



MEMORIA TECNICA

SISTEMA CONSTRUCTIVO MZtec

TECNOLOGÍA MZtec

Sistema de construcción sismo resistente y aislante termo acústico

Rev. 10: enero/2014

ÍNDICE GENERAL

1 INTRODUCCION – BREVE HISTORIA

2 COMPONENTES DEL SISTEMA

3 PROCEDIMIENTOS BASICOS

4 DOSIFICACIÓN DEL MICRO HORMIGÓN ESTRUCTURAL MZtec

4.1 MICRO HORMIGÓN INDUSTRIAL MZtec

5 ENSAYOS MECÁNICOS Y DE HABITABILIDAD

5.1 FLEXOCOMPRESION

5.2 FLEXION SIMPLE

5.3 FLEXION EN EL PLANO DE LA PLACA

5.4 CARGAS DINAMICAS E IMPACTOS

6 CATALOGO DE ENSAYOS Y SUS NORMATIVAS

7 RESUMEN DE RESULTADOS SIGNIFICATIVOS DE ENSAYOS

7.1 COMPRESIÓN CENTRADA Y EXCENTRICA

7.2 FLEXION SIMPLE

7.3 ENSAYO DE CORTE (ESFUERZO DE CIZALLAMIENTO)

7.4 ENSAYO DE CARGA HORIZONTAL CONTENIDA EN EL PLANO

7.5 ENSAYO DE IMPACTO BLANDO

7.6 ENSAYO DE IMPACTO DURO

7.7 ENSAYO DE CARGA VERTICAL EXCÉNTRICA

7.8 ENSAYOS SISMICOS

7.9 ENSAYO DE SEPARACIÓN DE SOLDADURAS

7.10 ENSAYO DE PERMEABILIDAD A LA INTEMPERIE

7.11 ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESARROLLO DE HONGOS

7.12 ENSAYO DE RESISTENCIA AL FUEGO

7.13 ENSAYO DE IMPACTOS BALISTICOS

8 CARACTERÍSTICAS DE HABITABILIDAD Y CONFORT

8.1 AISLAMIENTO TERMICO

8.2 AISLAMIENTO ACUSTICO

8.3 RESISTENCIA AL FUEGO

8.4 ESTABILIDAD FISICO QUÍMICA

8.5 COMPORTAMIENTO HIOGROTÉRMICO

8.6 PUENTES TÉRMICOS POR CONECTORES

9 VERIFICACIÓN DE RESISTENCIAS MECANICAS

9.1 HIPOTESIS GENERALES DE COMPORTAMIENTO

9.2 FLEXIÓN SIMPLE

9.2.1 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO

9.2.2 ESTADO I (HORMIGÓN SIN FISURAR)

9.3 ESFUERZO CORTANTE

9.4 DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN

9.5 RESULTADOS SIGNIFICATIVOS DE ENSAYOS EN DIAGRAMAS DE INTERACCION

9.6 OBSERVACIONES A ENSAYOS DE COMPRESIÓN

9.7 OBSERVACIONES A ENSAYOS DE FLEXION



9.8 CAPACIDAD A FLEXION SIMPLE DE LAS PLACAS MZtec como PLACAS UNIDIRECCIONALES

10 FIJACIONES A MUROS MZtec

11 FORJADOS BIDIRECCIONALES

- 11.1 PLACAS BIDIRECCIONALES COMO MURO DE CERRAMIENTO
- 11.2 CAPACIDAD DEL PANEL NORMAL COMO PLACA BIDIRECCIONAL

12 CRITERIOS DE CÁLCULO

- 12.1 CALCULO MEDIANTE PROGRAMAS 3D TIPO CYPECAD
- 12.2 TABLAS DE CÁLCULO DE FORJADOS

13 CAPACIDAD MECÁNICA DE LOS PANELES NORMALES

14 DETALLES CONSTRUCTIVOS GENERALES

- 14.1 SECCIÓN DE LA PLACA BASE ENTERA DE 1200 MM
- 14.2 SECCIÓN DEL PANEL ENTERO DE 1200 MM
- 14.3 DESCRIPCIÓN DE LA MALLA
- 14.4 SECCIÓN DE LA PLACA BASE ENTERA DE 1125 MM
- 14.5 ENCUENTROS ENTRE MURO Y FORJADOS
- 14.6 ENCUESTRO ENTRE MURO Y CUBIERTA INCLINADA
- 14.7 SECCIÓN HORIZONTAL
- 14.8 HUECOS DE VENTANAS
- 14.9 PERSIANAS
- 14.10 MUROS DE CONTENCIÓN CON CONTRAFUERTE
- 14.11 ANCLAJE ENTRE MURO Y CIMENTACIÓN
- 14.12 FORJADO SUSPENDIDO DE MURO ACTUANDO COMO VIGA
- 14.13 FIJACIÓN DE PANEL A PILAR METÁLICO
- 14.14 ENCUESTRO TIPO ESCALERA CON MURO
- 14.15 MURO DE FACHADA
- 14.16 MURO FACHADA PASANTE
- 14.17 VARIANTE MURO FACHADA PASANTE
- 14.18 TABIQUE QUE NACE DESDE FORJADO
- 14.19 VOLADIZO CONTINUO QUE APOYA EN MURO
- 14.20 VIGA PLANA ARMADA A POSITIVOS
- 14.21 VIGA DE BORDE PLANA ARMADA A POSITIVOS
- 14.22 VIGA PLANA EN FALDÓN DE CUBIERTA APOYADA EN PILARES
- 14.23 VIGA EN DESNIVEL
- 14.24 VIGA INTERIOR DE CANTO

15 DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

16 INSTRUCCIONES PARA LA EJECUCIÓN DE EDIFICIOS CON SISTEMA MZtec

- 16.1 REPLANTEO Y COLOCACIÓN DE ESPERAS
- 16.2 COLOCACIÓN DE PANELES
- 16.3 COLOCACIÓN DE MALLAS ANGULARES Y PLANAS DE CONTINUIDAD
- 16.4 REALIZACIÓN DE ZUNCHOS DE ATADO
- 16.5 PREPARACIÓN DEL MICRO HORMIGÓN
- 16.6 APLICACIÓN DEL MICRO HORMIGÓN
- 16.7 HORMIGONADO DE LA CAPA DE COMPRESIÓN DE FORJADOS
- 16.8 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA



- 16.9 PARTES DE CONTROL DE OBRA
- 16.10 FORMULARIO DE CONTROL DE OBRA
- 16.11 RESOLUCIÓN DE JUNTA DE DILATACIÓN

17 ASPECTOS DEL SISTEMA MZtec FRENTE A SISTEMAS TRADICIONALES

- 17.1 ECONOMÍA – USO RACIONAL DE LOS RECURSOS – FACILIDAD DE EJECUCIÓN
- 17.2 ECONOMIAS INDIRECTAS – EVALUACIÓN
- 17.3 FLEXIBILIDAD ARQUITECTÓNICA
- 17.4 MANTENIMIENTO GENERAL – ADAPTABILIDAD CON OTROS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

18 ECONOMIA – USO RACIONAL DE LOS RECURSOS - FACILIDAD DE EJECUCIÓN

19 ECONOMIAS INDIRECTAS – EVALUACIÓN

20 FLEXIBILIDAD ARQUITECTONICA

21 EJEMPLOS DE APLICACIÓN PRÁCTICA

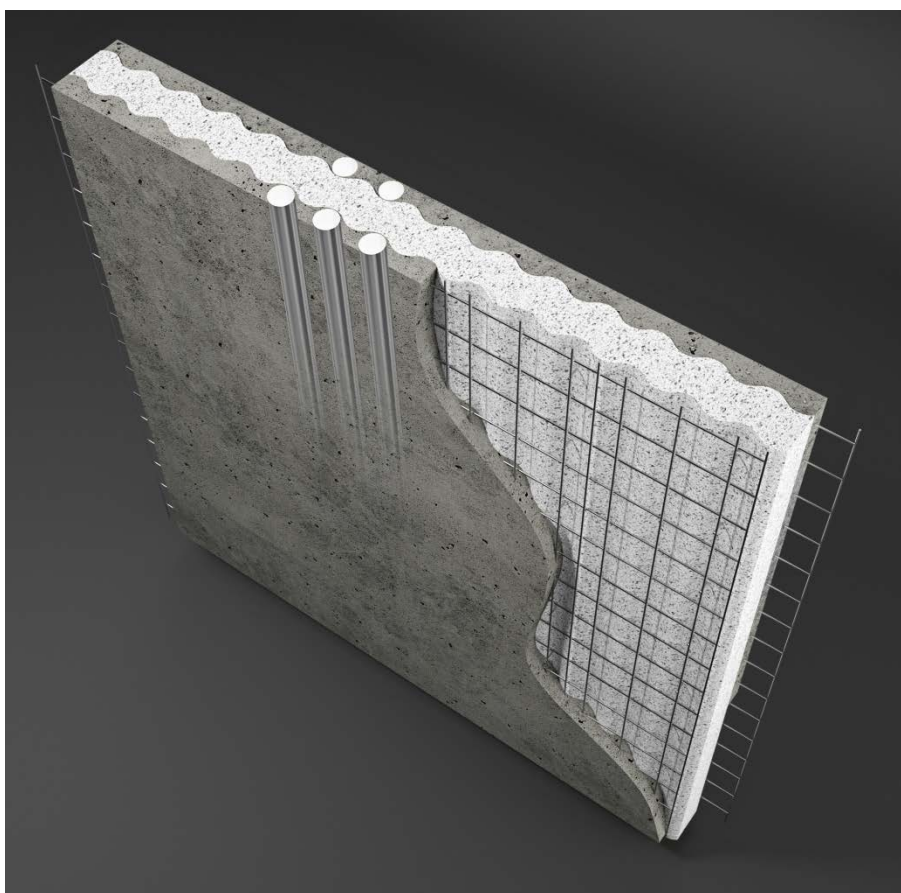
- 21.1 EJEMPLO 1: CASO EDIFICIO DE 8 ALTURAS
- 21.2 EJEMPLO 2: CÁLCULO DE UN FORJADO CON PANEL P80
- 21.3 EJEMPLO 3: FUNCIONAMIENTO COMO VIGADE GRAN ALTURA
- 21.4 EJEMPLO 4: FALLO DE LA CIMENTACIÓN
- 21.5 EJEMPLO 5: VIGA RESUELTA CON SEGMENTO DE PANEL
- 21.6 EJEMPLO 6: VERIFICACION DE LA EFICACIA DE LA ARMADURA DE ESPERAS ENTRE PLACAS MZtec Y UNA CIMENTACIÓN CONTINUA.

22 RENDIMIENTOS DE LA MANO DE OBRA EN EL SISTEMA MZtec

- 22.1 CUALIFICACION DE LA MANO DE OBRA

1. INTRODUCCIÓN – BREVE HISTORIA

Se trata de un sistema constructivo basado en un PANEL estructural de poliestireno expandido ondulado, que presenta una armadura de básica adosada en sus caras, constituida por mallazos de acero de alta resistencia, vinculados entre sí por conectores de acero electro soldados.



Estos paneles son colocados en obra, según la disposición de muros, tabiques y forjados que presente el proyecto de arquitectura o ingeniería de que se trate, para posteriormente aplicar una capa de micro hormigón conformando finalmente una placa sándwich de hormigón armado con núcleo de poliestireno expandido.

Al igual que sucede en el Hormigón Armado tradicional, la capacidad mecánica del panel puede variar en función de la sección y de la cuantía de las armaduras.

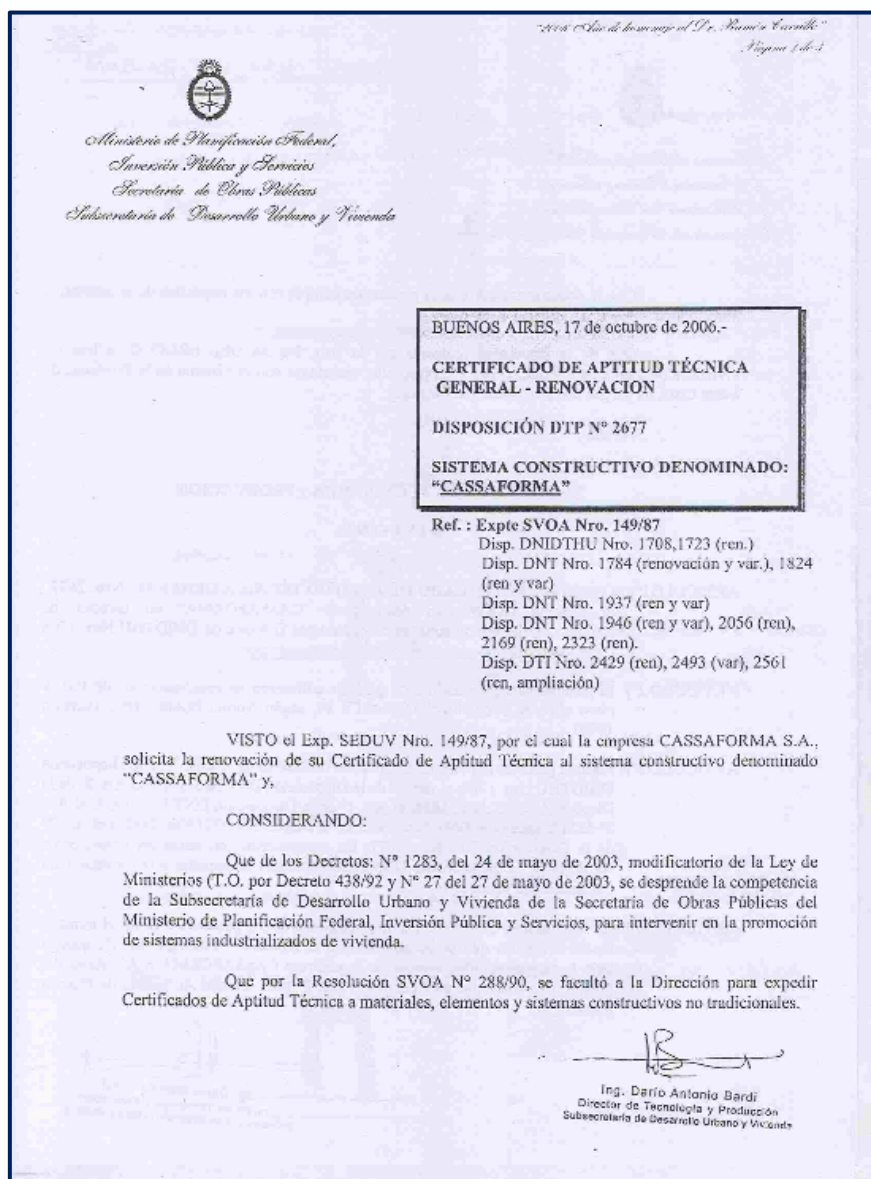


Es una tecnología de construcción que ya cuenta con un desarrollo mundial de más de 30 años de antigüedad y que se puede resumir en un único elemento estructural que da fundamento a todo un sistema constructivo de hormigón armado, con sus conocidas y variadas prestaciones resistentes, pero con muy bajo peso propio y un altísimo nivel de aislamiento térmico.

Se ha corroborado mediante toda clase de ensayos de carga realizados en destacados Centros tecnológicos de Investigación, la enorme prestación mecánica de este producto, apto en teoría para resolver elementos estructurales en compresión dominante que permiten realizar edificios de más de 20 plantas en zonas de muy alta sismicidad.

La creación del modelo de cálculo mecánico ideado por MZtec para el PANEL y su verificación mediante ensayos ha conducido a la obtención del primer Certificado de Aptitud Técnica de América (1984) concedido para la marca comercial CASSAFORMA™ de Argentina, donde se reconocen las particulares características resistentes de éste compuesto de micro hormigón y acero con núcleo de poliestireno expandido.

Este primer Certificado no limita actualmente el número de plantas de los edificios que pueden ser construidos con ésta tecnología. Disposición DTI N° 2429:



Ya en algunos países, en base a estos trabajos originales y gracias a sus propias experiencias adquiridas en las obras realizadas, con el transcurso del tiempo ésta tecnología se considera como un sistema de construcción tradicional racionalizado.

La sucesión de Certificados de Aptitud técnica obtenidos en diferentes países de Latinoamérica así como los cada vez más numerosos antecedentes de todo tipo de aplicaciones en el campo de las obras de arquitectura permiten también la obtención del primer Documento de Idoneidad Técnica dentro de la UE (2003), concedido para la marca comercial EMMEDUE™ (Italia) y posteriormente en el año (2004) para la marca MK2™ (España).



Actualmente el sistema está ampliamente difundido por todo el mundo con pequeñas diferencias morfológicas en el diseño del PANEL, que distinguen a cada fabricante, pero esencialmente el sistema es único.

En América está presente en: EEUU, México, Guatemala, Nicaragua, Panamá, Puerto Rico, República Dominicana, Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Chile y Argentina. En muchos de estos países existe más de un fabricante.

En España, a partir de los desarrollos técnicos de MZTEC™ hay otras tres marcas comerciales que identifican el sistema constructivo: PAMODIN™, MK2™, y BAUPANEL™.

En África también hay gran cantidad de obras realizadas con ésta tecnología en muchos países, y abundantes antecedentes de certificados de conformidad técnica de uso como en Argelia, Túnez, Marruecos, Libia, Egipto, Angola, Nigeria y Ghana, entre otros.

Es decir, que estamos en presencia de una tecnología avanzada de construcción que continua en pleno desarrollo gracias a la acción de todos sus usuarios.

Las funciones contenidas en los elementos de nuestra tecnología constructiva son:

- 1- Aislamiento térmico continuo de muy alta capacidad;
- 2- Resistencia estructural apta para soportar todo tipo de solicitaciones;
- 3- Capacidad de ejecución de cerramientos horizontales y verticales;
- 4- Aislamiento hidrófugo continuo;
- 5- Resistencia al fuego acorde a la exigida por las normas y reglamentos;

Todas estas cualidades son posibles gracias a la combinación de sus tres materiales componentes (Poliestireno expandido, Acero y Micro hormigón) que conforman en conjunto un panel sándwich.

Dicho panel posee cualidades mecánicas que dependiendo de la resistencia del micro hormigón aplicado y del espesor del núcleo de poliestireno expandido, permiten alcanzar las siguientes resistencias de diseño:

- a) en compresión simple hasta 1000 KN/m
- b) en flexión simple hasta 20 KNm/m

De ésta manera pueden realizarse estructuras de edificios de múltiples plantas con una limitación que estará dada básicamente por las capacidades límite de carga de los elementos portantes verticales según el criterio expresado en el párrafo anterior.

En el artículo 9 se verá detalladamente las capacidades mecánicas a las que pueden alcanzar los elementos estructurales MZtec.

2. COMPONENTES DEL SISTEMA

El elemento básico del sistema constructivo es como dijimos anteriormente, el PANEL ondulado de poliestireno expandido, que lleva adosadas en ambas caras mallas de acero vinculadas entre sí mediante conectores de acero electro soldados a los mismos.

Cada fabricante en el mundo puede utilizar una variante en cuanto a la forma de la placa ondulada, el espesor y la densidad de la misma, y la cuantía de armaduras dentro de ciertos límites pre establecidos.

El espesor del alma de poliestireno expandido normalmente puede variar desde 3 cm hasta 30 cm, en función de las necesidades del proyecto arquitectónico en cuanto a aspectos térmicos y visuales.

En España, por ejemplo los principales fabricantes producen el PANEL con poliestireno expandido de 15 Kg/m³ de densidad y con un ancho útil de 1125 mm.

Para este caso, las características técnicas del poliestireno según normativa española UNE 53.310/87 son:

Densidad nominal:	15 kg/m ³
Conductividad térmica:	0,037 W/m K
Resistividad al vapor:	0,15 mmHg m ² día/g cm
Tipo de material:	M1 auto extingible según UNE 23.727-90
Clasificación:	Clase III s/Normas NBE CT-79

Tensión de compresión al 10 % de deformación $\sigma_{10} > 50$ KPa

Los mallazos pueden estar constituidos de manera diversa según los requerimientos de la normativa de cada país.

En general se utiliza una malla de acero de 20 barras longitudinales de diámetro 2,5 a 3,5 mm según cálculo con armadura transversal constituida por barras del mismo diámetro con separación 75 a 150 mm también según cálculo.

En España en particular para dar cumplimiento a su normativa de hormigones EHE, los mallazos están constituidos por 20 barras de acero longitudinal en cada cara, 6 de las cuales son de acero corrugado diámetro 5 mm y las 14 restantes son lisas galvanizadas de diámetro 2,5 mm. En la dirección secundaria se dispone de una barra de acero liso galvanizado de diámetro 2,50 mm cada 6,5 cm.

Estas mallas sobresalen 50 mm en caras opuestas, de modo tal que al solaparse entre si aseguran la continuidad por yuxtaposición de las armaduras, sin necesidad de colocar elementos adicionales de empalme.

Estos mallazos se encuentran unidos entre sí a través de una cierta cantidad de barras de acero de conexión que pueden estar dispuestas normales a los mallazos o formando ángulo de 45 a 60°. Su diámetro es variable según cálculo entre 2,5 y 3,5 mm y su disposición es en grupos de 6 cada 75 a 150 mm según cálculo.

En España se emplean normalmente 40 u 80 barras de diámetro 3 mm por cada metro cuadrado de superficie de panel, dispuestos en grupos de 12 conectores cada 13 cm, por cada placa de 1125 mm de ancho.

Pero de manera general los paneles MZtec utilizan 40 barras por metro cuadrado de 2,5 mm de diámetro para evitar puentes térmicos como se describirá en el capítulo correspondiente.

Armadura básica del panel MZtec:

20 barras longitudinales de 3,0 mm de diámetro y barras transversales de 3 mm de diámetro con una separación de 15,0 cm.

La cuadrícula normal de las armaduras resultante es 7,5 x 7,5 cm.

Las mallas de acero están unidas por 40 separadores por metro cuadrado de 2,5 mm

Para el encuentro entre cerramientos que forman ángulo entre sí, la continuidad se resuelve mediante las mallas angulares que se suministran a tal fin.

Las placas MZTEC normalmente son completadas con la aplicación de un recubrimiento de micro hormigón de 3 cm de espesor en cada cara, luego de lo cual pueden ser utilizadas en forma horizontal o vertical ya que poseen capacidad para resistir compresiones centradas y excéntricas, y esfuerzos de flexión y cortante. Se utilizan como elemento resistente y para la transmisión de las cargas horizontales de viento o sismo.

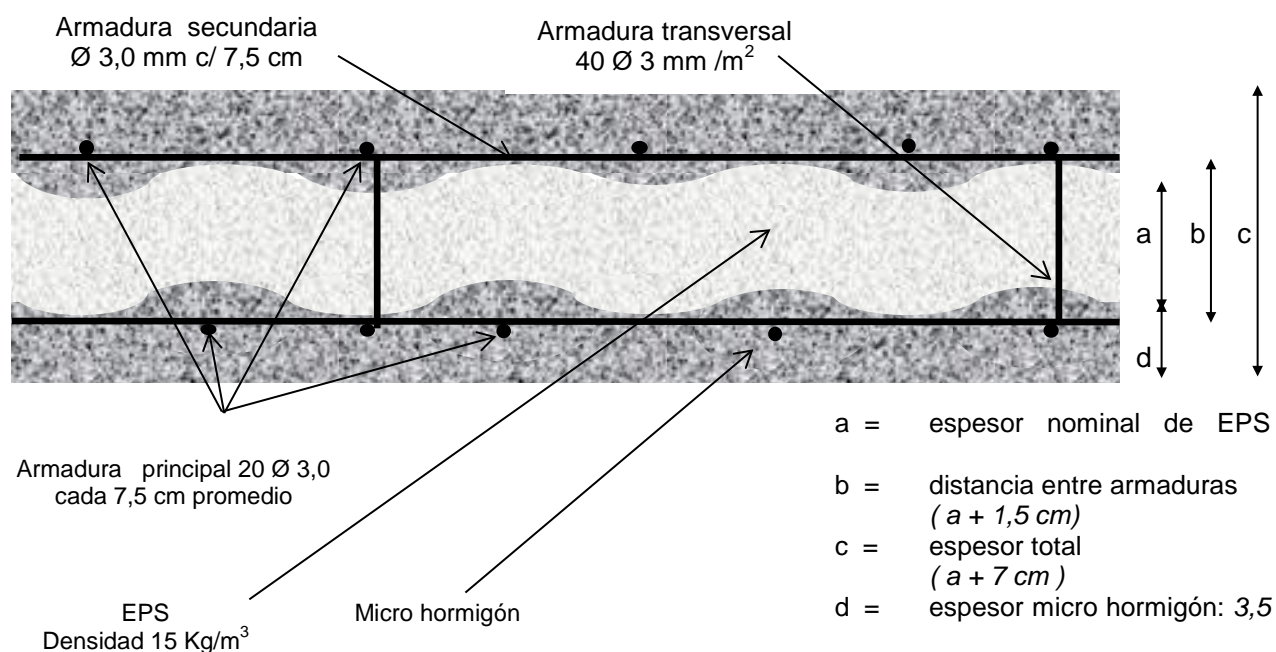
En función de las cargas que los elementos deban resistir, puede aumentarse éste espesor cuidando que el modelo de rotura en Estado Límite Último produzca una rotura por tracción de armaduras (rotura dúctil).

Se pueden utilizar como muros portantes de edificios en altura y como forjados bidireccionales, normalmente para luces entre apoyo de hasta 6 metros debiendo verificarse los momentos flectores de servicio y las flechas máximas admisibles en estado elástico según lo estipulado en las normativas de cada país donde se emplee.

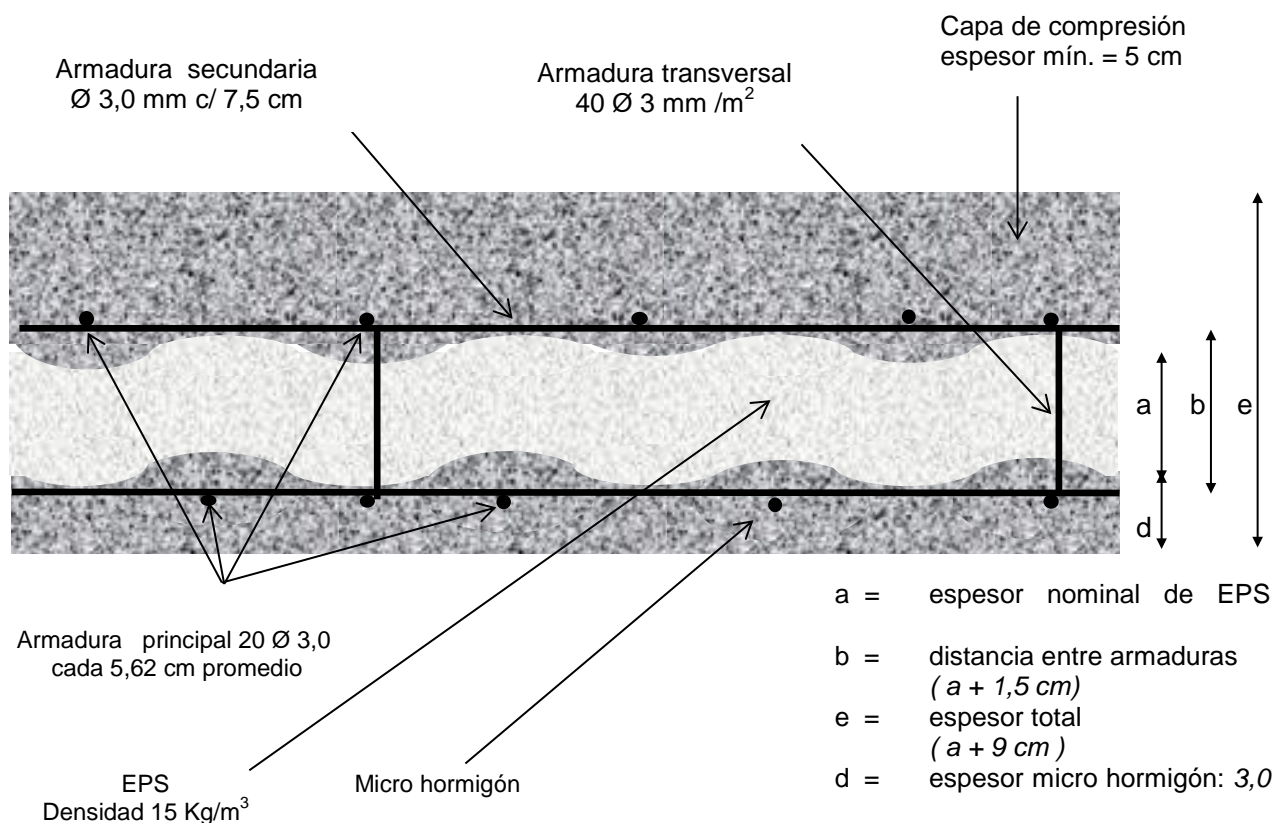
Pueden utilizarse como muros de contención de suelos, verificándose en cada caso que los momentos flectores resultantes del empuje activo sean menores que los momentos admisibles de la sección compuesta; pueden disponerse paneles verticales perpendiculares a modo de contrafuertes que serán reforzados con armaduras según cálculo, dependiendo naturalmente de la altura del muro de contención.

En los forjados el espesor de hormigón de la capa de compresión es de 5 cm. Los espesores indicados se miden siempre desde la parte externa de la onda del poliestireno expandido.

TOPOLOGÍA GENERAL DE LOS PANELES PARA MUROS



TOPOLOGÍA GENERAL DE LOS PANELES PARA FORJADOS



PANEL TIPO	a	b	c
mm	mm	mm	
P40	40	55	110
P50	50	65	120
P60	60	75	130
P70	70	85	140
P80	80	95	150
P90	90	105	160
P100	100	115	170
P120	120	135	190
P140	140	155	210
P160	160	175	230
P180	180	195	250
P200	200	215	270

3. PROCEDIMIENTOS BASICOS

Puede resumirse todo el proceso de ejecución del sistema en dos tareas principales:

- a- MONTAJE DE PANELES
- b- HORMIGONADO DE PANELES

El Montaje de los paneles consiste en la colocación de los mismos siguiendo detalladamente la arquitectura propuesta. La sucesión de paneles vinculados entre sí, materializa todos los planos de cerramiento de la construcción: paredes exteriores, muros interiores, forjados planos y forjados de cubiertas.

Los paneles se colocan apoyándolos simplemente sobre una cimentación continua tal como una zapata corrida o una solera de hormigón simple o armado según cálculo convencional, dimensionado en función de la resistencia admisible del terreno.

Esta cimentación presentará una armadura de espera, consistente en barras de acero corrugadas de diámetro 6 mm, en número que surja del cálculo estructural correspondiente de cada obra a los fines de absorber el esfuerzo cortante en la base; éstas barras serán rectas y deberán empotrarse en la cimentación no menos de 20 cm, y deberán sobresalir del plano superior de la cimentación, en una longitud mínima de 35 cm, y se unirán a las mallas del panel mediante simple atadura. Las esperas también podrán colocarse perforando el hormigón de la solera con taladro roto percutor y fijando las mismas mediante adhesivo epoxi.

Además de las esperas, se dispondrán barras de montaje con disposición en tresbolillo, es decir alternándose en las caras del panel con una separación media de 50 cm entre sí. La distancia entre las filas de esas barras de espera será igual a la distancia entre los mallazos, es decir, el espesor del núcleo de poliestireno expandido más 25 mm. Estas barras serán rectas y se empotraran en la cimentación no menos de 5 cm, y deberán sobresalir del plano superior de la cimentación, en una longitud mínima de 20 cm, y se unirán también a las mallas del panel mediante simple atadura.

Los paneles se vinculan entre sí, a través del solape de 50 mm que presentan sus mallas en caras opuestas; estos solapes serán vinculados por medio de simples ataduras de alambre con una separación de aproximadamente 50 cm. Alternativamente los paneles podrán ser unidos entre sí mediante grapados con grapadoras manuales ó automáticas. Las aristas horizontales y verticales del encuentro entre paneles deberán ser reforzadas mediante mallas angulares dispuestas a lo largo de las mismas y en cada una de sus caras.

Mediante el corte del panel, se abren los vanos correspondientes a las aberturas, con la holgura mínima necesaria para evitar puentes térmicos (aproximadamente 10 a 20 mm) para la colocación del pre cerco, cuyas grapas de fijación se atan de las mallas de acero.

La unión entre muros y forjados se resuelve cuidando de dar continuidad vertical a los espesores de hormigón aplicados en las caras de apoyo. Para ello se macizará el perímetro de apoyo de los forjados dejando un espacio libre de EPS de por lo menos 50 mm que materializará un zuncho de atado.

Debe asegurarse que los planos de cerramientos sean correctamente alineados y aplomados. Ello podrá ser realizado mediante el empleo de tirantes, reglas metálicas, puntales telescópicos o cualquier otro elemento adecuado a ese fin.

Seguidamente, se podrán ejecutar las canalizaciones en el poliestireno expandido deprimiendo el mismo mediante una pistola de aire caliente, en las que se alojarán los conductos correspondientes.

El Hormigonado de los paneles consiste en la colocación del espesor asignado de micro hormigón que recubre las caras del mismo.

Una vez realizadas las operaciones de Montaje descritas anteriormente se procede a la aplicación del micro hormigón sobre el panel.

Existen cuatro procedimientos básicos posibles:

1. **La aplicación manual de micro hormigón con herramientas de albañilería tradicional a modo de enfoscado.**



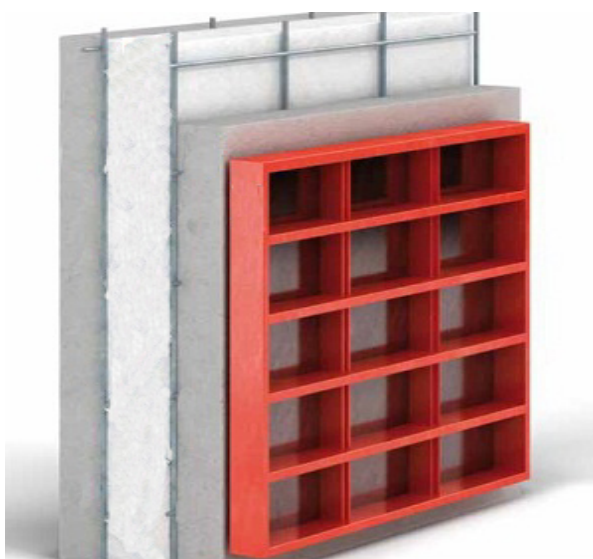
2. **La aplicación mediante proyección con dispositivos neumáticos manuales tipo "Hopper gun" o revocadoras manuales, que pueden ser de pared o de techo.**



3. La aplicación del micro hormigón mediante la proyección o gunitado por vía húmeda, mediante bombas enfoscadoras continuas a tornillo o a pistón.



4. La aplicación del micro hormigón mediante el vertido de micro hormigón en un sistema adecuado de encofrados que contenga al panel. Con una adecuada dosificación puede realizarse un llenado de 30 mm de espesor



Todos los procedimientos son perfectamente válidos y su uso dependerá de los medios disponibles y de la magnitud de los trabajos a realizar.

El sistema MZtec tiene perfectamente desarrolladas cada una de las posibilidades.

En algunos casos podría ser conveniente utilizar micro hormigón de tipo seco proyectables de marcas reconocidas que posean sello de calidad. De esa manera la resistencia característica indicada según cálculo quedará garantizada. Por otra parte, las máquinas de proyección continua garantizan una uniformidad en la mezcla ya que solo aportan el agua de amasado que resultará constante en cada aplicación al estar regulado por un dispositivo dosificador.

Las proyectadoras manuales tipo “Hopper gun” tienen como vehículo para la impulsión de la mezcla fresca, una circulación de aire comprimido abastecida por un compresor que deberá operar a una presión de aire constante de 500 a 600 kPa. Estos compresores deberán aportar entre 300 y 350 litros de aire por minuto por cada uno de los dispositivos que se empleen. En el caso de utilizarse electro compresores, las potencias recomendadas son:

Potencia motor (HP)	Caudal de aire (Litros / min.)	Cantidad de máquinas
2 ½ a 4	350 a 400	1
5 a 6	600 a 700	2 a 3
8 a 10	900 a 1.000	3 a 4

La proyección del micro hormigón sobre el panel MZtec, convierte a todos los cerramientos y forjados conformados por paneles, así como a sus uniones, en elementos rígidos y monolíticos. La estructura así lograda posee un alto grado de hiperestaticidad por vínculo interno, a la par que una muy elevada ductilidad, por lo que su reserva de carga plástica es por demás significativa, aunque no se la tiene en cuenta a la hora de evaluar las capacidades resistentes.

La operación de proyección neumática del micro hormigón se realiza en dos pasadas. La primera de 2 cm de espesor, que cubre parcialmente la malla de acero, y la segunda de terminación hasta alcanzar el espesor final necesario de 3,5 cm. Para ello se utilizan maestras, a modo de guías, que pueden ser simplemente tubos de acero de sección cuadrada de 25 mm, contra los que se cortan los espesores de micro hormigón aplicados.

El enlucido podrá ser a elección del proyectista con materiales convencionales (revestimientos monocapa, pintura sobre superficies maestreadas, yeso, salpicados plásticos, pintura elastomérica, o cualquier otra variante exigida por el proyectista.

En el caso de planos horizontales o inclinados, como forjados o cubiertas de techo, una vez colocados y vinculados los paneles entre sí, se apuntalan y luego del primer proyectado de la cara inferior se procede al colado de la capa de compresión, de 5 cm de

espesor que podrá ser realizada con hormigón convencional o con micro hormigón indistintamente.

Las aberturas deberán tener refuerzos a 45° en los vértices de las mismas y como armadura longitudinal la obtenida mediante cálculo. Estos refuerzos podrán realizarse con mallas especiales que se suministran conjuntamente con los paneles MZtec, para estos fines.

Cuando deban unirse paneles que se hayan cortado y que por lo tanto no posean los solapes de malla de caras opuestas, se emplearán para estas uniones, unas mallas especiales que permitirán un empalme por yuxtaposición. Estas mismas mallas especiales serán empleadas toda vez que por diferentes razones de obra, deban cortarse las mallas predispuestas de los paneles MZtec.

El error de aplomado de cara (transversal) de un panel no debe ser superior a 8 mm (sobre la generatriz media). El error de posición (descentramiento) entre las caras colindantes de los paneles adyacentes debe ser inferior a 15 mm.

Se considera como error de ejecución de carácter excepcional, cualquiera de los errores de aplomado y posición que no este dentro de las tolerancias anteriores. Si tales defectos se presentan durante la ejecución, deberán repetirse los cálculos para la justificación de funcionamiento de los elementos interesados.

4. DOSIFICACIÓN DEL MICRO HORMIGÓN ESTRUCTURAL MZtec

La mezcla con que se realice la proyección neumática del micro hormigón estructural MZtec debe cumplimentar los requisitos que se enumeran a continuación:

- **FACILIDAD DE APLICACIÓN:** Debe poder ser aplicado en capas de alrededor 25 mm sin que se produzcan desprendimientos, con fluidez y plasticidad.
- **ADECUADA RESISTENCIA:** Debe proveer la resistencia necesaria para satisfacer las funciones estructurales a las que será sometido dando cumplimiento a la normativa de aplicación en el sitio donde se emplee.
- **BAJA RETRACCIÓN DE FRAGUADO:** Para evitar la fisuración provocada por la evaporación del exceso de agua de amasado.

Para satisfacer todas las condiciones descritas es necesario contar con una mezcla de bajo contenido de agua y con una relación cemento arena en peso, comprendida entre 2,6 y 3,2 partes a 1.

El contenido unitario de cemento Portland normal variará en función de la resistencia de cálculo exigida, de la granulometría de la arena y de la relación árido-aglomerante elegida resultando en general un valor comprendido entre 350 Kg/m³ y 500 Kg/m³.

Es recomendable que la relación agua / cemento en peso no supere 0,56 incluyendo la humedad libre de la arena.

En cuanto a los aditivos resulta necesario, en virtud de la baja trabajabilidad de las mezclas obtenidas con estas dosificaciones, agregar un aditivo plastificante reductor de agua de amasado, en las proporciones que recomiende su fabricante.

Cuando el micro hormigón se elabore en obra, resultará conveniente adicionar fibra de polipropileno de 12,5 mm a razón de 0,90 a 1,20 kg por cada m³ de mezcla. Su finalidad es proveer una red anti-retracción de fraguado aumentando al mismo tiempo la tenacidad del micro hormigón.

El curado resulta de fundamental importancia, como en todos los hormigones de gran superficie y poco volumen debido a la acción de los agentes atmosféricos. Un correcto curado consiste en permitir que tenga lugar el proceso de hidratación del cemento, evitando la evaporación prematura del agua libre, para lo cual es necesario mantener la humedad superficial (rociado frecuente con agua), cuidando especialmente la exposición directa a la radiación solar y al viento durante las primeras 24 horas de colocado.

Resulta un factor importante para la calidad final del micro hormigón de cemento elaborado a pie de obra, la enérgica compactación proporcionada por los medios neumáticos de aplicación; esto influye también sobre los altos valores de resistencia característica alcanzables.

4.1 MICRO HORMIGÓN INDUSTRIAL MZtec

Los micro hormigones diseñados por MZtec son micro hormigones industriales (micro hormigón) fabricados por diversas empresas que están en posesión de un sello de calidad oficialmente reconocido, y son preparados para cumplir específicamente con las propiedades exigibles por los diversos Documentos de Idoneidad Técnica a la tecnología MZtec. En España se producen por empresas como VALSEC, HORMIGONES PAMPLONA, HOLCIM o ARGOS con las marcas comerciales de MK2 y de TECNOPANEL:

- a) Deben garantizar una resistencia característica $f'_{ck} \geq 16$ N/mm² para los tipo N (normal) o $f'_{ck} \geq 25$ N/mm² para los tipo R (reforzado) que deban cumplir con la EHE,
- b) Deben poder ser proyectables en capas de hasta 50 mm de espesor sin descuelgues.



En la composición básica de los Micro hormigones industriales MZtec intervienen:

Áridos:

Preferentemente silíceos de granulometría controlada y humedad siempre inferior al 1,00 % y procedentes de canteras que posean Certificado AENOR de producto, Pueden utilizarse para las fracciones Polvo Mineral Calizo (Filler), AF-T-0/2C y AF-T-0/4C

Cementos:

CEM I o CEM II/B-M (V-L) 32.5 N o CEM II/A-M (V-L) 42.5 R

Aditivos:

Fluidificantes, Plastificantes y fibras de polipropileno.

Las formulaciones cumplen con holgura las disposiciones establecidas en la Instrucción EHE en cuanto a la durabilidad.

La puesta en obra que se recomienda para éstos micro hormigones es la siguiente:

Ajustar el sistema de la máquina de proyección que regula la presión de agua y su dosificación mediante el hidrómetro.

El agua de amasado depende de cada fabricante (en general alrededor del 15% sobre muestra seca) conduce a un escurrimiento de hasta 180 ± 5 mm medidos en la mesa de sacudidas S/UNE EN 1015-3 (Equivale aproximadamente a un asentamiento en el Cono de Abrams de 140 mm). La consistencia así obtenida es la adecuada para su proyección.

