

**Instituto de Estructuras y Transporte - Facultad de Ingeniería, Montevideo**  
**6ª Jornada de Avances en Diseño y Tecnología del Hormigón**

# **AVANCES EN EL DISEÑO Y APLICACIÓN DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS: LA EXPERIENCIA ARGENTINA**

**Dr. Ing. Raúl Zerbino**

CONICET - Facultad de Ingeniería UNLP

LEMIT Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica

**Lunes 28 de agosto de 2023**



FACULTAD DE INGENIERÍA



LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO  
PARA LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

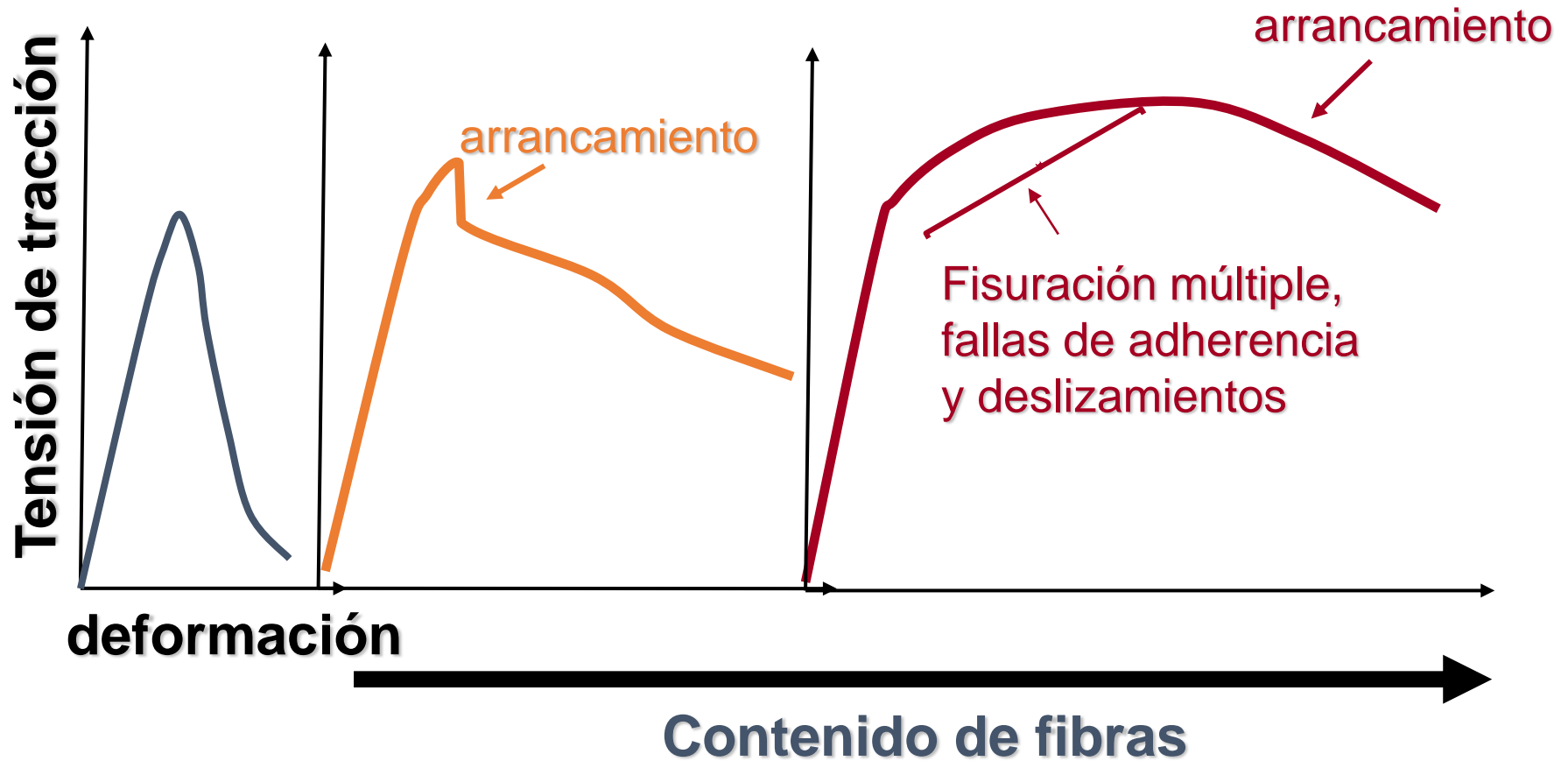


CONICET

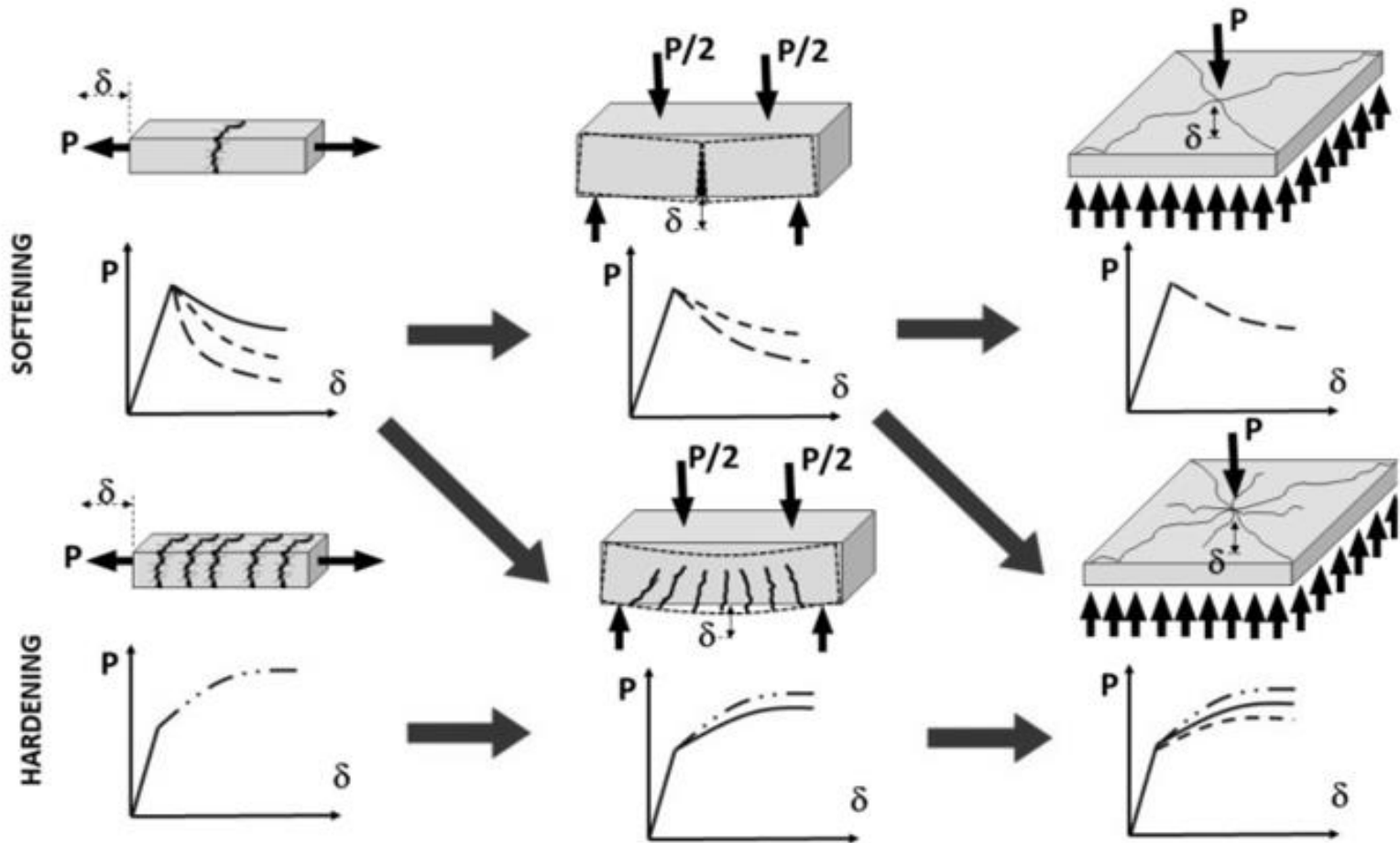
## CONTENIDO

- las fibras y la respuesta mecánica del compuesto
- aplicaciones, tipos de fibras y su evolución en el tiempo
- sobre la caracterización del HRF
- clasificación del HRF y avances en el diseño del HRF
- orientación de las fibras en elementos estructurales
- deformaciones diferidas en HRF en estado fisurado
- uso de fibras combinado de HRF en HA
- respuesta frente a cargas extremas

# ¿Por qué incorporar fibras?



# Respuesta estructural en HRF que poseen postpico con ablandamiento o endurecimiento







# Losas: pisos industriales, pavimentos, overlays...



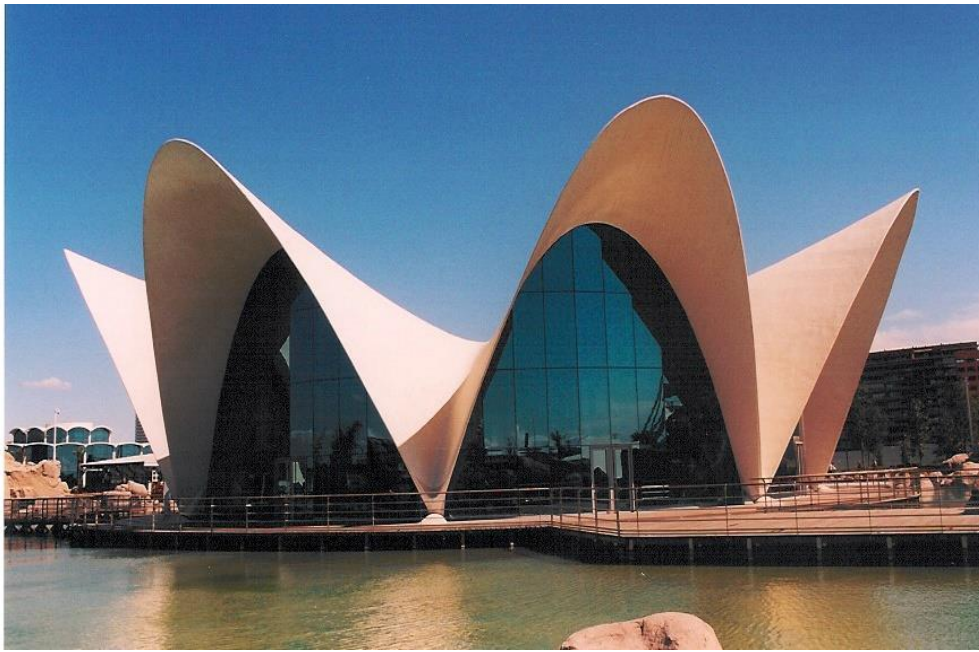




# Premoldeados







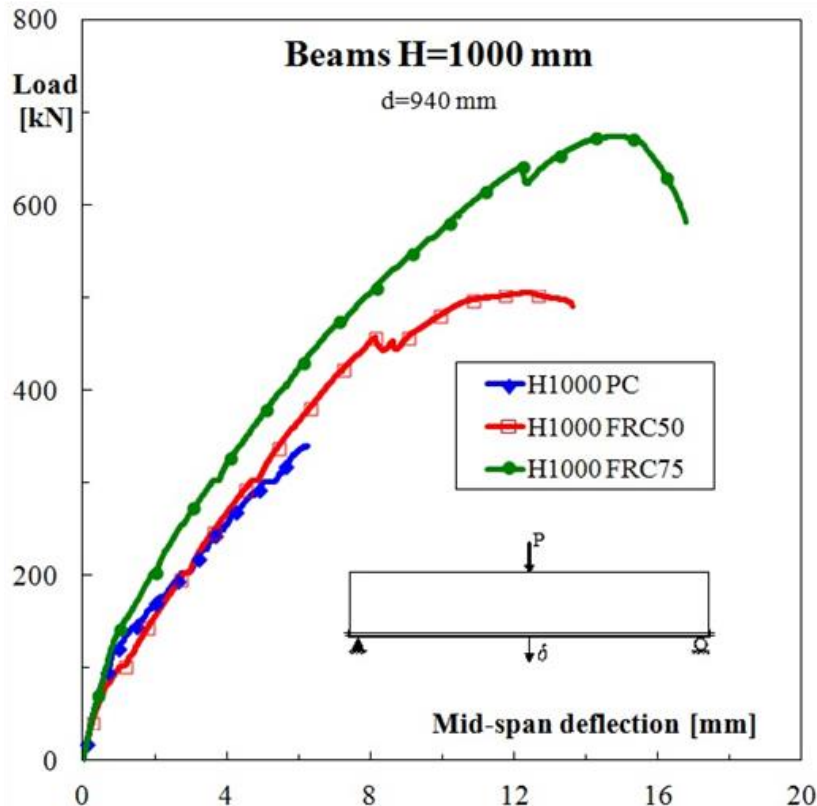
# Hormigón proyectado



# Fibras combinadas con armadura convencional

Las fibras mejoran la ductilidad y la resistencia última al corte (50 kg/m<sup>3</sup> de fibras de acero duplicó la resistencia al corte).

Las fibras aumentan el nivel de carga correspondiente al momento en el que la fisura de corte se vuelve inestable.



# Fibras en la actualidad

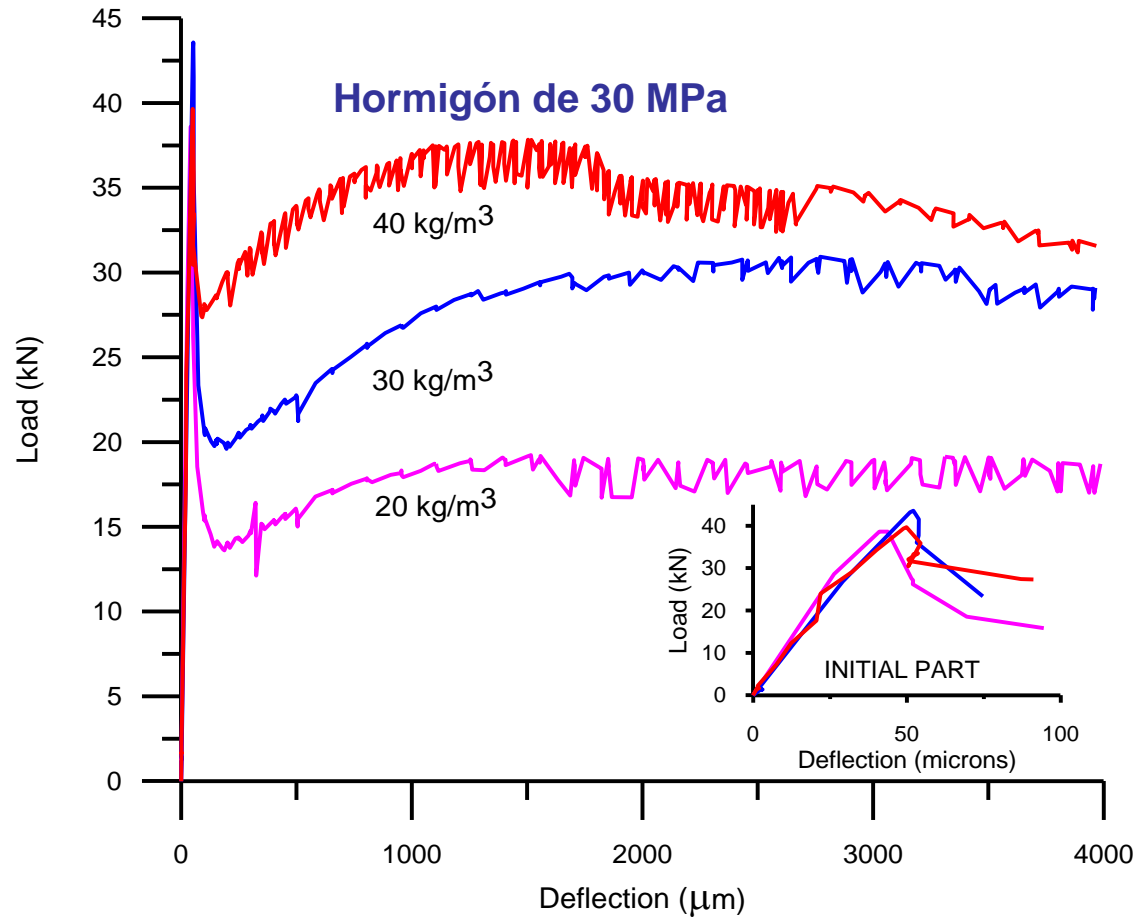
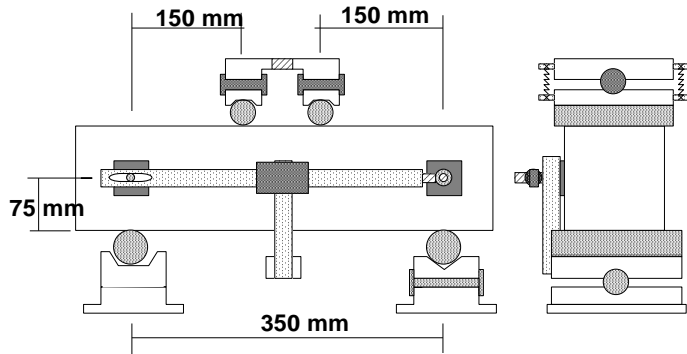
- **Fibras de acero**
- Micro fibras sintéticas
- Micro fibras de vidrio
- **Macro fibras sintéticas**
- **Macro fibras de vidrio**
- Micro fibras de acero
- Fibras de metales amorfos





