pruebas de resistencia al plegado. Prueba destructiva que consiste en someter una probeta, que se toma del panel, a golpes repetidos hasta que la probeta se dobla sobre sí misma, según la norma AWS D 1.2. La probeta habrá superado la prueba satisfactoriamente si se dobla sobre sí misma. Si la probeta se fractura, la superficie rota deberá ser examinada visualmente y superará la prueba si muestra una fusión completa en la raíz de la unión y no exhibe inclusiones o porosidades mayores de 2 mm, en la dimensión más grande. La prueba se realiza sobre dos probetas, cada dos meses, en laboratorio externo.
- Prueba de inspección de la soldadura. Se inspeccionan visualmente las soldaduras y se verifica el tamaño y la penetración de la unión. Los cortes para llevar a cabo este ensayo se realizan en aquellas uniones que involucran la lámina de aleación 5052 y los perfiles de aleación 6261. La prueba se realiza cada dos meses, sobre una probeta, en laboratorio externo y siguiendo las indicaciones de la norma AWS D1.2.

Una vez fabricados todos los paneles se procede al armado del módulo, para detectar y corregir posibles errores, antes de que la mercancía llegue a la obra. Se verifica que las caras de contactos no presentan abolladuras, la distribución del apuntalamiento, la coincidencia de detalles arquitectónicos y que las perforaciones están enfrentadas para un perfecto ajuste. La validación de la modulación se realiza sobre todos los pedidos efectuados.

5. TRANSPORTE DEL MATERIAL

El módulo, desarmado y organizado por piezas, es inventariado y embalado. Las piezas son identificadas por número de palet y se elabora una Lista de Empaquetado, con todas las piezas que se van a enviar.

Cuando llega el contenedor a la planta de la factoría, se carga el material y se cierra y sella el mismo.

6. PUESTA EN OBRA

6.1 Acopio

Los paneles deben colocarse sobre travesaños de madera o sobre suelo de hormigón, para que no resulten dañados. No deben almacenarse más de 20 paneles en altura.

6.2 Tratamiento de paneles

Para asegurar el cumplimiento del artículo 68.3 de la EHE, se realiza el siguiente tratamiento superficial:

Se ha de disponer de un área amplia, donde se deben extender los paneles. Se prepara una mezcla homogénea de cal y agua, 20 kg de cal por cada 95 l de agua, para una superficie de 200 m² de panel. Se mezcla durante 15 minutos y se aplica con rodillo, sobre la cara de contacto del panel y los laterales. Los paneles se dejarán pintados de un día para otro.

6.3 Proceso de montaje

6.3.1 Encofrado de cimentación

En primer lugar, se traza el contorno de la vivienda, se colocan los paneles de encofrado de cimentación y se marcan las vigas de cimentación siguiendo los planos. Se coloca la armadura de refuerzo, las instalaciones hidráulicas, sanitarias y eléctricas y las mallas electrosoldadas. Finalmente se vierte el hormigón, haciendo previamente una revisión final, para asegurar que todo está debidamente fijado.

6.3.2 Encofrado de muros

La primera operación en el encofrado de muros, es realizar el replanteo trazando con tiza sobre la losa de cimentación la ubicación exacta de los muros, con el espesor correspondiente, verificando que las esperas estén lo más centradas posible dentro del espesor del muro. Se deben marcar cuatro líneas,

dos internas que establecen el ancho del muro y dos externas que corresponden al espesor del panel de encofrado (55 mm).

Después se instala la armadura del muro y se atan con alambre las armaduras de espera de la losa a las mallas electrosoldadas de los muros y, si es necesario, se instalará armadura de refuerzo.

Sobre las dos líneas interiores marcadas, se perfora con un taladro cada 60 cm y se introducen segmentos de redondos de acero, que servirán de guía para que los paneles queden bien alineados.

Antes de proceder al montaje de los muros, se deben sujetar a la malla las cajas eléctricas y los conductos eléctricos, sanitarios y de gas, para evitar que se desplacen.

