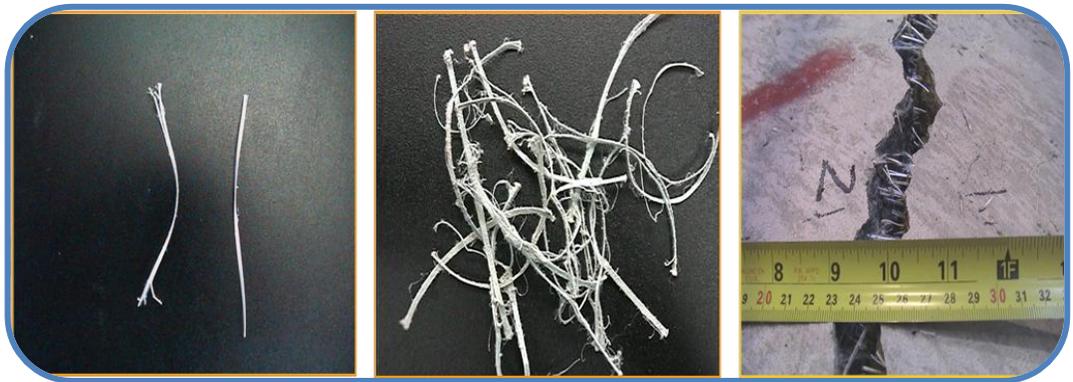


Macro fibras estructurales

PAVIPRINT.



Información técnica

Introducción

Durante los últimos años se ha producido un desarrollo muy importante en la industria del hormigón, como consecuencia de ello han aparecido nuevos materiales como son las MACRO FIBRAS poliméricas que se emplean como refuerzo de los hormigones.

Estas fibras como agregado del hormigón han sido exhaustivamente estudiadas en otros países como EEUU en las normas ACI o ASTM por ejemplo y se han publicado ya numerosas normas y métodos de experimentación al respecto.

En nuestro país la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE) en su Anejo nº 14 establece las recomendaciones específicas y complementarias cuando, para mejorar alguna de las prestaciones del hormigón ya sea en estado fresco, en primeras edades o en estado endurecido, se empleen fibras en el hormigón.

A los efectos de este Anejo, los hormigones reforzados con fibras (HRF), se definen como aquellos hormigones que incluyen en su composición fibras cortas, discretas y aleatoriamente distribuidas en su masa

La aplicación de estas fibras en los hormigones puede ser con finalidad estructural o no estructural. El empleo de fibras en el hormigón tiene finalidad estructural cuando se utiliza su contribución en los cálculos relativos a alguno de los estados límite últimos o de servicio y su empleo puede implicar la sustitución parcial o total de armadura en algunas aplicaciones.

De una manera general se pueden clasificar como fibras estructurales, aquellas que proporcionan una mayor energía de rotura al hormigón en masa (en el caso de las fibras estructurales, la contribución de las mismas puede ser considerada en el cálculo de la respuesta de la sección de hormigón).

Esta instrucción considera MACRO FIBRAS aquellas cuyo diámetro sea mayor o igual a 0,30 mm.

Este tipo de fibras aportan resistencias residuales a flexotracción superiores a las mínimas recomendadas en esta instrucción EHE, por lo que se consideran **fibras estructurales**.

Según dice la EHE este tipo de fibras se pueden adicionar tanto en hormigones en masa, armados o pretensados.

Descripción de las Macro Fibras P-25 y P-50

Las FIBRAS ESTRUCTURALES P-25 y P-50 son macro-fibras formadas por una mezcla de polipropileno-polietileno, empleadas para el refuerzo del hormigón, y en determinados casos para el reemplazo de las armaduras pasivas y las fibras metálicas.

Estas fibras además de mejorar la Ductilidad del hormigón, influye de manera decisiva sobre otros parámetros del mismo:

-Resistencia a la fisuración y fractura del hormigón de elementos prefabricados (paneles, tubos, etc.).

Las fibras estructurales frenan la propagación de fisuras, evitando el desprendimiento de elementos de la pieza de hormigón.