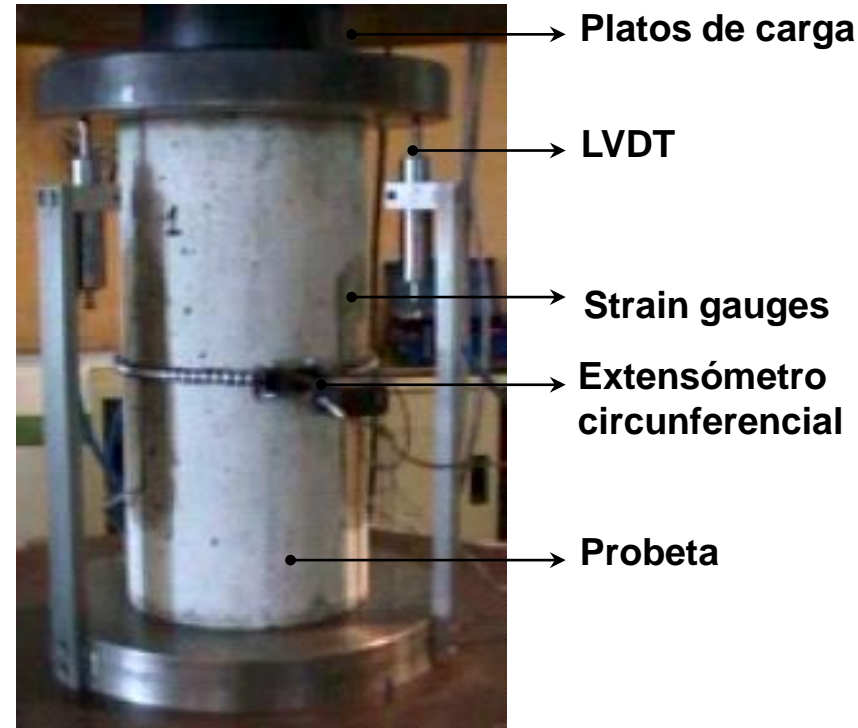
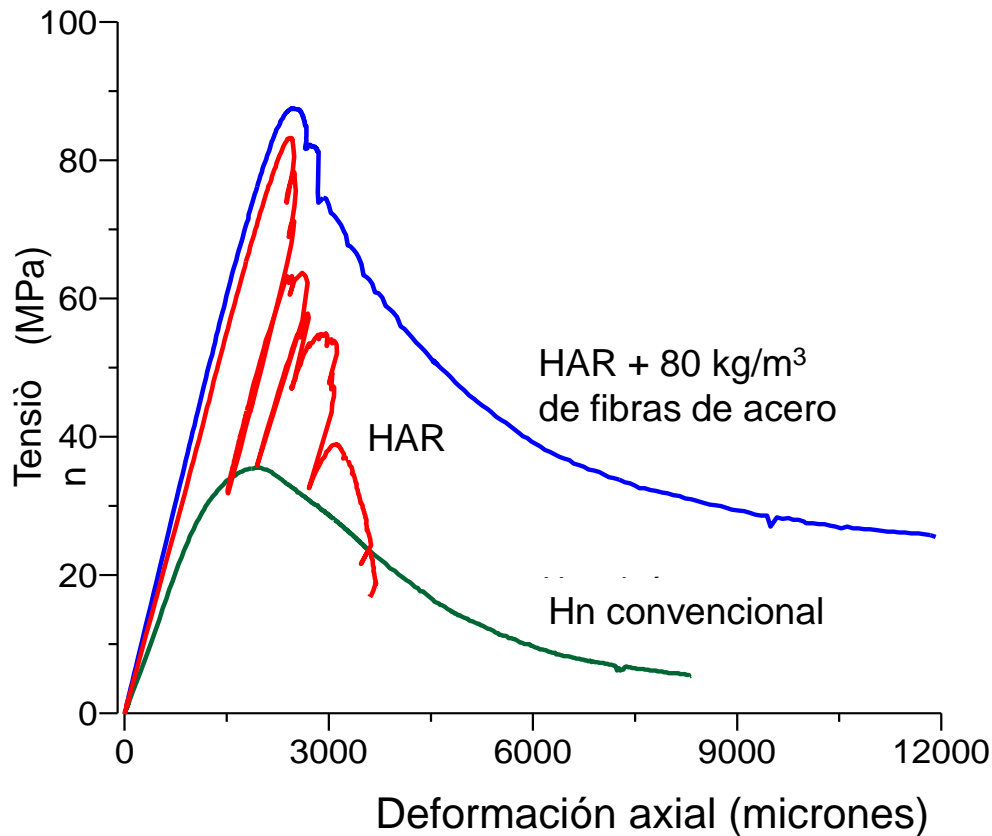
# fibras de acero

# Flexión en prismas cargados a los tercios (4 puntos)



# Fibras de acero de alto carbono en HAR

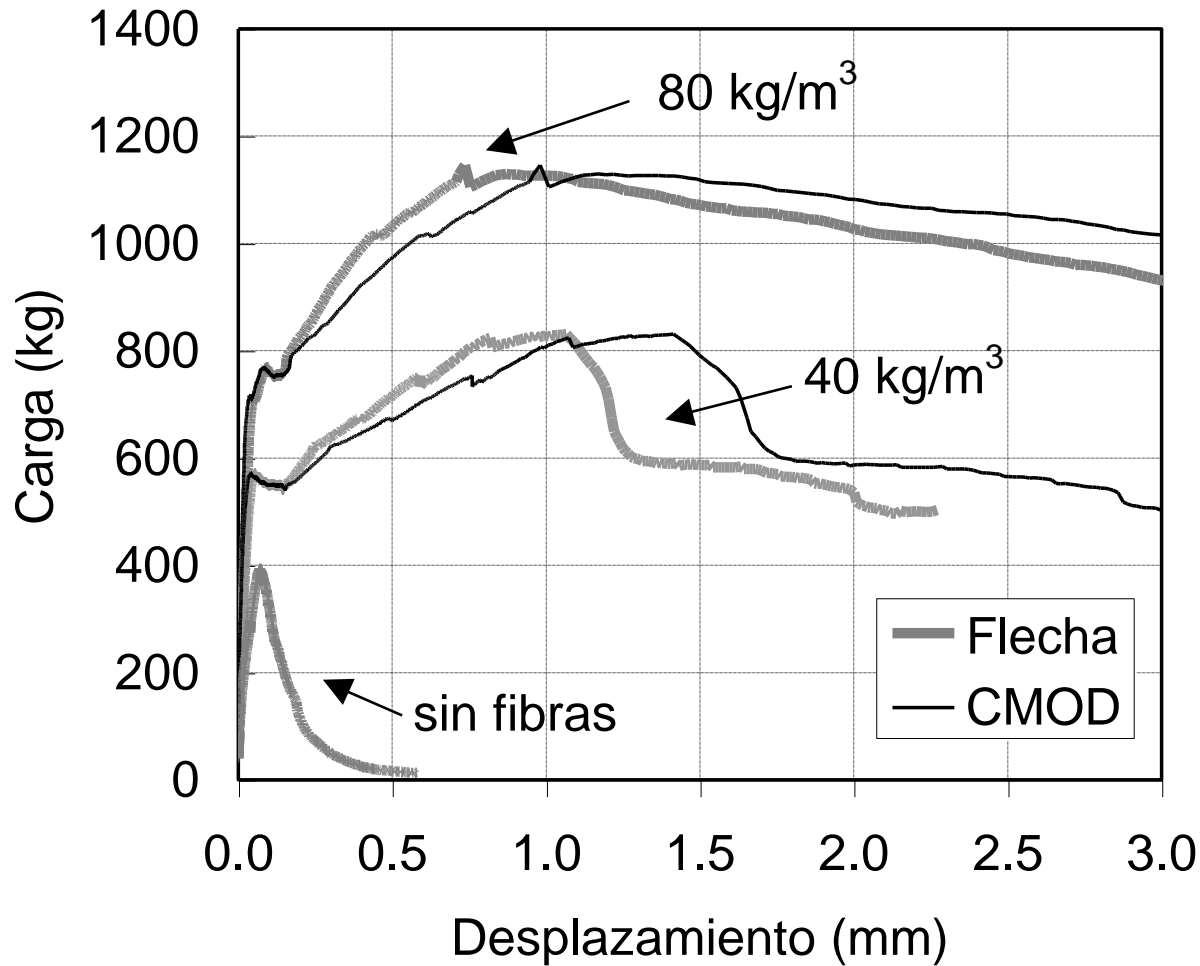
Curva tensión – deformación axial





# HAR-RFA

$f'_c = 60 \text{ MPa}$



Giaccio, G. and Zerbino, R., 2002,

# fibras poliméricas: macrofibras sintéticas



FACULTAD DE INGENIERÍA



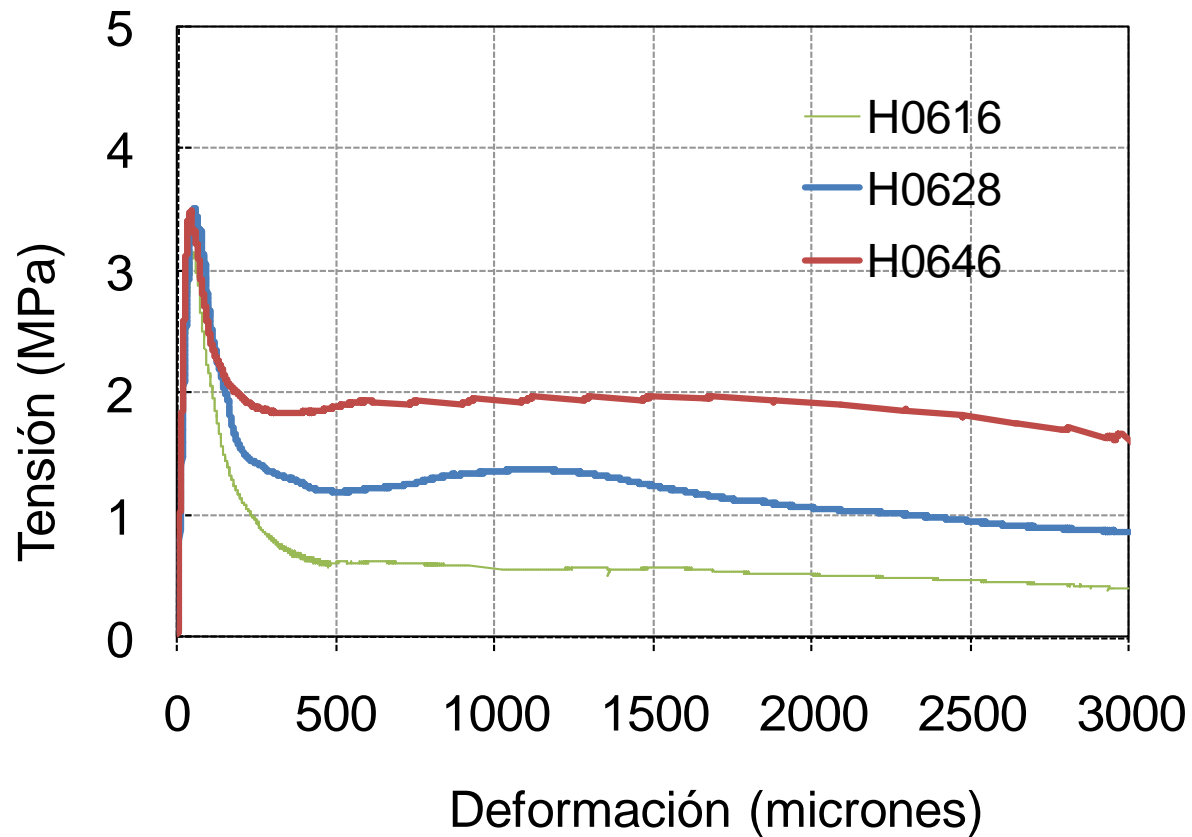
LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO  
PARA LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA



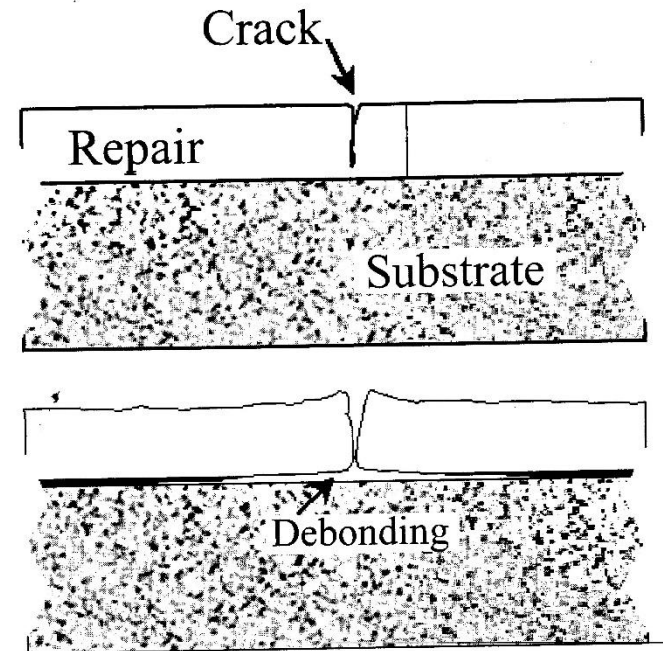
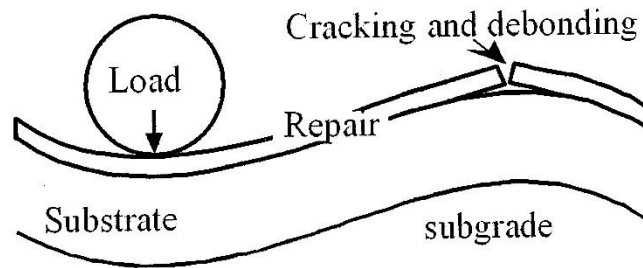
CONICET

# Hormigón con macrofibras sintéticas

Respuesta en flexión Hormigón H30, ASTM C 1609



# Refuerzo y reparación en obras viales



Refuerzo de tableros de puentes  
Colaboración con DVBA en RN6

Monetti, Tobes, Héctor, Martín, Giaccio y Zerbino “Uso de fibras sintéticas en hormigones para obras viales”. Rev. Carreteras, 2009.



FACULTAD DE INGENIERÍA



LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO  
PARA LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA



CONICET



# Refuerzo y reparación en obras viales



## Uruguay will have its first 21km of Concrete Bonded Overlay

A pavement project consisting of 21 km (13 miles) of bonded concrete overlay was recently proposed, bid on October 2010, and approved for construction in western Uruguay, near Fray Bentos City. The project construction will start in May 2011. The concrete overlay will be built on a route subjected to heavy loads, generated mainly by trucks that carry wood for a large pulp cellulose factory (1 million metric tons of pulp per year). The overall traffic is expected to be intense, reaching approximately 14 million equivalent single axle loads.

**ISCP's  
Dr. Jamshid  
Armaghani &  
Dr. Jeffery  
Roesler held  
concrete  
pavement  
seminars in  
Uruguay-  
increasing  
the interest in  
concrete  
pavements...**



One interesting aspect of the project is that the 15 cm (5.9 inch) thickness concrete overlay was chosen over an asphalt alternative for a life equal to 15 years, despite the lack of successful past experiences using concrete in that area. The pavement overlay was designed to be built over a 14 cm (5.5 inch) existing asphalt pavement; the slabs will be 1.8 by 1.8 meters (9 x 9 feet). In order to reduce the risk of reflective crack propagation and improve the overall pavement crack resistance, a fiber-reinforced concrete mix was specified, with a modulus of rupture equal to 5 MPa (725 psi) and residual strength ratio  $Re_{,150}$  equal to 20%.

A key role in this success was the early promotion of white topping started by Cementos Artigas in 2009. In addition, ISCP Board members Dr. Jamshid Armaghani and Dr. Jeffery Roesler came to Uruguay and held seminars on concrete pavements, which increased the interest in concrete pavements and the involvement by local civil engineers. The local perception about concrete pavements has dramatically improved over the last 2 years in Uruguay, where asphalt was previously considered the only material to be used on pavements.