El montaje de los muros se puede realizar de dos maneras: Montando el panel interior de muro y luego el exterior o bien montando simultáneamente los paneles de muro interior y los de muro exterior. Esta última secuencia es la recomendada por el fabricante, por ser más ágil, rápida y segura.

La instalación se iniciará en las esquinas de la edificación, sobre los trazos de replanteo de la vivienda. Se fija al esquinero de muro un panel de encofrado a cada lado, formando una escuadra para dar estabilidad al conjunto. Para unir un panel con otro, se inserta el pasador flecha de FORSA, a través de las perforaciones del panel. Se coloca la corbata con la funda instalada, insertándola en el extremo de los pasadores, fijando así el panel interior con el exterior. La corbata actúa como un separador, permitiendo obtener un muro de espesor homogéneo y además soporta la presión de vaciado. Una vez asegurada la esquina, se continúan ensamblando simultáneamente los paneles de muro exteriores e interiores.

Los marcos de puertas y ventanas quedan sellados con el tapamuro, que se une a los paneles mediante pasadores. Para garantizar que las puertas y ventanas mantengan la medida requerida se coloca el tensor. En las ventanas debe colocarse a 1/3, en la parte superior del vano, y en las puertas, cuando haya dintel, se colocará en la parte inferior del vano. En caso de que el vano llegue hasta la losa, se colocará un tensor en la parte superior y otro en la inferior.

Para mejorar la alineación de los muros, se colocan el portalineador y el ángulo alineador, en el exterior e interior del panel.

6.3.3 *Encofrado de losas*

Una vez terminada la instalación de los muros se inicia la colocación de las losas. Se utiliza la unión

muro-losa, que consiste en un perfil conector con dos formas: ángulo recto o perfil con cornisa.

Se coloca el esquinero de losa y se asegura al panel por medio del pin grapa. Después se colocan los paneles de losa, asegurados a la unión muro-losa con el pin grapa. Se continuarán uniendo los paneles entre sí, utilizando el pasador corto y asegurándolo con la cuña.

Se instalarán losas puntales, donde el plano de modulación lo indique, y se asegurarán a los paneles de losa mediante pin grapa. Se utilizarán puntales para apelar la losa, ubicados bajo los perfiles o las losas puntales y donde el técnico considere oportuno.

Terminada la instalación de la losa, se colocan las mallas inferiores de refuerzo de la misma, la tubería y los accesorios hidráulicos y sanitarios. Posteriormente se instalan las mallas de refuerzo superior. Antes del vertido del hormigón debe revisarse todo el montaje y asegurar la correcta instalación de los accesorios.

El vertido del hormigón se inicia en una esquina del muro del panel, junto con el vibrado. Simultáneamente con el vertido del hormigón debe iniciarse el golpeo de los paneles con un martillo de caucho, para que el hormigón se desplace hacia dentro y para obtener un mejor acabado superficial.

6.3.4 *Encofrado de plantas superiores*

Se seguirá el método utilizado con los muros del primer piso, ubicando en el segundo piso los paneles desmontados.

Para las construcciones de dos o más pisos, se instalan los andamios perimetrales en el perímetro de la vivienda. Los andamios sirven para alinear la cara exterior del panel.

Antes del armado de la losa se debe revisar que los muros están completamente aplomados y a escuadra en las esquinas.

6.4 **Proceso de desmontaje**

6.4.1 *Desencofrado de muro*

Para desmontar los paneles hay que retirar los alineadores y portalineadores, las cuñas y los pasadores. Se iniciará el desencofrado de los paneles en la mitad de una pared, retirando los paneles de uno en uno, asegurándose de que los paneles salen de manera uniforme, para garantizar la calidad del acabado del hormigón. Para finalizar se extraen las corbatas, mediante el saca-corbatas.

6.4.2 Desencofrado de losa

Se iniciará el desencofrado de los paneles de la losa por un extremo de la vivienda. Se retiran las cuñas y los pin grapas, y se desencofra uno por uno los paneles de la losa. Solamente se dejará instalada la losa puntal con sus respectivos puntales.