-Resistencia al Impacto

-Resistencia al Fuego

Los distintos tamaños de la fibra responden a una adaptación de las mismas a diferentes características del hormigón que se pretende fabricar (volumen de pasta, tamaño máximo de los áridos empleados,...) así como de la forma o geometría de la losa o pieza a fabricar.

Los campos de aplicación más comunes de estas fibras son:

- elementos prefabricados de poco espesor
- hormigón preparado: soleras, losas, pavimentos industriales y arquitectónicos.
- hormigón proyectado y hormigón de revestimiento (túneles).
- y en general para todos aquellos hormigones que se quiera incrementar las propiedades a tracción, impacto y la capacidad de absorción de energía.

Propiedades Técnicas:

Color: Blanco

Densidad: 0,92 (0,92 g/dm³)

Longitud:

MACRO FIBRA P-50 50 mm

MACRO FIBRA P-25 25 mm

Diametro: 1,0 mm

Módulo de Elasticidad: 5,37 Gpa

Resistencia a la Tracción: 517 MPa

Elongación hasta rotura: 19%



Según Anejo 14 Hormigón con Fibras de la EHE, las características geométricas de las fibras (Longitud (l_f), Diámetro equivalente (d_f), Esbeltez (λ), establecidas de acuerdo con **UNE 83.500-1:89** y **UNE 83.500-2:89**, son las siguientes

Fibra	P-25	P-50
Longitud (l_f)	25 mm	50 mm
Diámetro equivalente (d_f)	1,0 mm	1,0 mm
Esbeltez (λ)	25	50
Resistencia Tracción (MPa)	520	520
Punto de fusión (°C)	160	160
Módulo elástico (GPa)	5.4	5.4

Estas fibras disponen del **Certificado de Conformidad CE: nº 0679-CPD-0460** En su categoría de utilización: para su uso estructural en el hormigón, mortero y pastas.

Las propiedades técnicas de estas fibras se basan en la excelente interacción con la matriz del hormigón, al abrirse las mismas durante el amasado.

Esta multiplicación de las fibras durante el pre-amasado aumenta la superficie de contacto con el hormigón

Estas propiedades geométricas particulares de las fibras **PAVIPRINT P-50** y **P25**, así como su composición han sido patentados..

Características mecánicas y durabilidad

• Tenacidad y ductilidad

Las **Macro Fibras P-50** y **P-25** aumentan los valores de Tenacidad y Ductilidad del hormigón. La Ductilidad transmite al material la energía necesaria para mantenerlo unido después de la fisuración. Puede definirse como la capacidad de un material para deformarse pasado el límite de elasticidad sin que se produzca fisuración.

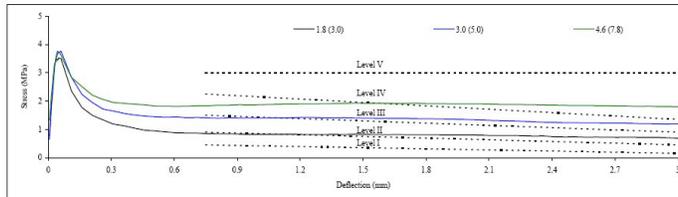
La Tenacidad es la capacidad que posee el material para soportar la fisuración sin romperse.

Generalmente se determina por la medida de la Energía de Rotura o bien mediante la Energía residual a un determinado nivel de deformación



● **Equivalencia a la armadura metálica**

Para determinar la dosis equivalente de fibra estructural para realizar el remplazo parcial o total de armaduras no activas, en este caso la malla electrosoldada o más comúnmente llamada "mallazo", PAVIPRINT emplea un completo programa de cálculo basado en el valor de la Resistencia residual a flexotracción R_{e3} .



Fiber Dosage kg/m ³ (lbs/yd ³)	Flexural Strength (MPa)	ASTM C 1018-97 Toughness Indices					ASTM C 1018-97 Residual Strength Factors					JSCE ² (MPa)	Toughness Levels 3 MPa	R ₄₀ (%)
		I ₅	I ₁₀	I ₂₀	I ₃₀	I ₄₀	R _{5,10}	R _{10,20}	R _{20,30}	R _{30,40}				
1.8 (3.0)	3.9	3.7	5.7	8.5	10.7	16.5	39.8	27.8	21.6	19.3	0.95	I-II	24.6	
3.0 (5.0)	4.1	4.0	6.8	9.9	13.2	22.6	47.4	36.0	32.3	31.5	1.41	II-III	34.8	
4.6 (7.8)	3.8	3.4	5.7	9.3	12.8	23.4	45.0	36.6	34.7	35.3	1.95	III-IV	51.1	

Results shown are taken from an average of three beam tests.