**a key role in  
this success...  
early promotion  
of whitetopping  
by Cementos  
Artigas**



FACULTAD DE INGENIERÍA

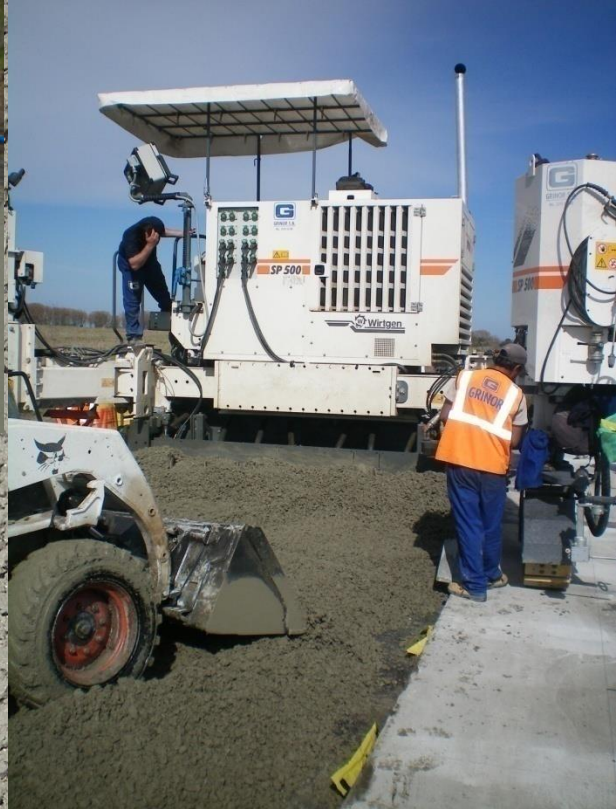


LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO  
PARA LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA



CONICET



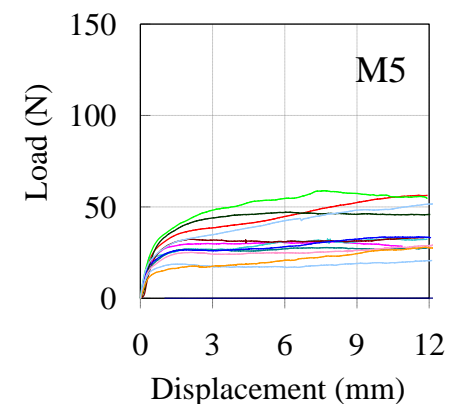
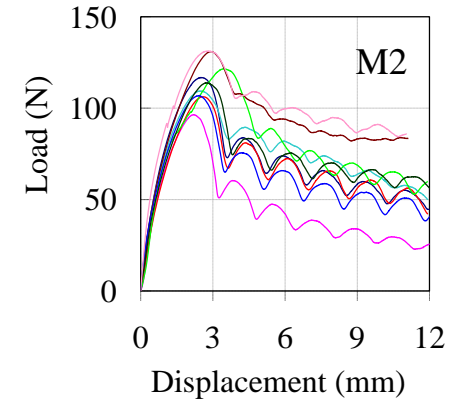
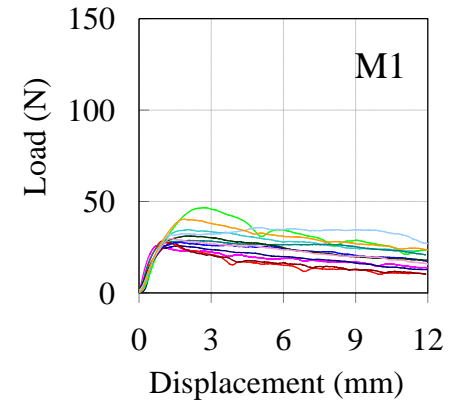
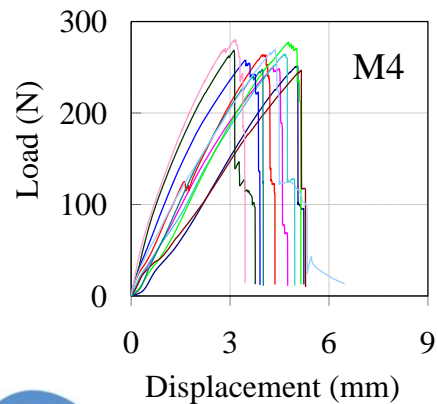
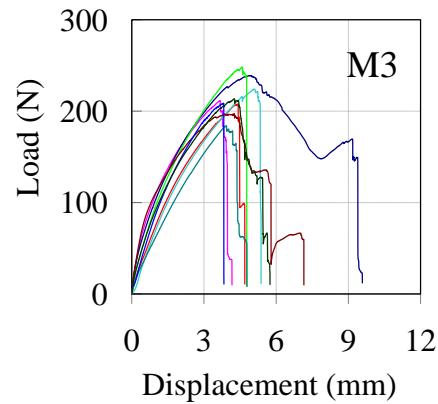


# Ruta 24 Uruguay

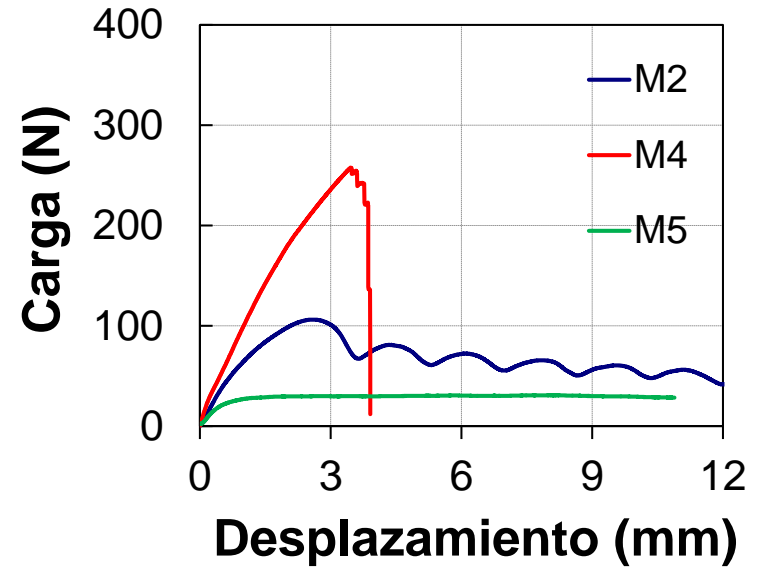
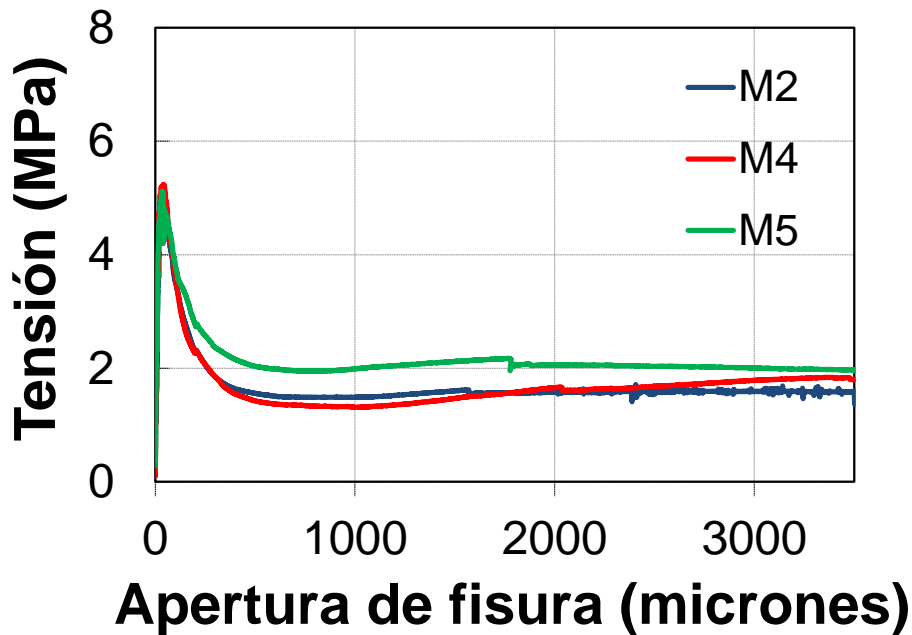




# Bossio, M.E. Torrijos, M.C. Zerbino, R. Giaccio G. "Pull out behaviour of macro synthetic fibres...", Bond in concrete 2012, Brescia, Italy.



# Ensayo de flexión en HRF 3,45 kg/m<sup>3</sup> de fibras sintéticas



Ensayos pull-out



FACULTAD DE INGENIERÍA



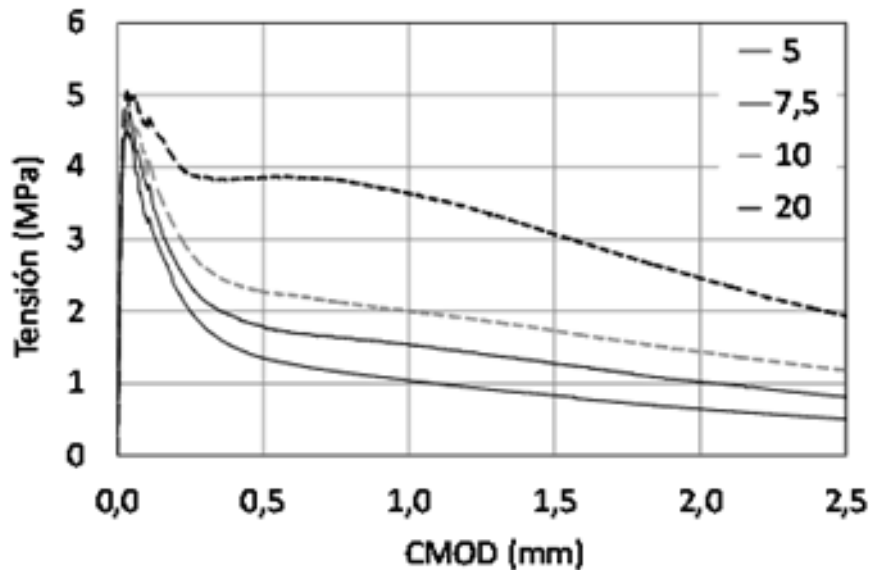
LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO  
PARA LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA



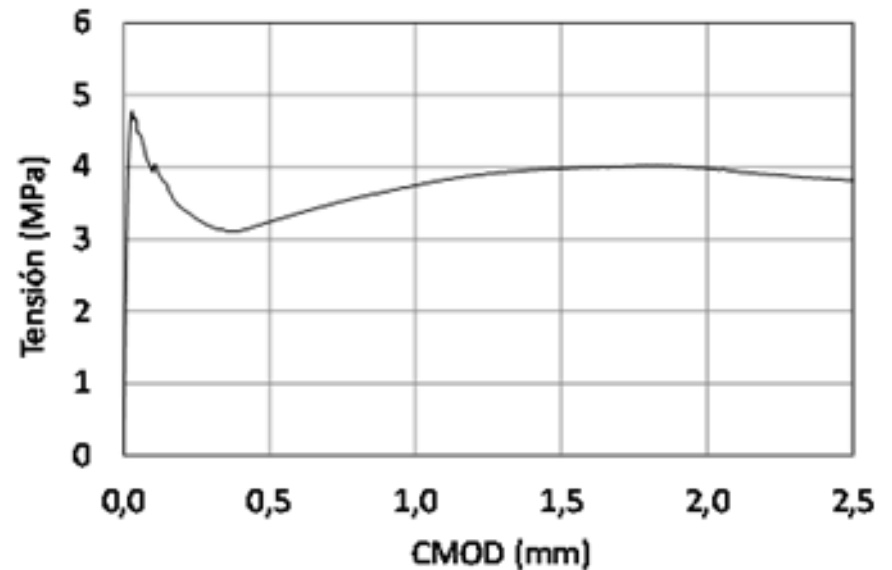
CONICET



# Macrofibras de vidrio



# PRFV



FACULTAD DE INGENIERÍA



LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO  
PARA LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA



CONICET

# Normas para la caracterización de la tenacidad en flexión

ACI comité 544.2R –1988 (1.9 mm)

JCI-SF4 – 1984:  $I/150$ ,  $TJCI I/(\delta_{limit} \cdot bd^2)$

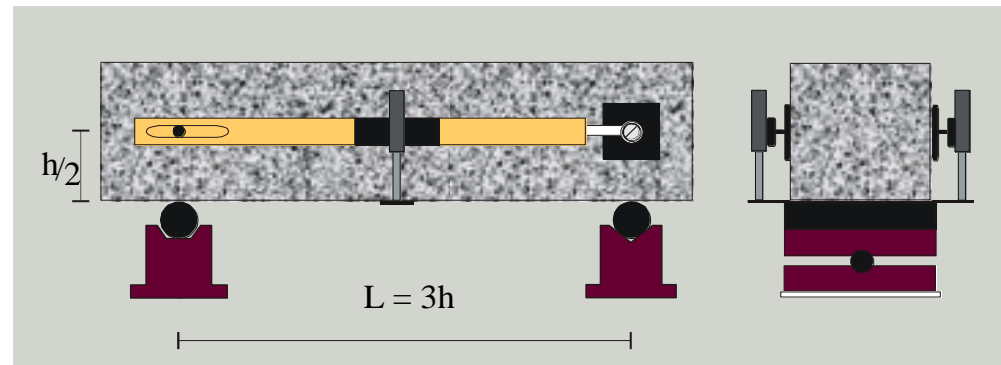
Alemania - DBV 1991, 1992

Bélgica IBN, 1992

España AENOR UNE 83-509-88 y 83-510-89

AFNOR P 18-409 – 1993

ASTM C-1018 –1992 → **ASTM C-1609**



# Medidas de la tenacidad

- índices adimensionales basados en la energía
- capacidad de absorción de energía
- índices adimensionales basados en resistencia
- resistencia equivalente
- resistencia residual



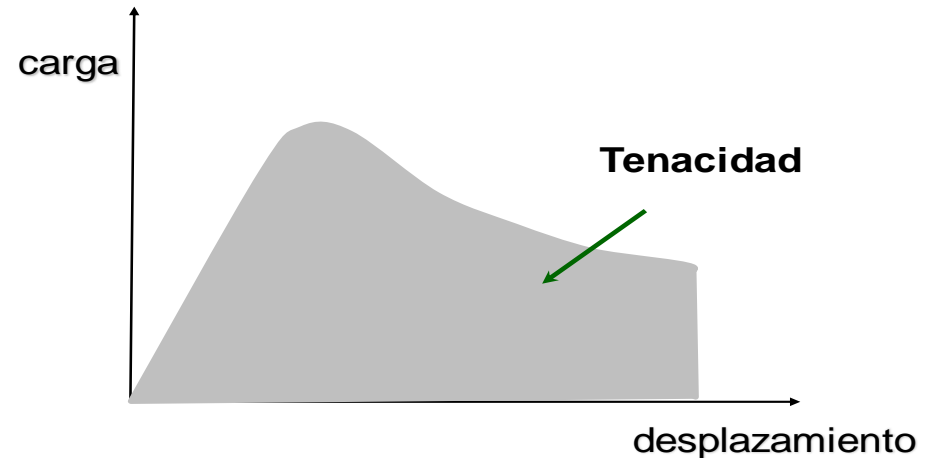
# Tenacidad absoluta, Resistencia equivalente.

Normas Belga, Japonesa, Española, Alemana, etc.

$B_n$  = area bajo la curva  
carga flecha

Resistencia equivalente

$$\sigma_n = \{B_n / \delta_n\} \{luz / bd^2\}$$



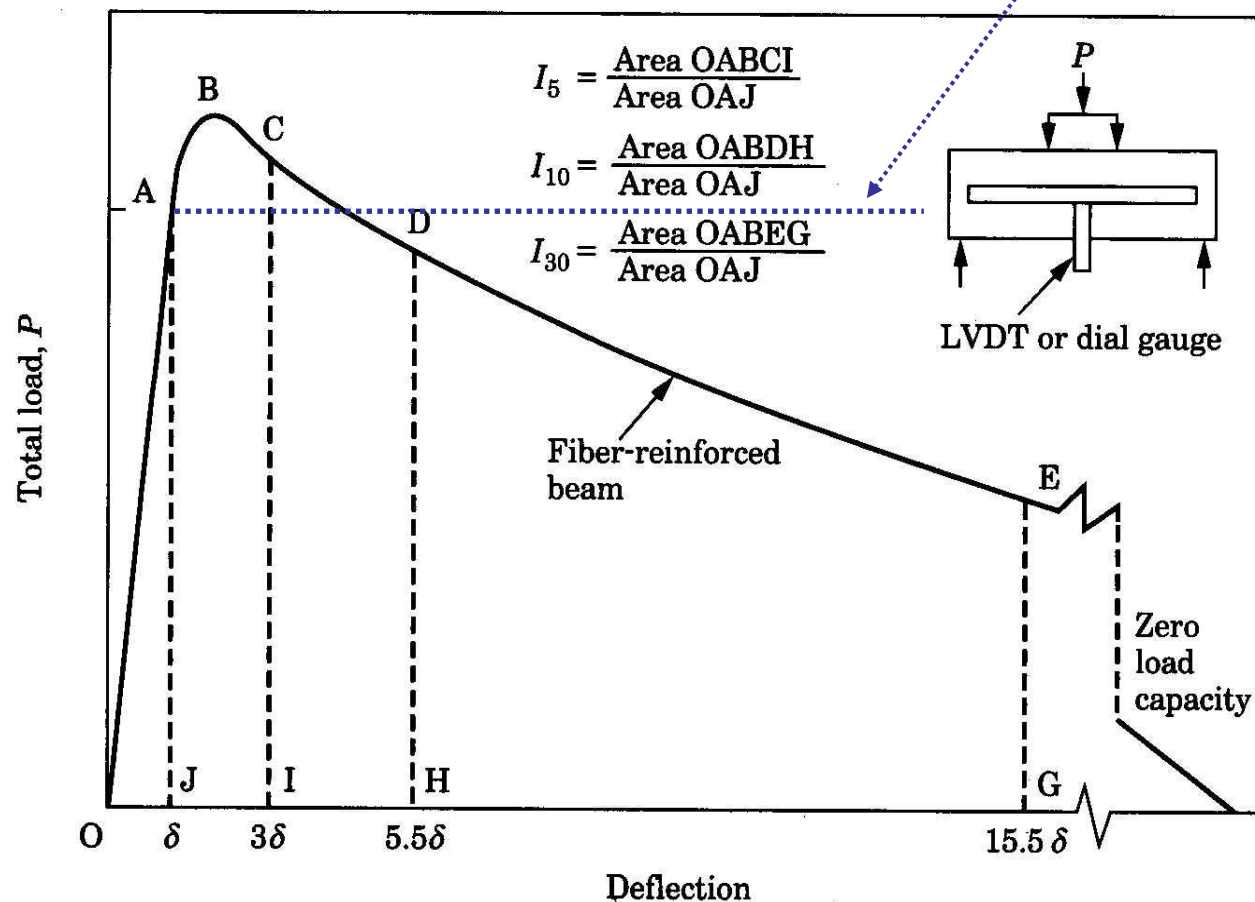
## JSCE-SF4

Vigas en 4 puntos. Mide la ductilidad como **Resistencia equivalente** ( $R_{e,3}$ ) y la expresa como % de la carga de primera fisura.