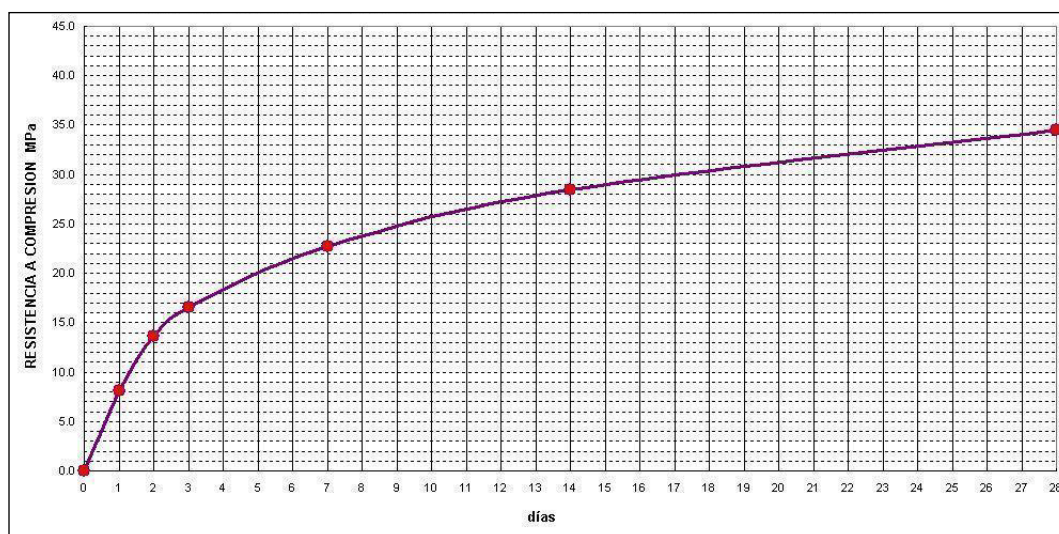
Antes de comenzar debe revisarse perfectamente la superficie a aplicar puesto que el proyectado debe realizarse sin interrupciones siempre que sea posible.

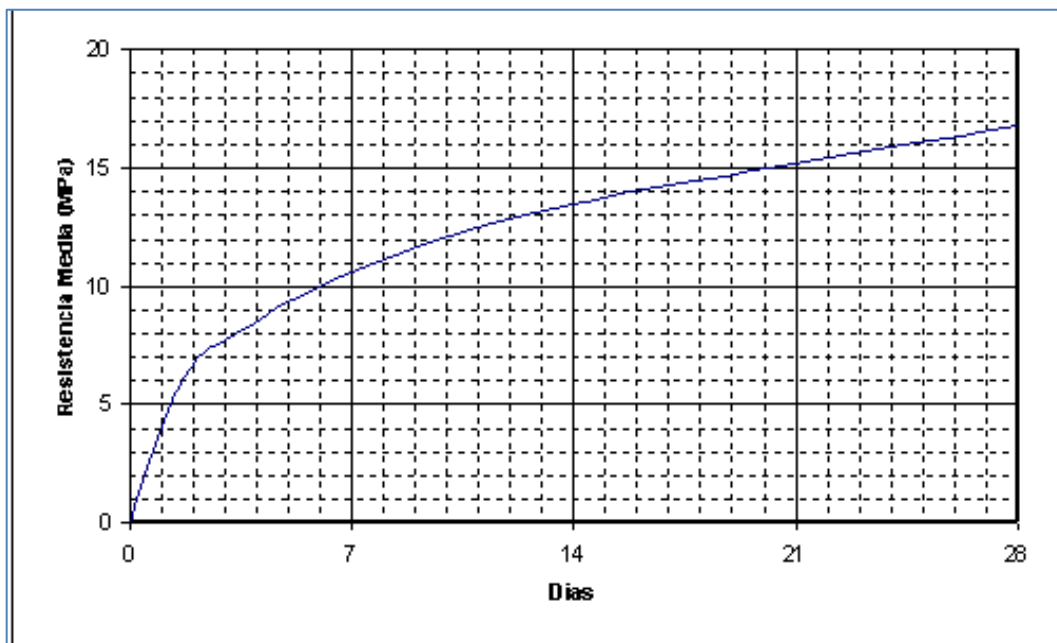
La aplicación de micro hormigón deberá realizarse siempre en 2 pasadas dejando el poro abierto entre ambas por medio de una llana dentada o regla de aluminio dentada para recibir en su momento el producto de acabado.

En la primera pasada se debe cargar el producto hasta donde nos permita sin que se descuelgue, para lo que se recomienda utilizar un compresor de 400 litros por minuto de caudal de aire, para que “muerda” el poliestireno y el producto quede lo mas compactado posible. La segunda pasada hasta alcanzar el espesor deseado se realizará en un intervalo de tiempo lo más breve posible, preferentemente no mayor de 48 horas. En ambas pasadas se debe apretar el producto con la herramienta adecuada antes de pasar la llana dentada.

De la maquinaria existente en el mercado, se recomiendan para la aplicación del producto, por sus características técnicas y de diseño las del tipo a pistón como las TURBOSOL MINI AVANT, EDILMAC P90 o PUTZMEISTER P-13. Alternativamente pueden utilizarse las de tipo camisa-sin fin como las Cayman 30 y ZP3 de PFT, Duo mix de M-TEC o Plasterjet de Maltech que presentan solo el inconveniente del mayor costo de operación que el de las máquinas de pistón y no pueden utilizar aridos de más de 3 mm aunque su desempeño es excelente.

Las curvas de endurecimiento normalizadas de estos micros hormigones son las siguientes:





5. ENSAYOS MECÁNICOS Y DE HABITABILIDAD

Los ensayos y pruebas reglamentarias necesarias para la obtención de los diversos Certificados de Idoneidad con los que cuenta actualmente nuestra tecnología han sido realizados en Laboratorios e Instituciones tan prestigiosas como la Universidades de Melbourne y Deakin de Australia, las Universidades de Padua, Bolonia, Perugia y el Instituto Giordano de Italia, el Instituto Mexicano del de Cemento de México, el Instituto de investigaciones y Ensayos de Materiales de Chile, el Instituto del Cemento Portland de Argentina, el Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de Brasil y el Centro Experimental de Ingeniería de Panamá. Actualmente se está realizando la Confirmación de homologación en el LNEC de Portugal.

En España se han obtenido las concesiones de los Documentos de Idoneidad Técnica (DIT) en el Instituto de Ciencias de la Construcción "Eduardo Torroja", bajo los números 431, 455, 455R, 463, 468, 480 Y 558. Estos últimos para los paneles producidos en España por Emmedue Continental, Nidyon Costruzioni de Italia, Pamodin, Tecnopanel y Baupanel respectivamente que incorporan nuevas aplicaciones y amplían los usos aprobados en la concesión inicial y que se encuentra vigente desde el año 2008. También se cuenta con los Informes Favorable de Seguimiento desde el años 2005 en adelante. Los documentos de idoneidad actuales ha sido estudiados para aplicaciones en edificios de hasta 6 alturas sin que ésta sea una limitación técnica del sistema, ya que tal

limitación depende exclusivamente de la capacidad portante de los elementos que lo conforman.

Reproducción de las carátulas del Documento de Idoneidad Técnica Nro. 455R, 558, 455 y de uno de los Informes favorables de seguimiento:

Publicación emitida por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Prohibida su reproducción.

C/ Serrano
Calvaia 4
28033 Madrid
España

MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS NO TRADICIONALES DE CONSTRUCCIÓN DOCUMENTO DE IDEONIDAD TÉCNICA

455 R

RENOVACIÓN

C.B.I. 093.261
Systèmes de Construction
Building System

Sistema portante MK2 de paneles de hormigón armado con núcleo de E.P.S.

Fabricante:
Sociedad E.P.S. Continental, S.L.
Domicilio Social:
Calle de la Industria, 7, 7º planta
28030 MADRID
España

Fábrica:
P.O. c/da "Los Frailes", Parcela 36
28614 DAZOANO DE ARRIBA, Madrid
España

MUY IMPORTANTE

El DOCUMENTO DE IDEONIDAD TÉCNICA, por definición, una apreciación técnica limitada por parte del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, para extender el DOCUMENTO DE IDEONIDAD TÉCNICA a un uso determinado y específico. No tiene, por lo mismo, ningún efecto administrativo, ni representa autorización de uso, ni otorga licencia alguna.

Antes de utilizar el material, sistema o procedimiento al que se refiere, es preciso el consentimiento del Documento, por lo que debe obtenerse el consentimiento expreso de la Comisión de Estudios de la Construcción Eduardo Torroja.

La modificación de las características de los productos o el no respetar las condiciones de utilización, así como las observaciones de la Comisión de Estudios de la Construcción Eduardo Torroja, anulará el Documento de Ideonidad Técnica.

Cualquier reproducción de este Documento debe ser autorizada por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Este Documento consta de 27 páginas.

DECISIÓN NÚM. 455 R

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

en virtud del Decreto n.º 3.652/1963, de 28 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 IDEONIDAD TÉCNICA de los materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales en construcciones utilizadas en la edificación y obras públicas, y de la Orden n.º 1.265/1968, de 23 de diciembre, del Ministerio de Relaciones con los Cortes y de la Secretaría del Gobierno, por la que se regula su extensión,

considerando el artículo 5.2, apartado 8, del Código Técnico de la Edificación (en adelante CTE) sobre conformidad con el CTE de los productos, equipos y sistemas innovadores, que establece que un sistema constructivo es conforme con el CTE si el fabricante o el fabricante de una evaluación técnica favorable de su idoneidad para el uso previsto,

considerando la solicitud formulada por la Sociedad EMMUEDE CONTINENTAL, S.L. para la renovación del DOCUMENTO DE IDEONIDAD TÉCNICA n.º 455, ampliando el campo de aplicación hasta 6 años bajo condiciones de construcción de los paneles de hormigón armado con núcleo de E.P.S.,

en virtud de los vigentes Actes de l'Union Européenne pour l'Ingénierie technique dans la construction (UEATC),

teniendo en cuenta los informes de visitas a obra realizadas por representantes del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, los informes de los ensayos realizados en el ITC, así como las observaciones formuladas por la Comisión de Estudios, en sesiones celebradas los días 19 de diciembre de 2004 y 19 de diciembre de 2007.

DECIDE:

Renovar el DOCUMENTO DE IDEONIDAD TÉCNICA número 455, con el número 455 R, al Sistema portante MK2 de paneles de hormigón armado con núcleo de E.P.S., considerando que,

La evaluación técnica realizada permite concluir que el Sistema es CONFORME CON EL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN, siempre que se respete el contenido completo del presente documento y en particular las siguientes condiciones:

 <p>MINISTERIO DE FOMENTO</p>			<p>INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA C/ Severo Ochoa, s/n - 28003 Madrid Tel: (34) 91 531 90 00 Fax: (34) 91 532 97 00 http://www.icta.csic.es</p>
<div style="text-align: right;">  </div>			
<p align="center">DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA: N.º 558/10</p>			
<p>Área genérica/ Uso previsto:</p>	<p>SISTEMA PORTANTE DE PANELES DE HORMIGÓN ARMADO CON NÚCLEO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)</p>		
<p>Nombre comercial:</p>	<p>BAUPANEL</p>		
<p>Beneficiario:</p>	<p>ADVANCED BAU SYSTEM, S.L.</p>		
<p>Sede social:</p>	<p>Paseo Pintor Rosales, 40 28009 MADRID, España Tel: (+34) 951 70 14 14 - Fax: (+34) 951 70 00 01 e-mail: info@baupanel.com http://www.baupanel.com</p>		
<p>Lugar de fabricación:</p>	<p>Avda. del Poeta Muñoz Rojas, 10b Polígono Industrial de Antequera 29200 ANTEQUERA (Málaga)</p>		
<p>Validez. Desde:</p>	<p>23 de junio de 2010</p>		
<p>Hasta:</p>	<p>23 de junio de 2015 (Condicionado a seguimiento anual)</p>		
<p align="center">Este Documento consta de 32 páginas</p>			
	<p>MIEMBRO DE:</p> <p>UNIÓN EUROPEA PARA LA EVALUACIÓN DE LA IDONEIDAD TÉCNICA UNION EUROPEENNE POUR L'ÉVALUATION TECHNIQUE DANS LA CONSTRUCTION EUROPEAN UNION OF AGREEMENT EUROPÄISCHE UNION FÜR DAS ABGABEN IN BAUMESSEN</p>		

Publicación emitida por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Prohibida su reproducción.

INSTITUTO
TO
EDUCAR
DO
TOR
ROJA

C/ BERNABÉ
GALVACHE, 4
28003 MADRID
España

MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS NO TRADICIONALES DE CONSTRUCCIÓN
DOCUMENTO DE IONEIDAD TÉCNICA

455

Sistema portante MK2 de paneles de hormigón armado con núcleo de EPS

concreto

E.I.C.T. TORROJA
Instituto de Ciencias de la Construcción
Building System

Fabricante:
EMMEDUE CONTINENTAL, S.L.
Sede Social:
c/ Rafael Sanja, 7 Bajo izquierdo
28006 MADRID
España

Fábrica:
Polígono Industrial "Los Frescos"
Calle 10
28814 CAGANZO DE ARAYA
Madrid
España

El DOCUMENTO DE IONEIDAD TÉCNICA constituye, por definición, una apreciación técnica basada por parte del Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, de la utilidad de empleo en construcción de materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales sometidos a un uso determinado y específico. No tiene, por sí mismo, rango de efecto administrativo, ni representa autorización de su aplicación.

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 fabricante mismo, en su totalidad.

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

Cualquier reproducción de este Documento debe ser autorizada por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Este Documento consta de 27 páginas.

DECISIÓN N.º 455

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

- en virtud del Decreto nº 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 IONEIDAD TÉCNICA de no materiales, sistemas y procedimientos no tradicionales de construcción utilizados en la edificación y otras aplicaciones, y de la Orden nº 1.265/1968, 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 la solicitud formulada por la Sociedad EMMEDUE CONTINENTAL, S.L. para la concesión de un DOCUMENTO DE IONEIDAD TÉCNICA al Sistema portante MK2 de paneles de hormigón armado con núcleo de poliestireno expandido,
- en virtud de los vigentes Estatutos de la Union Européenne pour l'Agrément technique dans la construction (UEAT),
- 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 IETEC, así como las observaciones formuladas por la Comisión de Expertos, en sesión celebrada el día 16 de diciembre de 2004,

DECIDE:

Conceder el DOCUMENTO DE IONEIDAD TÉCNICA n.º 455 al Sistema portante MK2 de paneles de hormigón armado con núcleo de E.P.S., bajo las siguientes condiciones:

**INSTITUTO
EDUARDO
TORROJA**

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN
EDUARDO TORROJA


CSIC



Producto: Sistema portante "MK-2" de paneles de hormigón armado con núcleo de E.P.S.

DIT Nº 455

Beneficiario: EMMEDUE CONTINENTAL S.L.
 Dirección: Calle Rafael Salgado, 7
 28036 MADRID

La Dirección del IEToc, en conformidad con el Reglamento para el seguimiento del DIT de octubre de 1998 y el contrato nº AN1005 realizado con la empresa arriba mencionada, y examinado el informe de inspección correspondiente al año 2005, para el DIT nº 455,

Hace constar, la conformidad con las especificaciones y exigencias establecidas en dicho DIT y por tanto expide el presente **INFORME FAVORABLE DE SEGUIMIENTO**, correspondiente al año 2005.

Madrid, diez de enero de dos mil seis.




EL DIRECTOR DEL
INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN
EDUARDO TORROJA

INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCIÓN EDUARDO TORROJA
 Serrano Galvache s/n. 28033 Madrid España
 Tel 91/9020440; Fax 91/9020700

El Certificado de Idoneidad Técnica italiano fue el primer documento europeo obtenido por ésta tecnología de construcción con fecha Octubre de 1985 en Italia, pero fuera del alcance reglamentario de la EOTA (European Organization for Technical Approvals) ya que no se reconocía el uso del panel simple como elemento estructural portante.

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI
PRESIDENZA DEL CONSIGLIO SUPERIORE
SERVIZIO TECNICO CENTRALE

CERTIFICATO DI IDONEITÀ TECNICA DEL SISTEMA
INDUSTRIALIZZATO A SETTI PORTANTI "MONOLITE"

DICHIARAZIONE DI IDONEITÀ

IL PRESIDENTE DEL CONSIGLIO SUPERIORE DEI LAVORI PUBBLICI


Vista la legge 2 febbraio 1974 n. 64;
 Vista la Circolare del Servizio Tecnico Centrale n. 6090 dell'11 agosto 1969;
 Vista la domanda presentata in data 4-1-1985 dalla Ditta Imprese Costruzioni Candiracci S.p.A., con sede in Fano afferente la richiesta di rilascio del certificato di idoneità tecnica del sistema di prefabbricazione MONOLITE;
 Vista la documentazione tecnica presentata ad illustrazione del sistema;
 Visto il voto n. 24 espresso dalla 1ª Sezione del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, nell'adunanza del 24-1-1985;

DICHIARA

Le strutture portanti realizzate secondo il sistema di prefabbricazione MONOLITE definita, per quanto attiene alle loro caratteristiche tecniche, dalla descrizione che fa parte integrante del presente certificato, sono considerate idonee ai fini della costruzione di edifici anche in zone sismiche, a condizione che siano rispettate le prescrizioni di cui riportate.

Il presente certificato di idoneità è valido per tre anni a decorrere dalla data del suo rilascio. Nel periodo di validità del certificato dovranno eseguirsi, presso un laboratorio ufficiale o autorizzato, prove sui materiali ed elementi strutturali al fine di indagare sul loro comportamento in esercizio.

Roma, li 3 ottobre 1985


 **IL PRESIDENTE**
 (Dott. Ing. Roberto Rivelli)

Registrato presso il 1º Ufficio del Registro Atti Privati di Roma il 4 ottobre 1985 al N° C/44687

Gracias a los antecedentes de las certificaciones obtenidas previamente por MZtec en países de África y principalmente de América hubo que esperar hasta el año 2002 cuando se inician los estudios tendientes a la obtención del primer DIT, que finalmente fue concedido por el Instituto Eduardo Torroja bajo el N° 431 para la marca Emmedue en el mes de diciembre del año 2003.

Complementando este primer DIT, también se han efectuado los Ensayos de Resistencia al Fuego en Muro de 3,50 m de altura bajo carga de 30 Ton según Expediente F399/03-02 y en Forjado de 5,00 m x 5,00 m bajo una sobrecarga de 320 kg/m², según Expediente F-398/03-02 en el Centro Tecnológico de la Madera perteneciente al Centro de Ensayos e Investigación del Fuego AFITI – LICOE, obteniéndose resultados de estabilidad superior a 120 minutos.

A continuación reproducimos las carátulas de algunos otros importantes documentos de idoneidad y acreditaciones:

	MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS NO TRADICIONALES DE CONSTRUCCIÓN DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA	431
	Sistema portante EMMEDUE de paneles de hormigón armado con núcleo de E.P.S.	
Fábrica y Domicilio Social: EMMEDUE S.R.L. Via Torroja, 39 b Z.I. Belliochi 01022 FANO (PU) Italia	Filial España: EMMEDUE S.R.L. Pr de la Castellana, 166 Esc. 3 - 6º C 28046 MADRID España	Concesionario en España: EMMEDUE CONTINENTAL S.L. C/ Rafael Salgado, 7 Bajo Izda. 28036 MADRID España
C/ SERRANO GALVACHE, 4 28033 MADRID España	C.D.U. 692.251 Systèmes de Construction Building System	

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.

Cualquier reproducción de este Documento debe ser autorizada por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Este Documento consta de 22 páginas.


DECISIÓN NÚM. 431

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

- en virtud del Decreto nº 3.652/1963, de 28 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 nº 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 la solicitud formulada por la Sociedad EMMEDUE, S.R.L., para la concesión de un DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA al Sistema portante EMMEDUE de paneles de hormigón armado con núcleo de E.P.S.,
- en virtud de los vigentes Estatutos de la Unión 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 2 de diciembre de 2003.

DECIDE:

Conceder el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA número 431 al Sistema portante EMMEDUE de paneles de hormigón armado con núcleo de E.P.S., bajo las siguientes condiciones:

	MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS NO TRADICIONALES DE CONSTRUCCIÓN DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA	468
	Sistema estructural y de cerramiento PAMODIN de paneles de hormigón armado con núcleo de E.P.S.	
Fábrica: PAMODIN, S.L. C-45 (Ctra. Serós-Matals, km. 10) Polígono 9 25183 SERÓS (Lérida) España	C.D.U.: 692.251 Systèmes de Construction Building System	

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.

Cualquier reproducción de este Documento debe ser autorizada por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja. Este Documento consta de 24 páginas.

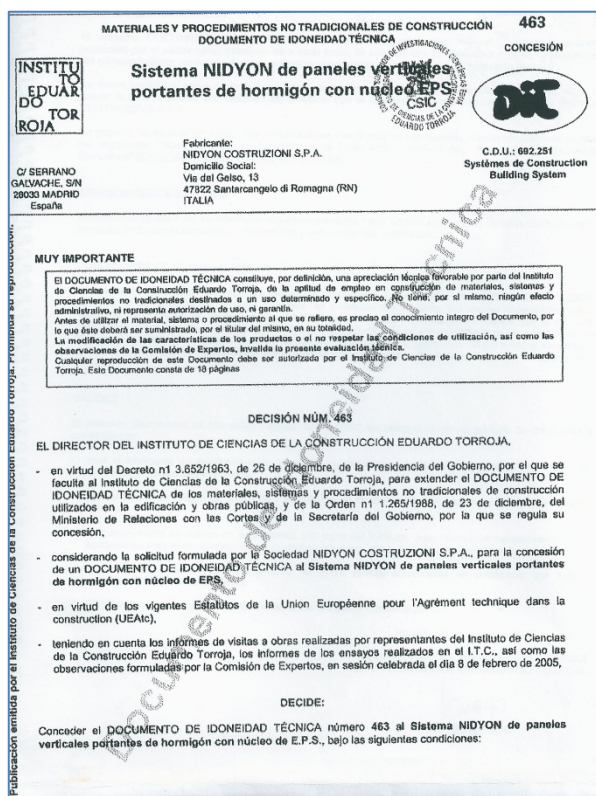
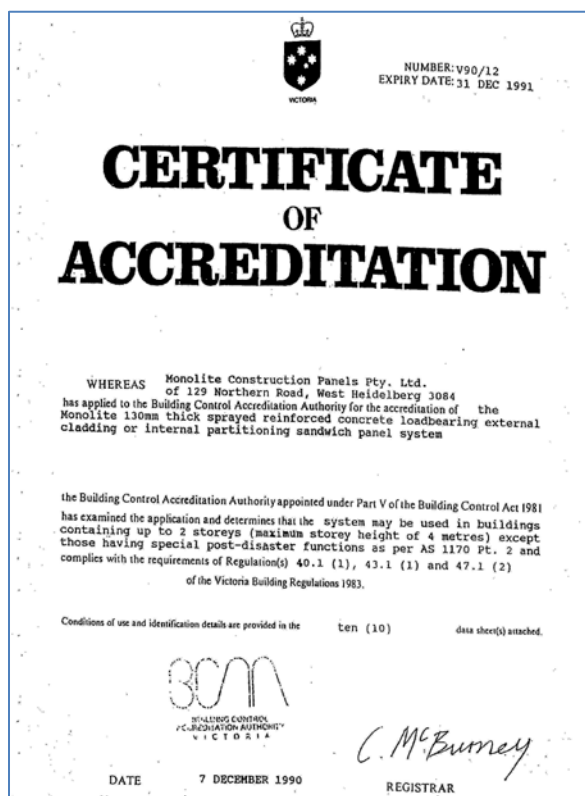
DECISIÓN NÚM. 468

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

- en virtud del Decreto nº 3.652/1963, de 28 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 nº 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 la solicitud formulada por la Sociedad PAMODIN, S.L., para la concesión de un DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA al Sistema estructural y de cerramiento PAMODIN de paneles de hormigón armado con núcleo de E.P.S.,
- en virtud de los vigentes Estatutos de la Unión 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 27 de octubre de 2005,

DECIDE:

Conceder el DOCUMENTO DE IDONEIDAD TÉCNICA número 468 al Sistema estructural y de cerramiento PAMODIN de paneles de hormigón armado con núcleo de E.P.S., bajo las siguientes condiciones:



A continuación se comentan los resultados de algunos de los principales ensayos realizados a los paneles de la tecnología MZtec:

5.1 FLEXOCOMPRESION

Para la solicitación de flexo compresión la carga de rotura de un panel MZtec de 10 cm de espesor conformado por 4 cm de poliestireno expandido y 3 cm de micro hormigón de cemento en cada cara, cuyas medidas son de 1,15 m de ancho y de 2,60 m de altura, en ningún caso fue inferior a 650 kN por metro lineal. La sustentación del ensayo fue la siguiente:

- Articulado en el extremo inferior
- Apoyo de primera especie en el extremo superior
- Libre en los bordes verticales.

La carga, uniformemente distribuida, fue ubicada en una línea paralela a las caras y a una distancia de un tercio del espesor de una de ellas (prácticamente sobre una de las capas de micro hormigón).

5.2 FLEXION SIMPLE

Los resultados de los ensayos realizados a la flexión simple, variables según condiciones de vínculo y forma de aplicación de las cargas han evidenciado un comportamiento totalmente compatible con elementos homogéneos de hormigón armado macizo en todo su espesor, en virtud de que:

- el eje neutro de la sección solicitada permanece dentro de la capa de compresión;
- la cuantía de acero que resiste a la tracción es tal que el diagrama de deformación de la sección se encuentra comprendido en los dominios de “rotura dúctil”;
- el estado de confinamiento del poliestireno expandido y la densidad de conectores permiten que tengan lugar los desvíos de las tensiones principales.

Del estudio de las curvas carga-deformación, se comprueba que las secciones de los paneles trabajan como una sección compuesta formada por dos losas de 5 cm y 3 cm unidas por las armaduras de unión (conectores electro soldados) trabajando solidariamente.

5.3 FLEXION EN EL PLANO DE LA PLACA

Ante las sollicitaciones que implican flexión coplanar con el panel, la estructura interna de los elementos contruidos con el sistema MZtec permite equiparar su comportamiento a un elemento de hormigón armado homogéneo, de ancho eficaz igual a la suma de los espesores de micro hormigón. En este caso es únicamente considerada la contribución estructural de dichas capas. Según sea la sustentación del elemento en cuestión, su comportamiento será equivalente al de una viga de gran altura o al de una pantalla de hormigón. Los ensayos confirman que los elementos permanecen rectos sin ninguna fisura o grieta trabajando las dos capas solidariamente, habiéndose alcanzado en una de las pruebas realizadas un valor del momento flector de 182 kNm en un ancho de panel de 0,80 m.

5.4 CARGAS DINAMICAS E IMPACTOS

El comportamiento de los elementos del sistema MZtec bajo el efecto de cargas dinámicas es adecuado, gracias a la respuesta del conjunto poliestireno expandido - hormigón armado, que involucra una resiliencia y una ductilidad que ha sido confirmada por diversos ensayos realizados en laboratorio. Construcciones realizadas con éste sistema constructivo han soportado sin ningún tipo de daño importantes sismos entre los que mencionamos: magnitud 6,8 Richter en la ciudad de Andacollo,

Chile 1997; así como los acaecidos en las ciudades de México, Rieti o Macerata entre otros.

Respecto de los choques e impactos dinámicos, los ensayos realizados en diversos laboratorios demostraron una adecuada capacidad tanto para el impacto “blando” (saco de arena de 50 kg. incidiendo pendularmente sobre un panel vertical desde distintas alturas), como para el impacto “duro” (masa de 3,5 kg, de acero incidiendo en caída libre sobre un panel dispuesto horizontalmente). La reserva de carga de las estructuras resueltas mediante ésta tecnología, conseguida gracias a las características de la combinación de materiales y a la hiperestaticidad propia de su vinculación se traduce en una importante capacidad para resistir todo tipo de cargas, aun las imprevisibles por el cálculo, como cedimientos del terreno, o impactos de vehículos, de los cuales se han registrado numerosas experiencias, de las que se cuentan con innumerables registros gráficos.

6. CATALOGO DE ENSAYOS REALIZADOS Y SUS NORMATIVAS

ESPAÑA – INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA CONSTRUCCION EDUARDO TORROJA

RESISTENCIA A CHOQUE DE CUERPO BLANDO

ENSAYO DE COMPRESION

FUERZA HORIZONTAL LATERAL

ENSAYO DE FLEXION

ENSAYO DE FLEXION EN 3 PUNTOS

ENSAYO DE FLEXION EN 4 PUNTOS

ENSAYO SOBRE CONJUNTO DE 2 PANELES

ENSAYO DE RESISTENCIA A ESFUERZO CORTANTE EN LOS NUDOS

ENSAYO SOBRE EL SISTEMA EN SU CONJUNTO: PORTICO

ESPAÑA – CENTRO DE ENSAYOS E INVESTIGACION DEL FUEGO

ESTABILIDAD AL FUEGO DE UN MURO BAJO CARGA

ESTABILIDAD AL FUEGO DE UN FORJADO BAJO CARGA

MÉXICO – INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL MICRO HORMIGÓN DE CEMENTO

ENSAYO DE COMPRESIÓN

ASTM E72-80

ENSAYO DE CORTE

ASTM E519-81

CARGA ESTATICA PARA RESISTENCIA AL

CORTANTE DE MUROS PARA EDIFICIOS

ASTM E564-86

CARACTERÍSTICAS DE INFLAMABILIDAD

DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

ASTM E84-87

CHILE – INSTITUTO DE INVESTIGACIONES Y ENSAYOS DE MATERIALES

IMPACTO BLANDO

NCH 804 EOF 71

COMPRESIÓN EXCÉNTRICA

NCH 801 EOF 71

CARGA HORIZONTAL MONOTONICA Y CÍCLICA

NCH 802 EOF 71

LOSA APOYADA EN CUATRO BORDES
RESISTENCIA AL FUEGO DE MURO
RESISTENCIA AL FUEGO DE LOSA

NCH 935/1
NCH 935/1

AUSTRALIA – DEAKIN UNIVERSITY

WATER PERMEANCE TEST
(Permeabilidad al agua exposición a la intemperie)
ENSAYO DE FLEXION POR PRESION LATERAL
AIR BAG
ENSAYO DE COMPRESIÓN

ASTM E514-74
s/ AS 3600
ASTM E72-80

AUSTRALIA – CONNELL WAGNER INSTITUTE

ENSAYO DE FLEXION

s/ AS 3600

AUSTRALIA – MELBOURNE UNIVERSITY – CIVIL ENGINEERING DEPT. COMPRESION CENTRADA Y EXCENTRICA

AUSTRALIA – CSIRO DIVISION OF BUILDING CONSTRUCTION AND ENGINEERING RESISTENCIA AL FUEGO

AS 1530

PHILLIPINES - UNIVERSITY OF THE PHILLIPINES – BUILDING RESEARCH SERVICE

ENSAYO DE COMPRESIÓN
ENSAYO DE CORTE

ASTM E72-80
ASTM E519-81

ITALIA – UNIVERSITA DI PERUGIA – FACOLTA DI INGEGNERIA

ENSAYO DE COMPRESIÓN
ENSAYO DE FLEXION
ENSAYO DE CORTE
ENSAYO SISMICO

ITALIA – UNIVERSITA DEGLI STUDI DI PADOVA – FACOLTA DI INGEGNERIA

ENSAYO DE COMPRESIÓN
ENSAYO DE FLEXION
ENSAYO DE CORTE
ENSAYO DE TRACCIÓN DE MALLAS ELECTROSOLDADAS
ENSAYO DE SEPARACIÓN DE SOLDADURA DE MALLAS

UNI ISO 10-287

ITALIA – ISTITUTO GIORDANO

ENSAYO DE TRANSMITANCIA TERMICA UNITARIA
ENSAYO DE CAPACIDAD FONOISLANTE
ENSAYO DE RESISTENCIA AL FUEGO
ENSAYO DE IMPACTO BLANDO
CARGA VERTICAL EXCENTRICA

ASTM C 236
CIRC. 91
ICITE 3.1.2.1.

BRASIL – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS

RESISTENCIA A CARGAS HORIZONTALES
ENSAYO DE IMPACTO BLANDO
RESISTENCIA AL FUEGO
CHOQUE TERMICO

ME 45/81
ME 43/81

AISLAMIENTO SONORO
 RESISTENCIA AL DESARROLLO DE HONGOS

7. RESUMEN DE RESULTADOS SIGNIFICATIVOS DE ENSAYOS

7.1 COMPRESIÓN CENTRADA Y EXCÉNTRICA

Se realizó una gran cantidad de ensayos sobre paneles de distintos espesores y alturas, y los resultados representativos de todos ellos son los que se consignan a continuación:

Compresión Centrada

Panel tipo PN 40 – Altura 240 cm – Carga lineal máxima = 760 kN/m

Panel tipo PN 60 – Altura 400 cm – Carga lineal máxima = 590 kN/m

Panel tipo PN 60 – Altura 300 cm – Carga lineal máxima = 1130 kN/m

Panel tipo PN 80 – Altura 270 cm – Carga lineal máxima = 1340 kN/m

Compresión Excéntrica (con excentricidad 1/3 espesor total)

Panel tipo PN 40 – Altura 240 cm - Carga lineal máxima = 566 kN/m

Panel tipo PN 60 – Altura 300 cm - Carga lineal máxima = 707 kN/m

Panel tipo PN 60 – Altura 400 cm - Carga lineal máxima = 360 kN/m

Panel tipo PN 80 – Altura 270 cm - Carga lineal máxima = 680 kN/m

7.2 FLEXIÓN SIMPLE

Los ensayos de flexión han sido en general realizados en diversas configuraciones, por lo que se consignan los momentos últimos representativos de los paneles ensayados.

Panel tipo PN 40: Capa de compresión de 3 cm – Momento último = 8,1 kNm/m

Panel tipo PN 70: Capa de compresión de 3 cm – Momento último = 12,2 kNm/m

Con registro del esfuerzo último de corte = 13,6 kN/m

Panel tipo PN 80: Capa de compresión de 3 cm – Momento último = 12 kNm/m

Flecha a la rotura = luz/100

(*) Tomar en cuenta que la sustentación de la muestra es simplemente apoyada en los extremos, por lo que la deformación transversal no está restringida y la deflexión no es la propia del comportamiento de las placas a flexión.

7.3 ENSAYO DE CORTE (ESFUERZO DE CIZALLAMIENTO)

La tensión de cizallamiento que evidencian los ensayos es, referida al espesor total del panel:

Panel tipo PN 40 (11 cm total) = 1,5 MPa

Panel tipo PN 80 (15 cm total) = 1,3 Mpa

7.4 ENSAYO DE CARGA HORIZONTAL CONTENIDA EN EL PLANO

La capacidad de los paneles es tal frente a esta sollicitación que los ensayos siempre se detienen por falla de los elementos de anclaje, si bien dichos valores son lo suficientemente altos como para acotar un comportamiento satisfactorio:

100 kN a 2,40 m de altura Panel PN 40 fallo de anclaje. Instituto del Cemento Portland (Argentina).

70 kN a 2,60 m de altura – Panel PR 40 fallo de cimentación. Instituto Eduardo Torroja (España).

En ensayos de carga horizontal cíclica alternada se han alcanzado valores de 350 kN Panel PN 40

7.5 ENSAYO DE IMPACTO BLANDO

Panel PR 40 ha recibido impactos de hasta 1200 julios (peso de 50 Kg con una altura de caída = 2,40 m) recuperando las flechas instantáneas y sin presentar daño alguno.

7.6 ENSAYO DE IMPACTO DURO

La caída desde 2 m de la esfera de acero de 3,5 Kg impronta las superficies de micro hormigón de cemento de manera imperceptible.

7.7 ENSAYO DE CARGA VERTICAL EXCÉNTRICA

Panel tipo PN 40 ha soportado la ménsula reglamentaria anclada mediante tornillos de 6 mm, con un esfuerzo de flexión de 300 Nm durante 24 horas sin fallo en la fijación.

7.8 ENSAYOS SISMICOS

Se ha sometido a un prototipo de vivienda construido íntegramente con paneles (paredes, forjados, escalera y cubierta) a aceleraciones horizontales de 10 m/s²,

con frecuencias variables incluyendo la propia de la estructura, no registrándose absolutamente ningún tipo de daño o fisuración.

A título ilustrativo se consigna que un sismo según normativas, en una zona de alto riesgo implica aceleraciones horizontales de diseño del orden de los 3,50 m/s².

En el Centro Experimental de Ingeniería de la Universidad de Panamá, se ha procedido a realizar una prueba sísmica sobre una casa modelo de planta rectangular de 10 m por 7 m y una altura de 4,5 m realizada con paneles PN 60 para muros y PN 80 para techo.

El peso total de la estructura fue de 41,8 T y fue ensayada para un cortante en la base igual a: $V_s = 0,625 \times 41,8 \text{ T} = 26,15 \text{ T}$

La resistencia del micro hormigón empleado para la proyección fue: $f' c = 110,95 \text{ Kg/cm}^2$

La deformación horizontal máxima alcanzó 0,517 mm para una fuerza máxima de 28,28 T, y el informe de laboratorio concluyó que el sistema constructivo está calificado para soportar en forma adecuada las aceleraciones de diseño especificadas para Panamá según su reglamento REP-94, recomendando su aceptación sin reservas.

7.9 ENSAYO DE SEPARACIÓN DE SOLDADURAS

Se verificó el cumplimiento de lo exigido por las normas UNE 36.462 y UNI ISO 10-287 y concordantes para la resistencia de los puntos de soldadura. En todos los casos se halló que dicha resistencia supera 2,26 veces como mínimo la fuerza de comparación exigida por la norma (0,3 de la resistencia a la rotura de la barra de menor diámetro).

Carga de separación mínima de la serie de ensayos = 1,66 kN

Carga de comparación = 0,74 kN

7.10 ENSAYO DE PERMEABILIDAD A LA INTEMPERIE

Los paneles han sido clasificados como E (clase la mas alta) luego de haber sido expuestos a lluvias de 140 mm/h con viento de 106 Km/h durante 24 + secado + 72 horas.

7.11 ENSAYO DE RESISTENCIA AL DESARROLLO DE HONGOS

Los resultados de estos ensayos evidencian un mejor comportamiento de los paramentos MZtec frente a las alternativas tradicionales, al verificarse el **nivel 0** (sustratos libres de crecimiento de micro organismos) en los paramentos descritos,

contra nivel 1 (Micro organismos dispersos) en las muestras sobre mampostería tradicional.

7.12 ENSAYO DE RESISTENCIA AL FUEGO

Diversos ensayos han arrojado resultados consistentes respecto de la capacidad ignifuga de la tecnología descrita y como significativos se citan:

- 60 minutos a 2500 °C sin desprendimiento de vapores ni producción de llama (Panel tipo PN 60 con recubrimiento de 35 mm de micro hormigón).
- Panel tipo PN 60 cm con recubrimiento de 30 mm de micro hormigón
Fire Resistance Level:
Structural Adequacy (Admisibilidad Estructural) = 241 min.
Integrity (Integridad) = 241 min.
Insulation (Capacidad Aislante) = 172 min.
- Ningún ensayo arrojó resultados inferiores a F90 (90 minutos de resistencia al fuego).

7.13 ENSAYO DE IMPACTOS BALISTICOS

En ningún caso los proyectiles provenientes de armas cortas han podido atravesar muros del sistema constructivo, aun en calibres como .357 Magnum o .45 Auto. Lo mismo ocurre con proyectiles tipo Brenneke calibre 12 (arma: Franchi SPAS) Distancia de tiro = 5.50 m.

8. CARACTERÍSTICAS DE HABITABILIDAD Y CONFORT

8.1 AISLAMIENTO TERMICO

El espesor del núcleo de poliestireno expandido de los paneles MZtec deberá ser tal, que el aislamiento térmico correspondiente al cerramiento obtenido, cumpla los requisitos exigidos por la Norma "Norma Básica de la edificación NBE CT-79 Condiciones Térmicas de los Edificios". Dado que el poliestireno expandido resulta continuo en todos los muros de cerramiento, no resultan puentes térmicos de ninguna naturaleza.

Considerando la conductividad térmica certificada según UNE 53.310/87 para las densidades 12, 15 y 20 Kg/m³ resultan los siguientes valores del coeficiente de transmisión de calor K, calculado según el lineamiento de la Norma Básica de la Edificación NBE CT-79 Condiciones Térmicas en los edificios, habiéndose

considerado que para el espesor del hormigón su conductividad térmica sea igual a $1,4 \text{ W/m}^2 \text{ C}$, con espesores de micro hormigón de 30 mm en cada cara:

TRANSMITANCIA TERMICA TOTAL K ($\text{W/m}^2\text{C}$)

PANEL TIPO	DENSIDAD (Kg/m^3)		
	12	15	20
P40	0,86	0,72	0,68
P50	0,72	0,59	0,56
P60	0,64	0,50	0,48
P70	0,56	0,44	0,41
P80	0,49	0,39	0,36
P90	0,44	0,35	0,32
P100	0,40	0,32	0,30
P120	0,34	0,27	0,24

Se dice que dos cerramientos son equivalentes térmicamente cuando tiene el mismo valor de transmitancia térmica. A modo de ejemplo indicaremos a continuación los valores de transmitancia térmica K expresados en $\text{W/m}^2\text{C}$ para diferentes clases de cerramiento de la construcción tradicional, y su relación con un muro de 10 cm de espesor total realizado con nuestra tecnología empleando EPS de la Clase III, que presenta un valor de $K = 0,72$.

Esta relación indicará cuantas veces es mejor aislante térmico éste muro de espesor y densidad mínima MZtec frente a cualquiera de los mencionados en el cuadro siguiente:

Tipo de cerramiento	Espesor (cm)	K ($\text{W/m}^2\text{C}$)	relación
• Hormigón armado	27,5 cm	2,51	3,49
• Fábrica ladrillo macizo	15,0 cm	2,91	4,04
• Fábrica doble de ladrillo macizo c/cámara de aire de 3 cm	30,5 cm	1,47	2,04
• Fábrica doble de ladrillo macizo trasdosado hueco de 8 cm c/ cámara de aire de 3 cm.	25,0 cm	1,86	2,58
• Fábrica ladrillo hueco 12 cm c/cámara de aire 30,0 cm 3cm y ladrillo común enfoscado		1,90	2,64
• Bloques huecos de hormigón	19,0 cm	2,70	3,75

8.2 AISLAMIENTO ACUSTICO

El aislamiento acústico de los paneles MZtec constituye una de las ventajas que el sistema presenta a los efectos de lograr un excelente nivel de confort de vida acorde a las más exigentes condiciones.

A continuación se consignan los resultados de los ensayos de aislamiento acústico realizados sobre paneles de las siguientes características:

- 1) Panel tipo PN 40, enfoscado con micro hormigón en ambas caras hasta un espesor final de 9,50 cm.
- 2) Panel tipo PN 80, enfoscado con micro hormigón en ambas caras hasta un espesor final de 14 cm.

Realizados en el Instituto de Pesquisas Tecnológicas – Sao Paulo-Brasil, y sin enlucidos de terminación de tipo alguno. Los resultados de ensayos han sido evaluados de acuerdo a los métodos establecidos en DIN 4109, ISO 717 e IRAM 4043. La aplicación del método descrito arroja los siguientes números únicos para las curvas obtenidas en los ensayos:

- | | |
|---|-------|
| • Panel MZtec PN 40 de 4 cm de espesor de EPS | 36 dB |
| • Panel MZtec PN 80 de 8 cm de espesor de EPS | 39 dB |

A modo de ejemplo: la norma NBE-CA 81 aconseja los siguientes números únicos de aislamiento para ruidos aéreos en casos típicos:

- | | |
|--|------|
| • Particiones interiores de una vivienda | 35dB |
| • Muros de fachada | 30dB |

La siguiente tabla especifica los números únicos, medidos en laboratorio, para materiales típicos utilizados para la construcción de paredes y tabiques.

- | | |
|--|------|
| • Tabique de ladrillos huecos sencillo de 4 cm | 32dB |
| • Tabicón de ladrillo hueco de 9 cm | 35dB |
| • Bloque de hormigón de 9 cm | 35dB |
| • Fábrica de ½ pie de ladrillo hueco | 38dB |
| • Placa de escayola de 10 cm | 35dB |

El caso de los aislamientos acústicos especiales y para los muros medianeros MZtec dispone de paneles especiales que llevan un núcleo compuesto, ya sea por interposición de membranas acústicas o mediante cámaras de aire de espesor variable entre 0 y 24 mm.