² Japanese Society for Civil Engineering



En base a estos valores, y teniendo en cuenta diferentes parámetros como el espesor de la losa, tipo y cantidad de acero por metro cuadrado, resistencia del hormigón, etc, es posible determinar una dosificación teórica de fibras que aporta un nivel de refuerzo suficiente como para soportar las cargas exigidas.

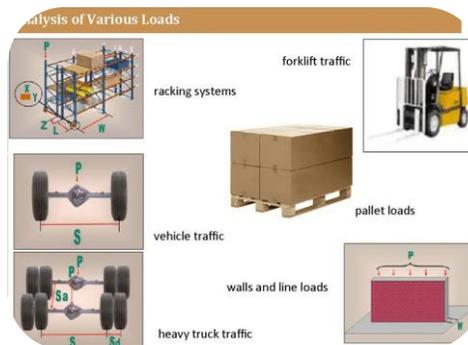
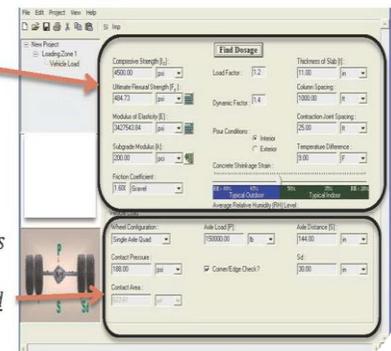


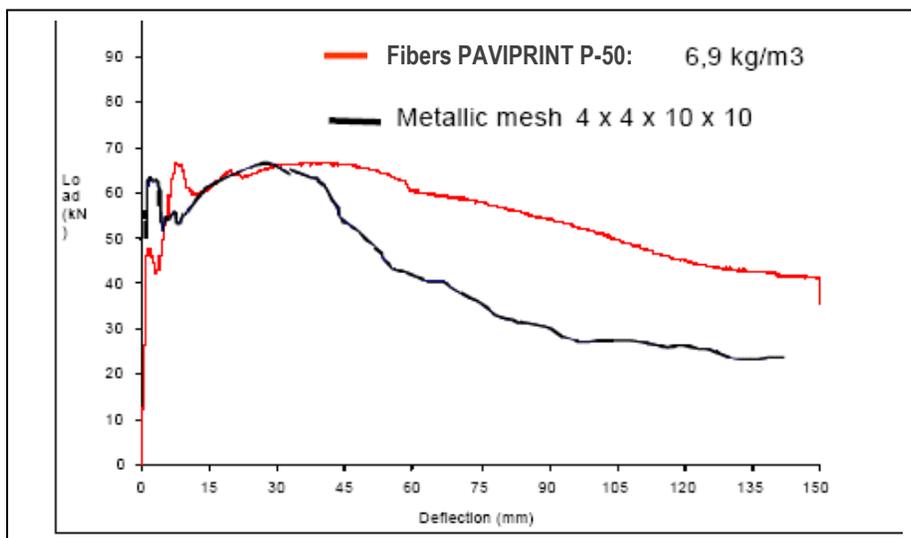
Engineered design requires more details than non structural design.

Zone Data Required

- concrete properties,
- soil strength,
- Proposed slab thickness
- Slab joint spacing
- Environmental conditions

Zone Loading Data Required





Comportamiento de la macro fibra PAVIPRINT P-50 a flexión comparada con una malla electrosoldada estándar.
 (Ensayos realizados en la Universidad de Dalhousie, Canada).

La correcta ejecución y puesta en obra del hormigón es fundamental para que así los cálculos teóricos sean fiables así como el proceso de curado del mismo en sus edades tempranas. De esta forma podremos garantizar la "DURABILIDAD" del hormigón ejecutado.