## Indices no-dimensionales: ASTM C-1018, norma española

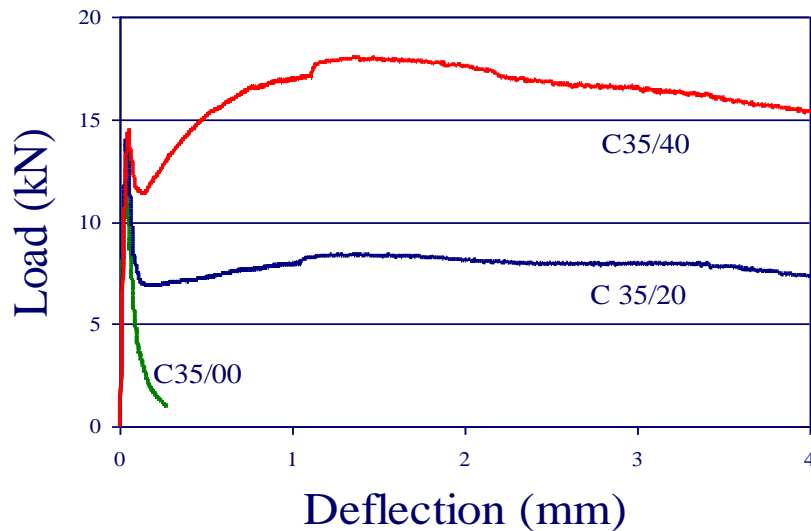
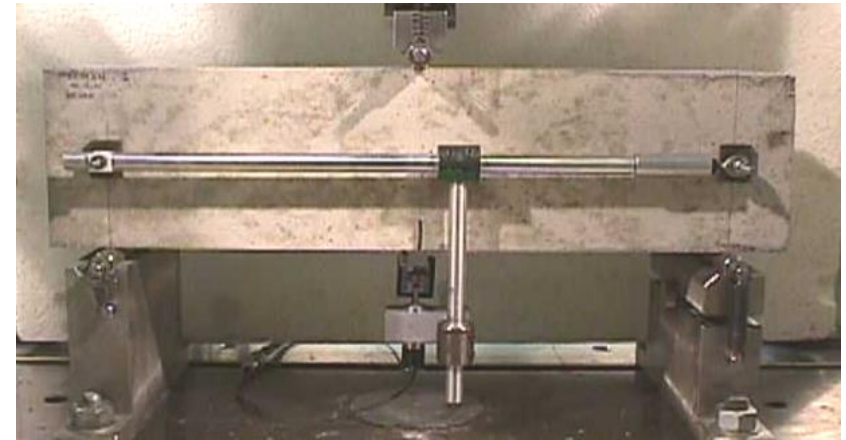
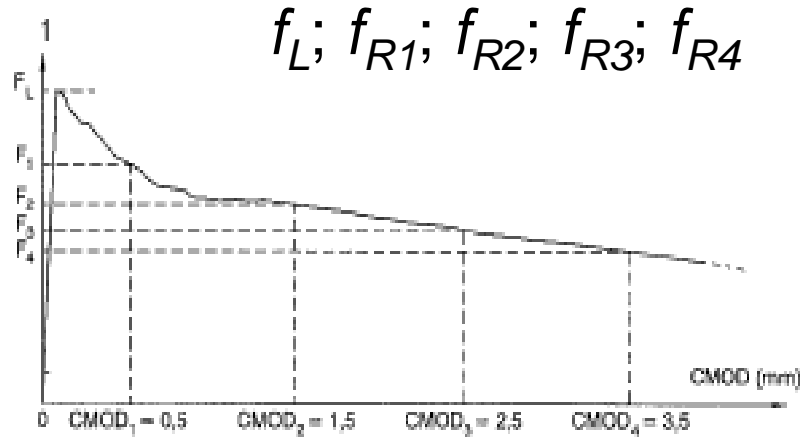
$I_n$  = relación de áreas respecto al área de primera fisura (un índice representa la respuesta de un material elasto-plástico)



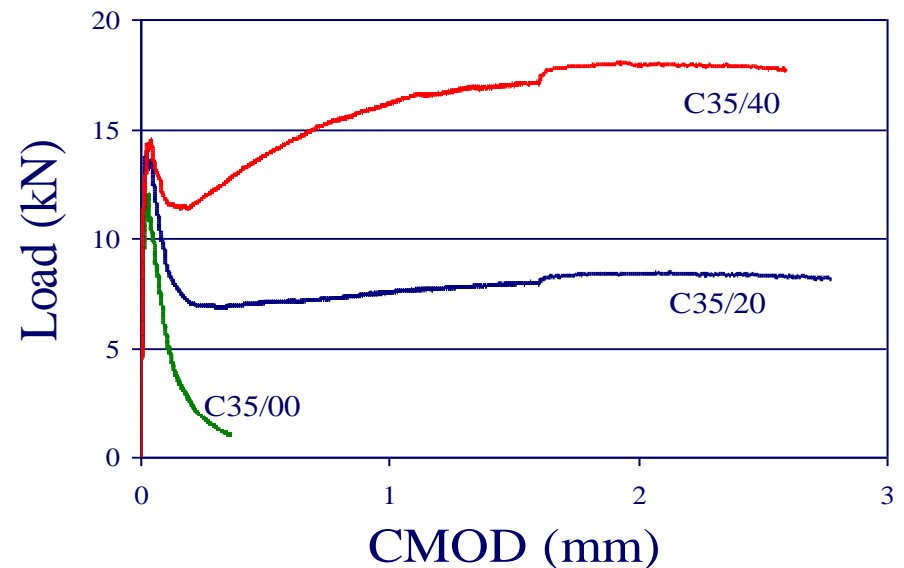
# Flexión en prismas con entalla cargados al centro

RILEM TC 162-TDF (2002) / EN 14651 (2005)

## Tensiones residuales



## Hormigones con fibras de acero



# Capacidad residual del HRF

Ensayos de flexión en prismas  
(ASTM C1609, EN14651, JSCE-SF4)



Ensayos de paneles  
(ASTM C1550, BS EN 14488)

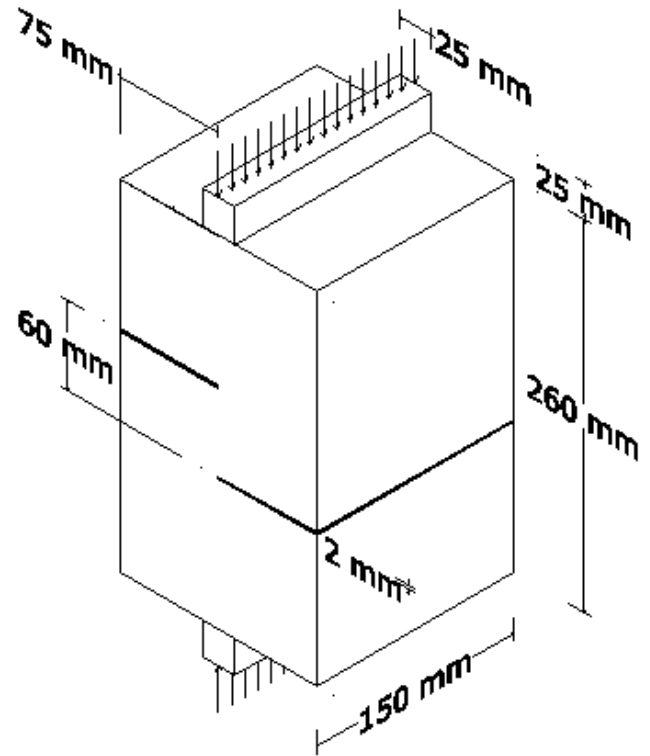
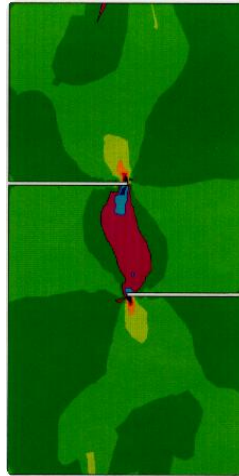
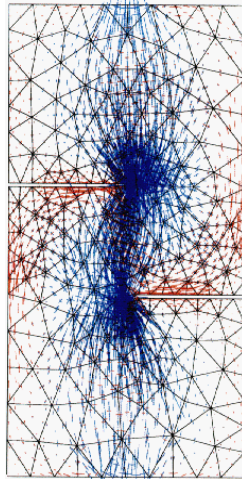
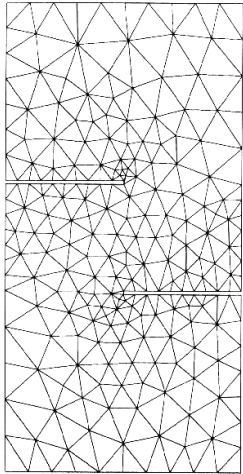
Otros ensayos  
Tracción directa, corte  
BCN, MTV





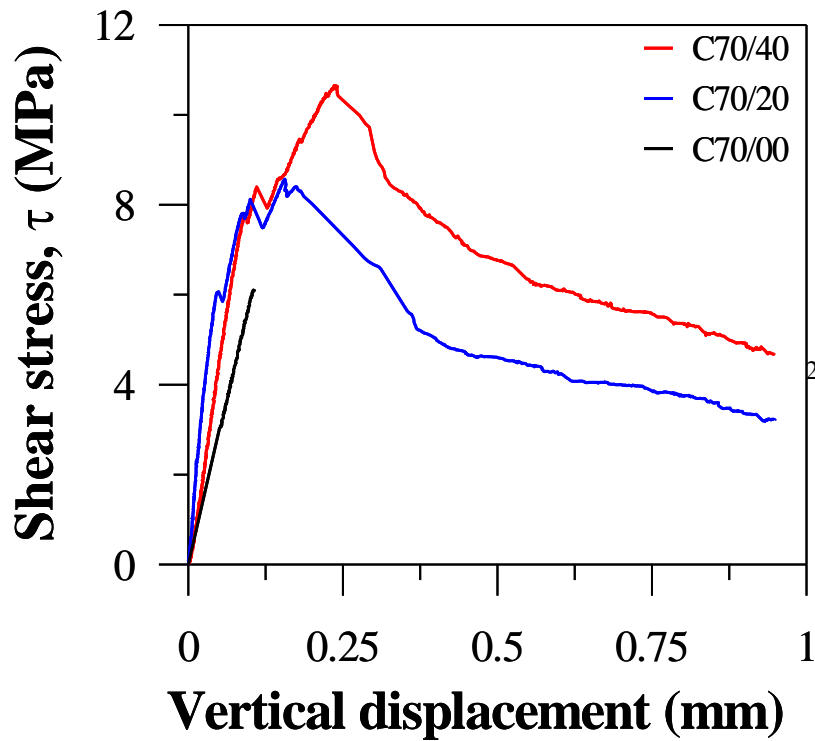
# Corte (push-off test)

Cooperación UPC (Barcelona) -  
LEMIT (La Plata) 2001 - 2004

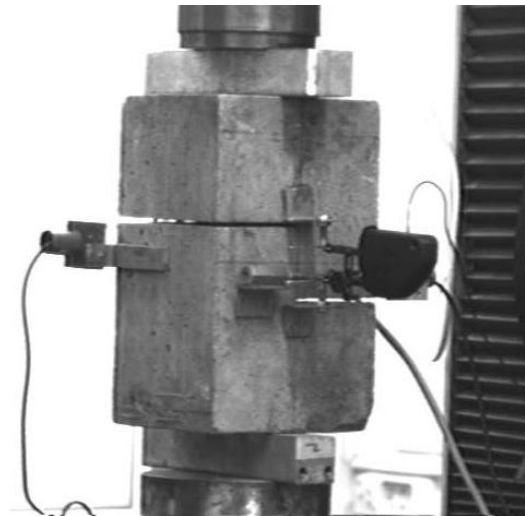
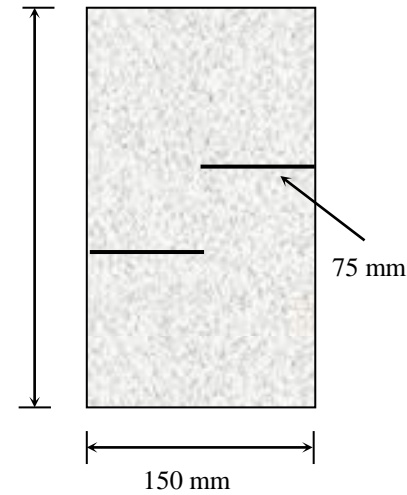


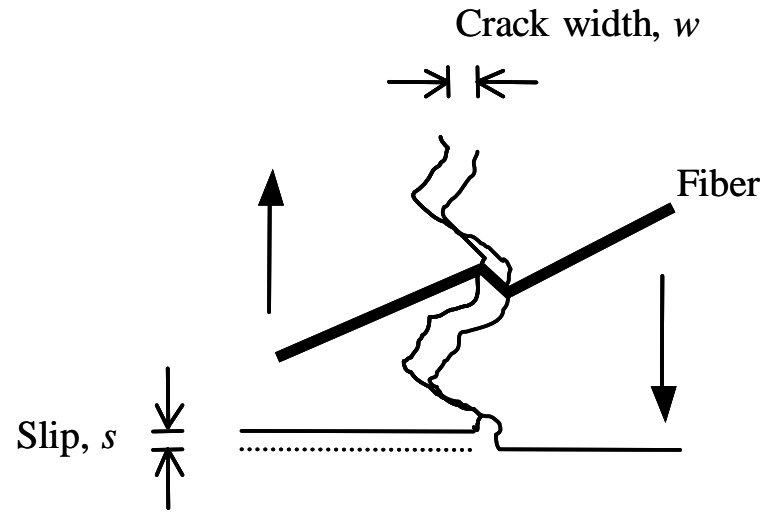
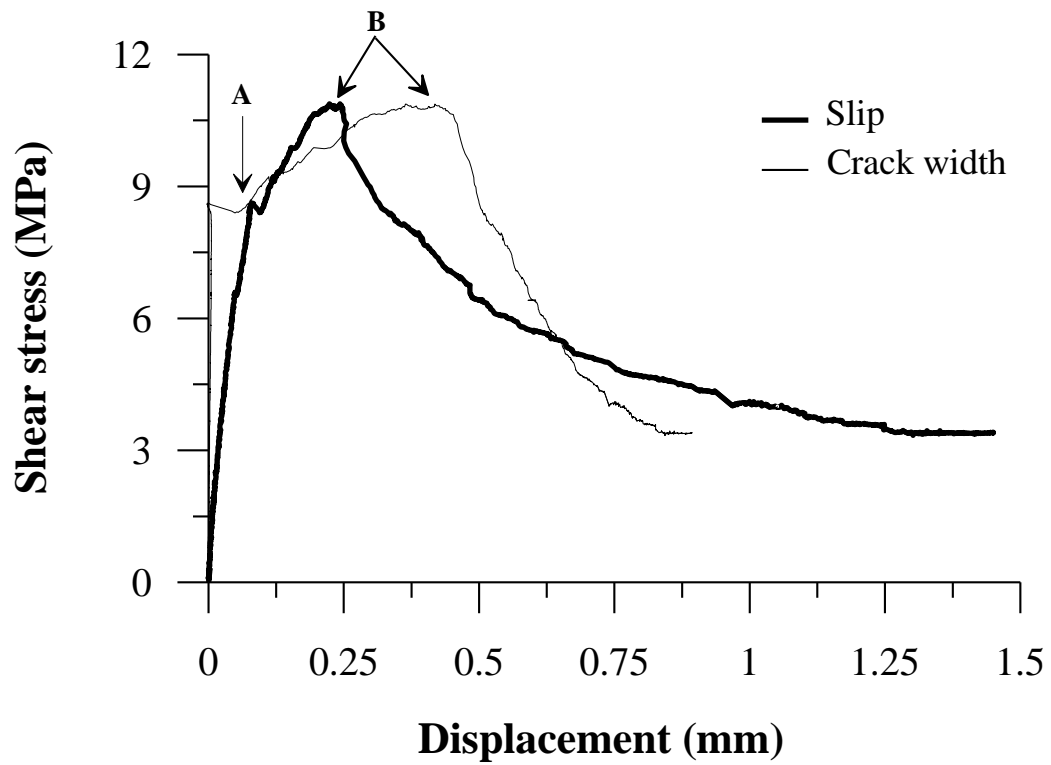
Barragán, B., Gettu, R., Agulló, L. and Zerbino, R. "Shear Failure of Steel Fiber-Reinforced Concrete Based on Push-Off Tests". ACI Materials Journal, 2006





## Corte (push-off test)

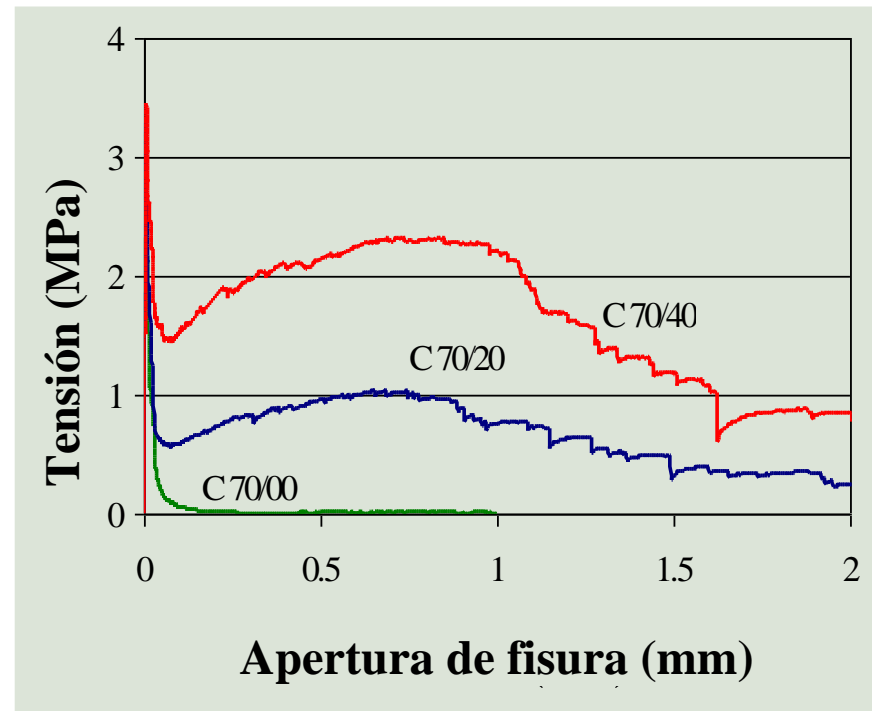
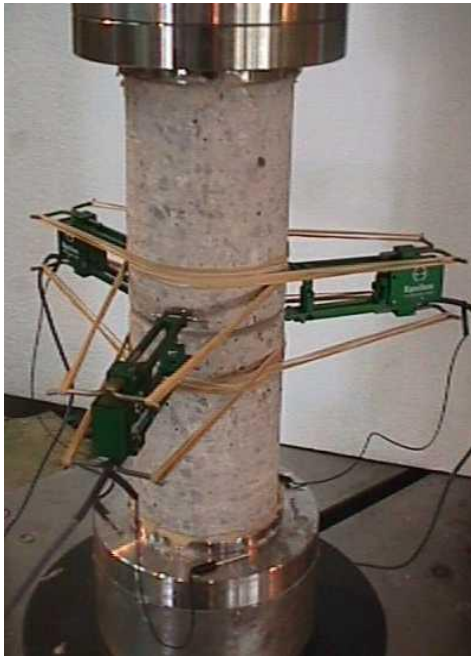




