



Guía para la Prevención de daños por sismo en centros escolares



REDACCIÓN

Coordinadora Técnica

Begoña Serrano Lanzarote. Dra. Arquitecta

Redactores

Alejandra García-Prieto Ruiz. Arquitecta

Gabriel A. Ortín Rull, Arquitecto

Francisco Pla Alabau. Arquitecto

Begoña Serrano Lanzarote. Dra. Arquitecta

Colaboradores

Esther Liébana. Arquitecta

Isabel Ruiz. Arquitecta

Antonio Faura Messa

ISBN: 978-84-946574-8-1

EDITA

Instituto Valenciano de la Edificación

Tres Forques, nº 98 46018 Valencia

Tel. 96 120 75 31 Fax 96 120 75 42

e-mail: ive@five.es web: www.five.es

Índice

Guía para la Prevención de daños por sismo en centros escolares

1	Introducción	4
1.1	Razón de ser de la Guía	4
1.2	Objetivo	4
1.3	Planteamiento y aplicación de la Guía	4
1.4	Ámbito de aplicación de la Guía	5
2	Conceptos y definiciones previas	6
2.1	Peligrosidad sísmica, vulnerabilidad y riesgo	6
2.2	Severidad de la acción sísmica	7
3	Vulnerabilidad sísmica de los centros escolares	12
3.1	Características tipológicas de los centros escolares	12
3.2	Tablas de clase de vulnerabilidad sísmica por tipos	25
4	Estimación del nivel de daños en función de la vulnerabilidad y del grado de intensidad del sismo	39
4.1	Niveles del daño en los edificios provocado por sismo	39
4.2	Probabilidad y nivel de daños en función de la vulnerabilidad del edificio y el grado de intensidad sísmica EMS-98	42
4.3	Tipos de daños producidos por sismo	43
4.4	Ejemplo de análisis de la vulnerabilidad y posibles daños causados por el sismo en un centro escolar	50
S	Sistemas para la prevención de daños por sismo	52
S1	Refuerzo de pilares, vigas y nudos con tejidos	56
S2	Refuerzo de muros de carga con mallas	68
S3	Refuerzo de forjados con recrecidos de microhormigón	76
S4-1	Estabilización de cerramientos y tabiques con fibra de vidrio y cuerda de fibra metálica	82
S4-2	Antidesprendimiento de tabiques, falsos techos y otros elementos secundarios con láminas	90
A	Anexos	97
A1	Cálculo del índice de vulnerabilidad	98
A4	Bibliografía	106

1 Introducción

1.1 Razón de ser de la guía

Gran parte del parque actual de centros escolares en España está compuesto por edificios anteriores a la entrada en vigor de la primera Norma de Construcción Sismoresistente de 1994, estando muchos de ellos construidos entre 1960 y 1980 durante el *boom* demográfico de los años 60 y quedando aún en servicio centros edificados entre 1940 y 1960.

La falta, entre otras, de referencias normativas para el diseño sísmico junto con la baja calidad de los materiales empleados, la ausencia de procesos de control de ejecución y calidad y un insuficiente mantenimiento, hace que muchos de los centros de este periodo presenten envejecimiento prematuro y, en algún caso, graves problemas de accesibilidad y habitabilidad.

Por otro lado, es sabido que una parte significativa de los daños en los edificios afectados por un terremoto están relacionados con elementos no estructurales como el colapso de tabiques, la caída de falsos techos y el desprendimiento de revestimientos. En el caso de los centros escolares, con una alta densidad de población infantil con menor capacidad de respuesta que la adulta, estos daños, además de suponer un coste económico considerable, pueden obstaculizar las vías de evacuación dificultando el desalojo del edificio, provocar daños físicos e incluso la pérdida de vidas humanas.

Todo esto hace que los colegios construidos entre 1940 y 1994 sean construcciones especialmente vulnerables a los efectos del sismo y que sea recomendable contar con una serie de recomendaciones, soluciones y sistemas para la prevención de los daños ocasionados por sismo en los centros escolares.

1.2 Objetivo

El objetivo de este documento es ofrecer un procedimiento para estimar la vulnerabilidad sísmica de un centro escolar, o un conjunto de ellos, conocer los riesgos y daños a los que se ve expuesto y proponer una serie de sistemas de prevención para su mejora sismorresistente que ayuden a proteger a las posibles víctimas y prevenir las pérdidas físicas y económicas, reduciendo así su vulnerabilidad sísmica.

1.3 Planteamiento y aplicación de la guía

Este documento adopta la metodología definida en el Estudio de la Vulnerabilidad Sísmica en la Comunitat Valenciana, elaborado por el IVE para la Generalitat Valenciana en el marco del Plan Especial frente al Riesgo Sísmico de la Comunitat Valenciana, aplicándola al caso particular de los centros docentes.

El Estudio emplea un procedimiento para cuantificar el riesgo al que se enfrentan las poblaciones de la Comunitat en función de su exposición geográfica a fenómenos sísmicos y de las características de las edificaciones determinadas a partir de valores estadísticos.

La guía se estructura en 4 apartados de los que se obtiene la siguiente información:

1. Estimación de la vulnerabilidad a la que se exponen los centros, mediante dos vías de aproximación:
 - 1.1 Tras analizar y tipificar los centros docentes en función de sus características estructurales y constructivas, se asigna una determinada **clase de vulnerabilidad EMS-98** a cada tipo de centro.
 - 1.2 Analíticamente, mediante el método del **índice de vulnerabilidad**, con el que se obtiene una información mucho más precisa y detallada de los riesgos y de la gravedad de los daños a los que se enfrenta, por sus características constructivas, un determinado edificio. Esto se puede considerar como un escalón previo a una peritación mediante el cálculo estructural.
2. Estimación de la probabilidad de que un centro resulte dañado por un terremoto y de la gravedad de los daños en función de su **clase vulnerabilidad** y de la **intensidad del sismo** a la que se ve expuesto por su ubicación geográfica.

3. Identificación de las lesiones y la gravedad de los daños que se pueden producir en la estructura y en los elementos constructivos del edificio sometido a la acción de un sismo.
4. Relación, campo de aplicación y requisitos para la puesta en obra de los sistemas disponibles para prevención de los daños por sismo en centro escolares.

1.4 **Ámbito de aplicación de la guía**

En la guía se emplean 2 tipos de datos que condicionan su ámbito de aplicación: información sismológica de la ubicación de los centros, que se encuentra disponible en el Servicio de Información del Centro Nacional Geográfico, e información estadística sobre las características constructivas de los centros docentes construidos entre los años 1930 y 1994.

Esta información ha sido elaborada a partir de datos estadísticos de la Comunitat Valenciana, pero está comprobado que los sistemas constructivos empleados durante este periodo, mayoritariamente promovidos por el Ministerio o bajo sus directrices, son extrapolables al resto de las comunidades autónomas, por lo que el ámbito de aplicación del procedimiento propuesto por la Guía es válido para todo el territorio nacional.

2 Conceptos y definiciones previas

Los estudios de vulnerabilidad surgieron de la necesidad de establecer herramientas de información útiles para mitigar los desastres producidos por los terremotos y su prevención, así como establecer procedimientos operativos de planificación y ordenación territorial, que sirvieran de apoyo a la toma de decisiones. El conocimiento en entornos urbanos de las características constructivas, funcionales y operativas de edificios e infraestructuras, y los aspectos de amenaza e intensidad sísmica a través de los estudios de vulnerabilidad permiten establecer estrategias para la reducción de pérdidas humanas y económicas, así como mecanismos de emergencia para preservación de vidas humanas, edificios e infraestructuras estratégicas, accesos, puestos de socorro y vías de evacuación.

2.1 Peligrosidad sísmica, vulnerabilidad y riesgo

En este contexto se resumen brevemente los conceptos (Sandi, 1986), asumidos por la UNDRO y UNESCO como definiciones básicas:

Peligrosidad o amenaza sísmica H

Es la probabilidad de que, en un área geográfica, se supere una determinada intensidad sísmica en un periodo de tiempo (habitualmente 100, 500 y 1.000 años). La convergencia entre la placa Euroasiática y la placa Africana, hace que en varias zonas de España la peligrosidad sísmica no sea despreciable.

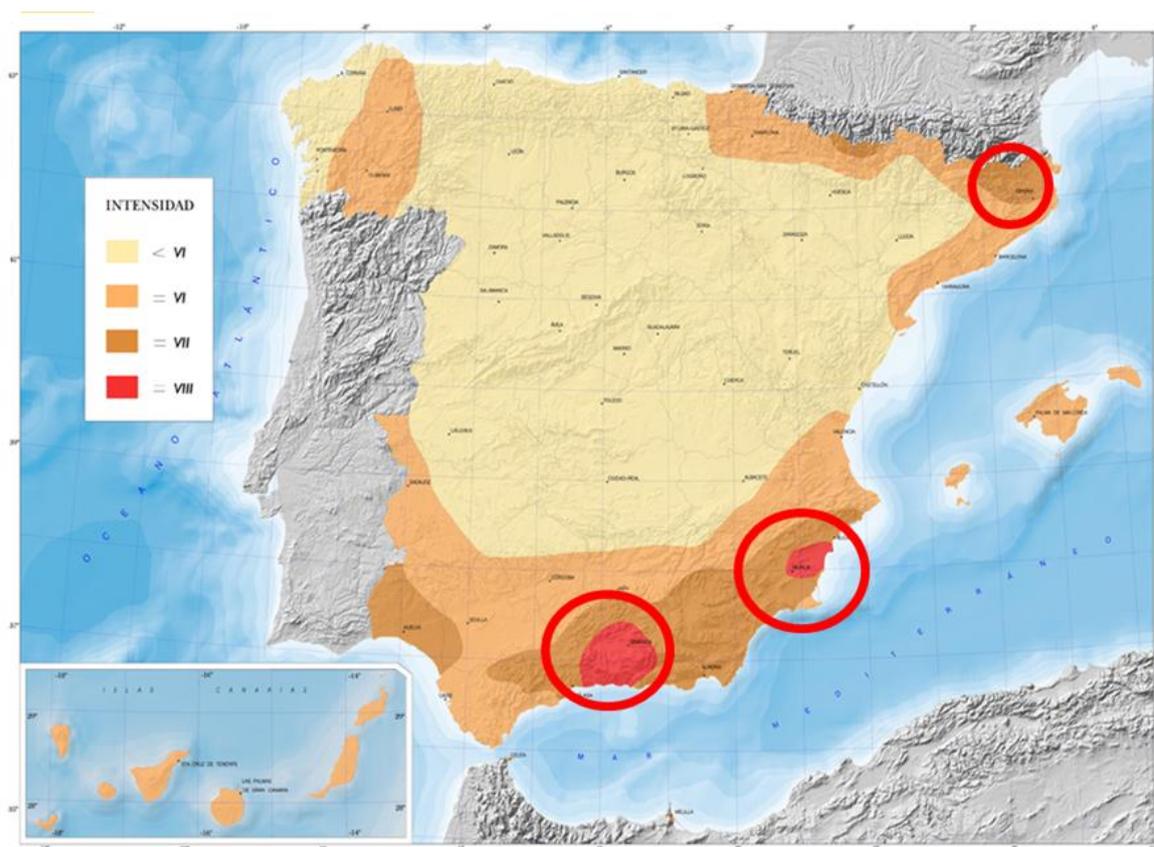


Figura 1: Mapa de Peligrosidad Sísmica:
Periodo de retorno 500 años - Valores de intensidad en la escala EMS-98

Vulnerabilidad sísmica V

“La vulnerabilidad sísmica de una estructura, un grupo de estructuras o una zona urbana se define como su predisposición intrínseca a sufrir daños ante la ocurrencia de un movimiento sísmico y está asociada directamente a sus características físicas y estructurales de diseño”. (Barbat. A, 1998)

Expresa el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos como resultado de la probable ocurrencia de un evento sísmico expresada en una escala de daños, desde daño nulo hasta la pérdida total del elemento ó grupo de elementos.

La forma en que se define la vulnerabilidad está condicionada por el tipo de daños que se pretenda evaluar y el nivel de amenaza sísmica existente. El grado de afección o daño depende de las características de las edificaciones y de la intensidad de la acción sísmica.

Elementos de riesgo E

Son elementos de riesgo la población, los edificios, infraestructuras y bienes, los servicios públicos y la actividad económica de un área concreta, sometida a amenaza.

Riesgo total R

Se define en términos de vidas humanas, heridos, daños a la propiedad y la actividad económica debidos a un evento desastroso.

La expresión matemática conceptual del riesgo es:

$$R = E \cdot R_s = E \cdot H \cdot V$$

Donde R_s , es el riesgo específico de los elementos.

Desde un punto de vista local, es decir vulnerabilidad física del edificio, los estudios de vulnerabilidad ponen en relación una propiedad intrínseca del edificio con un nivel esperado de daño, para una determinada acción sísmica. Se trata por tanto, de establecer una ley de comportamiento causa-efecto donde la causa es la acción sísmica y el efecto es el daño (Sandi, 1986).

2.2 Severidad de la acción sísmica

Para evaluar la severidad de un terremoto se dispone en esencia de dos vías, la magnitud y la intensidad sísmica. Los conceptos son distintos teniendo el primero un carácter de medida de la energía liberada y el segundo los efectos que produce el sismo.

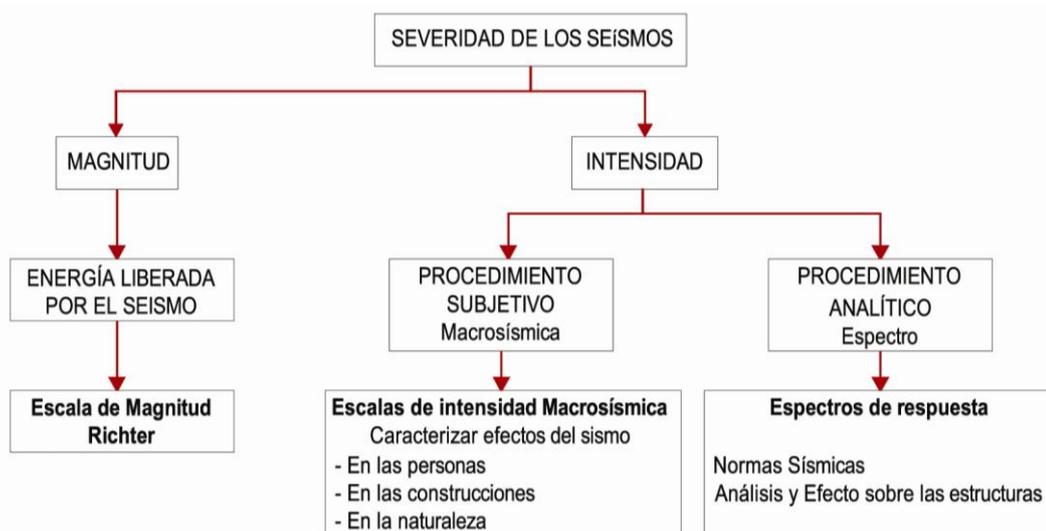


Figura 2: Caracterización de la severidad de los terremotos

2.2.1 Escalas de magnitud sismológica

La envergadura de un terremoto se mide por su magnitud, la cual se determina mediante distintas Escalas de magnitud. Actualmente se emplean dos escalas logarítmicas la Escala de Magnitud de Momento M_w y la Escala de Richter. En ambos casos la magnitud de sismo se calcula a partir del registro de las ondas sísmicas de los sismogramas.

Escala de Richter M_L (1934)

Richter propuso en 1934 una medida de la magnitud del terremoto a partir de la diferencia logarítmica del desplazamiento máximo producido y el desplazamiento de un terremoto patrón:

$$M_L = \log (\delta_1) - \log (\delta_0)$$

El seísmo patrón lo fijó convencionalmente como aquel que produce un desplazamiento del terreno de 1mm, medido con el sismógrafo Standard a una distancia de 100km. Además de medir la severidad identifica sus efectos fundamentales. Esta escala tiene la desventaja que para sismos muy grandes no refleja satisfactoriamente la magnitud del temblor.

Tabla 1: Escala de magnitud local o Escala de Richter

ESCALA DE RICHTER	
Grado	Efectos
Menos de 3.5	Generalmente no se siente, pero es registrado
3.5 - 5	A menudo se siente, pero sólo causa daños menores
5.5 - 6.0	Ocasiona daños ligeros a edificios
6.1 - 6.9	Puede ocasionar daños severos en áreas muy pobladas
7.0 - 7.9	Terremoto mayor. Causa graves daños
8 o mayor	Gran terremoto. Destrucción total a comunidades cercanas

Escala de magnitud de momento M_w (1979)

Esta escala refiere la magnitud de un sismo a la cantidad de energía liberada por el terremoto, que se define por 3 parámetros: el área del plano de deslizamiento de la falla, la longitud del desplazamiento y la fuerza requerida para vencer la fricción que mantenía unidos los planos de deslizamiento. Es la escala empleada por los sismólogos para medir y comparar terremotos de grandes proporciones, superiores a 6,9 de la escala de Richter.

2.2.2 Escala de intensidad macrosísmica europea EMS-98

Publicada en 1998, es la base adoptada por la Unión Europea para evaluar la intensidad y los efectos provocados por un terremoto sobre las personas, las construcciones y la naturaleza. Es una escala paralela a la de Richter que concreta con mayor definición la severidad y extensión de los daños; la magnitud de un terremoto no representa todos los aspectos de los efectos en superficie de la acción sísmica, tanto la respuesta del terreno como de las construcciones, que pueden ser distintos para una misma magnitud del seísmo.

Está basada en anteriores escalas de intensidad macrosísmica como la de Mercalli (MM), la de Mercalli modificada (MMI) y la escala de Mendev, Sponheuer y Karnik (MSK).

Escala de Intensidad del Sismo

A diferencia de otras escalas sísmicas de magnitud que expresan la energía sísmica liberada por un terremoto, la EMS-98 indica el modo en que un sismo afecta a las personas, la naturaleza y los objetos, estableciendo 12 grados de intensidad:

Tabla 2: Clasificación de los grados de intensidades en la escala EMS-98

ESCALA DE INTENSIDAD DEL SISMO EMS-98	
GRADO	EFFECTOS EN LAS PERSONAS Y OBJETOS
I No sentido	No se siente ningún efecto
II Apenas sentido	<ul style="list-style-type: none"> La vibración se percibe solo por algunas personas (1%), especialmente personas en reposo en los pisos superiores de los edificios.
III Débil	<ul style="list-style-type: none"> El terremoto es sentido por algunas personas dentro de edificios. Las personas en reposo sienten un balanceo o ligero temblor. Los objetos colgados oscilan levemente.
IV Ampliamente observado	<ul style="list-style-type: none"> El terremoto se percibe en interiores por muchas personas, pero al aire libre por muy pocas. Algunas personas se despiertan. El nivel de vibración no es alarmante. Traqueteo de ventanas, puertas y platos. Los objetos colgados se balancean.
V Fuerte	<ul style="list-style-type: none"> El terremoto se percibe en interiores por la mayoría, al aire libre por unos pocos. Muchas personas que dormían se despiertan, algunos escapan de los edificios. Los objetos colgados se balancean, los objetos de porcelana y cristal entrechocan. Los objetos altos se vuelcan. Puertas y ventanas se abren y cierran solas.
VI Levemente dañino	<ul style="list-style-type: none"> Sentido por la mayoría en los interiores y por muchos en el exterior, en los edificios muchas personas se asustan y escapan. Los objetos pequeños caen. Daño ligero en los edificios corrientes, por ejemplo, aparecen grietas en el enlucido y caen trozos.
VII Dañino	<ul style="list-style-type: none"> La mayoría de las personas se asustan y escapan al exterior. Los muebles se desplazan y los objetos caen de las estanterías en cantidad. Muchos edificios corrientes sufren daños moderados: pequeñas grietas en las paredes, derrumbe parcial de chimeneas.
VIII Gravemente dañino	<ul style="list-style-type: none"> Para muchas personas es difícil mantenerse de pie, incluso fuera de los edificios. Se pueden volcar los muebles, caen al suelo objetos como televisiones, máquinas de escribir... En suelo muy blando se pueden ver ondulaciones.
IX Destructor	<ul style="list-style-type: none"> Pánico general. Las personas pueden ser lanzadas bruscamente al suelo. Muchos monumentos y columnas se caen o giran. En suelo blando se ven ondulaciones
X Muy destructor	<ul style="list-style-type: none"> Muchos edificios corrientes se derrumban.
XI Devastador	<ul style="list-style-type: none"> La mayoría de los edificios corrientes se derrumban.
XII Completamente devastador	<ul style="list-style-type: none"> Los efectos del terremoto alcanzan los efectos máximos concebibles. Todas las estructuras por encima y por debajo del suelo quedan gravemente dañadas o destruidas.

Clases de vulnerabilidad de los edificios

La EMS-98 establece 7 clases de vulnerabilidad de los edificios en función de las siguientes características constructivas y estructurales:

- Calidad y mano de obra: Materiales, técnica constructiva, nivel de calidad y cualificación
- Estado de preservación: Estado de mantenimiento y conservación, daños previos, réplicas...
- Regularidad: Regularidad geométrica, de rigidez y masas (EC-8)
- Ductilidad: Capacidad de absorber deformaciones
- Localización: Situación respecto a otras construcciones, interacción entre edificios
- Refuerzo: Presencia de mejoras y refuerzos, uniones, nudos...
- Importancia de la construcción: Tipo, importancia y uso del edificio
- Diseño sismo resistente: Considera 3 Grados de diseño en cuanto a características de resistencia:
 - DSR = **W** Sin diseño sismorresistente
 - DSR = **M** Con nivel medio de diseño sismorresistente
 - DSR = **H** Con nivel alto de diseño sismorresistente

Tabla 3: Clase de vulnerabilidad sísmica EMS-98 en función de las características constructivas

TIPO DE ESTRUCTURA		CLASE DE VULNERABILIDAD EMS-98					
		A	B	C	D	E	F
FÁBRICA	Piedra suelta o canto rodado	○					
	Adobe (Ladrillos de tierra)	○—					
	Mampostería	— ○					
	Sillería		— ○—				
	Sin armar, de ladrillos o bloques	— ○—					
	Sin armar, con forjados de hormigón armado		— ○—				
	Armada o confinada			— ○—			
HORMIGÓN ARMADO	Pórticos sin diseño sismorresistente DSR=W	— ○—					
	Pórticos con nivel medio de DSR=M		— ○—				
	Pórticos con nivel alto de DSR=H			— ○—			
	Muros sin diseño sismorresistente DSR=W		— ○—				
	Muros con nivel medio de DSR=M			— ○—			
	Muros con nivel alto de DSR=H				— ○—		
ACERO			— ○—				
MADERA		— ○—					

- Clase de vulnerabilidad más probable
- | Rango más probable
- Rango menos probable, excepcional

2.2.3 Índice de vulnerabilidad

El método del Índice de vulnerabilidad (Benedetti y Petrini, 1982), fue desarrollado a través del estudio post-terremoto de los daños generados por sismos ocurridos desde 1976 en diferentes regiones de Italia y ha permitido a las investigaciones de este país identificar los parámetros más importantes que condicionan el daño en los edificios. Este método se ha aplicado en los terremotos de Almería en 1993-94 y Murcia en 1999, por Yépez y Mena, respectivamente.

El método identifica once características estructurales y constructivas del edificio que afectan de manera importante a los daños provocados por un sismo y valora su repercusión en la importancia del daño. Los factores se ponderan asignándoles un peso W_i , que indica la importancia que tiene cada uno en la asignación final del índice de vulnerabilidad a un determinado edificio.

Los valores del índice de vulnerabilidad oscilan entre -1: mínima vulnerabilidad, y 22: máxima vulnerabilidad. Los parámetros y valores de este procedimiento se emplean en los capítulos siguientes para describir y cuantificar la vulnerabilidad de los centros escolares.

Cálculo del índice de vulnerabilidad

Para cada uno de los 11 parámetros se definen 3 clases (A, B y C) en función de las características del elemento, que se corrige por un coeficiente W_i (que varía entre -1 y 2) que refleja la importancia del parámetro en el índice total del edificio:

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$$

Así, por ejemplo, si el parámetro número cuatro “posición del edificio y de la cimentación” corresponde a un edificio cuya cimentación es insuficiente para cualquier tipo de terreno del emplazamiento, se le asigna la clase C y el valor numérico $K_4=2$.

Tabla 4: Cuantificación del índice de vulnerabilidad para estructuras de hormigón

ÍNDICE DE VULNERABILIDAD					
Parámetro	KiA	KiB	KiC	Peso Wi	KiWi
1. Organización del sistema resistente	0	1	2	4,00	
2. Calidad del sistema resistente	0	1	2	1,00	
3. Resistencia convencional	-1	0	1	1,00	
4. Posición del edificio y cimentación	0	1	2	1,00	
5. Diafragmas horizontales	0	1	2	1,00	
6. Configuración en planta	0	1	2	1,00	
7. Configuración en elevación	0	1	3	2,00	
8. Conexión entre elementos críticos	0	1	2	1,00	
9. Elementos de baja ductilidad	0	1	2	1,00	
10. Elementos no estructurales	0	1	2	1,00	
11. Estado de conservación	0	1	2	2,00	

$$I_v \text{ Total} = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$$

La determinación de las K_i se recoge en el Anexo 1.

3 Vulnerabilidad sísmica de los centros escolares

Con el fin de poder asignar una clase de vulnerabilidad a un determinado edificio, se propone una clasificación de centros en la que se definen distintos tipos en función de aquellas características comunes que suponga una determinada clase de vulnerabilidad.

3.1 Características tipológicas de los centros escolares

El grado de exposición de un edificio a sufrir daños por un terremoto, o lo que es lo mismo, su capacidad para soportar acciones sísmicas, depende de forma general de los factores siguientes:

1. El desarrollo normativo, especialmente el referente a su diseño frente al sismo y al de su estructura
2. La calidad de los materiales y los niveles de control técnico
3. La formación y cultura técnica y científica existente en cada período

Para clasificar el parque docente, se establece como primer criterio de clasificación la fecha de construcción de los centros, adoptando como escala los periodos en los que se han producido significativas variaciones en las características y sistemas constructivos de los edificios:

Tabla 5: Periodos y características constructivas de los centros docentes

PERIODO	ETAPA
<1930	Edificación tradicional
1930-1960	Introducción del Hormigón armado
1960-1970	Evolución del Hormigón armado
1970-1984	Introducción de las Instrucciones de Hormigón y Forjados
1985-1994	Evolución de las Instrucciones de Hormigón y Forjados
>1994	Introducción de la NCSE-94

3.1.1 Evolución de la normativa educativa

Desde finales del siglo XIX las principales normas educativas han ido condicionando el diseño arquitectónico de los centros incidiendo fundamentalmente en su programa funcional, aspecto que no representa un condicionante sustancial en su vulnerabilidad sísmica. Eso sí, distintas políticas educativas han producidos “modelos de centro” que se han repetido invariablemente en todo el territorio nacional convirtiéndose en un tipo propio que se tratarán en apartados siguientes.

Las leyes de educación que han definido la estructura educativa no universitaria y, las más recientes, que han establecido algunas de las características básicas en el diseño de la arquitectura educativa, han sido:

Ley de Instrucción Pública de 1857 (conocida como Ley de Moyano),

Primera ley integral de educación; estructuraba la Primera Enseñanza, impartida en las escuelas y que era gratuita; la Segunda enseñanza impartida en institutos que otorgaba el derecho a examinarse para obtener el grado de Bachiller en Artes y Enseñanzas facultativas (inicialmente Filosofía, Derecho, Ciencias, Medicina, Farmacia y Teología).

Ley de Instrucción Primaria de 1939

La educación primaria abarcaba de los 6 a los 12 años. Los centros que la impartían eran los grupos escolares (públicos, en los que participaban la Administración Central y Local), las escuelas patronato y las escuelas privadas. Al igual que los anteriores, los centros solían ubicarse en locales alquilados con un bajo estado de conservación.

Ley de Ordenación de la Enseñanza Media de 1953

La enseñanza media o secundaria correspondía a los estudios del bachillerato elemental. Era impartido en los institutos nacionales (a cargo de la Administración Central), las secciones delegadas, las secciones filiales, colegios autorizados y reconocidos, colegios libres adoptados y colegios libres.

Ley General de Educación de 1970

Con esta se establecía una nueva clasificación de las enseñanzas educativas en todos los niveles y por tanto de los centros escolares. Esta ley sustituyó la enseñanza primaria y parte de la enseñanza media por ocho cursos de Enseñanza General Básica (de los 6 a los 14 años). Dejando de existir el bachillerato elemental.

Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo de España (LOGSE) de 1990

La aprobación de la LOGSE en 1990 supone un nuevo cambio en el sistema educativo, este cambio supone una profunda transformación de las necesidades espaciales de los centros docentes, así como la aparición de nuevos tipos de centros escolares.

Introduce algunos cambios significativos: amplía la educación obligatoria y gratuita que comprende de los 6 a los 16 años; organiza la educación primaria de los 6 a los 12 años en tres ciclos de dos cursos cada uno; crea una nueva etapa, la educación secundaria obligatoria (ESO) de los 12 a los 16 años en dos ciclos de dos cursos cada uno; establece un bachillerato que se cursa entre los 17 y los 18 años en cuatro modalidades y una sola titulación.

Ley Orgánica de Educación (LOE) de 2006

En la actualidad, el sistema educativo español no universitario se estructura según la Ley Orgánica de Educación (LOE) y aun se imparten algunas enseñanzas reguladas por la Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE) de 1990.

En ambas leyes el sistema educativo se estructura en enseñanzas de régimen general y en enseñanzas de régimen especial. Dentro de las enseñanzas de régimen general encontramos la educación infantil, la educación primaria, la educación secundaria (que comprende la educación secundaria obligatoria, el bachillerato y la formación profesional de grado medio), la formación profesional de grado superior y la educación universitaria.

Dentro de las enseñanzas de régimen especial se encuentran las enseñanzas artísticas, las enseñanzas de idiomas y las enseñanzas deportivas.

3.1.2 Evolución de la normativa técnica

En paralelo a la evolución de la normativa docente se ha ido sucediendo la publicación de distintas normas técnicas y en especial las referidas al diseño sismorresistente y estructural y a los requisitos constructivos de los edificios que condicionan su comportamiento frente al sismo. Para poder identificar el contexto normativo de un determinado momento, a continuación, se relacionan por fecha de entrada en vigor las principales normas tecnológicas.