7. ENSAYOS

Se realizaron ensayos mecánicos en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc) y en la Universidad del Valle de Cali (Colombia). Asimismo, se realizaron ensayos químicos en el IETcc.

La descripción y los resultados de los ensayos se recogen en los informes n.º 19.250-I-II-III.

7.1 Ensayos mecánicos realizados en el IETcc

En el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja se realizaron ensayos mecánicos con objeto de comprobar el comportamiento de los elementos que constituyen el Sistema de encofrados FORSA. Se efectuaron ensayos sobre los siguientes tipos de paneles:

- Panel losa estándar tipo “Lámina”.
- Panel losa estándar tipo “Machihembrado”.
- Panel muro estándar tipo “Lámina”.
- Panel muro estándar tipo “Machihembrado”.

Los procedimientos de ensayo descritos a continuación se desarrollan en el informe n.º 19.250-I.

7.1.1 Ensayos sobre paneles losa estándar

Ensayos a flexión sobre dos paneles tipo “Lámina”.

Para conocer el comportamiento de la unión entre paneles, se ensayaron dos paneles de 0,90 × 1,20 m, ensamblados siguiendo las indicaciones del peticionario.

Las deformaciones obtenidas con 4 y 5 kN fueron de 13,6 y 19,0 mm, respectivamente. El conjunto falló por deformación, siendo la máxima carga alcanzada, incluyendo el peso de los perfiles de reparto, de 18,1 kN. Una vez se separaron los paneles ensayados se apreció la fisuración de los paneles en las proximidades de las perforaciones.

Ensayo de flexión sobre un conjunto de 12 paneles tipo “Lámina”.

Se ensayó una superficie de 12,96 m², formada por paneles de 0,90 × 1,20 m, ensamblados siguiendo las indicaciones del peticionario.

En la Tabla n.º 4 se muestra la secuencia de cargas aplicadas durante el ensayo, el canto de la losa maciza de espesor equivalente de forjado, considerando una densidad del hormigón de 2.500 kg/m³, y las flechas obtenidas en cada uno de los puntos de medida.

El fallo del sistema se produjo a los 175,75 kN, por la rotura de una soldadura de uno de los paneles, que provocó la flexión de tres de ellos situados en la primera línea.

Tabla n.º 4

Carga (kN)	Espesor equivalente de forjado (cm)	T1 (mm)	T2 (mm)	T3 (mm)	T4 (mm)
22,61	7,1	2,5	2,1	3,9	-0,8
42,61	13,4	4,7	3,4	6,9	0,3
62,61	19,7	7,0	4,4	10,0	2,3
82,61	26,0	9,3	5,6	13,0	4,2
102,61	32,3	11,2	6,6	16,3	6,2
122,61	38,6	13,7	8,0	20,0	8,5
142,61	44,9	16,3	9,2	24,3	11,5
162,61	51,2	19,4	10,6	29,8	15,4
175,75	55,4	21,6	11,5	34,5	19,2

Debido a que el fallo del conjunto se produjo en los paneles de un extremo y no se observaron daños en el resto de los elementos, se repitió el ensayo sobre los 6 paneles del otro extremo, con la misma secuencia de carga y con un sólo actuador hidráulico. Se registraron los datos de los transductores T2, T3 y T4, situados en la misma posición que en el ensayo anterior.

En la Tabla n.º 5 se muestra la secuencia de cargas aplicadas durante el ensayo de los 6 paneles losa.

El fallo del sistema se produjo a los 86,76 kN por la rotura de las soldaduras en varios paneles, que provocó la flexión de tres de ellos. Tanto en este ensayo como en el anterior, las soldaduras que rompieron se encontraban en el nervio central de los paneles, debajo del perfil de reparto de la carga.