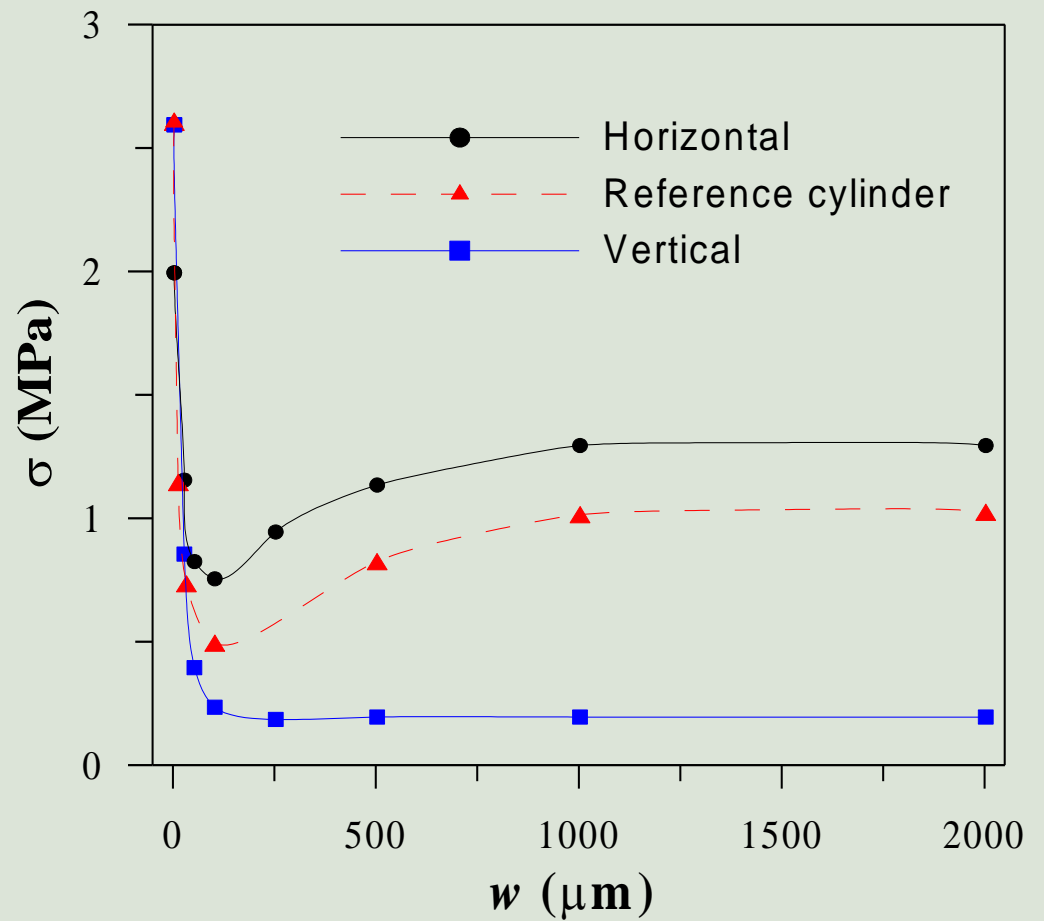
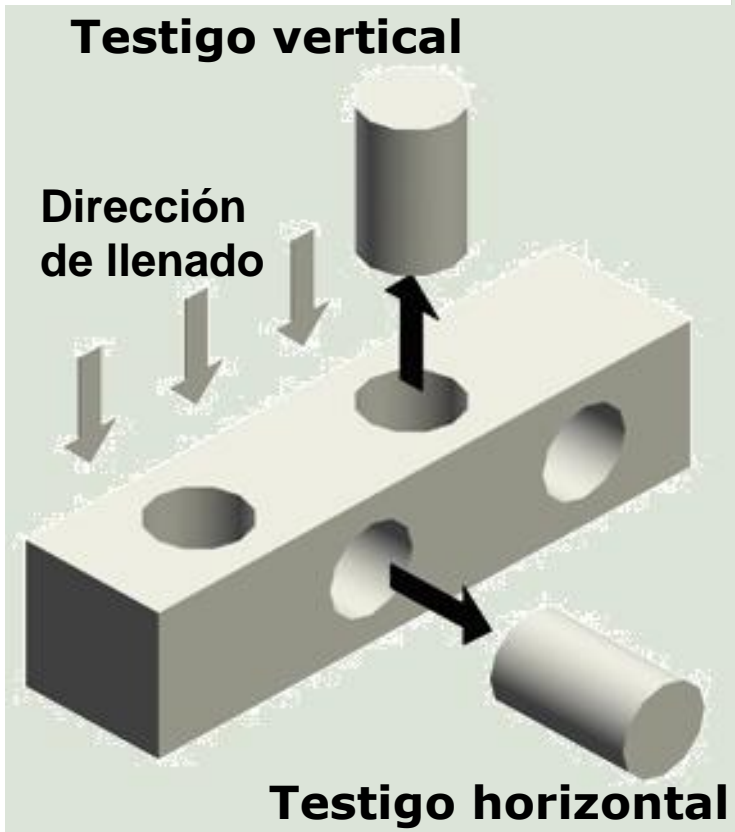
A: primer pico,  
B: carga máxima

# Tracción uniaxial

(RILEM TC 162-TDF, 2002)



# Ensayo de testigos





# Introducción de criterios de cálculo para el diseño estructural de HRF en el *fib* Model Code 2010

# Clases de HRF (*fib* MC2010, Sección 5.6)

La resistencia post-fisuración se clasifica mediante dos parámetros significativos para condiciones de servicio ( $f_{R1k}$ ) y de resistencia última ( $f_{R3k}$ );  $f_{R1k}$  representa el intervalo de resistencia y una letra a, b, c, d o e, representa la razón  $f_{R3k}/f_{R1k}$ .

Intervalos de resistencia: 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0 [MPa]

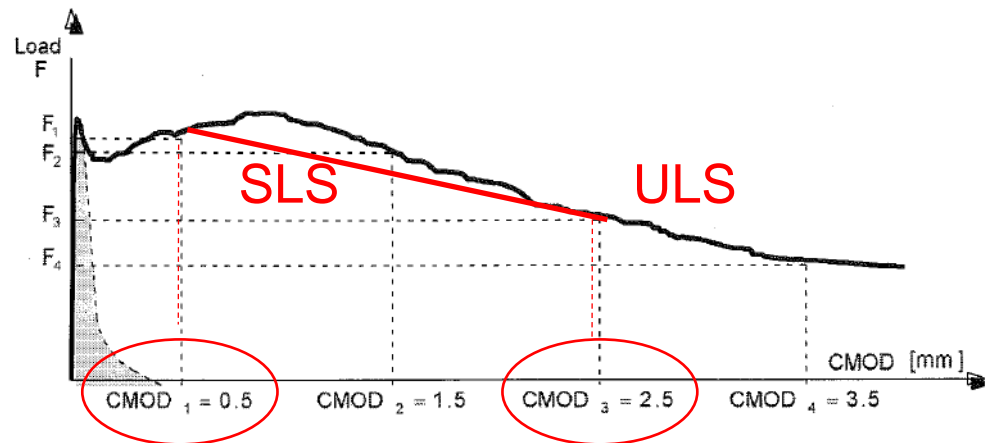
letras *a* si  $0.5 \leq f_{R3k}/f_{R1k} \leq 0.7$

*b* si  $0.7 \leq f_{R3k}/f_{R1k} \leq 0.9$

*c* si  $0.9 \leq f_{R3k}/f_{R1k} \leq 1.1$

*d* si  $1.1 \leq f_{R3k}/f_{R1k} \leq 1.3$

*e* si  $1.3 \leq f_{R3k}/f_{R1k}$



El calculista especifica la clase de resistencia residual,  $f_{R3k}/f_{R1k}$  y el material de la fibra. Por ejemplo, un material denominado “3b” posee  $f_{R1k}$  entre 3 y 4 MPa, y una relación  $f_{R3k}/f_{R1k}$  que varía entre 0.7 y 0.9.

# Model Code 2010

## Sección 7.7

Verificación de la seguridad y condiciones de servicio en estructuras con HRF

vigas y columnas, considerando la contribución de las fibras a corte y torsión

muros con y sin refuerzo convencional

losas con y sin refuerzo convencional

Verificación del SLS considerando el refuerzo para control del ancho de fisuras en combinación con armadura convencional

- Menciona orientación
- Desarrollado principalmente para fibras de acero

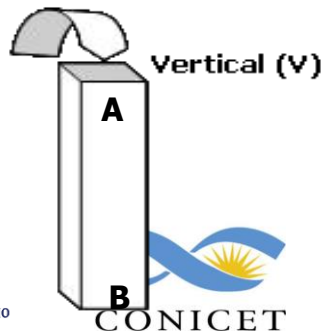
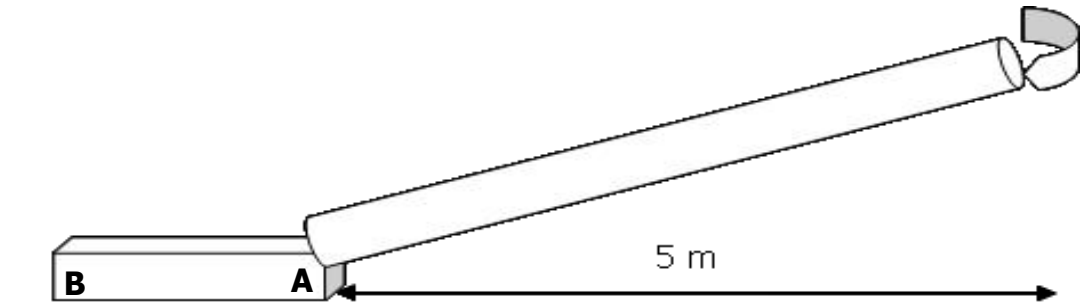


# Orientación de las fibras en elementos estructurales



# Placing conditions, mesostructural characteristics and post-cracking response of fibre reinforced self-compacting concretes

M. C. Torrijos, B. Barragán and R. Zerbino,  
Construction and Building Materials 24 (2010) 1078–1085

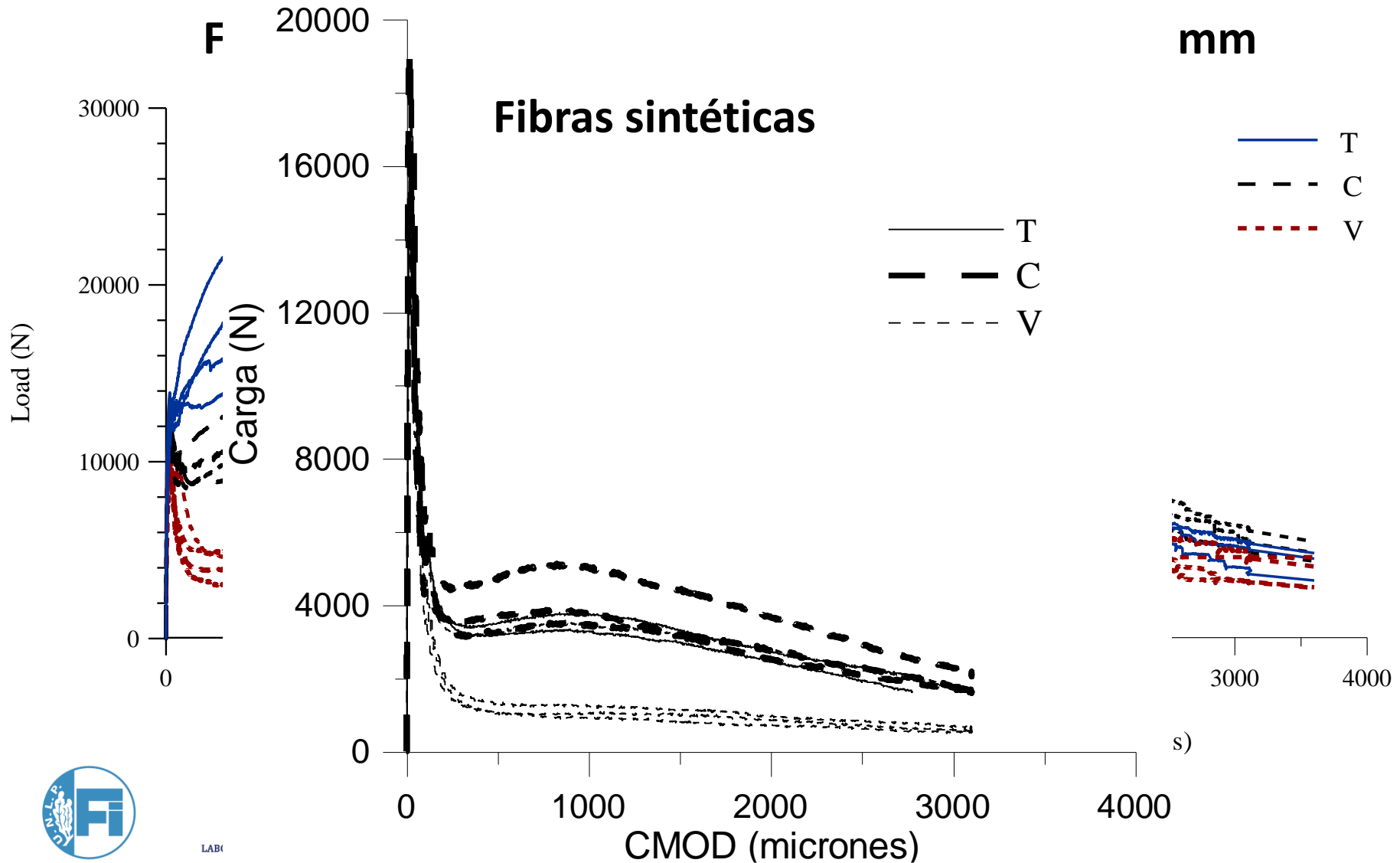


según norma (C)

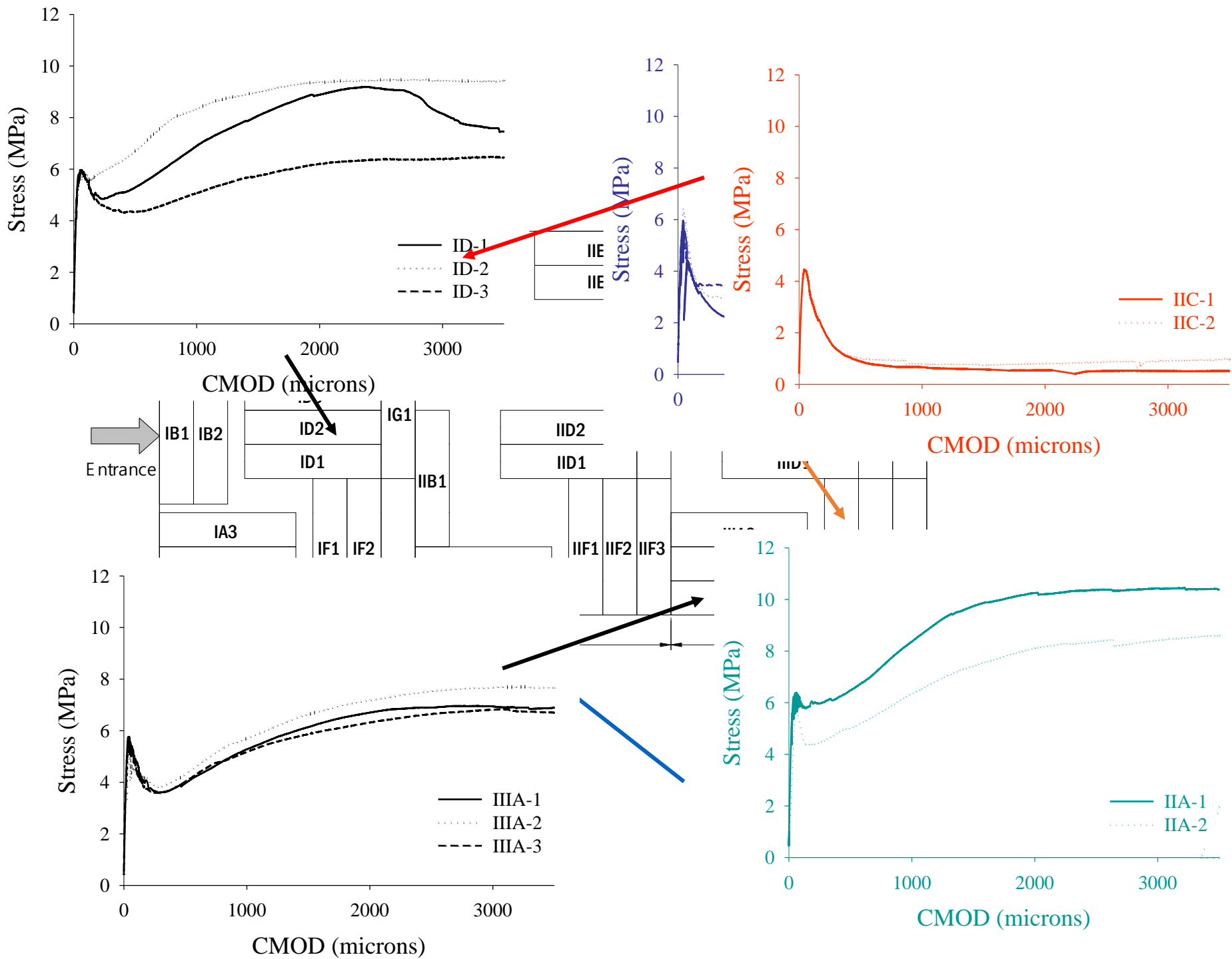
en posición horizontal a través  
de una tubería (T)

con los moldes ubicados en  
posición vertical (V)

# Placing conditions, mesostructural characteristics and post-cracking response of fibre reinforced self-compacting concretes



LABO



## On the orientation of fibres in structural members fabricated with self compacting fibre reinforced concrete Cement & Concrete Composites, Zerbino et al, 2011

Las fibras se orientan en planos horizontales no sólo en hormigón vibrado sino también en el HAC tanto con fibras de acero como sintéticas.