Tabla 6: Relación de normativa de estructuras y diseño sismorresistente

Año	NORMAS Y RECOMENDACIONES GENERALES	Norma Sismorresistente
1939	Instrucción para el Proyecto y ejecución de Obras de Hormigón. (M.O.P)	
1941	Norma DGA 41 para el proyecto y ejecución de las estructuras de acero laminado y de hormigón armado y de los forjados de ladrillo armado. (Dirección Gral. Arquitectura, M°.Gobernación))	
1941	Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (Presidencia del Gobierno)	
1944	Instrucción para el Proyecto y ejecución de Obras de Hormigón. (M.O.P.) revisión Instrucción de 1939	Sin Norma
1961	HA-61 Instrucción. Especial para estructuras de hormigón armado (Recomendaciones del Instituto Eduardo Torroja)	
1961	HP1-60 Normas para la fabricación de viguetas de hormigón pretensado (AEHP, IETCC)	
1962	M.V.-101-1062 Acciones en la edificación	
1968	EH-68 Instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado (M.O.P.)	PGS-1 (1968) Parte A
1972	Norma MV-201-72 Muros Resistentes de Fábrica de ladrillo	
1972	EHPRE-72 Hormigón Preparado	
1973	EH-73 Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón en masa y armado (M.O.P)	
1973	Normas MV-102 a 107 Estructuras de acero laminado en edificación (M°.Vivienda)	
1974		PDS-1-parte A Normativa
1977	EP-77 Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón Pretensado (MOP)	
1980	EH-80 Proyecto y Ejecución de Obras Hormigón Armado (MOP)	
1982	EH-82 Proyecto y Ejecución de Obras Hormigón Armado (MOP)	
1988	EH-88 Proyecto y Ejecución de Obras Hormigón Armado (MOP)	
1988	NBE-AE-88	
1988	EF-88 Proyecto y Ejecución de Forjados de Hormigón Armado y Pretensado (MOP)	
1990	FL-90 Muros Resistentes de Fábrica (sustituye MV-201)	
1991	EH-91 Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón Armado (MOP)	
1993	EP-93 Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón Pretensado (M°.Fomento)	
1994	Proyecto de Construcción Sismorresistente (M°. Fomento)	
1995	NBE-EA-95 Estructuras de Acero laminado en Edificación	
1996	EF-96 Proyecto y Ejecución de Forjados de Hormigón Armado y Pretensado (MOP)	NCS-1 (1994)
1998	EHE-98 Instrucción de Hormigón Estructural (M°. Fomento)	
2000	L.O.E Ley de Ordenación de la Edificación	
2002	Construcción Sismorresistente (Ministerio de Fomento)	
2007	R.D 1371 Código Técnico de la Edificación (Ministerio de Fomento)	NCSR-02 (2002)
2008	EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural (Ministerio de Fomento)	

3.1.3 Evolución de las características y sistemas constructivos de los centros docentes

Según estadísticas del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte, a fecha de 2014 el número de centros que imparten formación no universitaria en nuestro país era de 31.177 de los cuales, el 70% de titularidad pública y el 30% privada.

Tabla 7: Clasificación de centros por enseñanza impartida, por tipo de centro y titularidad en España

USO	Total	Públicos	Privados
ENSEÑANZAS DE RÉGIMEN GENERAL	27478	18740	8738
Centros E. Infantil	8341	4137	4204
Centros E. Primaria	10349	9877	472
Centros E. Primaria y ESO	2142	533	1609
Centros ESO y/o Bachilleratos y/o FP	4729	3990	1420
Centros E. Primaria, ESO y Bach. /FP	1424	4	739
Centros Específicos E. Especial	478	190	288
Centros Específicos E. a Distancia	15	9	6
ENSEÑANZAS DE RÉGIMEN ESPECIAL	1920	1460	460
CENTROS ESPECÍFICOS Y ACTUACIONES DE ADULTOS	1779	1691	88
TOTALES	31.177	21.891	9.286

Los centros escolares en la Comunitat Valenciana construidos antes de 1990 representan aprox. el 60% de todos los centros escolares.

1- Edificación tradicional (<1930)

En este periodo el nivel de desarrollo del conocimiento estructural técnico era escaso y en los aspectos sísmicos nulo.

Los edificios de los núcleos urbanos se forman mediante estructuras a base de muros de fábrica de ladrillo macizo, tomados con morteros de cal. En ocasiones, hacia el final del periodo, aparecen casos en los que se ha hecho uso de morteros bastardos, e incluso de cemento por la disponibilidad de nuevos materiales y una industrialización incipiente.

El sistema de elementos horizontales de piso, en general, está resuelto con estructura de madera, vigas y entramados de piso, de madera aserrada conífera, con sistemas de entrevigado formados por bovedillas de yeso ó fabrica de ladrillo con un relleno de tierra ó cascotes y restos de ladrillo. También es usual la solución de forjados con entramados metálicos y piezas de entrevigado de ladrillo macizo ó hueco, e incluso forjados cerámicos hacia el final de la década, aunque menos común.

El nivel de diseño y técnico en la construcción tradicional se basa en conocimientos empíricos y reglas constructivas que se han ido incorporando y la experiencia de técnicos y constructores. El nivel de industrialización es limitado, sin existir apenas controles en los procesos más que los derivados de la propia dirección del arquitecto. Ello en un contexto de edificios urbanos para ciudades de cierto tamaño; en el caso de edificios rurales en municipios pequeños en muchos casos el diseño y la definición del sistema constructivo se basaban en la experiencia profesional de constructores y maestros de obra.



Figura 3: Grupo Escolar Cervantes 1906. C/ Guillem de Castro 151, Valencia



Figura 4: Doctor Olóriz 1920. C/ Dr. Olóriz 28, Valencia

2- Introducción del Hormigón armado (1930 - 1960)

Hacia finales de los años 30 comienza de forma embrionaria la introducción del hormigón armado, apareciendo de hecho en 1939 la primera instrucción para el proyecto de obras de hormigón armado. En los núcleos urbanos de las capitales se constata la existencia de algún edificio de hormigón de los años 30.

Entre 1940-1950 conviven las estructuras de fábrica de construcción tradicional, con el inicio tímido del desarrollo del hormigón armado.



Figura 5: San José de Calasanz 1945. C/ Bello 22, Valencia

El desarrollo de la construcción de hormigón armado se puede situar aproximadamente hacia 1955 con diversos grados de calidad según el estado de la normativa y el nivel técnico y constructivo.

En este período se realizaron también edificios empleando una estructura mixta de muros de carga y pórticos de hormigón armado, consecuencia de las restricciones y medios constructivos de la época.

En estos edificios se empleaban estructuras de fábrica portante, generalmente de fábrica de ladrillo macizo, con la que se resolvían en general fachadas y algunos elementos divisorios. Los entramados principales interiores se disponían con estructura de pórticos de hormigón armado. Estas estructuras se han usado en la construcción de viviendas sociales esencialmente en el periodo 1948-1963, en general para número de alturas no superior a 5.

Las estructuras de hormigón armado de 1940 a 1960 se realizan con sistemas porticados, de nudo rígido, generalmente dispuestos en una dirección, con elementos de piso que apoyan sobre las vigas de los pórticos. Las vigas son colgadas, con cantos del orden del décimo de la luz y los pilares de sección sensiblemente cuadrada con dimensiones moderadas.

El sistema de elementos de piso se ha resuelto con diversos tipos de forjados cerámicos y nervios in situ. Hacia finales de los 50 comienzan a emplearse forjados de viguetas de hormigón pretensado, con bovedillas de hormigón ó cerámicas, que serán los más utilizados en el resto del periodo.

En cuanto a materiales, los hormigones fabricados en esta época eran de calidad media-baja y el acero empleado liso. Los sistemas de cerramiento se resuelven en esencia, con fábricas de ladrillo hueco.

Se alumbran las primeras Instrucciones para el Proyecto y Ejecución de Obras de Hormigón, del Ministerio de Obras Públicas de 1939 y 1944, y la Norma para el Cálculo y ejecución de Obras de Hormigón Armado y para el Proyecto y Ejecución de Forjados de Ladrillo armado, de la Dirección General de Arquitectura del Ministerio de la Vivienda, ambas de 1941.

Por tanto con el soporte normativo y un cierto grado de normalización, tenemos cierta homogeneidad en el planteamiento de las estructuras de hormigón armado del periodo pero aun con muchas limitaciones respecto a la calidad de los materiales y su control, sin olvidar que todavía persiste el decreto de restricciones en el uso del acero.

Las estructuras se dimensionaban esencialmente para cargas verticales, rara vez con acciones de viento, y las acciones sísmicas ni siquiera se contemplaban en la normativa ni estaban en la cultura de los distintos agentes edificatorios.

Por tanto, de este periodo, como sistemas estructurales y constructivos, encontramos construcciones tradicionales de fábrica, edificios con estructura de hormigón armado y edificios con estructura mixta de fábrica y pórticos de hormigón armado que aun se extenderá algunos años en la década siguiente.

Entre 1956 y 1957 el Ministerio de Educación convocó varios concursos para definir "prototipos de grupos escolares", capaces de resolver los problemas existentes en las diferentes zonas del país con los que desarrollar el Plan de Construcciones Escolares. El resultado del Plan fue la construcción de cerca de 22.800 escuelas con los tipos resultantes de los concursos.

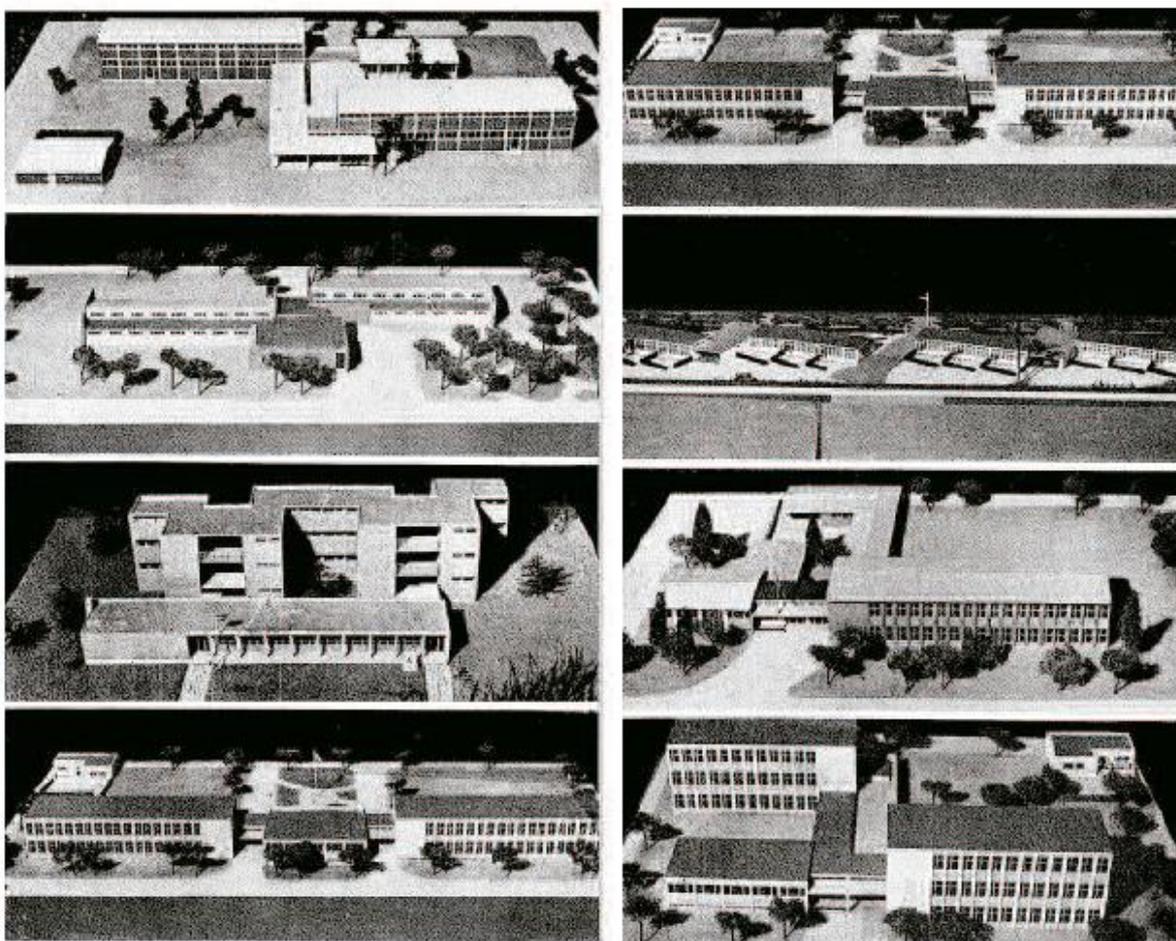


Figura 6: Maquetas de proyectos presentados en el II Concurso de Prototipos para Escuelas Graduadas.
Fuente: Revista Nacional de Arquitectura nº 194, Dirección General de Arquitectura, Madrid, 1957

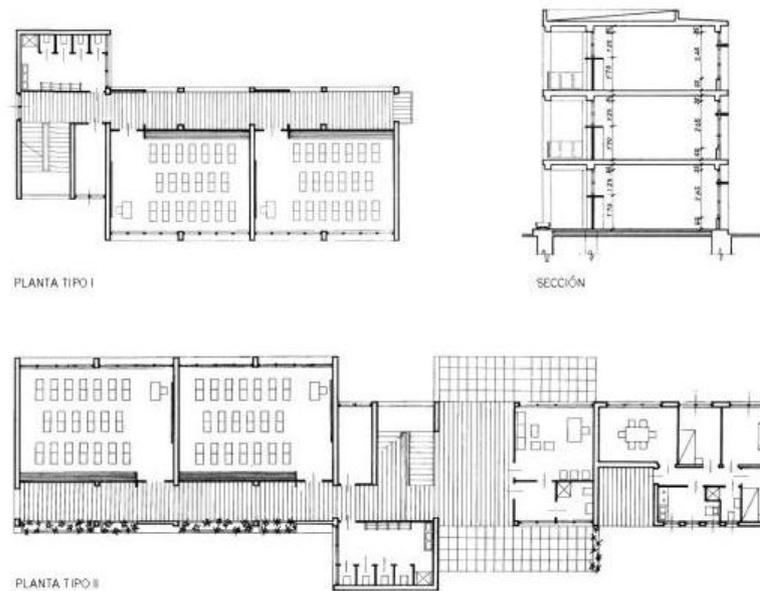


Figura 7: Plantas del prototipo de edificio, con desarrollo vertical en zonas cálidas, que el Ayuntamiento de Valencia acordó utilizar, y que fue uno de las propuestas premiadas en el I Concurso restringido de anteproyectos de Escuelas Graduadas, convocado por el Ministerio de Educación Nacional en 1957, con la finalidad de definir “prototipos de grupos escolares”



Figura 8: Grupo escolar Primer Marqués del Turia

3- Evolución del Hormigón armado (1960 -1970)

El proceso de mayor desarrollo de industrialización, suministros y de la demanda que comienza a finales de la década anterior, favorecido por el Plan de Estabilización, se confirma con el decreto de 1960 de abolición de las restricciones en el uso del acero.

En este periodo se impone claramente en la construcción de edificios el uso del hormigón armado, junto con un crecimiento de la industrialización del sector (prefabricación de sistemas de forjados, bloques, productos cerámicos, etc.).

Es el periodo de inicio del desarrollo de normas, en realidad hacia el final de la década. Se pueden referenciar a estos efectos las Recomendaciones del Instituto Eduardo Torroja HA-61 que cubrieron una laguna durante este tiempo, posteriormente la aparición de la instrucción EH-68 de hormigón en masa o armado y la primera norma sismorresistente PGS-1 (1968). Digamos que desde la mitad hacia el final del periodo se produce el embrión de normas constructivas y sismorresistentes.

Los sistemas constructivos en los edificios de hormigón armado no cambian esencialmente respecto de la década de los 50, diferenciándose en la paulatina introducción de nuevos materiales y elementos estructurales en especial para elementos de piso, así como la paulatina sustitución del acero liso de armaduras por aceros corrugados que prácticamente se realiza hacia el final del periodo.

Cabe resaltar en este periodo, el todavía bajo nivel técnico medio, la insuficiente tecnificación de los procesos, el reducido control, la falta de aplicación de las normas sismorresistentes y por supuesto, nula “cultura sísmica” de proyectistas, técnicos y constructores.



Figura 9: Jaime I años 60. C/ Jerónimo Monsoriu 2, Valencia

4- Publicación de las Instrucciones de hormigón y forjados (1970 -1984)

Es en esta época en la que se produce el desarrollo de las normas técnicas de hormigón estructural desde la instrucción de 1968 a final del periodo anterior, iniciándose con la instrucción EH-73 y con paulatinas actualizaciones, EH-80 y EH-82. En 1974 aparece la instrucción sismorresistente PGS-1(1968) parte A, normativa que realmente podemos considerar como la primera norma sísmica.

Por otra parte para el desarrollo de los sistemas constructivos cabe señalar las Normas Tecnológicas de la Edificación de 1973, en las que también se incluían métodos simplificados para la consideración de las fuerzas sísmicas, mediante fuerzas estáticas equivalentes.



Figura 10: Pare Catalá años 70, C, Padre Alegre 22, Valencia

En cuanto al sistema constructivo conviene precisar que la mayor parte de estructuras se ejecutan con estructuras porticadas de hormigón armado generalmente diseñadas para cargas gravitatorias, salvo excepcionalmente en edificios con cierto número de alturas, en las zonas de costa en las que se incorporan también los esfuerzos de viento. La consideración de las acciones sísmicas tiene un desarrollo muy escaso, casi nulo, comenzando su aplicación hacia primeros de los 80 aproximadamente.

En este período se construyen también estructuras metálicas, especialmente en la construcción industrial y excepcionalmente en edificios, aunque mucho más limitada que las estructuras de hormigón armado.

En las estructuras porticadas de hormigón armado se emplea el sistema de pórticos con vigas de canto en la primera mitad del periodo y, desde este momento, comienza a proliferar el uso de vigas planas con el mismo espesor del forjado y aumentan considerablemente las luces de uso normal, pasando de luces medias moderadas de 4-5 m hacia luces medias del orden de 5.50-6.50 m.

Ello sumado al uso de forjados planos de espesor reducido, condujo a los conocidos problemas de fisuración de tabiquería por deformabilidad de forjados.

La calidad de los hormigones varía de baja a media, siendo la designación más común de resistencia característica H-175 y todavía en algunos casos H-150 en especial en la construcción de áreas urbanas rurales. Prácticamente ha desaparecido el acero liso y se emplean aceros corrugados de adherencia mejorada.

Por lo que respecta a la disposición estructural, lo más extendido es el uso de pórticos paralelos con arriostramiento transversal reducido a zunchos de HA de poca rigidez, fundamentalmente diseñados para resistir las cargas de cerramientos y medianerías. En algunos edificios excepcionalmente, en zonas de costa con un número ya significativo de alturas, se comienzan a disponer de muros de cortante de HA, especialmente a contraviento. La disposición de los muros se realiza generalmente en una dirección paralela a la del viento dominante.

Este intervalo de tiempo se caracteriza por todavía un escaso conocimiento y extensión entre los proyectistas y técnicos del diseño sísmo-resistente. En general el diseño sísmico es escaso ó nulo y en alguno caso, hacia el final del periodo lo podríamos considerar de desarrollo medio, aunque las prescripciones constructivas y de confinamiento de nudos son limitadas y de poca práctica habitual.



Figura 11: Raquel Paya 1979. C/ Músico Ayllon 41, Valencia

5- Evolución de las Instrucciones de Hormigón y Forjados (1985 - 1994)

Desde 1985 comienza un periodo de crecimiento del sector que prácticamente alcanza todo el periodo hasta la crisis de 1992. En esencia se mantienen las tendencias del final del periodo anterior, pero con la incidencia de la actualización de la normativa, en especial las instrucciones de hormigón estructural EH-85 y posteriormente la EH-88 con la incorporación de la norma de forjados EF-88. Como consecuencia de ello se produce una mejora paulatina en el incremento de rigidez de los elementos de piso, con un incremento de los cantos medios de los forjados normalmente de 26 a 32 cm, para luces moderadas y largas respectivamente.

Respecto a la disposición de las estructuras, siguen predominando las estructuras porticadas con sistemas de pórticos paralelos y en ocasiones en dos direcciones. En el caso de edificios de altura se mantiene lo indicado para el periodo anterior.

La calidad constructiva y de materiales experimenta cierta mejora en este periodo. El hormigón estructural se acerca a calidades medias (H-175 a H-200) e incluso altas en algunos casos. La instrucción EH-91 supone un nuevo incremento de las exigencias técnicas y de Control.

En cuanto al diseño sismorresistente se mantiene sensiblemente lo indicado para el periodo anterior definido. Por otra parte, en general, se incorpora un mejor análisis estructural con la generalización de un software estructural y, asimismo, la mayor parte de edificios a partir de 5-6 alturas se diseñan para cargas de viento, lo que mejora sus condiciones en áreas de sismicidad baja y moderada.

En 1994 aparece la primera Norma sismorresistente, la NCS-1994, que ya preconiza métodos de análisis dinámico, modal y espectral manteniendo en determinadas condiciones los métodos simplificados de fuerzas estáticas equivalentes para estructuras regulares y simétricas.



Figura 12: Max 1984. C/ Pare Urbà s/n, Valencia

6- Introducción de la NCS-1 (>1994)

En 1994 aparece la primera Norma sismorresistente que NCS-1994 que ya preconiza métodos de análisis dinámico, modal y espectral manteniendo en determinadas condiciones los métodos simplificados de fuerzas estáticas equivalentes para estructuras regulares y simétricas.

Es en este periodo en el que se produce un gran salto cualitativo y cuantitativo en el diseño estructural, el control de calidad de materiales, y la ejecución de las obras. La actualización de la normativa general de construcción y sísmica, en especial desde el año 2000 ha sido uno de los motores del proceso.

La revisión y actualización de la instrucción EH con la versión EH-96, el desarrollo de las normas UNE y el comienzo de la transición a la armonización con las Normas europeas (Eurocódigos estructurales, normas UNE-EN etc...) caracterizan un periodo de exigencias, que se van imponiendo paulatinamente por la inercia que caracteriza al sector.

Con posterioridad, la promulgación de la LOE (Ley de Ordenación de la Edificación, 2000) y la introducción del seguro decenal en la construcción de edificios, a pesar de los defectos y deficiencias que tengan los Organismos de Control Técnico (OCT's) que exigen las Compañías Aseguradoras, es indiscutible que ha supuesto una mejora, en especial para la fase de Proyecto de las condiciones de diseño estructural y adecuación a las Normas.

La instrucción estructural EHE de 1998 se armoniza con los Eurocódigos estructurales, estableciendo las condiciones de análisis y cálculo, materiales, elementos estructurales y además recogiendo las prescripciones para zonas sísmicas que, por otra parte, indican la abolición de la NCSE-94 y su sustitución por la NCSE-02.

En años recientes se ha publicado el Código Técnico de la Edificación (CTE 2005) y una nueva norma de Instrucción estructural EHE (2007), coherente con el Código Técnico, que contempla también criterios de sostenibilidad.

Los sistemas estructurales siguen siendo el hormigón armado, el sistema más empleado, y las estructuras de acero son reconducidas a sistemas prefabricados de vigas peraltadas y pórticos de Hormigón Armado. Cabe destacar el gran aumento de rigidez y monolitismo de los forjados de piso cuyo, espesor rara vez es inferior a los 30 cm. Las condiciones de disposición de armaduras y detalles constructivos y la calidad de los materiales constituyen el cambio más sustancial. Los hormigones pasan a ser de resistencias medio-altas (HA-25, HA-30) por las exigencias de durabilidad que impone la Normativa y en el caso del acero para armaduras se generaliza prácticamente el uso del acero B-500S (soldable) de límite elástico $f_y = 510$ Mpa.

Respecto del diseño sismorresistente, indicar que sigue siendo un campo de escaso interés en general. Se generaliza el uso de programas de ordenador que realizan el análisis sísmico de la estructura y que resuelven el dimensionado de la misma, pero muchos ellos funcionan como “caja negra” que suministra datos resueltos sin que exista una evaluación clara posterior.

Todos estos procesos mejoran sensiblemente a partir de la Norma NCSE-02. Aun así, la formación media sísmica de los técnicos es baja. Por tanto desde un punto de vista de resistencia a las acciones sísmicas podemos pensar en una mejora respecto de los periodos anteriores pero aun con carencias, en especial respecto de los diseños críticos como las plantas débiles, los pilares cortos y la fuerte irregularidad. En general se puede admitir un nivel de diseño sismorresistente medio y, en algunos casos de edificios más singulares en las zonas sísmicas, alto.



Figura 13: Mare Nostrum 1998. Av de Vicente Blasco Ibáñez 171, Valencia

3.2 Tablas de clase de vulnerabilidad sísmica por tipos

Las tablas siguientes asignan a los tipos y periodos de centros docentes, definidas en el apartado anterior, una **clase de vulnerabilidad sísmica** conforme a la **EMS-98**; una primera tabla, más genérica atendiendo únicamente al tipo de estructura y a la fecha de construcción, y una segunda serie adaptada a los tipos definidos para los centros docentes y periodos descritos en el apartado anterior, en las que se concretan las características constructivas de manera más detallada.

Hay que indicar que se han recogido los casos considerados como más representativos, aunque pueden encontrarse tipos de edificios, con unas características particulares, no contemplados en esa aproximación más general.

Tabla 8: Clase de vulnerabilidad en función del tipo de estructura

TIPO DE ESTRUCTURA	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CLASE DE VULNERABILIDAD
FÁBRICA	F1	Estructura de muros de carga de piedra en seco y tapial	A
	F2	Estructura de muros de carga de mampostería o de fábrica de ladrillo < 5 plantas	A / B
MIXTA	X1	Estructura mixta, de mampostería o de fábrica de ladrillo y pórticos de fábrica de ladrillo < 1950	A / B
	X2	Estructura mixta, de mampostería o de fábrica de ladrillo y pórticos de hormigón armado 1950-1970	B
HORMIGÓN ARMADO	H1	Estructura porticada de hormigón armado, 1930-1969	B
	H2	Estructura porticada de hormigón armado, 1970-1995	B / C
	H3	Estructura porticada de hormigón armado, >1995	C / D / E
ACERO	A1	Estructura porticada de nudos semirrígidos	C / D
	A2	Pórticos de acero a dos aguas de nudos rígidos y arriostramiento longitudinal	D
	A3	Pórticos de cerchas trianguladas y arriostramiento longitudinal y de transversal	E

F-1		Estructura: Muros de carga de piedra en seco y tapial 1 o 2 plantas		Periodo: <1930	
Disposición planta	Rectangular o en I	X	Luces	Cortas, menores de 4 m	X
	Otras			Medias, entre 4 y 6 m	
Disposición de los muros	Paralelos	X	Nº de plantas	Menor o igual a 3	X
	En dos direcciones	+		Más de 3	
Materiales de las piezas	Tapial	X	Mortero	Cal	
	Mamostería irregular			Bastardo	
	Mamostería regular			Cemento	
	Ladrillo macizo		Piezas de entrevigado	Tablero + mortero	
	Sillería			Cañizo + yeso	X
Entramados de piso	Madera natural	X	Calidad de materiales y construcción	Bovedilla yeso + relleno	
	Madera aserrada	+		Bovedilla cerámica + relleno	
	Forjados cerámicos			Bovedillas hormigón	
	Viguetas metálicas		Baja	X	
	Nervios "in situ"	X	Media	+	
Diseño/normas de construcción	Empírico	X	Nervio de enlace muro y forjado	Alta	
	Reglas constructivas			Sí	
	Norma		No	X	
Eficacia del enlace entre muros	Baja	X	Rigidez del forjado en su plano	Baja	X
	Media	+		Media	
	Alta		W-nulo	X	
Eficacia del enlace muro-forjado	Baja	X	Diseño sismorresistente	M-medio	
	Media			H-alto	
	Alta		Otros		
		Observaciones: Se trata en general de construcciones rurales, con materiales de calidad baja-media, con baja rigidez conjunta, sin efecto "caja" con enlaces en general deficientes y ductilidad escasa o nula. Por tanto, muy vulnerable.			
		Clase de vulnerabilidad EMS-98		A	

X Probable + Posible --- Menos posible

F-2	Estructura: Muros de carga de mampostería o ladrillo 1 o 2 plantas		Periodos: <1930 1930 - 1960		
	Disposición planta	Rectangular o en I	X	Luces	Cortas, menores de 4 m
	Otras		Medias, entre 4 y 6 m		+
Disposición de los muros portantes	Paralelos	X	Nº de plantas	Menor o igual a 3	X
	En dos direcciones			Más de 3	
Materiales de las piezas	Tapial		Mortero	Cal	X
	Mampostería irregular	X		Bastardo	+
	Mampostería regular	+		Cemento	
	Ladrillo macizo	X	Piezas de entrevigado	Tablero + mortero	+
Sillería		Cañizo + yeso			
Entramados de piso	Madera natural	+	Calidad de materiales y construcción	Bovedilla yeso + relleno	X
	Madera aserrada	X		Bovedilla cerámica + relleno	-
	Forjados cerámicos	+		Bovedillas hormigón	-
	Viguetas metálicas	-	Nervio de enlace muro y forjado	Baja	X
	Nervios "in situ"			Media	+
Diseño/normas de construcción	Empírico		Rigidez del en su plano	Alta	-
	Reglas constructivas	X		Sí	
	Norma		No	X	
Eficacia del enlace entre muros	Baja	+	Diseño sismorresistente	Baja	X
	Media	X		Media	
	Alta	-	Otros	W-nulo	X
Eficacia del enlace muro-forjado	Baja	X		M-medio	
	Media	+		H-alto	
	Alta		Muy baja ductilidad	X	



Observaciones:

Construcción tradicional, ausente de diseño sismorresistente, enlaces de eficacia media a baja y calidad de materiales y construcción media baja, solo en casos excepcionales buena.

Clase de vulnerabilidad
EMS-98

B

X Probable + Posible --- Menos posible

F-3	Estructura: Muros de carga de mampostería o ladrillo 3-5 plantas, calidad constructiva media-baja		Periodos: <1930 1930 - 1960		
	Disposición planta	Rectangular o en L	X	Luces	Cortas, menores de 4 m
	Otras		Medias, entre 4 y 6 m		X
Disposición de los muros portantes	Paralelos	X	Nº de plantas	Menor o igual a 3	-
	En dos direcciones	+		Más de 3	X
Materiales de las piezas	Tapial		Mortero	Cal	X
	Mampostería irregular	+		Bastardo	+
	Mampostería regular	+		Cemento	
	Ladrillo macizo	X	Piezas de entrevigado	Tablero + mortero	-
	Sillería			Cañizo + yeso	
Entramados de piso	Madera natural		Calidad de materiales y construcción	Bovedilla yeso + relleno	X
	Madera aserrada	X		Bovedilla cerámica + relleno	+
	Forjados cerámicos	+		Bovedillas hormigón	
	Viguetas metálicas	+	Nervio de enlace muro y forjado	Baja	+
	Nervios "in situ"			Media	X
Diseño/normas de construcción	Empírico		Rigidez del forjado en su plano	Alta	-
	Reglas constructivas	X		Si	
	Norma			No	X
Eficacia del enlace entre muros	Baja	+	Diseño sismorresistente	Baja	X
	Media	X		Media	
	Alta	-		W-nulo	X
Eficacia del enlace muro-forjado	Baja	X	Otros	M-medio	
	Media	+		H-alto	
		Alta		Muy baja ductilidad	X



Observaciones:

Construcción tradicional, ausente de diseño sismorresistente, calidad de materiales media a buena, enlaces de eficacia media a baja, excepcionalmente buena, en general en núcleos rurales y urbanos, en estos últimos en mejores condiciones.