Tabla n.º 5

Carga (kN)	Espesor equivalente de forjado (cm)	T2 (mm)	T3 (mm)	T4 (mm)
11,31	7,1	0,5	3,2	0,1
21,31	13,4	1,2	6,2	2,0
31,31	19,7	1,8	9,0	4,0
41,31	26,0	2,6	11,7	5,8
51,31	32,3	3,1	14,6	7,6
61,31	38,6	3,8	17,5	9,5
71,31	44,9	4,4	20,4	11,4
81,31	51,2	4,9	23,2	13,4
86,76	54,6	5,1	25,3	14,7

Ensayos de carga puntual sobre paneles tipo “Lámina” y tipo “Machihembrado”.

Se realizaron ocho ensayos de carga puntual sobre ocho paneles losa de 0,90 × 1,20 m, cuatro tipo “Lámina” y otros cuatro tipo “Machihembrado”. En la tabla n.º 6 se muestran las deformaciones del panel para una carga de 5,29 kN, para cada uno de los transductores de desplazamiento, y la carga de rotura de los paneles.

Tabla n.º 6

Paneles tipo “Lámina”	Lecturas de transductores (mm)			Carga de rotura (kN)
	T1	T2	T3	
1	3,3	4,0	3,0	22,73
2	3,3	4,2	3,0	20,54
3	3,1	4,1	3,2	21,37
4	3,0	3,9	3,0	22,74
Paneles tipo “Machi-hembrado”	Lecturas de transductores (mm)			Carga de rotura (kN)
	T1	T2	T3	
1	3,9	4,9	3,7	24,06
2	4,1	5,4	4,1	23,23
3	3,4	4,3	3,3	22,57
4	3,6	4,5	3,6	22,86

Todos los paneles tipo “Lámina” fallaron por fluencia en la zona inferior del panel, mientras que los paneles tipo “Machihembrado”, fallaron por pandeo del refuerzo horizontal central, excepto uno que también falló por fluencia en la zona inferior del panel.

Ensayos de carga distribuida sobre paneles tipo “Lámina” y tipo “Machihembrado”.

Se realizaron ocho ensayos de carga distribuida sobre ocho paneles losa de 0,90 × 1,20 m, cuatro tipo “Lámina” y otros cuatro tipo “Machihembrado”. Las lecturas de los transductores para la carga de 2,80 kN, se reflejan en la Tabla n.º 7.

Tabla n.º 7

Paneles tipo “Lámina”	Lecturas de transductores (mm)			
	T1	T2	T3	T4
1	0,6	0,6	0,4	0,6
2	0,7	0,7	0,5	0,8
3	0,6	0,9	0,5	0,8
4	0,6	0,7	0,5	0,7
Paneles tipo “Machi-hembrado”	Lecturas de transductores (mm)			
	T1	T2	T3	T4
1	0,9	0,8	0,6	0,7
2	0,7	0,8	0,6	0,8
3	0,6	0,7	0,5	0,7
4	0,7	0,7	0,5	0,6

7.1.2 *Ensayos sobre paneles muro estándar*

Ensayos de vertido de hormigón en paneles tipo “Lámina” y tipo “Machihembrado”.

Para conocer el comportamiento de los paneles durante el hormigonado, se realizaron cuatro ensayos sobre ocho paneles muro de 0,90 × 2,40 m, cuatro tipo “Lámina” y cuatro tipo “Machihembrado”, con una altura de vertido de 2,40 metros.

Para cada ensayo se armaron dos paneles enfrentados, separados 10 cm, con sus respectivos tapamuros, y se procedió al vertido del hormigón mientras se registraron los datos de todos los puntos de medida.

Las deformaciones sufridas por los paneles durante el encofrado, se recogieron mediante veinticuatro transductores de desplazamiento, situados doce en cada una de las caras exteriores de los paneles, siendo la correspondiente al punto más desfavorable de 4,4 mm.