En éstos casos los recubrimientos de micro hormigón se realizan con espesores diferentes entre cada una de sus caras a los efectos de provocar que las

frecuencias propias de oscilación de cada cara sean diferentes entre sí y fomenten la interferencia.

De ésta forma se alcanzan valores de R_w superiores a 45 dB.

8.3 RESISTENCIA AL FUEGO

La resistencia al fuego propia de esta tecnología, ha sido verificada en los ensayos realizados en diversos laboratorios, satisfaciendo los requisitos exigidos por las diferentes reglamentaciones.

A modo de ejemplo, una pared de 10 cm de espesor terminado, obtenida a partir de un panel tipo PN 40, posee una resistencia al fuego directo de 110 minutos (Instituto de Investigación y Ensayos de Materiales, Chile).

El poliestireno expandido es pobre como material inflamable y necesita grandes volúmenes de aire comburente (aproximadamente 150 veces su propio volumen) para que el fuego lo destruya completamente. Por lo tanto al estar confinado no puede quemarse. Además la calidad del poliestireno expandido utilizada por MZtec es la del tipo F auto extingible según normas DIN 4102, de manera tal que el propio material evita la tendencia desde el inicio de la combustión.

La fracción componente de sus gases de combustión, relevante desde el punto de vista toxicológico es, como en el caso de la madera, el monóxido de Carbono, pero siempre en cantidad muy limitada. Según las normas DIN, la emisión de Oxido de Carbono durante la combustión de diferentes materiales es la siguiente:

- | | |
|-----------------------------|---------------------|
| • Fibra de madera: | 69.000 ppm a 600 °C |
| • Madera: | 15.000 ppm a 600 °C |
| • Corcho: | 29.000 ppm a 600 °C |
| • Poliestireno expandido F: | 1.000 ppm a 600 °C |

Tal como se aprecia en la tabla anterior, la exhalación de monóxido de carbono está entre 15 y 69 veces menos que la madera y sus derivados como materiales de construcción.

8.4 ESTABILIDAD FISICO QUÍMICA

Tanto el poliestireno expandido como el micro hormigón son materiales de una gran estabilidad físico-química. Además, la ausencia de espacios vacíos y materiales biodegradables en el interior de los muros y forjados MZtec, impiden el desarrollo de colonias de insectos de cualquier tipo.

La adecuada capacidad aislante hidrófuga se verifica gracias a la baja absorción de los materiales componentes. La del micro hormigón de cemento conseguida merced a su dosificación, propia de capas aisladoras verticales y a la compactación que se obtiene por la proyección neumática del mismo; la del poliestireno, inherente a su propia estructura de celdas cerradas herméticas y que en el ensayo de inmersión total durante 28 días verifica una absorción de solo el 2 % en peso. El ensayo de absorción realizado en el Instituto Eduardo Torroja, realizado según UNE EN 1609 arroja una absorción $W = 0,028 \text{ kg/m}^2$.

8.5 COMPORTAMIENTO HIOGROTÉRMICO

La Resistencia térmica y disposición constructiva de los elementos de cerramiento de los edificios deben ser tales, que en las condiciones ambientales consideradas en la Norma, los cerramientos no presenten humedades de condensación en su superficie interior, ni dentro de la masa del cerramiento que degraden sus condiciones, así como tampoco las esporádicas que causen daños a otros elementos.

Los cerramientos que poseen una resistencia térmica baja, presentan una importante caída de la temperatura del aire interior en contacto con los mismos.

La Norma NBE CT 79 exige que las verificaciones higrótérmicas se realicen considerando que la temperatura de diseño interior sea de 18°C con una humedad relativa ambiente del 75%.

Para esas condiciones, la temperatura de saturación es aproximadamente igual a $13,7^\circ\text{C}$.

Si la caída de la temperatura del aire interior en contacto con los muros, fuera tal que alcanzara la temperatura de saturación, se producirá condensación superficial. Cuanta más alta sea esa caída de temperatura, más precaria será la seguridad al riesgo de condensación.

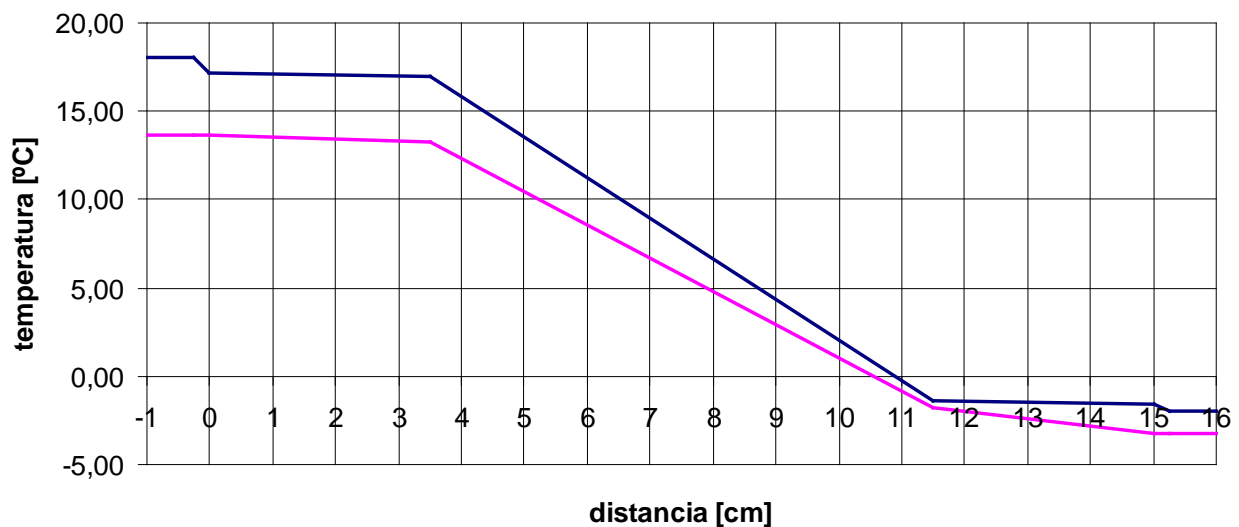
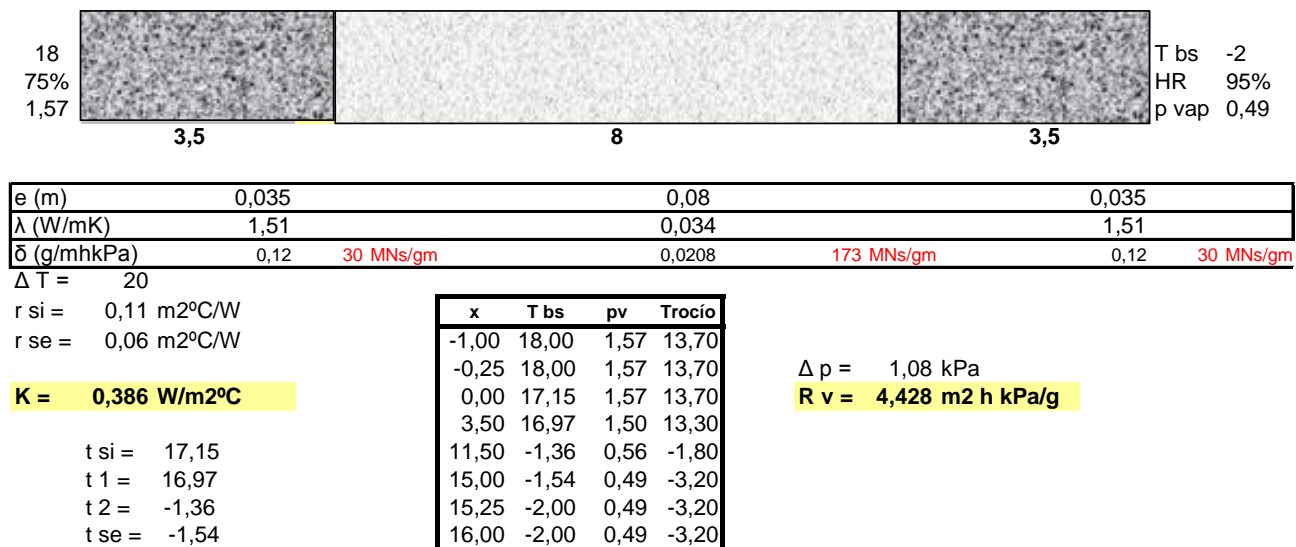
Es por ello que un valor alto de la resistencia térmica en los muros aumenta dicha seguridad, pues hace que se mantenga por encima de la temperatura de saturación, toda la evolución de las temperaturas de bulbo seco a través de los muros, aunque los mismos no lleven barrera de vapor. Dado que los muros MZtec poseen una resistencia térmica superficial muy elevada, resulta que la diferencia entre la temperatura del aire interior y la temperatura superficial interior de los cerramientos ($T_i - t_i$) es bastante menor en MZtec que en la mayoría de los sistemas tradicionales.

Si comparamos dos cerramientos, uno de ellos de ladrillo perforado de 29 cm $K = 1,78 \text{ W/m}^2\text{C}$

El otro sea un cerramiento MZtec PN 80 $K = 0,39 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$
 Para una diferencia entre la temperatura interior y la exterior igual a $18 \text{ }^\circ\text{C}$
 Las diferencias entre la temperatura del aire interior y superficial interior son:

Muro de ladrillo perforado de 29 cm: $T_i - t_i = 4,5 \text{ }^\circ\text{C}$ luego $t_i = (18 - 4,5) = 13,5 \text{ }^\circ\text{C}$ **se produce condensación**
 Muro con PN 80 de MZTEC: $T_i - t_i = 0,8 \text{ }^\circ\text{C}$ luego $t_i = (18 - 0,8) = 17,2 \text{ }^\circ\text{C}$ **no se produce condensación**

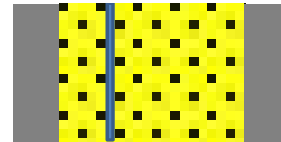
A título ilustrativo se desarrolla un ejemplo de cálculo de muro de fachada resuelto con panel PN 80 para la zona climática Z de España por ser la más fría, correspondiéndole una temperatura de diseño de -2°C con una humedad relativa del 95%:



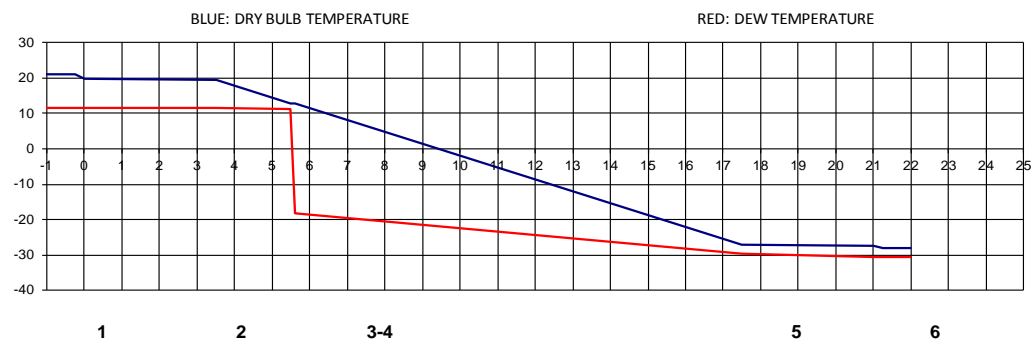
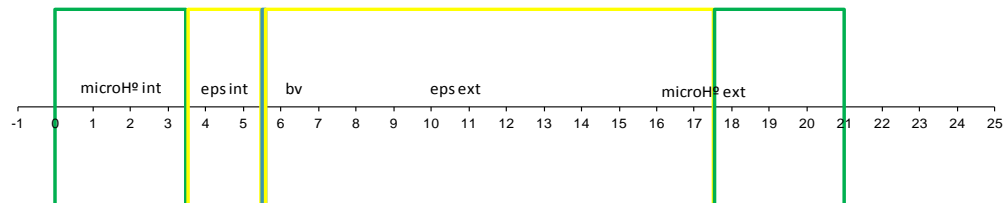
En zonas de clima extremadamente frío se incluye dentro del panel una lámina de polietileno como barrera de vapor, a los fines de evitar la condensación intersticial. A modo de ejemplo se muestra a continuación una verificación para la normativa de la Federación Rusa, en la ciudad de Moscú y con una temperatura exterior de diseño de -28°C:

μH^0 int	3,5 cm	T int	21 °C
eps int	2 cm	HR int	55%
v.b.			
eps ext	12 cm	T ext	-28 °C
μH^0 ext	3,5 cm	HR ext	75%
City	Moscow		

21 °C
55%
13,587 kPa



T bs -28 °C
HR 75%
 p_{vap} 0,3473 kPa



layer	μH^0	eps	poli	eps	μH^0
e (m)	0,035	0,02	1E-04	0,12	0,035
λ (W/mK)	1,51	0,034	1	0,034	1,51
δ (g/mhPa)	0,12	0,021	1E-06	0,021	0,12
	30 MN s/g m			173 MN s/g m	30 MN s/g m
e/ δ	0,292	0,961	83,33	5,767	0,292
e/ λ x K	0,005	0,136		0,815	0,005

$\Delta T = 49$ °C
 $\Delta p = 13,2$ kPa

r si = 0,11 m2K/W
r se = 0,06 m2K/W

t si = 19,77 °C
t 2 = 19,51 °C
t 3 = 12,85 °C
t 4 = 12,85 °C
t 5 = -27,1 °C
t se = -27,3 °C

x	T bs	p v	Trocio
-1	21	13,59	11,53
-0,25	21	13,59	11,53
0	19,77	13,59	11,53
3,5	19,51	13,54	11,48
5,5	12,85	13,40	11,32
5,6	12,85	1,23	-18,1
17,5	-27,07	0,39	-29,7
21	-27,33	0,347	-30,8
21,25	-28,00	0,347	-30,8
22	-28,00	0,347	-30,8

$R_v = 90,644$ m2 h kPa/g

$K = 0,2288$ W/m2K

La línea superior muestra la evolución de la temperatura de bulbo seco a través de un muro MZtec, desde la temperatura interior $T_i = 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta la temperatura exterior $T_e = -2\text{ }^{\circ}\text{C}$. La línea inferior de la gráfica muestra la evolución de la temperatura de saturación. Tal como puede apreciarse ésta última se mantiene siempre por debajo de la primera lográndose de esa forma que en ningún punto se produzca condensación, ya sea superficial como intersticial.

8.6 PUENTES TÉRMICOS POR CONECTORES

Los conectores electro soldados que unen las mallas de acero del panel producen un debilitamiento de la resistencia térmica del muro MZtec debido a la alta conductividad térmica del acero. La conductividad térmica del panel como material compuesto se calcula como la media ponderada del producto de las secciones de cada material multiplicado por la conductividad propia.

PUENTES TÉRMICOS OCASIONADOS POR LOS CONECTORES

	densidad eps (Kg/m3)				
	12	15	20	25	30
λ_{eps} (W/mK)	0,044	0,037	0,034	0,033	0,031
relac. conductividades	1318	1568	1706	1758	1871
λ_{acero} (W/mK)	58				
Φ conector (mm)	2,5				
$\lambda_{\mu\text{H}^{\circ}}$ (W/mK)	1,4				

Consideramos 1 m2 de panel atravesado por n° conectores

n° (ud/m2)	40	80
Superficie (cm2)	10.000,00	10.000,00
Sección acero (cm2/m2)	1,96	3,93
Sección eps (cm2)	9.998,04	9.996,07

λ_{eq} (W/mK) 40	0,055	0,048	0,045	0,044	0,042
λ_{eq} (W/mK) 80	0,067	0,060	0,057	0,056	0,054

Con la conductividad así calculada podemos determinar el valor de la transmitancia térmica de los paneles y compararlo con el valor teórico en cuyo cálculo se

prescinde del puente térmico de los conectores por el aumento de la conductividad equivalente:

AUMENTO DE LA CONDUCTIVIDAD EQUIVALENTE					
CON nº (ud/m2)					
40	25,9%	30,8%	33,5%	34,5%	36,7%
80	51,7%	61,5%	67,0%	69,0%	73,4%

Los valores de la transmitancia térmica de los paneles MZtec teóricos (opacos) y con 40 conectores de 2,5 mm por metro cuadrado resulta:

VALORES DE TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL MURO MZTec OPACO (SIN CONECTORES) - DENSIDAD 15 kg/M3									
PANEL TIPO	40	60	80	100	120	140	160	180	200
U (W/m2ºK)	0,773	0,545	0,421	0,343	0,289	0,250	0,220	0,197	0,178

VALORES DE TRANSMITANCIA TÉRMICA DEL MURO MZTec CON 40 CONECTORES / m2 - DENSIDAD 15 kg/M3									
U (W/m2ºK) 40c	0,962	0,688	0,536	0,439	0,371	0,322	0,284	0,254	0,230
variacion% 40c	24%	26%	27%	28%	28%	29%	29%	29%	29%

Como se puede comprobar, el aumento del valor de la transmitancia térmica debido a los conectores se mantiene por debajo del 35% que limitan algunas normas como la IRAM 11605 art. 4.4.1

Los paneles MZtec son los únicos que verifican ésta condición lo que los hace muy adaptables para su empleo como cerramiento de cámaras frigoríficas.

8.7 RESISTENCIA A LA DIFUSIÓN DE VAPOR DE AGUA

La resistencia a la difusión de vapor de agua de los muros MZtec es mucho mayor a la de la mayoría de los muros de construcción tradicional. Si a modo de ejemplo realizamos la comparación con un muro de bloques de hormigón vibrados de 0,20 m y calculamos la resistencia Rv según el lineamiento de la Norma IRAM 11625 resultan los siguientes valores sin considerar ningún elemento como barrera de vapor:

Permeabilidades de cálculo:

Poliestireno expandido:	$\delta = 0,003750$	g / m h kPa
Micro hormigón de cemento:	$\delta = 0,0150$	g / m h kPa
Bloques huecos de hormigón:	$\delta = 0,0520$	g / m h kPa
Ladrillo cerámico de 0,18 m:	$\delta = 0,1870$	g / m h kPa

Revoque interior: $\delta = 0,0600$ g / m h kPa

Revoque exterior: $\delta = 0,0487$ g / m h kPa

Con los valores indicados resulta:

$$R_v \text{ muro } 0.20 \text{ H}^0 = 3,801 \text{ m}^2 \text{ h kPa / g}$$

$$R_v \text{ MZtec} = 20 \text{ m}^2 \text{ h kPa / g (para un muro con panel PN 60)}$$

El aumento de la resistencia a la difusión de vapor de agua proporcionado por MZtec en este caso es igual a: **5,2 veces**

Esta resistencia a la difusión de vapor de los muros MZtec está centralizada en el micro hormigón de cemento armado que reviste cada una de las caras del panel y que por su metodología de aplicación neumática resulta sumamente compacto y de muy baja porosidad.

Las barreras de vapor son necesarias para minimizar los riesgos de condensación intersticial, que es la condensación del vapor de agua que se produce en el interior de las capas del muro ó techo debido a la disminución de su temperatura por debajo del punto de rocío. Por lo tanto, la función de una barrera de vapor consistirá en reducir la presión de vapor dentro de la pared o techo en las partes en las que comienza a disminuir la temperatura. Cuando un muro reúne las dos condiciones de alta aislamiento térmico y alta resistencia a la difusión de vapor de agua, proporciona los elementos fundamentales para asegurar que no se produzca condensación, ya que la evolución de la temperatura a través del muro se mantiene por encima de la temperatura de rocío, la que a su vez cae vertiginosamente por la alta resistencia a la difusión de vapor de agua que tienen sus elementos componentes.

Continuando con los ejemplos, haremos la comparación con un muro de ladrillo cerámico de 20 cm de espesor.

$$R_v \text{ muro ladrillo cerámico } 0,22 \text{ m} = 1,707 \text{ m}^2 \text{ h kPa / g}$$

El aumento de la resistencia a la difusión de vapor de agua proporcionado por MZtec en este caso es igual a casi **12 veces**

Esta condición sumada al hecho de la ausencia de fisuras y grietas en relación a las mamposterías tradicionales, brinda una muy superior protección contra el riesgo de condensación. Esto provee una mayor duración de los enlucidos y las pinturas, además de una mejora de las condiciones de salubridad de los paramentos construidos con el sistema.

9. VERIFICACIÓN DE RESISTENCIAS MECANICAS

Los edificios contruidos con el Sistema Constructivo MZtec se conciben como estructuras formadas por grandes elementos verticales y horizontales que se constituyen al agruparse los paneles pre industrializados una vez hormigonados en obra. Estos grandes elementos verticales y horizontales, trabajan como secciones compuestas debido a la vinculación que les proporcionen los 80 conectores de acero de 3mm de diámetro por cada metro cuadrado de superficie de panel, de manera tal que las dos capas de hormigón proyectadas trabajan de manera solidaria como sección compuesta.

Elementos verticales

La unión entre cada uno de los elementos es articulada de forma tal que la rigidez transversal de cada elemento vertical es despreciable frente a su rigidez en el plano.

Para dar estabilidad a los edificios es necesario que se dispongan paneles en las dos direcciones de forma tal que, además de recibir la carga de los forjados, proporcionen la estabilidad transversal del mismo, en dos direcciones, junto con los posibles arrostamientos existentes en cada planta y estudiando en cada caso, la transmisión de la cargas horizontales a través del forjado o de los posibles arrostamientos.

Para la obtención de los esfuerzos de diseño de los paneles, se tendrán en cuenta todas las posibles excentricidades de cálculo de la transmisión de los esfuerzos, efectos térmicos, imperfecciones, etc., dadas en las "Directrices comunes de la UEAtc, para la apreciación técnica de procedimientos de construcción a base de paneles pesados prefabricados".

El análisis de sollicitaciones de la estructura se realizará utilizando las acciones definidas en la NBE-AE-88 y se dimensionarán las secciones con los resultados obtenidos según la Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

Elementos horizontales

En cuanto a los elementos horizontales que constituyen los forjados, estos también se consideran articulados en sus apoyos, es decir que se consideran isostáticos de forma que no se transmite ningún momento de empotramiento a los elementos de sustentación vertical. La rigidez a flexión de los mismos se limita a la consideración de un Módulo de elasticidad longitudinal E igual a 3000 MPa, y se calcularan dentro de la zona de comportamiento elástico.

El momento de Inercia I dependerá del espesor de panel seleccionado según el caso. En el artículo 12 se estudia el comportamiento del panel en Estado I y se

indica el valor del módulo de rigidez $E \times I$ de toda la serie de paneles MZtec. Las inercias han sido calculadas considerando el espesor del panel más un espesor de 5 cm de capa de compresión y más un espesor de 3 cm como recubrimiento inferior en zona de tracción.

El comportamiento mecánico de los paneles se refleja en diagramas de interacción de lectura directa. Tales diagramas han sido hallados tomando las deformaciones máximas correspondientes a los estados últimos de servicio, según las hipótesis convencionales del cálculo de secciones a rotura y calculando las solicitaciones que las producen, exactamente del mismo modo en que se procede con secciones de hormigón armado convencional.

Dado que existen dos tipologías básicas de paneles MZtec que son los llamados PN (paneles normales) y PR (paneles reforzados), se definen dos tipos de micro hormigón asociados a cada uno de ellos. Las calidades de los materiales empleados en los cálculos estructurales teóricos de los [Paneles tipo R] son:

$f'_{ck} = 25$ MPa (equivalente a HA – 25 Control normal)

$f_{yk} = 500/550$ MPa ($\sigma_{02} = 500$ MPa)

Al emplear [Paneles de tipo N] los datos de cálculo son:

$f'_{ck} = 16$ MPa

$f_{yk} = 500/550$ MPa ($\sigma_{02} = 500$ MPa)

Sección acero = 3,31 cm²/m (12 Ø 5 mm + 28 Ø 2,5 mm), por cada panel de 112,5 cm con recubrimientos de 2.5 cm [Paneles tipo R]

Sección de acero = 1,963 cm²/m (40 Ø 2,5 mm), por cada panel de 112,5 cm con recubrimientos de 2.5 cm [Paneles tipo N]

9.1 HIPOTESIS GENERALES DE COMPORTAMIENTO

En general, se encuentra de utilidad práctica asimilar el comportamiento bajo carga de las secciones conformadas por el sistema MZtec a secciones homogéneas de hormigón armado. Para la verificación de la resistencia a la compresión centrada, el espesor de esa sección ideal es de 7 cm que resulta de la suma de los espesores de cada una de las capas de micro hormigón. Para la verificación de la resistencia a la flexión se asimilar, del mismo modo, la placa realizada con tecnología MZtec a una equivalente de hormigón armado homogénea, de la misma sección total. Lo apropiado de tal hipótesis en el análisis a flexión simple, no debe en realidad sorprender, si se tiene en cuenta que:

El eje neutro en las secciones MZtec se encuentra totalmente dentro de la capa de compresión de hormigón, por lo que las compresiones son absorbidas completamente por dicho material.

Los esfuerzos de tracción son absorbidos, al igual que en los forjados normales, por las armaduras activas.

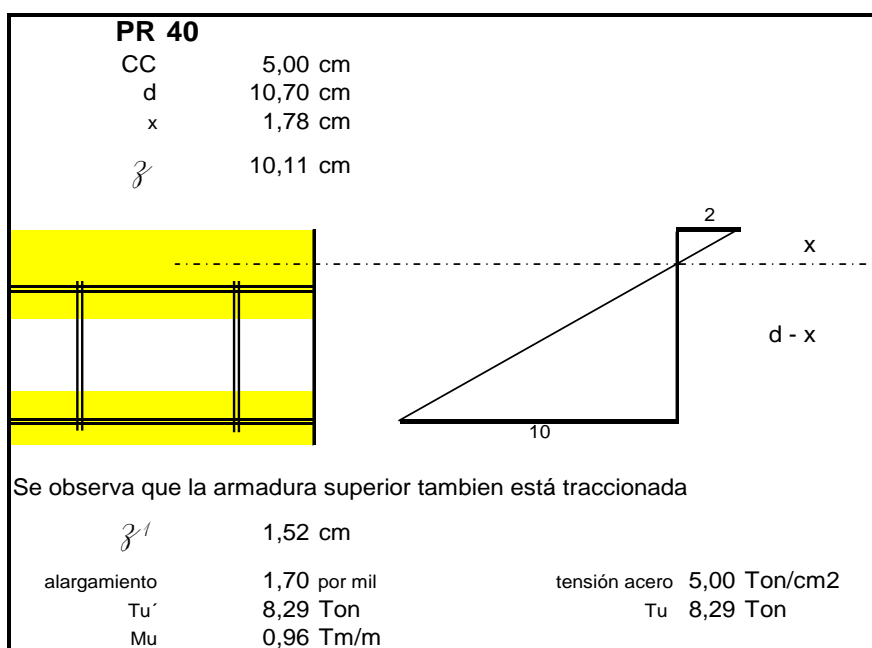
9.2 FLEXIÓN SIMPLE

El cálculo de las secciones compuestas puede realizarse de acuerdo a la teoría de los estados límites según las hipótesis enunciadas anteriormente o bien en Estado I considerando que el eje neutro de la sección sea baricéntrico y el volumen de las tensiones de tracción sean absorbidas por el micro hormigón de la capa inferior. Naturalmente que siempre se contará con la armadura del panel que debe tener cuantía suficiente para absorber la resultante de éstas tensiones de tracción. Por cualquiera de estos caminos, obtendremos valores similares para la verificación de las secciones resistentes.

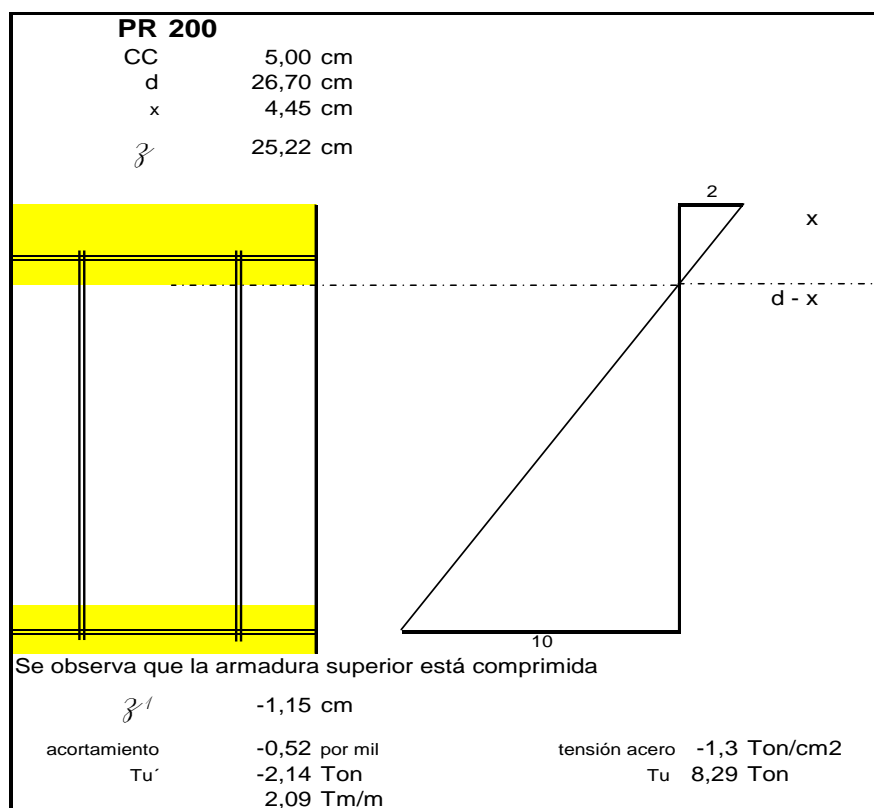
9.2.1 ESTADO LÍMITE ÚLTIMO

Se considera alcanzado el agotamiento de la sección cuando la deformación del acero haya alcanzado el valor de 10‰, mientras que la fibra mas comprimida alcanza el 2‰.

Se estudian los paneles (PR) con armaduras definidas s/Normativa Española. La situación en el panel MZtec de menor espesor resulta:



y en el otro extremo, para un panel PR 200 resulta:



El término z' representa la distancia del eje neutro a la armadura superior y según su signo positivo o negativo, indicará que la armadura superior está traccionada o comprimida respectivamente. El valor del Momento último obtenido de ésta manera es el correspondiente al Estado Límite último de agotamiento de la sección por tracción de armaduras, y supone una rotura de tipo dúctil, con gran preanuncio por acusar la pieza importantes deformaciones.

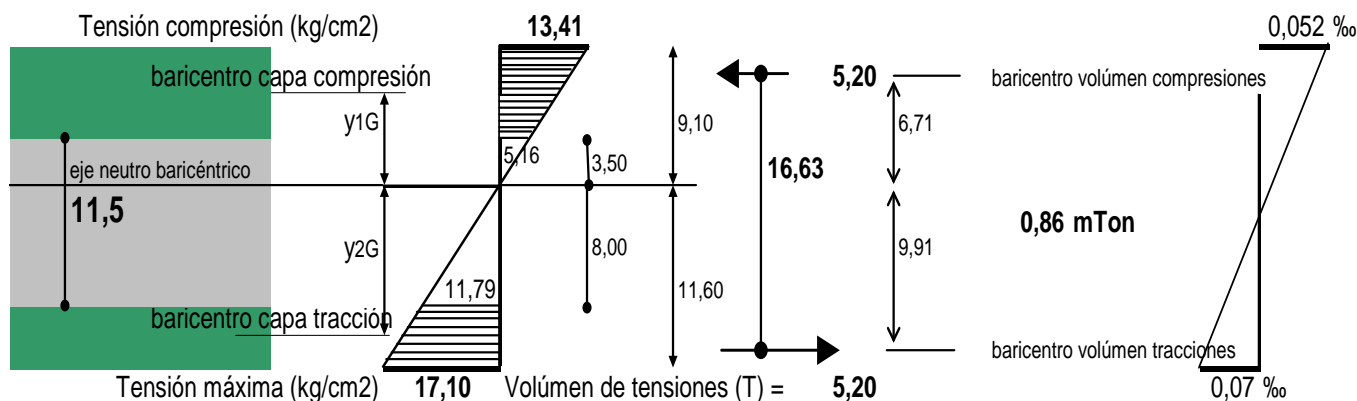
Esta situación se verifica perfectamente al efectuarse los ensayos de flexión, obteniéndose una muy buena correlación entre el modelo propuesto y los resultados experimentales.

Extendido el concepto para toda la serie de paneles MZtec se obtiene la siguiente tabla de Momentos últimos M_u donde los M_d son los valores de diseño, es decir reducido el M_u por los coeficientes de seguridad del acero y del hormigón (1,15 y 1,5 respectivamente):

PANEL TIPO	esp. EPS	capa - cm	capa + cm	ancho cm	d cm	x lim cm	Mu Tm/m	M d Tm/m
PR-40	4	5,6	3,6	100	10,7	1,78	0,84	0,49
PR-50	5	5,6	3,6	100	11,7	1,95	0,92	0,53
PR-60	6	5,6	3,6	100	12,7	2,12	0,99	0,58
PR-70	7	5,6	3,6	100	13,7	2,28	1,07	0,62
PR-80	8	5,6	3,6	100	14,7	2,45	1,15	0,67
PR-90	9	5,6	3,6	100	15,7	2,62	1,23	0,71
PR-100	10	5,6	3,6	100	16,7	2,78	1,31	0,76
PR-110	11	5,6	3,6	100	17,7	2,95	1,39	0,80
PR-115	11,5	5,6	3,6	100	18,2	3,03	1,43	0,83
PR-120	12	5,6	3,6	100	18,7	3,12	1,46	0,85
PR-130	13	5,6	3,6	100	19,7	3,28	1,54	0,89
PR-140	14	5,6	3,6	100	20,7	3,45	1,62	0,94
PR-150	15	5,6	3,6	100	21,7	3,62	1,70	0,98
PR-160	16	5,6	3,6	100	22,7	3,78	1,78	1,03
PR-170	17	5,6	3,6	100	23,7	3,95	1,86	1,08
PR-180	18	5,6	3,6	100	24,7	4,12	1,93	1,12
PR-190	19	5,6	3,6	100	25,7	4,28	2,01	1,17
PR-200	20	5,6	3,6	100	26,7	4,45	2,09	1,21

9.2.2 ESTADO I (HORMIGÓN SIN FISURAR)

Se considera a la sección compuesta como un sólido continuo donde las tensiones de compresión y de tracción son absorbidas por el micro hormigón. El Momento de diseño M_d se calculará entonces como el producto de las resultantes de los volúmenes de tensiones multiplicados por la distancia entre ambos, respondiendo al siguiente esquema desarrollado por ejemplo en un panel PR 115



PANEL TIPO	EPS cm	capa - cm	capa + cm	ancho cm	y1G+y2G cm	y1G cm	y2G cm	I cm ⁴	I sólido cm ⁴	I / Isólido %	E x I Kg cm ²	W mín cm ³	M adm Tm/m
PR-40	4	5,6	3,6	100	8,6	3,37	5,23	18.059	19.166	94%	5,42,E+08	2567	0,44
PR-50	5	5,6	3,6	100	9,6	3,76	5,84	22.047	23.861	92%	6,61,E+08	2884	0,49
PR-60	6	5,6	3,6	100	10,6	4,15	6,45	26.474	29.265	90%	7,94,E+08	3208	0,55
PR-70	7	5,6	3,6	100	11,6	4,54	7,06	31.338	35.429	88%	9,40,E+08	3537	0,60
PR-80	8	5,6	3,6	100	12,6	4,93	7,67	36.641	42.404	86%	1,10,E+09	3869	0,66
PR-90	9	5,6	3,6	100	13,6	5,32	8,28	42.383	50.238	84%	1,27,E+09	4205	0,72
PR-100	10	5,6	3,6	100	14,6	5,71	8,89	48.562	58.982	82%	1,46,E+09	4544	0,78
PR-110	11	5,6	3,6	100	15,6	6,10	9,50	55.180	68.687	80%	1,66,E+09	4885	0,84
PR-115	11,5	5,6	3,6	100	16,1	6,30	9,80	58.653	73.915	79%	1,76,E+09	5056	0,86
PR-120	12	5,6	3,6	100	16,6	6,50	10,10	62.236	79.401	78%	1,87,E+09	5228	0,89
PR-130	13	5,6	3,6	100	17,6	6,89	10,71	69.730	91.175	76%	2,09,E+09	5573	0,95
PR-140	14	5,6	3,6	100	18,6	7,28	11,32	77.663	104.060	75%	2,33,E+09	5919	1,01
PR-150	15	5,6	3,6	100	19,6	7,67	11,93	86.033	118.104	73%	2,58,E+09	6266	1,07
PR-160	16	5,6	3,6	100	20,6	8,06	12,54	94.842	133.358	71%	2,85,E+09	6614	1,13
PR-170	17	5,6	3,6	100	21,6	8,45	13,15	104.090	149.873	69%	3,12,E+09	6964	1,19
PR-180	18	5,6	3,6	100	22,6	8,84	13,76	113.775	167.697	68%	3,41,E+09	7314	1,25
PR-190	19	5,6	3,6	100	23,6	9,23	14,37	123.899	186.881	66%	3,72,E+09	7665	1,31
PR-200	20	5,6	3,6	100	24,6	9,63	14,97	134.461	207.476	65%	4,03,E+09	8016	1,37

Si comparamos los resultados de calcular los momentos de diseño a partir de las consideraciones teóricas de los métodos descritos anteriormente se obtiene el siguiente cuadro:

PANEL TIPO	var.II/I %
PR-40	10,6%
PR-50	7,7%
PR-60	5,1%
PR-70	2,8%
PR-80	0,8%
PR-90	-0,9%
PR-100	-2,4%
PR-110	-3,8%
PR-115	-4,5%
PR-120	-5,1%
PR-130	-6,2%
PR-140	-7,2%
PR-150	-8,1%
PR-160	-8,9%
PR-170	-9,7%
PR-180	-10,4%
PR-190	-11,0%
PR-200	-11,6%

De su observación se desprende que el método de cálculo de las secciones por estado límite último o por estado de hormigón sin fisurar arroja valores del Momento flector de diseño muy similares en la gama de paneles de espesores de EPS comprendidos entre 6 y 12 cm.

En los paneles más delgados el Estado Límite conduce a valores hasta un 10, 6 % superior, mientras que en los paneles más gruesos sucede lo contrario.

En ambos casos los valores de Momento flector de servicio obtenidos por medio de los ensayos mecánicos conducen a valores significativamente mayores, motivo por el cual, sea cual fuere el método elegido, los valores quedan siempre del lado de la seguridad.

9.3 ESFUERZO CORTANTE

El comportamiento al esfuerzo cortante es similar, si bien en placas moderadamente delgadas, del tipo al que responden las de hormigón, la sollicitación por cortante es prácticamente despreciable. En este caso las tensiones principales son absorbidas sin inconvenientes al aproximarse a las zonas de descarga por el conjunto formado por los materiales componentes.

El desvío de la tensión principal de tracción es absorbido por los conectores, exactamente igual que en las vigas de hormigón armado tradicional lo hacen los estribos. Es por eso que su cantidad y distribución uniforme son fundamentales para garantizar ese comportamiento.

La disposición de los conectores del panel MZtec ortogonales a los mallazos le confieren al mismo la posibilidad de absorber flexión en ambos sentidos de la misma manera, dando homogeneidad a la placa y permitiendo su uso en otras funciones.

Para un número fijo de conectores: 80 de Φ 3 mm se tabulan los valores para el dimensionamiento de los paneles frente a esfuerzo cortante siendo V_{rd} el valor más desfavorable obtenido de las inequaciones (1) y (2):

$$V_{rd} \leq V_{u1} \quad (1)$$

$$V_{rd} \leq V_{u2} \quad (2)$$

Siendo V_{rd} el esfuerzo cortante efectivo de cálculo, V_{u1} el esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma y V_{u2} el esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Siguiendo el criterio de cálculo del artículo 44º de EHE resulta para los paneles utilizados como muros, donde la sección de micro hormigón es simétrica de 30 mm sobre la onda del EPS por cada cara:

b₀	f_{cd}	f_{ck}	f_{y90,d}	A₉₀	A_s
mm	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	mm ² /mm	mm ²
1125	16,67	25	608,70	0,636	186,532

RESISTENCIA AL CORTANTE EN MUROS

PANEL	e _{hor}	e _{EPS}	e _{hor}	d	ξ	ρ_1	V _{rd,adm}	V _{u1}	V _{u2}
TIPO	mm	mm	mm	mm			kN	kN	kN
PR 40	36	40	36	89	2,499	0,002	58,86	275,63	58,86
PR 50	36	50	36	99	2,421	0,002	60,54	275,63	60,54
PR 60	36	60	36	109	2,355	0,002	62,14	275,63	62,14
PR 70	36	70	36	119	2,296	0,001	63,68	275,63	63,68
PR 80	36	80	36	129	2,245	0,001	65,16	275,63	65,16
PR 100	36	90	36	139	2,200	0,001	66,58	275,63	66,58
PR 110	36	100	36	149	2,159	0,001	67,97	275,63	67,97
PR 115	36	115	36	164	2,104	0,001	69,96	275,63	69,96
PR 120	36	120	36	169	2,088	0,001	70,61	275,63	70,61
PR 130	36	130	36	179	2,057	0,001	71,88	275,63	71,88
PR 140	36	140	36	189	2,029	0,001	73,12	275,63	73,12
PR 150	36	150	36	199	2,003	0,001	74,33	275,63	74,33
PR 160	36	160	36	209	1,978	0,001	75,52	275,63	75,52
PR 170	36	170	36	219	1,956	0,001	76,68	275,63	76,68
PR 180	36	180	36	229	1,935	0,001	77,82	275,63	77,82
PR 190	36	190	36	239	1,915	0,001	78,93	275,63	78,93
PR 200	36	200	36	249	1,896	0,001	80,03	275,63	80,03

En el caso de los forjados, el recubrimiento de los paneles es asimétrico con un espesor de 5 cm de capa de compresión y 3 cm de recubrimiento inferior, siempre medidos desde la cresta del núcleo de EPS. Para el cálculo del esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma, se considera solamente la sección efectiva de hormigón.

RESISTENCIA AL CORTANTE EN FORJADOS

PANEL	e _{hor}	e _{EPS}	e _{hor}	d	ξ	ρ_1	V _{rd,adm}	V _{u1}	V _{u2}
TIPO	mm	mm	mm	mm			kN	kN	kN
PR 40	36	40	56	109	2,355	0,002	69,11	388,13	69,11
PR 50	36	50	56	119	2,296	0,001	70,65	388,13	70,65
PR 60	36	60	56	129	2,245	0,001	72,13	388,13	72,13
PR 70	36	70	56	139	2,200	0,001	73,55	388,13	73,55
PR 80	36	80	56	149	2,159	0,001	74,94	388,13	74,94
PR 100	36	90	56	159	2,122	0,001	76,28	388,13	76,28
PR 110	36	100	56	169	2,088	0,001	77,58	388,13	77,58
PR 115	36	115	56	184	2,043	0,001	79,47	388,13	79,47
PR 120	36	120	56	189	2,029	0,001	80,09	388,13	80,09
PR 130	36	130	56	199	2,003	0,001	81,30	388,13	81,30
PR 140	36	140	56	209	1,978	0,001	82,49	388,13	82,49
PR 150	36	150	56	219	1,956	0,001	83,65	388,13	83,65
PR 160	36	160	56	229	1,935	0,001	84,79	388,13	84,79
PR 170	36	170	56	239	1,915	0,001	85,90	388,13	85,90
PR 180	36	180	56	249	1,896	0,001	87,00	388,13	87,00
PR 190	36	190	56	259	1,879	0,001	88,08	388,13	88,08
PR 200	36	200	56	269	1,862	0,001	89,14	388,13	89,14

Para cargas contenidas en el plano del panel, que lo solicitan a flexión como viga de gran altura, la verificación se realiza bajo la misma hipótesis, tomando los valores de referencia del hormigón armado, es decir, los valores de la tensión tangencial de comparación τ_{02} correspondiente para la sección neta de hormigón armado.