Clase de vulnerabilidad
EMS-98

B

X Probable + Posible --- Menos posible

X-1	Estructura: Muros de carga de mampostería o ladrillo y Pórticos de hormigón armado		Periodos: 1930 - 1960		
	Tipo de estructura	Mixta de pórticos y muros de fábrica	X	Luces	Cortas, menos de 4m
	Porticada de hormigón armado		Medias, entre 4 y 5,5 m		+
	Pórticos y muros de hormigón armado		Largas, más de 5,5 m		-
Configuración en planta	Regular	X	Disposición de la estructura	Pórticos paralelos	X
	Medianamente regular	+		Pórticos ortogonales	-
	Muy irregular	-		Otras	
Nº de plantas	Menor o igual a 5	X	Vigas	Vigas de canto	X
	Más de 5	-		Vigas planas	
Muros de fábrica	Ladrillo cerámico	X		Canto y planas	
	Bloques de hormigón		Sin vigas		
Tipo de forjados	Viguetas de cerámica amada	X	Canto de forjados (cm)	≤18	-
	Viguetas pretensadas	+		18-20	X
	Semiviguetas pretensada			21-25	+
	Semiviguetas armadas			26-29	
	Reticular sin vigas			≥ 30	
Capa de compresión en el forjado	No, enrasado a bovedillas	X	Enlace de forjado a vigas	Apoyado	X
	2-3 cm			Semiempotrado	
	4-5 cm		Calidad del hormigón	Baja $f_c=12-15$ MPa	X
	>5 cm			Media $f_c=15-20$ MPa	
Rigidez de piso (en su plano)	Baja	+	Calidad del acero	Alta $f_c \geq 25$ MPa	
	Media	X		Liso $f_y= 240-260$ MPa	X
	Alta			Corrugado $f_y= 400$ MPa	
Recubrimiento y separación de cercos	Disposición regular		Configuraciones críticas ante sismo	Corrugado $f_y= 500$ MPa	
	Variable	X		Planta baja diáfana	+
	Muy variable			Pilares cortos	-
Detalle de uniones y nivel de confinamiento	Bajo	X	Diseño sismorresistente	Alta irregularidad	-
	Medio			W: nulo	X
	Alto			M: medio	
Nivel de diseño con normas técnicas	Bajo	X	Otros	H: alto	
	Medio				
	Alto				



Observaciones:

Edificios mixtos con muros de carga y pórticos de hormigón armado, en general de viviendas sociales. Sistemas constructivos y de materiales de calidad media a baja, nudos poco confinados y ausente de concepción y diseño sísmico. Intervalo de mayor vulnerabilidad en estructuras de hormigón armado.

Clase de vulnerabilidad
EMS-98

B

X Probable + Posible --- Menos posible

H-1	Estructura:		Periodos:		
	Pórticos de hormigón armado		1930 - 1960		
Tipo de estructura	Mixta de pórticos y muros de fábrica		Luces	Cortas, menos de 4m	X
	Aporticada de hormigón armado	X		Medias, entre 4 y 5,5 m	+
	Pórticos y muros de hormigón armado			Largas, más de 5,5 m	
Configuración en planta	Regular	X	Disposición de la estructura	Pórticos paralelos	X
	Medianamente regular	+		Pórticos ortogonales	
	Muy irregular			Otras	
Nº de plantas	Menor o igual a 5	X	Vigas	Vigas de canto	X
	Más de 5			Vigas planas	
Muros de fábrica	Ladrillo cerámico	X		Canto y planas	
	Bloques de hormigón		Sin vigas		
Tipo de forjados	Viguetas de cerámica amada	+	Canto de forjados (cm)	≤18	
	Viguetas pretensadas	X		18-20	
	Semiviguetas pretensada			21-25	X
	Semiviguetas armadas			26-29	
	Reticular sin vigas			≥ 30	
Capa de compresión en el forjado	No, enrasado a bovedillas	X	Enlace del forjado a vigas	Apoyado	X
	2-3 cm			Semiempotrado	
	4-5 cm		Calidad del hormigón	Baja $f_c=12-15$ MPa	X
	>5 cm			Media $f_c=15-20$ MPa	
Rigidez de piso (en su plano)	Baja		Calidad del acero	Alta $f_c \geq 25$ MPa	
	Media	X		Liso $f_y= 240-260$ MPa	X
	Alta			Corrugado $f_y= 400$ MPa	+
Recubrimiento y separación cercos	Disposición regular		Configuraciones críticas ante sismo	Corrugado $f_y= 500$ MPa	
	Variable			Planta baja diáfana	-
	Muy variable	X		Pilares cortos	-
Detalle de uniones y nivel de confinamiento	Bajo	X	Diseño sismorresistente	Alta irregularidad	
	Medio			W: nulo	X
	Alto			M: medio	
Nivel de diseño con normas técnicas	Bajo	X	Otros	H: alto	
	Medio			Baja ductilidad	X
	Alto				



Observaciones:

Edificios de núcleos urbanos y rurales con diseño sísmico nulo y calidad media baja de materiales y constructiva. Escaso confinamiento y disposiciones poco dúctiles.

Clase de vulnerabilidad
EMS-98

B

X Probable + Posible --- Menos posible

H-2		Estructura: Pórticos de hormigón armado Planta baja diáfana		Periodos: 1970 - 1984 1985 - 1994	
Tipo de estructura	Mixta de pórticos y muros de fábrica	X	Luces	Cortas, menos de 4m	+
	Aporticada de hormigón armado			Medias, entre 4 y 5,5 m	X
	Pórticos y muros de hormigón armado			Largas, más de 5,5 m	+
Configuración en planta	Regular	X	Disposición de la estructura	Pórticos paralelos	X
	Medianamente regular			Pórticos ortogonales	-
	Muy irregular			Otras	
Nº de plantas	Menor o igual a 5	X	Vigas	Vigas de canto	+
	Más de 5			Vigas planas	X
Muros de fábrica	Ladrillo cerámico	X		Canto y planas	
	Bloques de hormigón		Sin vigas		
Tipo de forjados	Viguetas de cerámica amada		Canto de forjados (cm)	≤18	
	Viguetas pretensadas	X		18-20	
	Semiviguetas pretensada	+		21-25	X
	Semiviguetas armadas	-		26-29	-
	Reticular sin vigas	+		≥ 30	
Capa de compresión en el forjado	No, enrasado a bovedillas	X	Enlace del forjado a vigas	Apoyado	+
	2-3 cm	+		Semiempotrado	X
	4-5 cm	X	Calidad del hormigón	Baja $f_c=12-15$ MPa	X
	>5 cm	-		Media $f_c=15-20$ MPa	+
Rigidez de piso (en su plano)	Baja		Calidad del acero	Alta $f_c \geq 25$ MPa	
	Media	X		Liso $f_y= 240-260$ MPa	+
	Alta	+		Corrugado $f_y= 400$ MPa	X
Recubrimiento y separación de los cercos	Disposición regular		Configuraciones críticas ante sismo	Corrugado $f_y= 500$ MPa	
	Variable	+		Planta baja diáfana	
	Muy variable	X		Pilares cortos	
Detalle de uniones y nivel de confinamiento	Bajo	X	Diseño sismorresistente	Alta irregularidad	
	Medio	+		W: nulo	X
	Alto			M: medio	+
Nivel de diseño con normas técnicas	Bajo	X	Otros	H: alto	
	Medio	+			X
	Alto				
			Observaciones:		
			Clase de vulnerabilidad EMS-98		B

X Probable + Posible --- Menos posible

H-3	Estructura: Pórticos de hormigón armado Fuertes irregularidades		Periodos: 1970 - 1984 1985 - 1994		
	Tipo de estructura	Mixta de pórticos y muros de fábrica	X	Luces	Cortas, menos de 4m
	Aporticada de hormigón armado		Medias, entre 4 y 5,5 m		X
	Pórticos y muros de hormigón armado		Largas, más de 5,5 m		+
Configuración en planta	Regular	X	Disposición de la estructura	Pórticos paralelos	X
	Medianamente regular			Pórticos ortogonales	-
	Muy irregular			Otras	
Nº de plantas	Menor o igual a 5	X	Vigas	Vigas de canto	+
	Más de 5			Vigas planas	X
Muros de fábrica	Ladrillo cerámico	X			Canto y planas
	Bloques de hormigón			Sin vigas	
Tipo de forjados	Viguetas de cerámica amada		Canto de forjados (cm)	≤18	
	Viguetas pretensadas	X		18-20	
	Semiviguetas pretensada	+		21-25	X
	Semiviguetas armadas	-		26-29	-
	Reticular sin vigas	+		≥ 30	
Capa de compresión en el forjado	No, enrasado a bovedillas	X	Enlace del forjado a vigas	Apoyado	+
	2-3 cm	+		Semiempotrado	X
	4-5 cm	X	Calidad del hormigón	Baja $f_c=12-15$ MPa	X
	>5 cm	-		Media $f_c=15-20$ MPa	+
Rigidez de piso (en su plano)	Baja		Calidad del acero	Alta $f_c \geq 25$ MPa	
	Media	X		Liso $f_y= 240-260$ MPa	+
	Alta	+		Corrugado $f_y= 400$ MPa	X
Recubrimiento y separación de los cercos	Disposición regular		Configuraciones críticas ante sismo	Corrugado $f_y= 500$ MPa	
	Variable	+		Planta baja diáfana	
	Muy variable	X		Pilares cortos	
Detalle de las uniones y nivel de confinamiento	Bajo	X	Diseño sismorresistente	Alta irregularidad	
	Medio	+		W: nulo	X
	Alto			M: medio	+
Nivel de diseño con normas técnicas	Bajo	X	Otros	H: alto	
	Medio	+			X
	Alto				



Observaciones:

Fuerte disimetría en planta ó alzado, variaciones bruscas de masa ó rigidez

Clase de vulnerabilidad
EMS-98

B

X Probable + Posible --- Menos posible

H-4	Estructura:		Periodos:		
	Pórticos de hormigón armado		1984 - 1994		
Tipo de estructura	Mixta de pórticos y muros de fabrica	X	Luces	Cortas, menos de 4m	+
	Aporticada de hormigón armado			Medias, entre 4 y 5,5 m	X
	Pórticos y muros de hormigón armado			Largas, más de 5,5 m	+
Configuración en planta	Regular	X	Disposición de la estructura	Pórticos paralelos	X
	Medianamente regular			Pórticos ortogonales	-
	Muy irregular			Otras	
Nº de plantas	Menor o igual a 5	X	Vigas	Vigas de canto	+
	Más de 5			Vigas planas	X
Muros de fábrica	Ladrillo cerámico	X		Canto y planas	
	Bloques de hormigón		Sin vigas		
Tipo de forjados	Viguetas de cerámica amada		Canto de los forjados (cm)	≤18	
	Viguetas pretensadas	X		18-20	
	Semiviguetas pretensadas	+		21-25	X
	Semiviguetas armadas	-		26-29	-
	Reticular sin vigas	+		≥ 30	
Capa de compresión en el forjado	No, enrasado a bovedillas	X	Enlace del forjado a las vigas	Apoyado	+
	2-3 cm	+		Semiempotrado	X
	4-5 cm	X	Calidad del hormigón	Baja $f_c=12-15$ MPa	X
	>5 cm	-		Media $f_c=15-20$ MPa	+
Rigidez del piso (en su plano)	Baja		Calidad del acero	Alta $f_c \geq 25$ MPa	
	Media	X		Liso $f_y= 240-260$ MPa	+
	Alta	+		Corrugado $f_y= 400$ MPa	X
Recubrimiento y separación de los cercos	Disposición regular		Configuraciones críticas ante sismo	Corrugado $f_y= 500$ MPa	
	Variable	+		Planta baja diáfana	
	Muy variable	X		Pilares cortos	
Detalle de las uniones y nivel de confinamiento	Bajo	X	Diseño sismorresistente	Alta irregularidad	
	Medio	+		W: nulo	X
	Alto			M: medio	+
Nivel de diseño con normas técnicas	Bajo	X	Otros	H: alto	
	Medio	+			X
	Alto				



Observaciones:

Caso de la mayor parte de edificios con estructura de hormigón armado correspondientes a este periodo. Como es normal, nulo o escaso diseño sismorresistente, materiales y proceso constructivo de calidad media a baja. Confinamiento de nudos escaso, sin prescripciones constructivas, con un nivel bajo de ductilidad.

Clase de vulnerabilidad
EMS-98

C

X Probable + Posible --- Menos posible

H-5		Estructura: Pórticos de hormigón armado Planta baja diáfana		Periodos: >1994	
Tipo de estructura	Mixta de pórticos y muros de fábrica		Luces	Cortas, menos de 4m	
	Aporticada de hormigón armado	X		Medias, entre 4 y 5,5 m	+
	Pórticos y muros de hormigón armado			Largas, más de 5,5 m	X
Configuración en planta	Regular		Disposición estructura	Pórticos paralelos	X
	Medianamente regular	X		Pórticos ortogonales	+
	Muy irregular	+		Otras	-
Nº de plantas	Menor o igual a 5	+	Vigas	Vigas de canto	-
	Más de 5	X		Vigas planas	X
Muros de fábrica	Ladrillo cerámico	X		Canto y planas	
	Bloques de hormigón		Sin vigas	+	
Tipo de forjados	Viguetas de cerámica amada		Canto de los forjados (cm)	≤18	
	Viguetas pretensadas	X		18-20	
	Semiviguetas pretensadas			21-25	
	Semiviguetas armadas	X		26-29	X
	Reticular sin vigas	+		≥ 30	X
Capa de compresión en el forjado	No, enrasado a bovedillas		Enlace del forjado a las vigas	Apoyado	
	2-3 cm			Semiempotrado	X
	4-5 cm	X	Calidad del hormigón	Baja $f_c=12-15$ MPa	
	>5 cm	-		Media $f_c=15-20$ MPa	-
Rigidez del piso (en su plano)	Baja		Calidad del acero	Alta $f_c \geq 25$ MPa	X
	Media	+		Liso $f_y= 240-260$ MPa	
	Alta	X		Corrugado $f_y= 400$ MPa	+
Recubrimiento y separación de los cercos	Disposición regular	+	Configuraciones críticas ante sismo	Corrugado $f_y= 500$ MPa	X
	Variable	X		Planta baja diáfana	X
	Muy variable	-		Pilares cortos	-
Detalle de las uniones y nivel de confinamiento	Bajo	-	Diseño sismorresistente	Alta irregularidad	+
	Medio	X		W: nulo	-
	Alto	-		M: medio	X
Nivel de diseño con normas técnicas	Bajo		Otros	H: alto	-
	Medio	X			
	Alto	+			



Observaciones:

Se trata de una configuración crítica, pero las mejores condiciones de normas, diseño, materiales y ejecución la posicionan aceptablemente en una clase de vulnerabilidad algo mejor que la peor para las estructuras de hormigón armado.

**Clase de vulnerabilidad
EMS-98**

C

X Probable + Posible --- Menos posible

H-6	Estructura:		Periodos:		
	Pórticos de hormigón armado		>1994		
Tipo de estructura	Mixta de pórticos y muros de fábrica		Luces	Cortas, menos de 4m	
	Aporticada de hormigón armado	X		Medias, entre 4 y 5,5 m	+
	Pórticos y muros de hormigón armado			Largas, más de 5,5 m	X
Configuración en planta	Regular	X	Disposición de la estructura	Pórticos paralelos	X
	Medianamente regular			Pórticos ortogonales	+
	Muy irregular			Otras	
Nº de plantas	Menor o igual a 5	+	Vigas	Vigas de canto	+
	Más de 5	X		Vigas planas	X
Muros de fábrica	Ladrillo cerámico	X	Canto de los forjados (cm)	Canto y planas	
	Bloques de hormigón	-		Sin vigas	-
Tipo de forjados	Viguetas de cerámica amada		Enlace del forjado a las vigas	≤18	
	Viguetas pretensadas			18-20	
	Semiviguetas pretensadas	X		21-25	-
	Semiviguetas armadas	+		26-29	X
	Reticular sin vigas	-		≥ 30	+
Capa de compresión en el forjado	No, enrasado a bovedillas		Calidad del hormigón	Apoyado	
	2-3 cm			Semiempotrado	X
	4-5 cm	X		Baja $f_c=12-15$ MPa	
Rigidez del piso (en su plano)	>5 cm	-	Calidad del acero	Media $f_c=15-20$ MPa	+
	Baja			Alta $f_c \geq 25$ MPa	X
	Media	+		Liso $f_y= 240-260$ MPa	
Recubrimiento y separación de los cercos	Alta	X	Configuraciones críticas ante sismo	Corrugado $f_y= 400$ MPa	+
	Disposición regular	X		Corrugado $f_y= 500$ MPa	X
	Variable	+		Planta baja diáfana	
Detalle de las uniones y nivel de confinamiento	Muy variable	-	Diseño sismorresistente	Pilares cortos	
	Bajo	-		Alta irregularidad	
	Medio	X		W: nulo	-
Nivel de diseño con normas técnicas	Alto	+	Otros	M: medio	X
	Bajo	-		H: alto	+
	Medio	+			
	Alto	X			



Observaciones:

Corresponde a los edificios con estructura de hormigón armado del periodo más reciente, con aplicación de las normas de construcción sismorresistentes de forma más extendida. La mejora importante de la calidad de los materiales y los sistemas de control y constructivos sitúan la construcción en una mejor clase de vulnerabilidad.

Clase de vulnerabilidad
EMS-98

D

X Probable + Posible --- Menos posible

A-1	Estructura:		Periodos:		
	Pórticos de acero				
Estructura de acero laminado	Cercha y pórtico a dos aguas		Luces	Cortas, menos de 4 m	
	Aporticada con nudos rígidos	+		Medias, entre 4 y 5,5 m	X
	Aporticada con unión semirígida	X		Largas, más de 5,50 m	+
Configuración en planta	Regular	X	Disposición de la estructura	Pórticos paralelos	X
	Medianamente regular	+		Pórticos dos direcciones	+
	Muy irregular			Otras	
Nº de plantas	Menor o igual a 5	X	Arriostramiento de la estructura con cruces de San Andrés	Sin arriostramiento	
	Más de 5			En una dirección	+
Cerramientos	Ladrillo cerámico macizo	X	Uniones metálicas	En dos direcciones ortogonales	X
	Otros			Uniones soldadas	X
Tipo de forjados	Viguetas metálicas	X	Enlace del forjado a las vigas	Uniones atomilladas	-
	Viguetas pretensadas			Apoiado	X
	Semiviguetas pretensadas	+	Semiempotrado	+	
	Mixto acero-hormigón	-	Tipo de acero	A-37	+
Rigidez del piso (en su plano)	Baja			A-42b	X
	Media	X		A-56	-
	Alta	+	Configuraciones críticas ante sismo	Planta baja diáfana	+
Nivel control ejecución de uniones metálicas	Bajo			Pilares cortos	
	Medio	X		Alta irregularidad	
	Alto	+	Diseño sismorresistente	W: nulo	+
Diseño con normas técnicas	Reglas constructivas			M: medio	X
	Medio	X		H: alto	
	Alto	+	Otros		



Observaciones:

Clase de vulnerabilidad
EMS-98

D

X Probable + Posible --- Menos posible

A-2	Estructura:		Periodos:		
	Pórticos de acero a dos aguas, de nudos rígidos y arriostramiento longitudinal				
Estructura de acero laminado	Cercha y pórtico a dos aguas	X	Luces	Cortas, menos de 4 m	
	Aporticada con nudos rígidos			Medias, entre 4 y 5,5 m	
	Aporticada con unión semirígida			Largas, más de 5,50 m	X
Configuración en planta	Regular	X	Disposición estructura	Pórticos paralelos	X
	Medianamente regular			Pórticos dos direcciones	
	Muy irregular			Otras	
Nº de plantas	Menor o igual a 5	X	Arriostramiento de la estructura con cruces de San Andrés	Sin arriostramiento	
	Más de 5			En una dirección	X
Cerramientos	Ladrillo cerámico macizo				En dos direcciones ortogonales
	Otros	X	Uniones metálicas	Uniones soldadas	
Tipo de forjados	Viguetas metálicas	X			Uniones atomilladas
	Viguetas pretensadas		Enlace del forjado a las vigas	Apoyado	X
	Semiviguetas pretensadas			Semiempotrado	
	Mixto acero-hormigón			A-37	
Rigidez del piso (en su plano)	Baja	X	Tipo de acero	A-42b	X
	Media			A-56	
	Alta				
Nivel del control de ejecución de las uniones metálicas	Bajo		Configuraciones críticas ante sismo	Planta baja diáfana	
	Medio	X		Pilares cortos	
	Alto	+		Alta irregularidad	
Diseño con normas técnicas	Reglas constructivas		Diseño sismorresistente	W: nulo	
	Medio	X		M: medio	X
	Alto	+	Otros	H: alto	



Observaciones:

Son construcciones de poca masa y, por tanto, de menor fuerza de sollicitación sísmica. Aunque es una planta en general diáfana, en este caso no es una configuración crítica sísmica.

Clase de vulnerabilidad EMS-98	D
---	----------

X Probable + Posible --- Menos posible

A-3	Estructura:		Periodos:		
	Pórticos de cerchas trianguladas y arriostramiento longitudinal y transversal				
Estructura de acero laminado	Cercha y pórtico a dos aguas	X	Luces	Cortas, menos de 4 m	
	Aporticada con nudos rígidos			Medias, entre 4 y 5,5 m	
	Aporticada con unión semirígida			Largas, más de 5,50 m	X
Configuración en planta	Regular	X	Disposición de la estructura	Pórticos paralelos	X
	Medianamente regular			Pórticos dos direcciones	
	Muy irregular			Otras	
Nº de plantas	Menor o igual a 5		Arriostramiento de la estructura con cruces de San Andrés	Sin arriostramiento	
	Más de 5			En una dirección	
Cerramientos	Ladrillo cerámico macizo		Uniones metálicas	En dos direcciones ortogonales	X
	Otros	X		Uniones soldadas	X
Tipo de forjados	Viguetas metálicas	X	Enlace del forjado a las vigas	Uniones atomilladas	+
	Viguetas pretensadas			Apoyado	X
	Semiviguetas pretensadas		Tipo de acero	Semiempotrado	
	Mixto acero-hormigón			A-37	+
Rigidez del piso (en su plano)	Baja	X	Configuraciones críticas ante sismo	A-42b	X
	Media			A-56	-
	Alta			Planta baja diáfana	
Nivel del control ejecución de las uniones metálicas	Bajo		Diseño sismorresistente	Pilares cortos	
	Medio	X		Alta irregularidad	
	Alto	+		W: nulo	
Diseño con normas técnicas	Reglas constructivas		Otros	M: medio	X
	Medio	X		H: alto	
	Alto	+			



Observaciones:

Son construcciones de poca masa y, por tanto, de menor fuerza de sollicitación sísmica. Aunque es una planta en general diáfana, en este caso no es una configuración crítica sísmica, más aún si se considera el mayor arriostramiento de la estructura.

**Clase de vulnerabilidad
EMS-98**

E

X Probable + Posible --- Menos posible

4 Estimación del nivel de daños en función de la vulnerabilidad y del grado de intensidad del sismo

Una vez determinada la clase de vulnerabilidad sísmica de los distintos tipos de centros escolares, es posible estimar la probabilidad y la gravedad de los daños a los que se ve expuesto un centro al verse sometido a un sismo de una determinada intensidad.

4.1 Niveles del daño en los edificios provocado por sismo

Estudios realizados, en especial en Italia, a partir de la observación post-terremoto y la evaluación de los daños, así como otros financiados por la Unión Europea relativos a la mitigación de los desastres sísmicos, han establecido criterios y modelos de evaluación y sistemáticas de caracterización de daños, que han resultado de mucha utilidad para el conocimiento de los mecanismos de la acción sísmica y las intervenciones de reparación o refuerzo que precisan las construcciones afectadas.

Se establecen, de manera genérica, 5 niveles de daño en función de cómo se ven afectados los elementos estructurales y los no estructurales:

Tabla 9: Nivel de daños provocados por sismo

NIVEL DE DAÑOS PROVOCADOS POR SISMO	
1	<u>DESPRECIABLES</u> Ningún daño estructural - Daños no estructurales ligeros
2	<u>LEVES</u> Daños estructurales ligeros - Daños no estructurales moderados
3	<u>MODERADOS</u> Daños estructurales moderados - Daños no estructurales graves
4	<u>GRAVES</u> Daños estructurales graves - Daños no estructurales muy graves
5	<u>MUY GRAVES</u> Daños estructurales muy graves

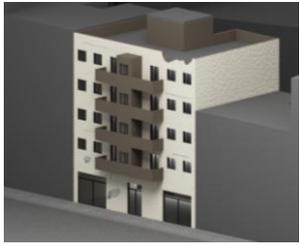
Que se particularizan en las Tablas 10 y 11, según sea el sistema estructural del edificio, mural o de pórticos de hormigón, en las que se indica el nivel de los daños producidos y las lesiones provocadas.

Con esta información, junto con la Clase de Vulnerabilidad por tipos posible, en el Apartado 4.2 se indica la probabilidad de que un centro (o de un conjunto) pueda sufrir daños y su nivel de gravedad, bajo los efectos de un sismo de un determinado Grado de intensidad sísmica EMS-98 (descrito en el Apartado 2.3.2).

Tabla 10: Nivel de daños provocados por sismo en estructuras murales

NIVEL DE LOS DAÑOS POR SISMO EN ESTRUCTURAS DE MUROS DE CARGA		
NIVEL	DAÑOS	
1	<p>Despreciables Ningún daño estructural - Daños no estructurales ligeros</p> <ul style="list-style-type: none"> · Fisuras en muy pocos muros. · Caída sólo de pequeños trozos de revestimiento. · Caída de piezas sueltas de las partes altas de los edificios en muy pocos casos. 	
2	<p>Leves Daños estructurales ligeros - Daños no estructurales moderados</p> <ul style="list-style-type: none"> · Grietas en muchos muros. · Fisuras de forjado con pequeños desplazamientos. · Caída de trozos bastante grandes de revestimiento. · Colapso parcial de chimeneas. 	
3	<p>Moderados Daños estructurales moderados - Daños no estructurales graves</p> <ul style="list-style-type: none"> · Grietas grandes y generalizadas en la mayoría de los muros. · Se sueltan tejas del tejado. · Rotura de chimeneas por la línea del tejado. · Se dañan elementos individuales no-estructurales (tabiques, hastiales y tejados). 	
4	<p>Graves Daños estructurales graves - Daños no estructurales muy graves</p> <ul style="list-style-type: none"> · Se dañan seriamente los muros. · Se producen daños elevados en las esquinas inferiores. · Se dañan seriamente los tejados y forjados. 	
5	<p>Muy graves Daños estructurales muy graves</p> <ul style="list-style-type: none"> · Colapso total o casi total. 	

Tabla 11: Nivel de daños provocados por sismo en estructuras porticadas

NIVEL DE DAÑOS POR SISMO ESTRUCTURAS PORTICADAS DE HORMIGÓN ARMADO		
NIVEL	DAÑOS	
1	<p>Despreciables Ningún daño estructural - Daños no estructurales ligeros</p> <ul style="list-style-type: none"> · Fisuras en el revestimiento de pórticos o en la base de los muros. · Fisuras en tabiques y particiones. 	
2	<p>Leves Daños estructurales ligeros - Daños no estructurales moderados</p> <ul style="list-style-type: none"> · Grietas en vigas y pilares de pórticos y en muros estructurales. · Grietas en tabiques y particiones; caída de enlucidos y revestimientos frágiles. · Caída de mortero de las juntas de paneles prefabricados. 	
3	<p>Moderados Daños estructurales moderados - Daños no estructurales graves</p> <ul style="list-style-type: none"> · Grietas en pilares y en juntas viga/pilar en la base de los pórticos y en las juntas de los muros acoplados. · Desprendimiento de revocos de hormigón, pandeo de la armadura de refuerzo. · Grandes grietas en tabiques y particiones; se dañan paneles de particiones aislados. 	
4	<p>Graves Daños estructurales graves - Daños no estructurales muy graves</p> <ul style="list-style-type: none"> · Grandes grietas en elementos estructurales con daños en el hormigón por compresión y rotura de armaduras; fallos en la trabazón de la armadura de las vigas; ladeo de pilares. · Colapso de algunos pilares o de una planta alta 	
5	<p>Muy graves Daños estructurales muy graves</p> <ul style="list-style-type: none"> · Colapso de la planta baja o de partes (por ejemplo alas) del edificio. 	

4.2 Probabilidad y nivel de daños

Tabla 12: Probabilidad y nivel de daños en función de la vulnerabilidad del edificio y el grado de intensidad sísmica EMS-98

GRADO DE INTENSIDAD EMS-98	EDIFICIOS AFECTADOS					
	Clase de vulnerabilidad	Nivel de los daños				
		1	2	3	4	5
I No sentido	A					
	B					
	C					
	D					
	E					
	F					
II Apenas sentido	A					
	B					
	C					
	D					
	E					
	F					
III Débil	A					
	B					
	C					
	D					
	E					
	F					
IV Ampliamente observado	A					
	B					
	C					
	D					
	E					
	F					
V Fuerte	A	Algunos				
	B	Algunos				
	C					
	D					
	E					
	F					
VI Levemente dañino	A	Muchos	Algunos			
	B	Muchos	Algunos			
	C	Algunos				
	D					
	E					
	F					
VII Dañino	A		Muchos	Algunos		
	B		Muchos	Algunos		
	C		Algunos			
	D	Algunos				
	E					
	F					
VIII Gravemente dañino	A			Muchos	Algunos	
	B			Muchos	Algunos	
	C			Algunos		
	D	Algunos				
	E					
	F					
IX Destructor	A				Muchos	Algunos
	B				Muchos	Algunos
	C				Algunos	
	D	Algunos				
	E	Muchos	Algunos			
	F	Algunos				
X Muy destructor	A				Muchos	Algunos
	B				Muchos	Algunos
	C				Algunos	
	D	Algunos				
	E	Muchos	Algunos			
	F	Algunos				
XI Devastador	A				Muchos	Algunos
	B				Muchos	Algunos
	C				Algunos	
	D	Algunos				
	E	Muchos	Algunos			
	F	Algunos				
XII Completamente devastador	A	Destrucción total				
	B	Destrucción total				
	C	Destrucción total				
	D	Destrucción total				
	E	Destrucción de la mayoría				
	F	Destrucción de la mayoría				

Algunos Muchos La mayoría

4.3 Tipos de daños producidos por sismo

Para concretar la clasificación y el nivel de daños de las Tablas 10 y 11, a continuación se detallan las lesiones, los síntomas, las causas que las provocan y el nivel de daños para estructuras de muros de carga, estructuras porticadas de hormigón armado y para los elementos no estructurales.

4.3.1 Estructuras de muros carga

En estructuras de fábrica los daños y lesiones se clasifican por los mecanismos siguientes:

a) **Mecanismos de modo I**

Este tipo de mecanismo se caracteriza porque se produce con desplazamiento de los muros en sentido ortogonal a su plano. Está en general ligado a las condiciones del enlace entre los muros ortogonales y con los elementos de piso y cubierta.