Para conocer las deformaciones sobre los paneles para vertidos a mayores alturas, se realizó un ensayo más, sobre cuatro paneles tipo “Machihembrado”, dos paneles de 0,90 × 2,40 m y otros dos de 0,90 × 1,20 m, de forma que se conseguía una altura de vertido de 3,60 m. Al igual que en los anteriores ensayos, se utilizaron veinticuatro transductores de desplazamiento y se recogieron las deformaciones de los paneles, siendo la más desfavorable de 5,0 mm.

La disposición de los transductores de desplazamiento queda recogida en el informe n.º 19.250-I.

7.1.3 *Conclusiones sobre los ensayos mecánicos realizados en el IETcc*

Como resultado global de los ensayos se deduce, que las deformaciones para las cargas correspondientes a espesores de losa habituales, son inferiores a 10 mm y la carga de rotura de los paneles o elementos de unión tienen, en todos los casos, un coeficiente de seguridad superior a 2.

Para los paneles de muro, las deformaciones máximas producidas durante la puesta en obra del hormigón son de 4,4 y 5,0 mm, para una altura de vertido de 2,4 y 3,6 m, respectivamente.

7.2 Ensayos mecánicos realizados en la Universidad del Valle

En la Universidad del Valle se realizaron ensayos de caracterización de los accesorios de ensamble (pasadores, corbatas, grapas candado, pines flecha

y cuñas pasador) y ensayos de comportamiento de paneles muro tipo "Lámina" y tipo "Machihembrado" durante el vertido del hormigón. Asimismo, se realizó un estudio para evaluar las uniones soldadas de los paneles de encofrado.

Los resultados de los ensayos se recogen en el informe n.º 19.250-III.

7.3 Ensayos químicos realizados en el IETcc

Se realizaron ensayos químicos con objeto de llevar a cabo un estudio sobre la compatibilidad entre el panel del Sistema de Encofrados FORSA y la matriz cementante, analizando la movilidad del aluminio y su posible interacción con la matriz del cemento.

La descripción detallada de los ensayos y los resultados de los mismos se reflejan en el informe n.º 19.250-II.

7.3.1 Estudio de lixiviación del panel de aluminio

Para la realización del estudio se ha tenido en cuenta el ensayo de lixiviación acelerado, descrito en la norma UNE-EN 12457-2: 2003 "Caracterización de residuos de lixiviación", con objeto de determinar la cantidad de aluminio lixiviado en dos medios diferentes.

Este ensayo confirma que las virutas de aluminio se disuelven rápidamente a pH muy básico, mientras que a pH neutro la velocidad de disolución es prácticamente nula.

7.3.2 Estudio de la interfase panel de aluminio-mortero de cemento

Para la realización del estudio se utilizaron placas de aluminio sin ningún tratamiento superficial y placas de aluminio tratadas previamente con una lechada superficial de cal y a las que posteriormente se les aplicó desencofrante. La lechada superficial de cal es el tratamiento de curado que FORSA recomienda realizar a los paneles, sobre la cara de contacto con el hormigón, antes de su utilización.

En las probetas sin tratamiento previo, se observaba una capa de producto blanquecino en la superficie de contacto del mortero con la placa de aluminio. Este producto es el resultado del proceso de disolución del aluminio metálico del panel, que a elevados pH, como es la matriz de cemento hidratado, se disuelve dando las fases estables y desprendiendo H₂, que da lugar a la formación de poros superficiales, que no afectan a la integridad de la probeta de hormigón.

Antes de realizar el estudio del comportamiento de las placas de aluminio tratadas con cal, se llevó a cabo un estudio previo del efecto del desencofrante sobre las placas de aluminio. Las probetas elaboradas no presentaban en su superficie la capa blanquecina. Este comportamiento sugiere que la propia capa de desencofrante puede actuar como una barrera física, limitando la disolución del aluminio metálico de los paneles.

El estudio de las placas tratadas con cal, confirma que la aplicación de una lechada de cal a la superficie de contacto de la placa de aluminio, previamente a su uso, y la posterior aplicación de desencofrante, evita la movilidad del aluminio hacia el interior de la matriz de cemento y evita la formación de productos blanquecinos en la superficie del mortero de hormigón. Por tanto, se recomienda la aplicación homogénea de cal para prevenir la posible disolución del aluminio del panel.