El efecto pared influye en la distribución de las fibras de acero, conforme la relación entre las dimensiones del molde y la longitud de las fibras; con fibras de acero de 50 mm se encontraron diferencias significativas en la orientación y en las propiedades mecánicas, el efecto no fue tan marcado en el HACRF con fibras de 30 mm.

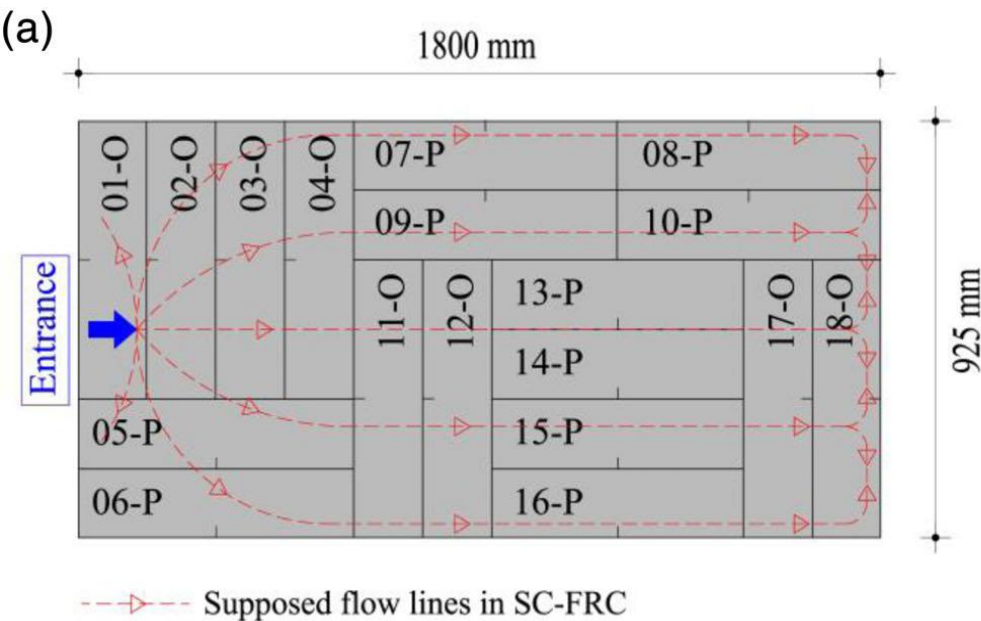
El flujo durante el transporte y llenado de los moldes influye en la disposición de las fibras en HAC.

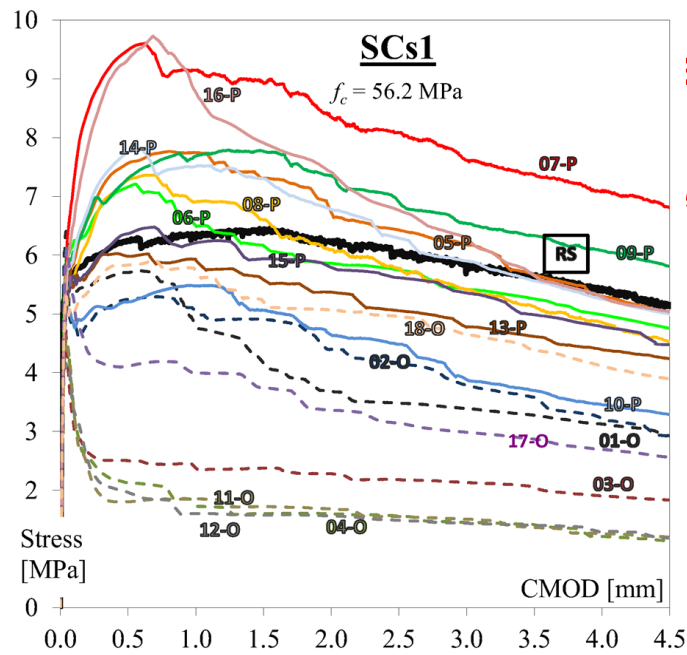
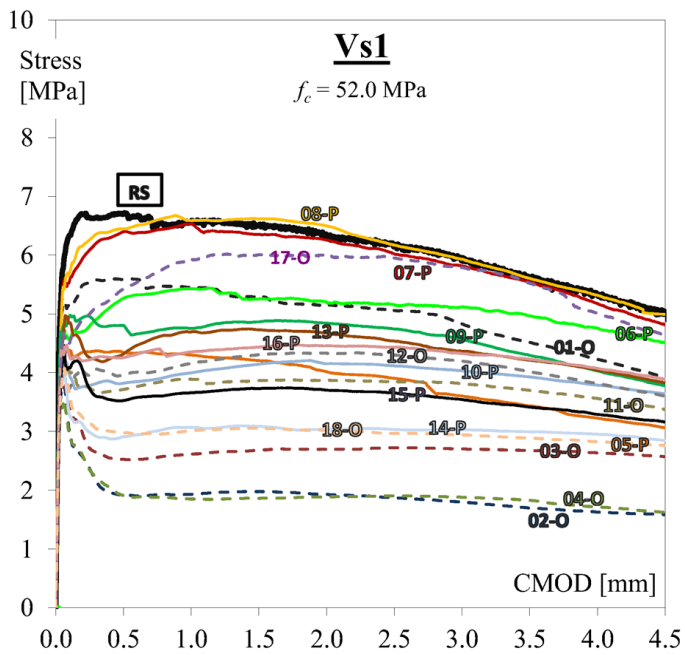
La orientación de las fibras puede adquirir significativa importancia en la performance de elementos de HACRF. La comprensión de las causas de orientación favorece un mayor aprovechamiento del refuerzo, por ejemplo al definir las condiciones de llenado.



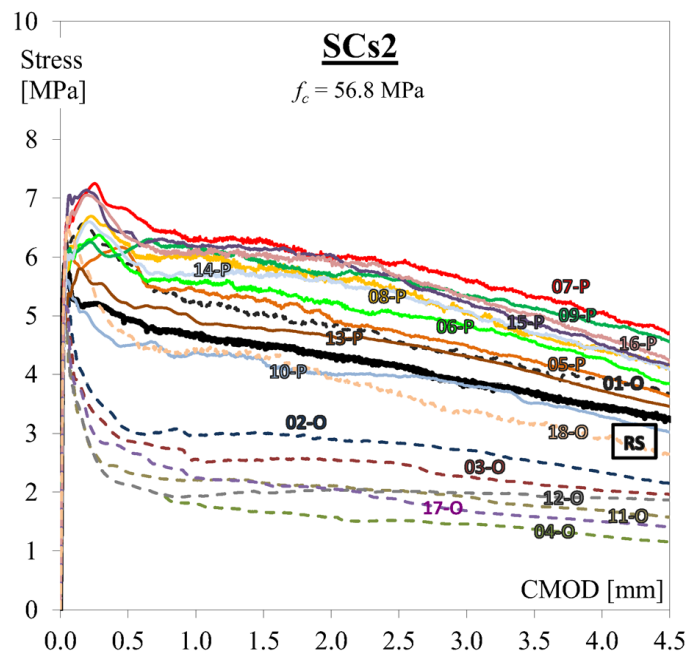
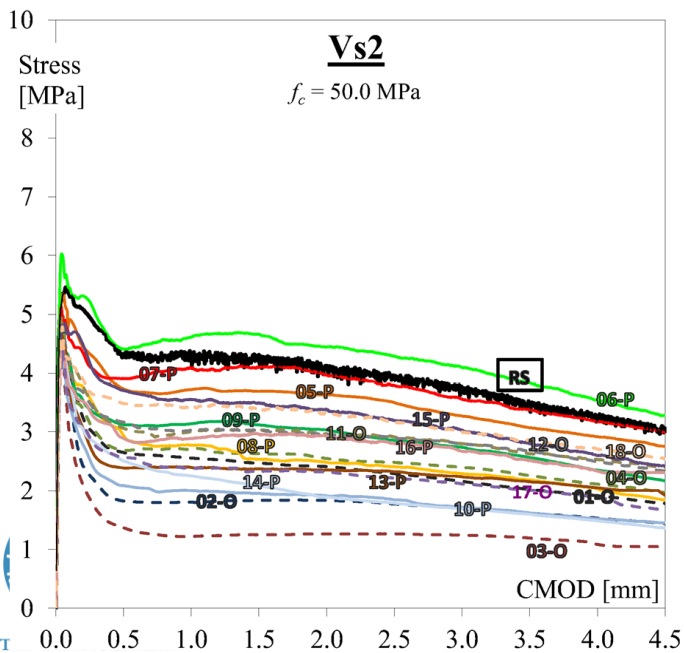
# Influence of fiber orientation on the behavior of fiber reinforced concrete slabs

Structural Concrete. 2021;1–14.

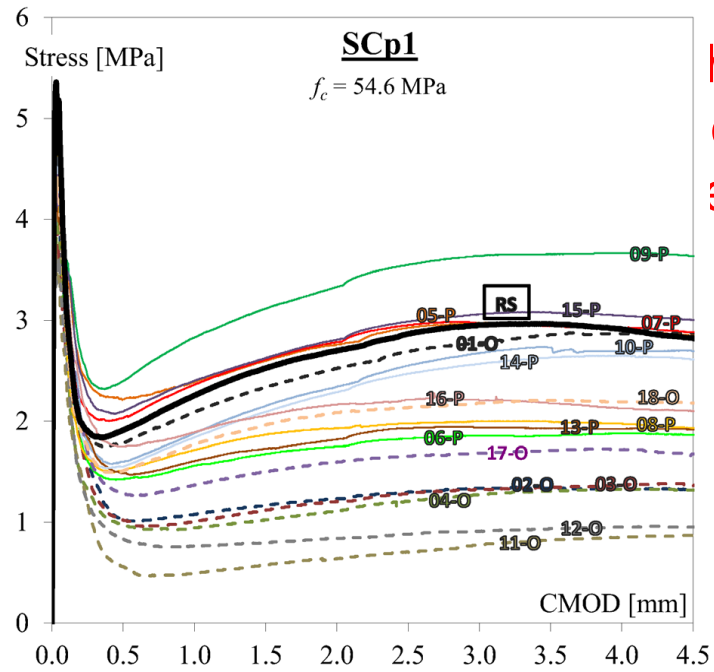
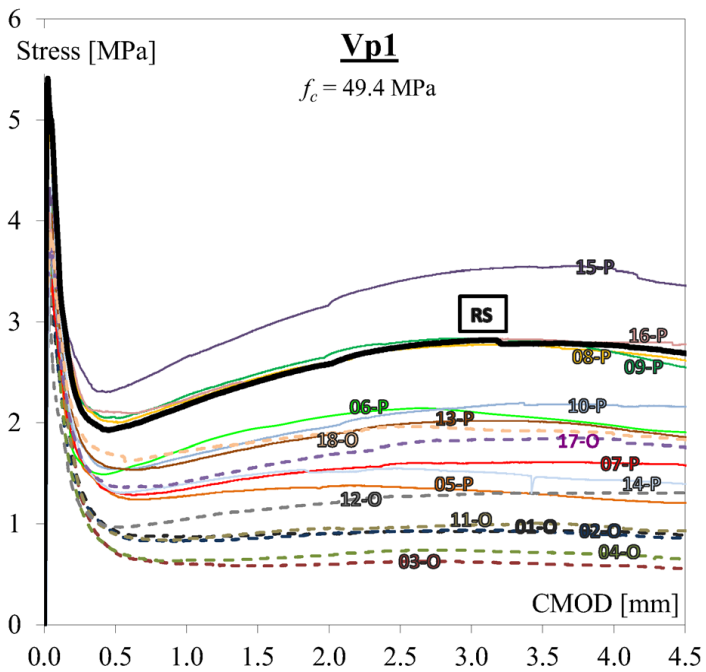




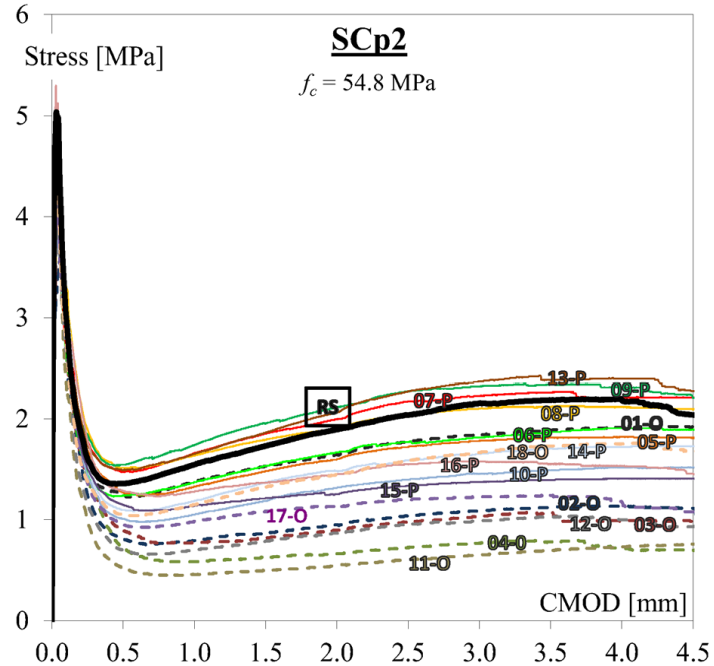
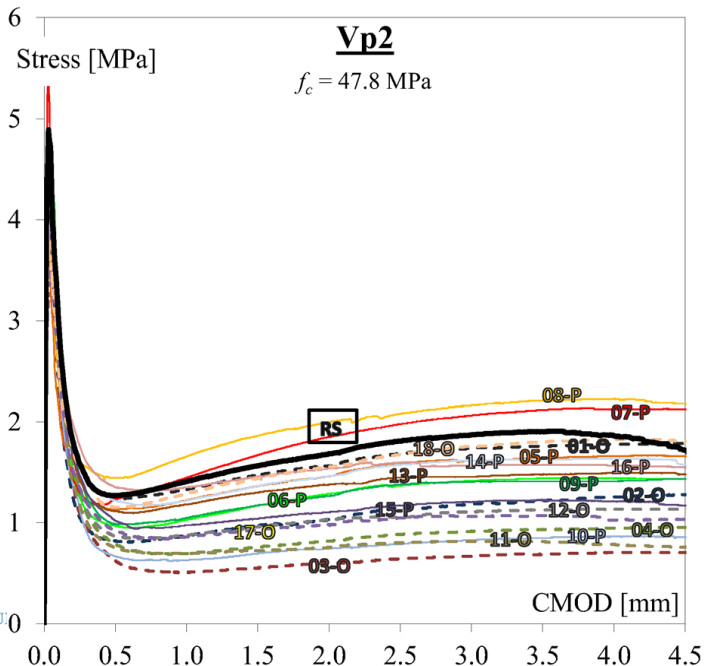
Behavior of fiber  
 concrete slabs  
 ete. 2021;1-14.