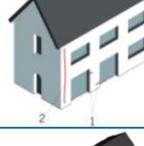
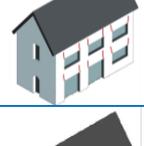
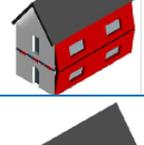
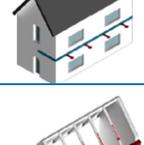
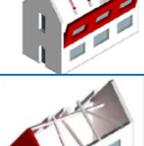
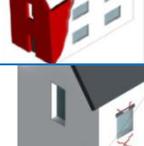
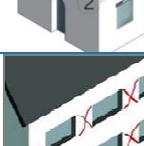
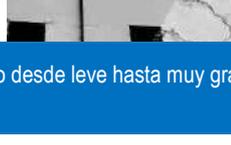
b) **Mecanismos de modo II**

En general se trata de mecanismos propios de cizallamiento por esfuerzo cortante y flexión, en algún caso por las acciones sísmicas horizontales paralelas al plano del muro, y se corresponden a lesiones de fisuración y agrietamiento con diversos trazados e inclinación en el plano del propio muro.

c) **Mecanismos de daño asociados a condiciones de contorno del edificio**

El efecto de las condiciones de contorno, los edificios adyacentes, las diferencias de masas, en altura etc., bajo las acciones sísmicas, inducen una serie de lesiones y roturas en cuña consecuencia de la irregularidad local en altura o en planta.

Tabla 13: Daños, síntomas, causas probables y calificación de daños en estructuras murales

DAÑOS EN MUROS DE CARGA				
Elemento	Síntoma	Causa probable y calificación (*)	Código	
Fachadas y Testeros	Fisuras verticales y/o rotura	En muro medianero, por pérdida de enlace con el muro de fachada 		M1
		Vuelco del muro superior bajo cubierta, por flexión horizontal 		M2
		En fachada, marcando la junta de muros, por pérdida de enlace con el muro medianero 		M3
		Entre construcciones de distintas alturas y compacidad, por interacción de cuerpos 		M4
		Sobre dinteles de huecos, por ser puntos débiles 		M5
	Fisuras horizontales y/o rotura	Vuelco de muro por flexión vertical 		M6
		A la altura del forjado, por empuje del plano horizontal 		M7
		Vuelco de muro de fachada 		M8
	Fisuras inclinadas y/o rotura	Vuelco con acompañamiento de muro perpendicular 		M9
		En la parte inferior o superior de los huecos, por ser puntos débiles 		M10
		En machones entre huecos, por ser puntos débiles 		M11

(*) La calificación de este tipo de lesiones depende en general del ancho de las fisuras producidas, variando desde leve hasta muy grave, cuando se produce la rotura o colapso

4.3.2 Estructuras porticadas de hormigón armado

Desde un punto de vista mecánico, los daños que se producen pueden sintetizarse de la siguiente forma:

d) **Fallo por esfuerzo cortante**

Las fuerzas sísmicas introducen fuertes esfuerzos cortantes que pueden manifestarse en fisuras y grietas en vigas y pilares con un trazado diagonal, sensiblemente a unos 45°.

e) **Fallos producidos por flexión**

Los esfuerzos de flexión inducidos por la acción sísmica se traducen en fisuración y agrietamiento en vigas y pilares de la estructura de hormigón armado. El fallo de flexión produce una articulación plástica que debe ser capaz de girar por la sollicitación de los momentos de flexión. Si las necesidades de giro (ductilidad) se agotan se puede producir el fallo y rotura frágil por compresión brusca del hormigón.

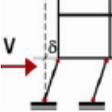
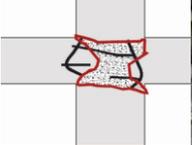
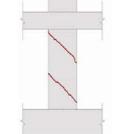
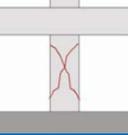
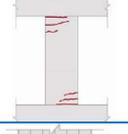
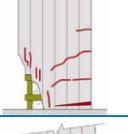
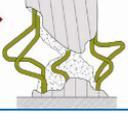
f) **Fallos producidos por flexo-compresión**

Cuando los esfuerzos de flexión se producen en elementos fuertemente solicitados a compresión por las propias cargas gravitatorias del edificio (caso de pilares) y también por incremento de compresión que puede producir el sismo, se pueden tener daños a flexo-compresión. En caso que predomine el factor de compresión y se produzca el agotamiento por compresión del hormigón la rotura es inmediata y muy grave el daño, que puede llevar al colapso de parte o toda la estructura. Este tipo de fallos está asociado a los mecanismos de colapso global de la estructura, como es el caso de la planta débil que se indicará con posterioridad.

g) **Inclinaciones fuertes de la estructura**

Las deformaciones permanentes de elementos estructurales y el terreno, así como el colapso parcial de nudos, que provoca descensos de los forjados de piso, pueden llevar al edificio a inclinaciones elevadas.

Tabla 14: Daños, síntomas, causas probables y calificación de daños en estructuras porticadas de hormigón

DAÑOS EN ESTRUCTURAS PORTICADAS DE HORMIGÓN ARMADO				
Elemento	Síntoma	Causa probable y calificación (*)	Código	
Pilares	Inclinación y/o colapso	Pérdida de verticalidad por planta débil 		P1
		Colapso por planta débil 		P2
	Fisuras inclinadas y/o rotura	En la parte superior o inferior del pilar, por fallo a cortante 		P3
		En toda la altura de pilares cortos. Fallo por cortante. 		P4
		A la altura de los huecos de fachada. Fallo por cortante, debido al confinamiento parcial que produce la fábrica en el pilar. Efecto "infilling". 		P5
	Fisuras horizontales y/o rotura	En la parte superior o inferior, más abiertas en los laterales y disminuyendo el ancho hacia el centro. Fallo por flexión 		P6
		En la parte inferior por fallo a flexocompresión. Presencia de estribos de confinamiento. 		P7
		En la parte inferior, por fallo a flexocompresión. Ausencia de estribos de confinamiento o muy separados 		P8
Vigas	Fisuras inclinadas y/o rotura	En los extremos de la viga. Fallo por cortante. 		V1
	Fisuras verticales	En los extremos de la viga, verticales en la parte inferior de la viga y horizontales en la superior. Fallo por flexión. 		V2

(*) La calificación de este tipo de lesiones depende en general del ancho de las fisuras producidas, variando desde leve hasta muy grave, cuando se produce la rotura o colapso. En tabla siguiente se incluyen unos esquemas orientativos.

Tabla 15: Calificación del daño en pilares y vigas

CALIFICACIÓN DEL DAÑO EN PILARES POR CORTANTE	
Normales	<p>Leve Nivel de daños Muy grave Colapso</p> <p> fisuras $w < 1\text{mm}$ fisuras $1 < w < 2\text{mm}$ fisuras grandes $w > 2\text{mm}$ pérdida recubrimiento rotura con pandeo de armadura </p>
	<p>Leve Nivel de daños Muy grave Destrucción</p> <p> fisuras $w < 2\text{mm}$ visible ($b < 40\text{cm}$) fisuras $0.2 < w < 2\text{mm}$ fisuras $w > 2\text{mm}$ "Spalling" Pandeo armadura Colapso </p>
CALIFICACIÓN DEL DAÑO EN VIGAS	
POR CORTANTE	POR FLEXIÓN
<p>Leve Muy grave Destrucción</p> <p>crecimiento daños</p> <p> fisuras visibles $w < 1\text{mm}$ fisuras y rotura local $1 < w < 5\text{mm}$ fisuras grandes $w < 5\text{mm}$ "spalling extendido" rotura e inicio colapso descenso visible </p>	<p>ΔM Freq.</p> <p> Fisuras $w \leq 0.4\text{mm}$ Fisuras $0.4 < w \leq 0.4\text{mm}$ Fisuras visibles bloque comprimido, rótula plástica Agotamiento y rotura bloque comprimido </p> <p>Leve severo</p> <p>Grave Rotura Colapso</p> <p>← C → T</p>

4.3.3 Elementos no estructurales

a) Interacción de la estructura porticada con los cerramientos exteriores

Los cerramientos, en general de fábrica de ladrillo, interaccionan con la estructura porticada de hormigón armado cuando actúan las fuerzas sísmicas. La coacción implica, de forma simplificada, la generación de un mecanismo resistente por las bielas de compresión que se generan en el paño de albañilería. La interacción depende del tipo de enlace que se tenga con el marco del pórtico (rozamiento solo en la mayor parte de los casos) y la entrada en carga de estos elementos hace que sean susceptibles de dañarse.

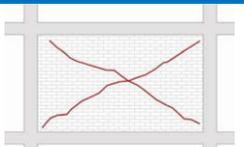
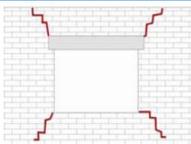
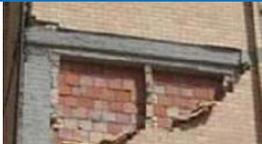
La mayor parte de los daños se produce por esfuerzo cortante paralelo al plano del paño de fábrica, que equivale a una tracción en sentido contrario a las bielas de compresión. Cuando esta tensión supera la resistencia a tracción de la fábrica se produce una fisura diagonal.

b) En tabiquería y otros elementos no estructurales

Los daños en elementos interiores de tabiquería responden, en general, a sistemas de lesiones análogos a los explicados en el apartado anterior y otra serie de daños asociados, como despegues y separación del techo, desplomes e inclinaciones, con un nivel de daños variable dependiendo de la magnitud de la acción sísmica.

Aparecen daños en otros elementos como solados, techos, falsos techos, pavimentos etc. que se manifiestan con desconexiones, grietas, abombamientos y otros.

Tabla 16: Daños, síntomas, causas probables y calificación de daños en elementos no estructurales

DAÑOS EN ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES					
Elemento	Síntoma	Causa probable y calificación (*)		Código	
Muros de fachada y tabiquería	Fisuras inclinadas	Marcando las diagonales de los paños. Fallo por cortante, debido a la interacción de la fábrica con el pórtico.			F1
		Alrededor de los huecos de fachada que parten de las esquinas. Son puntos débiles y rompen por fallo a cortante.			F2
	Fisuras horizontales	En la unión entre tabique y techo, produciendo el despegue entre ambos. Falta de unión entre ambos.			F3
Hoja exterior	Rotura, inclinación o caída de fábricas	Caída de la hoja de exterior en fachadas con cámara, por falta de anclaje a la estructura.			F4
Antepecho		Caída de antepechos por falta de anclaje a la estructura.			F5
Ventanas y balcones	Rotura y/o caída de vidrios	Falta de unión de las hojas de vidrio a la carpintería			H1
Elementos salientes: aleros, cornisas	Fisuración, rotura y/o caída	Caída de tejas y cornisas por falta de anclaje adecuado			S1
Chimeneas		Falta de anclaje			S2
Revestimientos	Fisuración, rotura y/o caída	En aplacados, por rotura del anclaje			R1
		En falso techo, por ausencia de juntas			R2

(*) La calificación de este tipo de lesiones desde el punto de vista del riesgo estructural, es leve, pero desde el punto de vista del riesgo para las personas, es muy grave, debido a que pueden provocar la caída de cuerpos a la vía pública y ocasionar víctimas entre la población.

4.4 Ejemplo de análisis de la vulnerabilidad y posibles daños causados por el sismo en un centro escolar

Con el fin de aplicar los conceptos básicos de la Guía, se ha seleccionado un centro escolar representativo de los construidos entre los años 1970-1990.

Se trata del centro público “Col·legi d'educació infantil i primària Max Aub”, situado en la C/ Pare Urbà s/n de Valencia, construido en el año 1985 y con una superficie construida de 3122m².

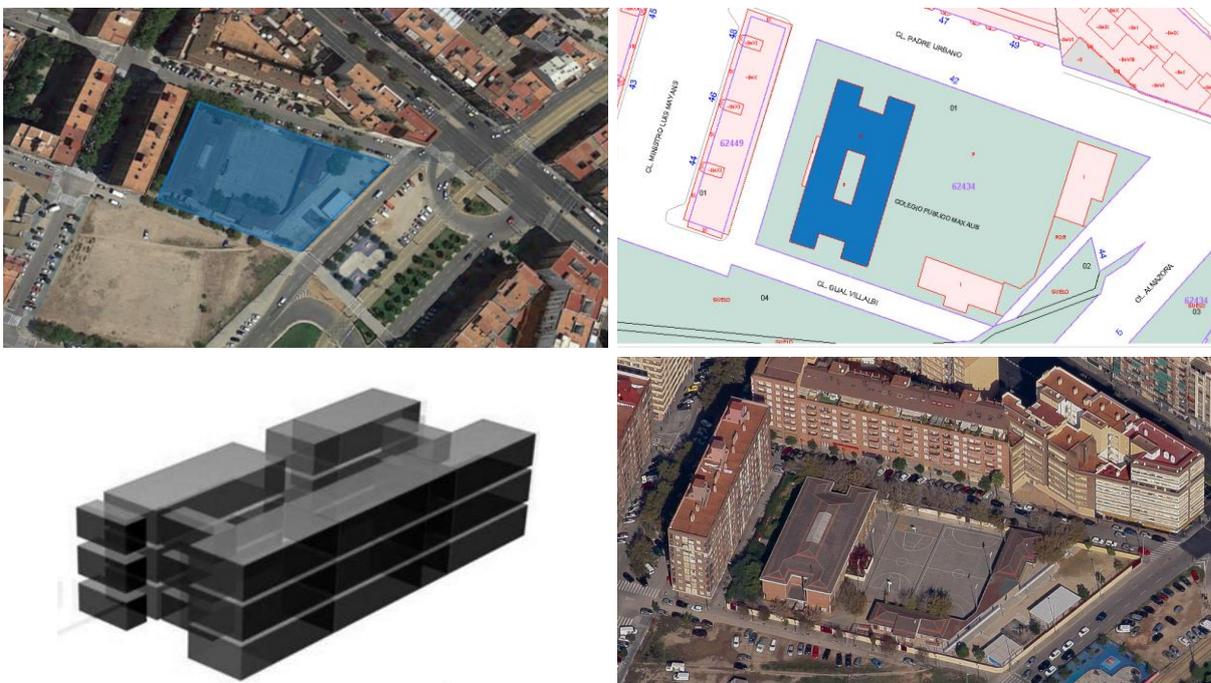


Figura 14: Col·legi d'educació infantil i primària Max Aub

Un único edificio concentra todas las aulas y servicios del centro educativo, en torno a una planta en H, formado por tres crujías paralelas de luces 6,5 m. Las dos crujías externas albergan los diferentes usos docentes, mientras que la en la crujía interior se sitúan los núcleos de escaleras y un patio de ventilación e iluminación.

El edificio cuenta con planta baja más dos, con la misma altura libre de 2,70 m, y dispone de un porche al extremo de la planta baja cubriendo cinco de los interejes estructurales.

Otras características a resaltar del edificio y que afectan a su vulnerabilidad sísmica del mismo, son:

- Estructura de hormigón armado, de pórticos perpendiculares a fachadas longitudinales, con luces aproximadas de 6,5 m e interejes de 4,5 m.
- Cubierta inclinada a cuatro aguas, común a toda la edificación.
- El edificio no dispone de pantallas de rigidización.
- Distribución geométrica del edificio simétrica y regular, con dos ejes de simetría ortogonales a nivel de elementos resistentes.
- Diferencia de rigidez de las plantas, como consecuencia de la existencia del porche diáfano en la planta baja.



Figura 15: Factores de riesgo debidos a la estructura y composición de fachada

- El edificio no dispone de juntas entre los diferentes edificios o construcciones.
- El diseño de las fachadas principales del edificio, con huecos corridos en cada entrepaño, genera pilares cortos.



Figura 16: Factores de riesgo debidos a elementos no estructurales

- En el edificio existen elementos constructivos no estructurales, con borde superior libre, como cornisas, antepechos, chimeneas... que no se encuentran correctamente enlazados a la estructura con el fin de garantizar su estabilidad.
- En las zonas de tránsito en torno al edificio, existen elementos anclados a fachada, tales como aparatos de aire acondicionado, toldos, megafonía... cuyo desprendimiento en caso de sismo puede producir daños a terceros.



Figura 17: Factores de riesgo debidos a instalaciones en fachada

- Las uniones de las diferentes instalaciones del edificio con la construcción, no permiten movimientos diferenciales para absorber las deformaciones en caso de sismo.

Sistemas para la prevención de daños por sismo



S1 Refuerzo de pilares, vigas y nudos
con TEJIDOS

S2 Refuerzo de muros de carga
con TEJIDOS

S3 Refuerzo de forjados
con recrecidos de MICROHORMIGÓN

S4 Estabilización de tabiques, falsos techos y otros elementos secundarios
con MALLAS

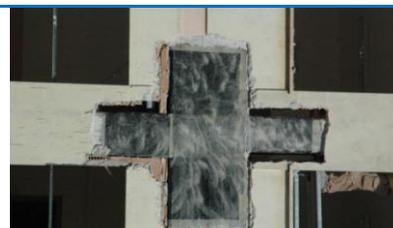
S Sistemas para la prevención de daños por sismo

Siguiendo la clasificación y el análisis de los tipos de riesgos propuesta anteriormente, en este capítulo se exponen distintos sistemas de prevención desarrollados por MAPEI con los que se puede intervenir en distintos elementos constructivos:

S1

Mapei FRP System Tejido de fibras de vidrio, carbono, basalto y metálicas

Elemento	Función
Pilares y vigas	Refuerzo a flexión y cortante
Nudos pilar-viga	Rigidización
Muros	Refuerzo a flexión y cortante



Gama de materiales compuestos por fibras de alta y de altísima resistencia mecánica y por resinas poliméricas con un elevado módulo elástico, que aportan una muy alta contribución a la rigidez a la pieza reforzada.

S2

Mapei FRG System Mallas de fibra de vidrio y de basalto

Elemento	Función
Muros de carga	Refuerzo a cortante



Gama de materiales específicos para el refuerzo estructural de elementos de albañilería, compuestos por fibras de alta y de altísima resistencia mecánica y por de un aglomerante hidráulico cementoso con reactividad puzolánica, que aseguran la compatibilidad química y mecánica con la albañilería.

S3

Planitop HPC Floor Mortero premezclado con fibras rígidas de acero

Elemento	Función
Forjados	Rigidización



Mortero de elevada fluidez para el refuerzo estructural, que aumenta la capacidad portante y la ductilidad de la estructura, con espesores de entre 1 y 4 cm.

S4-1

Mapei FRG System + MapeWrap S Fiocco Mallas de fibra de vidrio y cuerda de fibra metálica

Elemento	Función
Fachadas, cerramientos	Estabilidad, antivuelco
Tabiquerías y particiones	

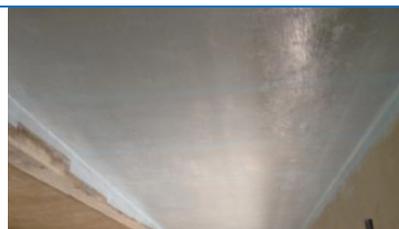


Guarnecido con malla de fibra de vidrio para las conexiones entre la trama estructural de hormigón armado y los muros de cerramiento a fin de evitar la rotación en el pie de la pared.

S4-2

Mapewrap EQ System Mallas de fibra de vidrio

Elemento	Función
Fachadas, antepechos	Estabilidad, antivuelco y antidesprendimiento
Tabiquerías	
Techos, bovedillas,...	



Guarnecido con mallas de fibra de vidrio para evitar caídas de trozos de tabiques, falsos techos, bovedillas, etc. de manera que los elementos desprendidos quedan retenidos, evitando obstáculos en los "recorridos de evacuación" de los edificios.

Elementos Estructurales

Elementos No Estructurales

A continuación detalla las posibles aplicaciones y comportamiento de los sistemas:

Tabla 17: Función de los sistemas de intervención

FUNCIÓN	ELEMENTOS ESTRUCTURALES				ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
	Pilares y vigas	Nudos	Forjados	Muros	Tabiques	Bovedillas	Falsos techos
Refuerzo a Flexión	S1		S1 / S3	S1 / S2			
Refuerzo a Cortante	S1	S1	S1 / S3	S1 / S2	S2		
Estabilidad, antivuelco				S2 / S4-1 / S4-2	S2 / S4-1 / S4-2		
Antidesprendimiento				S2 / S4-2	S2 / S4-2	S4-2	S4-2
Rigidización	S1	S1	S3				

Tabla 18: Facilidad de ejecución, efectividad y durabilidad de los sistemas

SISTEMA	ELEMENTOS ESTRUCTURALES				ELEMENTOS NO ESTRUCTURALES		
	Pilares y vigas	Nudos	Forjados	Muros	Tabiques	Bovedillas	Falsos techos
S1	Flexión Cortante	Flexión Cortante	Flexión	Flexión Cortante			
	V +++ TTT	V +++ TTT	V +++ TTT	V +++ TTT			
S2				Cortante	Cortante Antivuelco		
				VV +++ TTT	VV +++ TTT		
S3		Rigidización VV +++ TTT					
S4-1					Estabilidad antivuelco		
					VV +++ TTT		
S4-2					Estabilidad	Anti desprendimiento	Anti desprendimiento
					VV +++ TTT	VV +++ TTT	VV +++ TTT

Comportamiento	Menor	Medio	Mayor
Facilidad de ejecución	V	V V	V V V
Efectividad	+	++	+++
Durabilidad	T	T T	T T T

A continuación se describen detalladamente cada uno de los sistemas, con la siguiente estructura:

- 1 Campo de aplicación**
- 2 Materiales**
- 3 Requisitos**
- 4 Puesta en obra**
- 5 Inspección y control**

Sistema S1



Refuerzo de
PILARES, VIGAS Y NUDOS con tejidos

S1 Refuerzo de pilares, vigas y nudos con tejidos

En los compuestos fibrorreforzados las fibras desempeñan el rol de elementos portantes, tanto en términos de resistencia como de rigidez, mientras la matriz, además de proteger las fibras, actúa de elemento de transferencia de los esfuerzos entre las fibras, y entre estas últimas y el elemento estructural sobre el que el compuesto ha sido aplicado. Las fibras pueden disponerse en todas direcciones, según los datos del proyecto, de forma tal que se optimicen las propiedades mecánicas del compuesto en las direcciones deseadas. La característica peculiar de los compuestos estructurales es la de proporcionar prestaciones mecánicas mejores o, por lo menos, más “completas” que las que proporcionaría cada fase componente.

El término FRP es el acrónimo de Fiber Reinforced Polymer, o sea de “material polimérico fibrorreforzado”. Los FRP pertenecen a la vasta familia de los “compuestos estructurales” y son materiales constituidos por fibras de refuerzo inmersas en una matriz polimérica.

Los materiales fibrorreforzados de matriz polimérica son materiales compuestos, heterogéneos y anisótropos, que muestran un comportamiento elástico lineal hasta el colapso.

S1 1 Campo de aplicación en refuerzo antisísmico

Mejora de las prestaciones mecánicas de las estructuras existentes de hormigón armado, proyectadas sin normas anti-sísmicas y, por consiguiente, dimensionadas para soportar mayoritariamente cargas verticales.

Las estructuras de hormigón armado se caracterizan frecuentemente por un comportamiento global insatisfactorio a causa de la baja ductilidad disponible y de la ausencia de una jerarquía de resistencias que induzca mecanismos globales de colapso. Los recientes eventos sísmicos han evidenciado numerosos problemas en los nudos viga-pilar, debido al desarrollo de numerosas rótulas plásticas en la cabeza o al pie de los pilares.



Figura 18: Lesiones en pilares y nudos

El bajo grado de confinamiento de los pilares, debido a la presencia de pocos estribos o de estribos abiertos, puede provocar una crisis flexional en la cabeza o el pie, con el consiguiente aplastamiento del hormigón comprimido no confinado, inestabilidad de las barras comprimidas y deslizamiento de las traccionadas. En particular, la ausencia de estribos en los nudos viga-pilar, especialmente en los externos, puede dar lugar a una crisis de tipo local debida a rotura por corte del núcleo.

Por lo tanto, a fin de garantizar un adecuado comportamiento bajo acciones sísmicas e incrementar la ductilidad de tales sistemas, se debe proceder a incrementar la resistencia a cortante de las vigas y pilares en sus partes convergentes en el nudo y al confinamiento de los extremos de los pilares, donde se concentran las mayores demandas de ductilidad en presoflexión.

Los tipos de intervención mediante mallas que mejoran las prestaciones del nudo viga-pilar son:

- 1- El incremento de la capacidad del núcleo de nudo y de la parte alta del pilar respecto a la acción de corte ejercida por el cerramiento, que se obtiene mediante la aplicación de fajas diagonales de tejido metálico uni-direccional MAPEWRAP S FABRIC en el nudo. Esta fase prevé además la disposición de fajas en L de tejido cuadriaxial de fibra de carbono MAPEWRAP C QUADRI-AX en la intersección de las vigas con el pilar.

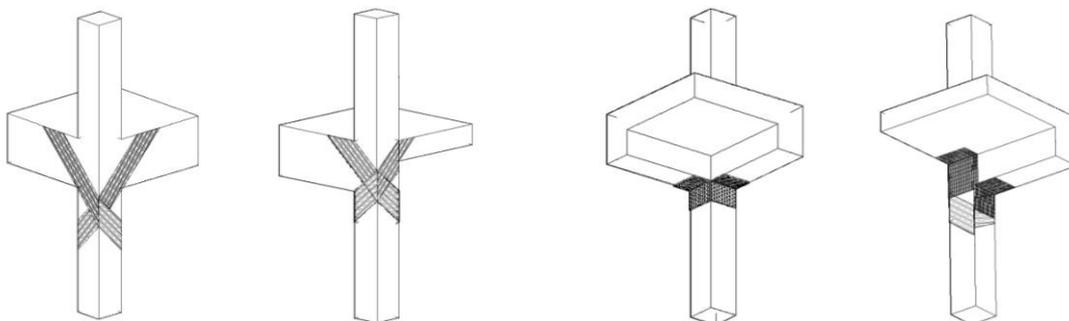


Figura 19: Refuerzo de nudos

- 2- El incremento de la resistencia a corte del núcleo del nudo, que puede conseguirse mediante la disposición de tejido cuadriaxial equilibrado de fibra de carbono MAPEWRAP C QUADRI-AX sobre el nudo.
- 3- El confinamiento de los extremos de los pilares, que se realiza mediante un enfajado con tejido uni-direccional de fibra de carbono MAPEWRAP C UNI-AX y permite conferir a los mismos un significativo incremento de la resistencia a cortante y de la capacidad de deformación. Para el extremo superior del pilar, el incremento de resistencia a corte conferido por el confinamiento también es beneficioso en lo que respecta a las acciones de corte adicionales debidas al puntal que se forma en el cerramiento.

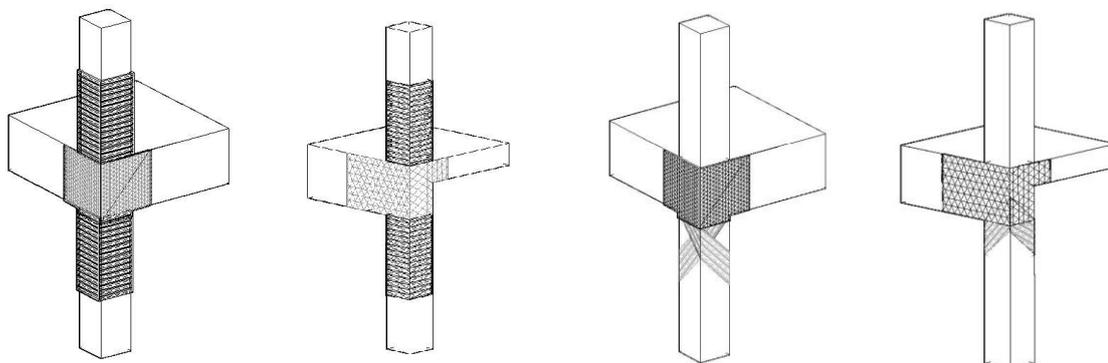


Figura 20: Confinamiento pilares

- 4- El incremento de la resistencia a corte de los extremos de las vigas, que se realiza mediante un enfajado en U con tejido uni-direccional de fibra de carbono MAPEWRAP C UNI-AX.

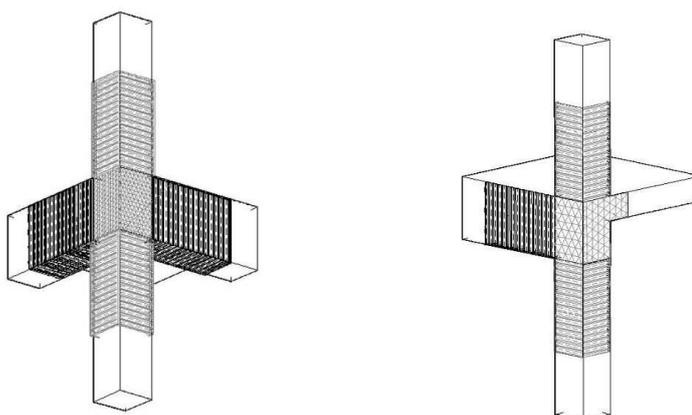


Figura 21: Enfajado de vigas

S1 2 Materiales

En los compuestos fibrorreforzados, la matriz polimérica es generalmente a base de resinas epoxídicas que, por mezclado con un endurecedor adecuado, polimerizan (reticulan) hasta devenir un material sólido vítreo.

Los tejidos empleados, en general, en el refuerzo de las estructuras con FRP están constituidos por:

- **Fibras de carbono**
Las fibras de carbono pueden ser fibras de alta resistencia y elevado módulo elástico o fibras de alta resistencia y elevadísimo módulo elástico (HM).
- **Fibras de vidrio**
Las fibras de vidrio son del tipo vidrio E, o del tipo vidrio A.R., resistentes a los álcalis.
- **Fibras de basalto**
Poseen propiedades intermedias entre las fibras de carbono y las de vidrio, ya que poseen características mecánicas comparables, en términos de resistencia mecánica, a las fibras de carbono y un módulo de elasticidad similar a las de vidrio.
- **Fibras metálicas**
Fibras de acero de altísima resistencia mecánica.

Y se distinguen, según la direccionalidad de las fibras, entre:

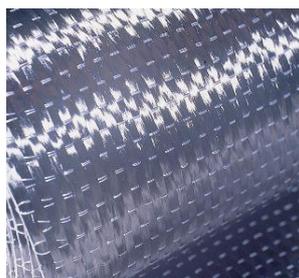
- **Uniaxiales**
Todas las fibras orientadas en la dirección longitudinal y mantenidas juntas por una trama ligera de tipo no estructural;
- **Biaxiales**
Constituidos por un tejido trama-urdimbre ortogonal equilibrado (igual porcentaje de fibras en las dos direcciones);
- **Cuadriaxiales**
Con fibras orientadas en diversas direcciones del plano.

Línea Mapei FRP System para el refuerzo estructural

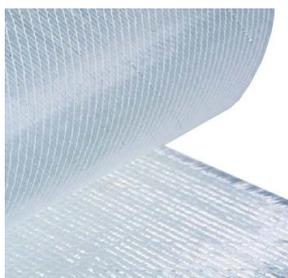
Mapei FRP System es una gama completa de materiales compuestos constituidos por fibras de alta resistencia y altísima resistencia mecánica y resinas poliméricas, expresamente formuladas para el refuerzo y la adecuación estática y sísmica de estructuras de hormigón armado, normal y pretensado, acero, albañilería y madera.

Tejidos

- **MAPEWRAP C**
Tejidos uniaxiales, biaxiales y cuadriaxiales de fibra de carbono, disponibles en varios gramajes, dimensiones y módulos elásticos.
- **MAPEWRAP G**
Tejidos uniaxiales y cuadriaxiales de fibra de vidrio, disponibles en varios gramajes.
- **MAPEWRAP B**
Tejido de fibra de basalto, uniaxial de elevada resistencia y disponible en diversos gramajes.
- **MAPEWRAP S FABRIC**
Tejido uniaxial de fibras de acero.