8. REFERENCIAS DE UTILIZACIÓN

El fabricante suministra, como referencia, las siguientes obras realizadas en España:

97 viviendas para jóvenes (Barcelona)

Localización: Carrer Mare de Deu del Port, 127.

Constructor: Proinosa.

Propiedad: REDESA.

Tipo de paneles: Machihembrados.

m² edificados: 1 planta de garajes 1.530 m²,
97 viviendas 6.120 m².

Fecha: abril 2008-agosto 2008.

Celosía (Madrid)

Localización: Avenida Francisco Pi y Margall, 10, Sanchinarro.

Constructor: Begar, S.A.

Propiedad: Empresa Municipal de la Vivienda de Madrid.

Tipo de paneles: Machihembrados.

m² edificados: 2 plantas de garajes 5.840 m²,
146 viviendas 13.068 m².

Fecha: noviembre 2006-febrero 2008.

El Sistema ha sido utilizado tanto en Colombia, como en otros países de Sudamérica, Centroamérica, el Caribe y Estados Unidos.

Se realizó una encuesta entre los distintos usuarios, con resultado satisfactorio.

9. EVALUACIÓN DE APTITUD DE EMPLEO

De los ensayos realizados sobre los componentes se deduce, que las deformaciones producidas durante la puesta en obra del hormigón son

admisibles y que las cargas últimas obtenidas, son considerablemente más altas que la carga de trabajo del sistema de encofrados.

Los ensayos químicos sobre el tratamiento propuesto por el fabricante, permiten justificar el cumplimiento de la EHE, en lo referente al artículo 68.3: *podrán emplearse encofrados de aluminio, siempre que se facilite un certificado elaborado por una entidad de control, de que los paneles empleados han sido sometidos con anterioridad a un tratamiento de protección superficial que evite la reacción con los álcalis del cemento.*

Considerando que el proceso de fabricación es autocontrolado y además controlado externamente, que se realizan ensayos del producto acabado y que existe una supervisión o asistencia técnica por el fabricante de la puesta en obra, se valora favorablemente en este DIT la idoneidad de empleo del sistema propuesto por el fabricante.

LOS PONENTES:

C. López Hombrados M. Martín Conejo
Ing. de Caminos, C. y P. Ing. de Obras Públicas

10. OBSERVACIONES DE LA COMISIÓN DE EXPERTOS⁽⁴⁾

Las principales observaciones de la Comisión de Expertos, en sesión celebrada en el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja el día 7 de mayo de 2009, fueron las siguientes:

- En el caso de no revestir las fachadas, para evitar problemas de estanqueidad se deberá realizar un minucioso sellado de los huecos dejados en el muro por el alojamiento de las corbatas.
- La estructura del edificio deberá estar proyectada conforme a las exigencias resistentes de la EHE-08, debiendo tener especial cuidado en el armado de zonas singulares, como las esquinas de ventanas y puertas, para evitar su fisuración. En cuanto a las juntas de dilatación, de acuerdo con el Código Técnico, si no se tienen en cuenta las acciones térmicas en el cálculo, deberán colocarse como máximo cada 40 m.
- El proceso de desapuntado se debe efectuar siguiendo las indicaciones del artículo 74 de la EHE-08.
- En caso de utilizar andamiaje, éste debe estar de acuerdo con la normativa vigente.
- Se recomienda el uso de hormigón autocompactante.
- En la colocación de cajas y conductos para instalaciones, debe cuidarse que el producto de relleno no se salga del espacio al que está destinado, para evitar que una vez retirado el encofrado aparezcan coqueas o zonas sin hormigón. Asimismo, se recomienda prestar especial atención durante el proceso de colocación de instalaciones.

