

# FIBRA DE POLIPROPILENO POLIFIBER PLUS VS FIBRAS METÁLICAS

## 1. FACTORES DETERMINANTES DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DE ENERGÍA DEL HORMIGÓN PROYECTADO REFORDADO CON FIBRAS.

Los factores y circunstancias que definen la capacidad de absorción de energía, es decir, que incrementan la ductilidad del hormigón, pueden clasificarse en función de diversos criterios. Atendiendo al tipo de hormigón encontramos factores como el tipo de cemento, tipo de áridos, relación cemento/áridos, etc. Centrándonos en la ejecución influyen factores como el espesor, el soporte, la proyección, la compactación, etc. En función del tipo de fibras se dan factores como la materia prima empleada, la dotación, la resistencia a tracción, la adherencia, el tamaño y forma, etc.

Debido a la cantidad de variables existentes, realizaremos el análisis comparativo en función del tipo de fibras y de su influencia sobre la ductilidad del hormigón.

### **1.1 Dotación de fibras.**

La cantidad de fibras que se adicione por m<sup>3</sup> de hormigón manteniendo constantes el resto de variables, influye en la capacidad de absorción de energía estableciendo una relación positiva entre ambas variables, de forma que a mayor cantidad de fibras se consigue una mayor ductilidad y mayor capacidad de absorción de energía.

### **1.2 Resistencia a tracción y adherencia.**

Un hormigón reforzado con fibra puede fracturarse por pérdida de adherencia (exacción), o por rotura de la fibra (resistencia a tracción), de forma que ambas variables influyen proporcionalmente en la capacidad de absorción de energía, es decir, una fibra con elevada resistencia a tracción no mejoraría la absorción de energía si no es proporcional a la adherencia, pudiendo afirmar que la adherencia al conglomerado es más determinante que la resistencia a tracción de la fibra, siempre que esta supere un determinado mínimo.

### **1.3 Tamaño y forma.**

La longitud de la fibra actúa sobre el nivel de flexo-tracción que ofrece el hormigón (comportamiento dinámico), estableciendo una relación positiva entre ambas variables, de forma que a mayor longitud se consigue un mayor nivel de flexo-tracción, si bien debe tenerse en cuenta las necesidades específicas de cada proyecto y las limitaciones del sistema de ejecución (tamaño del árido, sistema de bombeo o proyección, espesor, etc.)

En cuanto a la morfología, las fibras de sección circular tienen menor adherencia debido a que su superficie de contacto es menor que en el caso de las fibras de sección plana/rectangular, debiendo modificar su diseño superficial (superficies rugosas, bordes angulados, etc.).

## **2. COMPARATIVA ENTRE LA FIBRA DE POLIPROPILENO Y LA FIBRA METÁLICA.**

### **2.1 Dotación de fibras.**

La cantidad de fibras de polipropileno de igual tamaño por Kg es mucho más elevada que en el caso de las fibras metálicas, ya que la relación entre las densidades de ambos materiales es de 8,5:1 (densidad polipropileno: 0,91g/cm<sup>3</sup>, densidad metal: 7,85g/cm<sup>3</sup>), es decir, en un kilo de fibra de polipropileno hay 8,5 veces más unidades de fibra que en un kilo de fibra metálica. A mayor número de fibras se produce una mejor redistribución de tensiones, se eleva la superficie total de contacto y disminuye la proximidad.

En este sentido la fibra de polipropileno confiere al hormigón mayor ductilidad y mayor capacidad de absorción de energía, que la fibra metálica.

### **2.2 Resistencia a tracción.**

Las fibras metálicas cuentan con resistencia a tracción de entre 300 y 1100 MPa. mientras que la fibra de polipropileno tiene una resistencia a tracción de entre 300 y 560 MPa. al contar con una resistencia a tracción menor, las fibras de polipropileno refuerzan el hormigón debido a la interacción y a una dotación de fibras muy superior.

### **2.3 Adherencia.**

La adherencia de las fibras con los componentes del hormigón, es un factor esencial que tiene una gran influencia en el comportamiento del mismo. Mientras que en las fibras metálicas, la adherencia se mejora en función de la forma y geometría de la misma, en las fibras poliméricas además de estas dos características, pueden utilizarse algunos productos químicos que mejoran la interacción de las mismas con el hormigón.

### **2.4 Durabilidad.**

A la hora de valorar cualquier construcción realizada con hormigón, la durabilidad y el mantenimiento de sus características durante su vida útil, es un factor fundamental e indispensable.

Las fibras metálicas mantienen sus propiedades mientras se encuentren aisladas dentro del hormigón, ya que este tiene un PH muy ácido que las protege del resto de factores ambientales, que provocarían su oxidación y la pérdida de buena parte de sus propiedades. No obstante, dicha oxidación podría producirse por numerosos motivos:

- En el proceso de embalaje previo al almacenaje, en el propio almacenaje, o en cualquier punto de la cadena de distribución.
- Por la creación de micro-fisuras, a través de las cuales puede penetrar aire y agua que produzca la corrosión y oxidación de las fibras metálicas.
- Por una reacción química conocida como carbonatación del hormigón, en la que el carbonato cálcico del hormigón reacciona con el dióxido de carbono del aire, y provoca una bajada de PH en el propio hormigón que provoca la corrosión y oxidación de las fibras metálicas.