MapeWrap C UNI-AX 300



MapeWrap G Quadri-AX



MapeWrap B UNI-AX



MapeWrap S Fabric

Figura 22: Tejidos

Adhesivos

- **MAPEWRAP PRIMER 1, MAPEWRAP 11/12, MAPEWRAP 21 y MAPEWRAP 31**
Gama de adhesivos epoxídicos para la impregnación, la impregnación y el encolado.

Láminas y barras rígidas

Además de los tejidos, están disponibles elementos rígidos ya impregnados con resina, obtenidos mediante un proceso industrial de extrusión bajo tracción denominado “pultrusión”. Utilizados en forma de láminas o barras, se encolan a la estructura a reforzar mediante el empleo de resinas epoxídicas de consistencia tixotrópica:

- **CARBOPLATE**
Láminas pultrudas de fibra de carbono, disponibles en varias dimensiones y módulos elásticos.
- **MAPEROD C**
Barras pultrudas de fibra de carbono.
- **MAPEROD G**
Barras pultrudas de fibra de vidrio.
- **CARBOTUBE**
Tubos pultrudos de fibra de carbono.



Figura 23: Adhesivos, láminas y barras. Colocación del sistema

Elementos auxiliares de conexión estructural

Como complemento a los refuerzos estructurales realizados mediante Mapei FRP System y mediante Mapei FRG System se pueden realizar conexiones estructurales en general entre los soportes y los refuerzos mediante distintos tipos de “fioccos”.

- **MAPEWRAP FIOCCO**
Es un sistema de “conexiones estructurales” constituido por hebras de fibra de carbono MAPEWRAP C FIOCCO, de vidrio MAPEWRAP G FIOCCO y de acero MAPEWRAP S FIOCCO, unidireccionales, contenidas por una red que les da forma de cuerda, disponibles en diferentes diámetros para satisfacer las diversas exigencias en obra. MAPEWRAP C FIOCCO y MAPEWRAP G FIOCCO deben impregnarse in situ mediante MAPEWRAP 21.

Pueden utilizarse en combinación con los tejidos de la línea Mapei FRP System, con las láminas CARBOPLATE y con los sistemas de refuerzo realizados con mallas MAPEGRID con el fin de mejorar su anclaje, especialmente cuando se efectúan intervenciones de refuerzo a flexión o a cortante.



Figura 24: Colocación de los Fioccos

S1 3 Requisitos

Soporte

Evaluar eventuales defectos internos del hormigón (carbonatación, corrosión de las armaduras, tasa de cloruro elevada, etc.) y determinar sus características mecánicas. Las degradaciones superficiales del hormigón se deben reparar con la ayuda de morteros de reparación de la gama MAPEGROUT.

Los revestimientos antiguos (pinturas, enlucidos) serán eliminados.

Se eliminarán las vías de agua antes y durante la realización de la reparación.

En ausencia de justificaciones específicas, la superficie del hormigón deberá presentar una cohesión superficial $\geq 1,5$ MPa (que se verificará in situ por medio de una prueba de tracción directa perpendicular, con la ayuda de un dinamómetro).

La superficie del hormigón debe ser lisa y continua. Se deberán efectuar las operaciones siguientes:

- Sanear el hormigón por eliminación de los cuerpos extraños y zonas segregadas, reparar la superficie de las cavidades, cortar los salientes y anular por pulido las rebabas.
- Obturar todas las cavidades con la ayuda de un mortero de reparación de la gama MAPEGROUT o con la ayuda de ADESILEX PG1.
- Efectuar en caso necesario un recubrimiento de los poros y/o un enlucido de las rugosidades del soporte con la ayuda de MAPEWRAP 11 o de ADESILEX PG 1.
- Inyectar las fisuras de abertura superior a 0,3 mm con la ayuda de EPOJET o EPOJET LV.
- Para el sistema MAPEWRAP, se amolarán los bordes para formar un chaflán con un radio mayor de 2 cm.
- La superficie del hormigón deberá presentar por lo menos las tolerancias de forma de un revestimiento ordinario: 15 mm bajo la regla de 2 m, o 6 mm bajo la regleta de 20 cm.
- Si este no fuera el caso, se deberá volver a perfilar el soporte mediante la utilización de un mortero de reparación de la gama MAPEGROUT o de las colas epoxídicas MAPEWRAP 11 o ADESILEX PG1.
- El soporte hormigón deberá recibir una preparación de superficie de modo que se mejore la adherencia del adhesivo sobre el hormigón, idealmente mediante chorro de arena en seco.
- Se deberá eliminar del soporte todo tipo de aceites, grasas, sales, etc. así como la lechada superficial mediante chorro de arena en seco, chorro de arena húmedo, lavado con agua a alta presión, lijado con disco diamantado o granallado.
- Están proscritas las técnicas de fresado, abujardado, burilado y decapado térmico.

Entorno

- Tiempo calmado, con el fin de evitar que el viento introduzca en las resinas polvo, hojas, detritus, etc.
- La temperatura del aire para la puesta en obra de los sistemas deberá estar entre + 5°C y + 30°C.
- Las superficies de encolado deberán estar al abrigo de la lluvia y de todo tipo de escorrentía.
- La temperatura mínima del soporte ha de ser de + 5 °C.
- La temperatura máxima del soporte ha de ser de + 30 °C, ya que por encima, el tiempo abierto de las resinas es demasiado corto.
- Después de haber efectuado la intervención, se deberá mantener la superficie tratada a una temperatura superior a + 5°C.
- Proteger contra la lluvia durante 24 horas como mínimo si la temperatura no desciende de + 15 °C, y durante, por lo menos, 3 días si la temperatura es inferior a + 15°C.
- Para una higrometría inferior al 80 %, la empresa verificará cada día, al inicio de la jornada, que la temperatura del soporte sea superior en + 3 °C a la del punto de rocío, con el fin de evitar todo riesgo de condensación sobre el soporte.
- Para una higrometría superior al 80 %, la empresa verificará todas las horas que la temperatura del soporte sea superior en + 3 °C a la del punto de rocío, con el fin de evitar todo riesgo de condensación sobre el soporte.

S1 4 Puesta en obra

Preparación del soporte

Las superficies a reparar deberán prepararse eliminando completamente el hormigón dañado mediante repicado manual o mecánico o con otros medios idóneos, como la hidroescarificación, a fin de obtener un soporte sólido, exento de partes en fase de desprendimiento y suficientemente rugoso.

Cuando la eliminación del hormigón dañado se haya efectuado por repicado manual o mecánico será necesario efectuar un cepillado de los hierros de armadura o proceder a un chorreado con arena y agua, a fin de eliminar el óxido presente y dejar la superficie como metal blanco. Este chorreado no es necesario cuando la preparación de la superficie se haya efectuado mediante hidroescarificación, pero sí es necesario cuando haya transcurrido un elevado intervalo de tiempo desde tal operación, a causa de exigencias organizativas particulares de la obra, antes del tratamiento de los hierros de armadura.

Una vez eliminado el óxido, las armaduras debe tratarse mediante la aplicación a brocha de dos manos de mortero cementoso anticorrosivo monocomponente MAPEFER o MAPEFER 1K. Ambos productos, a base de aglomerantes cementosos, polímeros en polvo e inhibidores de la corrosión, tienen la específica función de impedir la formación de óxido.



Figura 25: Preparación del soporte

La superficie objeto de reparación deberá estar limpia y saturada hasta rechazo con agua, pero con la superficie seca (condición s.s.a.), mediante hidrolavado. La restauración del recubrimiento se realizará mediante el empleo de uno de los productos de la línea MAPEGROUT.

Aplicación del adhesivo y colocación

- 1º- Redondeo de todas las aristas vivas, hasta obtener un radio de curvatura de, al menos, 20 mm.
- 2º- Aplicación a brocha o rodillo del imprimador epoxídico bicomponente, MAPEWRAP PRIMER 1, a fin de consolidar superficialmente el soporte cementoso.
- 3º- Enlucido de regularización de las superficies imprimadas anteriormente, con MAPEWRAP 11/12.
- 4º- Aplicación de banda cruzada de MAPEWRAP S FABRIC (tejido unidireccional de fibra metálica y elevada resistencia, Figuras 7.6 y 7.7).
- 5º- Aplicación de “angulares” en el encuentro entre el pilar y las vigas, utilizando porciones de MAPEWRAP C QUADRI-AX (tejido cuadriaxial de fibra de carbono de elevada resistencia).
- 6º- Aplicación de tejido cuadriaxial equilibrado de fibra de carbono MAPEWRAP C QUADRI-AX en el núcleo central del nudo.
- 7º- Confinamiento de la parte superior del pilar con tejido unidireccional de fibra de carbono MAPEWRAP C UNI-AX.
- 8º- Aplicación, en los extremos de las vigas, de “estribos abiertos” con la típica conformación en “U”, de tejido unidireccional de fibra de carbono MAPEWRAP C UNI-AX.
- 9º- Todos los tejidos MAPEWRAP C deban impregnarse adecuadamente con MAPEWRAP 31.



Figura 26: Aplicación del adhesivo y colocación del tejido

Protección

- **Del recubrimiento de MAPEWRAP:**
 - 1º- En la capa de MAPEWRAP 31 todavía fresca enarenar hasta rechazo con arena limpia y seca (por ejemplo, el QUARZ 1,2 de MAPEI).
 - 2º- Una vez seco (aproximadamente 24 h a 20°C), eliminar el exceso de arena mediante cualquier medio adecuado (barrido o aspiración, por ejemplo).
 - 3º- A partir de este momento se pueden aplicar los revestimientos de acabado (de conformidad con las fichas técnicas).
- **Contra la corrosión:**

Los materiales a base de fibras de carbono, son insensibles a la corrosión y, por ello, no precisan protección.
- **Frente al fuego:**

Por lo que respecta a la justificación al fuego de la estructura reforzada, se deberá verificar, haciendo un cálculo del ELU bajo combinaciones accidentales (es decir, considerando las cargas sin coeficiente de ponderación), que la estructura resiste siempre (teniendo en cuenta únicamente los aceros existentes). Si esto se verifica, el refuerzo efectuado con FRP no precisa protección contra el fuego. En el caso contrario, conviene proteger el refuerzo por medio de un producto aislante para que la temperatura de la interfaz de encolado permanezca inferior a la temperatura de transición vítrea de las resinas (por ejemplo, placas de silicato de calcio prefabricadas).

S1 5 Inspección y control

S1 5.1 Recepción de materiales

Para asegurar la idoneidad de los materiales y su correcto almacenamiento en obra antes de proceder a su aplicación, se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios:

- **Control documental**
 - Nombre y dirección del fabricante.
 - Copia de la Certificación de empresa según ISO 9001.
 - Cómputo de cantidades recibidas.
 - Denominación de los materiales e identificación de todos los envases.
 - Identificación de los materiales: registro del nº de partida de fabricación.
 - Certificado de Control de Calidad de las partidas suministradas.
 - Comprobación de la fecha límite de uso en cada uno de los envases.
 - Ficha Técnica y Hoja de Datos de Seguridad, que deberán permanecer accesibles en la Oficina de la obra.
 - Declaración de Prestaciones.
 - DIT, DAU u otros similares.
- **Almacenamiento en obra**
 - Los materiales se almacenarán a cubierto (protegidos del sol y de fuentes de calor) en lugar fresco y seco, a una temperatura de entre +5 °C y +30 °C, en sus envases originales cerrados.
 - Los acopios se realizarán agrupando los materiales según su identificación.
 - Inspección visual del estado de los envases de resina, descartando aquellos que presenten golpes, abolladuras o roturas con pérdida de material.
 - Inspección visual del estado de los materiales a base de fibra de carbono, comprobando que no existe daño, ni roturas, en los rollos de la fibra.
 - Al final de la jornada se realizará un cómputo del material acopiado, a fin de comprobar los materiales consumidos durante la jornada. Se asegurará especialmente la concordancia entre el número de componentes A y B para los materiales bicomponentes.

S1 5.2 Control de ejecución

Para asegurar la adecuación de los materiales y su correcta aplicación en obra de acuerdo con el Proyecto de Ejecución, se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios:

- **Criterios para la aceptación del soporte**
 - El soporte deberá ser accesible, de forma que se pueda inspeccionar en toda su superficie.
 - Ausencia de cualquier revestimiento existente (pintura, enlucido, etc.).
 - Ausencia de polvo, aceite, grasa, desencofrante, sales, lechada, etc.
 - Ausencia de degradaciones superficiales.
 - Ausencia de excrecencias orgánicas.
 - Ausencia de fisuras > 0,3 mm.
 - Ausencia de cavidades.

- Regularidad del soporte:
 - < 15 mm / sobre regla de 200 cm.
 - < 6 mm / sobre regla de 20 cm.
 - Aristas amoladas, cuando se vaya a reforzar con tejido: $R \geq 2$ cm.
 - Ángulos redondeados, cuando se vaya a reforzar con tejido: $R \geq 2$ cm.
- Ausencia de humedad, de filtración o remonte capilar.
- Ausencia de humedad residual ≥ 4 % medida con higrómetro de carburo.
- Temperatura del soporte entre 5 y 30 °C.
- Determinación de la localización y nº de ensayos.
- Cohesión de las antiguas reparaciones: $\geq 1,5$ MPa (UNE-EN 1542) en todas.
- Cohesión del hormigón soporte: $\geq 1,5$ MPa (UNE-EN 1542) cada 200 ml mínimo.
- **Condiciones atmosféricas**
 - Ausencia de lluvia y escorrentías.
 - Ausencia de viento.
 - Ausencia de polvo.
 - Ausencia de sol.
 - Temperatura del aire entre 5 y 30 °C.
 - Ausencia de riesgo de condensación:
 - Humedad relativa del aire 80 %.
 - Temperatura del soporte entre (temperatura de rocío más 3 °C) y 30 °C.
 - Si no hubiera riesgo, el control se hará cada 24 horas.
 - Si hubiera riesgo, el control se hará cada hora.
 - Mantener la superficie reforzada a una temperatura > 5 °C hasta el endurecimiento completo de la resina.
 - Proteger contra la lluvia durante un mínimo de:
 - 24 horas si la temperatura ambiental no desciende de 15 °C.
 - 3 días si la temperatura ambiental es inferior a 15 °C.
- **Controles organolépticos**
 - Resinas:
 - No se realizan mezclas parciales.
 - Mezclado por medios mecánicos.
 - Mezclado lento de los componentes de la resina.
 - Mezcla resultante de color homogéneo.
 - Se emplean los útiles recomendados en la Ficha Técnica correspondiente.
 - Se consume una cantidad de material según lo estimado en la Ficha Técnica correspondiente.
 - Tejido:
 - Módulo elástico, gramaje y dimensiones según proyecto.
 - Aspecto regular y uniforme.
 - Ausencia de pliegues.

Puesta en obra:

- Aplicación de imprimador.
- Eventual aplicación de una 2ª mano en fresco sobre soporte muy absorbente.
- Eventual aplicación de una mano de estuco de resina sobre el imprimador aún fresco.
- Aplicación de la 1ª mano de adhesivo sobre el imprimador o estuco aún fresco.
- Ubicación, alineación y orientación del tejido según proyecto.
- Presionado con rodillo acanalado sin formación de pliegues.
- Penetración del adhesivo a través de las fibras.
- Aplicación de la 2ª mano de adhesivo sobre el tejido, estando aún fresca la 1ª mano de adhesivo.
- Control visual de encapsulado de las fibras en el adhesivo.
- Autosustentación del tejido.

Puesta en obra de superposición de tejidos en menos de 24 horas:

- Encolado de la primera capa de tejido como se ha descrito anteriormente.
- Aplicación de una nueva mano de adhesivo.
- Encolado de la segunda capa de tejido como se ha descrito anteriormente.

Puesta en obra en el caso de superposición de tejidos más allá de 24 horas:

- Encolado de la primera capa de tejido como se ha descrito anteriormente.
- Lijado superficial del adhesivo que encapsula la primera capa de tejido.
- Desempolvado y aplicación de una nueva mano de adhesivo.
- Encolado de la segunda capa de tejido como se ha descrito anteriormente.

Tratamiento de las juntas:

- Solapamiento de la banda de tejido un mínimo de 20 cm en la dirección de las fibras.

Recubrimiento del tejido:

- Espolvoreo de arena limpia y seca hasta rechazo sobre el adhesivo aún fresco.
- Una vez endurecido el adhesivo, cepillado y aspiración de la arena sobrante no adherida.
- Aplicación del revestimiento de acabado seleccionado, según las instrucciones de su Ficha Técnica.

S1 5.3 Recepción de obra

▪ **Criterios de aceptación**

- Los defectos admisibles deberán, si es posible, repararse mediante inyección de resina epoxídica fluida EPOJET.
- Los defectos no admisibles conllevarán la sustitución del refuerzo y su reposición.
- Comprobaciones:
 - Espesor del adhesivo: ≤ 2 mm.
 - Ensayos de golpeo: zonas huecas y defectos de adherencia $\varnothing > 2$ mm no admisibles:
 - A menos de 500 mm del borde del refuerzo.
 - En el borde del refuerzo.
 - En zonas críticas, a juicio de la DF.
 - Defectos con superficie total ≥ 5 % del total reforzado.
 - Defectos de adherencia de área $\geq 1\ 000$ mm².

- Defectos que ocupen más del 5 % del ancho de la banda, en losas o vigas.
- Defectos con una proporción ancho/largo > 2.
- Prueba de arrancamiento por tracción:
Se aceptará la aplicación si el 80 % de las pruebas (100 % si son solo dos) alcanzan una tracción de 1,5 MPa y la rotura se produce por cohesión del soporte.
- Prueba de arrancamiento por cortante:
Se aceptará la aplicación si el 80 % de las pruebas (100 % si son solo dos) alcanzan una fuerza no inferior a 24 kN. La rotura debe producirse en la interfase entre el material de refuerzo y el soporte.

S1 5.4 Seguridad

La seguridad es un aspecto importante de todos los trabajos de construcción. A las normas generales de seguridad en las obras se añadirán las siguientes recomendaciones. Se observarán en todo caso las recomendaciones indicadas en las fichas de seguridad de los productos.

■ Almacenamiento

Los componentes del sistema de refuerzo se almacenarán siempre en sus envases originales, agrupados según su identificación en un lugar fresco y seco, a cubierto y sobre una superficie impermeable como por ejemplo un film de polietileno, a fin de que queden apartados de la incidencia directa de los rayos solares y de fuentes de calor, y que, en caso de pérdidas, los líquidos no lleguen a infiltrarse al terreno.

■ Ejecución

Durante la ejecución se tendrá especial cuidado en evitar vertidos durante la manipulación de las resinas y su aplicación. Se seguirán en todo caso las recomendaciones indicadas en las Fichas Técnicas y las Fichas de Seguridad de los productos.

El personal encargado de la preparación del soporte deberá observar el uso de medidas protectoras adecuadas. Se dispondrá de ventilación y/o medios de protección de las vías respiratorias durante los trabajos que generen polvo. Se tendrá especial cuidado con los elementos asegurados por cimbras y puntales para no descargar los soportes provisionales.

La apertura de los envases y la mezcla de las resinas se realizarán sobre una superficie impermeable (como un film de polietileno) que evite la infiltración al terreno de las mezclas o sus componentes. No se podrá comer o fumar durante estos trabajos. El personal que manipule las resinas debe equiparse con guantes, vestimenta protectora y protección ocular a fin de evitar que las mezclas o sus componentes entren en contacto con piel, ojos y mucosas del operario.

Los derrames de resinas se controlarán con arena, tierra o material absorbente similar, inerte y no inflamable, que se transferirá a un contenedor para su tratamiento residual. Se evitará en todo caso la entrada de los derrames en sumideros y desagües. Lavar las zonas afectadas por derrames con limpiadores especiales, trapos con disolvente, o agua y detergentes. Los trapos y útiles de limpieza a desechar, se transferirán al contenedor para su tratamiento residual.

■ Tratamiento de residuos

Los envases vacíos se mantendrán almacenados en un lugar donde se prevengan vertidos accidentales, lejos de fuentes de calor, hasta su inspección por Control de Ejecución. Una vez realizado su control, se procederá al traslado de los envases vacíos a contenedor para su tratamiento residual.

Los restos de resinas, recortes y otros elementos sobrantes se transferirán al contenedor de residuos. Los restos sobrantes de extracción de testigos, pruebas de calidad y controles de aplicación también se transferirán al contenedor de residuos.

La gestión de los residuos almacenados en el contenedor será confiada a un gestor de residuos autorizado, que eliminará los mismos de acuerdo a la legislación vigente.

Sistema S2



Refuerzo de
MUROS DE CARGA con mallas

S2 Refuerzo de muros de carga con mallas

La necesidad de una restauración sostenible con el fin de corregir las carencias constructivas y las características propias de la albañilería misma, ha generado la exigencia de estudiar materiales y tecnologías innovadoras de refuerzo estructural que sean más compatibles con las características físico-mecánicas de la albañilería y con su intrínseca durabilidad.

Los recientes desarrollos del sistema normativo en Italia prevén la posibilidad de intervenciones con materiales innovadores para hacer frente a eventuales carencias que pudieran emerger de la evaluación de la estructura. Entre ellas se encuentra la técnica de refuerzo basada en la utilización de materiales compuestos, los cuales ofrecen una serie de ventajas (elevadas prestaciones mecánicas, bajo impacto arquitectónico, alta durabilidad, facilidad de aplicación y reversibilidad de las intervenciones) relevantes para el patrimonio edificado. La aplicación de tales sistemas permite superar la carencia de resistencia a tracción de la albañilería y conferir una mayor ductilidad al comportamiento global de las estructuras.

En este ámbito se sitúa el sistema de consolidación tecnológicamente innovador con materiales compuestos de matriz inorgánica desarrollado por Mapei, constituido por mallas de fibra de vidrio A.R. resistentes a los álcalis, pre-aprestadas MAPEGRID G220 o de fibra de basalto pre-aprestada MAPEGRID B250, puestas en obra mediante los morteros premezclados cementosos bicomponentes fibrorreforzados de elevada ductilidad PLANITOP HDM / PLANITOP HDM MAXI o el mortero premezclado bicomponente de elevada ductilidad a base de cal hidráulica (NHL) y Eco-Puzolana PLANITOP HDM RESTAURO.

En el caso de edificios catalogados como bienes históricos o monumentales, la elección de los materiales y de las técnicas de refuerzo se reduce a los que poseen determinadas características. Un ejemplo es la imposibilidad de utilizar para tales refuerzos, productos de base cementosa que resultan históricamente y químicamente incompatibles con los materiales a base de cal originales de los edificios. Por este motivo la tecnología Mapei prevé la utilización de materiales compuestos constituidos por la unión de una estructura de fibras de alta resistencia y de una matriz de mortero a base de cal y Eco-Puzolana.

S2 1 Campo de aplicación

Los compuestos de matriz inorgánica se pueden emplear como:

- 1- Refuerzo estructural de paramentos murales, para aplicar externa y/o internamente;
- 2- Armadura de refuerzo para repartir más uniformemente las solicitaciones inducidas por eventos sísmicos, tanto en elementos de hormigón como de albañilería;
- 3- Armadura de refuerzo y de re-solidarización para la correcta entrega de paredes portantes a las estructuras de barras de hormigón armado.

La eficacia de tales sistemas sobre estructuras de albañilería ha sido evaluada mediante una campaña experimental efectuada en el Laboratorio del Departamento de Análisis y Proyectos Estructurales (DIST) de la Universidad "Federico II" de Nápoles.

La utilización de los productos de la línea Mapei FRG System respecto a las tecnologías tradicionales de reparación presenta múltiples ventajas, entre las cuales las más evidentes son:

- Simplicidad y velocidad de puesta en obra: los productos, gracias a su extrema ligereza, se aplican y ponen en obra, sin el auxilio de particulares medios ni maquinaria, por un número limitado de operarios, en tiempos extremadamente breves y sin que resulte necesario interrumpir el servicio de la estructura;
- Elevada durabilidad;
- Ningún problema de corrosión de los refuerzos aplicados, a diferencia de lo que sucede con las placas de acero utilizadas en las intervenciones de reparación realizadas con la técnica del *beton plaqué*;
- Ningún incremento de las masas involucradas: las intervenciones efectuadas con Mapei FRG System no aumentan la masa de los elementos estructurales reforzados. Este aspecto resulta de extrema importancia, sobre todo en el campo sísmico, donde las solicitaciones son proporcionales a las masas involucradas;

- Completa reversibilidad de la intervención: las intervenciones efectuadas con Mapei FRG System son completamente reversibles, ya que los refuerzos y las capas de adhesivo pueden ser eliminadas, pudiéndose retroceder completamente hasta la situación precedente a la intervención. Esta característica resulta de particular importancia en el caso de intervenciones temporales de puesta en seguridad, sobretodo en edificios de particular interés histórico.

S2 2 Materiales

Tejidos

- **MAPEGRID G120 y MAPEGRID G220**
Mallas de fibra de vidrio A.R. resistentes a los álcalis, pre-aprestadas, con diverso gramaje y dimensiones de malla.
- **MAPEGRID B250**
Malla de fibra de basalto pre-aprestada.

Morteros

- **PLANITOP HDM / PLANITOP HDM MAXI**
Morteros cementosos fibrorreforzados con reactividad puzolánica, bicomponentes, con elevada ductilidad
- **PLANITOP HDM RESTAURO**
Mortero premezclado bicomponente con elevada ductilidad, fibrorreforzado, a base de cal hidráulica (NHL) y Eco-Puzolana.

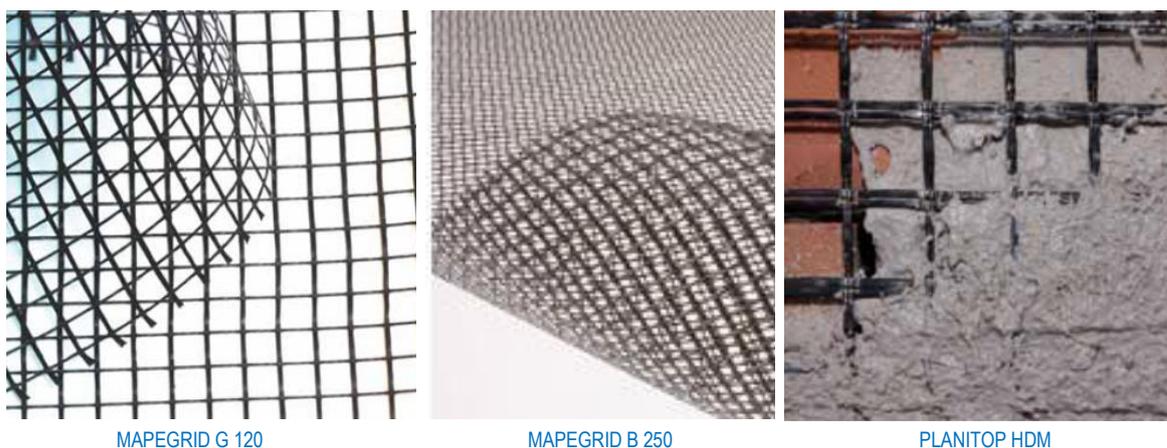


Figura 27: Tejidos y morteros

Elementos auxiliares de conexión estructural

Como complemento a los refuerzos estructurales realizados mediante Mapei FRP System y mediante Mapei FRG System se pueden realizar conexiones estructurales en general entre los soportes y los refuerzos mediante distintos tipos de “fioccos”.

- **MAPEWRAP FIOCCO**
Es un sistema de “conexiones estructurales” constituido por hebras de fibra de carbono MAPEWRAP C FIOCCO, vidrio MAPEWRAP G FIOCCO y de acero MAPEWRAP S FIOCCO, unidireccionales, contenidas por una red, de vidrio que les da forma de cuerda, disponibles en diferentes diámetros para satisfacer las diversas exigencias en obra. MAPEWRAP C FIOCCO y MAPEWRAP G FIOCCO deben impregnarse in situ mediante MAPEWRAP 21.

Pueden utilizarse en combinación con los tejidos de la línea Mapei FRP System, con las láminas CARBOPLATE y con los sistemas de refuerzo realizados con mallas MAPEGRID con el fin de mejorar su anclaje, especialmente cuando se efectúan intervenciones de refuerzo a flexión o a cortante.

S2 3 Requisitos

Soport

En el caso de refuerzo del zuncho del forjado, una operación fundamental es la preparación del soporte, el cual deberá ser tratado mediante la eliminación de los eventuales revoques y de todas las eventuales partes inconsistentes hasta obtener un soporte sano, compacto y mecánicamente resistente, que no pueda causar el desprendimiento de las sucesivas aplicaciones.

En correspondencia con la parte de albañilería donde se deba efectuar el refuerzo, es necesaria, para obtener un soporte adecuadamente plano, la aplicación de una capa de mortero PLANITOP HDM / PLANITOP HDM MAXI / PLANITOP HDM RESTAURO (morteros bicomponentes fibrorreforzados con elevada ductilidad, a base de aglomerantes con reactividad puzolánica).

Entorno

Ninguna precaución especial debe ser tomada con una temperatura en torno a +20°C.

S2 4 Puesta en obra

Preparación del soporte

Para asegurar al sistema una buena adherencia, se debe prestar una particular atención a la preparación del soporte, que debe ser sólido y estar perfectamente limpio y exento de partes friables, polvo, aceites y viejas pinturas. Para este propósito puede ser muy adecuado un enarenado o un enérgico lavado con agua a presión.

Antes de la aplicación, mojar el soporte hasta saturarlo, dejando la superficie sin agua o, en el caso de superficies muy absorbentes, imprimir el soporte con PRIMER G, imprimación a base de resinas sintéticas en dispersión acuosa.

Preparación del mortero

Verter el componente B (líquido) en un recipiente limpio adecuado y añadir lentamente, bajo agitación mecánica, el componente A (polvo). Mezclar cuidadosamente PLANITOP HDM / PLANITOP HDM MAXI / PLANITOP HDM RESTAURO durante algunos minutos, cuidando de que el polvo adherido en las paredes y en el fondo del recipiente quede también disperso. El mezclado deberá prolongarse hasta conseguir una completa homogeneidad de la pasta (ausencia total de grumos); para esta operación es muy útil el uso de una mezcladora mecánica, a bajo número de revoluciones para evitar un exceso de aire ocluido. Evitar la preparación manual de la mezcla. Grandes cantidades de mortero se pueden mezclar utilizando una hormigonera con vaso. Cuando el mortero se aplique por proyección, es necesario emplear una máquina revocadora discontinua, con mezcladora separada.

Aplicación del mortero

- 1º- Regularizar la superficie aplicando PLANITOP HDM / PLANITOP HDM MAXI / PLANITOP HDM RESTAURO con llana, paleta o por proyección, en un espesor máximo de 6, 25 y 10 mm por capa respectivamente, para eliminar la irregularidad del soporte.
- 2º- Dejar endurecer el producto durante 18-24 horas.
- 3º- Aplicar una primera capa uniforme, con llana metálica lisa o máquina revocadora, de PLANITOP HDM / PLANITOP HDM MAXI / PLANITOP HDM RESTAURO en el espesor máximo indicado en la respectiva Ficha Técnica (para pequeñas superficies es posible utilizar el mismo mortero incluso sin esperar el tiempo de endurecimiento).
- 4º- Sobre el producto todavía "fresco", insertar MAPEGRID G 220 comprimiéndola con una llana lisa, para adherirla perfectamente al mortero aplicado.
- 5º- Aplicar una segunda capa uniforme de PLANITOP HDM / PLANITOP HDM MAXI / PLANITOP HDM RESTAURO, en el espesor máximo indicado en la respectiva Ficha Técnica, de modo que cubra completamente la malla MAPEGRID G 220.
- 6º- Enlucir en fresco la superficie del mortero con una llana lisa.