⁽⁴⁾ La Comisión de Expertos estuvo integrada por representantes de los siguientes Organismos y Entidades:

- FCC Construcción, S.A.
- Laboratorio de Ingenieros del Ejército.
- FERROVIAL-AGROMAN, S.A.
- INSTITUTO TÉCNICO DE INSPECCIÓN Y CONTROL, S.A. (INTEINCO, S.A.).
- INCOSA.
- SOCOTEC IBERIA, S.A.
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc).

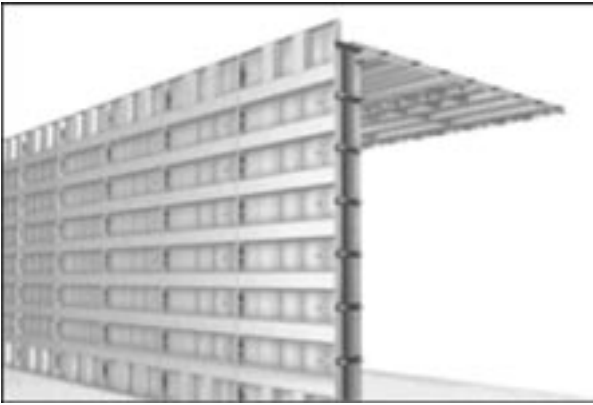


Figura 1. Sistema de encofrado de aluminio FORSA.



Figura 1a. Sistema de encofrado de aluminio FORSA.

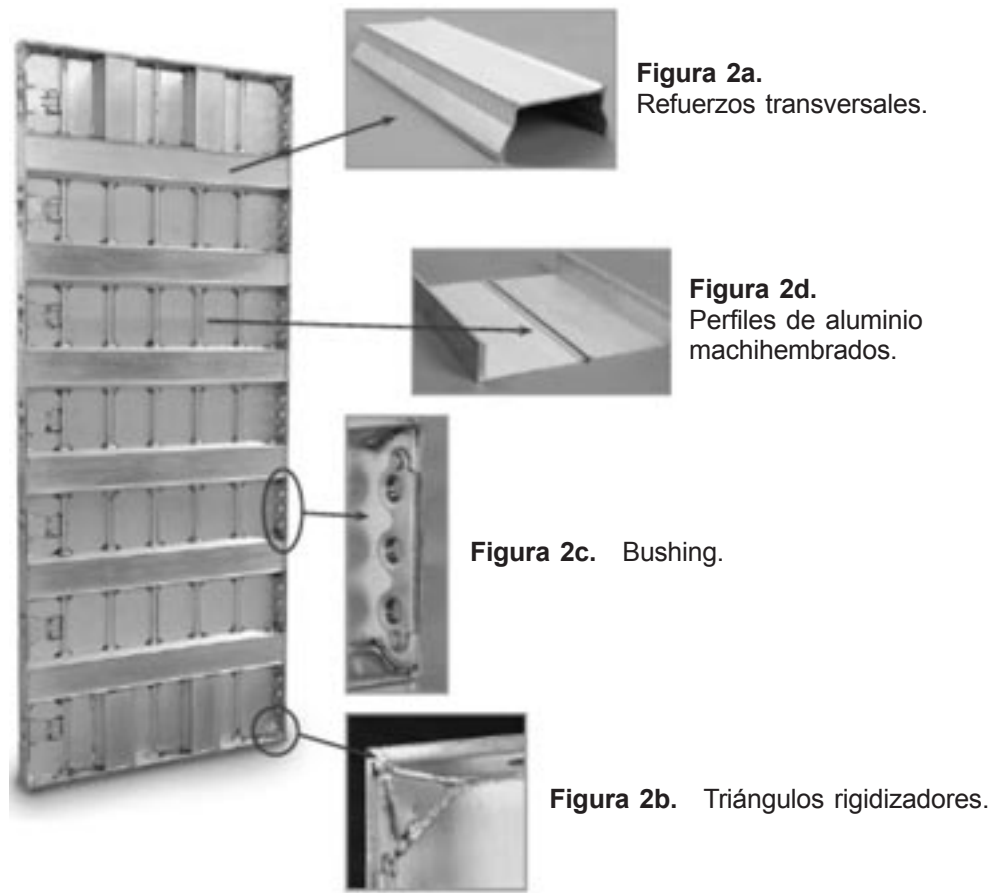


Figura 2a. Refuerzos transversales.