9.4 DIAGRAMAS DE INTERACCIÓN

Siguiendo los lineamientos del cálculo de una sección rectangular con armadura doble simétrica, se pueden construir diagramas de interacción de lectura directa que facilitan enormemente la lectura del comportamiento de los paneles MZtec en los casos de Flexión Simple y Compuesta hasta Compresión simple o sea desde el Dominio 2 hasta el 5.

$$N u = 0,85 \times b \times h \times f_{cd} + A_s \times f_{yd}$$

$$x \text{ lím} = 0,259 \times d$$

$$f_{ck} = 250,00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{yk} = 5000,00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{cd} = 166,67 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{yd} = 4347,83 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A_s = 1,66 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\delta = d' / h$$

$$A_{\text{total}} = 3,32 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{rec efectivo} = 3,50 \text{ cm}$$

$$\text{rec calculo} = 3,50 \text{ cm}$$

$$d' = 2,4 \text{ cm}$$

Coefficientes de seguridad adoptados para éste análisis:

$$\gamma_G = 1$$

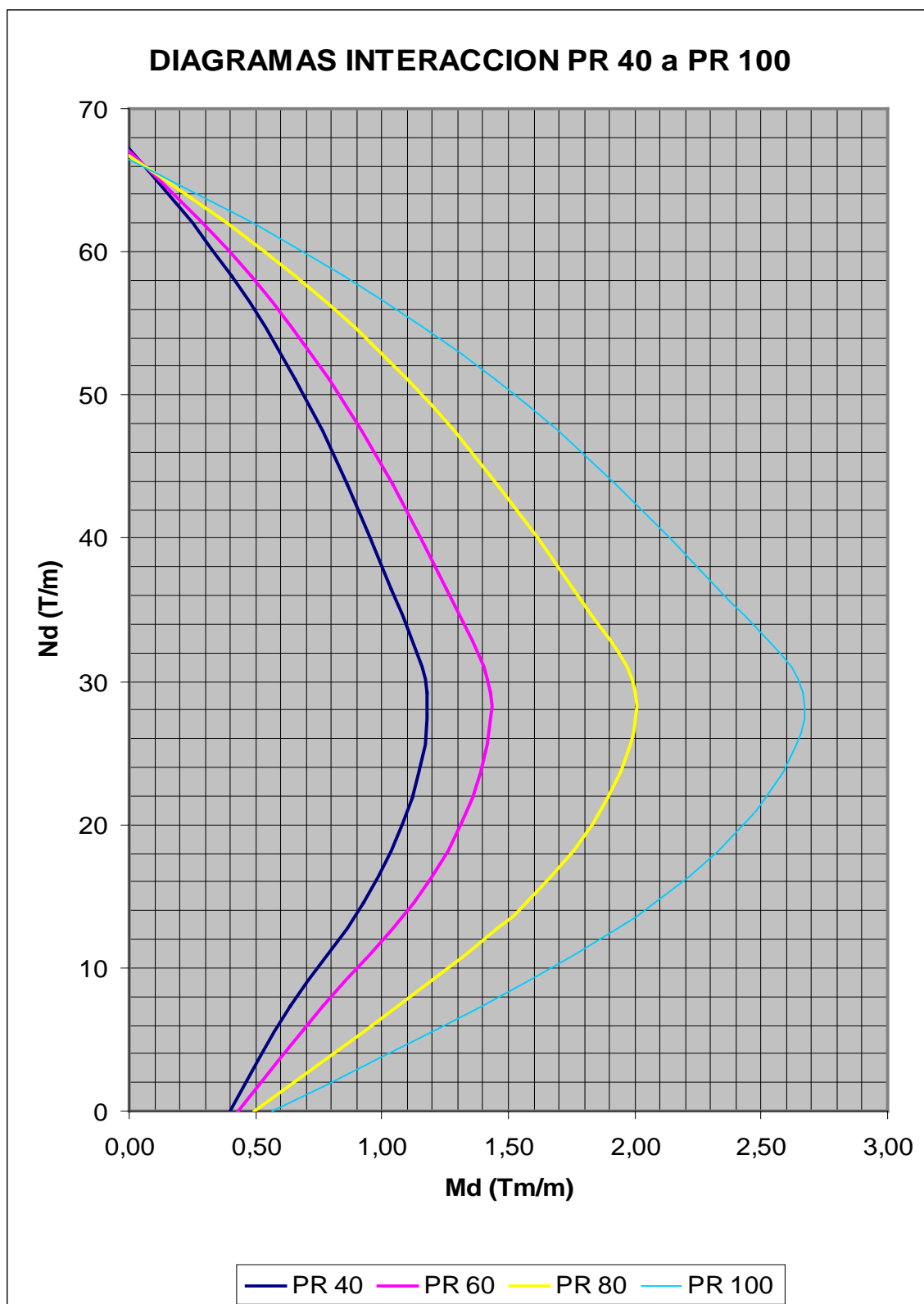
$$\gamma_C = 1,5 \quad 1,5 \quad 1,6$$

$$\gamma_S = 1,15$$

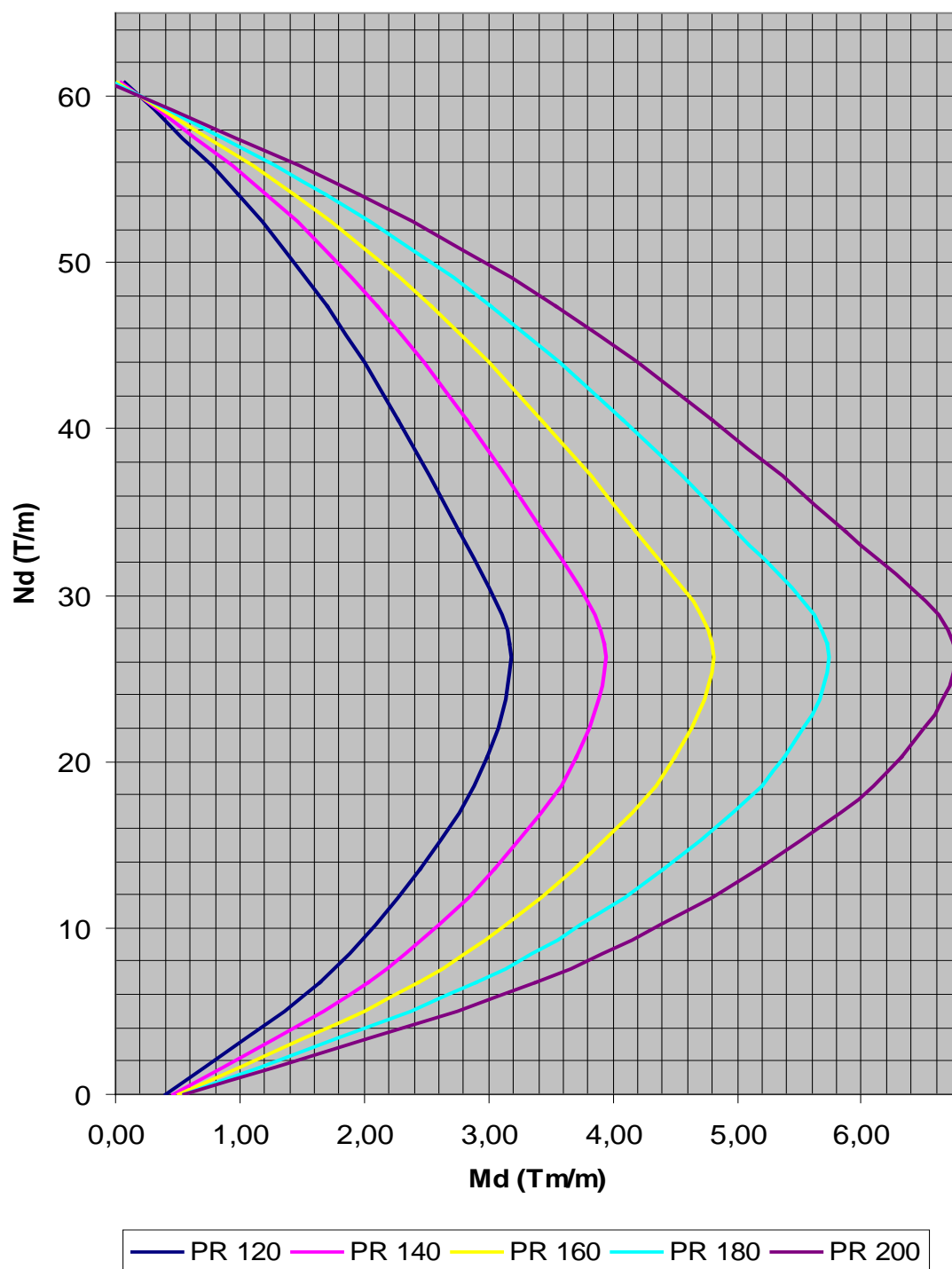
$$\gamma_{\text{tot}} = 1,725$$

AXIL v	α_1	α_2	α_3
0,10	-0,09	2,01	2,00
0,20	-0,15	1,99	2,06
0,30	-0,19	2,00	2,00
0,40	-0,20	1,96	2,19
0,50	-0,18	2,05	2,17
0,60	-0,15	2,15	2,03
0,70	-0,11	2,26	1,89
0,80	-0,05	2,30	1,76
0,90	0,03	2,31	1,62
1,00	0,12	2,31	1,49
1,10	0,21	2,32	1,38
1,20	0,30	2,32	1,27
1,30	0,39	2,33	1,18
1,40	0,48	2,33	1,10
1,50	0,58	2,33	1,03

PANEL TIPO	eps cm	rec cm	b cm	h cm	d cm	δ	ω
PR 40	4	3,50	100	11	8,60	0,22	0,079
PR 50	5	3,50	100	12	9,60	0,20	0,072
PR 60	6	3,50	100	13	10,60	0,18	0,067
PR 70	7	3,50	100	14	11,60	0,17	0,062
PR 80	8	3,50	100	15	12,60	0,16	0,058
PR 90	9	3,50	100	16	13,60	0,15	0,054
PR 100	10	3,50	100	17	14,60	0,14	0,051
PR 110	11	3,50	100	18	15,60	0,13	0,048
PR 120	12	3,50	100	19	16,60	0,13	0,046
PR 130	13	3,50	100	20	17,60	0,12	0,043
PR 140	14	3,50	100	21	18,60	0,11	0,041
PR 150	15	3,50	100	22	19,60	0,11	0,039
PR 160	16	3,50	100	23	20,60	0,10	0,038
PR 170	17	3,50	100	24	21,60	0,10	0,036
PR 180	18	3,50	100	25	22,60	0,10	0,035
PR 190	19	3,50	100	26	23,60	0,09	0,033
PR 200	20	3,50	100	27	24,60	0,09	0,032



DIAGRAMAS INTERACCION PR 120 a PR 200



Las curvas obtenidas son nomotéticas de la ordenada al origen (Compresión centrada) pues se corresponde con la resistencia de la sección sólida de micro hormigón y acero presentes en toda la serie de paneles.

Las abscisas al origen se corresponden con la capacidad a flexión simple de cada panel y tal como se ha desarrollado en los puntos anteriores, varía según el espesor del núcleo de EPS de cada tipo de panel.

Puede entrarse en éstos diagramas con los valores de la máxima sollicitación del elemento estructural de un edificio, mayoradas por los coeficientes de seguridad. Si el punto obtenido se encuentra dentro del diagrama de interacción significa que el elemento verifica con la seguridad adecuada las sollicitaciones que soporta.

9.4.1 RESULTADOS SIGNIFICATIVOS DE ENSAYOS VOLCADOS EN DIAGRAMAS DE INTERACCION

Se han volcado en los diagramas de interacción de lectura directa los resultados de los siguientes ensayos, representativos de las resistencias mínimas correspondientes a cada tipo de panel. Ver estudio del Estado Límite último de cada panel.

Ensayo Torroja (Compresión excéntrica)

Altura = 280 cm
Panel PR40
Espesor total = 11 cm
Carga última = 560 kN/m

Ensayo Melbourne 1 (Compresión centrada)

Altura = 300 cm
Panel PN 60
Espesor total = 13 cm
Carga última = 1.134 kN/m

Ensayo Melbourne 2 (Compresión excéntrica)

Altura = 300 cm
Panel PN 60
Espesor total = 13 cm
Carga última = 707 kN/m (excentricidad inicial 3,5 cm)

Ensayo Padova 1 (Compresión centrada)

Altura = 55 cm
Panel PN 40
Espesor EPS = 11 cm
Carga última = 903 kN/m

Menor valor obtenido de una serie de 6 pruebas. El valor mayor alcanzó 1.460 kN

Ensayo Padova 2 (Compresión centrada)

Altura = 55cm

Panel PN 80

Espesor total = 15 cm

Carga última = 1.019 kN/m

Menor valor obtenido de una serie de 6 pruebas. El valor mayor alcanzó 1.337 kN

Ensayo Padova 3 (Compresión excéntrica)

Altura = 275 cm

Panel PN 80

Espesor total = 15 cm

Carga última = 830 kN/m (excentricidad inicial 3,5 cm)

Ensayo Chile 1 (Compresión excéntrica)

Altura = 240 cm

Panel PN 40

Espesor total = 10 cm

Carga última = 566 kN/m (excentricidad inicial 3,5 cm)

Ensayo Argentina 1 (Flexión)

Panel PR 40

Espesor total = 12 cm

Luz = 270 cm

Carga en los cuartos de la luz

Carga máxima = 24 kN

Ensayo Connell Wagner 1 (Flexión)

Panel PR 60

Espesor total = 14 cm

Luz = 360 cm

Carga en los tercios de la luz

Carga máxima = 8 kN (con esfuerzo de corte máximo de 14 kN/m)

Ensayo Perugia 1 (Flexión)

Panel PR 80

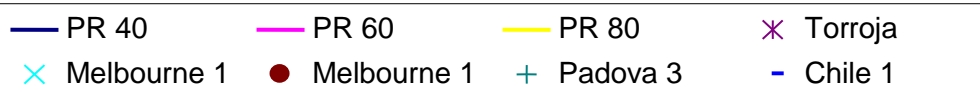
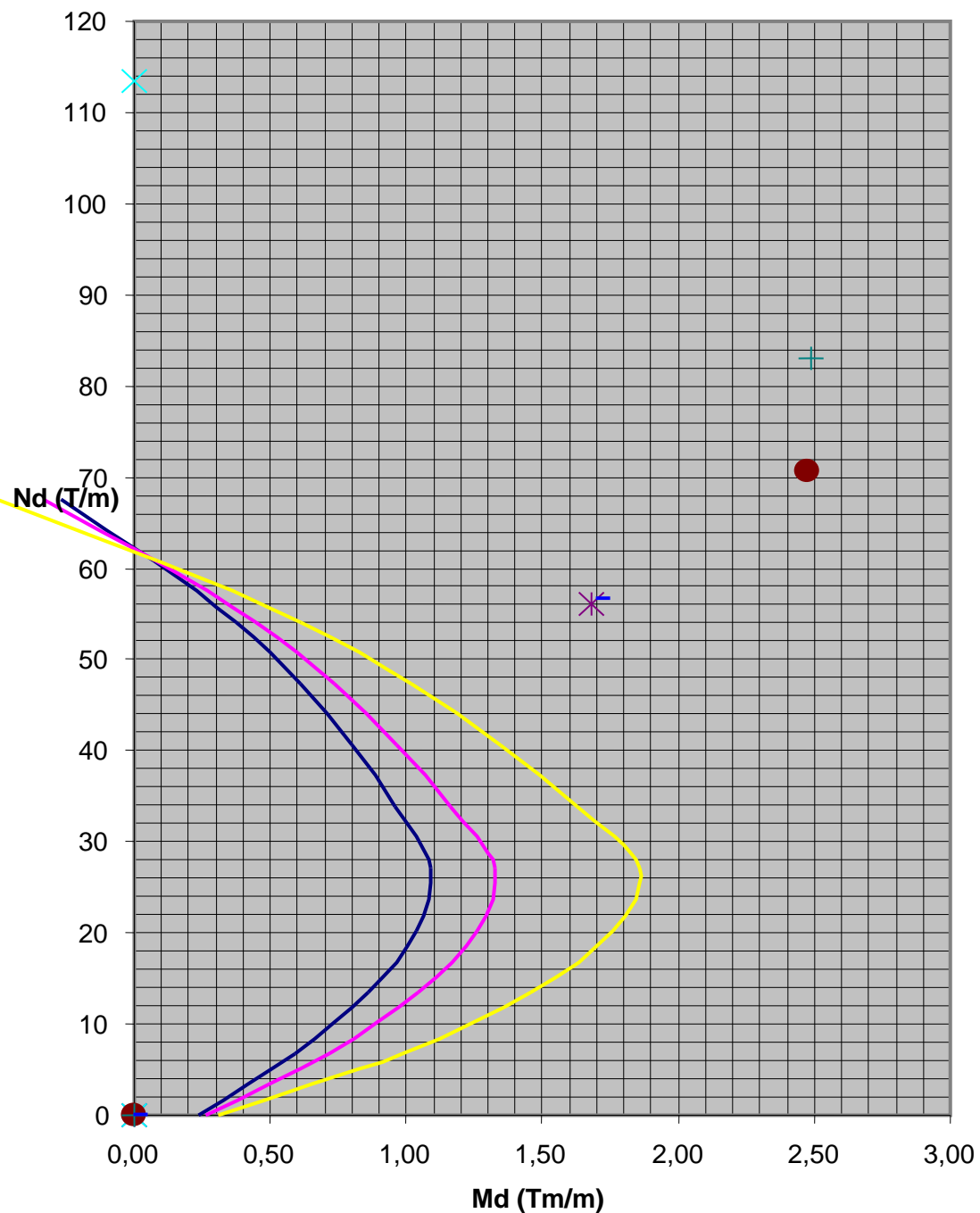
Espesor total = 16 cm

Luz = 360 cm

Carga en los tercios de la luz

Carga máxima = 21 kN

DIAGRAMAS INTERACCION PR 40 a PR 100



Se observa que los puntos representativos de las cargas alcanzadas en los ensayos, quedan por fuera de los diagramas de interacción correspondientes a los paneles sobre los que se han practicado tales pruebas.

9.5 OBSERVACIONES A ENSAYOS DE COMPRESIÓN

El ensayo básico de evaluación de las capacidades resistentes a flexo-compresión se realiza sobre muestras de paneles, proyectadas in situ, de alturas variables entre 2,50 m y 4,00 m, si bien existen ensayos realizados sobre muestras cortas, en las que los efectos de segundo orden pierden significación.

La sustentación de las muestras utilizadas en los ensayos es siempre articulada en el extremo inferior (libre rotación) y simplemente apoyada en el superior (rotaciones y desplazamientos verticales libres) y la carga se aplica en forma distribuida, sobre una línea paralela a las caras. Los bordes verticales de las muestras permanecen libres durante todos los ensayos. Esta configuración implica, frente a las sollicitaciones de segundo orden, esbelteces que no se condicen con las correspondientes a las placas en los casos reales.

Las razones de las diferencias son, brevemente: la propia sustentación, que en los casos reales, ya sea por vinculación a la cimentación o por continuidad con las placas de pisos contiguos, es más asimilable a empotramientos elásticos y no a simples articulaciones con giros libres y por otra parte, la situación de los bordes verticales libres, que raramente se encuentra en la práctica y que cambia sustancialmente la naturaleza de las sollicitaciones de segundo orden a ser verificadas en la placa, que son, en definitiva, las determinantes.

El comportamiento de una pared a la compresión se corresponde con mayor ajuste al de una placa rígida sostenida por sus cuatro bordes. Y al respecto nos limitamos a mencionar que las cargas críticas de tal configuración superan como mínimo por **más del doble** a las correspondientes al mismo elemento solicitado como barra, como es el caso de los ensayos utilizados.

No hay que dejar de tener en cuenta, en los casos reales, la existencia de paredes perpendiculares que contribuyen sobremanera a aumentar la rigidez, y por lo tanto la capacidad de carga global.

9.6 OBSERVACIONES A ENSAYOS DE FLEXION

Los ensayos referidos utilizan sustentaciones propias de vigas para analizar la capacidad a flexión de los elementos y al respecto es necesario resaltar que las deformaciones transversales no están impedidas en ellos, por lo que las

configuraciones de desplazamientos verticales deben ser afectadas de las reducciones correspondientes para asimilarlos al comportamiento de una placa apoyada en sus cuatro bordes.

Otra característica de fundamental importancia a la hora de evaluar los resultados de los ensayos de flexión es que en todos los casos el panel conservó una enorme capacidad de recuperación elástica, aun en estado último o de agotamiento. Incluso cuando la sección plastificada no estaba en condiciones de absorber más carga, al retirar ésta se verificaba consistentemente que la mayor parte de energía absorbida por la sección era almacenada como energía elástica de deformación, tendiendo la pieza a volver a su posición de equilibrio original, en forma más que significativa (40 a 50 %).

9.7 CAPACIDAD A FLEXION SIMPLE DE LAS PLACAS MZtec como PLACAS UNIDIRECCIONALES

PANEL TIPO	Mcal Tm/m	cargas admisibles (Ton/m ²) / deformaciones (cm)							
		2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00
PR-40	0,49	0,62	0,43	0,32	0,24	0,19	0,16	0,13	0,11
		0,06	0,08	0,11	0,15	0,19	0,23	0,28	0,34
PR-50	0,53	0,68	0,47	0,35	0,27	0,21	0,17	0,14	0,12
		0,05	0,08	0,10	0,13	0,17	0,21	0,25	0,30
PR-60	0,58	0,74	0,51	0,38	0,29	0,23	0,18	0,15	0,13
		0,05	0,07	0,09	0,12	0,15	0,19	0,23	0,27
PR-70	0,62	0,80	0,55	0,41	0,31	0,25	0,20	0,16	0,14
		0,04	0,06	0,08	0,11	0,14	0,17	0,21	0,25
PR-80	0,67	0,85	0,59	0,44	0,33	0,26	0,21	0,18	0,15
		0,04	0,06	0,08	0,10	0,13	0,16	0,19	0,23
PR-90	0,72	0,92	0,64	0,47	0,36	0,28	0,23	0,19	0,16
		0,04	0,05	0,07	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21
PR-100	0,78	0,99	0,69	0,51	0,39	0,31	0,25	0,21	0,17
		0,03	0,05	0,07	0,09	0,11	0,14	0,17	0,20
PR-110	0,84	1,07	0,74	0,55	0,42	0,33	0,27	0,22	0,19
		0,03	0,05	0,06	0,08	0,11	0,13	0,16	0,19
PR-115	0,86	1,11	0,77	0,56	0,43	0,34	0,28	0,23	0,19
		0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,13	0,15	0,18
PR-120	0,89	1,14	0,79	0,58	0,45	0,35	0,29	0,24	0,20
		0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15	0,18
PR-130	0,95	1,22	0,85	0,62	0,48	0,38	0,30	0,25	0,21
		0,03	0,04	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,17
PR-140	1,01	1,30	0,90	0,66	0,51	0,40	0,32	0,27	0,22
		0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,14	0,16
PR-150	1,07	1,37	0,95	0,70	0,54	0,42	0,34	0,28	0,24
		0,03	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,13	0,16
PR-160	1,13	1,45	1,01	0,74	0,57	0,45	0,36	0,30	0,25
		0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,10	0,13	0,15
PR-170	1,19	1,52	1,06	0,78	0,60	0,47	0,38	0,31	0,26
		0,02	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14
PR-180	1,25	1,60	1,11	0,82	0,63	0,49	0,40	0,33	0,28
		0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14
PR-190	1,31	1,68	1,16	0,86	0,66	0,52	0,42	0,35	0,29
		0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13
PR-200	1,37	1,75	1,22	0,90	0,69	0,54	0,44	0,36	0,30
		0,02	0,03	0,04	0,06	0,07	0,09	0,11	0,13

La columna correspondiente al Momento de cálculo es la mayor entre las calculadas ya sea por ELU o por E I, y las cargas que figuran en la tabla son totales, y deberán compararse con las acciones mayoradas con los correspondientes coeficientes de seguridad.

10. FIJACIONES A MUROS MZtec

Desde el punto de vista de resistencia estructural, los muros MZtec están diseñados para resistir cargas en compresión dominante que están representadas en los diagramas de interacción M-N característicos de cada tipo de panel según su espesor de EPS.

Para los casos de cargas concentradas en puntos aislados, el criterio de cálculo es el de la verificación de la presión de contacto entre perno y paredes, de manera tal de no superar la tensión de cálculo del Hormigón, que para $f'_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$ le corresponde un valor de $f'_{cd} = 0,85 \times f'_{ck} = 14,2 \text{ N/mm}^2$

Esto es exactamente igual que para la verificación de una fijación en un muro de Hormigón armado tradicional. La capacidad de carga del perno anclado con brocas se limitará al espesor de la capa de hormigón de la zona de inclusión, que para los muros MZtec es igual a 35 mm.

Para fijaciones a una cara la capacidad máxima de cada una estará dada por el siguiente cuadro:

DIAMETRO FIJACIÓN mm	N adm Kg
8	102,00
10	127,50
12	153,00
14	178,50
16	204,00
18	229,50
20	255,00
22	280,50
25	318,75
30	382,50

La fórmula empleada es: $N = f'_{cd} \times e \times \Phi / 4$ que corresponde a la compresión sobre la proyección del área del perno sobre la cara de hormigón mas el par de traslación de ese cortante al baricentro de la sección.

DIAMETRO FIJACIÓN mm	N adm Kg
8	120,00
10	150,00
12	180,00
14	210,00
16	240,00
18	270,00
20	300,00
22	330,00
25	375,00
30	450,00

Si las cargas fuesen accidentales los valores admisibles podrán incrementarse hasta alcanzar una máxima tensión en el borde igual a la resistencia de diseño del hormigón; en ese caso la tabla correspondiente es la de la izquierda.

DIAMETRO FIJACIÓN	N adm
mm	Kg
10	390,92
12	469,11
14	547,29
16	625,48
18	703,66
20	781,85
22	860,03
25	977,31
30	1172,77

Para cargas concentradas más importantes se puede recurrir al perno pasante que se puede diseñar hasta comprimir uniformemente la sección de cada cara a la tensión de cálculo, en ese caso la tabla de capacidades de fijación se transforma, por ejemplo para un espesor de EPS de 90 mm (PN 90) en los valores dados en la tabla de la izquierda.

Análogamente al caso de la fijación en una sola cara, la expresión de la capacidad de carga surge de considerar la combinación del cortante, como una tensión normal en la sección del perno, más la tensión originada por el par de traslación de la fuerza de cortante al baricentro, en éste caso, del muro en su conjunto, es decir con su espesor total.

Para mayores niveles de esfuerzo localizado podrán macizarse las zonas en coincidencia con la fijación, de manera tal de poder aumentar la capacidad de cortante de los pernos limitando la presión de contacto a los valores indicados. También y de manera similar a lo dicho en las fijaciones a una cara, que para cargas extraordinarias o accidentales podrán incrementarse los valores calculados en la relación $1 / 0,85 = 1,176$, es decir un 17,6%.

11. FORJADOS BIDIRECCIONALES

Cuando las placas MZtec se encuentran apoyadas en sus cuatro bordes y la relación entre el lado menor y el lado mayor está comprendido entre 0,5 y 2, constituyen placas que actúan como láminas delgadas bidireccionales que transmiten las reacciones de vínculo al perímetro de apoyo y que por lo tanto generan momentos flectores en las dos direcciones x e y. Pueden resolverse aplicando la teoría de elasticidad por la ecuación de las láminas delgadas para las condiciones de contorno que corresponden a las condiciones de vínculo externo; o también por medio de los métodos simplificados que de ella se derivan. El criterio de utilización es el de disponer la misma sección de barras que se tiene en la dirección principal, para la dirección secundaria.

En el caso de considerar solo las barras corrugadas resulta:

$$\begin{aligned} Fe_x \text{ (cm}^2\text{/m)} &= 1,05 \text{ cm}^2\text{/m} \\ Fe_y \text{ (cm}^2\text{/m)} &= 1,13 \text{ cm}^2\text{/m (empleando } 1\Phi 6 \text{ cada } 25) \end{aligned}$$

Aplicando las tablas de Jiménez Montoya resultan los siguientes valores:

Tomar en cuenta que el peso propio (180 Kg/m²) ya está considerado y que por lo tanto las cargas dadas en las tablas son las cargas útiles. Se han considerado los coeficientes de seguridad de 1,15 del acero, 1,50 del hormigón y 1,50 para las acciones.



Sobrecarga admisible [Kg/m ²] - <i>flecha máxima [cm]</i>												<i>ly / lx = 1</i>		23,810	20,833
Panel tipo	Luz menor [m]														
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00			
PR 80	1650	1091	753	535	385	277	198	138	91						
	0,23	0,34	0,46	0,60	0,75	0,93	1,13	1,34	1,57						
PR 90	1742	1155	801	571	413	301	217	154	104	65					
	0,21	0,30	0,40	0,53	0,67	0,82	1,00	1,19	1,39	1,62					
PR 100	1840	1223	851	609	443	325	237	171	119	78					
	0,18	0,27	0,36	0,47	0,60	0,74	0,89	1,06	1,24	1,44					
PR 110	1942	1293	903	649	475	350	258	188	134	91					
	0,17	0,24	0,32	0,42	0,54	0,66	0,80	0,95	1,12	1,30					
PR 120	2047	1367	956	690	507	377	280	207	149	104	67				
	0,15	0,22	0,29	0,38	0,49	0,60	0,73	0,87	1,02	1,18	1,35				
PR 130	2155	1442	1012	732	541	404	303	225	165	118	79				
	0,14	0,20	0,27	0,35	0,44	0,55	0,66	0,79	0,93	1,07	1,23				
PR 140	2264	1517	1067	775	574	431	325	244	182	132	92	59			
	0,13	0,18	0,25	0,32	0,41	0,50	0,61	0,72	0,85	0,98	1,13	1,29			
PR 150	2379	1597	1126	820	610	460	349	264	199	146	104	70			
	0,12	0,17	0,23	0,30	0,37	0,46	0,56	0,67	0,78	0,91	1,04	1,18			
PR 160	2494	1677	1185	865	645	489	373	284	216	161	117	81			
	0,11	0,15	0,21	0,27	0,35	0,43	0,52	0,62	0,72	0,84	0,96	1,10			
PR 170	2610	1757	1243	910	681	517	396	304	233	176	130	92			
	0,10	0,14	0,19	0,25	0,32	0,40	0,48	0,57	0,67	0,78	0,89	1,02			
PR 180	2725	1837	1302	955	717	546	420	324	250	191	143	104			
	0,09	0,13	0,18	0,24	0,30	0,37	0,45	0,53	0,62	0,72	0,83	0,94			
PR 190	2840	1917	1361	1000	752	575	444	344	267	205	156	115			
	0,09	0,12	0,17	0,22	0,28	0,34	0,42	0,50	0,58	0,67	0,77	0,88			
PR 200	2956	1997	1420	1045	788	604	468	364	284	220	168	126			
	0,08	0,12	0,16	0,21	0,26	0,32	0,39	0,46	0,54	0,63	0,72	0,82			

Sobrecarga admisible [Kg/m2] - <i>flecha máxima [cm]</i>												<i>ly / lx = 0,9</i>		19,608	17,241
Panel tipo	Luz menor [m]														
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00			
PR 80	1327	866	589	409	285	197	131	82							
	0,23	0,33	0,45	0,59	0,75	0,93	1,12	1,33							
PR 90	1403	919	628	438	309	216	147	95							
	0,20	0,30	0,40	0,52	0,66	0,82	0,99	1,18							
PR 100	1483	975	669	470	333	236	164	109	66						
	0,18	0,26	0,36	0,47	0,59	0,73	0,89	1,05	1,24						
PR 110	1567	1033	711	503	359	257	181	123	78						
	0,16	0,24	0,32	0,42	0,53	0,66	0,80	0,95	1,12						
PR 120	1654	1094	756	536	386	279	199	138	91						
	0,15	0,22	0,29	0,38	0,48	0,60	0,72	0,86	1,01						
PR 130	1743	1156	801	571	414	301	217	154	105	65					
	0,14	0,20	0,27	0,35	0,44	0,55	0,66	0,79	0,92	1,07					
PR 140	1833	1218	847	606	441	323	236	169	118	77					
	0,12	0,18	0,24	0,32	0,40	0,50	0,60	0,72	0,84	0,98					
PR 150	1928	1284	895	643	470	347	255	186	132	89					
	0,12	0,17	0,23	0,29	0,37	0,46	0,56	0,66	0,78	0,90					
PR 160	2022	1349	944	680	500	371	275	202	146	101	65				
	0,11	0,15	0,21	0,27	0,34	0,43	0,52	0,61	0,72	0,83	0,96				
PR 170	2117	1415	992	717	529	394	295	219	160	113	75				
	0,10	0,14	0,19	0,25	0,32	0,39	0,48	0,57	0,67	0,77	0,89				
PR 180	2212	1481	1041	755	558	418	314	235	174	125	86				
	0,09	0,13	0,18	0,23	0,30	0,37	0,44	0,53	0,62	0,72	0,83				
PR 190	2307	1547	1089	792	588	442	334	252	188	137	96	63			
	0,09	0,12	0,17	0,22	0,28	0,34	0,41	0,49	0,58	0,67	0,77	0,88			
PR 200	2402	1613	1137	829	617	466	354	268	202	149	107	72			
	0,08	0,12	0,16	0,20	0,26	0,32	0,39	0,46	0,54	0,63	0,72	0,82			

Sobrecarga admisible [Kg/m ²] - <i>flecha máxima [cm]</i> ly / lx = 0,8										
Panel tipo	Luz menor [m]									
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
PR 80	1080	695	463	312	209	135	80			
	0,24	0,34	0,46	0,61	0,77	0,95	1,15			
PR 90	1143	739	495	337	228	151	93			
	0,21	0,30	0,41	0,54	0,68	0,84	1,02			
PR 100	1211	786	530	363	249	168	107	61		
	0,19	0,27	0,37	0,48	0,61	0,75	0,91	1,08		
PR 110	1281	834	565	391	271	185	122	74		
	0,17	0,24	0,33	0,43	0,55	0,68	0,82	0,97		
PR 120	1353	885	602	419	293	203	137	86		
	0,15	0,22	0,30	0,39	0,50	0,61	0,74	0,88		
PR 130	1428	937	640	448	316	222	152	99	58	
	0,14	0,20	0,27	0,36	0,45	0,56	0,68	0,80	0,94	
PR 140	1503	988	678	477	339	241	168	112	69	
	0,13	0,18	0,25	0,33	0,41	0,51	0,62	0,74	0,86	
PR 150	1582	1044	719	508	364	260	184	126	81	
	0,12	0,17	0,23	0,30	0,38	0,47	0,57	0,68	0,80	
PR 160	1661	1099	759	539	388	280	200	140	92	55
	0,11	0,16	0,21	0,28	0,35	0,44	0,53	0,63	0,74	0,85
PR 170	1741	1154	800	570	413	300	217	153	104	65
	0,10	0,15	0,20	0,26	0,33	0,40	0,49	0,58	0,68	0,79
PR 180	1820	1209	840	601	437	320	233	167	116	75
	0,09	0,14	0,18	0,24	0,30	0,38	0,45	0,54	0,64	0,74
PR 190	1899	1264	881	632	462	340	250	181	128	85
	0,09	0,13	0,17	0,22	0,28	0,35	0,42	0,50	0,59	0,69
PR 200	1979	1319	921	663	486	360	266	195	139	95
	0,08	0,12	0,16	0,21	0,27	0,33	0,40	0,47	0,55	0,64

Sobrecarga admisible [Kg/m ²] - <i>flecha máxima [cm]</i> ly / lx = 0,7										
Panel tipo	Luz menor [m]									
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00
PR 80	873	551	357	231	145	83				
	0,24	0,34	0,46	0,61	0,77	0,95				
PR 90	926	588	384	252	161	96				
	0,21	0,30	0,41	0,54	0,68	0,84				
PR 100	982	627	413	274	179	111	60			
	0,19	0,27	0,37	0,48	0,61	0,75	0,91			
PR 110	1041	668	443	297	197	125	72			
	0,17	0,24	0,33	0,43	0,55	0,68	0,82			
PR 120	1101	710	474	321	215	140	85			
	0,15	0,22	0,30	0,39	0,50	0,61	0,74			
PR 130	1164	753	506	345	235	156	98			
	0,14	0,20	0,27	0,36	0,45	0,56	0,68			
PR 140	1226	796	537	369	254	172	111	64		
	0,13	0,18	0,25	0,33	0,41	0,51	0,62	0,74		
PR 150	1292	843	571	395	274	188	124	76		
	0,12	0,17	0,23	0,30	0,38	0,47	0,57	0,68		
PR 160	1359	889	605	421	295	205	138	87		
	0,11	0,16	0,21	0,28	0,35	0,44	0,53	0,63		
PR 170	1425	935	639	447	315	221	152	99	57	
	0,10	0,15	0,20	0,26	0,33	0,40	0,49	0,58	0,68	
PR 180	1491	981	673	473	336	238	165	110	67	
	0,09	0,14	0,18	0,24	0,30	0,38	0,45	0,54	0,64	
PR 190	1558	1027	707	499	356	254	179	122	77	
	0,09	0,13	0,17	0,22	0,28	0,35	0,42	0,50	0,59	
PR 200	1624	1073	740	525	377	271	193	133	87	
	0,08	0,12	0,16	0,21	0,27	0,33	0,40	0,47	0,55	

Sobrecarga admisible [Kg/m ²] - <i>flecha máxima [cm]</i> ly / lx = 0,6										
Panel tipo	Luz menor [m]									
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00		
PR 80	713	440	276	169	96					
	0,24	0,35	0,47	0,62	0,78					
PR 90	759	472	299	187	110					
	0,21	0,31	0,42	0,55	0,69					
PR 100	806	505	323	205	124	67				
	0,19	0,28	0,37	0,49	0,62	0,76				
PR 110	856	540	349	225	140	79				
	0,17	0,25	0,34	0,44	0,56	0,69				
PR 120	908	575	375	245	156	92				
	0,16	0,22	0,31	0,40	0,51	0,62				
PR 130	961	612	402	266	172	105				
	0,14	0,20	0,28	0,36	0,46	0,57				
PR 140	1014	649	429	286	188	118	67			
	0,13	0,19	0,26	0,33	0,42	0,52	0,63			
PR 150	1070	688	458	308	206	132	78			
	0,12	0,17	0,24	0,31	0,39	0,48	0,58			
PR 160	1126	727	486	330	223	147	90			
	0,11	0,16	0,22	0,28	0,36	0,44	0,54			
PR 170	1182	766	515	352	240	161	101	57		
	0,10	0,15	0,20	0,26	0,33	0,41	0,50	0,59		
PR 180	1239	805	544	374	258	175	113	66		
	0,10	0,14	0,19	0,25	0,31	0,38	0,46	0,55		
PR 190	1295	844	573	396	275	189	125	76		
	0,09	0,13	0,17	0,23	0,29	0,36	0,43	0,51		
PR 200	1351	883	601	418	293	203	136	86		
	0,08	0,12	0,16	0,21	0,27	0,33	0,40	0,48		

Sobrec. adm. [Kg/m ²] - <i>flecha máxima [cm]</i> ly / lx = 0,5										
Panel tipo	Luz menor [m]									
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50			
PR 80	596	359	216	123						
	0,24	0,35	0,48	0,63						
PR 90	635	386	236	139	72					
	0,22	0,31	0,42	0,55	0,70					
PR 100	677	415	257	155	84					
	0,19	0,28	0,38	0,50	0,63					
PR 110	720	445	279	172	98					
	0,17	0,25	0,34	0,45	0,56					
PR 120	765	476	302	189	112					
	0,16	0,23	0,31	0,40	0,51					
PR 130	811	508	325	207	126	68				
	0,14	0,21	0,28	0,37	0,47	0,58				
PR 140	857	540	349	225	140	79				
	0,13	0,19	0,26	0,34	0,43	0,53				
PR 150	906	574	374	244	155	91				
	0,12	0,18	0,24	0,31	0,39	0,49				
PR 160	955	608	399	263	170	104				
	0,11	0,16	0,22	0,29	0,36	0,45				
PR 170	1003	642	424	282	185	116	65			
	0,10	0,15	0,20	0,27	0,34	0,42	0,51			
PR 180	1052	676	449	301	200	128	75			
	0,10	0,14	0,19	0,25	0,31	0,39	0,47			
PR 190	1101	710	474	321	215	140	85			
	0,09	0,13	0,18	0,23	0,29	0,36	0,44			
PR 200	1150	744	499	340	231	153	95			
	0,08	0,12	0,17	0,22	0,27	0,34	0,41			

11.1 PLACAS BIDIRECCIONALES COMO MURO DE CERRAMIENTO

Si en el cálculo de la carga útil de las tablas anteriores, se considera el Momento admisible de la sección doble simétrica de 3,5 cm de espesor de micro hormigón y no se descuenta el peso propio de la placa dado que el elemento estructural se encuentra dispuesto verticalmente, se obtienen las tablas de cargas horizontales admisibles para los elementos MZtec empleados como muros de cerramiento que llevan considerados los coeficientes de seguridad.

Análogamente al caso anterior sólo se ha considerado la armadura corrugada y se ha limitado la deformación instantánea al valor $L / 250$.