- **Tablas de equivalencia**

Tablas de equivalencia teórica para la sustitución de la malla electrosoldada (mallazo) por la macro fibra estructural **PAVIPRINT P-50** o **P-25** -indicamos los casos más comunes- (las variaciones de espesor de losa, resistencia de hormigón y tipo de malla pueden ser muy numerosas).

Resistencia hormigón a compresión (N/mm ²)	Espesor de la losa (cm)	Mallazo	Acero	Dosificación mínima fibras (Kg/m ³)
20	7,50	150x150x4	BT500	2,50
25	7,50	150x150x4	BT500	2,50
20	10	150x150x4	BT500	2,00
25	10	150x150x4	BT500	2,00
20	7,50	150x150x5	BT500	3,50
25	7,50	150x150x5	BT500	3,50
20	10	150x150x5	BT500	2,50
25	10	150x150x5	BT500	2,50
20	15	150x150x5	BT500	2,00
25	15	150x150x5	BT500	2,00
25	7,5	200x200x6	BT500	4,00
25	10	200x200x6	BT500	3,00
25	15	200x200x6	BT500	2,00

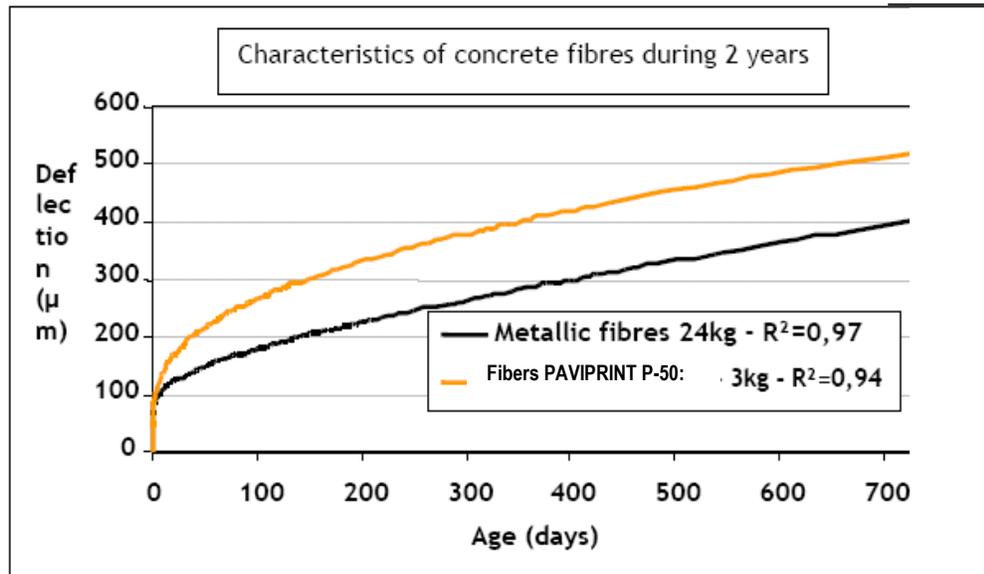
Resistencia hormigón a compresión (N/mm2)	Espesor de la losa (cm)	Mallazo	Acero	Dosificación mínima fibras (Kg/m ³)
25	7,50	200x200x8	BT500	7,00
25	10	200x200x8	BT500	5,00
25	15	200x200x8	BT500	3,50
30	7,5	200x200x8	BT500	5,00
25	15	200x200x10	BT500	5,00
30	15	200x200x10	BT500	4,00

Para cualquier otro cálculo consulte con nuestro departamento técnico para obtener su tabla de equivalencia.

• **Deformación bajo carga constante**

El comportamiento del hormigón sometido a cargas constantes supone un factor de gran importancia en el diseño de hormigones reforzados con fibras. El factor principal es la capacidad de las fibras en soportar las cargas después de la fisuración.

No existe un ensayo normalizado para determinar esta resistencia después de la fisuración. Únicamente disponemos de algunas recomendaciones (BEFIM) y algunos estudios aislados sobre métodos de ensayo experimentales.



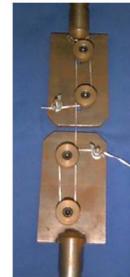
● Resistencia a los álcalis

Las especificaciones de los hormigones reforzados con fibras, especialmente en el caso del Hormigón Proyectado (ASTM C1116), hace mención expresa a la resistencia de los materiales constituyentes de las fibras a los compuestos alcalinos que se encuentran de manera natural en el hormigón.