Mallas adyacentes de MAPEGRID G 220, se deberán solapar en los puntos de unión, tanto longitudinal como transversalmente menos 5cm.



Figura 28: Puesta en obra

Protección

Después de la aplicación, PLANITOP HDM / PLANITOP HDM MAXI / PLANITOP HDM RESTAURO, en unas condiciones climáticas particularmente secas, calurosas o con viento, debe curarse cuidadosamente y se aconseja proteger la superficie de la evaporación rápida del agua.

S2 5 Inspección y control

S2 5.1 Recepción de materiales

Para asegurar la idoneidad de los materiales y su correcto almacenamiento en obra antes de proceder a su aplicación, se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios:

- **Control documental**
 - Nombre y dirección del fabricante.
 - Copia de la Certificación de empresa según ISO 9001.
 - Cómputo de cantidades recibidas.
 - Denominación de los materiales e identificación de todos los envases.
 - Identificación de los materiales: registro del nº de partida de fabricación.
 - Certificado de Control de Calidad de las partidas suministradas. Comprobación de la fecha límite de uso en cada uno de los envases.
 - Ficha Técnica y Hoja de Datos de Seguridad, que deberán permanecer accesibles en la Oficina de la obra.
 - Declaración de Prestaciones.
- **Almacenamiento en obra**
 - Los materiales se almacenarán a cubierto (protegidos del sol y de fuentes de calor) en lugar fresco y seco, a una temperatura de entre +5 °C y +35 °C, en sus envases originales cerrados.
 - Los acopios se realizarán agrupando los materiales según su identificación.
 - Inspección visual del estado de los envases, descartando aquellos que presenten golpes, abolladuras o roturas con pérdida de material.
 - Inspección visual del estado de los materiales a base de fibra, comprobando que no existe daño, ni roturas, en los rollos de la fibra.
 - Al final de la jornada se realizará un cómputo del material acopiado, a fin de comprobar los materiales consumidos durante la jornada. Se asegurará especialmente la concordancia entre el número de componentes A y B para los materiales bicomponentes.

S2 5.2 Control de ejecución

Para asegurar la adecuación de los materiales y su correcta aplicación en obra de acuerdo con el Proyecto de Ejecución, se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios:

■ Criterios para la aceptación del soporte

- El soporte deberá ser accesible, de forma que se pueda inspeccionar en toda su superficie.
- Ausencia de cualquier revestimiento existente (pintura, enlucido, etc.).
- Ausencia de polvo, aceite, grasa, desencofrante, sales, lechada, etc.
- Ausencia de degradaciones superficiales.
- Ausencia de cuerpos extraños y zonas segregables.
- Ausencia de excrecencias orgánicas.
- Ausencia de fisuras. En caso de existir, deberán ser evaluadas y eventualmente reparadas, en función de su anchura, bien mediante retacado con el mismo mortero de refuerzo, bien mediante inyección o vertido de lechada MAPE-ANTIQUE I / MAPE-ANTIQUE F21.
- Ausencia de cavidades.
- Regularidad del soporte: a buena vista. En caso necesario se procederá a su regularización con el mismo mortero de refuerzo, según se ha descrito anteriormente.
- Ausencia de humedad de filtración o de remonte capilar.
- Temperatura del soporte entre 5 y 30 °C.
- Determinación de la localización y nº de ensayos.
- Cohesión de las antiguas reparaciones: $\geq 0,8$ MPa (UNE-EN 1542) en todas.
- Cohesión de la albañilería soporte: $\geq 0,8$ MPa (UNE-EN 1542) cada 200 ml mínimo.

■ Condiciones atmosféricas

- Ausencia de lluvia y escorrentías.
- Ausencia de viento.
- Ausencia de polvo.
- Ausencia de sol.
- Temperatura del aire entre 5 y 35 °C.
- Proteger contra la lluvia durante un mínimo de:
 - 24 horas si la temperatura ambiental no desciende de 15 °C.
 - 3 días si la temperatura ambiental es inferior a 15 °C.

■ Controles organolépticos

Morteros:

- No se realizan mezclas parciales.
- Mezclado por medios mecánicos.
- Mezclado lento de los componentes.
- Mezcla resultante de color homogéneo.
- Se emplean los útiles recomendados en la Ficha Técnica correspondiente.
- Se consume una cantidad de material según el espesor previsto y lo estimado en la Ficha Técnica correspondiente.

Mallas:

- Módulo elástico, gramaje y dimensiones según proyecto.
- Aspecto regular y uniforme.
- Ausencia de pliegues y peladuras.

Puesta en obra:

- Eventual aplicación de una mano de imprimación con PRIMER G sobre soporte muy absorbente.
- Eventual aplicación de una capa de parcheo o regularización con el mismo mortero de refuerzo.
- Aplicación de la 1ª capa de mortero.
- Ubicación, alineación y orientación de la malla de refuerzo según proyecto. Solapamiento de las juntas \geq 5 cm, en la dirección de las fibras.
- Presionado con la llana sin formación de bolsas o pliegues.
- Penetración del mortero a través de la malla.
- Aplicación de la 2ª capa de mortero sobre la malla.
- Control visual de encapsulado de la malla en el mortero.

S2 5.3 Recepción de obra

▪ **Criterios de aceptación**

- Los defectos admisibles deberán, si es posible, repararse con el mismo mortero de refuerzo o mediante inyección de lechada con MAPE-ANTIQUE F21 o de resina epoxídica fluida EPOJET.
- Los defectos no admisibles conllevarán la sustitución del refuerzo y su reposición.
- Comprobaciones:
 - Espesor mínimo del mortero: el especificado en proyecto y, en todo caso, el que asegure el encapsulado total de la malla + 5 mm.
 - Ensayos de golpeo: zonas huecas y defectos de adherencia no son admisibles:
 - En zonas críticas, a juicio de la DF.
 - Defectos con superficie total \geq 5 % del total reforzado.
 - Defectos de adherencia de área \geq 1 000 mm².
 - Prueba de arrancamiento por tracción directa:
Se aceptará la aplicación si el 80 % de las pruebas (100 % si son solo dos) alcanzan una tracción de 0,8 MPa y la rotura se produce por cohesión del soporte.

S2 5.4 Seguridad

La seguridad es un aspecto importante de todos los trabajos de construcción. A las normas generales de seguridad en las obras se observarán adicionalmente, en todo caso, las recomendaciones indicadas en las fichas de seguridad de los productos.

▪ **Almacenamiento**

Los componentes del sistema de refuerzo se almacenarán siempre en sus envases originales, agrupados según su identificación en un lugar con temperatura \geq +5°C y seco, a cubierto y sobre una superficie impermeable como por ejemplo un film de polietileno, a fin de que queden apartados de la incidencia directa de los rayos solares y de fuentes de calor, y que, en caso de pérdidas, los líquidos no lleguen a infiltrarse al terreno.

- **Ejecución**

Durante la ejecución se tendrá especial cuidado en evitar vertidos durante la manipulación de las resinas y su aplicación. Se seguirán en todo caso las recomendaciones indicadas en las Fichas Técnicas y las Fichas de Seguridad de los productos.

El personal encargado de la preparación del soporte deberá observar el uso de medidas protectoras adecuadas. Se dispondrá de ventilación y/o medios de protección de las vías respiratorias durante los trabajos que generen polvo. Se tendrá especial cuidado con los elementos asegurados por cimbras y puntales para no descargar los soportes provisionales.

La apertura de los envases y la mezcla se realizarán sobre una superficie impermeable (como un film de polietileno) que evite la infiltración al terreno de las mezclas o sus componentes. No se podrá comer o fumar durante estos trabajos. El personal que manipule los productos debe equiparse con guantes, vestimenta protectora y protección ocular a fin de evitar que las mezclas o sus componentes entren en contacto con piel, ojos y mucosas.

Los derrames de resinas se controlarán con arena, tierra o material absorbente similar, inerte y no inflamable, que se transferirá a un contenedor para su tratamiento residual. Se evitará en todo caso la entrada de los derrames en sumideros y desagües. Lavar las zonas afectadas por derrames con limpiadores especiales, trapos con disolvente, o agua y detergentes. Los trapos y útiles de limpieza a desechar, se transferirán al contenedor para su tratamiento residual.

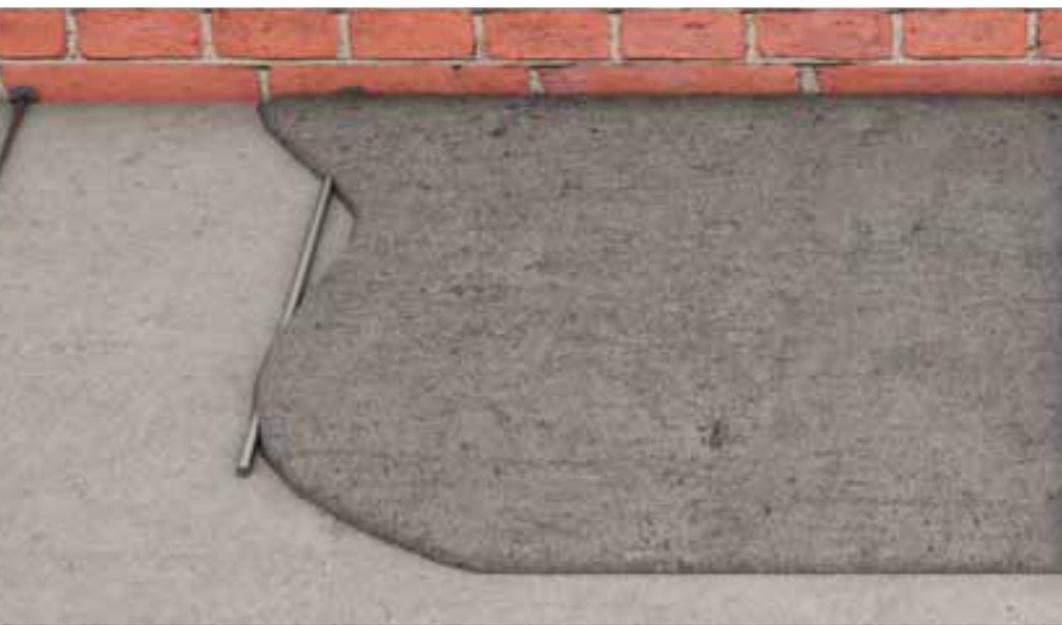
- **Tratamiento de residuos**

Los envases vacíos de resina se mantendrán almacenados en un lugar donde se prevengan vertidos accidentales, lejos de fuentes de calor, hasta su inspección por Control de Ejecución. Una vez realizado su control, se procederá al traslado de los envases vacíos a contenedor para su tratamiento residual.

Los restos de resinas, recortes y otros elementos sobrantes se transferirán al contenedor de residuos. Los restos sobrantes de extracción de testigos, pruebas de calidad, controles de aplicación también se transferirán al contenedor de residuos.

La gestión de los residuos almacenados en el contenedor será confiada a un gestor de residuos autorizado, que eliminará los mismos de acuerdo a la legislación vigente.

Sistema S3



Refuerzo de
FORJADOS con recredos de microhormigón

S3 Refuerzo de forjados con recrecidos de microhormigón

Sistema de refuerzo constituido por micro hormigones con altísimas prestaciones mecánicas a compresión, unidas a una elevada ductilidad y capacidad de absorción de energía de fractura. Se trata de un hormigón fibrorreforzado, con un elevado contenido porcentual de fibras de acero que, aprovechando el esfuerzo residual de tracción, permite aumentar la capacidad portante total de la estructura y mejorar la ductilidad, aspectos éstos fundamentales en zona sísmica.

S3 1 Campo de aplicación

Refuerzo extradossal de forjados de hormigón armado, de estructura de bovedilla cerámica y viguetas de hormigón, metálicas y de madera, mediante la ejecución de capas armadas de bajo espesor (1,5-2,5cm).

S3 2 Materiales

Mortero

- **PLANITOP HPC FLOOR**

Mortero premezclado, en polvo, compuesto por cementos de alta resistencia, áridos seleccionados, aditivos especiales y fibras rígidas de acero. Las fibras contenidas en PLANITOP HPC FLOOR son fibras rígidas conformadas de acero latonado.

Mezclado con agua, se transforma en un mortero fluido, idóneo para su aplicación mediante vertido, sin riesgo en encofrado, sin riesgo de segregación, en espesores comprendidos entre 1 y 4 cm, sin necesidad de incorporar mallas electrosoldadas.

Auxiliares

- **MAPECURE SRA**

Aditivo especial dotado al 0,25% destinado a reducir tanto la retracción plástica como la hidráulica garantizando un mejor curado del mortero. Permite el desarrollo de los fenómenos expansivos al aire reduciendo la evaporación rápida del agua del mortero y de favoreciendo así el desarrollo de las reacciones de hidratación.

- **PRIMER 3296**

Imprimador acrílico, en dispersión acuosa, de fuerte penetración, consolidante y antipolvo.

S3 3 Requisitos

Soporte

Deberá ser sólido y resistente y tener una acentuada rugosidad superficial, de al menos 5 mm. Deberán eliminarse las posibles intervenciones previas de reparación que no estén perfectamente adheridas.

Entorno

La temperatura de aplicación deberá estar comprendida entre +5°C y +35°C.

En períodos calurosos, almacenar el producto en lugar fresco y usar agua fría para la preparación del mortero.

En temporadas frías, almacenar el producto en lugares protegidos de las heladas, a una temperatura de +20 °C y emplear agua templada para el amasado.

S3 4 Puesta en obra



Figura 29: Disposición del armado y vertido del mortero

Preparación del soporte

Eliminar el hormigón deteriorado y en fase de desprendimiento hasta llegar al soporte, que deberá ser sólido y resistente y tener una acentuada rugosidad superficial, de al menos 5 mm. Deberán eliminarse las posibles intervenciones previas de reparación que no estén perfectamente adheridas.

Eliminar del hormigón y de los hierros de armadura, mediante enarenado, el polvo, óxido, lechadas de cemento, grasas, aceites, barnices o pinturas existentes.

Eventualmente, consolidar las áreas de intervención, mediante la aplicación de Primer 3296 diluido con agua en una proporción de 1:1, al menos 4 horas antes de la aplicación de Planitop HPC Floor.

Saturar con agua el soporte.

Antes de proceder al vertido, esperar la evaporación del agua sobrante; para facilitar su eliminación, utilizar, en su caso, aire comprimido.

Preparación del mortero

Verter en una hormigonera PLANITOP HPC FLOOR, agregar 2,9-3,1 litros de agua por cada saco de producto utilizado. Amasar durante, al menos, 12 minutos hasta obtener una mezcla homogénea, fluida y sin grumos. PLANITOP HPC FLOOR permanece trabajable durante aproximadamente 1 hora, a +20°C.

Aplicación del mortero

Verter PLANITOP HPC FLOOR por un solo lado en el encofrado, mediante flujo continuo, facilitando la salida del aire. El encofrado no debe sustraer agua a PLANITOP HPC FLOOR, por lo que recomendamos su tratamiento con desencofrante (p. ej. DISARMANTE DMA 1000). Comprobar el llenado completo del elemento a reforzar y, en su caso, para facilitar el paso del mortero a zonas especialmente difíciles, ayudarse con un listón de madera, barra de hierro o una ligera vibración mecánica.

Protección

Se recomienda una especial vigilancia en el curado de PLANITOP HPC FLOOR, para evitar que, especialmente en los períodos calurosos y días ventosos, la evaporación rápida del agua de la mezcla pueda causar fisuras superficiales; para ello, nebulizar agua cíclicamente sobre la superficie del mortero (cada 3-4 horas), al menos durante las primeras 48 horas.

S3 5 Inspección y control

S3 5.1 Recepción de materiales

Para asegurar la idoneidad de los materiales y su correcto almacenamiento en obra antes de proceder a su aplicación, se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios:

- **Control documental**
 - Nombre y dirección del fabricante.
 - Copia de la Certificación de empresa según ISO 9001.

- Cómputo de cantidades recibidas.
 - Denominación de los materiales e identificación de todos los envases.
 - Identificación de los materiales: registro del nº de partida de fabricación.
 - Certificado de Control de Calidad de las partidas suministradas. Comprobación de la fecha límite de uso en cada uno de los envases.
 - Ficha Técnica y Hoja de Datos de Seguridad, que deberán permanecer accesibles en la Oficina de la obra.
 - Declaración de Prestaciones.
- **Almacenamiento en obra**
- Los materiales se almacenarán a cubierto (protegidos del sol y de fuentes de calor) en lugar seco, a una temperatura de entre +5 °C y +35 °C, en sus envases originales cerrados.
 - Los acopios se realizarán agrupando los materiales según su identificación.
 - Inspección visual del estado de los envases, descartando aquellos que presenten roturas con pérdida de material.
 - Al final de la jornada se realizará un cómputo del material acopiado, a fin de comprobar los materiales consumidos durante la jornada.

S3 5.2 Control de ejecución

Para asegurar la adecuación de los materiales y su correcta aplicación en obra de acuerdo con el Proyecto de Ejecución, se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios:

- **Criterios para la aceptación del soporte**
- El soporte deberá ser accesible, de forma que se pueda inspeccionar en toda su superficie.
 - Ausencia de cualquier revestimiento existente (pintura, enlucido, etc.).
 - Ausencia de polvo, aceite, grasa, desencofrante, sales, lechada, etc.
 - Ausencia de degradaciones superficiales.
 - Ausencia de cuerpos extraños y zonas segregables.
 - Ausencia de mohos y excrecencias orgánicas.
 - Ausencia de fisuras. En caso de existir, deberán ser evaluadas y eventualmente reparadas, bien mediante vertido con el mismo mortero de refuerzo, bien mediante inyección de resina epoxídica EPOJET, a criterio de la DF.
 - Ausencia de cavidades.
 - Regularidad del soporte: a buena vista. En caso necesario se procederá a su regularización con el mismo mortero adecuado en cada caso.
 - Temperatura del soporte entre +5 y +35 °C.
 - Determinación de la localización y nº de ensayos.
 - Cohesión de las antiguas reparaciones: $\geq 1,5$ MPa (UNE-EN 1542) en todas.
 - Cohesión del hormigón soporte: $\geq 1,5$ MPa (UNE-EN 1542) cada 200 ml mínimo.
 - En soportes absorbentes, eventual consolidación de las áreas de intervención, mediante la aplicación de Primer 3296 diluido con agua en una proporción de 1:1, al menos 4 horas antes de la aplicación de Planitop HPC Floor.
- **Condiciones atmosféricas**
- Ausencia de lluvia. Evitar su acceso mediante protección de los huecos de fachada.
 - Ausencia de viento y corrientes de aire.
 - Ausencia de polvo.
 - Ausencia de sol.
 - Temperatura del aire entre +5 y +35 °C.

- **Controles organolépticos**

- Se agregan 2,9-3,1 litros de agua por cada saco de producto utilizado.
- Mezclado en hormigonera.
- Mezclado lento, durante un mínimo de 12 minutos.
- Mezcla resultante de color homogéneo, fluida y sin grumos.
- Se consume una cantidad de material según el espesor previsto y lo estimado en la Ficha Técnica correspondiente.

S3 5.3 Recepción de obra

- **Criterios de aceptación**

- Los defectos admisibles deberán, si es posible, repararse con el mismo mortero de refuerzo o mediante inyección de resina epoxídica fluida EPOJET.
- Los defectos no admisibles conllevarán la sustitución del refuerzo y su reposición.
- Comprobaciones:
 - Correspondencia entre el espesor del mortero y el especificado en proyecto y, en cualquier caso, comprendido entre 1 y 4 cm.
 - Ensayos de golpeo: zonas huecas y defectos de adherencia no son admisibles:
 - Prueba de arrancamiento por tracción directa:
Se aceptará la aplicación si en el 100 % de las pruebas la rotura se produce por cohesión del soporte.

S3 5.4 Seguridad

La seguridad es un aspecto importante de todos los trabajos de construcción. A las normas generales de seguridad en las obras se observarán adicionalmente, en todo caso, las recomendaciones indicadas en las fichas de seguridad de los productos.

- **Almacenamiento**

Los productos se almacenarán siempre en sus envases originales, agrupados según su identificación en un lugar con temperatura $\geq +5^{\circ}\text{C}$ y seco, a cubierto y sobre una superficie impermeable como por ejemplo un film de polietileno, a fin de que queden apartados de la incidencia directa de los rayos solares y de fuentes de calor, y que, en caso de pérdidas, los líquidos no lleguen a infiltrarse al terreno.

- **Ejecución**

Durante la ejecución se tendrá especial cuidado en evitar vertidos durante la manipulación de resinas y su aplicación. Se seguirán en todo caso las recomendaciones indicadas en las Fichas Técnicas y las Fichas de Seguridad de los productos.

El personal encargado de la preparación del soporte deberá observar el uso de medidas protectoras adecuadas. Se dispondrá de ventilación y/o medios de protección de las vías respiratorias durante los trabajos que generen polvo. Se tendrá especial cuidado con los elementos asegurados por cimbras y puntales para no descargar los soportes provisionales.

La apertura de los envases y la mezcla se realizarán sobre una superficie impermeable (como un film de polietileno) que evite la infiltración al terreno. No se podrá comer o fumar durante estos trabajos. El personal que manipule los productos debe equiparse con guantes, vestimenta protectora y protección ocular a fin de evitar que las mezclas entren en contacto con piel, ojos y mucosas.

Los derrames de resinas se controlarán con arena, tierra o material absorbente similar, inerte y no inflamable, que se transferirá a un contenedor para su tratamiento residual. Se evitará en todo caso la entrada de los derrames en sumideros y desagües. Lavar las zonas afectadas por derrames con limpiadores especiales, trapos con disolvente, o agua y detergentes. Los trapos y útiles de limpieza a desechar, se transferirán al contenedor para su tratamiento residual.

- **Tratamiento de residuos**

Los envases vacíos de resina se mantendrán almacenados en un lugar donde se prevengan vertidos accidentales, lejos de fuentes de calor, hasta su inspección por Control de Ejecución. Una vez realizado su control, se procederá al traslado de los envases vacíos a contenedor para su tratamiento residual.

Los restos de resinas y otros elementos sobrantes se transferirán al contenedor de residuos. Los restos sobrantes de extracción de testigos, pruebas de calidad y controles de aplicación también se transferirán al contenedor de residuos.

La gestión de los residuos almacenados en el contenedor será confiada a un gestor de residuos autorizado, que eliminará los mismos de acuerdo a la legislación vigente.

Sistema 4-1



Estabilización de
CERRAMIENTOS Y TABIQUES
con fibra de vidrio y cuerda de fibra metálica

S4-1 Estabilización de cerramientos y tabiques con fibra de vidrio y cuerda de fibra metálica

Para garantizar las conexiones entre la trama estructural de hormigón armado y los muros de cerramiento, se recomienda intervenir contra el vuelco mediante el uso de materiales compuestos fibrorreforzados de matriz inorgánica Mapei FRG System.

Con el fin de poner remedio a un posible vuelco en caso de terremoto, la secuencia de intervención prevé la realización de una faja de coronación en la interfaz entre el cerramiento y el marco de hormigón armado, a fin de evitar la rotación en el pie de la pared.



Figura 30: Vuelco de cerramientos y particiones

MapeWrap S FIOCCO, es un elemento de “conexión estructural” a colocar en el interior de la albañilería existente, a fin de garantizar una mayor unión entre los soportes (hormigón, piedra, ladrillo, madera, etc.) y los refuerzos de la línea FRG.

S4-1 1 Campo de aplicación

El descrito en el preámbulo anterior.

S4-1 2 Materiales

Fibras de acero

- **MAPEWRAP S FIOCCO**
Cuerda de fibras de acero, de alta resistencia, para el refuerzo estructural.

Malla

- **MAPEGRID G 120**
Malla de fibra de vidrio, resistente a los álcalis (A.R.) con apresto para el refuerzo “armado” local de soportes de albañilería.

Mortero

- **PLANITOP HDM MAXI**

Mortero cementoso, de reactividad puzolánica, bicomponente, de elevada ductilidad, fibrorreforzado, para utilizar en un espesor máximo de 25 mm, tanto para el refuerzo estructural “armado” de soportes de albañilería en combinación con MAPEGRID G120, MAPEGRID G220 o MAPEGRID B 250, como para el enlucido de superficies de hormigón, piedra, ladrillo y tufo.

Auxiliares

- **PRIMER G**

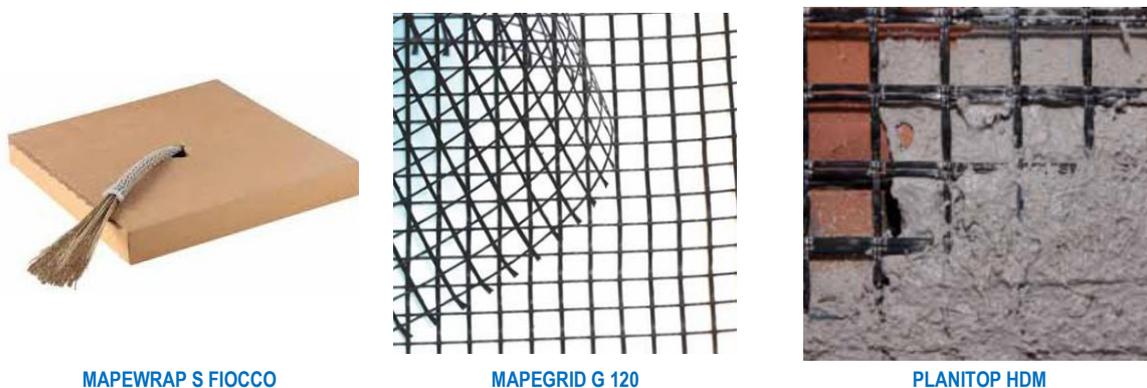
Imprimador a base de resinas sintéticas en dispersión acuosa.

- **MAPEWRAP PRIMER 1**

Formulado epoxídico de consistencia líquida con baja viscosidad, fácilmente aplicable, para la consolidación e imprimación de los soportes.

- **MAPEWRAP 11**

Estuco epoxídico, bicomponente, con tiempo de fraguado normal, de consistencia tixotrópica.



MAPEWRAP S FIOCCO

MAPEGRID G 120

PLANITOP HDM

Figura 31: Fiocco, malla y mortero

S4-1 3 **Requisitos**

Entorno

Ninguna precaución especial debe ser tomada con una temperatura en torno a +20°C.

S4-1 4 **Puesta en obra**

Preparación del soporte

Para asegurar al sistema una buena adherencia, se debe prestar una particular atención a la preparación del soporte, que debe ser sólido y estar perfectamente limpio y exento de partes friables, polvo, aceites y viejas pinturas. Antes de la aplicación, mojar el soporte hasta saturarlo, dejando la superficie sin agua o, en el caso de superficies muy absorbentes, imprimir el soporte con PRIMER G, imprimación a base de resinas sintéticas en dispersión acuosa.

Preparación del mortero

Verter el componente B (líquido) en un recipiente limpio adecuado y añadir lentamente, bajo agitación mecánica, el componente A (polvo). Mezclar cuidadosamente PLANITOP HDM MAXI durante algunos minutos, cuidando de que el polvo adherido en las paredes y en el fondo del recipiente quede también disperso. El mezclado deberá prolongarse hasta conseguir una completa homogeneidad de la pasta (ausencia total de grumos); para esta operación es muy útil el uso de una mezcladora mecánica, a bajo número de revoluciones para evitar un exceso de aire ocluido. Evitar la preparación manual de la mezcla. Grandes cantidades de mortero se pueden mezclar utilizando una hormigonera con vaso. Cuando el mortero se aplique por proyección, es necesario emplear una máquina revocadora discontinua, con mezcladora separada.

Proceso de colocación

Aplicación de la primera capa de PLANITOP HDM MAXI y sobreposición de MAPEGRID G120, a fin de cubrir la faja de 50 cm previamente creada.

Aplicación de la segunda capa de PLANITOP HDM MAXI para cubrir completamente en la malla de fibra de vidrio MAPEGRID G1201

Colocación del “fiocco” pasante MAPEWRAP S FIOCCO /10 mm (cuerda de fibra de acero de alta resistencia), despliegue a ambos lados del refuerzo y encolado con MAPEWRAP 11.

Aplicación del mortero y la malla

- 1º- Aplicar una primera capa uniforme, con llana metálica lisa, de PLANITOP HDM MAXI en un espesor máximo de 25 mm.
- 2º- Sobre el producto todavía “fresco”, insertar MAPEGRID G 120 comprimiéndola con una llana lisa, para adherirla perfectamente al mortero aplicado.
- 3º- Aplicar una segunda capa uniforme de PLANITOP HDM MAXI, en un espesor máximo de 25 mm, de modo que cubra completamente la malla MAPEGRID G 120.
- 4º- Enlucir en fresco la superficie del mortero con una llana lisa.
- 5º- Las mallas adyacentes de MAPEGRID G 120, en los puntos de unión, se deberán solapar al menos 5 cm.



Figura 32: Aplicación del mortero la malla

Aplicación del “fiocco” de conexión

Una vez secas las capas de mortero, aplicar el “fiocco” de fibra de acero de alta resistencia, insertándolo en los agujeros previstos y abriéndolo con un radio de 30 cm. El procedimiento a seguir es el siguiente:

- 1º- Realizar un agujero de 18 mm de diámetro. Una vez realizado el agujero, eliminar completamente el polvo y el material incoherente aspirándolo.
- 2º- Proceder al corte a medida del MAPEWRAP S FIOCCO conector y a la impregnación con el estuco epoxídico MAPEWRAP 11 del segmento central del “fiocco” (de longitud igual al grosor del cerramiento); estando todavía fresco, espolvorear con arena fina y seca con el fin de obtener un elemento impregnado y rígido. El MAPEWRAP S FIOCCO tendrá una longitud equivalente total de 30 cm + espesor del cerramiento + 30 cm. La parte central impregnada en esta fase será unos 2 cm más corta respecto al espesor del cerramiento para permitir la correcta adaptación de las fibras de acero en la fase de apertura del MAPEWRAP S FIOCCO.
- 3º- Imprimir con MAPEWRAP PRIMER 1 el agujero para fijar el polvo residual mediante un escobillón. Cuando el soporte sea fuertemente absorbente, aplicar una segunda mano de MapeWrap Primer 1, una vez que la primera haya sido absorbida completamente, extender en el interior del agujero el estuco epoxídico MAPEWRAP 11 sobre la imprimación aún fresca. Insertar el MAPEWRAP S FIOCCO ya preparado teniendo cuidado de dejar el tramo rígido interno en el muro y emplastecer sucesivamente con el estuco epoxídico MAPEWRAP 11 las partes terminales desplegadas (apertura radial de los filamentos). Recubrir las con el estuco epoxídico y, estando todavía fresco, esparcir arena fina y seca de cuarzo para optimizar la adhesión de las sucesivas capas de acabado (revoques, pinturas, etc.).