Sobrecarga admisible [Kg/m2] - <i>flecha máxima [cm]</i>										ly / lx = 1		23,810	20,833							
Panel tipo	Luz menor [m]																			
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50	11,00	11,50	12,00
PR 80	1531	1063	781	598	472	383	316	266												
	0,22	0,33	0,47	0,65	0,87	1,15	1,48	1,88												
PR 90	1654	1148	844	646	510	413	342	287	245											
	0,20	0,30	0,42	0,58	0,78	1,02	1,31	1,66	2,08											
PR 100	2020	1235	907	695	549	445	367	309	263	227										
	0,20	0,27	0,38	0,52	0,70	0,91	1,17	1,48	1,84	2,28										
PR 110	1904	1322	971	744	588	476	393	331	282	243	212									
	0,16	0,24	0,35	0,47	0,63	0,82	1,05	1,32	1,65	2,03	2,48									
PR 120	2031	1411	1036	793	627	508	420	353	300	259	226	198								
	0,15	0,22	0,32	0,43	0,57	0,74	0,95	1,19	1,48	1,82	2,22	2,68								
PR 130	2159	1499	1102	843	666	540	446	375	319	275	240	211	187							
	0,14	0,20	0,29	0,39	0,52	0,68	0,86	1,08	1,34	1,64	2,00	2,41	2,88							
PR 140	2213	1537	1129	865	683	553	457	384	327	282	246	216	191	171						
	0,12	0,18	0,26	0,35	0,47	0,60	0,77	0,96	1,19	1,46	1,77	2,13	2,55	3,03						
PR 150	2329	1617	1188	910	719	582	481	404	344	297	259	227	201	180	161					
	0,11	0,17	0,24	0,32	0,43	0,55	0,70	0,88	1,08	1,33	1,61	1,93	2,30	2,73	3,22					
PR 160	2444	1697	1247	955	754	611	505	424	362	312	272	239	211	189	169	153				
	0,10	0,16	0,22	0,30	0,39	0,51	0,64	0,80	0,99	1,21	1,46	1,76	2,09	2,48	2,91	3,41				
PR 170	2559	1777	1306	1000	790	640	529	444	379	326	284	250	221	197	177	160	145			
	0,10	0,14	0,20	0,27	0,36	0,47	0,59	0,74	0,91	1,11	1,34	1,60	1,91	2,25	2,65	3,09	3,60			
PR 180	2674	1857	1365	1045	825	669	553	464	396	341	297	261	231	206	185	167	152	138		
	0,09	0,13	0,19	0,25	0,34	0,43	0,54	0,68	0,84	1,02	1,23	1,47	1,75	2,06	2,42	2,82	3,28	3,79		
PR 190	2790	1937	1423	1090	861	697	576	484	413	356	310	272	241	215	193	174	158	144	132	
	0,08	0,13	0,18	0,24	0,31	0,40	0,50	0,63	0,77	0,94	1,13	1,35	1,60	1,89	2,22	2,58	3,00	3,46	3,98	
PR 200	2905	2017	1482	1135	897	726	600	504	430	371	323	284	251	224	201	182	165	150	137	126
	0,08	0,12	0,16	0,22	0,29	0,37	0,47	0,58	0,71	0,87	1,04	1,25	1,48	1,74	2,04	2,37	2,75	3,17	3,64	4,16

Sobrecarga admisible [Kg/m2] - <i>flecha máxima [cm]</i>																			ly / lx = 0,9		19,608	17,241
Panel tipo	Luz menor [m]																					
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50	11,00	11,50			
PR 80	1260	875	643	492	389	315	260															
	0,22	0,34	0,49	0,68	0,92	1,22	1,59															
PR 90	1362	946	695	532	420	340	281	236														
	1,48	0,30	0,44	0,60	0,82	1,08	1,40	1,79														
PR 100	1464	1017	747	572	452	366	303	254	217													
	0,18	0,27	0,39	0,54	0,73	0,96	1,24	1,59	2,00													
PR 110	1568	1089	800	613	484	392	324	272	232	200												
	0,17	0,25	0,36	0,49	0,66	0,86	1,11	1,42	1,78	2,21												
PR 120	1673	1162	853	653	516	418	346	290	247	213	186											
	0,15	0,23	0,32	0,45	0,60	0,78	1,00	1,27	1,59	1,97	2,42											
PR 130	1778	1235	907	695	549	445	367	309	263	227	198	174										
	0,14	0,21	0,30	0,41	0,54	0,71	0,91	1,15	1,44	1,77	2,17	2,63										
PR 140	1823	1266	930	712	563	456	377	316	270	232	203	178	158									
	0,12	0,19	0,26	0,36	0,48	0,63	0,81	1,02	1,28	1,57	1,92	2,33	2,80									
PR 150	1918	1332	978	749	592	479	396	333	284	245	213	187	166	148								
	0,11	0,17	0,24	0,33	0,44	0,58	0,74	0,93	1,16	1,43	1,74	2,10	2,53	3,01								
PR 160	2013	1398	1027	786	621	503	416	349	298	257	224	197	174	155	139							
	0,11	0,16	0,22	0,31	0,41	0,53	0,67	0,85	1,06	1,30	1,58	1,91	2,29	2,72	3,22							
PR 170	2108	1464	1075	823	650	527	435	366	312	269	234	206	182	163	146	132						
	0,10	0,15	0,21	0,28	0,37	0,49	0,62	0,78	0,97	1,19	1,44	1,74	2,08	2,47	2,92	3,43						
PR 180	2202	1529	1124	860	680	551	455	382	326	281	245	215	191	170	153	138	125					
	0,09	0,14	0,19	0,26	0,35	0,45	0,57	0,72	0,89	1,09	1,32	1,59	1,90	2,26	2,66	3,12	3,64					
PR 190	2297	1595	1172	897	709	574	475	399	340	293	255	224	199	177	159	144	130	119				
	0,09	0,13	0,18	0,24	0,32	0,42	0,53	0,66	0,82	1,00	1,21	1,46	1,74	2,06	2,43	2,85	3,32	3,85				
PR 200	2392	1661	1221	935	738	598	494	415	354	305	266	234	207	185	166	150	136	124	113			
	0,08	0,12	0,17	0,23	0,30	0,39	0,49	0,61	0,76	0,92	1,12	1,34	1,60	1,90	2,23	2,61	3,04	3,52	4,06			

Sobrecarga admisible [Kg/m2] - <i>flecha máxima [cm]</i>																		ly / lx = 0,8		16,393	14,085
Panel tipo	Luz menor [m]																				
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50				
PR 80	1054	732	538	412	325	263	218														
	0,23	0,36	0,52	0,73	1,00	1,34	1,75														
PR 90	1138	791	581	445	351	285	235	198													
	0,21	0,32	0,46	0,65	0,88	1,18	1,54	1,99													
PR 100	1224	850	625	478	378	306	253	213	181	156											
	0,19	0,29	0,42	0,58	0,79	1,05	1,37	1,76	2,22	2,78											
PR 110	1311	910	669	512	405	328	271	228	194	167											
	0,17	0,26	0,38	0,52	0,71	0,94	1,22	1,56	1,97	2,47											
PR 120	1398	971	714	546	432	350	289	243	207	178	155										
	0,16	0,24	0,34	0,48	0,64	0,85	1,10	1,40	1,76	2,20	2,71										
PR 130	1487	1032	758	581	459	372	307	258	220	190	165	145									
	0,14	0,22	0,31	0,43	0,58	0,77	0,99	1,26	1,59	1,97	2,43	2,96									
PR 140	1524	1058	777	595	470	381	315	265	225	194	169	149	132								
	0,13	0,20	0,28	0,39	0,52	0,68	0,88	1,12	1,41	1,75	2,15	2,62	3,17								
PR 150	1603	1113	818	626	495	401	331	278	237	204	178	157	139	124							
	0,12	0,18	0,26	0,35	0,47	0,62	0,80	1,02	1,27	1,58	1,94	2,36	2,85	3,41							
PR 160	1683	1168	858	657	519	421	348	292	249	215	187	164	146	130	117						
	0,11	0,17	0,24	0,32	0,43	0,57	0,73	0,93	1,16	1,44	1,76	2,14	2,57	3,08	3,66						
PR 170	1762	1224	899	688	544	440	364	306	261	225	196	172	152	136	122	110					
	0,10	0,15	0,22	0,30	0,40	0,52	0,67	0,85	1,06	1,31	1,60	1,94	2,34	2,79	3,31	3,91					
PR 180	1841	1279	939	719	568	460	380	320	272	235	205	180	159	142	128	115	104				
	0,09	0,14	0,20	0,28	0,37	0,48	0,62	0,78	0,97	1,20	1,46	1,77	2,13	2,54	3,01	3,55	4,16				
PR 190	1921	1334	980	750	593	480	397	333	284	245	213	188	166	148	133	120	109				
	0,09	0,13	0,19	0,26	0,34	0,44	0,57	0,72	0,89	1,10	1,34	1,62	1,95	2,32	2,75	3,23	3,79				
PR 200	2000	1389	1020	781	617	500	413	347	296	255	222	195	173	154	139	125	113				
	0,08	0,12	0,17	0,24	0,32	0,41	0,53	0,66	0,82	1,01	1,23	1,49	1,79	2,13	2,52	2,96	3,46				

Sobrecarga admisible [Kg/m ²] - <i>flecha máxima [cm]</i>														<i>ly / lx = 0,7</i>		13,699	11,765
Panel tipo	Luz menor [m]																
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	
PR 80	881	612	449	344	272	220	182										
	0,24	0,37	0,54	0,77	1,07	1,44	1,91										
PR 90	951	661	485	372	294	238	197	165									
	0,21	0,33	0,49	0,69	0,94	1,27	1,67	2,17									
PR 100	1023	710	522	400	316	256	211	178	151								
	0,19	0,30	0,44	0,61	0,84	1,13	1,48	1,91	2,44								
PR 110	1096	761	559	428	338	274	226	190	162	140							
	0,18	0,27	0,39	0,55	0,75	1,00	1,32	1,70	2,16	2,72							
PR 120	1169	812	596	457	361	292	241	203	173	149							
	0,16	0,25	0,36	0,50	0,68	0,90	1,18	1,52	1,93	2,42							
PR 130	1242	863	634	485	383	311	257	216	184	158	138						
	0,15	0,22	0,32	0,45	0,61	0,82	1,06	1,36	1,73	2,16	2,68						
PR 140	1273	884	650	497	393	318	263	221	188	162	141	124					
	0,13	0,20	0,29	0,40	0,55	0,73	0,94	1,21	1,53	1,91	2,37	2,90					
PR 150	1340	930	684	523	414	335	277	233	198	171	149	131	116				
	0,12	0,18	0,27	0,37	0,50	0,66	0,86	1,10	1,38	1,73	2,13	2,61	3,17				
PR 160	1406	976	717	549	434	352	291	244	208	179	156	137	122	108			
	0,11	0,17	0,24	0,34	0,46	0,60	0,78	1,00	1,26	1,56	1,93	2,36	2,86	3,43			
PR 170	1472	1023	751	575	454	368	304	256	218	188	164	144	127	114	102		
	0,10	0,16	0,23	0,31	0,42	0,55	0,71	0,91	1,14	1,42	1,75	2,14	2,59	3,11	3,70		
PR 180	1539	1069	785	601	475	385	318	267	228	196	171	150	133	119	107	96	
	0,10	0,15	0,21	0,29	0,39	0,51	0,66	0,83	1,05	1,30	1,60	1,95	2,35	2,82	3,36	3,98	
PR 190	1605	1115	819	627	495	401	332	279	237	205	178	157	139	124	111	100	
	0,09	0,14	0,19	0,27	0,36	0,47	0,60	0,77	0,96	1,19	1,46	1,78	2,15	2,57	3,06	3,62	
PR 200	1671	1161	853	653	516	418	345	290	247	213	186	163	145	129	116	104	
	0,08	0,13	0,18	0,25	0,33	0,43	0,56	0,71	0,89	1,10	1,34	1,63	1,97	2,35	2,80	3,30	

Sobrecarga admisible [Kg/m ²] - <i>flecha máxima [cm]</i>														<i>ly / lx = 0,6</i>		11,628	9,804
Panel tipo	Luz menor [m]																
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50		
PR 80	747	519	381	292	231	187											
	0,25	0,39	0,58	0,84	1,17	1,59											
PR 90	808	561	412	315	249	202	167										
	0,22	0,35	0,52	0,74	1,03	1,39	1,85										
PR 100	868	603	443	339	268	217	179	151									
	0,20	0,31	0,46	0,66	0,91	1,23	1,63	2,12									
PR 110	930	646	474	363	287	232	192	161	138								
	0,18	0,28	0,42	0,59	0,81	1,10	1,45	1,88	2,41								
PR 120	992	689	506	387	306	248	205	172	147	127							
	0,17	0,26	0,38	0,53	0,73	0,98	1,29	1,68	2,14	2,70							
PR 130	1055	732	538	412	325	264	218	183	156	135	117						
	0,15	0,24	0,34	0,48	0,66	0,89	1,16	1,50	1,92	2,41	3,00						
PR 140	1081	751	551	422	334	270	223	188	160	138	120						
	0,14	0,21	0,31	0,43	0,59	0,79	1,03	1,33	1,70	2,13	2,65						
PR 150	1137	790	580	444	351	284	235	197	168	145	126	111					
	0,13	0,19	0,28	0,39	0,54	0,71	0,93	1,20	1,53	1,92	2,38	2,93					
PR 160	1194	829	609	466	368	298	247	207	177	152	133	117	103				
	0,12	0,18	0,26	0,36	0,49	0,65	0,85	1,09	1,38	1,74	2,15	2,64	3,22				
PR 170	1250	868	638	488	386	312	258	217	185	159	139	122	108	96			
	0,11	0,16	0,24	0,33	0,45	0,60	0,78	1,00	1,26	1,58	1,95	2,39	2,91	3,51			
PR 180	1306	907	666	510	403	327	270	227	193	167	145	128	113	101			
	0,10	0,15	0,22	0,31	0,41	0,55	0,71	0,91	1,15	1,44	1,78	2,18	2,64	3,18			
PR 190	1362	946	695	532	420	341	281	237	202	174	151	133	118	105	94		
	0,09	0,14	0,20	0,28	0,38	0,50	0,65	0,84	1,05	1,32	1,62	1,99	2,41	2,90	3,46		
PR 200	1419	985	724	554	438	355	293	246	210	181	158	139	123	109	98		
	0,09	0,13	0,19	0,26	0,35	0,47	0,60	0,77	0,97	1,21	1,49	1,82	2,20	2,65	3,16		

Sobrecarga admisible [Kg/m2] - <i>flecha máxima [cm]</i>														ly / lx = 0,5		10,101	8,403
Panel tipo	Luz menor [m]																
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00			
PR 80	649	451	331	254	200	162											
	0,26	0,41	0,62	0,90	1,26	1,73											
PR 90	701	487	358	274	217	175	145										
	0,23	0,37	0,55	0,79	1,11	1,51	2,02										
PR 100	754	524	385	295	233	189	156	131									
	0,21	0,33	0,49	0,70	0,98	1,33	1,78	2,33									
PR 110	808	561	412	316	249	202	167	140									
	0,19	0,30	0,44	0,63	0,87	1,18	1,57	2,06									
PR 120	862	598	440	337	266	215	178	150	127								
	0,17	0,27	0,40	0,57	0,78	1,06	1,40	1,83	2,35								
PR 130	916	636	467	358	283	229	189	159	136	117							
	0,16	0,25	0,36	0,51	0,71	0,95	1,26	1,64	2,10	2,66							
PR 140	939	652	479	367	290	235	194	163	139	120	104						
	0,14	0,22	0,32	0,46	0,63	0,85	1,12	1,45	1,86	2,35	2,93						
PR 150	988	686	504	386	305	247	204	172	146	126	110						
	0,13	0,20	0,29	0,42	0,57	0,77	1,01	1,31	1,67	2,11	2,63						
PR 160	1037	720	529	405	320	259	214	180	153	132	115	101					
	0,12	0,19	0,27	0,38	0,52	0,70	0,92	1,18	1,51	1,90	2,37	2,92					
PR 170	1086	754	554	424	335	271	224	188	161	138	121	106	94				
	0,11	0,17	0,25	0,35	0,48	0,64	0,84	1,08	1,37	1,73	2,15	2,64	3,23				
PR 180	1135	788	579	443	350	284	234	197	168	145	126	111	98	88			
	0,10	0,16	0,23	0,32	0,44	0,58	0,76	0,98	1,25	1,57	1,95	2,40	2,93	3,54			
PR 190	1183	822	604	462	365	296	245	205	175	151	131	116	102	91			
	0,10	0,15	0,21	0,30	0,40	0,54	0,70	0,90	1,15	1,44	1,78	2,19	2,66	3,22			
PR 200	1232	856	629	481	380	308	255	214	182	157	137	120	107	95			
	0,09	0,14	0,20	0,28	0,37	0,50	0,65	0,83	1,05	1,32	1,63	2,00	2,43	2,94			

11.2 CAPACIDAD DEL PANEL NORMAL COMO PLACA BIDIRECCIONAL

La armadura presente en los paneles de tipo normal, es decir aquellos integrados únicamente por barras trelladas, poseen una capacidad a flexión dada por la cuantía de armaduras presentes, que permiten resolver todos aquellos casos en los cuales no es de obligatorio cumplimiento la EHE.

Tal es el caso de los muros de fachada o los muros divisorios no portantes que deben soportar los esfuerzos provocados por fuerzas horizontales tales como la carga de viento. A continuación se dan las tablas de resistencia de los paneles normales PN:

Sobrecarga admisible [Kg/m2] - <i>flecha máxima [cm]</i>															ly / lx = 0,9		19,608	17,241		
Panel tipo	Luz menor [m]																			
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50	11,00	11,50	
PN 80	663	461	338	259	205	166	137	115	98	85										
	0,13	0,20	0,31	0,44	0,62	0,85	1,14	1,51	1,95	2,50										
PN 90	717	498	366	280	221	179	148	124	106	91	80									
	1,48	0,18	0,27	0,39	0,55	0,74	1,00	1,31	1,69	2,16	2,72									
PN 100	771	535	393	301	238	193	159	134	114	98	86	75								
	0,10	0,16	0,24	0,35	0,48	0,66	0,87	1,15	1,48	1,88	2,37	2,95								
PN 110	825	573	421	322	255	206	171	143	122	105	92	81	71							
	0,09	0,15	0,22	0,31	0,43	0,58	0,78	1,01	1,30	1,66	2,08	2,58	3,17							
PN 120	880	611	449	344	272	220	182	153	130	112	98	86	76	68						
	0,09	0,13	0,20	0,28	0,39	0,52	0,69	0,90	1,16	1,47	1,84	2,27	2,79	3,40						
PN 130	936	650	477	366	289	234	193	162	138	119	104	91	81	72	65					
	0,08	0,12	0,18	0,25	0,35	0,47	0,62	0,81	1,03	1,31	1,63	2,02	2,47	3,00	3,62					
PN 140	959	666	489	375	296	240	198	167	142	122	107	94	83	74	66	60				
	0,07	0,11	0,16	0,23	0,31	0,42	0,55	0,71	0,91	1,15	1,44	1,78	2,18	2,65	3,19	3,81				
PN 150	1009	701	515	394	312	252	209	175	149	129	112	99	87	78	70	63	57			
	0,06	0,10	0,15	0,21	0,28	0,38	0,50	0,64	0,82	1,04	1,29	1,60	1,95	2,37	2,85	3,40	4,03			
PN 160	1059	736	540	414	327	265	219	184	157	135	118	103	92	82	73	66	60	55		
	0,06	0,09	0,13	0,19	0,26	0,34	0,45	0,58	0,74	0,94	1,17	1,44	1,75	2,12	2,55	3,05	3,61	4,25		
PN 170	1109	770	566	433	342	277	229	193	164	141	123	108	96	86	77	69	63	57	52	
	0,06	0,08	0,12	0,17	0,24	0,31	0,41	0,53	0,68	0,85	1,06	1,30	1,58	1,92	2,30	2,74	3,25	3,82	4,47	
PN 180	1159	805	591	453	358	290	240	201	171	148	129	113	100	89	80	72	66	60	55	
	0,05	0,08	0,11	0,16	0,22	0,29	0,38	0,49	0,62	0,77	0,96	1,18	1,44	1,74	2,08	2,48	2,93	3,45	4,03	
PN 190	1209	840	617	472	373	302	250	210	179	154	134	118	105	93	84	76	69	62	57	
	0,05	0,07	0,11	0,15	0,20	0,27	0,35	0,45	0,56	0,71	0,88	1,08	1,31	1,58	1,89	2,25	2,66	3,13	3,65	
PN 200	1259	874	642	492	389	315	260	219	186	161	140	123	109	97	87	79	71	65	60	
	0,04	0,07	0,10	0,14	0,18	0,25	0,32	0,41	0,52	0,65	0,80	0,98	1,20	1,44	1,73	2,05	2,42	2,84	3,32	

Sobrecarga admisible [Kg/m ²] - <i>flecha máxima [cm]</i>										ly / lx = 0,8		16,393	14,085					
Panel tipo	Luz menor [m]																	
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	10,50	
PN 80	555 <i>0,14</i>	385 <i>0,22</i>	283 <i>0,33</i>	217 <i>0,49</i>	171 <i>0,69</i>	139 <i>0,96</i>	115 <i>1,30</i>	96 <i>1,72</i>	82 <i>2,25</i>									
PN 90	599 <i>0,12</i>	416 <i>0,20</i>	306 <i>0,30</i>	234 <i>0,43</i>	185 <i>0,61</i>	150 <i>0,84</i>	124 <i>1,13</i>	104 <i>1,49</i>	89 <i>1,95</i>	76 <i>2,50</i>								
PN 100	644 <i>0,11</i>	447 <i>0,18</i>	329 <i>0,26</i>	252 <i>0,38</i>	199 <i>0,54</i>	161 <i>0,74</i>	133 <i>0,99</i>	112 <i>1,31</i>	95 <i>1,70</i>	82 <i>2,17</i>	72 <i>2,75</i>							
PN 110	690 <i>0,10</i>	479 <i>0,16</i>	352 <i>0,24</i>	270 <i>0,34</i>	213 <i>0,48</i>	172 <i>0,65</i>	143 <i>0,87</i>	120 <i>1,15</i>	102 <i>1,49</i>	88 <i>1,90</i>	77 <i>2,40</i>	67 <i>3,00</i>						
PN 120	736 <i>0,09</i>	511 <i>0,14</i>	376 <i>0,21</i>	288 <i>0,31</i>	227 <i>0,43</i>	184 <i>0,58</i>	152 <i>0,78</i>	128 <i>1,02</i>	109 <i>1,32</i>	94 <i>1,68</i>	82 <i>2,12</i>	72 <i>2,64</i>	64 <i>3,25</i>					
PN 130	782 <i>0,08</i>	543 <i>0,13</i>	399 <i>0,19</i>	306 <i>0,28</i>	241 <i>0,38</i>	196 <i>0,52</i>	162 <i>0,69</i>	136 <i>0,91</i>	116 <i>1,17</i>	100 <i>1,49</i>	87 <i>1,88</i>	76 <i>2,33</i>	68 <i>2,87</i>	60 <i>3,51</i>				
PN 140	802 <i>0,07</i>	557 <i>0,12</i>	409 <i>0,17</i>	313 <i>0,25</i>	248 <i>0,34</i>	201 <i>0,46</i>	166 <i>0,62</i>	139 <i>0,80</i>	119 <i>1,04</i>	102 <i>1,32</i>	89 <i>1,66</i>	78 <i>2,06</i>	69 <i>2,53</i>	62 <i>3,09</i>				
PN 150	844 <i>0,07</i>	586 <i>0,11</i>	431 <i>0,16</i>	330 <i>0,22</i>	260 <i>0,31</i>	211 <i>0,42</i>	174 <i>0,56</i>	146 <i>0,72</i>	125 <i>0,93</i>	108 <i>1,18</i>	94 <i>1,48</i>	82 <i>1,84</i>	73 <i>2,26</i>	65 <i>2,75</i>	58 <i>3,32</i>			
PN 160	886 <i>0,06</i>	615 <i>0,10</i>	452 <i>0,14</i>	346 <i>0,20</i>	273 <i>0,28</i>	221 <i>0,38</i>	183 <i>0,50</i>	154 <i>0,66</i>	131 <i>0,84</i>	113 <i>1,07</i>	98 <i>1,33</i>	86 <i>1,65</i>	77 <i>2,03</i>	68 <i>2,47</i>	61 <i>2,98</i>	55 <i>3,56</i>		
PN 170	927 <i>0,06</i>	644 <i>0,09</i>	473 <i>0,13</i>	362 <i>0,19</i>	286 <i>0,26</i>	232 <i>0,35</i>	192 <i>0,46</i>	161 <i>0,60</i>	137 <i>0,76</i>	118 <i>0,96</i>	103 <i>1,21</i>	91 <i>1,49</i>	80 <i>1,83</i>	72 <i>2,22</i>	64 <i>2,68</i>	58 <i>3,20</i>	53 <i>3,81</i>	
PN 180	969 <i>0,05</i>	673 <i>0,08</i>	494 <i>0,12</i>	379 <i>0,17</i>	299 <i>0,24</i>	242 <i>0,32</i>	200 <i>0,42</i>	168 <i>0,54</i>	143 <i>0,69</i>	124 <i>0,88</i>	108 <i>1,09</i>	95 <i>1,35</i>	84 <i>1,66</i>	75 <i>2,01</i>	67 <i>2,42</i>	61 <i>2,89</i>	55 <i>3,43</i>	
PN 190	1011 <i>0,05</i>	702 <i>0,08</i>	516 <i>0,11</i>	395 <i>0,16</i>	312 <i>0,22</i>	253 <i>0,29</i>	209 <i>0,38</i>	176 <i>0,50</i>	150 <i>0,63</i>	129 <i>0,80</i>	112 <i>1,00</i>	99 <i>1,23</i>	87 <i>1,51</i>	78 <i>1,82</i>	70 <i>2,20</i>	63 <i>2,62</i>	57 <i>3,11</i>	
PN 200	1053 <i>0,05</i>	731 <i>0,07</i>	537 <i>0,10</i>	411 <i>0,15</i>	325 <i>0,20</i>	263 <i>0,27</i>	217 <i>0,35</i>	183 <i>0,46</i>	156 <i>0,58</i>	134 <i>0,73</i>	117 <i>0,91</i>	103 <i>1,12</i>	91 <i>1,37</i>	81 <i>1,66</i>	73 <i>2,00</i>	66 <i>2,39</i>	60 <i>2,83</i>	

Sobrecarga admisible [Kg/m ²] - <i>flecha máxima [cm]</i>													ly / lx = 0,7		13,699	11,765	
Panel tipo	Luz menor [m]																
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	10,00	
PN 80	463	322	236	181	143	116	96	80									
	0,14	0,23	0,36	0,53	0,76	1,07	1,46	1,95									
PN 90	501	348	255	196	155	125	103	87	74								
	0,13	0,21	0,32	0,47	0,67	0,93	1,26	1,68	2,20								
PN 100	538	374	275	210	166	135	111	93	80	69							
	0,12	0,19	0,28	0,41	0,59	0,81	1,10	1,46	1,91	2,47							
PN 110	577	400	294	225	178	144	119	100	85	74	64						
	0,10	0,17	0,25	0,37	0,52	0,72	0,97	1,29	1,68	2,16	2,73						
PN 120	615	427	314	240	190	154	127	107	91	78	68	60					
	0,10	0,15	0,23	0,33	0,46	0,64	0,86	1,14	1,48	1,90	2,40	3,01					
PN 130	654	454	334	255	202	163	135	114	97	83	73	64	57				
	0,09	0,14	0,21	0,30	0,42	0,57	0,77	1,01	1,31	1,68	2,13	2,66	3,29				
PN 140	670	465	342	262	207	168	138	116	99	85	74	65	58	52			
	0,08	0,12	0,18	0,26	0,37	0,51	0,68	0,89	1,16	1,48	1,87	2,34	2,89	3,54			
PN 150	705	490	360	275	218	176	146	122	104	90	78	69	61	54			
	0,07	0,11	0,17	0,24	0,33	0,46	0,61	0,80	1,04	1,33	1,68	2,09	2,58	3,15			
PN 160	740	514	378	289	228	185	153	128	109	94	82	72	64	57	51		
	0,07	0,10	0,15	0,22	0,30	0,41	0,55	0,72	0,94	1,19	1,50	1,87	2,31	2,82	3,42		
PN 170	775	538	395	303	239	194	160	135	115	99	86	76	67	60	54	48	
	0,06	0,09	0,14	0,20	0,28	0,38	0,50	0,66	0,85	1,08	1,36	1,69	2,08	2,54	3,07	3,68	
PN 180	810	562	413	316	250	202	167	141	120	103	90	79	70	62	56	51	
	0,06	0,09	0,13	0,18	0,25	0,34	0,46	0,60	0,77	0,98	1,23	1,53	1,88	2,29	2,77	3,32	
PN 190	845	587	431	330	261	211	175	147	125	108	94	82	73	65	59	53	
	0,05	0,08	0,12	0,17	0,23	0,32	0,42	0,55	0,70	0,89	1,12	1,39	1,71	2,08	2,51	3,00	
PN 200	880	611	449	344	272	220	182	153	130	112	98	86	76	68	61	55	
	0,05	0,07	0,11	0,16	0,22	0,29	0,38	0,50	0,64	0,82	1,02	1,27	1,55	1,89	2,28	2,73	

Sobrecarga admisible [Kg/m²] - <i>flecha máxima [cm]</i>										ly / lx = 0,6		11,628	9,804			
Panel tipo	Luz menor [m]															
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	9,50	
PN 80	393	273	201	154	121	98	81	68								
	0,16	0,25	0,40	0,59	0,86	1,20	1,65	2,23								
PN 90	425	295	217	166	131	106	88	74	63							
	0,14	0,22	0,35	0,52	0,74	1,04	1,43	1,92	2,53							
PN 100	457	317	233	179	141	114	94	79	68							
	0,12	0,20	0,31	0,45	0,65	0,91	1,24	1,67	2,19							
PN 110	489	340	250	191	151	122	101	85	72	62						
	0,11	0,18	0,27	0,40	0,58	0,80	1,09	1,46	1,91	2,47						
PN 120	522	363	266	204	161	131	108	91	77	67	58					
	0,10	0,16	0,25	0,36	0,51	0,71	0,97	1,29	1,69	2,17	2,76					
PN 130	555	385	283	217	171	139	115	96	82	71	62	54				
	0,09	0,15	0,22	0,32	0,46	0,64	0,86	1,14	1,49	1,92	2,44	3,06				
PN 140	569	395	290	222	176	142	118	99	84	73	63	56	49			
	0,08	0,13	0,20	0,29	0,41	0,56	0,76	1,01	1,32	1,69	2,15	2,70	3,34			
PN 150	599	416	305	234	185	150	124	104	89	76	67	58	52			
	0,07	0,12	0,18	0,26	0,37	0,51	0,68	0,90	1,18	1,51	1,92	2,40	2,98			
PN 160	628	436	320	245	194	157	130	109	93	80	70	61	54	48		
	0,07	0,11	0,16	0,24	0,33	0,46	0,62	0,82	1,06	1,36	1,72	2,15	2,66	3,26		
PN 170	658	457	336	257	203	164	136	114	97	84	73	64	57	51	46	
	0,06	0,10	0,15	0,22	0,30	0,42	0,56	0,74	0,96	1,23	1,55	1,94	2,39	2,93	3,55	
PN 180	687	477	351	269	212	172	142	119	102	88	76	67	59	53	48	
	0,06	0,09	0,14	0,20	0,28	0,38	0,51	0,67	0,87	1,11	1,40	1,75	2,16	2,64	3,20	
PN 190	717	498	366	280	221	179	148	124	106	91	80	70	62	55	50	
	0,05	0,09	0,13	0,18	0,25	0,35	0,47	0,61	0,79	1,01	1,27	1,59	1,96	2,39	2,90	
PN 200	747	519	381	292	230	187	154	130	110	95	83	73	65	58	52	
	0,05	0,08	0,12	0,17	0,23	0,32	0,43	0,56	0,72	0,92	1,16	1,44	1,78	2,17	2,63	

Sobrecarga admisible [Kg/m2] - <i>flecha máxima [cm]</i>								ly / lx = 0,5				10,101	8,403		
Panel tipo	Luz menor [m]														
	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	7,00	7,50	8,00	8,50	9,00	
PN 80	342	237	174	133	105	85	71								
	0,16	0,27	0,43	0,65	0,95	1,34	1,85								
PN 90	369	256	188	144	114	92	76	64							
	0,15	0,24	0,38	0,56	0,82	1,16	1,60	2,15							
PN 100	397	276	203	155	123	99	82	69	59						
	0,13	0,21	0,33	0,50	0,72	1,01	1,39	1,87	2,46						
PN 110	425	295	217	166	131	106	88	74	63	54					
	0,12	0,19	0,30	0,44	0,63	0,89	1,22	1,63	2,15	2,79					
PN 120	454	315	231	177	140	113	94	79	67	58					
	0,11	0,17	0,26	0,39	0,56	0,79	1,07	1,44	1,89	2,45					
PN 130	482	335	246	188	149	121	100	84	71	61	54				
	0,10	0,16	0,24	0,35	0,50	0,70	0,95	1,27	1,67	2,16	2,75				
PN 140	494	343	252	193	153	124	102	86	73	63	55	48			
	0,09	0,14	0,21	0,31	0,44	0,62	0,84	1,12	1,47	1,90	2,42	3,05			
PN 150	520	361	265	203	160	130	107	90	77	66	58	51	45		
	0,08	0,13	0,19	0,28	0,40	0,56	0,75	1,01	1,32	1,70	2,16	2,71	3,37		
PN 160	546	379	278	213	168	136	113	95	81	70	61	53	47		
	0,07	0,11	0,17	0,26	0,36	0,50	0,68	0,90	1,18	1,52	1,93	2,43	3,01		
PN 170	571	397	292	223	176	143	118	99	85	73	63	56	49	44	
	0,07	0,11	0,16	0,23	0,33	0,46	0,62	0,82	1,07	1,37	1,74	2,18	2,70	3,32	
PN 180	597	415	305	233	184	149	123	104	88	76	66	58	52	46	
	0,06	0,10	0,15	0,21	0,30	0,41	0,56	0,74	0,97	1,24	1,57	1,97	2,44	2,99	
PN 190	623	433	318	243	192	156	129	108	92	79	69	61	54	48	
	0,06	0,09	0,13	0,20	0,28	0,38	0,51	0,67	0,88	1,13	1,42	1,78	2,21	2,70	
PN 200	649	450	331	253	200	162	134	113	96	83	72	63	56	50	
	0,05	0,08	0,12	0,18	0,25	0,35	0,47	0,62	0,80	1,03	1,30	1,62	2,00	2,45	

12. CRITERIOS DE CÁLCULO

Para la obtención de las solicitaciones y dimensionado de los elementos estructurales, se puede utilizar cualquier programa informático de ordenador como CYPECAD, entre otros o puede realizarse el cálculo por la vía manual.

La unión entre cada uno de los elementos es articulada, de forma tal que la rigidez transversal de cada elemento vertical es despreciable frente a su rigidez en el plano. El módulo de elasticidad longitudinal es el correspondiente a un hormigón de la calidad HA25 o HA16 según corresponda aplicando la expresión:

$$E1x = 21.000 \times \sqrt{f_c} \text{ para cargas de actuación breve o}$$

$$E2x = 10.000 \times \sqrt{f_c} \text{ para cargas permanentes}$$

Con lo que resultan los siguientes valores:

Para $f_c = 250 \text{ Kg/cm}^2$

$$E1x = 332.000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E2x = 158.000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Para } f_c = 160 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E1x = 265.000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E2x = 126.000 \text{ Kg/cm}^2$$

En cuanto al módulo de elasticidad en la dirección perpendicular al plano del panel, el valor corresponde al mínimo observado en los ensayos a flexión simple de la sección compuesta, o sea:

$$E_y = 30.000 \text{ Kg/cm}^2$$

12.1 CALCULO MEDIANTE PROGRAMAS 3D TIPO CYPECAD

Con respecto a Cypecad diremos que es un programa de cálculo estructural que analiza las solicitaciones mediante un cálculo espacial en 3D, por métodos matriciales de rigidez, formando todos los elementos que definen la estructura: pilares, pantallas H.A., muros, vigas y forjados y que ha sido seleccionado por su gran difusión en la comunidad profesional de España. En él se establece la compatibilidad de deformaciones en todos los nudos, considerando 6 grados de libertad, y se crea la hipótesis de indeformabilidad del plano de cada planta, para simular el comportamiento crítico del forjado, impidiendo los desplazamientos relativos entre nudos del mismo (diafragma rígido). Por lo tanto cada planta solo podrá girar y desplazarse en su conjunto (3 grados de libertad).

La consideración de diafragma rígido para cada zona independiente de una planta se mantiene aunque se introduzcan vigas, y no forjados, en la planta.

Cuando en una misma planta existan zonas independientes, se considerará cada una de éstas como una parte distinta de cara a la indeformabilidad de esa zona y no se tendrá en cuenta en su conjunto. Por tanto, las plantas se comportarán como planos indeformables independientes. Un pilar no conectado se considera zona independiente.

Para todos los estados de carga se realiza un cálculo estático (excepto cuando se consideran acciones dinámicas por sismo, en cuyo caso se emplea el análisis modal espectral) y se supone un comportamiento lineal de los materiales y, por tanto, un cálculo de primer orden, de cara a la obtención de desplazamientos y esfuerzos.

Al emplear el programa Cype, el cálculo de los muros portantes MZtec se lo asimila al comportamiento del muro de carga que tal como lo define su manual: "Son elementos verticales de sección transversal cualquiera, formada por rectángulos entre cada planta, y definidos por un nivel inicial y un nivel final". La dimensión de cada lado puede ser diferente en cada planta, y se puede disminuir su espesor en cada planta. [...]. Tanto vigas como forjados y pilares se unen a las paredes del

muro a lo largo de sus lados en cualquier posición y dirección. El espesor considerado para el cálculo es el efectivo de micro hormigón, que en nuestro caso es de 7 cm (3,5 cm en cada cara).

Todo nudo generado corresponde con algún nodo de los triángulos. La discretización efectuada es por elementos finitos tipo lámina gruesa tridimensional, que considera la deformación por cortante. Están formados por seis nodos, en los vértices y en los puntos medios de los lados, con seis grados de libertad cada uno. Su forma es triangular y se realiza un mallado del muro en función de las dimensiones, geometría, huecos, generándose un mallado con refinamiento en zonas críticas, lo que reduce el tamaño de los elementos en las proximidades de los ángulos, bordes y singularidades.”

Cypecad admite la modificación de los parámetros mecánicos de los muros de fábrica de tal modo que éstos son introducidos de acuerdo con los valores de los Paneles MZtec.

Los forjados realizados con paneles simples MZtec se asimilan al elemento “losa maciza” del programa con espesores que equivalen a la cantidad de micro hormigón y hormigón incluida en el panel, con el objeto de que la losa cuente con un peso similar al del panel MZtec en el proceso de cálculo.

Esta asimilación tiene por objeto el considerar los forjados como elementos que transmiten las distintas cargas a los muros que constituyen el entramado estructural y no el dimensionarlos o el calcular sus armaduras y deformaciones.

Según el programa “la discretización de los paños de losa maciza se realiza en mallas de elementos tipo barra de tamaño máximo de 25 cm y se efectúa una condensación estática (método exacto) de todos los grados de libertad. Se tiene en cuenta la deformación por cortante y se mantiene la hipótesis de diafragma rígido. Se considera la rigidez a torsión de los elementos.”

Tal y como se prescribe en el texto del Documento de Idoneidad Técnica, los forjados soportan las acciones descritas por las tablas facilitadas por el fabricante.

12.2 TABLAS DE CÁLCULO DE FORJADOS

Los forjados son calculados como un sólido continuo de Hormigón armado donde la sección en estado límite último ó de agotamiento ha alcanzado una deformación de la fibra más comprimida del hormigón un valor igual al 2‰ y el acero ha alcanzado la deformación correspondiente a su límite último del 10‰. Por lo tanto la sección presenta una rotura por tracción de armaduras y con una gran deformación.

A los efectos de controlar esa deformación, se considera en el cálculo que el Módulo de elasticidad longitudinal de la sección compuesta es igual a 3000 MPa, aunque la realidad arroja un valor superior que naturalmente aumenta al aumentar el índice de solidez de las placas compuestas hasta valores cercanos a 8000 MPa.

El momento último se corresponde con la resultante de la tracción de armaduras multiplicada por el brazo elástico z de la sección. Los valores correspondientes a los momentos de agotamiento de cada tipo de panel están perfectamente indicados en las tablas.

Las tablas del fabricante permiten conocer en cada tipo de panel y para cada caso de luz entre apoyos y forma del vano, los valores de la máxima carga total que verifica las condiciones de deformación impuestas por la EHE, los valores de la tensión de cortante, la carga total admisible, e incluso los valores de la tensión normal de tracción y compresión en las fibras mas alejadas del eje neutro, tanto en casos de forjados con un comportamiento **unidireccional** como en el caso de forjados con un comportamiento **bidireccional** (Se podrán disponer refuerzos con barras corrugadas de 6 mm en la dirección secundaria a los fines de obtener placas bidireccionales que se podrán verificar en las tablas pertinentes).

El espesor de la capa de compresión será como mínimo de 5 cm y podrá variarse en función de las necesidades de cálculo.

13. CAPACIDAD MECÁNICA DE LOS PANELES NORMALES

Si bien los paneles normales PN en general no se emplean en usos estructurales por cuestiones inherentes a las disposiciones de la EHE, poseen en sí una capacidad mecánica que es función al igual que en los paneles reforzados, de la sección de micro hormigón industrial y de la cuantía de las armaduras.

Estos paneles habitualmente son completados en obra con micro hormigón industrial de resistencia característica $f'_{ck} = 16$ MPa que denominamos micro hormigón MZtec Normal.

Dado que las armaduras están constituidas por barras lisas galvanizadas de 2,5 mm de diámetro y una resistencia característica $f_{yk} = 650$ MPa, podemos trazar sus respectivos diagramas de interacción con el mismo criterio empleado para el trazado de los diagramas de los paneles reforzados.