Se ha determinado la resistencia a los álcalis de las fibras PAVIPRINT P-50 y P-25 introduciendo éstas en una solución alcalina de pH 11, 12 y 13 durante 35 días.

La resistencia es medida a los 7, 14, 21, 28 y 35 días con el aparato mostrado a continuación

Solución Alcalina de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ a una temperatura de $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$
Durante todo el periodo de ensayos.



● Resistencia a otros compuestos químicos

Las fibras **PAVIPRINT P-50** y **P-25** son resistentes a otros agentes agresivos, que se exponen a continuación:

Ácidos: Acido Clorhídrico, Acido Nítrico, Acido Acético,
Bases: Sulfato Amónico, Cloruro Amónico
Sulfatos: Sulfato Sódico, Sulfato de Zinc

● Resistencia a los ciclos hielo/deshielo

En determinadas regiones, debido a los cambios bruscos de temperatura a lo largo del día, el hormigón debe ser reforzado con fibras sintéticas, para minimizar los efectos expansivos del agua capilar cuando pasa del estado líquido al estado sólido.

Las propiedades de las fibras **PAVIPRINT P-50** y **P-25** bajo condiciones de hielo-deshielo, así como la resistencia a la fragmentación han sido estudiadas mediante la norma de ensayo ASTM C672 y ASTM C666 (300 ciclos de inmersión para resistencia hielo/deshielo y 50 ciclos de inmersión para resistencia a la fragmentación).

En ambos casos se obtienen mejores resultados en aspectos de durabilidad para los hormigones reforzados con fibras sintéticas respecto a los hormigones sin fibras.

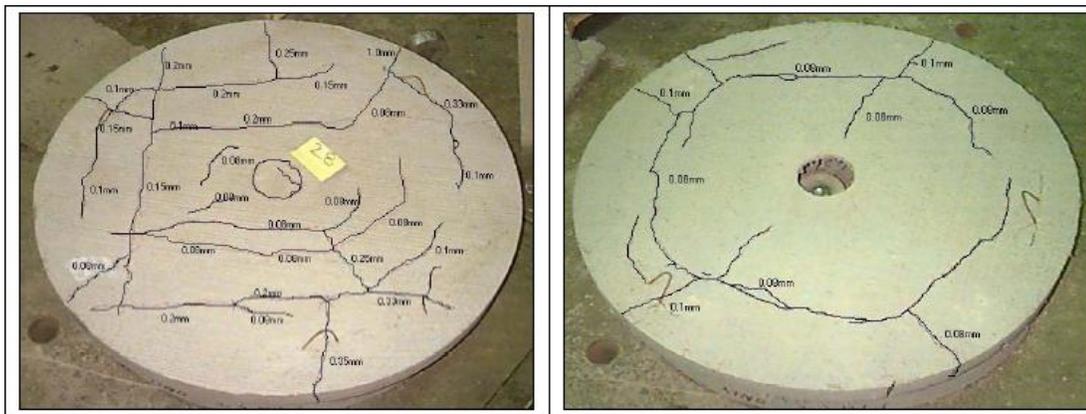
● Resistencia al Impacto

La certificación de un gran número de productos prefabricados de hormigón requiere, por motivos de seguridad, que las piezas tengan la capacidad de mantenerse enteras en caso de recibir un impacto.

Esto es posible con las fibras **PAVIPRINT P-50** y **PAVIPRINT P-25**, que mejoran sensiblemente las prestaciones de resistencia al impacto de cualquier hormigón.

Hormigón Normal
Sometido a 28 impactos – 4617 Joules

Hormigón con PAVIPRINT FIBRA
Sometido a 37 impactos – 6477 Joules



3. Recomendaciones de Uso

● Método de Dosificación

Hormigón Preparado: **PAVIPRINT P-50** y **P-25** se deben añadir durante el pesado de los áridos (báscula o cinta) o directamente a la amasadora o camión hormigonera. El tiempo de transporte así como el amasado del camión facilitan la dispersión de las fibras en la matriz del hormigón.