S4-1 5 Inspección y control

S4-1 5.1 Recepción de materiales

Para asegurar la idoneidad de los materiales y su correcto almacenamiento en obra antes de proceder a su aplicación, se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios:

- **Control documental**
 - Nombre y dirección del fabricante.
 - Copia de la Certificación de empresa según ISO 9001.
 - Cómputo de cantidades recibidas.
 - Denominación de los materiales e identificación de todos los envases.
 - Identificación de los materiales: registro del nº de partida de fabricación.
 - Certificado de Control de Calidad de las partidas suministradas. Comprobación de la fecha límite de uso en cada uno de los envases.
 - Ficha Técnica y Hoja de Datos de Seguridad, que deberán permanecer accesibles en la Oficina de la obra.
 - Declaración de Prestaciones.
- **Almacenamiento en obra**
 - Los materiales se almacenarán a cubierto (protegidos del sol y de fuentes de calor) en lugar fresco y seco, a una temperatura de entre +5 °C y +35 °C, en sus envases originales cerrados.
 - Los acopios se realizarán agrupando los materiales según su identificación.
 - Inspección visual del estado de los envases, descartando aquellos que presenten golpes, abolladuras o roturas con pérdida de material.
 - Inspección visual del estado de los materiales a base de fibra, comprobando que no existe daño, ni roturas, en los rollos de la fibra.
 - Al final de la jornada se realizará un cómputo del material acopiado, a fin de comprobar los materiales consumidos durante la jornada. Se asegurará especialmente la concordancia entre el número de componentes A y B para los materiales bicomponentes.

S4-1 5.2 Control de ejecución

Para asegurar la adecuación de los materiales y su correcta aplicación en obra de acuerdo con el Proyecto de Ejecución, se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios:

- **Criterios para la aceptación del soporte**
 - El soporte deberá ser accesible, de forma que se pueda inspeccionar en toda su superficie.
 - Ausencia de cualquier revestimiento existente (pintura, enlucido, etc.).
 - Ausencia de polvo, aceite, grasa, desencofrante, sales, lechada, etc.
 - Ausencia de degradaciones superficiales.
 - Ausencia de cuerpos extraños y zonas segregables.
 - Ausencia de excrecencias orgánicas.
 - Ausencia de fisuras. En caso de existir, deberán ser evaluadas y eventualmente reparadas, en función de su anchura, bien mediante retacado con el mismo mortero de refuerzo, bien mediante inyección o vertido de lechada MAPE-ANTIQUÉ I / MAPE-ANTIQUÉ F21.
 - Ausencia de cavidades.
 - Regularidad del soporte: a buena vista. En caso necesario se procederá a su regularización con el mismo mortero de refuerzo.
 - Ausencia de humedad de filtración o de remonte capilar.
 - Temperatura del soporte entre 5 y 30 °C.
 - Determinación de la localización y nº de ensayos.
 - Cohesión de las antiguas reparaciones: $\geq 0,8$ MPa (UNE-EN 1542) en todas.
 - Cohesión de la albañilería soporte: $\geq 0,8$ MPa (UNE-EN 1542) cada 200 ml mínimo.

▪ **Condiciones atmosféricas (cerramientos exteriores)**

- Ausencia de lluvia y escorrentías.
- Ausencia de viento.
- Ausencia de polvo.
- Ausencia de sol.
- Temperatura del aire entre 5 y 30 °C.
- Proteger contra la lluvia durante un mínimo de:
 - 24 horas si la temperatura ambiental no desciende de 15 °C.
 - 3 días si la temperatura ambiental es inferior a 15 °C.
- Adicionalmente, en las operaciones con resina:
 - Ausencia de riesgo de condensación:
 - Humedad relativa del aire 80 %.
 - Temperatura del soporte entre (temperatura de rocío más 3 °C) y 30 °C.
 - Si no hubiera riesgo, el control se hará cada 24 horas.
 - Si hubiera riesgo, el control se hará cada hora.
 - Mantener la superficie reforzada a una temperatura > 5 °C hasta el endurecimiento completo de la resina.

▪ **Controles organolépticos**

Morteros y resina:

- No se realizan mezclas parciales.
- Mezclado por medios mecánicos.
- Mezclado lento de los componentes.
- Mezcla resultante de color homogéneo.
- Se emplean los útiles recomendados en la Ficha Técnica correspondiente.
- Se consume una cantidad de material según el espesor previsto y lo estimado en la Ficha Técnica correspondiente.

Mallas y “fiocci”:

- Módulo elástico, gramaje y dimensiones según proyecto.
- Aspecto regular y uniforme.
- Ausencia de pliegues y peladuras.

Puesta en obra:

- **Malla y mortero**
 - Eventual aplicación de una mano de imprimación con PRIMER G sobre soporte muy absorbente.
 - Eventual aplicación de una capa de parcheo o regularización con el mismo mortero de refuerzo.
 - Aplicación de la 1ª capa de mortero.
 - Ubicación, alineación y orientación de la malla de refuerzo según proyecto. Solapamiento de las juntas ≥ 5 cm, en la dirección de las fibras.
 - Presionado con la llana sin formación de bolsas o pliegues.
 - Penetración del mortero a través de la malla.
 - Aplicación de la 2ª capa de mortero sobre la malla.
 - Control visual de encapsulado de la malla en el mortero.

- “Fiocci”
 - Aplicación de imprimador sobre el soporte en el agujero.
 - Eventual aplicación de una 2ª mano sobre soporte muy absorbente.
 - Aplicación de una mano de estuco de resina sobre el imprimador aún fresco.
 - Ubicación del “fiocco” según proyecto.
 - Emplastecido de la superficie en la que hay que abrir el “fiocco”.
 - Apertura del “fiocco” con reparto homogéneo de las fibras sobre la superficie soporte.
 - Presionado con rodillo acanalado sin formación de pliegues.
 - Penetración del adhesivo a través de las fibras.
 - Aplicación de la 2ª mano de estuco adhesivo sobre las fibras, estando aún fresca la 1ª mano de adhesivo.
 - Control visual de encapsulado de las fibras en el adhesivo.
 - Autosustentación de las fibras sobre el soporte. No producción de despegues.
 - Espolvoreo de arena limpia y seca hasta rechazo sobre el adhesivo aún fresco.
 - Una vez endurecido el adhesivo, cepillado y aspiración de la arena sobrante no adherida.

S4-1 5.3 Recepción de obra

▪ Criterios de aceptación

- Los defectos admisibles deberán, si es posible, repararse con el mismo mortero de refuerzo.
- Los defectos no admisibles conllevarán la sustitución del refuerzo y su reposición.
- Comprobaciones:
 - Espesor mínimo del mortero: el especificado en proyecto y, en todo caso, el que asegure el encapsulado total de la malla + 5 mm.
 - Ensayos de golpeo: zonas huecas y defectos de adherencia no son admisibles.

S4-1 5.4 Seguridad

La seguridad es un aspecto importante de todos los trabajos de construcción. A las normas generales de seguridad en las obras se observarán adicionalmente, en todo caso, las recomendaciones indicadas en las fichas de seguridad de los productos.

▪ Almacenamiento

Los componentes del sistema de refuerzo se almacenarán siempre en sus envases originales, agrupados según su identificación en un lugar con temperatura $\geq +5^{\circ}\text{C}$ y seco, a cubierto y sobre una superficie impermeable como por ejemplo un film de polietileno, a fin de que queden apartados de la incidencia directa de los rayos solares y de fuentes de calor, y que, en caso de pérdidas, los líquidos no lleguen a infiltrarse al terreno.

▪ Ejecución

Durante la ejecución se tendrá especial cuidado en evitar vertidos durante la manipulación de las resinas y su aplicación. Se seguirán en todo caso las recomendaciones indicadas en las Fichas Técnicas y las Fichas de Seguridad de los productos.

El personal encargado de la preparación del soporte deberá observar el uso de medidas protectoras adecuadas. Se dispondrá de ventilación y/o medios de protección de las vías respiratorias durante los trabajos que generen polvo. Se tendrá especial cuidado con los elementos asegurados por cimbras y puntales para no descargar los soportes provisionales.

La apertura de los envases y la mezcla se realizarán sobre una superficie impermeable (como un film de polietileno) que evite la infiltración al terreno de las mezclas o sus componentes. No se podrá comer o fumar durante estos trabajos. El personal que manipule los productos debe equiparse con guantes, vestimenta protectora y protección ocular a fin de evitar que las mezclas o sus componentes entren en contacto con piel, ojos y mucosas.

Los derrames de resinas se controlarán con arena, tierra o material absorbente similar, inerte y no inflamable, que se transferirá a un contenedor para su tratamiento residual. Se evitará en todo caso la entrada de los derrames en sumideros y desagües. Lavar las zonas afectadas por derrames con limpiadores especiales, trapos con disolvente, o agua y detergentes. Los trapos y útiles de limpieza a desechar, se transferirán al contenedor para su tratamiento residual.

■ Tratamiento de residuos

Los envases vacíos de resina se mantendrán almacenados en un lugar donde se prevengan vertidos accidentales, lejos de fuentes de calor, hasta su inspección por Control de Ejecución. Una vez realizado su control, se procederá al traslado de los envases vacíos a contenedor para su tratamiento residual.

Los restos de resinas, recortes y otros elementos sobrantes se transferirán al contenedor de residuos. Los restos sobrantes de extracción de testigos, pruebas de calidad y controles de aplicación también se transferirán al contenedor de residuos.

La gestión de los residuos almacenados en el contenedor será confiada a un gestor de residuos autorizado, que eliminará los mismos de acuerdo a la legislación vigente.

Sistema 4-2



Antidesprendimiento de
**TABIQUES, FALSOS TECHOS Y
OTROS ELEMENTOS SECUNDARIOS** con láminas

S4-2 Estabilización de tabiques, falsos techos y otros elementos secundarios con láminas

Una de las cuestiones críticas de los edificios afectados por terremotos es la dificultad para las personas de abandonar los locales por efecto de los daños provocados, tanto en los elementos estructurales como en los no estructurales. A su vez, en estructuras porticadas, el colapso y desprendimiento de las fábricas de fachada son una amenaza de las personas que buscan la seguridad de los espacios abiertos.

La vulnerabilidad de un edificio de importancia estratégica como una escuela depende no solo de los elementos estructurales, sino también de los no estructurales, estimándose que éstos últimos tienen una responsabilidad de más del 40% en la funcionalidad del conjunto.



Figura 33: Vuelco de cerramientos y particiones

En el ámbito del presidio de los elementos no estructurales, MAPEWRAP EQ SYSTEM representa un innovador sistema de protección frente a las acciones sísmicas, que se presenta en la forma de “seismic wallpaper”, un “papel pintado” que permite aumentar el tiempo de evacuación de los edificios en caso de sismo.

El sistema determina un efecto de “contención” en los elementos típicamente afectados por mecanismos de rotura frágil.

S4-2 1 Campo de aplicación

- Refuerzo estructural de paramentos de albañilería, estructurales o no estructurales, para aplicar externamente y/o internamente.
- Reducción de la vulnerabilidad sísmica de las particiones secundarias, internas y externas, incluso revocadas.
- Refuerzo en intervenciones “anti-desprendimiento” de forjados de viguetas y bovedillas.

Las características principales de MAPEWRAP EQ SYSTEM son:

- Ligero y delgado (<2 mm);
- Aplicable directamente sobre revoques existentes;
- Inodoro;
- Aplicable en interiores y exteriores;
- Con bajísima emisión de sustancias orgánicas volátiles (COV). Con Emission EC1 Plus.

S4-2 2 Materiales

Malla

- **MAPEWRAP EQ NET**

Armadura bidireccional de fibra de vidrio aprestada para emplear en combinación con MAPEWRAP EQ ADHESIVE para el refuerzo de elementos de albañilería, con el fin de mejorar la distribución de las tensiones inducidas por sollicitaciones dinámicas.

Adhesivo

- **MAPEWRAP EQ ADHESIVE**

Adhesivo monocomponente al agua, listo para su uso, a base de dispersión poliuretánica con bajísima emisión de sustancias orgánicas volátiles (VOC) para la impregnación del tejido bidireccional aprestado de fibra de vidrio MAPEWRAP EQ NET.

Auxiliares

- **PLANITOP 200**

Mortero de enlucido cementoso hidrófugo monocomponente, de granulometría fina, con endurecimiento normal, a base de aglomerantes especiales de alta resistencia, áridos seleccionados, aditivos y polímeros sintéticos en polvo, para aplicaciones de hasta 3 mm por capa (máximo total 6 mm).



MAPEWRAP EQ NET



MAPEWRAP EQ ADHESIVE



PLANITOPATCH

Figura 34: Materiales del sistema

S4-2 3 Requisitos

Soporte

El soporte debe estar sólido, seco y limpio.

Entorno

En estaciones calurosas, no exponer el material al sol y efectuar la operación de encolado en las horas más frescas de la jornada.

En los períodos invernales, cuando se deban efectuar intervenciones al exterior con temperatura inferior a +5°C se recomienda, antes de proceder a la reparación o al refuerzo con el tejido MAPEWRAP EQ NET, calentar el soporte, durante al menos 24 horas, antes de efectuar el encolado y de instalar los sistemas aislantes adecuados, a fin de prevenir un eventual peligro de helada. El aislamiento térmico debe mantenerse, como mínimo, durante las 24 horas sucesivas.

Almacenar, además, el producto en un ambiente calefactado, antes de utilizarlo.

S4-2 4 Puesta en obra

Preparación del soporte

El soporte debe estar limpio y seco. Si hubiere un acabado a base de pintura, papel pintado u otro tipo de revestimiento delgado, es necesario eliminarlo o retirarlo.

El sistema adhiere perfectamente incluso a los soportes revocados, siempre que sean sólidos y compactos.

La superficie sobre la que se vaya a aplicar MAPEWRAP EQ SYSTEM debe ser adecuadamente preparada. Se debe proceder a la eliminación de la pintura existente mediante lijado y sucesiva aspiración. En el caso de revoques no perfectamente adheridos al soporte, se deberá proceder a su eliminación.

Durante la eliminación de los revoques, si fuera necesario rellenar grandes huecos, se hará mediante la utilización de nuevas piedras o ladrillos, de características físicas lo más similares posible a los materiales originales. Eventuales lesiones deberán sellarse superficialmente utilizando PLANITOP HDM MAXI.

Eliminar el material incoherente, el polvo y lavar la estructura con agua.

Aplicación del adhesivo y colocación

MAPEWRAP EQ ADHESIVE está constituido por un solo componente, listo para su uso.

- 1º- Aplicar en un espesor uniforme, sobre un soporte seco y limpio, una primera mano de MAPEWRAP EQ ADHESIVE a brocha o con rodillo de pelo corto.
- 2º- Colocar inmediatamente el tejido MAPEWRAP EQ NET, teniendo cuidado de extenderlo sin dejar ningún pliegue.

Las telas adyacentes de MAPEWRAP EQ NET deberán solaparse al menos 15 cm en los puntos de unión longitudinales. Los puntos de unión transversales deberán solaparse al menos 10 cm.

- 3º- Después de haberlo alisado bien con las manos, protegidas con guantes de goma impermeables, aplicar sobre el tejido MapeWrap EQ Net una segunda mano de MAPEWRAP EQ ADHESIVE y luego presionarlo más veces, utilizando un rodillo de goma rígida o de metal (RODILLO PARA MAPEWRAP) para permitir al adhesivo penetrar completamente a través de las fibras del tejido.
- 4º- Para eliminar eventuales bolsas de aire ocluido durante las precedentes operaciones, repasar sobre el tejido impregnado con el RODILLO PARA MAPEWRAP de tornillo sin fin.



Figura 35: Colocación del tejido

Protección

Una vez endurecido, Mapewrap EQ System puede protegerse con la aplicación de PLANITOP 200, enlucido cementoso monocomponente de grano fino con polímeros en polvo.

S4-2 5 Inspección y control

S4-2 5.1 Recepción de materiales

Para asegurar la idoneidad de los materiales y su correcto almacenamiento en obra antes de proceder a su aplicación, se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios:

- **Control documental**
 - Nombre y dirección del fabricante.
 - Copia de la Certificación de empresa según ISO 9001.
 - Cómputo de cantidades recibidas.
 - Denominación de los materiales e identificación de todos los envases.
 - Identificación de los materiales: registro del nº de partida de fabricación.
 - Certificado de Control de Calidad de las partidas suministradas. Comprobación de la fecha límite de uso en cada uno de los envases.
 - Ficha Técnica y Hoja de Datos de Seguridad, que deberán permanecer accesibles en la Oficina de la obra.
- **Almacenamiento en obra**
 - Los materiales se almacenarán a cubierto (protegidos del sol y de fuentes de calor) en lugar fresco y seco, a una temperatura mínima de +5 °C, en sus envases originales cerrados.
 - Los acopios se realizarán agrupando los materiales según su identificación.
 - Inspección visual del estado de los envases, descartando aquellos que presenten golpes, abolladuras o roturas con pérdida de material.
 - Inspección visual del estado de los materiales a base de fibra, comprobando que no existe daño, ni roturas, en los rollos de la fibra.
 - Al final de la jornada se realizará un cómputo del material acopiado, a fin de comprobar los materiales consumidos durante la jornada.

S4-2 5.2 Control de ejecución

Para asegurar la adecuación de los materiales y su correcta aplicación en obra de acuerdo con el Proyecto de Ejecución, se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios:

- **Criterios para la aceptación del soporte**
 - El soporte deberá ser accesible, de forma que se pueda inspeccionar en toda su superficie.
 - Ausencia de cualquier acabado (pintura, papel pintado, etc.).
 - Ausencia de polvo, aceite, grasa, sales, etc.
 - Ausencia de degradaciones superficiales.
 - Ausencia de cuerpos extraños y zonas segregables.
 - Ausencia de mohos o excrecencias orgánicas.
 - Ausencia de fisuras. En caso de existir, deberán ser evaluadas y eventualmente reparadas y selladas.
 - Ausencia de cavidades.
 - Regularidad del soporte: a buena vista. En caso necesario se procederá a su regularización.
 - Ausencia de humedad de filtración o de remonte capilar.
 - Temperatura del soporte entre 5 y 30 °C.
 - Determinación de la localización y nº de ensayos.
- **Condiciones atmosféricas**
 - Ausencia de viento y corrientes de aire.
 - Ausencia de polvo.
 - Ausencia de sol.
 - Temperatura del aire entre 5 y 30 °C.
 - En aplicaciones al exterior, ausencia de lluvia y escorrentías.

- En aplicaciones al exterior, proteger contra la lluvia durante un mínimo de:
 - 24 horas si la temperatura ambiental no desciende de 15 °C.
 - 3 días si la temperatura ambiental es inferior a 15 °C.
- **Controles organolépticos**
Adhesivo:
 - Una vez removido en el envase, debe presentar un color homogéneo.
 - Se emplean los útiles recomendados en la Ficha Técnica correspondiente.
 - Se consume una cantidad de material según el espesor previsto y lo estimado en la Ficha Técnica correspondiente.

Malla:

- Módulo elástico, gramaje y dimensiones según proyecto.
- Aspecto regular y uniforme.
- Ausencia de pliegues y peladuras.

Puesta en obra:

- Eventual eliminación de pinturas, barnices, papeles pintados, etc.
- Aplicación de la 1ª mano de adhesivo.
- Ubicación, alineación y orientación de la malla de refuerzo según proyecto. Solapamiento de las juntas ≥ 15 cm en la dirección de las fibras y ≥ 10 cm en la dirección transversal.
- Presionado con la mano sin formación de bolsas o pliegues.
- Aplicación de la 2ª mano de adhesivo sobre la malla.
- Presionado con el rodillo macizo y el rodillo de tornillo sin fin.
- Penetración mortero a través de la malla.
- Control visual de encapsulado de la malla en el adhesivo.

S4-2 5.3 Recepción de obra

- **Criterios de aceptación**
 - Los defectos admisibles deberán, si es posible, repararse mediante inyección de MAPEWRAP EQ ADHESIVE.
 - Los defectos no admisibles conllevarán la sustitución del refuerzo y su reposición.
 - Comprobaciones:
 - Espesor mínimo del adhesivo: el que asegure el total encapsulado total de la malla.
 - Prueba de arrancamiento por tracción directa:
 - Se aceptará la aplicación si el 80 % de las pruebas (100 % si son solo dos) alcanzan una tracción de 0,8 MPa y la rotura se produce por cohesión del soporte.

S4-2 5.4 Seguridad

La seguridad es un aspecto importante de todos los trabajos de construcción. A las normas generales de seguridad en las obras se observarán adicionalmente, en todo caso, las recomendaciones indicadas en las fichas de seguridad de los productos.

- **Almacenamiento**

Los componentes del sistema de refuerzo se almacenarán siempre en sus envases originales, agrupados según su identificación en un lugar con temperatura $\geq +5^{\circ}\text{C}$ y seco, a cubierto y sobre una superficie impermeable como por ejemplo un film de polietileno, a fin de que queden apartados de la incidencia directa de los rayos solares y de fuentes de calor, y que, en caso de pérdidas, los líquidos no lleguen a infiltrarse al terreno.

- **Ejecución**

Durante la ejecución se tendrá especial cuidado en evitar vertidos durante la manipulación del adhesivo y su aplicación. Se seguirán en todo caso las recomendaciones indicadas en las Fichas Técnicas y las Fichas de Seguridad de los productos.

El personal encargado de la preparación del soporte deberá observar el uso de medidas protectoras adecuadas. Se dispondrá de ventilación y/o medios de protección de las vías respiratorias durante los trabajos que generen polvo.

La apertura de los envases realizará sobre una superficie impermeable (como un film de polietileno) que evite la infiltración al terreno del adhesivo. No se podrá comer o fumar durante estos trabajos. El personal que manipule los productos debe equiparse con guantes, vestimenta protectora y protección ocular a fin de evitar que el adhesivo entre en contacto con piel, ojos y mucosas.

Los derrames de adhesivo se controlarán con arena, tierra o material absorbente similar, inerte y no inflamable, que se transferirá a un contenedor para su tratamiento residual. Se evitará en todo caso la entrada de los derrames en sumideros y desagües. Lavar las zonas afectadas por derrames con limpiadores especiales, trapos con disolvente, o agua y detergentes. Los trapos y útiles de limpieza a desechar, se transferirán al contenedor para su tratamiento residual.

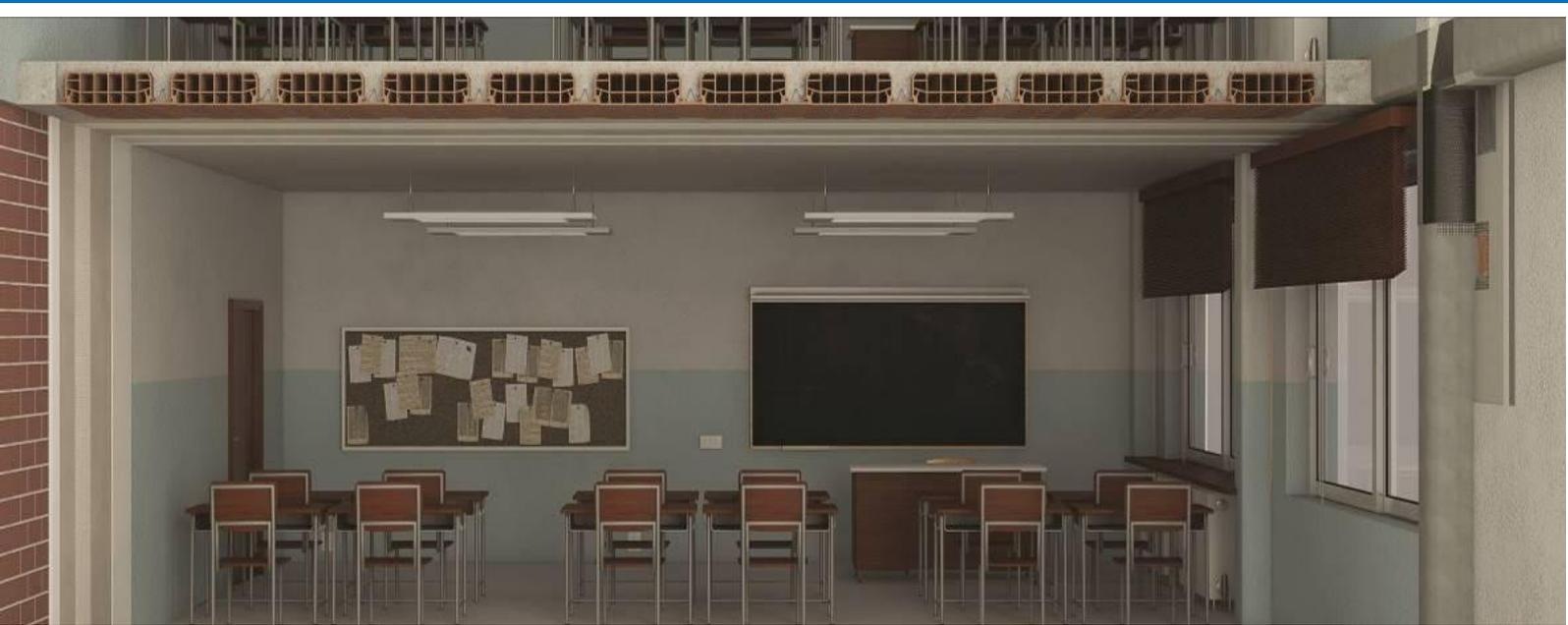
- **Tratamiento de residuos**

Los envases vacíos de adhesivo se mantendrán almacenados en un lugar donde se prevengan vertidos accidentales, hasta su inspección por Control de Ejecución. Una vez realizado su control, se procederá al traslado de los envases vacíos a contenedor para su tratamiento residual.

Los restos de adhesivo, recortes y otros elementos sobrantes se transferirán al contenedor de residuos. Los restos sobrantes de extracción de testigos, pruebas de calidad y de controles de aplicación también se transferirán al contenedor de residuos.

La gestión de los residuos almacenados en el contenedor será confiada a un gestor de residuos autorizado, que eliminará los mismos de acuerdo a la legislación vigente.

A Anexos



A1 Cálculo del Índice de vulnerabilidad

A2 Bibliografía

A1 Cálculo del Índice de vulnerabilidad

El método del Índice de Vulnerabilidad (Benedetti y Petrini, 1982), fue desarrollado a través del estudio post-terremoto de los daños generados por sismos ocurridos desde 1976 en diferentes regiones de Italia y ha permitido a las investigaciones de este país identificar algunos de los parámetros más importantes que controlan el daño en los edificios. Este método se ha aplicado en los terremotos de Almería en 1993-94 y Murcia en 1999, por Yépez y Mena, respectivamente.

El método del Índice de Vulnerabilidad (Benedetti y Petrini, 1982) identifica once características estructurales y constructivas del edificio que afectan de manera importante a los daños provocados por un sismo y valora su repercusión en la importancia del daño. Los factores se ponderan asignándoles un peso W_i , que indica la importancia que tiene cada uno en la asignación final del índice de vulnerabilidad a un determinado edificio.

Los valores del índice de vulnerabilidad oscilan entre -1: mejor vulnerabilidad y 22: máxima vulnerabilidad. Los parámetros y valores de este procedimiento se emplean en los capítulos siguientes para describir y cuantificar la vulnerabilidad de los centros escolares.

Para cada uno de los 11 parámetros se definen 3 clases (A, B y C) en función de las características del elemento que se corrige por un coeficiente W_i (varía entre -1 y 2) que refleja la importancia del parámetro en el índice total del edificio:

$$I_v = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$$

Así, por ejemplo, si el parámetro número cuatro “posición del edificio y de la cimentación” corresponde a un edificio cuya cimentación es insuficiente para cualquier tipo de terreno del emplazamiento, se le asigna la clase C y el valor numérico $K_4=2$.

Tabla 19: Cuantificación del índice de vulnerabilidad para estructuras de hormigón

CUANTIFICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD					
Parámetro	KiA	KiB	KiC	Peso W_i	KiWi
1. Organización del sistema resistente	0	1	2	4,00	
2. Calidad del sistema resistente	0	1	2	1,00	
3. Resistencia convencional	-1	0	1	1,00	
4. Posición del edificio y la cimentación	0	1	2	1,00	
5. Diafragmas horizontales	0	1	2	1,00	
6. Configuración en planta	0	1	2	1,00	
7. Configuración en elevación	0	1	3	2,00	
8. Conexión entre elementos críticos	0	1	2	1,00	
9. Elementos de baja ductilidad	0	1	2	1,00	
10. Elementos no estructurales	0	1	2	1,00	
11. Estado de conservación	0	1	2	2,00	

$$I_v \text{ Total} = \sum_{i=1}^{11} K_i \cdot W_i$$

La asignación de los once parámetros, dentro de una de las tres clases A, B, C, se realiza según los criterios siguientes:

1 Organización del sistema resistente

Este parámetro se evalúa la consistencia de las piezas de la mampostería, la calidad del mortero de unión, la esbeltez de los muros, el porcentaje de huecos, la relación de superficies entre muro y pilares, la resistencia del muro de mampostería, etc...

Tabla 20: Clases de edificio en función del sistema resistente

CLASE	CARACTERÍSTICAS
A	<p>Edificio constituido por muros de hormigón armado o por una combinación entre pórticos de hormigón armado y muros de mampostería, que cumple:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muros de mampostería formados por elementos consistentes, como ladrillos macizos o semimacizos, bloques prefabricados o bloques de piedra bien cortada, cuyo material de unión es un mortero de buena calidad. • Los espacios entre huecos de los muros de mampostería no superan en 30% de la superficie total del muro. • La relación de esbeltez de los muros (altura/espesor) es inferior a 20. • La separación entre la viga y la parte superior del muro es inferior a 1cm. • La distancia que el muro sobresale respecto del pórtico debe de ser menor que el 20% de la dimensión del espesor del muro. • El área de las columnas que limitan el muro debe ser mayor que 25 veces el espesor de dicho muro.
B	<ul style="list-style-type: none"> • Edificio cuyo sistema resistente principal está constituido por pórticos de hormigón y muros de mampostería que no cumplen con todos los requisitos de la Clase A.
C	<ul style="list-style-type: none"> • El edificio no cumple con los requisitos anteriores, no puede clasificarse ni como A ni como B.

2 Calidad del sistema resistente

La atribución de un edificio a una de las tres clases se efectúa en función de las características del hormigón y del acero y de la calidad de procesos de ejecución.

Tabla 21: Clases y características del sistema resistente

CLASE	CARACTERÍSTICAS
A	<ul style="list-style-type: none"> • El hormigón presenta buena consistencia, resistencia al rayado y se observa bien ejecutado. No existen zonas con irregularidades y porosidades excesivas. • El refuerzo de acero es corrugado y no puede ser observado en las superficies de los elementos estructurales. • Los paneles de mampostería presentan elementos consistentes en buen estado. Unidos con mortero resistente que no presenta degradación y se observa resistente al rayado. • La información disponible acerca de la estructura disminuye o elimina la posibilidad de que se haya utilizado una mano de obra de mala calidad o un procedimiento constructivo deficiente.
B	<ul style="list-style-type: none"> • Edificio que no cumple ni la Clase A ni la C.
C	<p>Edificio que presenta al menos dos de las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El hormigón es de mala calidad. • El refuerzo de acero se encuentra visible, oxidado o mal distribuido en los elementos estructurales. • Las juntas de construcción se han construido de manera deficiente. • Los paneles de mampostería son de mala calidad. • La calidad del procedimiento constructivo y de ejecución de la estructura es baja.