Figura 2d. Perfiles de aluminio machihembrados.

Figura 2c. Bushing.

Figura 2b. Triángulos rigidizadores.

Figura 2. Paneles muro estándar, machihembrados.



Figura 3. Ángulos exteriores.



Figura 3a. Disposición del ángulo exterior.

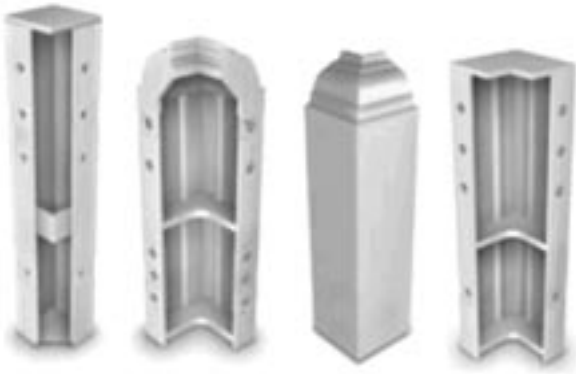


Figura 4. Esquineros de muro interno.

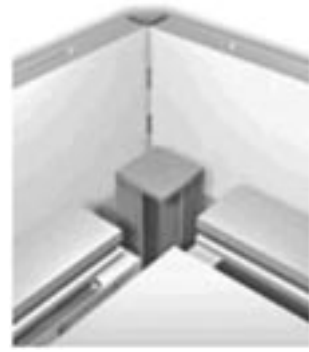


Figura 4a. Disposición del esquinero de muro interno.



Figura 5. Formaleta CAP.



Figura 6. Formaleta alta.



Figura 7. Formaletas para culatas.



Figura 8. Tapamuros.

Figura 9a.
Perfil ranurado.



Figura 9c.
Perfiles de aluminio
machihembrados.

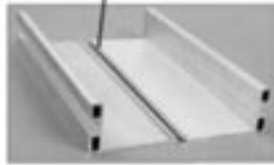


Figura 9b.
Refuerzos transversales.



Figura 9. Paneles losa estándar, machihembrados.



Figura 10. Uniones muro-losa.



Figura 10a. Disposición unión muro-losa.



Figura 11. Cuchillas.



Figura 12. Culatón.



Figura 13. Apuntalamiento de losas.



Figura 14. Pasador.



Figura 15. Cuña.



Figura 14a. Disposición pasador-cuña.



Figura 16. Pin flecha.



Figura 16a. Disposición pin flecha-cuña.



Figura 17. Corbatas.



Figura 17a. Disposición corbata.



Figura 18. Pin grapa.



Figura 18a. Disposición pin grapa.



Figura 19. Grapa candado.



Figura 19a. Disposición grapa candado.



Figura 20. Portalineador vertical.



Figura 21. Portalineador horizontal.

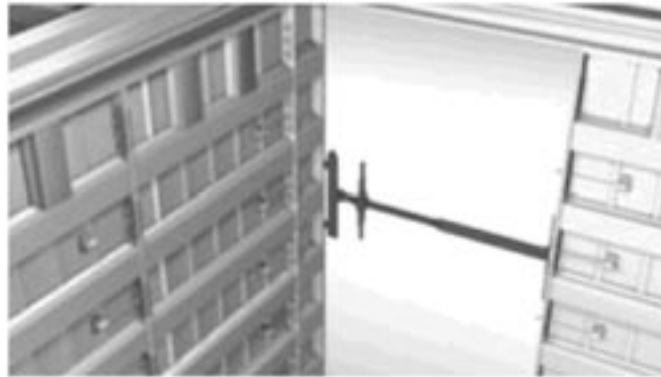


Figura 22. Tensor de vanos.