Hormigón Autocompactante: se recomienda introducir las fibras sobre los materiales secos, antes de adicionar el agua, a fin de maximizar la dispersión de las fibras en el hormigón.

Prefabricado: La introducción debe hacerse durante el mezclado en seco de los materiales, antes de la adición de agua.



• Puesta en obra y acabado del Hormigón

Las fibras no modifican la puesta en obra del hormigón. En hormigones secos de desmoldeo inmediato puede modificar la deformación del material, debiendo modificar los parámetros de vibro-compresión de la máquina.

Todas las fibras PAVIPRINT son compatibles para todo tipo de aditivos para el hormigón.

Características del hormigón reforzado con fibras

Tipificación de los hormigones:

Los hormigones reforzados con fibras (HRF) se tipificarán de acuerdo con el siguiente formato (lo que deberá reflejarse en los planos de proyecto y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto):

T – R / f-R1-R3 / C / TM-TF / A

T Indicativo que será HMF en el caso de hormigón en masa, HAF en el caso de hormigón armado y HPF en el caso de hormigón pretensado

R Resistencia característica a compresión especificada, en N/mm²

f Indicativo del tipo de fibras que será A en el caso de fibras de acero, P en el caso de fibras poliméricas y V en el caso de fibra de Vidrio

R1, R3 Resistencia característica residual a flexotracción especificada fR,1,k y fR,3,k, en N/mm²

En cuanto a las resistencias residuales a flexotracción características especificadas, se recomienda utilizar la siguiente serie siempre que supere el valor mínimo exigido en 30.5:

1,0 – 1,5 – 2,0 – 2,5 – 3,0 – 3,5 – 4,0 – 4,5 – 5,0 –

En la cual las cifras indican las resistencias residuales a flexotracción características especificadas del hormigón a 28 días, expresada en N/mm².

Cuando las fibras no tengan función estructural los Indicativos R1 y R3 deberán sustituirse por:

“CR” en el caso fibras para control de retracción, “RF” en el caso de fibras para mejorar la resistencia al fuego y “O” en otros casos.

Aplicación de garantía

Todo lo expuesto anteriormente no pasaría de ser una descripción detallada de técnicas y consejos para la aplicación de los diferentes pavimentos de hormigón si no se hablara de la importancia capital que tiene la mano de obra para la correcta ejecución y terminación de los mismos.

Es imprescindible que los trabajos sean realizados por empresas especializadas, dotadas de personal técnico y mano de obra experta, que garanticen tanto las propiedades mecánicas como las estéticas. Sería lamentable que, por una mala aplicación, la gran variedad de colores y de texturas que hoy día pueden conseguirse no presentaran un buen acabado o bien tuvieran una vida media inferior a la esperada.

La combinación entre aplicadores experimentados y productos y sistemas garantizados dará como resultado pavimentos de hormigón de gran originalidad y belleza.

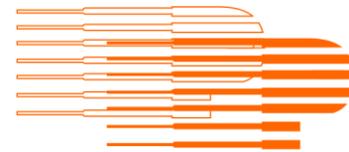


Esta información técnica, así como las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas siempre de buena fe, son basadas en nuestro conocimiento y experiencia actual, cuando dentro de la vida útil de producto, son correctamente manipulados y aplicados, en situaciones estándar. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son de tal diversidad, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización, o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir, a excepción de deficiencias en la calidad de nuestros materiales originados por fallos de producción. Estas informaciones no son exigentes para que el comprador y/o aplicador y/o usuario final, determine si nuestra oferta, recomendación técnica o la calidad y características de nuestros productos, se ajustan a sus necesidades.

PAVIPRINT se reserva el derecho de actualizar las propiedades y especificaciones de los productos con el fin de mejorar nuestras recomendaciones y adaptarnos a la normativa vigente. Una nueva edición de este documento con fecha posterior anula la validez de su anterior versión.

Febrero – 2015

Carlos Masa Martínez
Director Técnico Paviprint



Productos Paviprint®

av. españa, 29-viv. 5
28220 majadahonda
(madrid) españa

tel. +34 91 634 42 24
fax. +34 91 634 11 69
e-mail. paviprint@paviprint.com
www.paviprint.com