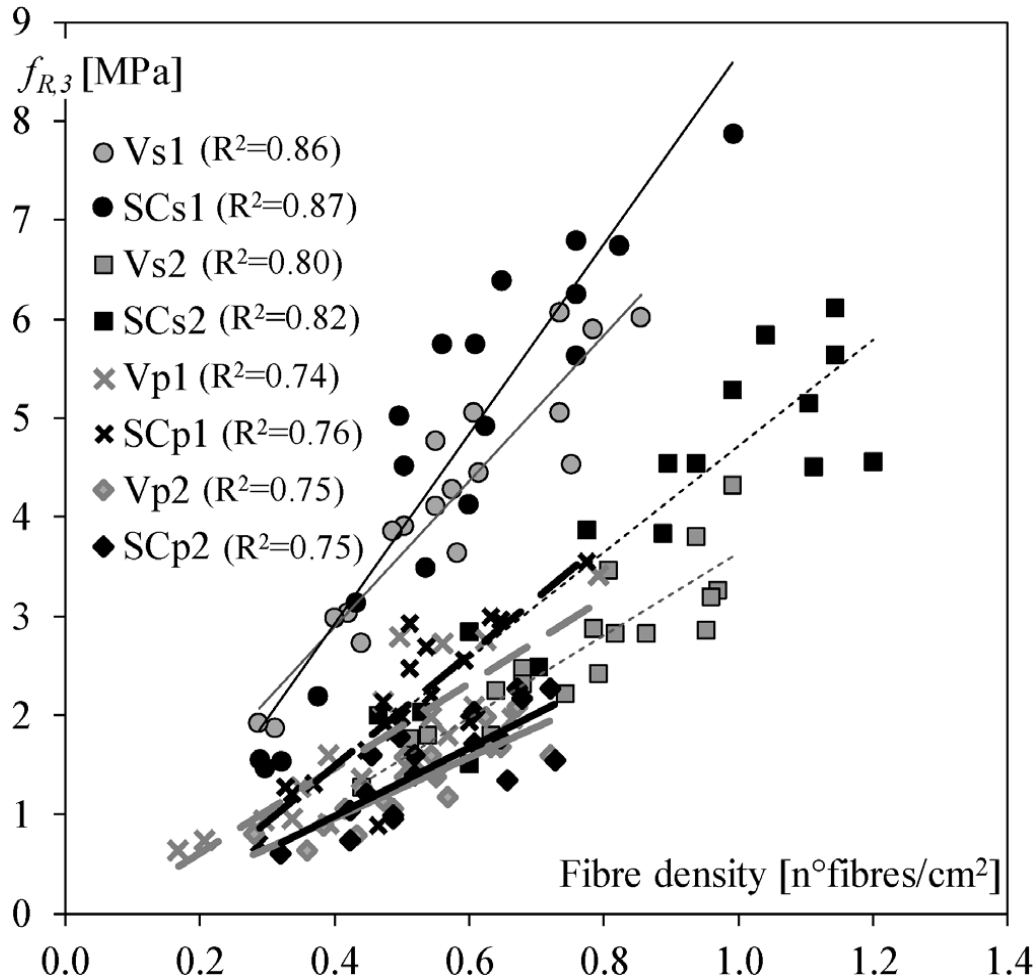


behavior of fiber  
 concrete slabs  
 e. 2021;1-14.



# Influence of fiber orientation on the behavior of fiber reinforced concrete slabs

Structural Concrete. 2021;1–14.



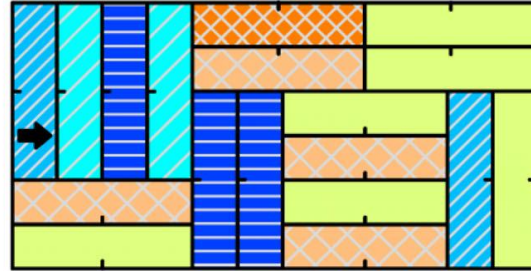
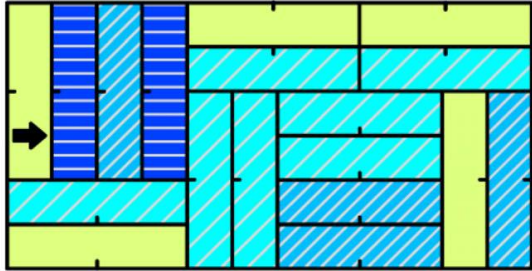


Vibrated (V)

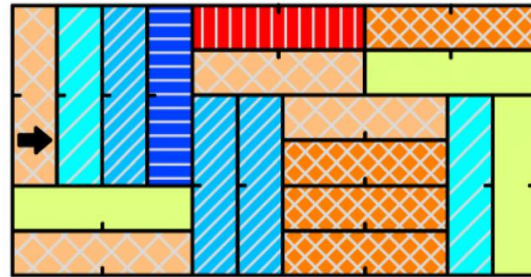
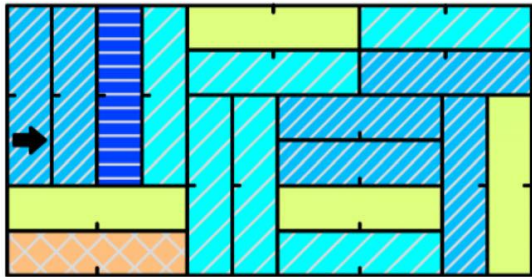
Self-compacting (SC)

of fiber  
slabs  
;1-14.

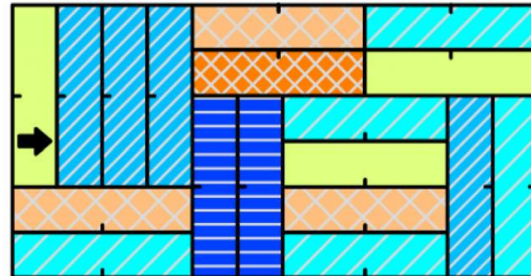
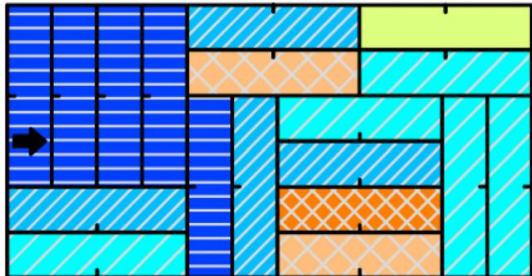
s1



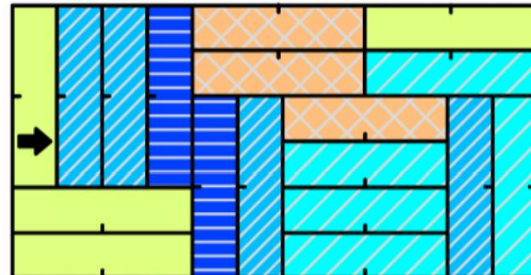
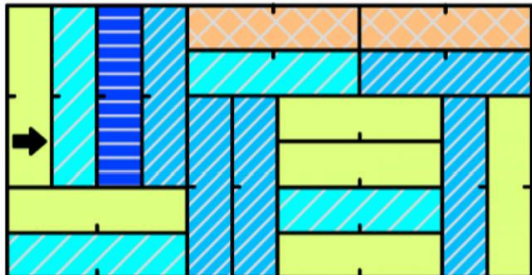
s2



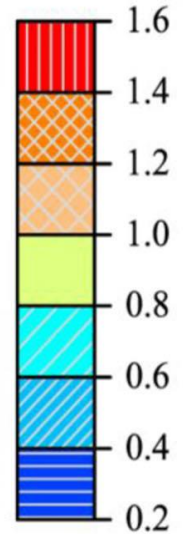
p1



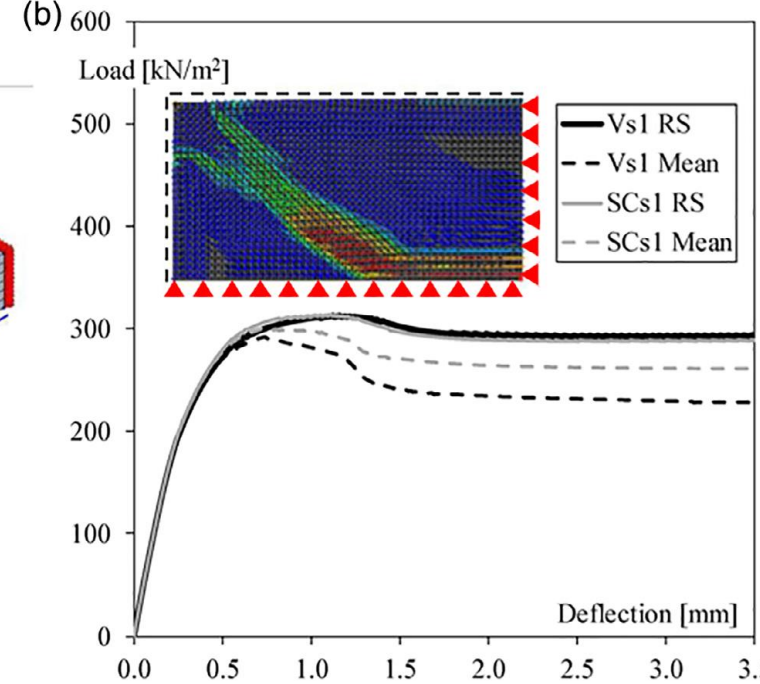
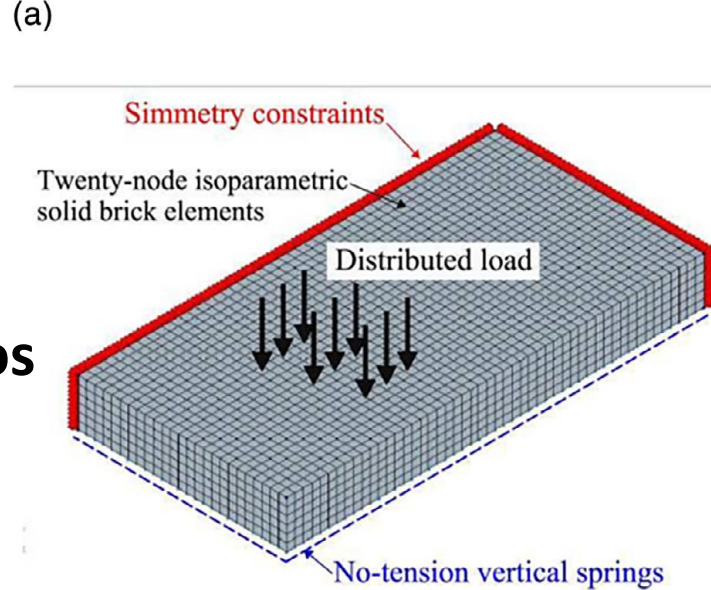
p2



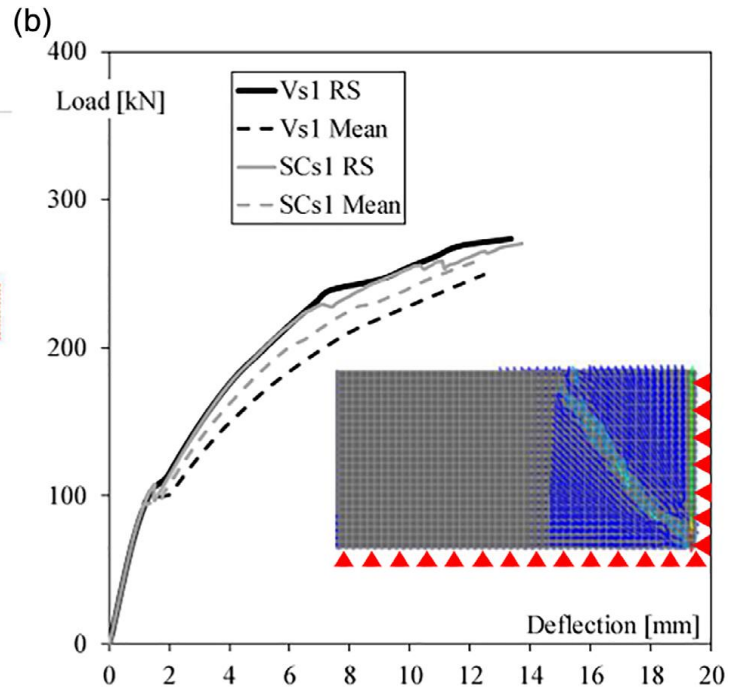
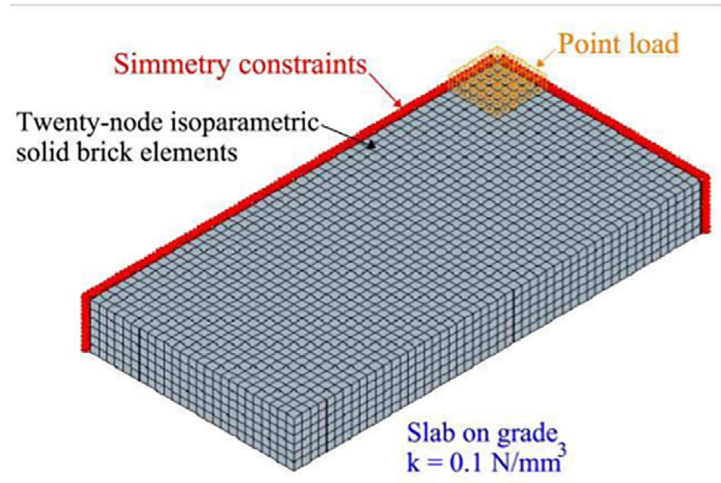
$$f_{R,3} / f_{R,3m,RS}$$



simplemente  
apoyadas en los  
cuatro bordes



(a)



sobre  
suelo

Influence of fiber orientation on the behavior of fiber  
reinforced concrete slabs  
Structural Concrete. 2021;1–14.

Se estudió la orientación para HRFV y HACRF de acero y poliméricas, sobre vigas aserradas y sobre probetas de referencia RS. Diferente postpico.

- la orientación además del punto de llenado, viscosidad del HRF y efecto pared depende del largo y rigidez de las fibras
- en todos los casos se observó efecto orientación, pero en HACRF fue más evidente con las fibras de acero más largas
- con HRFV algunas fibras en dirección vertical (2D no absoluta)
- para igual tipo y contenido de fibras RS similar en HRFV y HAC
- los valores medios de capacidad residual en vigas aserradas fueron 25%–35% < RS



Influence of fiber orientation on the behavior of fiber  
reinforced concrete slabs  
Structural Concrete. 2021;1–14.

el análisis numérico mostró que

- la significativa variación en las propiedades mecánicas por efecto de la orientación de las fibras en las losas (sobre suelo y simplemente apoyadas) solo afecta ligeramente su capacidad portante global dado el **alto grado de redundancia** estructural.
- Usando la capacidad de RS solo se sobrestima un 5%–10% del que surge a partir del **valor medio** de las vigas aserradas.
- Por el contrario, las diferentes orientaciones de las fibras **pueden afectar la ductilidad** general en losas simplemente apoyadas y el control de fisuras en losas sobre suelo.





Assessing the influence of fibers on the flexural behavior of reinforced concrete beams with different longitudinal reinforcement ratios  
Structural Concrete. 2020;1–14.

# Uso combinado de HRF y armaduras convencionales



FACULTAD DE INGENIERÍA



LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO  
PARA LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

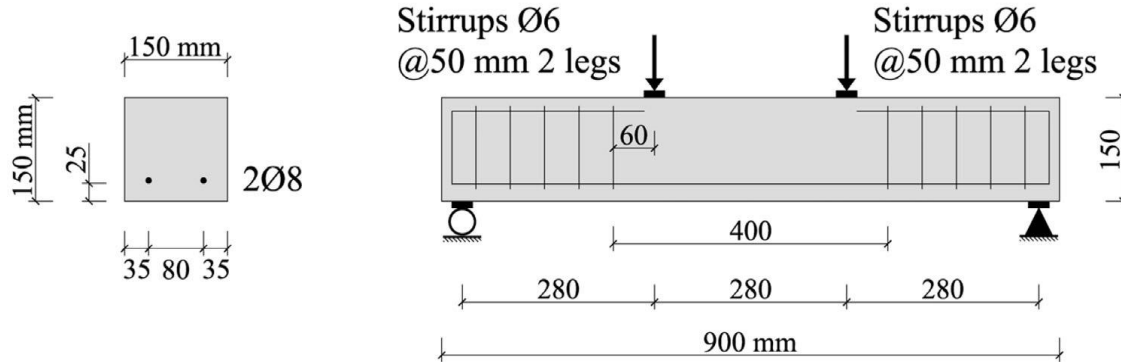


CONICET

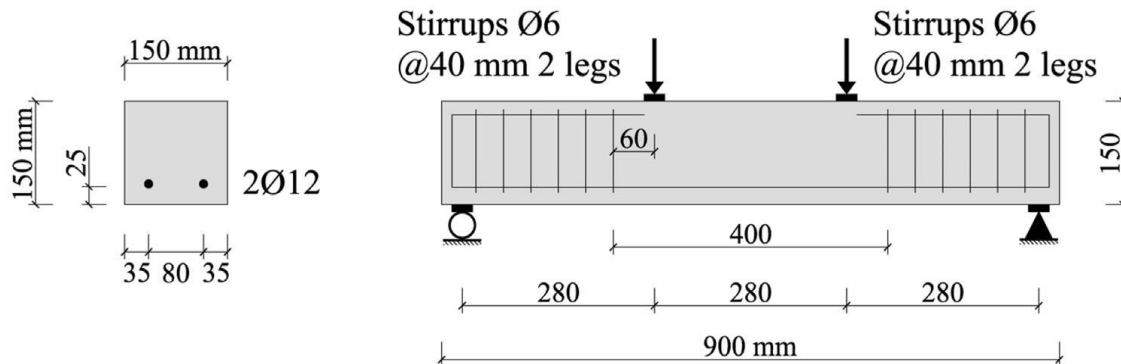
# Fibras para control de fisuras y capacidad residual en flexión