De esa manera resulta:

$$N u = 0,85 \times b \times h \times f_{cd} + A_s \times f_{yd}$$

$$x \text{ lím} = 0,259 \times d$$

$$f_{ck} = 160,00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{yk} = 6500,00 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{cd} = 106,67 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{yd} = 5652,17 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A_s = 0,87 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\delta = d' / h$$

$$A_{\text{total}} = 1,75 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$\text{rec efectivo} = 3,50 \text{ cm}$$

$$\text{rec calculo} = 3,50 \text{ cm}$$

$$d' = 2,4 \text{ cm}$$

Coefficientes de seguridad adoptados para éste análisis:

$$\gamma_G = 1$$

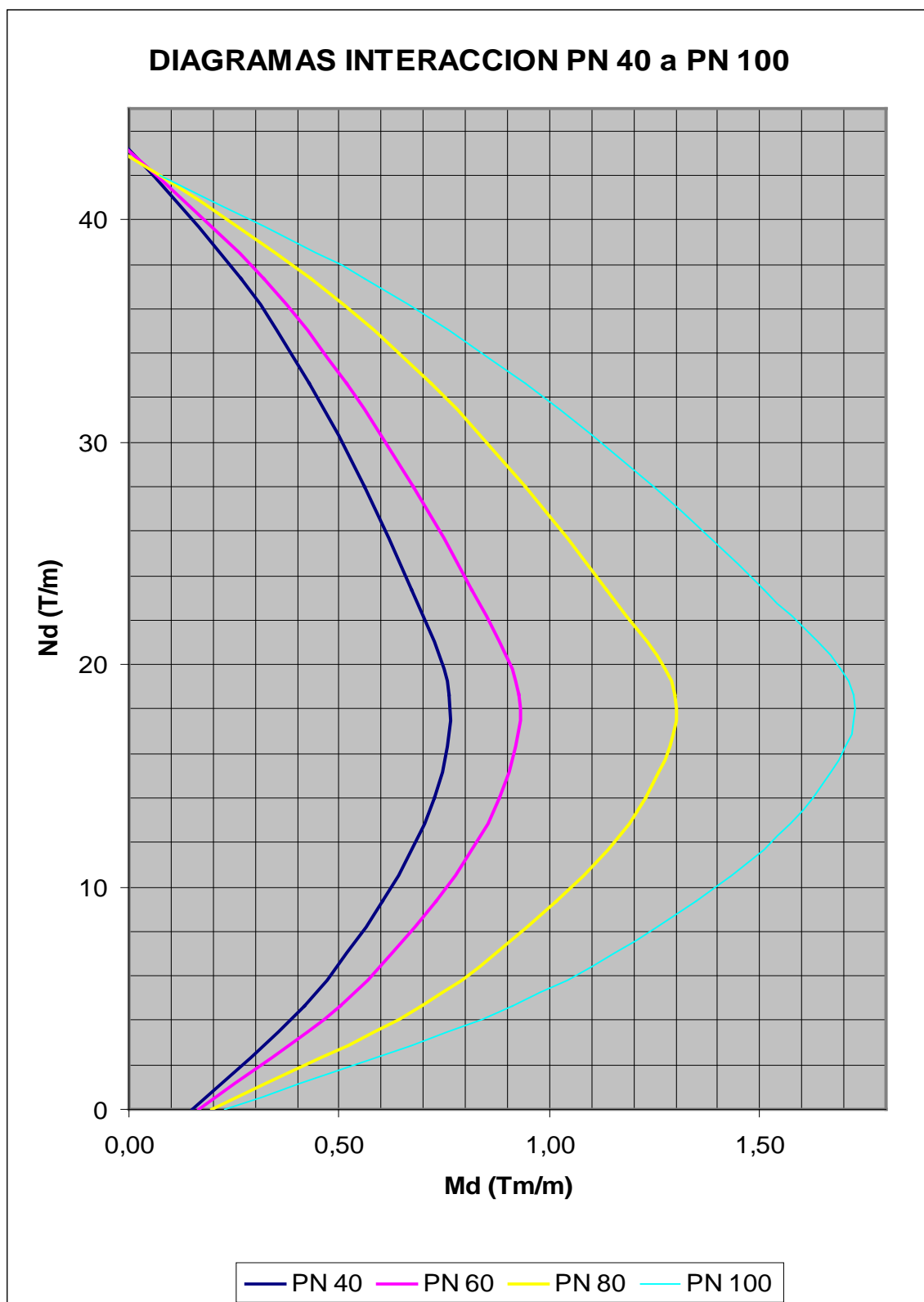
$$\gamma_C = 1,5 \quad 1,5 \quad 1,6$$

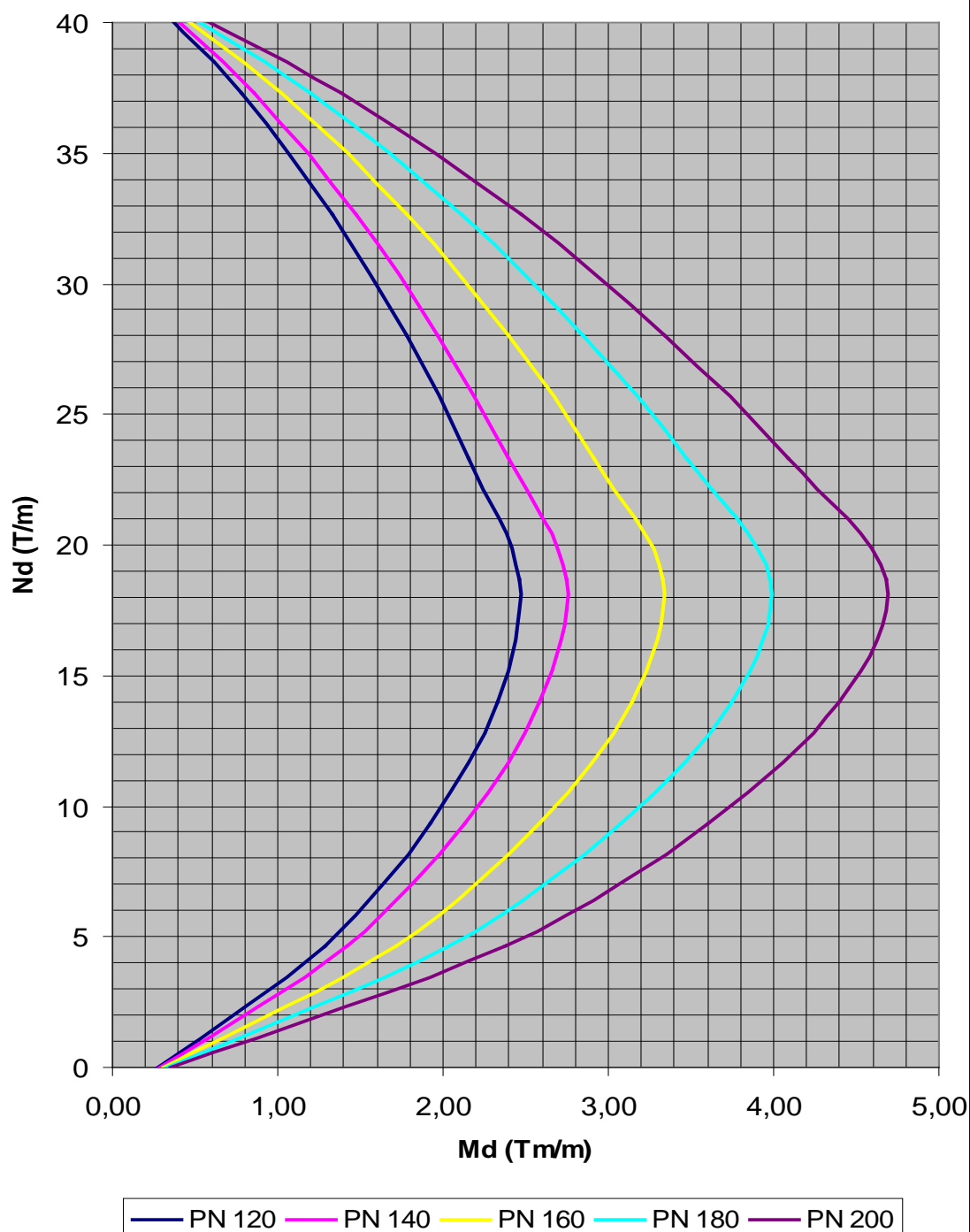
$$\gamma_S = 1,15$$

$$\gamma_{\text{tot}} = 1,725$$

AXIL v	α_1	α_2	α_3
0,10	-0,09	2,01	2,00
0,20	-0,15	1,99	2,06
0,30	-0,19	2,00	2,00
0,40	-0,20	1,96	2,19
0,50	-0,18	2,05	2,17
0,60	-0,15	2,15	2,03
0,70	-0,11	2,26	1,89
0,80	-0,05	2,30	1,76
0,90	0,03	2,31	1,62
1,00	0,12	2,31	1,49
1,10	0,21	2,32	1,38
1,20	0,30	2,32	1,27
1,30	0,39	2,33	1,18
1,40	0,48	2,33	1,10
1,50	0,58	2,33	1,03

PANEL TIPO	eps cm	rec cm	b cm	h cm	d cm	δ	ω
PN 40	4	3,50	100	11	8,60	0,22	0,084
PN 50	5	3,50	100	12	9,60	0,20	0,077
PN 60	6	3,50	100	13	10,60	0,18	0,071
PN 70	7	3,50	100	14	11,60	0,17	0,066
PN 80	8	3,50	100	15	12,60	0,16	0,062
PN 90	9	3,50	100	16	13,60	0,15	0,058
PN 100	10	3,50	100	17	14,60	0,14	0,054
PN 110	11	3,50	100	18	15,60	0,13	0,051
PN 120	12	3,50	100	19	16,60	0,13	0,049
PN 130	13	3,50	100	20	17,60	0,12	0,046
PN 140	14	3,50	100	21	18,60	0,11	0,044
PN 150	15	3,50	100	22	19,60	0,11	0,042
PN 160	16	3,50	100	23	20,60	0,10	0,040
PN 170	17	3,50	100	24	21,60	0,10	0,039
PN 180	18	3,50	100	25	22,60	0,10	0,037
PN 190	19	3,50	100	26	23,60	0,09	0,036
PN 200	20	3,50	100	27	24,60	0,09	0,034

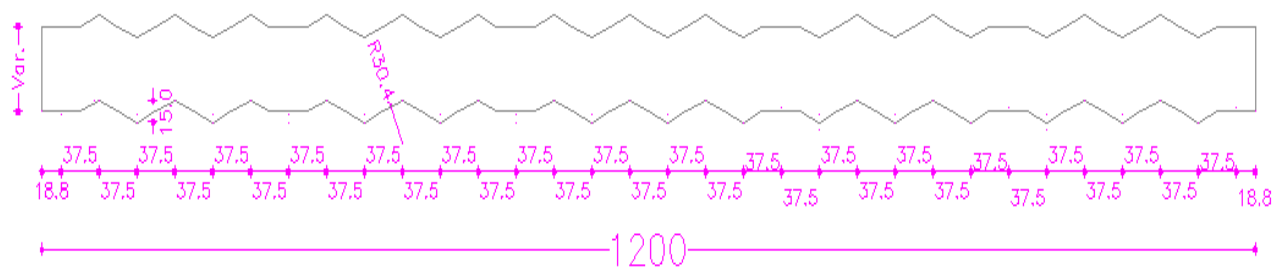


DIAGRAMAS INTERACCION PN 120 a PN 200

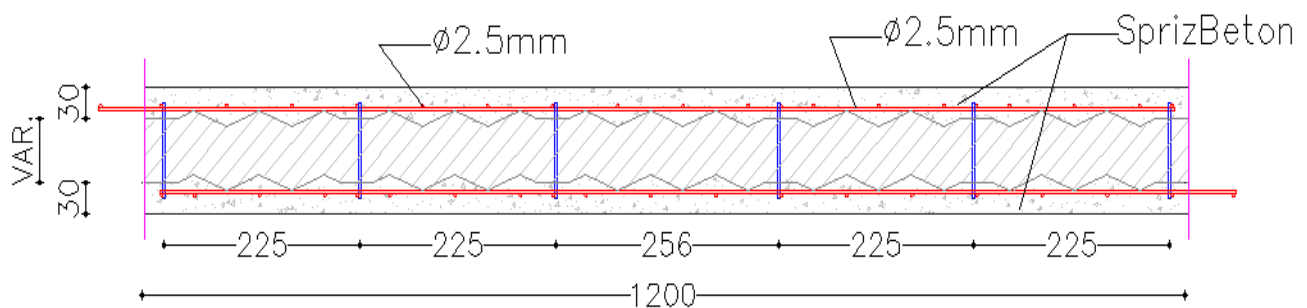
14 DETALLES CONSTRUCTIVOS GENERALES

El panel MZtec puede producirse en dos medidas de placa entera modular: 1.200 o 1125 mm.

14.1 SECCIÓN DE LA PLACA BASE ENTERA de 1.200 mm

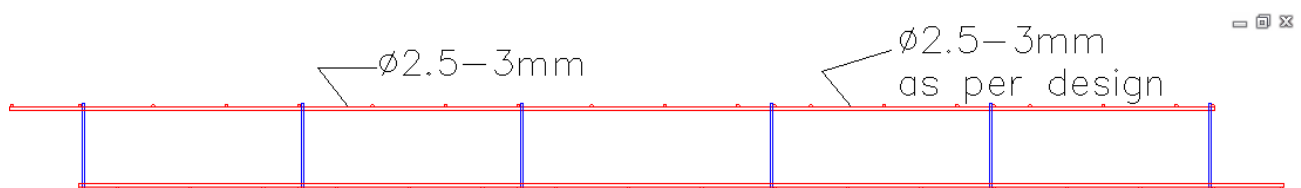


14.2 SECCIÓN DEL PANEL ENTERO de 1.200 mm

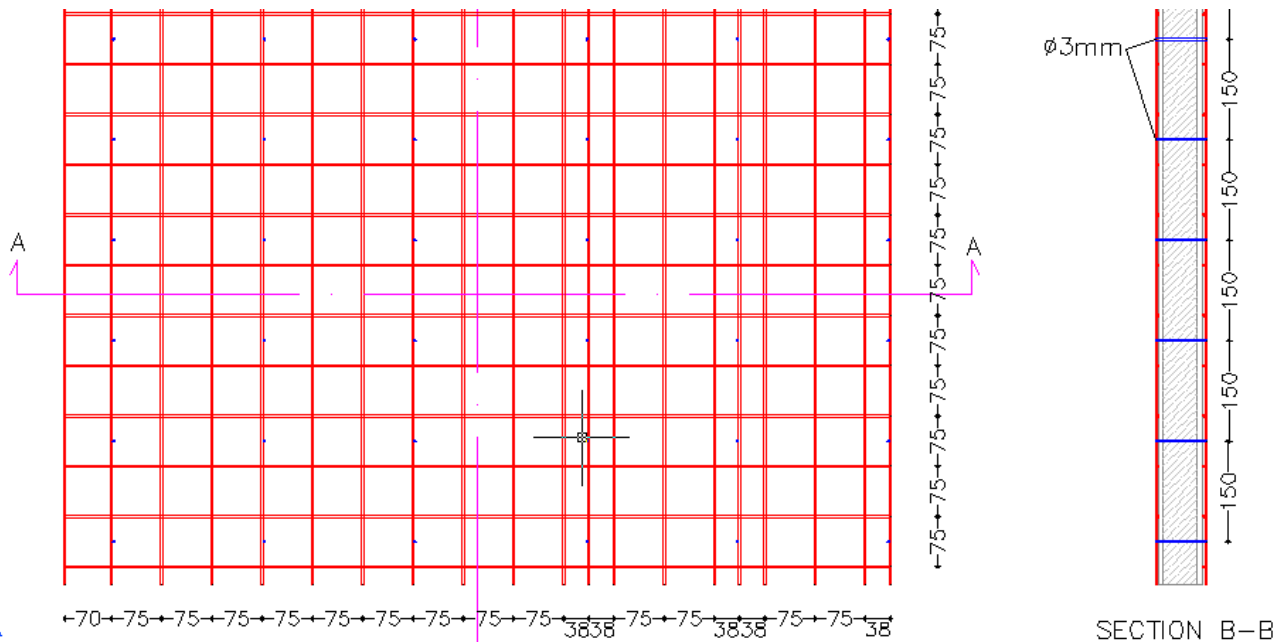


SECTION A-A

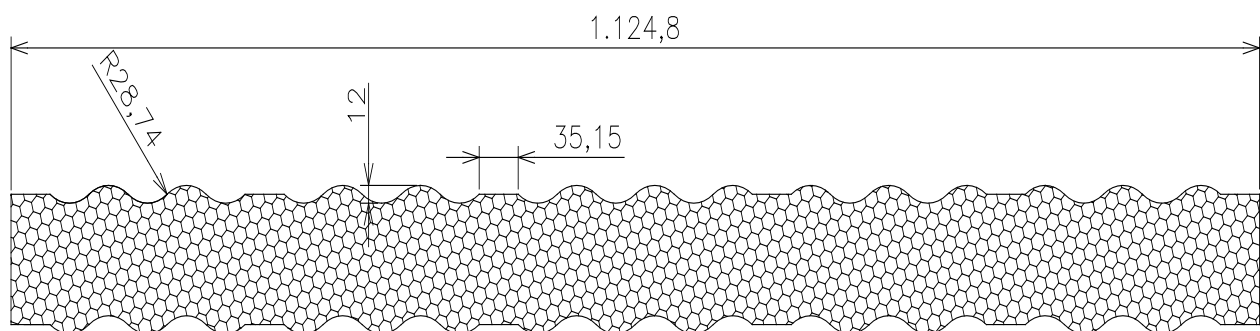
Longitudinal wires: $\varnothing 2.5\text{mm}$
Cross wires: $\varnothing 2.5\text{mm}$
Connectors wires: $\varnothing 3.0\text{mm}$



14.3 DESCRIPCIÓN DE LA MALLA



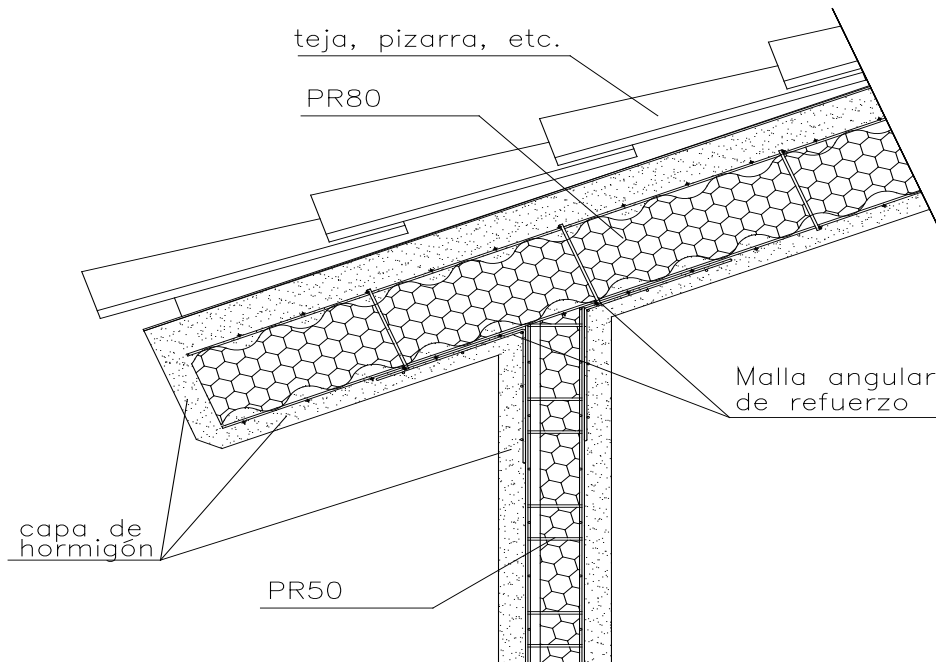
14.4 SECCIÓN DE LA PLACA BASE ENTERA de 1.125 mm



(Cotas en mm.)

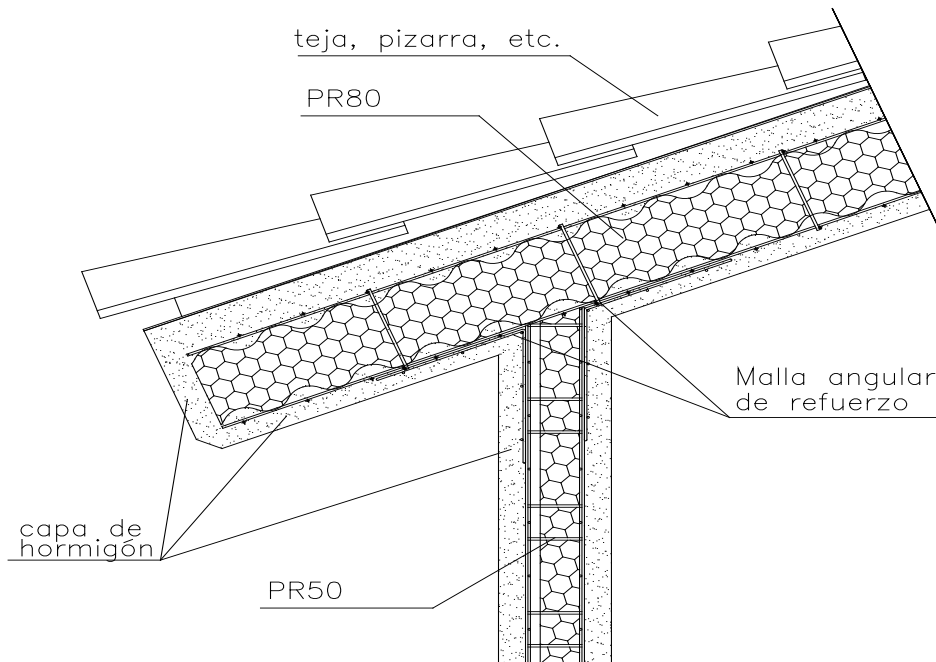
El tipo de panel representado en dibujo en meramente indicativo

El tipo de panel representado en dibujo en meramente indicativo

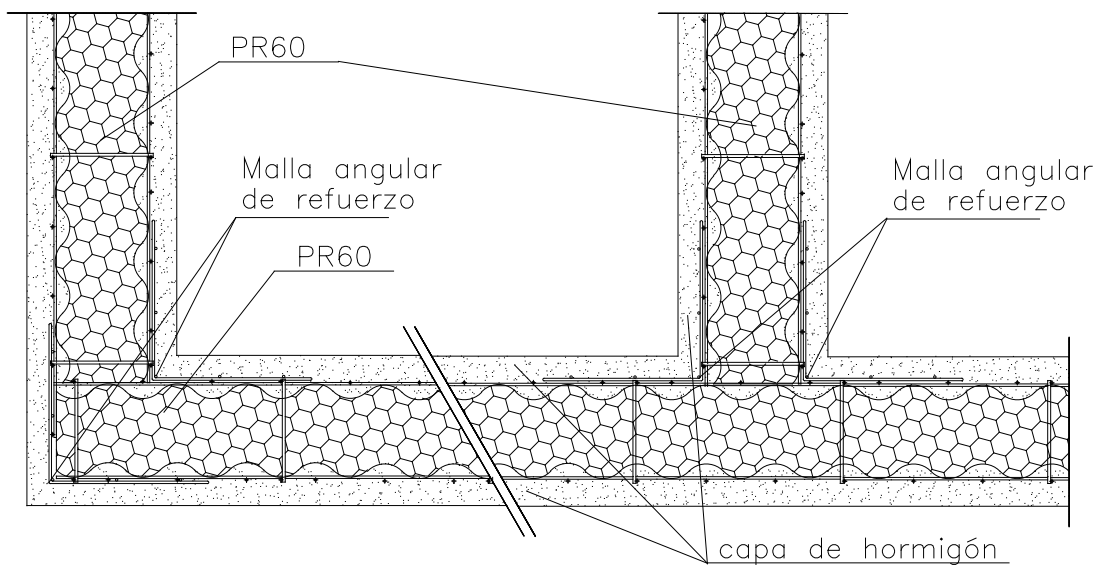


14.6 ENCUENTRO ENTRE MURO Y CUBIERTA INCLINADA

14.6 ENCUENTRO ENTRE MURO Y CUBIERTA INCLINADA

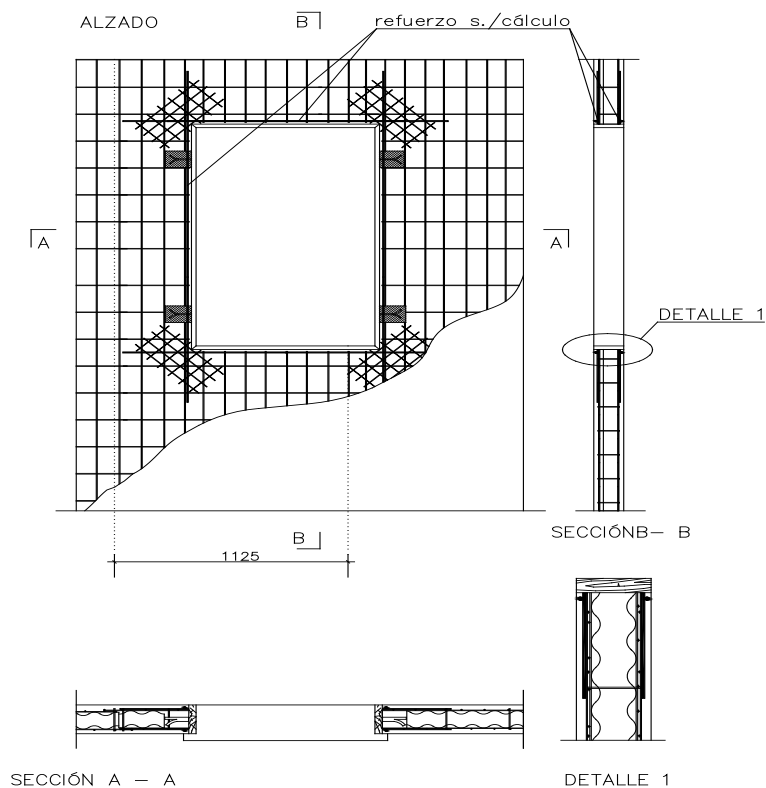


14.7 SECCIÓN HORIZONTAL

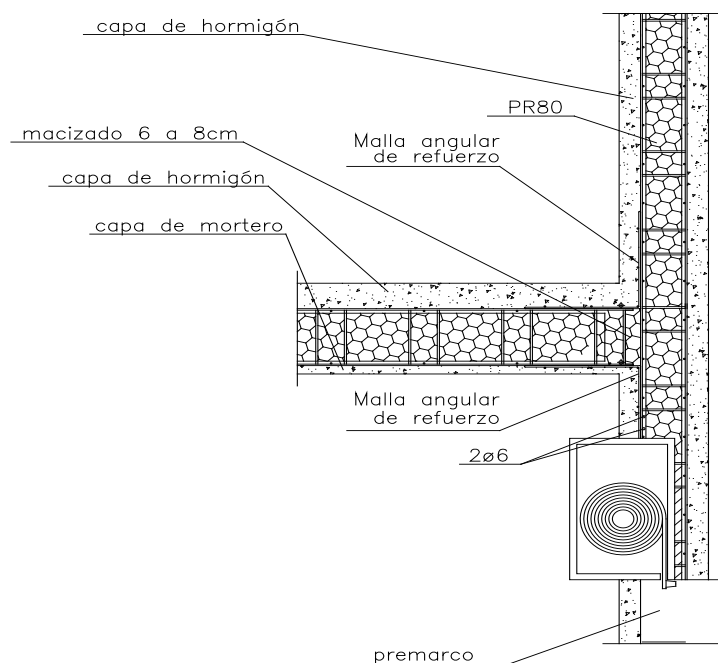


14.8 HUECOS DE VENTANAS

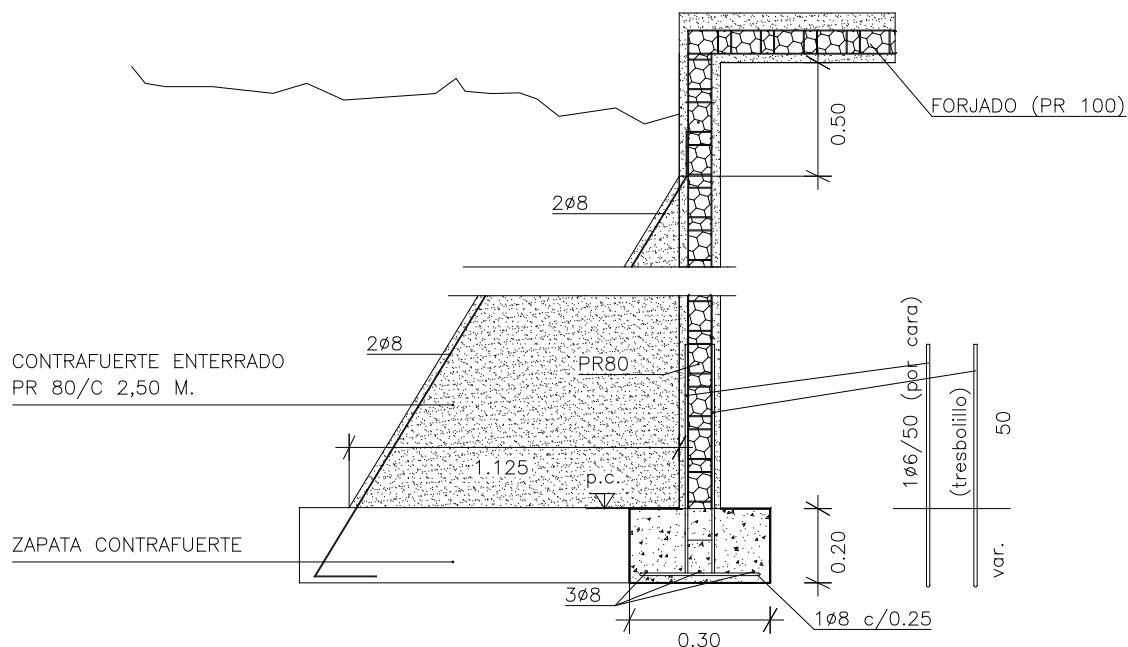
Los refuerzos s/cálculo pueden no resultar necesarios



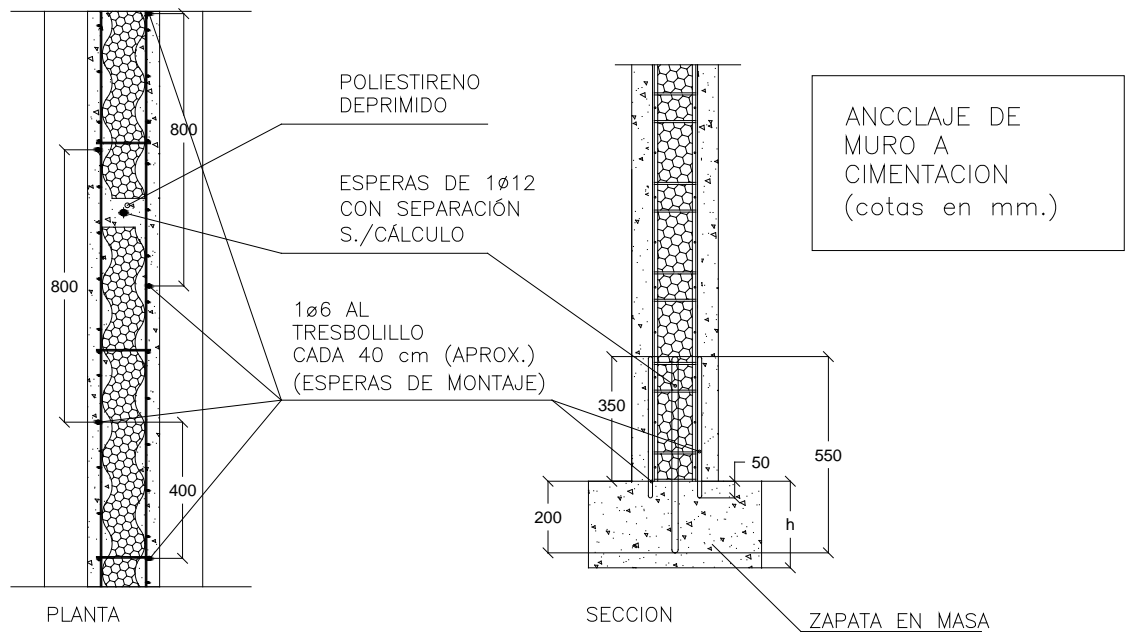
14.9 PERSIANAS



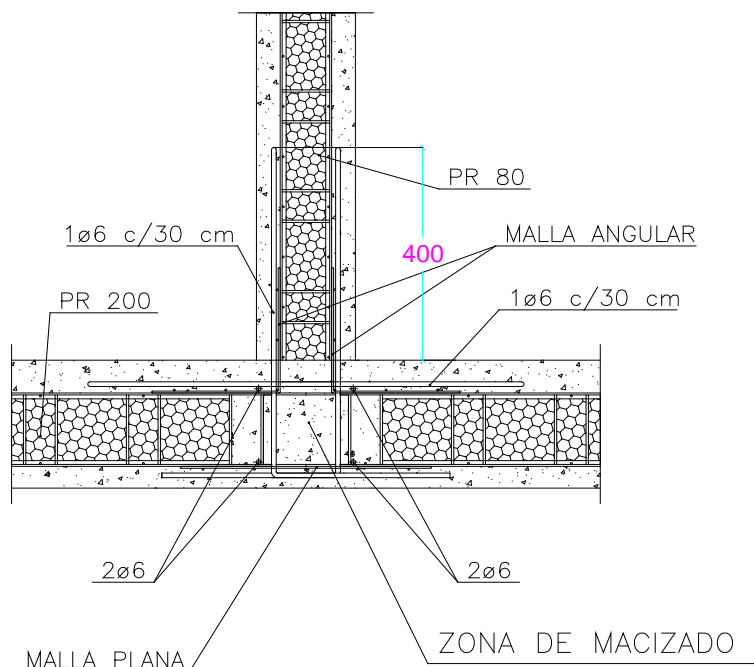
14.10 MUROS DE CONTENCIÓN CON CONTRAFUERTE



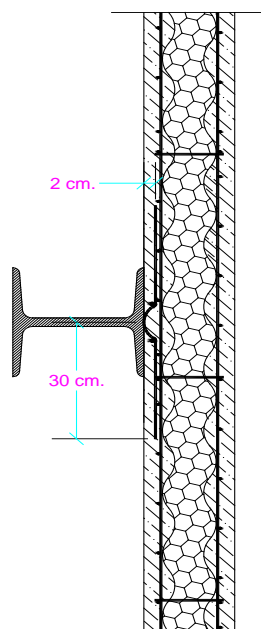
14.11 ANCLAJE ENTRE MURO Y CIMENTACIÓN



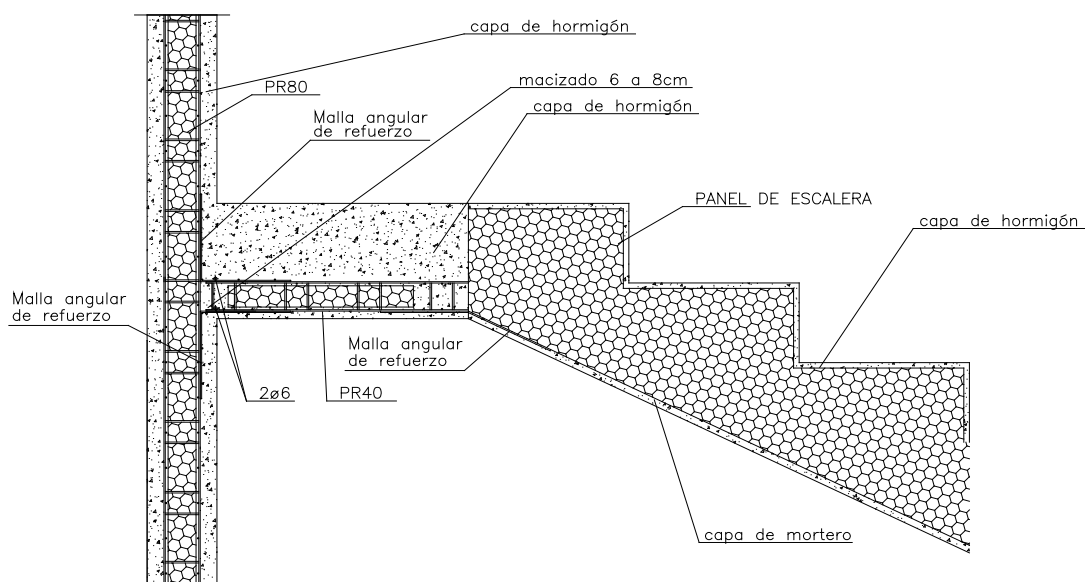
14.12 FORJADO SUSPENDIDO DE MURO ACTUANDO COMO VIGA



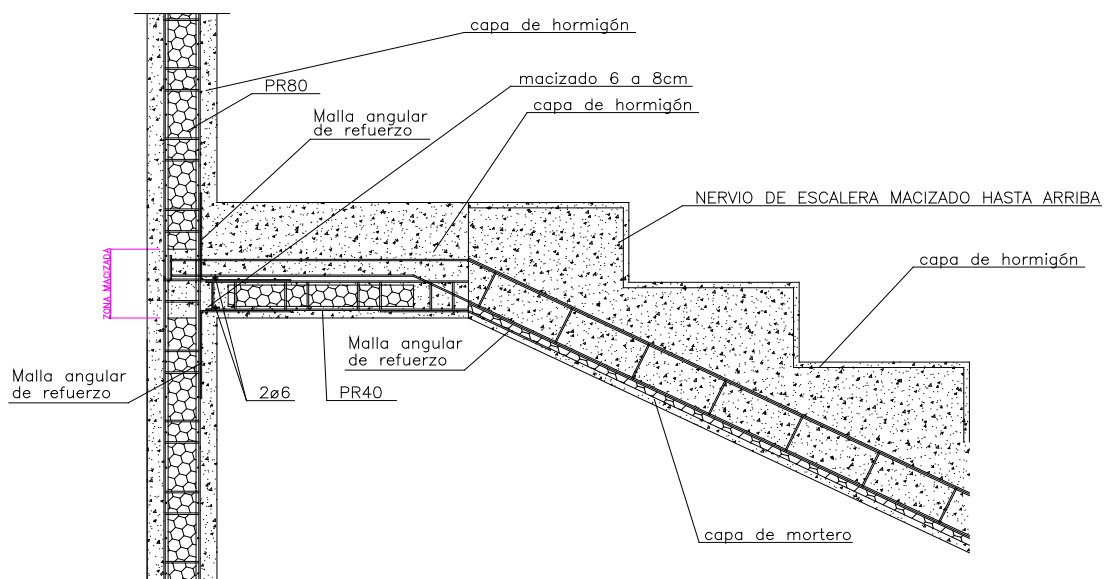
14.13 FIJACIÓN DE PANEL A PILAR METÁLICO



14.14 ENCUENTRO TIPO ESCALERA CON MURO

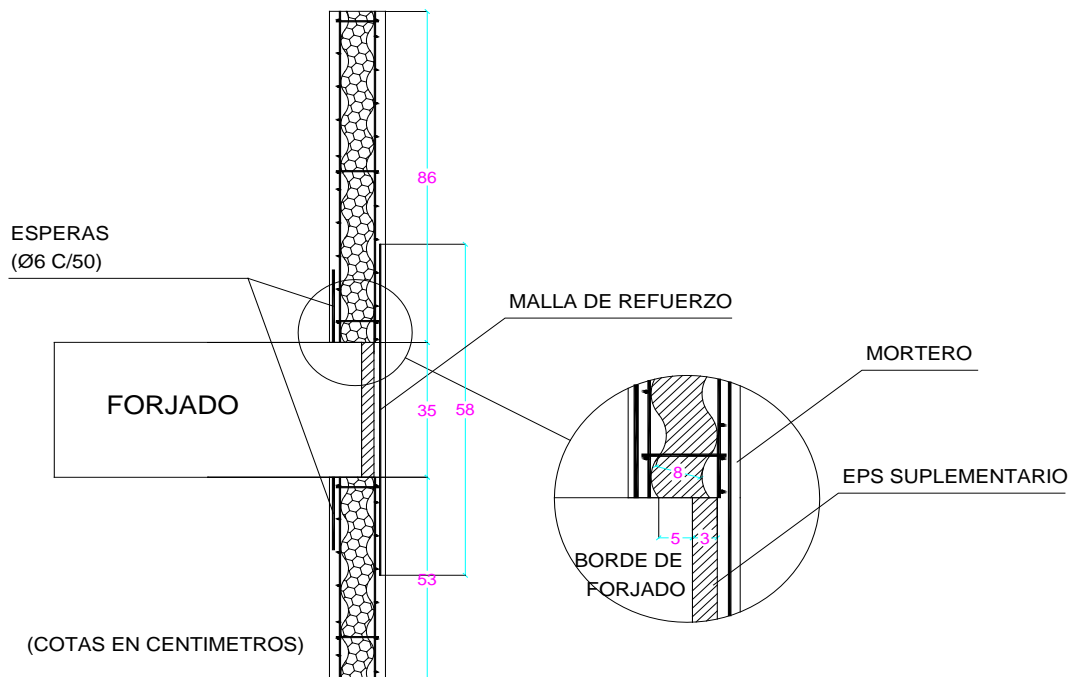


SECCION POR POLIESTIRENO

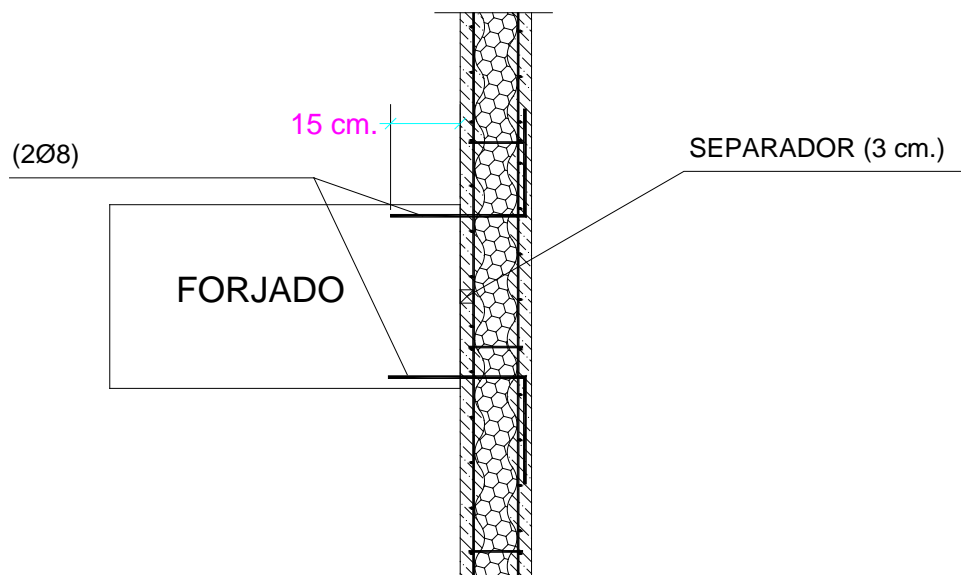


SECCION POR NERVIO DE ESCALERA

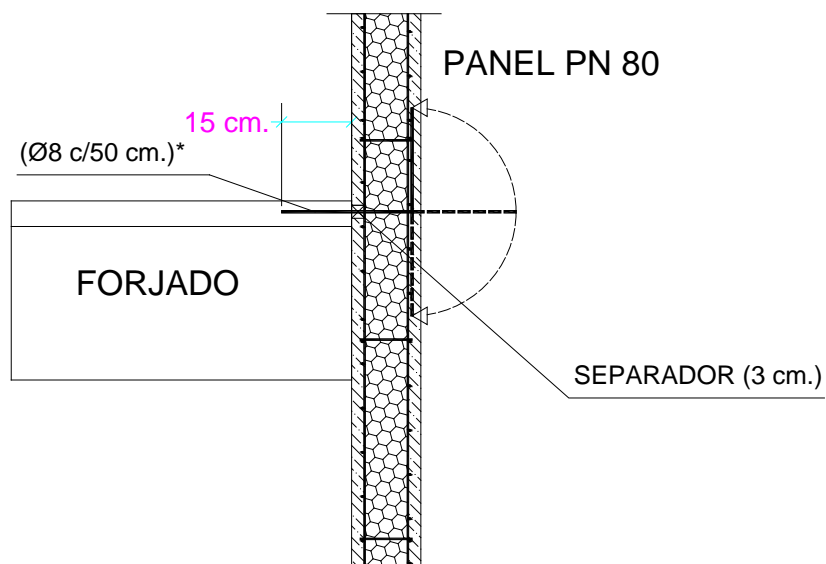
14.15 MURO DE FACHADA



14.16 MURO FACHADA PASANTE

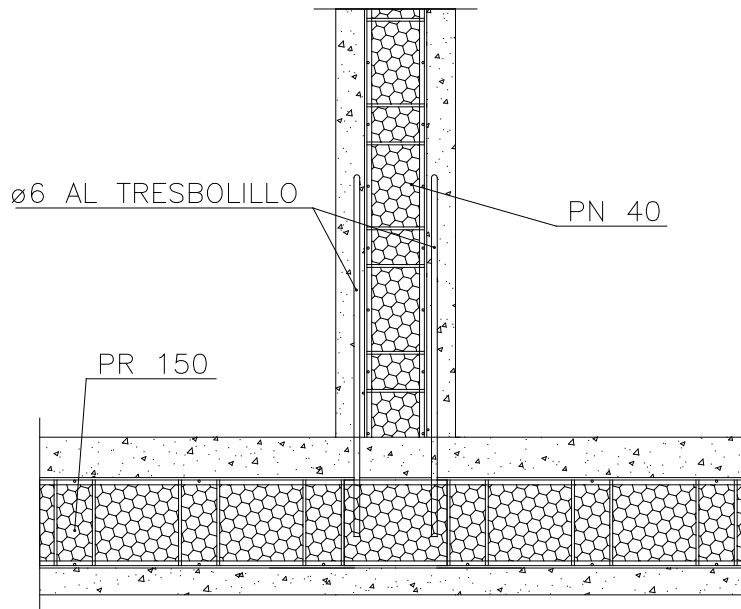


14.17 VARIANTE MURO FACHADA PASANTE

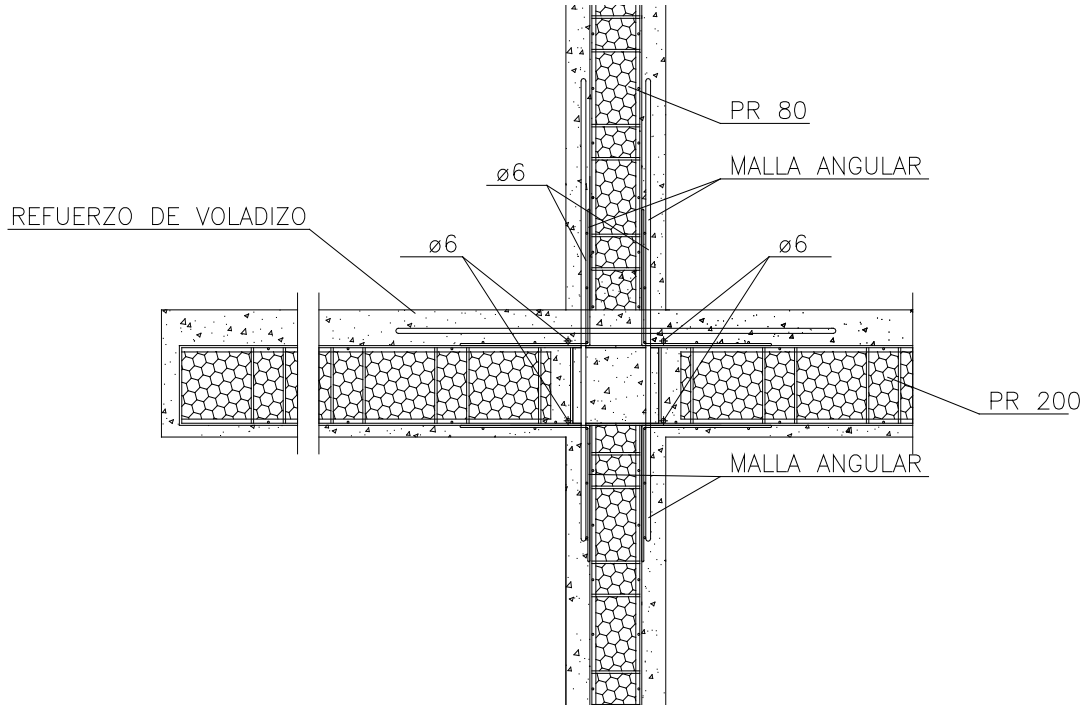


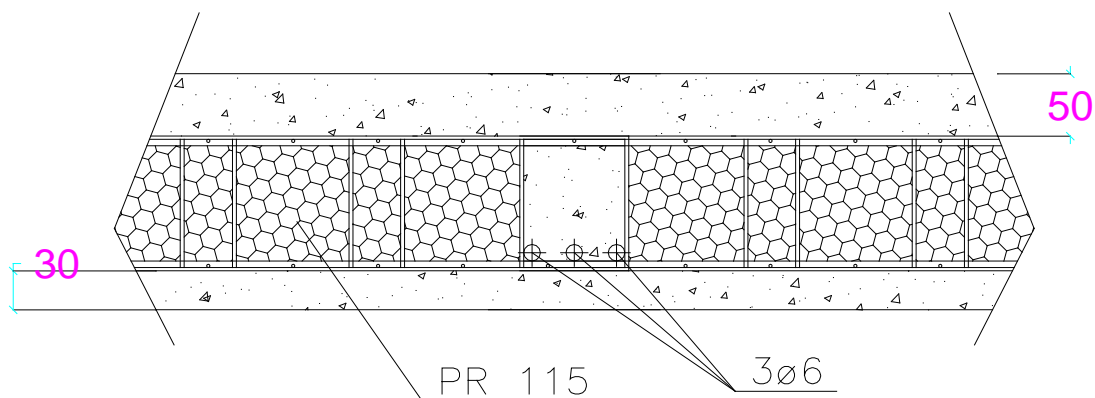
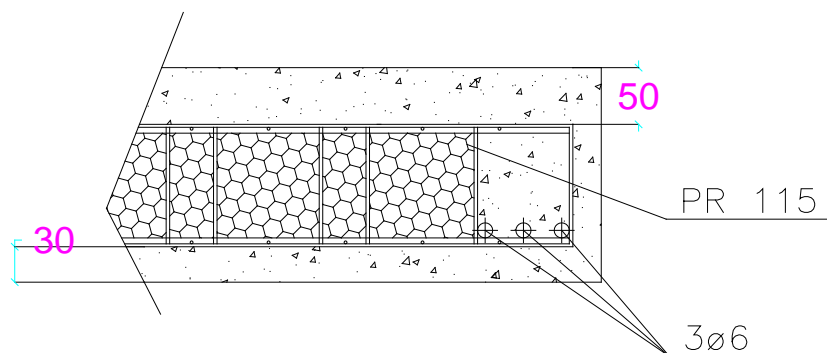
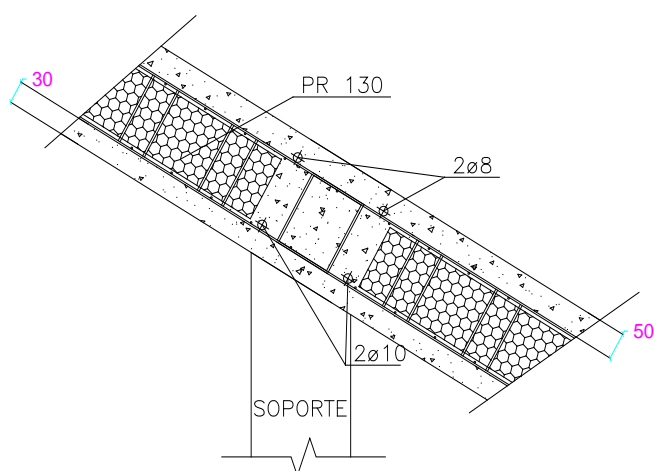
*Se doblarán alternativamente hacia arriba y hacia abajo como se muestra en el detalle.