De todas formas, los recubrimientos que se fijan en la normativa para el hormigón armado, que garantizan la no oxidación durante la vida útil del proyecto, no se cumplen en un hormigón reforzado con fibras metálicas, dado que la distribución de las fibras es aleatoria, y quedarán fibras repartidas por la superficie que se oxidarán, aumentaran su volumen y perderán adherencia, de forma que el hormigón fibro-reforzado disminuirá sus propiedades a medida que pase el tiempo.

En cambio las fibras de polipropileno no acusan la oxidación y corrosión propias de las fibras metálicas, y son más estables frente a cualquier ataque químico, constituyendo una gran ventaja para la durabilidad del hormigón fibro-reforzado.

El Dr. Stefan Bernard de la Universidad de Sídney, realizó un estudio sobre la durabilidad y mantenimiento de las propiedades del hormigón reforzado con fibras sintéticas y con fibras metálicas. El estudio concluyó que después de un año, las muestras realizadas con fibras metálicas mantenían solo el 54% de su capacidad de absorción de energía, mientras que las muestras reforzadas con fibras sintéticas, mantenían el 98% de su capacidad, demostrando plenamente que las fibras sintéticas garantizan la durabilidad del hormigón fibro-reforzado y el mantenimiento de sus propiedades durante su vida útil, de manera mucho más eficiente que la fibra metálica.



<p><b>FIBRA SINTÉTICA:</b> 98% de absorción de energía después de un año.</p>	<p><b>FIBRA METÁLICA:</b> 54% de absorción de energía después de un año.</p>
---	--

## 2.5 Resistencia pasiva al fuego.

Al quedar expuesto el hormigón a las elevadas temperaturas que se registran en un incendio, el agua que forma parte del mismo se evapora, produciendo tensiones que fisuran y rompen el hormigón, ya que este no es capaz de evacuar dichas tensiones. En muchos incendios registrados en túneles, se ha producido el desconchado superficial, conocido como spalling, pudiendo producirse la rotura explosiva en algunos casos.

Al añadir fibras de polipropileno al hormigón reducimos este fenómeno, ya que al alcanzar estas elevadas temperaturas, las fibra se licuan, creando canales internos que dejan escapar los vapores expansivos y relajan las tensiones internas. Por el contrario las fibras metálicas no ayudan a reducir este proceso, sino que lo empeoran debido a las diferencias entre los coeficientes de dilatación del metal y del hormigón, que no alivian las tensiones internas.

La Junta de Carreteras de Japón, encargó en el año 2001 un estudio a la Corporación Krosaki Harima, sobre la exfoliación de hormigón fibro-reforzado, con el objetivo de recabar datos técnicos sobre el comportamiento de los revestimientos de hormigón de los túneles en los incendios.

Los ensayos se realizaron con paneles de hormigón de 1 x 1 x 0,3 m y 32 MPa que simulaban el revestimiento empleado en la construcción de los túneles, dichas placas fueron sometidas a temperaturas de 1350°C durante dos horas, según el régimen de fuego RWS, y en las mismas se instalaron varios sensores a distintas profundidades para recoger las temperaturas a las que se veían expuestas.

Los resultados de las pruebas concluyeron que las placas reforzadas con fibras sintéticas registraron menores temperaturas a todas las profundidades, soportando menos desgaste por exfoliación explosiva que en el caso del hormigón reforzado con fibra de acero, y del hormigón sin reforzar, demostrando que el hormigón reforzado con fibras sintéticas es mucho más eficaz que el reforzado con fibras metálicas, a la hora de resistir las elevadas temperaturas que se registran en un incendio.



## 2.6 Operatividad.

Las fibras de polipropileno facilitan los procesos de adición, ya que además de que su dotación en kg/m<sup>3</sup> de hormigón es menor, pueden dosificarse de forma directa mediante envases autosolubles.

También simplifican los procesos de almacenaje y el sistema de distribución, ya que al no sufrir oxidación, no requieren condiciones especiales de conservación.

A la hora de manipularlas, las fibras de polipropileno son más seguras debido a que los operadores no sufrirán pinchazos ni arañazos.

## 3. CONCLUSION DE LA COMPARATIVA ENTRE LA FIBRA POLIMÉRICA POLIFIBER PLUS Y LAS FIBRAS METÁLICAS.

Del presente informe, se puede concluir que siempre que se cumplan las exigencias específicas del sistema mediante ensayos normalizados, las fibras de polipropileno no presentan ninguna desventaja respecto de las fibras metálicas, mostrando numerosas ventajas como resultado de las diferencias en la dotación de fibras, la durabilidad, la resistencia pasiva al fuego, o la operatividad, entre otras.