3 Resistencia convencional

Este parámetro representa la relación entre la relación entre el cortante actuante y el cortante resistente de la estructura:

$$\alpha = \frac{C}{0,4 \cdot R}$$

Tabla 22: Clase de estructura según el esfuerzo y resistencia a cortante

CLASE	CARACTERÍSTICAS
A	• Estructura con un valor de $\alpha \geq 1,5$
B	• Estructura para valores comprendidos entre $0,7 \leq \alpha < 1,5$
C	• Estructura con un valor de $\alpha < 0,7$

Siendo:

$$C = \frac{A_o \cdot \tau}{q \cdot N}$$

$$A_o = \frac{\min(A_x, A_y)}{A_t}$$

$A_x, y A_y$: Áreas totales de las secciones resistentes en el sentido x e y, respectivamente, (m²).

A_t : Área total en planta (m²).

τ : Resistencia a cortante de los elementos del sistema resistente, obtenida como una ponderación entre los valores de resistencia a cortante de cada uno de los materiales que constituyen el sistema resistente estructural (en caso de tener hormigón y mampostería), mediante la relación)

$$\tau = \frac{\sum_{i=1}^n t_i \cdot A_i}{\sum_{i=1}^{11} A_i}$$

q: Factor de ponderación son los porcentajes relativos de áreas contribuyentes.

$$q = \frac{(A_x + A_y)}{A_t} \cdot h \cdot P_m + P_s$$

P_m : Peso específico de los elementos del sistema resistente (T/m³)

P_s : Peso por unidad de área de la planta (T/m²)

H: Altura media de las plantas (m)

N: Número de plantas

R: Ordenada espectral definida mediante:

$$R = R_o \quad \text{si } 0 \leq T \leq T_o$$

$$R = \frac{R_o}{(T/T_o)^\tau} \quad \text{si } 0 > T_o$$

Donde R_o , T_o y τ dependen del tipo de terreno (S1 y S2) sobre el cual está cimentado la estructura, con los valores presentados en la siguiente tabla:

Tabla 23: Valores de parámetros que definen la ordenada espectral en función del tipo de suelo

Tipo de suelo	To	r	Ro
S1, Terreno firme o roca	0,35	2/3	2,5
S2, Terreno medio	0,80	2/3	2,2

El terreno tipo S1 se refiere a rocas calcáreas o a otro tipo de terreno caracterizado por una velocidad de propagación de las ondas de corte Vs con valores superiores a los 700 m/s en toda la profundidad. El terreno tipo S2 se refiere a depósitos aluviales profundos de densidad media o baja, caracterizados por valores de Vs inferiores a 250 m/s en estratos poco profundos (5-30 cm), e inferiores a 350 m/s en estratos más profundos (mayores de 50 m). Se incluye en éste último tipo a los suelos arcillosos con depósitos de espesores entre 30 y 90 m y valores de Vs inferiores a 500 m/s.

4 Posición del edificio y de la cimentación

Con este parámetro se evalúa, hasta donde es posible por medio de una simple inspección visual, la influencia del terreno y de la cimentación en el comportamiento sísmico del edificio. Para ello se tiene en cuenta algunos aspectos, tales como: la consistencia y la pendiente del terreno, la eventual ubicación de la cimentación a diferente cota y la presencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.

Tabla 24: Clase según las características de la cimentación

CLASE	CARACTERÍSTICAS
A	<ul style="list-style-type: none"> Edificio cimentado sobre terreno estable con pendiente inferior o igual al 15%, o sobre roca con pendiente no superior al 30%. Ausencia de empuje no equilibrado debido a un terraplén.
B	<ul style="list-style-type: none"> No cumple ni la Clase A ni la C
C	<ul style="list-style-type: none"> Edificio cuya cimentación es insuficiente para cualquier tipo de terreno presente en el emplazamiento. Edificio cimentado sobre terreno suelto con pendiente superior al 30%, o sobre terreno rocoso con pendiente superior al 60%. Presencia de empujes no equilibrados debido a terraplenes asimétricamente dispuestos.

5 Diafragmas horizontales

La calidad de los diafragmas horizontales tiene una notable importancia para garantizar el correcto funcionamiento de los elementos resistentes verticales.

Tabla 25: Clase según rigidez de los diafragmas horizontales

CLASE	CARACTERÍSTICAS
A	<ul style="list-style-type: none"> Edificio con losas rígidas y bien conectadas a los elementos resistentes verticales. Estos requisitos deben ser cumplidos en losas que presenten al menos el 70% del área total de la superficie.
B	<ul style="list-style-type: none"> Edificio que no cumple ni la Clase A ni la C.
C	<ul style="list-style-type: none"> Edificio con losas poco rígidas con conexiones deficientes y que el área de losas que cumplen los requisitos de la calificación A representan menos del 30% de la superficie total.

6 Configuración en planta

El comportamiento sísmico de un edificio depende de las relaciones entre las dimensiones en planta del edificio, según los siguientes factores:

$$\beta_1 = a/L$$

$$\beta_2 = e/d$$

$$\beta_3 = \Delta d/d$$

$$\beta_4 = c/b$$

Siendo:

- a: Dimensión menor del rectángulo que circunscribe el edificio
- L: Dimensión mayor del rectángulo que circunscribe el edificio.
- d: Dimensión en planta del edificio en la dirección más desfavorable
- Δd : Aumento de la dimensión d derivada de posibles salientes respecto de la línea de estructura.
- b: Longitud de la mayor protuberancia del cuerpo principal del edificio.
- c: Ancho de la mayor protuberancia del cuerpo principal del edificio
- e: Excentricidad existente entre el centro de masas, CM , y el centro de rigideces, CR .

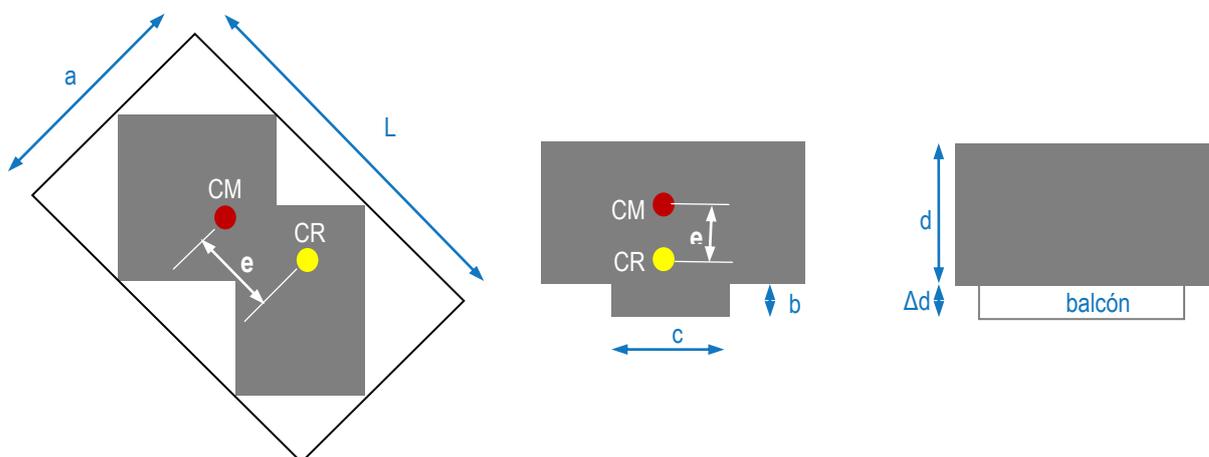


Figura 36: Excentricidad entre centro de masas y centro de rigideces

Tabla 26: Clase en función de la geometría de la planta

CLASE	CARACTERÍSTICAS
A	<p>Estructura con planta regular, que cumple los siguientes requisitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El factor β_2 es menor que 0,2 • Al menos el 70% de los elementos satisfacen que $\beta_3 < 0,2$ • El factor β_1 es mayor a 0,4 • Para todos los cuerpos sobresalientes del cuerpo principal del edificio se debe cumplir que $\beta_4 > 0,5$
B	<ul style="list-style-type: none"> • Edificio que no cumple ni la Clase A ni la C.
C	<p>Estructura con planta muy irregular, que cumple con al menos uno de los siguientes requisitos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El factor β_2 es mayor que 0,4 • Más del 70% de los elementos satisfacen que $\beta_3 > 0,2$ • El factor β_1 es menor que 0,2 y más del 30% de los elementos verifican que $\beta_3 > 0,2$ • Existe al menos un cuerpo o protuberancia sobresaliente del cuerpo principal, que cumple que $\beta_4 < 0,25$.

7 Configuración en elevación

Este parámetro evalúa las posibles irregularidades en altura que presente el edificio, considerando también la relación entre masas de las plantas consecutivas. Se calcula una relación las diferentes alturas del edificio cuyos parámetros son T y H:

$$T/H$$

Siendo:

H: Altura total edificio

T: Fracción de la altura del edificio inferior a H

Tabla 27: Clases en función de las irregularidades de alturas

CLASE	CARACTERÍSTICAS
A	La estructura no presenta variaciones significativas del sistema resistente entre dos pisos consecutivos. · La relación T/H es menor que 0,1 o mayor que 0,9
B	· Edificio que no cumple ni la Clase A ni la C.
C	· Edificio con variaciones en el sistema resistente, tanto en organización y disposición en planta, como en cantidad, calidad y tipo de elementos resistentes utilizados. · Edificio con un aumento de masa entre pisos consecutivos superior al 20% y, además, se verifica que $0,1 \leq T/H \leq 0,3$ o bien se verifica que $0,7 \leq T/H \leq 0,9$. · Edificio sin variaciones significativas del sistema resistente, pero que cumple que $0,3 \leq T/H \leq 0,7$ y, además, que el aumento de masa entre dos pisos consecutivos es superior a un 40%.

8 Conexiones entre los elementos críticos

Este parámetro considera las posibles excentricidades y/o desplazamientos de las vigas respecto a los pilares. Las dimensiones con las que se trabajan son las siguientes:

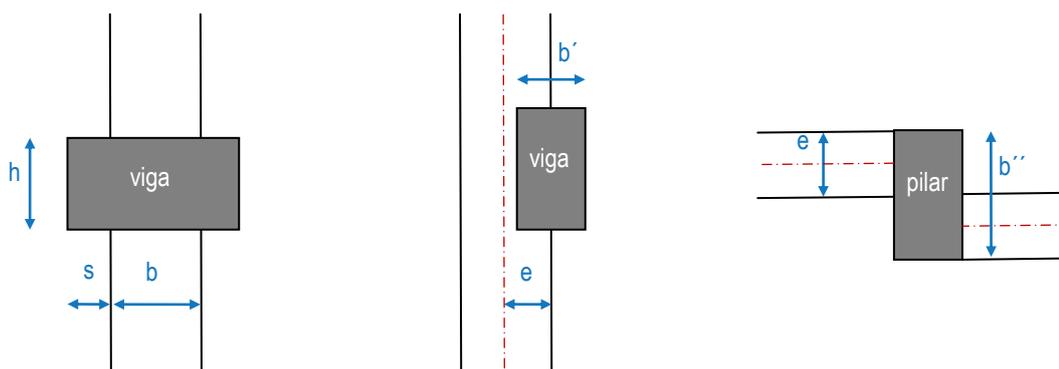


Figura 37: Excentricidad entre vigas y pilares

Siendo:

s: La mayor dimensión de la parte sobresaliente de la viga con respecto al pilar

b: Dimensión que representa el ancho del pilar

e: Excentricidad entre los ejes del pilar y de la viga

b'': Dimensión del ancho del pilar en dirección perpendicular a la de verificación de la conexión

b'min: La menor de las dimensiones entre los anchos de la viga y del pilar

Tabla 28: Clases en función de las características de las conexiones

CLASE	CARACTERÍSTICAS
A	Las conexiones presentan buenas condiciones, satisfaciendo los siguientes requisitos: <ul style="list-style-type: none"> • $s \leq 0,2 b$ o $s \leq 0,2 h/2$; $e \leq 0,2 b'$min; $e \leq 0,3 b''$ • La menor dimensión de las columnas que se encuentren sometidas a un esfuerzo de compresión promedio mayor que el 15% de su resistencia última, es superior a 25 cm.
B	• Edificio que no cumple ni la Clase A ni la C.
C	El edificio presenta conexiones con condiciones deficientes, verificándose uno de los siguientes casos: <ul style="list-style-type: none"> • Más del 70% de las conexiones no satisfacen los requisitos especificados para la calificación A • Más del 30% de las conexiones cumplen que: <ul style="list-style-type: none"> • $s > 0,4b$ ó $s > 0,4 h$; $e > 0,3 b'$min; $e > 0,4 b''$ • La dimensión mínima de las columnas que están sometidas a esfuerzos promedio superiores al 15% de la resistencia última, es menor que 20 cm.

9 Elementos estructurales de baja ductilidad

Se tiene en cuenta con este parámetro la identificación de elementos estructurales de baja ductilidad como son los pilares cortos, confinados en muros de fábrica. Para ello se establece una comparativa entre los elementos estructurales, pilares, más cortos en relación al resto, considerando

$$h/H$$

siendo:

h : Altura del pilar más corto

H : Altura del resto de pilares

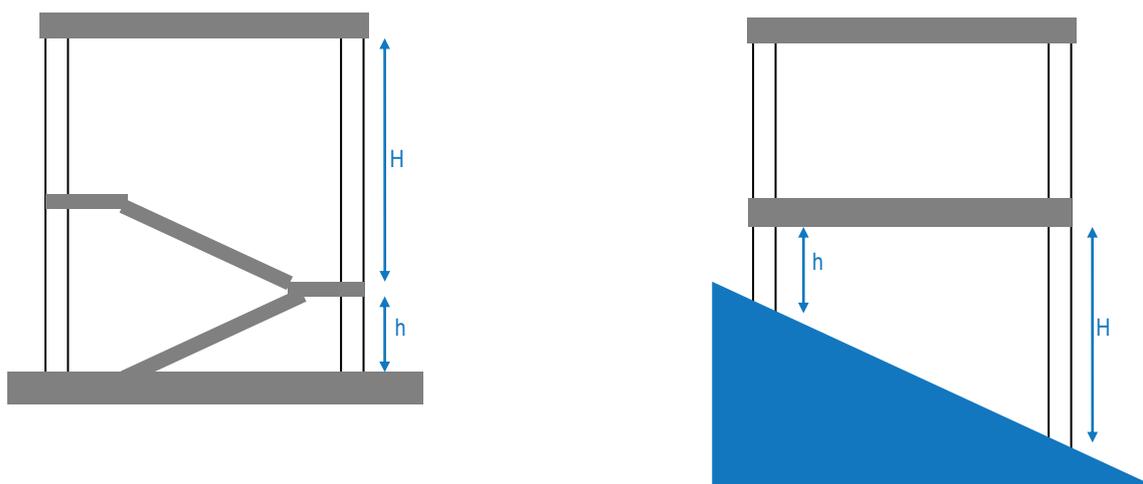


Figura 38: Ductilidad de los soportes

Tabla 29: Clases en función de la ductilidad de los soportes

CLASE	CARACTERÍSTICAS
A	<ul style="list-style-type: none"> Edificio que no presenta elementos estructurales de baja ductilidad o que no se pueden clasificar como Clase B o como Clase C.
B	<p>Edificios que presentan elementos estructurales de baja ductilidad, en los cuales se presentan uno de los siguientes casos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Elemento estructural más corto tiene una altura inferior a la mitad de la altura de los otros elementos, ($h/H \leq 0,5$). Existe un único elementos estructural con altura inferior a $2/3$ de la altura del resto de elementos estructurales ($h/H \leq 2/3$), pero dicho elemento requiere de elevada ductilidad.
C	<p>Edificios que presentan elementos estructurales de muy baja ductilidad, en los cuales se da uno de los siguientes casos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Elemento estructural más corto tiene una altura inferior a la cuarta parte de la altura de los otros elementos ($h/H \leq 0,25$). Existe un único elemento estructural con altura inferior a la mitad de la altura del resto de elementos estructurales ($h/H \leq 0,5$), pero dicho elemento requiere de elevada ductilidad.

10 Elementos no estructurales

Tabla 30: Clases según los elementos no estructurales

CLASE	CARACTERÍSTICAS
A	<ul style="list-style-type: none"> Edificio cuyos elementos no estructurales externos están bien conectados al sistema resistente y cuyos elementos internos son estables, aunque no se encuentren conectados fijamente a los elementos estructurales.
B	<ul style="list-style-type: none"> Edificios con elementos externos estables, pero que no están conectados a la estructura o que presentan una conexión deficiente. Los muros y paneles que se encuentren sobre voladizos tienen toda su base apoyada sobre el elemento similar del piso inferior.
C	<ul style="list-style-type: none"> Edificios cuyos elementos no estructurales externos son inestables y se encuentran mal conectados a la estructura, o edificios que no cumplen con los requisitos para clasificar como A o como B. Los ejes de los muros y paneles que se encuentran sobre voladizos no coinciden en los diferentes pisos.

11 Estado de conservación

Tabla 31: Clases en función del estado de conservación

CLASE	CARACTERÍSTICAS
A	<ul style="list-style-type: none"> Edificio cuyos elementos resistentes principales (como vigas, pilares, forjados, losas, etc.), no presenten fisuraciones y que no existan daños en la cimentación. El edificio no presenta daños graves en elementos no estructurales, garantizando la estabilidad de los mismos bajo la acción de las cargas sísmicas.
B	<ul style="list-style-type: none"> Edificio que no cumple con los requisitos especificados para las calificaciones A o C.
C	<ul style="list-style-type: none"> Más de un 30% de los elementos estructurales pertenecientes al esquema resistente principal del edificio se encuentran fisurados, las losas presentan fisuras considerables (mayores a 5 mm) y la cimentación presenta daños.

A4 Bibliografía

AGUILAR R., BOBADILLA C. *Fragility Curves for reinforced Concrete Structures and comparison to Hazus*. Revista internacional de desastres naturales, accidentes e infraestructura civil, vol. 6, Nº 1; mayo 2006: p 49-58.

ANGELETTI P., BELLINA A., GRANDORI E., MORETTI A., PETRINI V. *Comparison Between Vulnerability Assessment and Damage Index*. 9th. World Conference on Earthquake Engineering. Tokyo 7,181-186 1988

APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL. *Addendum to the ATC-20 postearthquake building safety evaluation procedures*. ATC-20-2, Redwood City, CA. 1995

APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL. *Cases studies in rapid postearthquake safety evaluation of buildings*. ATC-20-3, Redwood City, CA. 1996

APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL. *Earthquake damage evaluation data for California*. ATC-13. Redwood City, CA. 1985

APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL. *Field manual: Postearthquake safety evaluation of buildings*. ATC-20-1. Redwood City, CA. 1989

APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL. *Procedures for postearthquake safety evaluation of buildings*. ATC-20. Redwood City, CA. 1989

APPLIED TECHNOLOGY COUNCIL. *Seismic evaluation and retrofit of concrete buildings*. ATC 40. 2 volumes. Redwood City, CA. 1996

BELMOUDEN Y., LESTUZZI P. *On the seismic vulnerability assessment of unreinforced masonry buildings in Switzerland*. Research Report Ecole Polytechnique Federale Lausanne EPFL 2007

BENEDETTI D. , PETRINI V. *Sulla Vulnerabilità Sismica di Edifici in Muratura. Proposte di un Metodo di Valutazione*. L'industria delle Costruzioni, Roma: 1984

CAICEDO C., BARBAT H., CANAS J. *Vulnerabilidad Sísmica de Edificios*. Monografía CIMNE IS-6. A.H Barbat. Barcelona 1994

CALVI GM., MAGENES G., PAMPANIN S. *Studio Sperimentale sulla Risposta Sismica di edificio a Telaio in cemento Armato Progettati per soli carichi di Gravità*. X Congresso Nazionale "L'Ingegneria Sismica in Italia", Potenza Sept.2001

CALVI GM., PINHO R., MAGENES G., RESTREPO-VELEZ L.F & CROWLEY H. *Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years*. ISET Artículo Nº 472, Vol.43 2006

CARDONA O.D. *Metodología para la Evaluación de la Vulnerabilidad Sísmica de Edificaciones y centros Urbanos*. VII Seminario Latinoamericano de Ingeniería Sísmica-IX Jornadas Estructurales SCI/AIS/MOPT. Bogotá Oct.1981

CENTRAL US EARTHQUAKE CONSORTIUM. *Earthquake Vulnerability of Transportation Systems in the Central United States*. Central US Earthquake Consortium. US Department of Transportation.1996-Rev.2000

CHAVEZ J., GOULA X., ROCA A., CABAÑAS L., BENITO B., RINALDIS D., SABETTA F. *Análisis de Daños y de Parámetros del Movimiento del suelo correspondientes al terremoto de Irpinia (Italia) de 1980*. 1ª Asamblea portuguesa de Geodesia y Geofísica.

COLOMER V., URIOS D., MARTÍNEZ M.D., PORTALES A., MIFSUT C., BABILONI S., CANO J. *Registro de arquitectura del S.XX Comunitat Valenciana*. Generalitat Valenciana, Instituto Valenciano de la Edificación y Colegio Oficial de Arquitectos de la Comunitat Valenciana. Valencia 2002

D'AVINO S. *Técnicas constructivas y de la vulnerabilidad de las estructuras antiguas: Prevención del riesgo sísmico y su restauración*. Actas 2º Congreso Nacional de Historia de la Construcción, A Coruña Oct.1998

DOLCE M., KAPPOS A.,MASI A., PENELIS G., VONA M. *Vulnerability Assessment and Earthquake damage scenarios of the building stock in Potenza (Italy) using Italian and Greek Methodologies*. Elsevier engineering structures 28. 2006 p.357-371

DOLCE M., MASI A.. *Linee Guida per la valutazione della vulnerabilità sísmica di edifice strategici e rilevanti*. Regione Basilicata , Centro di Competenza Regionale sul Rischio Sismico(CRIS) 2005

EC-8 *Eurocódigo 8, Disposiciones para el proyecto de estructuras sismorresistentes*. UNE-ENV 1998-1-2. 1998

FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY. *NEHRP Handbook for the seismic evaluation of existing buildings*. FEMA-178. 1992

FERRINI M., MELOZZI A., PAGLIAZZI A., SCARPAROLO S. *Rilevamento della Vulnerabilità Sísmica di Edifici in Muratura*. Regione Toscana Servizio Sismico Regionale 2003

GENERALITAT VALENCIANA. *DECRETO 107/1991 de 10 de junio del Consell de la Generalitat Valenciana, por el que se regula el control de calidad de la edificación de viviendas y su documentación*. Boletín Oficial del Estado, nº 1571 del 24 de junio de 1991 Conselleria de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes. Generalitat Valenciana. 1991

GENERALITAT VALENCIANA. *ORDEN de 30 de septiembre de 1991, del Conseller de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes, por la que se aprueba el Libro de Control de Calidad en Obras de Edificación de Viviendas*. Consellería de Obras Públicas, Urbanismo y Transportes 1991

GNDT. *Rilevamento de la Vulnerabilità sísmica di edifice in muratura e in C.A*. Grupo Nazionale per la Difessa dei terremoti - 1998

GOBIERNO DE ESPAÑA. *REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación*. Ministerio de Vivienda. 2006

GORETTI A DI PASQUALE G. *An Overview Of Post-earthquake Damage Assessment in Italy*. E.E.E.R.I Workshop Pasadena, California Sept.2002

IGLESIAS ASENJO S., IDIGARAY FERNANDEZ C., CHACÓN MONTERO J. *Análisis del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas mediante Sistemas de Información Geográfica (SIG)*. BIBLID (0210-5462 (2006-2); 39:147-166)

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA. *Censo de Población y Viviendas de 2001*. INEbase 2001

INSTITUTO VALENCIANO DE LA VIVIENDA. *IVVSA 20 años de arquitectura residencial*. Instituto Valenciano de la Edificación. Valencia 2009

IZQUIERDO ÁLVAREZ A. *Intensidad Macrosísmica*. Física de la Tierra 11. Instituto geográfico nacional, Madrid. 1999 p. 237-252

JEFATURA DEL ESTADO *LEY 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación*. Boletín Oficial del Estado, nº 226, del 6 de noviembre de 1999

JEFATURA DEL ESTADO. *LEY 3/2004, de 30 de junio, de Ordenación y Fomento de la Calidad de la Edificación*. Boletín Oficial del Estado, nº 174, del 20 de julio de 2004

KAMINOSONO T. , KUMAZAWA F., NAKANO Y. *Quick Inspection Manual for damaged Reinforced Concrete Buildings due to Earthquakes*. Institute of Land Infrastructure and Management ,Japan 2002

KARBASSI A., NOLLET J. *Seismic Vulnerability Assessment of a Group of Buildings: Available Methods, Applications and Developments*. CEISCE Seminar University of Sherbrooke Quebec 2007

MALDONADO E, GÓMEZ I., CHIO CHO G. *Seismic Vulnerability Functions and seismic damage probability matrices for masonry buildings using simulation techniques*. Dyna, Año 75, Nº 155,p.p 63-76 Medellín 2008

MASI A., VONA ,M. *Curve di Fragilità per classi di edifici esistenti in c.a* 5th International Conference Messina, Italy. Nov-2008

MASI A., VONA M. *Vulnerabilità Sísmica di Edifici in c.a realizzati negli anni `70*. XI Congresso Nazionale "L'Ingegneria Sismica in Italia", Genova 2001

MINISTERIO DE FOMENTO. *DECRETO 2987/1968, de 20 de septiembre, por el que se establece la instrucción para el proyecto y la ejecución de obras de hormigón en masa o armado*. Boletín Oficial del Estado, nº 209, del 3 de diciembre de 1968.Ministerio de Fomento.

MINISTERIO DE FOMENTO. *REAL DECRETO 997/2002, de 27 de septiembre, por el que se aprueba la norma de construcción sismorresistente: parte general y edificación NCSR-02*. Boletín Oficial del Estado, nº 244, del 11 de octubre de 2002.p. 35898-35967

MINISTERIO DE LA VIVIENDA *DECRETO 195/1963, de 17 de enero, por el que se establece la norma M.V 101-1962 de Acciones en la Edificación*. Boletín Oficial del Estado, nº 35, del 9 de febrero de 1963. Ministerio de la vivienda.

MINISTERIO DE LA VIVIENDA. *DECRETO 1324/1972, de 20 de abril, por el que se establece la norma M.V 201-1972 de Muros resistentes de fábrica de ladrillo*. Boletín Oficial del Estado, nº 130, del 31 de mayo de 1972. Ministerio de la vivienda.

MUCCIARELLI M , MASI A , CHIAUZZI L. *Pericolosità Sísmica e parametri Ingegneristici dell terremoto dell'Aquila*. Workshop II Terremoto Aquilano. Università G. D'Annunzio Chieti- Pescara Apr.2009

NATIONAL INSTITUTE OF BUILDING SCIENCES. *HAZUS Earthquake loss estimation methodology*. Federal Emergency Management Agency., FEMA and National Institute of buildings Sciences NIBS, Vol.5, Chap.5, Washington D.C. 1997

PRESIDENCIA DE GOBIERNO *DECRETO de 11 de marzo de 1941 sobre restricciones en el uso de hierro en edificación*. Boletín Oficial del Estado, nº 71, del 12 de marzo de 1941

PRESIDENCIA DE GOBIERNO. *DECRETO 845/1960, de 4 de mayo, por el que se deroga el del 11 de marzo de 1941 que establecía restricciones en el uso del hierro en la industria de la edificación*. Boletín Oficial del Estado, nº 114, del 12 de mayo de 1960.

PRESIDENCIA DE GOBIERNO. *ORDEN de 3 de febrero de 1939 aprobando la Instrucción de Proyectos y Obras de hormigón armado*. Boletín Oficial del Estado, nº 47, del 16 de febrero de 1939

RAMIREZ DE ALBA H., PICHARDO LEWENSTEIN B., ARZATE CRUZ S.P. *Seismic Vulnerability Assessment of Housing in Urban Zones*. Universidad Autónoma de Yucatán. Ingeniería Revista Académica vol.11 nº001- 2007.

ROCA A., IRIZARRY J., LANTADA N., BARBAT A., GOULA X. PUJADES L., SUSAGNA T. *Método Avanzado para la Evaluación de la Vulnerabilidad y el Riesgo Sísmico. Aplicación a la Ciudad de Barcelona*. Física de la Tierra,18. 2006. p. 183-203

SERRANO B., DE MAZARREDO F.C., OSORIO A., PALENCIA J.J., GARCÍA-PRieto S. *Experiencia en Inspección de estructuras en edificios. Comunitat Valenciana 1991-2008*. Generalitat Valenciana e Instituto Valenciano de la Edificación. Valencia. Valencia 2008.

TEMES CORDOVEZ, R.: *El tapiz de Penélope. Transformaciones residenciales sobre tejidos sin valor patrimonial*, Tesis doctoral inédita. Departamento de Urbanismo. Universidad Politécnica de Valencia, 2007. Anejo 8, Evolución de los sistemas constructivos en la periferia urbana de Valencia en función de la estructura portante.

TERÁN GILMORE A., ESPINOSA JOHNSON M. *Diseño por Desempeño de Estructuras Dúctiles de Concreto reforzado ubicadas en la zona del lago del Distrito Federal: La resistencia Lateral de Diseño*. Revista de Ingeniería Sísmica Nº 78 México 2008 p. 23-46

TRIPATHI , BHASKER P. *Earthquake Loss Estimation Methodology For Prioritizing Seismic Mitigation*. Transactions, SMiiRT 16, Wash.DC 2001

VERDERAME G.M, IERVOLINO I., MARINIELLO C., MANFREDI G. *Il periodo nella valutazione sismica di edifici esistenti in c.a*. Linea 2 Progetto 2005-2008 ReLuis, Dipartimento Protezione Civile, Italia.

BAQUER SISTACH J., FALGUERA VALVERDE J., HERRERO MORENO J.E., ORTÍN RULL G.A., PIÑEIRO AGUIN P.,PUGIBET MARTÍ J., SANGIL GARCÍA M.: *Monográfico 1. La fibra de carbono en refuerzo de estructuras de hormigón*. Institut d'Estudis Estructurals (IEE).

MAPEI: *Guida alla scelta dei materiali compositi per il rinforzo strutturale*. C.P. MK 728610 (I) 10/16.

MAPEI: *Manuale del rinforzo strutturale*. C.P. MK 680010 (I) 07/13.

MAPEI: *Sistemi per la Prevenzione Sismica e il Rinforzo Strutturale delle Scuole*. C.P. MK 920610 (I) 10/2016.

MAPEI: *Fichas Técnicas de los productos* (disponibles en www.mapei.es).

DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE: MAURO DOLCE, GIACOMO DI PASQUALE, CLAUDIO MORONI; CONSORZIO INTERUNIVERSITARIO ReLUI: GAETANO MANFREDI, ANDREA PROTA, ALBERTO BALSAMO E IVANO IOVINELLA. : *linee guida per la riparazione e il rafforzamento di elementi strutturali, tamponature e partizioni*. Bozza - agosto 2009.