14.18 TABIQUE QUE NACE DESDE FORJADO

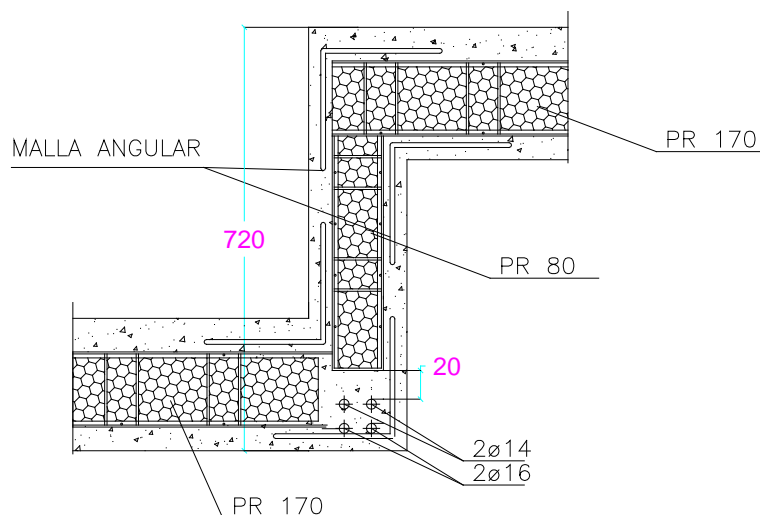


14.19 VOLADIZO CONTINUO QUE APOYA EN MURO

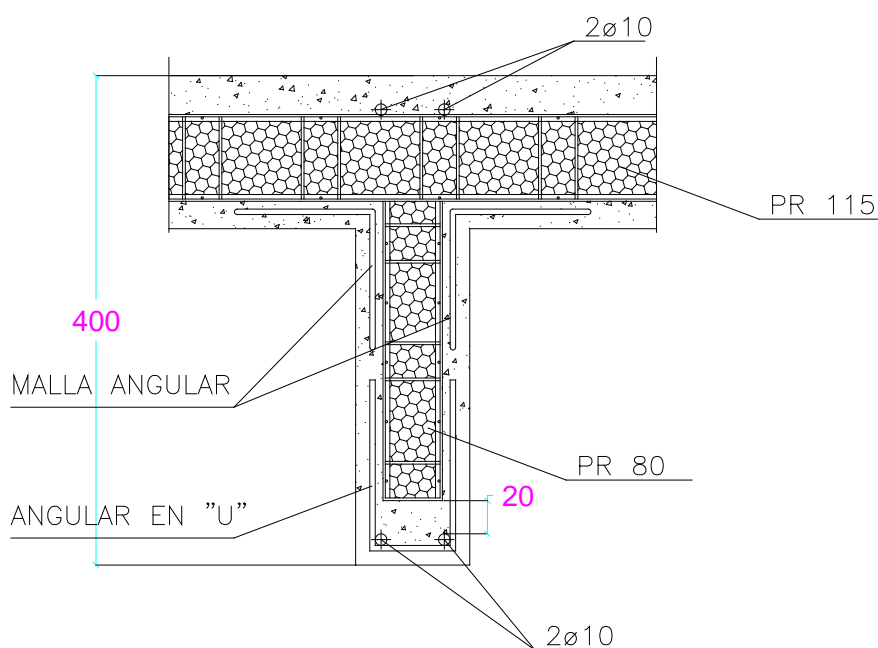


14.20 VIGA PLANA ARMADA A POSITIVOS**14.21 VIGA DE BORDE PLANA ARMADA A POSITIVOS****14.22 VIGA PLANA EN FALDÓN DE CUBIERTA APOYADA EN PILARES**

14.23 VIGA EN DESNIVEL



14.24 VIGA INTERIOR DE CANTO



Importante: Los Tipos de panel, los refuerzos y armaduras que aparecen en los detalles anteriores son meros ejemplos. Los tipos y refuerzos de los encuentros de cada Proyecto se determinarán según los cálculos y verificaciones correspondientes pudiendo en muchos casos prescindir totalmente de armaduras de refuerzo.

15 DATOS TÉCNICOS GARANTIZADOS

Las constantes y los pesos específicos han sido considerados en base a las Normas NBE AE-88 y NBE CT-79
El aislamiento acústico ha tomado en cuenta la expresión (2) art. 3.2 de la Norma NBE CA-81

CONSTANTES DE CÁLCULO			
λ mortero M-250 =	1,51 W/mK		
λ enlucido yeso =	0,3 W/mK		
λ EPS =	0,0337 W/mK		
r_{si} =	0,043 m ² K/W		
r_{se} =	0,12 m ² K/W		
δ mortero M-250 =	0,12 g/mhkPa	30 MN s/g m	
δ EPS =	0,0208 g/mhkPa	173,08 MN s/g m	
δ enlucido yeso =	0,06 g/mhkPa	60 MN s/g m	

MUROS							
	PR	40	50	60	70	80	90
Espesor núcleo de EPS	cm	4	5	6	7	8	9
Densidad EPS	Kg/m ³	15					
Armaduras longitudinales		14 ϕ 2,5 mm + 6 ϕ 5,0 mm					
Armaduras transversales		1 ϕ 2,5 mm cada 6,5 cm					
Conectores electrosoldados		80 ϕ 3,0 mm por m ²					
Recubrimiento de mortero M - 250 (c/cara)	mm	35					
Espesor total de muro MK2	cm	13	14	15	16	17	18
Coeficiente de transmisión térmica K2	W/m ² °C	0,696	0,577	0,492	0,430	0,381	0,342
Resistencia difusión vapor de agua Rv	m ² hKPa/g	2,690	3,171	3,651	4,132	4,613	5,094
Espesor enlucido al yeso (mm/cara)	mm	5					
Masa	Kg/m ²	176,7	176,9	177,0	177,2	177,3	177,5
Aislamiento acústico a ruido aéreo R	dBA	41,2	41,4	41,5	41,7	41,9	42,1

MUROS							
	PR	100	115	130	150	170	205
Espesor núcleo de EPS	cm	10	11,5	13	15	17	20,5
Densidad EPS	Kg/m ³	15					
Armaduras longitudinales		14 ϕ 2,5 mm + 6 ϕ 5,0 mm					
Armaduras transversales		1 ϕ 2,5 mm cada 6,5 cm					
Conectores electrosoldados		80 ϕ 3,0 mm por m ²					
Recubrimiento de mortero M - 250 (c/cara)	mm	35					
Espesor total de muro MK2	cm	19	21	22	24	26	30
Coeficiente de transmisión térmica K2	W/m ² °C	0,311	0,273	0,243	0,213	0,189	0,158
Resistencia difusión vapor de agua Rv	m ² hKPa/g	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767	0,767
Espesor enlucido al yeso (mm/cara)	mm	5					
Masa	Kg/m ²	177,6	177,8	178,1	178,4	178,7	179,2
Aislamiento acústico a ruido aéreo R	dBA	42,3	42,5	42,8	43,2	43,5	44,2

FORJADOS							
	PR	40	50	60	70	80	90
Espesor núcleo de EPS	cm	4	5	6	7	8	9
Densidad EPS	Kg/m3	15					
Armaduras longitudinales		14 ϕ 2,5 mm + 6 ϕ 5,0 mm					
Armaduras transversales		1 ϕ 2,5 mm cada 6,5 cm					
Conectores electrosoldados		80 ϕ 3,0 mm por m2					
Recubrimiento inf. de mortero M - 250	mm	35					
Espesor capa de compresión	mm	55					
Peso formación de suelo	Kg/m2	100					
Espesor enlucido techo al yeso	mm	5					
Espesor estructural del forjado MK2	cm	13	14	15	16	17	18
Coeficiente de transmisión térmica K	W/m2°C	0,697	0,578	0,493	0,430	0,382	0,343
Resistencia difusión vapor de agua Rv	m2hKPa/g	2,756	3,237	3,718	4,199	4,679	5,160
Masa	Kg/m2	312,7	312,9	313,0	313,2	313,3	313,5
Aislamiento acústico a ruido aéreo R	dBA	50,4	50,6	50,8	51,0	51,2	51,4

FORJADOS							
	PR	100	115	130	150	170	205
Espesor núcleo de EPS	cm	10	11,5	13	15	17	20,5
Densidad EPS	Kg/m3	15					
Armaduras longitudinales		14 ϕ 2,5 mm + 6 ϕ 5,0 mm					
Armaduras transversales		1 ϕ 2,5 mm cada 6,5 cm					
Conectores electrosoldados		80 ϕ 3,0 mm por m2					
Recubrimiento inf. de mortero M - 250	mm	35					
Espesor capa de compresión	mm	55					
Peso formación de suelo	Kg/m2	100					
Espesor enlucido techo al yeso	mm	5					
Espesor estructural del forjado MK2	cm	19	20,5	22	24	26	29,5
Coeficiente de transmisión térmica K	W/m2°C	0,311	0,273	0,244	0,213	0,189	0,158
Resistencia difusión vapor de agua Rv	m2hKPa/g	5,641	6,362	7,083	8,045	9,006	10,689
Masa	Kg/m2	313,6	313,8	314,1	314,4	314,7	315,2
Aislamiento acústico a ruido aéreo R	dBA	51,7	52,0	52,3	52,7	53,1	53,9

16 INSTRUCCIONES PARA LA EJECUCIÓN DE EDIFICIOS CON SISTEMA CONSTRUCTIVO MZtec

16.1 REPLANTEO Y COLOCACIÓN DE ESPERAS

Deberá comprobarse la aprobación del acta de replanteo hecha entre la empresa constructora y la dirección facultativa con los espesores totales de muros que correspondan a cada posición de los mismos.

Dicho espesor estará en función de la medida de las maestras que se empleen en la aplicación del micro hormigón.

Empleando maestras de 25 mm el muro tendrá un espesor promedio de recubrimiento total igual a 33,5 mm por cada cara mientras que con guías de 30 mm el espesor promedio por cara será de 38,5 mm. De ésta forma el espesor final de los muros será:

Guía 25 mm: $\text{ESPESOR TOTAL MURO} = \text{EPS} + 67 \text{ mm}$

Guía 30 mm: $\text{ESPESOR TOTAL MURO} = \text{EPS} + 77 \text{ mm}$

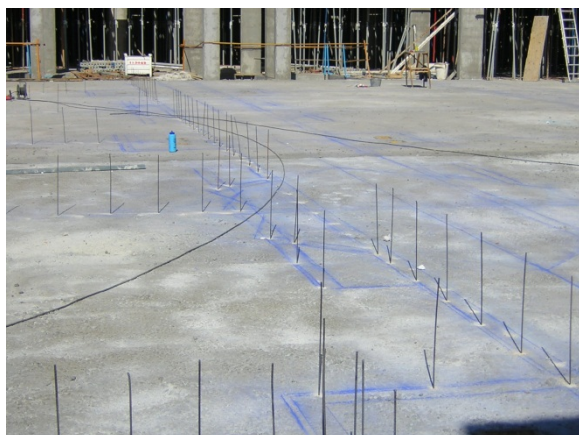
La separación longitudinal entre esperas no está fijada en el DIT y la comprobación de cálculo que se recomienda es que las mismas sean capaces de absorber la diferencia entre el máximo cortante en la base y la fuerza de fricción estática desarrollada en la junta entre paneles y cimentación para la que se considera un coeficiente igual a 0,60.

Las esperas se dimensionan al cortante simple considerando una resistencia de cálculo del acero $f_{yc} = 120 \text{ MPa}$. La penetración en la cimentación será de 20 cm y deben sobresalir 35 cm. Es preferible que estas barras sean colocadas antes de hormigonar la cimentación y que sean dispuestas a eje de muro, o sea dentro del EPS para poder utilizar redondos de diámetro 10 o 12 mm que no presenten problemas de recubrimiento.

Una vez colocada la placa en coincidencia con la espera se elimina el poliestireno para que la misma quede recibida en la aplicación del micro hormigón.

Además de las esperas estructurales se colocan también barras de montaje o esperas de montaje que se dispondrán de manera tal que queden por delante de los mallazos de cada cara de los paneles. Por lo tanto la separación entre las líneas trazadas por estas esperas será igual a:

$\text{EPS} + 1,7 \text{ cm}$. Se preferirá redondear a 1,5 cm a los fines de que aquellas queden apretadas contra los mallazos de panel.

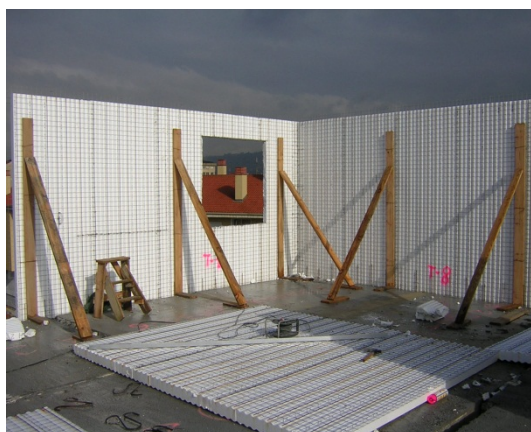


16.2 COLOCACIÓN DE PANELES

Debe designarse a una persona encargada de organizar la colocación de paneles, que tenga conocimientos de interpretación de planos, de forma que no se produzcan errores en el montaje.

Se debe comenzar el montaje siempre por una esquina de la edificación.

Los paneles de muros, una vez en su posición serán apuntalados de la siguiente manera: cada 2 paneles aproximadamente (2,50 m) se colocará una escuadra de madera o metálica perfectamente aplomada y sujeta a la solera, cuidando de que estos dispositivos no interfieran con la colocación de las mallas de refuerzo angulares y planas.



Es conveniente para dar alineación longitudinal, colocar un larguero de adecuada rigidez en función de la longitud del muro, y apuntalar a tierra ese larguero. Se recomiendan los tubos de acero de sección cuadrada o tirantes de madera dispuestos en el sentido de su mayor rigidez, los que antes de colocarse en su posición serán

verificados de su correcta línea apoyándolos en una superficie plana de manera de descartar aquellos que presenten combaduras, que serían trasladadas a los paneles. Los largueros permitirán la colocación de las mallas de refuerzo dispuestas a 45° en las aristas de los huecos según lo establecido en el DIT.



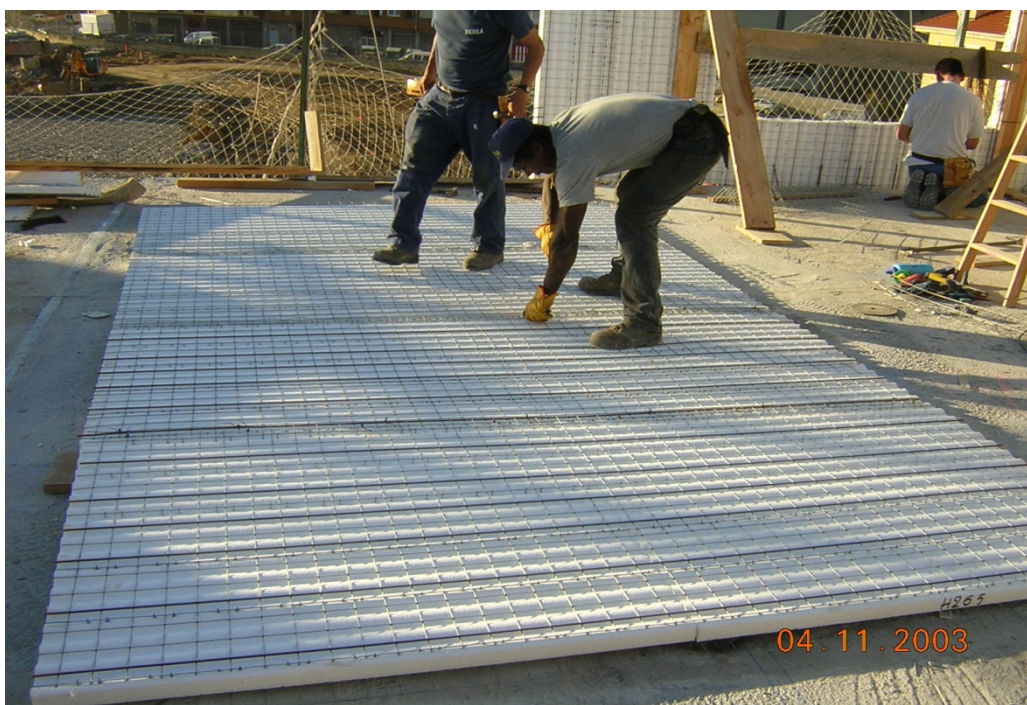
Los largueros deben atarse siempre de las zonas donde se encuentran los dobles conectores, y en caso de no poder hacerse esto, se deberá atravesar el panel con la atadura para sujetar el larguero desde el mallazo de la cara opuesta.

Verificar siempre que los puntales estén clavados al suelo, para resistir la carga de viento.

La tolerancia de aplomado será de 8 mm según se establece en el DIT. Los paneles, deben atarse a las esperas de montaje con un punto de alambre en el extremo superior o con una grapa. Para el atado de los paneles entre sí basta con realizar un punto de alambre o una grapa cada 40-50 cm.



Los paneles podrán montarse en el suelo en grupos de 3, 4 o 5 unidades y previo atado de los solapes de mallas y cortado de los vanos correspondientes a los huecos de ventanas, podrán colocarse en su sitio





Los tabiques interiores se dispondrán preferiblemente luego de colocarse los precercos de puertas, de manera tal que los cargaderos se resuelvan con un panel cortado a la medida que podrá disponerse tanto horizontal como verticalmente.



No se comenzará a proyectar ningún elemento hasta que no estén montados y correctamente atados tanto muros como forjados, así como aplomados los muros.

16.3 COLOCACIÓN MALLAS ANGULARES Y PLANAS DE CONTINUIDAD Y REFUERZO DE MONTAJE

Las mallas auxiliares son tramos de superficies de mallazos, construidas en el mismo acero que los mallazos de los paneles, con un diámetro de barras de 2,5 mm. Estas piezas son utilizadas para conseguir la necesaria continuidad de la armadura envolvente del EPS, donde la misma se encuentre interrumpida por corte o cambio de dirección.

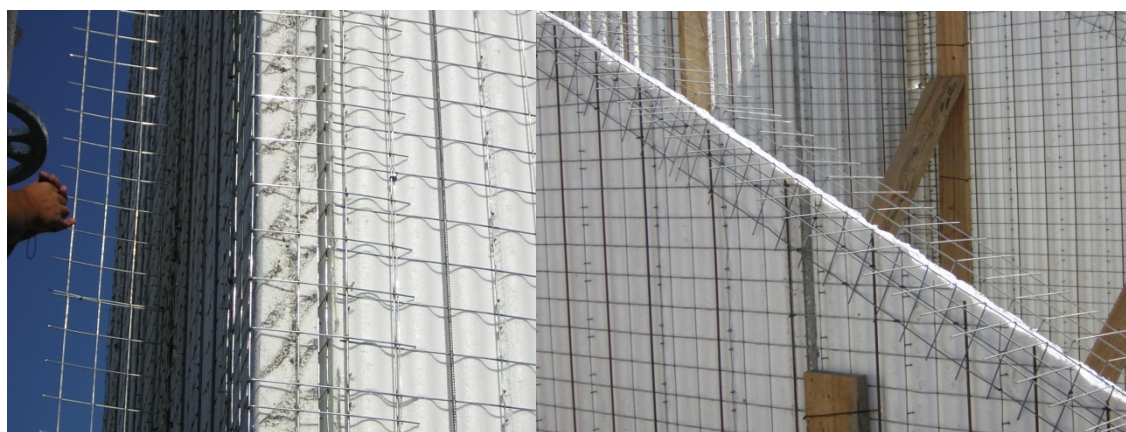
Se elaboran con acero trefilado y galvanizado de alta resistencia:

Límite de fluencia > 600 MPa

Tensión de rotura > 680 MPa

Una vez alineados y aplomados todos los muros se podrán colocar las mallas de continuidad angular abarcando todas las aristas horizontales y verticales de los diedros formados.

Debe tomarse en cuenta que una vez colocadas las mallas de refuerzo angular ya no podrán corregirse las alineaciones y los aplomados de los muros, dada la rigidez que los paneles transversales aportan al sistema, aún en la etapa previa de montaje.



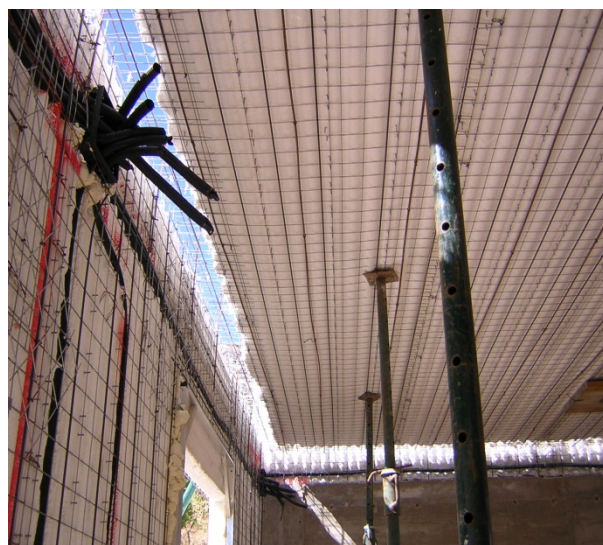


Las mallas angulares para las placas de forjados podrán dejarse en espera. De igual modo las mallas para la continuación de muros vertical de fachada también pueden dejarse en espera.

16.4 REALIZACIÓN DE LOS ZUNCHOS DE ATADO

Es de fundamental importancia respetar la continuidad vertical de las capas de hormigón aplicadas en los muros, piso a piso, a través de los denominados “zunchos” que serán resueltos según detalle indicado en los Documentos de Idoneidad Técnica Nº 431, figuras 5 y 6 de la página 19 y Nº 455 figuras 6 y 7 de la página 19.

No se autorizará al hormigonado de la capa de compresión si no se verifica la correcta ejecución de tales “zunchos”, con las armaduras de refuerzo que en los detalles citados se indican.



La fotografía muestra el espacio libre para rellenar de hormigón en la unión entre el panel vertical y el forjado. Sólo falta colocar la armadura pasante de 1 Φ 6 separados según cálculo del cortante en la unión.



El espacio libre deberá ser de cómo mínimo de 60 mm para asegurar que no se interrumpa la cara de carga en el EPS.

Puede sustituirse la malla angular de vinculación de la capa de compresión con el muro del piso superior mediante barras rectas pasantes desde el piso inferior, tal como se advierte en la fotografía anterior con una cuantía geométrica equivalente a la sección de acero del mallazo angular.



16.5 PREPARACIÓN DEL MICROHORMIGÓN

Antes de proceder a la aplicación del micro hormigón estructural deberá realizarse un chequeo final que compruebe la correcta colocación de todos y cada uno de los paneles verificando la alineación y aplomado de los mismos y la completa colocación de todos los refuerzos de mallas planas, angulares y varillas de acero corrugadas de refuerzo, según lo expresado en los puntos anteriores.

En éste punto se labrará un acta de conformidad y se autorizará a la etapa de aplicación de micro hormigón.

Es de gran importancia asegurar que las instalaciones embutidas ya hayan sido colocadas de manera tal de no necesitar apertura de rozas posteriores a la aplicación.

En el caso de que se emplee un micro hormigón industrial, éste debe proceder de fábricas que estén en posesión de un sello de calidad oficialmente reconocida exigiendo la entrega de la curva de endurecimiento del material, el que deberá presentar una resistencia a la rotura a los 28 días, mayor a 25 MPa, y un testificado de inspección del material que comprenda los ensayos de calidad correspondientes al mes en curso. El testificado de inspección comprenderá la curva granulométrica de los agregados, los ensayos de compresión sobre probeta prismática reglamentaria de 40 x 40 x 160 mm y los ensayos de flexo tracción.

La normativa a considerar sobre micro hormigones es la EN 998-1:2003

En su apartado 2 Normas para Consulta esta la referencia completa de todos los métodos de ensayo que están articulados en las Normas EN 1015-2 y siguientes hasta la EN 1015-21.

La que particularmente nos interesa es la EN 1015-2 titulada Método de ensayo del mortero para albañilería. Parte 2: Toma de muestra total de micro hormigones y preparación de los micro hormigones para ensayo.

En cuanto a los moldes de las probetas 40 x 40 x 160 sobre material y dimensiones nos remitiremos a la normativa UNE EN 80-101. Es muy importante la compactación de las mismas según las prescripciones de la citada Norma, llenado los moldes en dos capas y compactado durante a 60 golpes durante 60 segundos. El curado y conservación debe respetarse cuidadosamente.

En caso de elaborarse el material a pie de obra son válidas las recomendaciones de la EHE, en cuanto al control de los materiales constitutivos: cemento, áridos y aditivos.

Una vez aprobado el material, se procederá a la calibración de la máquina de proyección de acuerdo a las características del micro hormigón con el que se cuente en obra. Esa calibración consiste en la regulación del contenido de agua que la máquina aplica por unidad de tiempo, y dependerá de las siguientes características:

- 1- caudal de la máquina
- 2- peso aparente del micro hormigón seco
- 3- contenido de agua recomendado por el fabricante en caso de micro hormigón industrial o relación a/c en caso de micro hormigón elaborado a pie de obra
- 4- en caso de utilizarse máquinas de doble amasado, se deberá considerar la cantidad de micro hormigón que pueda arrastrar el eje dosificador de la misma a los efectos de calcular el agua de amasado teórica a aportar.
- 5- contenido de humedad de los áridos en los casos de emplear micro hormigón elaborado a pie de obra, para corregir al agua a adicionar.

En las máquinas de amasado continuo, el agua se controla a través del hidrómetro que consiste en un tubo de vidrio graduado en el que flota una pesa. Una válvula acciona y regula el caudal de agua como puede apreciarse en la siguiente fotografía:



Una vez regulado esto, deberá ser verificado en forma permanente. Toda visita de control debe forzosamente controlar el estricto cumplimiento de la regulación establecida.

De esa manera, el material aplicado tendrá las características similares a las teóricas del material producido en central.

Todo cambio en la regulación deberá ser autorizado expresamente por el monitor de MZtec destacado en obra. Dichos cambios pueden obedecer a las condiciones de temperatura, humedad, soleamiento y vientos del sitio donde se realicen las obras y tendrán por objeto, mantener las condiciones de aplicabilidad de producto en cuanto a consistencia y velocidad de fraguado.

Es normal que al cambiar la altura manométrica del lugar de aplicación frente a la posición de la máquina, se modifique en más o en menos el caudal de micro hormigón amasado, y que por lo tanto se requiera de una nueva regulación que siempre deberá ser realizada en presencia del técnico autorizado.

Es conveniente realizar una prueba de consistencia del micro hormigón así amasado utilizando una mesa de sacudidas siguiendo directrices de UNE-EN 1015-3. De ésta manera podrá controlarse que cualquiera de las amasadas tenga igual escurrimiento.

16.6 APLICACIÓN DEL MICROHORMIGÓN

Para garantizar el recubrimiento de las armaduras se procede a colocar en obra unas maestras metálicas o de PVC de medidas acordes al recubrimiento necesario a aplicar.

Estas maestras pueden ser tubos de acero de sección cuadrada o cuadradillos de madera cuyos cantos serán desde 25 hasta 40 mm según la Clase de Exposición ambiental correspondiente al lugar donde la obra se encuentre.

Dado que la tecnología MZtec constituye un sistema pre-industrializado o pre-fabricado debido a que la totalidad de los paneles que se emplean en obra son producidos en planta de fabricación bajo intensos controles de elaboración y donde sólo es “in situ” la aplicación del micro hormigón, podemos considerar la Tabla 37.2.4 de la EHE (Instrucción de Hormigón Estructural) que fija claramente los recubrimientos necesarios:

Margen de recubrimiento:	5 mm
Recubrimiento mínimo en Clase de Exposición I:	15 mm
Ídem en Clase de Exposición IIa:	20 mm
Ídem en Clase de Exposición IIb:	25 mm
Ídem en Clase de Exposición IIIa:	30 mm
y así sucesivamente según el orden de la Tabla.	

Luego, el recubrimiento nominal será igual a la suma del recubrimiento mínimo más el margen:

Clase I	20 mm
Clase IIa	25 mm
Clase IIb	30 mm
Clase IIIa	35 mm
Clase IIIb	35 mm
Clase IIIc	40 mm
Clase IV	35 mm
Clase Qa	40 mm

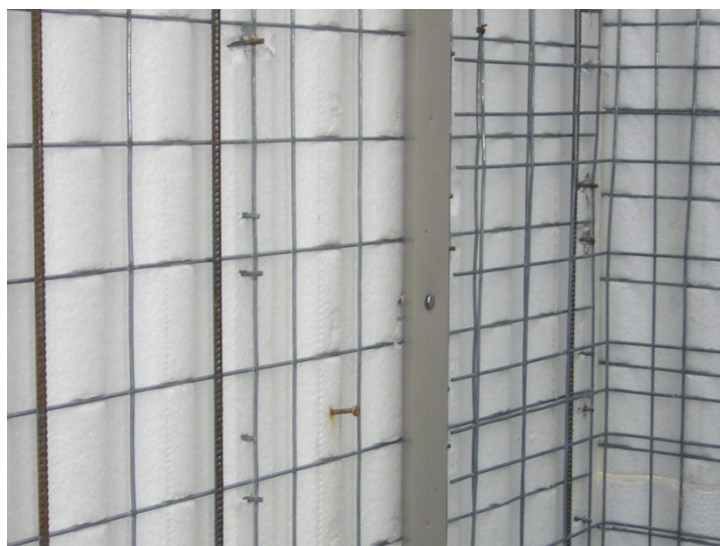
Entonces y tomando en cuenta los espesores que se aplican sobre la onda del panel resulta que para los casos normales, y empleándose maestras de 25 mm de canto apoyadas en el mallazo base transversal (perpendicular a la onda) el recubrimiento de la armadura principal de 5 mm de diámetro es igual a 20 mm, apto hasta Clase de Exposición I.

Para la Clase IIa se emplean maestras de 30 mm de canto, y así sucesivamente según cada caso.

De esta manera queda garantizado el espesor de micro-hormigón a aplicar pues el operario rellena hasta cortar contra la maestra (maestreado) con un procedimiento de trabajo completamente habitual para cualquier operario, aún no especializado.



En la fotografía se aprecia la huella dejada por la maestra y los espesores de primera capa a la derecha y de segunda capa terminada por la izquierda, mientras que en la fotografía inferior se aprecia una maestra de PVC colocada en el panel.



En la siguiente fotografía se observa un muro preparado con maestras de tubo de acero de sección cuadrada:



El procedimiento de aplicación una vez colocadas las maestras es el siguiente:

- 1- Antes de comenzar conocer perfectamente la superficie a aplicar puesto que el proyectado debe realizarse sin interrupciones siempre que sea posible.
- 2- La aplicación a 3 o 4 cm. deberá realizarse en 2 pasadas dejando el poro abierto en ambas por medio de una llana dentada o regla de aluminio dentada para recibir en su momento el producto de acabado.
- 3- En la primera pasada se debe cargar el producto hasta donde nos permita sin que se descuelgue, para lo que se recomienda utilizar un compresor de 400 litros de caudal, para que “muerda” el EPS y el producto quede lo mas compactado posible.
- 4- La segunda pasada hasta alcanzar el espesor deseado se realizará en un intervalo de tiempo no mayor de 72 horas. En caso de pasar más de 72 horas deberá aplicarse un puente de adherencia.
- 5- En ambas pasadas se debe apretar el producto con la herramienta adecuada antes de pasar la llana dentada.

De la maquinaria de amasado continuo existente en el mercado se recomiendan para la aplicación del micro hormigón, dadas sus características técnicas y de diseño las Plasterjet de MALTECH, las Cayman 30 de PFT y las Turbomix M22 y Poli T de TURBOSOL. De las de amasado independiente se recomiendan las PH9 de LANCY, P13 de PUTZMAISTER o Beton Master de TURBOSOL.

De gran importancia, como en todos los hormigones, resulta el proceso de curado al que deben ser sometidas las superficies de los muros. Un correcto curado consiste en permitir que tenga lugar el proceso de hidratación de los granos de cemento, evitando

la evaporación del agua sobrante, para lo cual es necesario mantener la humedad superficial mediante regado con agua, muy especialmente durante las primeras 24 horas después de aplicada la segunda y definitiva capa de micro hormigón y especialmente en aquellas zonas de mayor exposición.

Puede aplicarse el micro hormigón por caras completas, es decir las dos capas de la misma cara sin estar aplicado el micro hormigón por la cara opuesta, hasta una altura máxima de 6,00 metros.

En casos de muros de mayor altura que no se encuentren arriostrados a elementos de rigidez, deberá procederse por caras de hasta 6,00 m a los efectos de ir auto equilibrando las cargas de peso propio. En tiempo caluroso, y dada la mayor velocidad de fraguado, podrá aumentarse la altura de aplicación de cada cara según criterio fijado por el monitor de MZtec.

En los forjados se apuntalará mediante sopandas apoyadas en puntales, que estarán separadas entre sí una distancia de 1,20 m. El monitor de MZtec fijará en cada caso la máxima separación posible entre las mismas dado que según el espesor de panel. Antes de apuntalar se aplicará un salpicado de micro hormigón por la cara inferior a modo de mordente en toda la superficie.

El apuntalamiento procurará una contra flecha del 2% de la luz libre entre apoyos.

Una vez apuntalado se procede a aplicar la 1ra. capa de micro hormigón de la cara inferior la que deberá ser suficiente para cubrir las armaduras con un espesor medio de 20 a 25 mm, la que inmediatamente deberá ser planchada con pase de llana dentada.

Una vez realizada ésta tarea podrá entonces hormigonarse la capa de compresión que deberá curarse siguiendo los lineamientos indicados en los párrafos anteriores para el curado de muros.

En función de la curva de endurecimiento del hormigón o micro hormigón aplicado, y previa verificación estructural se procederá al desapuntalado de los forjados para completar la 2da. capa de recubrimiento inferior de acuerdo a las especificaciones de recubrimiento necesarias. A los fines indicativos y para luces moderadas puede desapuntalarse completamente a los 14 días.

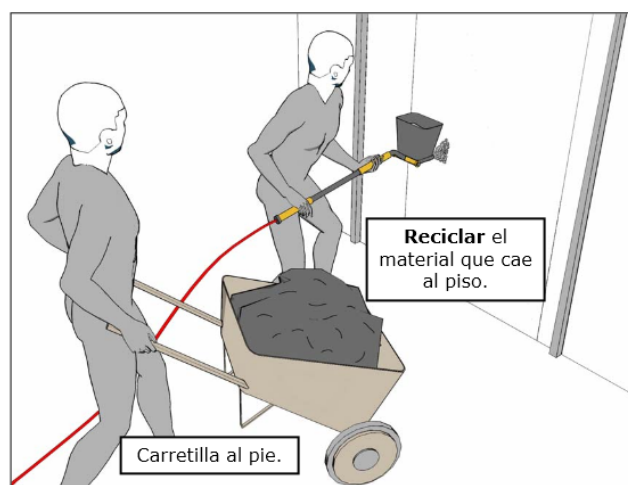
No se autorizará el inicio de la aplicación de micro hormigón con una temperatura ambiente menor de 5° C o cuando a juicio del responsable de MZtec haya riesgo de congelación. No se podrá emplear líquidos anticongelantes y en general ninguna clase de aditivos sin la aprobación expresa del fabricante del micro hormigón industrial, dado el riesgo de que se produzca una reacción química con alguno de los aditivos componentes del mismo.

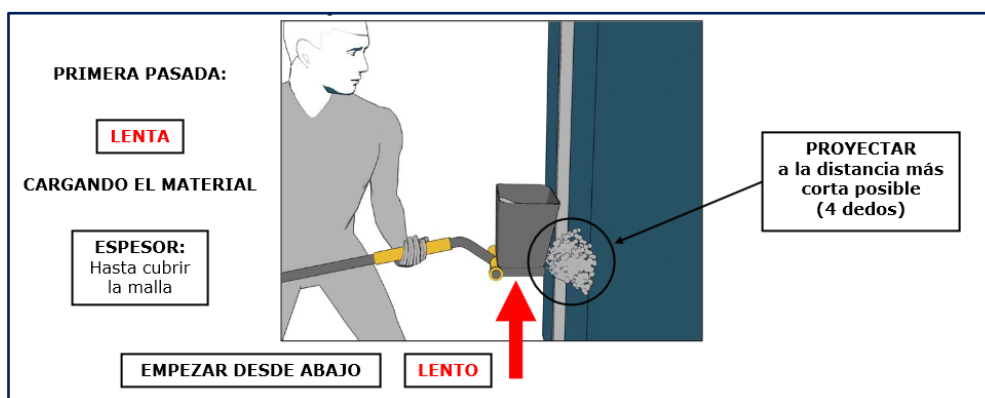


No debe olvidarse que los forjados durante su etapa de montaje, pueden estar sometidos a fuerzas de succión del viento y que por lo tanto deberán fijarse correctamente al suelo, atando adecuadamente las sopandas a los mismos. A los fines de calcular ésta fijación se considerará una carga de succión uniformemente distribuida de 40 Kg/m².

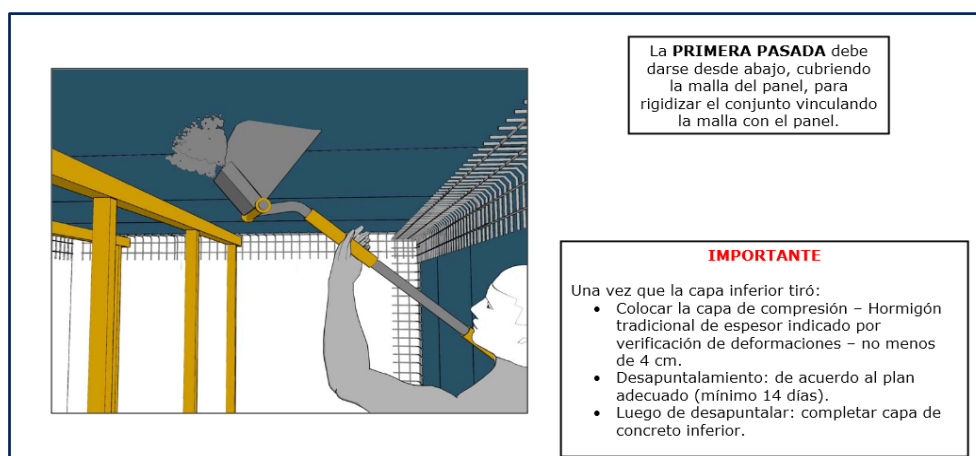
Si se utilizara dispositivos de proyección manual tipo “Hopper” valen las mismas disposiciones de preparación del micro hormigón.

En estos casos se debe trabajar con dos operarios que abastezcan el material con carretillas u otros medios, desde el sitio de producción hasta el pie de cada tajo intentando que suministren de manera continua al operario que aplica con el dispositivo manual.





Para la proyección en techos se utiliza un dispositivo con las toberas inclinadas hacia arriba:



16.7 HORMIGONADO DE LA CAPA DE COMPRESIÓN DE FORJADOS

La capa de compresión de los forjados podrá ser realizada en el mismo micro hormigón industrial que el aplicado en los muros, o con hormigón tradicional proveniente de planta, la cual deberá estar en posesión de sello de calidad oficialmente reconocida.

Deberá ser de un espesor mínimo de 50 mm por sobre la onda del EPS. Para garantizar éste espesor se colocarán reglas guías de ésta medida durante el proceso de hormigonado.



16.8 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA

Deberá considerarse estrictamente lo establecido en los Documentos de Idoneidad Técnica de ésta tecnología (p.ej. apartado 6.2 de la pág. 7 del DIT N° 455). Los hormigones, tanto los realizados en obra como los suministrados desde una central que deberá poseer sello de calidad AENOR, se controlarán según los criterios establecidos en la EHE para el control estadístico. En la recepción del hormigón y micro hormigón se solicitará el correspondiente albarán, debiendo ser realizados los ensayos por un Laboratorio externo acreditado. Para la realización del control se establecen los siguientes parámetros:

- Lote: Hormigón suministrado o realizado en obra en una semana.
- Extensión del lote: 50 m³
- Número de amasadas a controlar: 2 amasadas por lote.
- Número de probetas por amasada:
 - 3 probetas para rotura a 24 horas.
 - 3 probetas para rotura a 7 días.
 - 3 probetas para rotura a 28 días.

Las probetas deberán ser moldeadas en obra. No se admitirá el transporte de hormigón o micro hormigón fresco a laboratorio externo, sino que obligatoriamente deberán tomarse las muestras en obra moldeando las probetas cilíndricas de 15 x 30 o prismáticas de 4 x 4 x 16 cm según corresponda a hormigón o micro hormigón respectivamente, la que deberán ser cuidadosamente curadas y conservadas hasta su rotura. Esto es a los efectos de que no se segreguen los componentes ni se inicie el fraguado durante el traslado de la amasada al laboratorio de ensayos mecánicos.

Los moldes de probetas, particularmente los prismáticos, deberán ser verificados dimensionalmente y serán de marcas que posean sello de calidad a los efectos que las muestras moldeadas sean representativas.

La toma de muestras del hormigón se realizará según UNE 83300:84.

Los ensayos de control serán realizados por laboratorios que cumplan lo establecido por el Real Decreto 1230/89 y disposiciones que lo desarrollan.

Cuando el hormigón sea suministrado desde una planta que esté en posesión de Sello de Calidad oficialmente reconocida por un Centro Directivo de las Administraciones Públicas (General del Estado o Autonómicas, en el ámbito de sus respectivas competencias) no será necesario realizar el control de recepción en obra de sus materiales componentes. En caso contrario se verificará:

- ARENA

Se comprobará al menos una vez durante la ejecución de la obra o cuando varíen las condiciones de suministro:

Granulometría

Tamaño máximo de los granos

Contenido de finos según UNE 7050

Contenido de Materia Orgánica, UNE 7082

Otras impurezas.

- AGUA

El agua de amasado deberá cumplir las prescripciones fijadas en la "Instrucción de Hormigón Estructural EHE".

- CEMENTO

Los cementos seguirán la Normativa RC-97 Instrucción para la recepción de cemento y además estarán certificados por una marca de calidad.

Las probetas para ensayo del micro hormigón serán normalizadas de 40 x 40 x 160.

La consistencia podrá medirse en Cono de Abrams o indistintamente en mesa de sacudidas.

Las barras de acero corrugadas a colocar en obra se controlarán según los criterios establecidos en la EHE, para el control a nivel normal. En la recepción del acero se solicitará el correspondiente Certificado de Garantía del fabricante, debiendo ser realizados los ensayos por un Laboratorio externo acreditado. Para la realización del control se establecen los siguientes parámetros:

- Partida:

Material suministrado a obra de una sola vez, de la misma designación y procedencia.

- Lote.

20 toneladas de acero de diámetro 6 mm

- Extensión del lote:

20 toneladas

En cada lote se realizarán los siguientes ensayos:

Dos comprobaciones de sección equivalente

Dos comparaciones de características geométricas de los resaltos

Dos comprobaciones de doblado-desdoblado

En el transcurso de la obra se determinará al menos en dos ocasiones en una probeta de cada suministro:

Límite elástico

Carga de rotura

Alargamiento de rotura.

16.9 PARTES DE CONTROL DE OBRA

Cada visita de control de obra que realiza el monitor del sistema MZtec deja constancia de ello a través del “Parte de revisión de obra”.

Obra:			
Ubicación:			
Propietario:			
Constructor:			
Fecha redacción:			Inspección N°
Encargado de control:			

TAREA	M	B	Observaciones particulares
Replanteo			
Colocación esperas			
Montaje muros			
Alineación			
Montaje forjados			
Mallas refuerzo			
Colocación guías			
Preparación mortero			
Proyectado 1ª capa			
Proyectado 2ª capa			

Indicaciones:

Observaciones generales:

Firma Responsable Emmedue

Firma Encargado de Obra

Dicho parte describe los aspectos fundamentales del control de ejecución con una calificación de BIEN (B) o MAL (M). Deberá ser firmada por el Jefe o Responsable de Obra así como por el Monitor de MZtec, quien dejará el original y llevará una copia debidamente firmada. La empresa ejecutora de los trabajos deberá remediar los defectos señalados de acuerdo a las observaciones o instrucciones especiales que se recomienden en los términos que los respectivos partes acusen. Estos partes son numerados correlativamente en ocasión de cada inspección de obra.

La empresa ejecutora de las obras deberá tener la totalidad de los partes de visitas realizadas por el responsable de la empresa proveedora del panel, permanentemente en la oficina técnica de obra, los que estarán a disposición del OCT actuante, quien estará informado de cada intervención y por lo tanto de las recomendaciones practicadas.

16.10 FORMULARIO DE CONTROL DE OBRA

Finalizados los trabajos deberá rellenarse el Formulario de Control de Calidad en el que serán volcados todos los aspectos concernientes al Protocolo de Control de Obras. EL mismo será redactado por el supervisor designado por el proveedor del panel MZtec. En dicho formulario quedará reflejado el control practicado durante el transcurso de los trabajos de conformidad con los procedimientos de control impuestos por el fabricante en la implementación del sistema MZtec en obra.

Los ensayos de control de calidad de micro hormigones y acero deberán ser realizados en un laboratorio externo que esté en posesión de sello ENAC.

Las decisiones derivadas del control de resistencia se aplicarán en concordancia con lo establecido en el art. 88.5 de la EHE. En el caso de requerirse Ensayos de información complementaria se realizarán las pruebas de rotura de probetas extraídas del micro hormigón endurecido.

Dado que el espesor de las capas de micro hormigón varía entre 30 y 36 mm debido a la forma ondulada de la placa base de EPS, se extraerá un testigo cortado con sierra circular de 120 mm de diámetro del que será tallada una probeta prismática de 30 x 30 x 120.

La evaluación de la resistencia de esa probeta se realizará considerando que:

- 1- la resistencia obtenida equivale al 90% de la resistencia de la probeta moldeada
- 2- el coeficiente de conversión sea el recomendado por el CEB admitiéndose hasta el valor 1,2.

De acuerdo con esto, la resistencia obtenida en el ensayo será comparada con la resistencia especificada en el proyecto minorada con el coeficiente 1,33.



Obra:	Ubicación:
Promotora:	Constructora:
Fecha redacción:	Inspección N°:
Encargado de control:	

- 1 VERIFICACIÓN DE HOMOLOGACIÓN DE LA EMPRESA EJECUTORA DE LA ESTRUCTURA
- 2 CONFORMIDAD DE REPLANTEO
- 3 COLOCACIÓN DE ESPERAS
- 4 CORRECTO APLOMADO DE MUROS Y APUNTALAMIENTO
- 5 CORRECTA COLOCACIÓN DE MALLAS ANGULARES Y PLANAS
- 6 CORRECTA REALIZACIÓN DE LOS ZUNCHOS DE ATADO
- 7 CORRECTA PREPARACIÓN DEL MORTERO INDUSTRIAL
- 8 CORRECTA APLICACIÓN DEL MORTERO INDUSTRIAL
- 9 CORRECTO LLENADO DE LA CAPA DE COMPRESIÓN
- 10 CONTROL DE RESISTENCIA DEL MORTERO INDUSTRIAL
- 11 CONTROL DE RESISTENCIA DEL ACERO AGREGADO EN OBRA

SI	NO

ENSAYOS DE RESISTENCIA DEL MORTERO

Fabricante:

Lote:

Extensión lote:

N° de probetas:

ENSAYOS DE RECEPCIÓN DEL ACERO

Proveedor:

Lote:

Extensión lote:

N° de probetas:

OBSERVACIONES

FIRMA RESPONSABLE

16.11 RESOLUCIÓN DE JUNTA DE DILATACIÓN

En primer lugar se monta y proyecta según el procedimiento normal el panel de uno de los costados de la junta.

A continuación se colocará una plancha de EPS con el espesor de junta deseado (20 a 40 mm), adosado a la cara del panel ya montado y proyectado. Esta plancha podrá clavarse al muro interponiendo unos tacos de madera u otro material que permita separar el siguiente panel de la junta a una distancia de 60 a 80 mm.

Una vez fijada la plancha de poliestireno, que asegurará la separación entre los dos muros, procedemos a colocar el segundo panel atado a sus esperas correspondientes, que conformará una cámara con el espesor deseado.

Una vez atados todos los paneles que definen la junta de dilatación y colocado también el panel de forjado, procederemos a aplicar el micro hormigón proyectado en la cara visible del panel al otro costado de la junta.

Lo siguiente será realizar el apuntalado del panel junta en dos puntos:

- 1) En su encuentro con cimentación, colocando un durmiente continuo, al ser éste el punto que soporta mayor presión al verter el hormigón.
- 2) A media altura, colocando un durmiente horizontal con puntales inclinados.

En la cabeza del muro, el arrostramiento que proporciona el forjado colocado y atado es suficiente, al ser la zona con menos empuje de todo el muro.

Una vez hecho esto, podemos proceder al vertido del micro hormigón en la cámara intermedia que podrá vibrarse desde la parte superior o desde el intradós del muro, colocando el vibrador en contacto con los conectores del panel.

Al día siguiente pueden retirarse los apuntalamientos del muro.

Tomar en cuenta que en fachada no se pueden coser con mallas planas las juntas de dilatación. Tampoco pueden cubrirse con hormigón ni sellarse con materiales que no sean de tipo elástico. Si esto llega a producirse, la aparición de fisuras será inevitable, puesto que estas juntas se diseñan como puntos de discontinuidad estructural y les estamos dando continuidad en las fachadas.

17 ASPECTOS DEL SISTEMA MZtec FRENTE A SISTEMAS TRADICIONALES

El sistema MZtec es la única tecnología que racionaliza la ejecución de obras de modo eficaz y a la vez eficiente.

Mediante el uso de materiales usuales y sobradamente conocidos (hormigón armado para resistir esfuerzos y poliestireno expandido para proveer aislamiento termo acústico), utilizados de una manera tal que potencia sus propiedades, se satisfacen todos los requisitos que debe cumplir una obra, especialmente en el caso de viviendas.

Al respecto, es válido mencionar que el requisito principal y fundamental que debe cumplir una construcción destinada a la vivienda es el referido al aislamiento térmico, razón esencial de su misma existencia.

Y es a raíz del cumplimiento de esa particular condición que surge la necesidad de la satisfacción de otros requisitos, a saber: resistencia mecánica, capacidad estructural, facilidad de ejecución, uso racional de los recursos, flexibilidad arquitectónica, resistencia al fuego, buena absorción acústica; si bien revisten cada uno su importancia, ninguno de ellos alcanza la de la aislamiento térmico, e ilustra este aspecto el hecho de que si una vivienda cumpliera todos los requisitos “secundarios” y tuviera un aislamiento térmico deficiente, esa vivienda no sería satisfactoria para sus ocupantes, sin importar la holgura con que cumpliera todos los otros aspectos.

Esto repercute sensiblemente en las condiciones de habitabilidad de la vivienda y contribuye a disminuir los costos del acondicionamiento térmico, tanto en verano cuanto en invierno, aún en condiciones extremas. Atestiguan esta virtud un sinnúmero de construcciones realizadas en los más diversos países, con climas por demás hostiles (África ecuatorial, Antártida, Siberia).

Asociada a la propiedad de la alta aislamiento térmico mencionado se encuentra la ventajosa ausencia total de puentes térmicos, debida a la continuidad total del poliestireno expandido en toda la superficie exterior de la vivienda.

18 ECONOMIA – USO RACIONAL DE LOS RECURSOS - FACILIDAD DE EJECUCIÓN

En este punto es donde influye predominantemente el grado de industrialización alcanzado por el sistema en la ejecución de obras civiles.

Y es necesario destacar que aún los sistemas más conservadores y tradicionales, a los que por diversas razones el medio se ha acostumbrado, poseen también su propio grado de industrialización, tendiente a optimizar la utilización de los recursos durante la ejecución.

Es pues a todas luces racional someter al sistema MZtec al juicio crítico bajo la luz de los conceptos que han sustentado la utilización de los sistemas hasta hoy llamados tradicionales, siendo necesariamente este análisis no solamente teórico, sino predominantemente práctico, ya que el número de construcciones realizadas en todo el mundo justifica sobradamente esa actitud: en todos los lugares en los que se utilizó, satisfizo todas las exigencias, resultando una mejor alternativa para la ejecución de viviendas, ya sea desde el punto de vista económico cuanto del técnico.

La principal consecuencia de las características que hacen a la racionalidad se traduce en una importante economía en todos los rubros en los que el sistema constructivo tiene injerencia.

19 ECONOMIAS INDIRECTAS - EVALUACION

La reducción de costes totales que provoca el uso de la tecnología MZtec respecto de los sistemas tradicionales de construcción, es claramente calculable por la comparación de costos directos de Mano de Obra y materiales.

Sin embargo, existen una serie de economías indirectas adicionales provocadas por nuestra tecnología, de muy importante peso relativo y que están agrupadas en los siguientes puntos:

Gastos generales: La reducción del plazo de ejecución de obra gris (cimentaciones-estructura-cerramientos verticales-cubierta-rozas de instalaciones) permite una reducción de los gastos administrativos, de energía para el movimiento de equipos, salarios de capataces, sobrestantes y apuntadores, amortización de maquinarias, andamiajes, reparaciones, camionetas y automóviles para la inspección y jefes de obra, así como los gastos de financiación y servicio de intereses.

Esta reducción de plazo de obra gris que está íntimamente relacionada con la mayor velocidad de ejecución posible normalmente alcanza al 50%. De esta manera y considerando que la obra gris represente entre el 40 y el 50% del plazo de obra total, resultaría posible reducir la duración de las obras en aproximadamente un 22%. Si consideramos que una empresa constructora tiene un gasto general ponderado en el 15% de la suma de Materiales y mano de Obra, la aplicación del sistema MZtec le permitirá reducirlo al **11,70 %**.

Ayuda de gremios: Entendida como la prestación de Mano de obra y materiales para tapar las canalizaciones realizadas en los muros por los instaladores de electricidad, agua y gas, puede determinarse perfectamente su participación en la disminución de los costes totales. A modo ilustrativo, para una unidad de 60 m² de superficie se requieren 1 jornal de oficial y 1 de ayudante para tapar todas las canalizaciones; esto conduce a una reducción del costos de **1,40 %**.

Apertura de canalizaciones: La apertura de canalizaciones que los instaladores deben hacer sobre muros tradicionales de ladrillo, tienen un consumo de mano de obra que resulta inexistente al emplear esta tecnología. Se puede considerar que para el ejemplo que estamos analizando se necesita 2 jornales de ayudante para la labor de apertura de canaletas y limpieza de zona de trabajo; esto en términos económicos provoca una reducción de **1,20 %**.

Diferencia horas pagadas-horas trabajadas: Como consecuencia de la sistematización de tareas, y en base a las experiencias de empresas constructoras que han reemplazado el sistema tradicional por la tecnología MZtec, es posible afirmar que el ahorro por mejor aprovechamiento de la jornada laboral es igual a 6,25%. Esto significa que se ha considerado un ahorro de ½ hora por día laborable en asignación de tareas durante el período correspondiente a la obra gris.

Si consideramos que la participación de la mano de obra en el costo total de obra fuera del 45%, éste aspecto significará un ahorro de: $0,0625 \times 45 \% \times 50\% = 1,40 \%$ sobre el coste total.

Limpieza de obra: Este rubro tiene una particular importancia dado que el sistema tiene una sola etapa húmeda que es la de aplicación del micro hormigón de cemento, mientras que la elevación de muros es seca y con manipulación de elementos limpios que no producen escombros. Además, durante la etapa de las instalaciones, no hay apertura de canaletas y por ende tampoco hay generación de escombros con la consiguiente necesidad de su acopio y posterior retiro.

El volumen de escombro que se produce en una obra realizada con fábrica de ladrillos es normalmente de 0,12 m³ por m² cubierto, y la mano de obra que debe emplearse en limpieza y acarreo es de 3 HH/m³.

El costo del vertido en España es de aproximadamente 20 €/m³ por lo que el coste total de este rubro representa una incidencia económica de más del **2,00 %**.

Menor superficie total a igual superficie útil: El uso de la tecnología MZtec permite una importante disminución de los espesores de los muros exteriores e interiores de una vivienda. A modo de ejemplo, consideremos el espesor de los muros exteriores de una vivienda tradicional de 28 cm (doble muro con cámara de aire) con una transmitancia térmica $K = 1,90 \text{ W/m}^2\text{°C}$ y muros interiores de 12 cm de espesor total, comparados con

muros MZtec exteriores de 15 cm de espesor total con $K = 0,39 \text{ W/m}^2\text{°C}$ (ver Pág. 15) y muros interiores de 10 cm de espesor total. En este caso, a igual superficie útil, una construcción realizada con

MZtec presenta una disminución de superficie total igual al **5,74 %**.

Sumando los puntos detallados anteriormente obtenemos que la economía indirecta que adicionalmente a la disminución de costos directos puede considerarse supere el **15 %** y es el motivo por el cual, la tecnología MZtec también puede ser utilizada en reemplazo de los sistemas tradicionales de construcción en aquellos países donde el coste de la mano de obra sea muy bajo.

20 FLEXIBILIDAD ARQUITECTONICA

Este aspecto, si bien secundario, cobra importancia en cierta categoría de viviendas, en las que las variables arquitectónicas desempeñan un rol preponderante. Esto es así dado que las necesidades funcionales en lo referido a la habitabilidad diaria de la casa son por demás variables con las costumbres, composición familiar y otras características propias de cada comitente.

Por estas razones debe considerarse como una autentica e importante virtud la posibilidad que brinde un sistema constructivo de lograr una amplia gama de estilos arquitectónicos, como en el caso de MZtec, cuyas posibilidades a este respecto son prácticamente ilimitadas, a la vez que simples.

Con el sistema MZtec pueden lograrse las arquitecturas más diversas, y prueba de ello es que en todo el mundo se han realizado construcciones que representan las más dispares culturas, desde viviendas de arquitectura tradicional y moderna, hasta templos e iglesias de estilos arquitectónicos variados así como construcciones industriales.

20.1 MANTENIMIENTO GENERAL - ADAPTABILIDAD CON OTROS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

Las construcciones realizadas con MZtec requieren una vez terminadas un mantenimiento sensiblemente menor que el usual. Esto es porque posee una superior capacidad aislante hidrófuga que se traduce en la mayor duración de los enlucidos y pinturas. Ayuda también a esta potencia la mayor resistencia mecánica, que implica la ausencia de fisuras en las construcciones.

En lo referente a la adaptabilidad a su combinación con otros sistemas constructivos, la experiencia ha demostrado que su capacidad es no solamente amplia sino de fácil ejecución, adaptándose a las soluciones más racionales para cualquier tipo de uniones y combinaciones.

El sistema constructivo es abierto. Es decir que puede combinarse e integrarse con todos los otros sistemas constructivos tradicionales o no.

El usuario de una vivienda realizada con esta tecnología puede ampliar, modificar, quitar o agregar muros, o incluso agregar pisos a su vivienda con total seguridad.

Este aspecto lo ha hecho muy apropiado para los trabajos de rehabilitación de edificios históricos, del que en España tenemos muchísimos casos, donde ésta tecnología se une a construcciones realizadas en el siglo XV, aportando sus beneficios de aislamiento térmico y cualidades de rigidización.

Dado que el núcleo del panel es de poliestireno expandido, puede darse la forma más adecuada que respete íntegramente la arquitectura tradicional del lugar. De esta manera, tendremos construcciones que se integrarán perfectamente al paisaje urbano local, pero con todas las propiedades de resistencia estructural y termo acústica de un elemento constructivo del siglo XXI.

Nadie podría notar diferencia alguna desde el punto de vista formal entre una vivienda realizada hoy con esta tecnología y otra construida 300 años antes.

Tampoco nadie podría discernir a simple vista si la vivienda construida con nuestra tecnología es o no una construcción tradicional.

En la cultura latina es muy importante que los muros de una vivienda suenen sólidamente como respuesta a un golpe. Es por ello que estas construcciones con la tecnología MZtec son muy valoradas por los usuarios y también por los promotores ya que no presentan elementos que menoscaben en modo alguno su valor venal.

Los muros son altamente resistentes y se muestran en su aspecto visual como tales.

A continuación serán expuestos unos ejemplos conducentes a demostrar de manera práctica la superioridad de nuestra tecnología frente a otras.

El mismo panel que se emplea en una vivienda unifamiliar de una sola altura puede ser utilizado como muro portante de un edificio de 8 alturas en zona de alta sismicidad.

También se verá un forjado de dimensiones normales para una vivienda que con una resistencia adecuada al uso presenta un muy bajo peso propio, en el orden de menos del 50%.

Se detalla también el funcionamiento de los muros MZtec como vigas de gran altura otorgando propiedades muy importantes que le dan a las construcciones realizadas un coeficiente de seguridad mucho mayor al exigido por las normativas mundiales pero además de mucha mayor amplitud en cuanto al alcance. Tal que permite resolver contingencias inesperadas que se describirán a continuación.

21 EJEMPLOS DE APLICACIÓN PRÁCTICA

21.1 EJEMPLO 1: CASO EDIFICIO DE 8 ALTURAS

En primer lugar se verifica en forma simple un edificio de ocho pisos de 2,80 m por piso (altura total 22,40 m) bajo la acción de sus cargas permanentes, sobrecargas reglamentarias y un sismo de extrema severidad con una aceleración máxima de 0,3 g.

Los parámetros y conceptos de cálculo son los siguientes:

Planta del edificio rectangular de 30 m por 10 m con arquitectura normal.
Peso propio de paredes = 1,20 kN/m² (no se descuenta la incidencia de aberturas).
Forjados de 4 m de luz promedio entre apoyo, con peso propio de 1,80 kN/m², sobrecarga permanente de 1,20 kN/m² y sobrecarga accidental de 2,00 kN/m².

Se considera la acción sísmica sobre la totalidad de las cargas permanentes y sobre el 30% de las accidentales.

Se desprecia la colaboración estructural de toda la tabiquería interior para la absorción de cargas horizontales la que debe ser debidamente tenida en cuenta en un caso real. Esto al único efecto de mayorar las solicitaciones sobre los tabiques exteriores.

Solo se considera que absorben solicitaciones verticales originadas en el momento total debido al sismo las paredes medianeras longitudinales de 30 m.
Con estas desfavorables y conservadoras hipótesis, la carga permanente sobre dichas paredes es de 107 kN/m.

La máxima solicitación, incluida la acción del sismo alcanza a 205 kN/m, respecto de la cual el panel simple MZtec P 04 de 4 cm de espesor de poliestireno expandido y 3 cm de micro hormigón de cemento en cada cara tiene, respecto de los valores de ensayo un coeficiente de seguridad de **4,5**.

21.2 **EJEMPLO 2: CÁLCULO DE UN FORJADO CON PANEL P 80.**

Se verifica una losa rectangular (3 m x 4 m) simplemente apoyada en sus cuatro bordes, sometida a carga vertical uniformemente distribuida.

La carga de cálculo es de 5 kN / m² total que provoca un momento flector principal igual a 308 kNm / m.

La capacidad teórica es de 1061,7 kNm / m (coeficiente de seguridad teórico 3,44). La capacidad alcanzada por ensayo es de 1200 kNm / m (coeficiente de seguridad 3,9)

La capacidad teórica se halla de la siguiente manera:

Resultante de tracción de la armadura existente es:

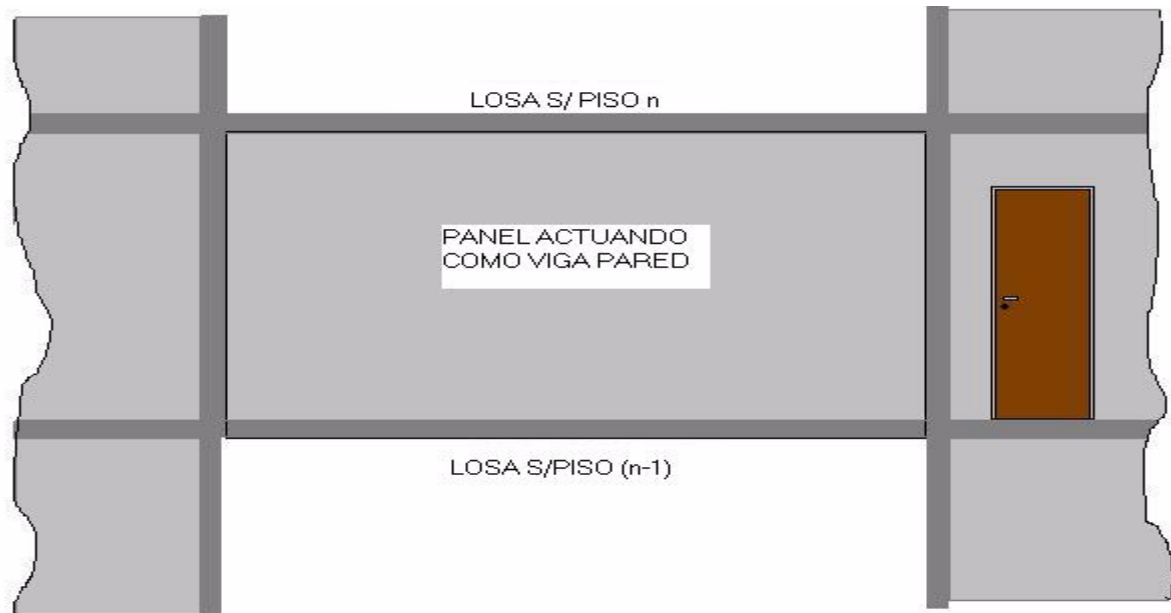
Sección de una barra $\varnothing 5$ (0,196 cm²) por la cantidad de barras por metro de panel (5,33) más la sección de una barra $\varnothing 2,5$ (0,049 cm²) por la cantidad de barras por metro de panel (12,44) multiplicado por la tensión última establecida (500 MPa) y por el brazo de palanca formado por el espesor del panel más 2/3 del espesor de la capa de compresión y más 1,5 cm (12,83 cm) que arroja el valor consignado en el párrafo anterior. A este respecto cabe mencionar que la hipótesis de ubicación de la resultante de tensiones de compresión a 2/3 de la altura de la capa de compresión es por demás conservadora, ya que las tensiones en dicho material son tan bajas para los momentos de rotura que dicha resultante se ubica en realidad en el cuarto superior.

Tal hipótesis es refrendada por los cuadros de fisuración observados en los ensayos y por las magnitudes de los momentos últimos reales obtenidos en los mismos.

Si bien el corte en placas no es determinante, se consigna que para el caso calculado su valor máximo alcanza 5,74 kN/m.

En importante mencionar la posibilidad de reforzar las armaduras a flexión con el agregado de mallas adicionales, en virtud de la predominancia de la flexión y la excelente adherencia provista por las mallas, conseguidas por la racional distribución lograda gracias la abertura de mallas y a los diámetros reducidos de las armaduras.

21.3 EJEMPLO 3: FUNCIONAMIENTO COMO VIGA DE GRAN ALTURA



Se verificarán los esfuerzos en una viga pared ubicada en una hipotética planta alta de un edificio, y que sostiene en su parte inferior al entrepiso de los ambientes que divide.

Parámetros:

Altura	=	2,80 m
Longitud	=	5,00 m
Área de las losas que soporta la viga pared	=	20 m ² .
Carga total sobre las losas	=	5,00 kN/m ²
Carga total sobre la viga pared	=	24,00 kN/m
Momento flector equivalente	=	75,00 kNm
Brazo interno (supuesto 0,7 h)	=	1,96 m
Resultante de compresión / tracción total	=	40,00 kN

El valor de compresión resultante debe compararse con la capacidad a la compresión centrada ya que tal es la sollicitación sobre el panel en este caso.

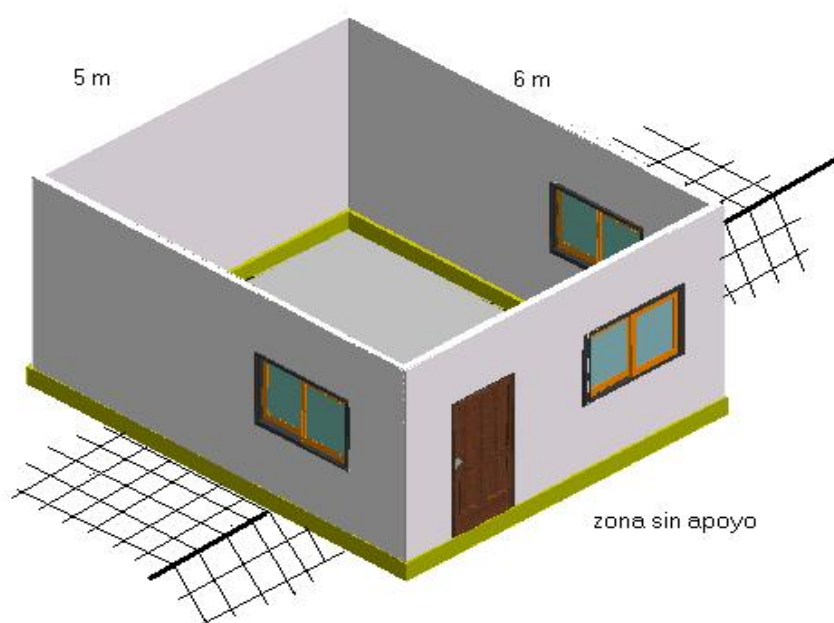
Respecto del valor a tracción, se menciona simplemente que es absorbido por ocho barras de armadura, ubicadas en 30 cm ($h/9$) de altura, lo que resulta especialmente adecuado visto la distribución de tensiones que se verifica en este tipo de elementos estructurales.

También resulta de utilidad para verificar la capacidad frente a esta carga el resultado de los ensayos a carga contenida en el plano, en los que se alcanzaron valores de 350 kN en paneles de 2,40 m de altura, que se comparan con la mitad de la carga total del caso bajo estudio, es decir, 60 kN (coeficiente de seguridad 6).

En los cálculos anteriores no se ha tenido en cuenta la colaboración en la inercia del conjunto de las losas que inciden sobre la viga, que la transforman en un perfil conformado por elementos MZtec, debido a la finalidad didáctica y ejemplificativa del caso analizado.

21.4 **EJEMPLO 4: FALLO DE LA CIMENTACIÓN**

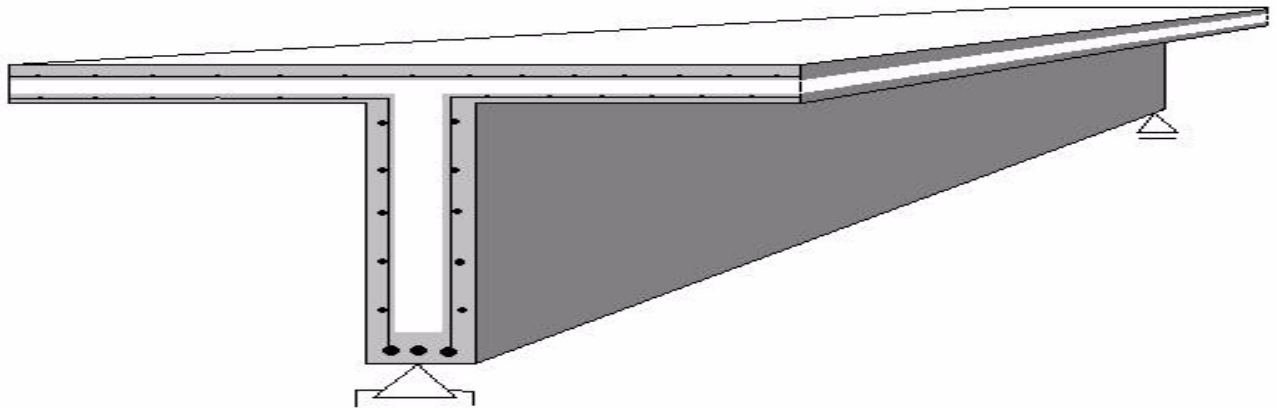
Se verifica el descalce total de la cimentación de una construcción de una sola planta de dimensiones 5,00 m x 6,00 m y altura 3,00 m), de modo tal que toda un área de 2,00 m por 5,00 m quedara sin sustentación de terreno. Se verifica que la acción de las paredes como viga de gran altura sostiene el peso de todos los elementos vinculados a ellas, cimentación y cubierta incluidas.



Peso por m ² de la losa de cimentación	= 3,60 kN / m ²
Peso de las paredes	= 1,20 kN / m ²
Sobrecarga de piso	= 2,00 kN / m ²
Peso de la cubierta	= 1 kN / m ²
Cortante vertical en pared	= 48 kN (menor a 350 kN / m)
Momento flector actuante sobre pared	= 50 kNm
Ver caso anterior verificado a un Momento flector de 75 kNm	

21.5 EJEMPLO 5: VIGA RESUELTA CON SEGMENTO DE PANEL

Viga simplemente apoyada de 7,00 m de longitud de panel colocado en forma vertical utilizado como nervadura de forjado.



Ancho de influencia	= 2,50 m
Carga total	= 5,00 kN / m ²
Carga uniforme sobre nervio	= 12,50 kN / m
Momento máximo	= 76 kNm
Brazo elástico (0,85 h)	= 60 cm
Tracción a absorber	= 126 kN (3,30 cm ² de f _{yk} = 440 MPa ; 3 Ø 12)
Corte máximo	= 41kN
Tensión corte de comparación	= 1,1 MPa (para obtenerla se divide el esfuerzo máximo de corte por el brazo elástico y por la suma de los espesores de micro hormigón de cemento, es decir, 6 cm).

Esta tensión se compara con la correspondiente para el hormigón convencional ($\tau_{02} = 1,8 \text{ MPa}$) y se prosigue con la verificación utilizando las mallas de refuerzo como estribos, considerando que una malla absorbe una tensión igual a:

para la dirección principal $\tau = (0,093 \text{ cm}^2 \times 500 \text{ MPa} \times 2) / (0,06 \text{ m} \times 0,059 \text{ m}) = 2,63 \text{ MPa}$

para la dirección secundaria (evaluada en los ensayos al corte realizados)

$\tau = (0,049 \text{ cm}^2 \times 500 \text{ MPa} \times 2) / (0,06 \text{ m} \times 0,065 \text{ m}) = 1,26 \text{ MPa}$

Resultado mínimo obtenido en ensayos = 1,50 MPa

21.6 **EJEMPLO 6: VERIFICACION DE LA EFICACIA DE LA ARMADURA DE ESPERAS ENTRE PLACAS MZtec Y UNA CIMENTACIÓN CONTINUA.**

La vinculación entre una cimentación continua tipo zapata corrida y los elementos componentes del sistema MZtec se realiza a través de hierros del diámetro adecuado empotrados en la zapata.

La longitud emergente de dichos hierros se ata a las mallas de los paneles verticales y queda luego empotrada en el micro hormigón de cemento con el que se realiza la proyección neumática.

Dicha unión será verificada al arrancamiento verificando que soporte el peso de la zapata con un coeficiente de seguridad de 1,75.

La presente memoria de cálculo deberá ser adaptada a las condiciones adecuadas en relación a cada obra, y constituye un modelo en el que para las distintas hipótesis se adoptaron los casos más desfavorables.

Armadura de vinculación

Se consideran en el cálculo barras de acero de diámetro 6 mm.

El acero se considera con tensión de fluencia 420 MPa y 500 MPa a la rotura.

Tensión de adherencia

Se siguen los lineamientos de la Norma DIN 1045 y concordantes.

En función de la relación agua cemento del micro hormigón de cemento con el que se realiza la proyección neumática (0,52) se estima en forma conservadora una resistencia característica de 21 MPa. Las barras en cuestión, al encontrarse en posición vertical deben considerarse, según la clasificación de la citada norma como en posición 1 (zona favorable de adherencia).

La tensión admisible de adherencia para el caso descrito es de 1,80 MPa

$$\tau_{adm} = 1,8 \text{ MPa}$$

***Nota:** la tensión admisible de adherencia está referida en DIN 1045 a un valor último convencional correspondiente al corrimiento de 0,1 mm de una barra anclada en un ensayo normalizado. El coeficiente de seguridad de la tensión descrita es de 3. Respecto de la tensión última real o de falla el coeficiente de seguridad es 5.*

Estimación del peso de la cimentación

Se tomará en consideración un terreno con una capacidad admisible de 0,10 MPa como mínimo y una construcción de planta baja y dos pisos altos

Cálculo de las cargas

Altura total	= 7,80 m
Peso propio de paredes (a 1,20 kN / m ²)	= 9,36 kN / m
Descarga de losas contiguas con sobrecarga (a 5 kN/m ²) (Ancho de influencia 1,50 m)	= 15,00 kN / m
Acción vertical debida a carga horizontal	<u>= 1,00 kN / m</u>

Total adoptada = 25,36 kN / m

Calculo del ancho de la zapata

A = 25,36 kN / m / 0,10 MPa = 25 cm
b adoptado = 25 cm

Cálculo del peso propio de la zapata

G = 1,39 kN / m

Acción de calculo para el arrancamiento (1,75 veces el peso)

G calc = 2,44 kN / m

Nota: el coeficiente de seguridad global, teniendo en cuenta el mencionado en tensión de adherencia, asciende a 5 respecto del valor convencional de referencia y a alrededor de 9 respecto del valor de rotura.

Cálculo de la longitud necesaria para soportar G calc

Considerando, en función de τ_{adm} , que un centímetro de longitud de una barra de 6 mm resiste por adherencia lateral una fuerza de 0,34 kN, o sea:

F = 3,14 x 0,60 cm x 1,8 MPa
f = 0,34 kN / cm

Y considerando que se colocan dos barras por metro lineal de cimentación, cada barra deberá absorber:

F = G calc / 2 = 1,22 kN

Entonces la longitud necesaria para absorberla, ya sea anclada en la cimentación como en el micro hormigón de cemento proyectado es igual a:

Long= F / f = 3,60 cm

Conclusion:

Se adopta y recomienda colocar una armadura de vinculación mínima consistente en barras rectas de diámetro 6 mm separados 50 cm empotrados en la zapata, que sobresaldrán 20 cm y serán atados a la malla propia del panel.

Verificación a esfuerzos horizontales o desplazamiento horizontal relativo

La capacidad de una barra de 6 mm resulta:

$$\text{Sección x tensión admisible} = 0,28 \text{ cm}^2 \times (\sigma_{\text{fluencia}} / 4) = 2,94 \text{ kN / barra}$$

$$\text{Por lo tanto para un metro de unión, con dos barras} = 5,88 \text{ KN / m}$$

Es de destacar que este anclaje mínimo recomendado es capaz de absorber un esfuerzo de corte en la base equivalente al 23 % de la carga vertical total.

Para mayores esfuerzos se disminuirá adecuadamente la separación.

22 RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA EN EL SISTEMA MZtec

Los rendimientos de la mano de obra en el sistema MZtec se ajustan muy bien al siguiente esquema en el que se han desagregado las sub tareas componentes de cada actividad.

Las hemos dividido en dos tipos básicos que son el uso como simple cerramiento vertical dentro de estructuras realizadas en sistema tradicional o prefabricados, o el uso integral como sistema portante comprendiendo los elementos resistentes tanto verticales como horizontales.

Estos rendimientos son muy aproximados a la realidad y suficientes a los efectos de la planificación de obra. Naturalmente que en obras de carácter repetitivo, la mano de obra tenderá a especializarse y los rendimientos indicados pueden disminuir de un 30 a un 40%, aunque siempre deberá estudiarse en detalle las características particulares de cada tipo de obra.

Es muy importante tener en cuenta es el volumen de obra respecto a los plazos de obra. Lo más conveniente es ordenar los operarios en grupos de funcionamiento en forma de módulos que se incrementaran en medida proporcional al plan de trabajos.

Estos equipos serán fijos (dentro de lo posible y de su desempeño y rendimiento), logrando de esta manera se logra la automatización a partir de la repetición de las tareas.

El uso parcial como elemento de simple cerramiento, arroja un rendimiento de 1 hh/m² o su inversa 1 m²/hh. Cuando el cerramiento es en muros ciegos continuos de alturas hasta 12 m, como es el caso de la división de naves industriales, los rendimientos aumentan a valores de hasta 0,7 hh/m² o sea 1,43 m²/hh.

Cuando se emplea el sistema MZtec de manera integral, se reducen los rendimientos de montaje indicados anteriormente dada la necesidad de arriostrar y apuntalar en mayor grado por la falta de los elementos de la estructura existente.

Es sumamente importante el perfecto replanteo de muros y debe tenerse muy en cuenta que los elementos de apuntalamiento y alineación deben estar correctamente fijados a tierra y diseñados para soportar adecuadamente las fuerzas de montaje y viento.

En condiciones normales de construcción de viviendas individuales el rendimiento del sistema MZtec alcanza las 2,5 hh/m² o su inversa 0,4 m²/hh.

Para el caso de viviendas sociales sencillas y repetitivas, y empleando adecuados sistemas de encofrado, el rendimiento aumentaría hasta valores de 1,25 hh/m² o su inversa de 0,80 m²/hh.

Considerando que una vivienda de 75 m² lleve un total de paneles de 250 m² incluyendo cerramiento exterior, tabiquería y cubierta, la carga total de mano de obra sería de:

$$T = 1,25 \text{ hh/m}^2 \times 250 \text{ m}^2 = 312,50 \text{ hh}$$

Tomando en cuenta que un jornal equivale a 8 hh

$$T = 39 \text{ jornales}$$

Y considerando la superficie de 75 m² resulta:

$$t = 0,52 \text{ jornales por metro cuadrado de construcción.}$$

Estos valores corresponden a la parte denominada obra gris, es decir sin acabados finales.

Estos rendimientos de mano de obra permiten establecer la dotación de personal necesario para realizar una obra den un plazo determinado.

Por ejemplo si consideramos 1000 viviendas de 75 m² de superficie construida, a realizar en 1 año, resultaría:

$$\text{Superficie de viviendas a construir} = 1000 \times 75 \text{ M}^2/\text{vivienda} = 75.000 \text{ M}^2$$

$$\text{Jornales necesarios} = 0,52 \text{ jornales/M}^2 \times 75.000 \text{ M}^2 = 39.000 \text{ jornales}$$

$$\text{Días laborables/año} = 300 \text{ días}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de operarios} = 39.000 / 300 = 130$$

Y el nivel de producción medio resultara:

$1000 \text{ viviendas} / 300 \text{ días} = 3,33 \text{ viviendas por día}$
--

22.1 CUALIFICACIÓN DE LA MANO DE OBRA

Un aspecto muy importante del uso de la tecnología MZtec radica en la muy rápida recalificación de la mano de obra.

Dada la simplicidad de las tareas necesarias para la correcta ejecución de elementos constructivos con nuestra tecnología los operarios inexpertos pueden adquirir en muy poco tiempo la habilidad necesaria para realizar sus tareas.

Es por ello que al mismo tiempo que se capacita muy rápidamente personal que se incorpora a las obras, se cumple también con un objetivo de carácter social y del cual existen ya en el mundo una muy variada cantidad de proyectos que se han beneficiado de esta importante cuestión, entre los que destacamos el de Sueños Compartidos, realizados por la Asociación Madres de Plaza de Mayo, en la República Argentina donde se llevaron a cabo la construcción de más de 6000 viviendas, 15 hospitales y 35 escuelas empleando personal sin experiencia que en muchos casos se transformaron en propietarios de sus casas, totalmente construidas con nuestra tecnología.

En definitiva, con la tecnología MZtec se puede construir muy rápidamente, con una muy alta calidad como la requerida por las normativas más exigentes del mundo, y permitiendo un desarrollo social sostenible dada la rápida expertización del personal que participa en las obras.

OFICINA TECNICA DE DISEÑO Y CÁLCULO DE MZtec