Fibras S, P & G,  
dos dosis c/u

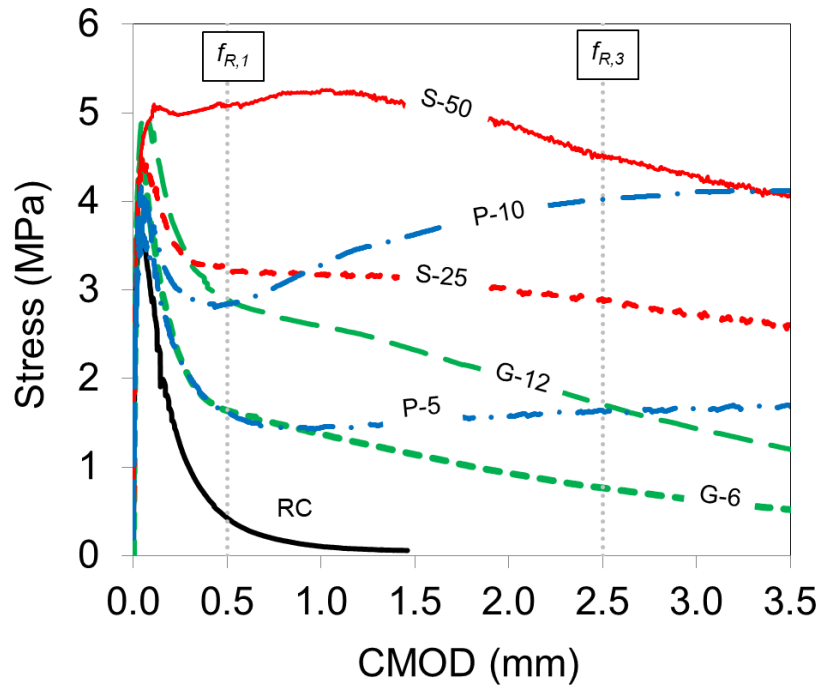
Beams with  $\rho_s = 0.5\%$



Beams with  $\rho_s = 1.2\%$

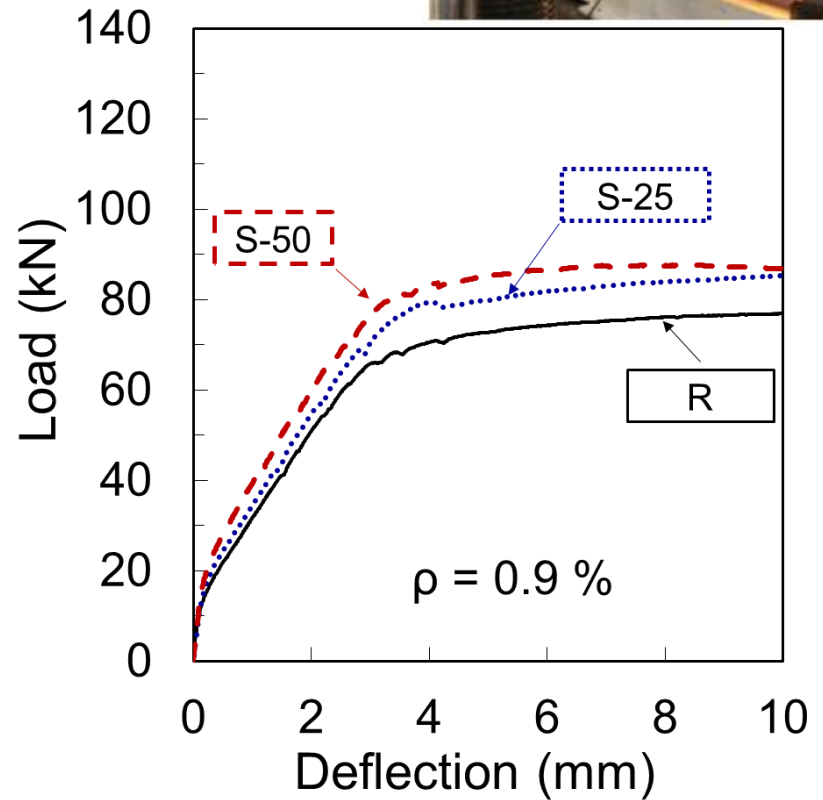


Assessing the influence of fibers on the flexural behavior of reinforced concrete beams with different longitudinal reinforcement ratios  
Structural Concrete. 2020;1–14.



**Serie 1**

$\rho = 0.9\%$



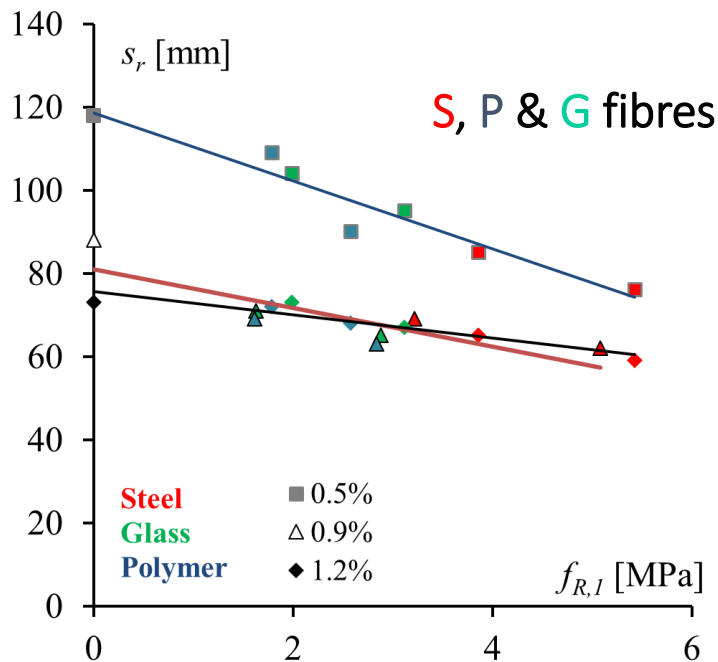
**1-R    1-S-25    1-S-50    1-G-6    1-G-12    1-P-5    1-P-10**

**$f'_{cm}$  (MPa)    42.1    43.7    42.9    45.5    44.3    40.0    46.8**

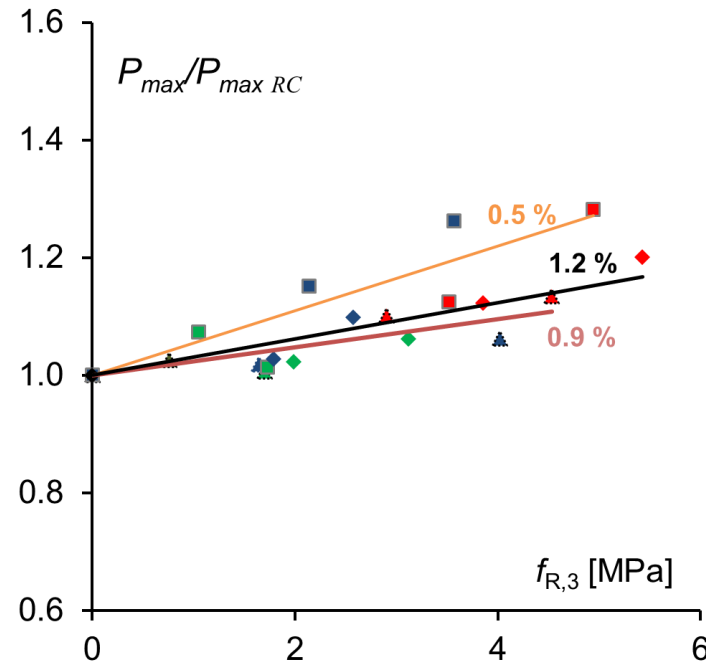
# Fibras para control de fisuras y capacidad residual en flexión



Influencia de la capacidad residual del HRF ( $f_{R1}$ ) sobre el espaciamiento medio ( $s_r$ )



Influencia de la capacidad residual del HRF ( $f_{R1}$ ) sobre la capacidad de carga de las vigas, relativa a la del hormigón armado sin fibras.

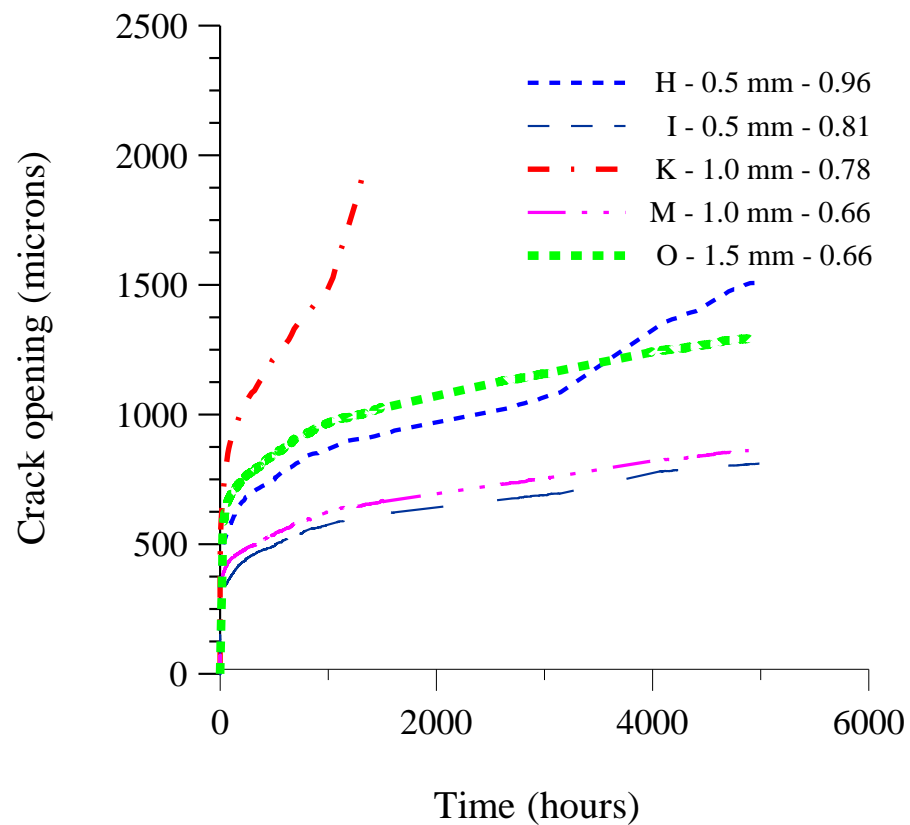
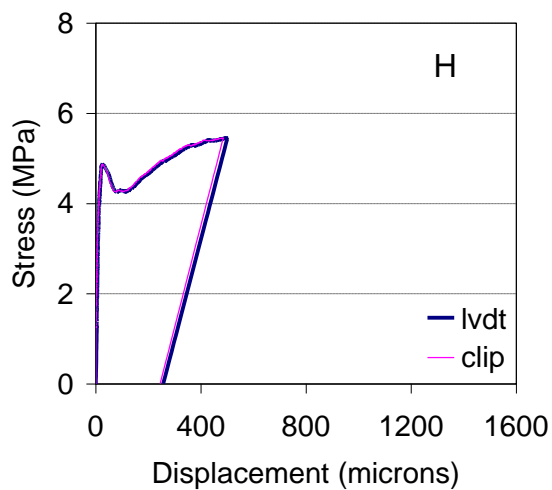


Assessing the influence of fibers on the flexural behavior of reinforced concrete beams with different longitudinal reinforcement ratios  
Structural Concrete. 2020;1–14.





# Fluencia del HRF en estado fisurado



Zerbino R, Barragán B. Long-term behavior of cracked steel fiber reinforced concrete beams under sustained loading, ACI Mat J, 2012

Zerbino R, Monetti DH, Giaccio G. Creep behaviour of cracked steel and macro-synthetic fibre reinforced concrete, Materials and Structures 48, 2016.

Serna Ros P; Martí-Vargas JR; Bossio ME; Zerbino R. Creep and residual properties of cracked macro-synthetic fibre reinforced concretes, Mag Conc Res 68 (4), 2016.

Monetti DH, Llano-Torre A, Torrijos MC, Giaccio G, Zerbino R, Martí-Vargas JR, Serna P. Long-term behavior of cracked fiber reinforced concrete under service conditions. Const Build Mat 196 (2019) 649–658

### Committee RILEM TC 261 Creep behavior on cracked sections in FRC.



La Plata



UPC



UPV



FACULTAD DE INGENIERÍA



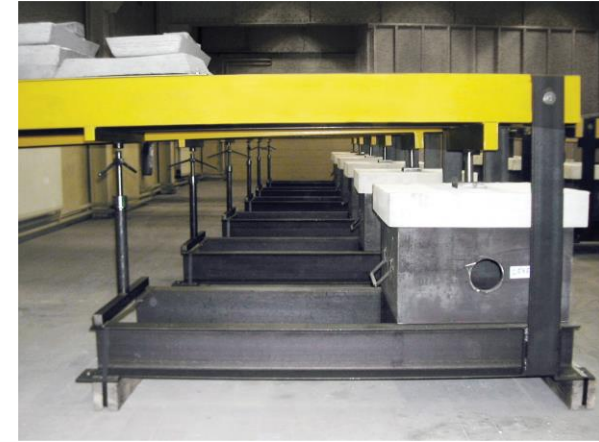
LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO  
PARA LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA



CONICET



Bekaert, 2009



Babafemi, Boshoff



N. Buratti,  
C. Mazzotti

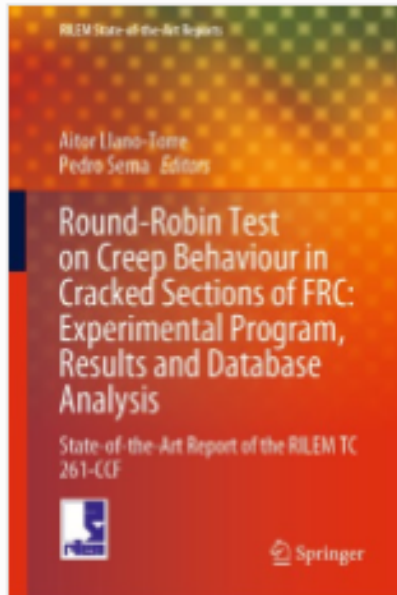


Vrijdaghs, M. di Prisco,  
L. Vandewalle





Figure 1. RRT participant institutions distribution.



© 2021

# Round-Robin Test on Creep Behaviour in Cracked Sections of FRC: Experimental Program, Results and Database Analysis

State-of-the-Art Report of the RILEM TC 261-CCF

Editors ([view affiliations](#))

Aitor Llano-Torre, Pedro Serna



FACULTAD DE INGENIERÍA



LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO  
PARA LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA



CONICET

# Conclusiones sobre fluencia en estado fisurado

Las estructuras de HRF no están mayormente afectadas por la fluencia en estado fisurado, porque:

- los requerimientos de ductilidad suelen imponer la presencia de barras convencionales, en especial en elementos lineales pero también en losas elevadas, y las armaduras toman las tensiones adicionales generadas por la fluencia, las cuales son casi despreciables en muchos casos
- cuando se usan fibras como refuerzo secundario para redistribuir tensiones, la fluencia tiene poca importancia ya que no es necesaria para el equilibrio
- usando fibras como refuerzo mínimo, no son de esperar fisuras en ELS
- en estructuras con alto grado de redundancia la fluencia afecta muy ligeramente la redistribución de tensiones
- los aspectos estructurales críticos relacionados con cargas temporarias no son afectados por la fluencia
- la fluencia en compresión es muy similar a la del HC, las fibras no juegan un rol significativo en la respuesta diferida





## Conclusiones sobre fluencia en estado fisurado

La fluencia en estado fisurado puede resultar significativa en estructuras con un bajo grado de redundancia como elementos lineales con bajos contenidos de refuerzo y limitada capacidad de redistribución de tensiones.

Previo al uso de este tipo de estructuras de HRF habría que verificar la respuesta diferida.

Dichas deformaciones diferidas deben ser consideradas específicamente en función de los diferentes mecanismos resistentes, ya que pueden variar entre sollicitaciones de flexión, corte, torsión, etc.

Se han desarrollado métodos específicos para evaluar las deformaciones diferidas en estado fisurada cuando existen incertidumbres en cuanto a la performance de diferentes fibras.



# HARRF: respuesta frente a cargas explosivas

## Materiales y mezclas:

HAC de base  **F0 y E0**

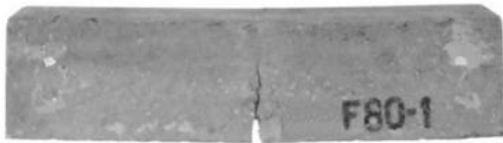
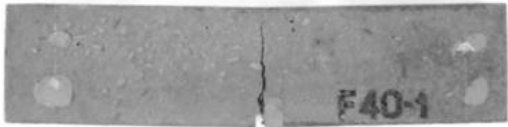
HARRF: 40 y 80 kg/m<sup>3</sup> de fibras

**Fibras de acero** de alto resistencia tipo hooked-end.

**F:** L = 60 mm y d = 0,7 mm  **F40 y F80**

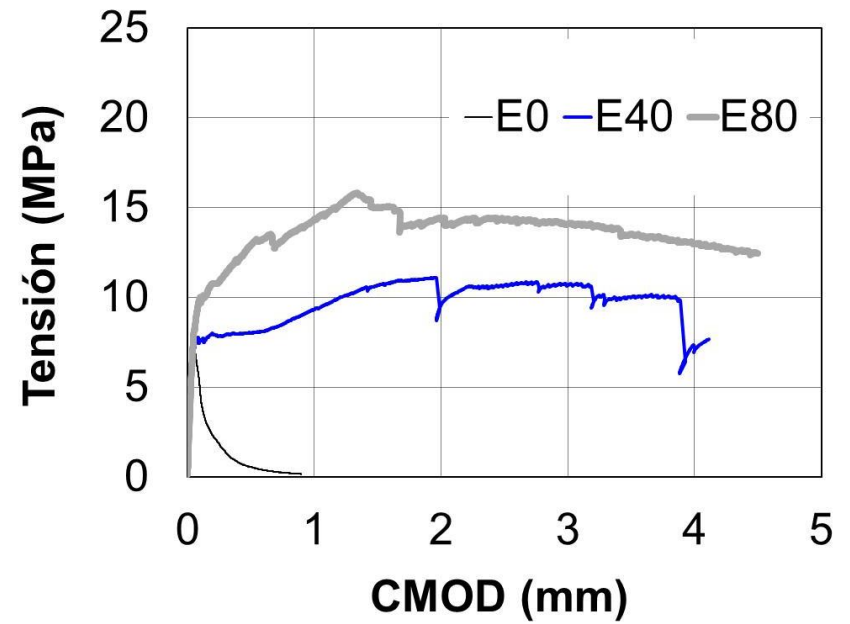
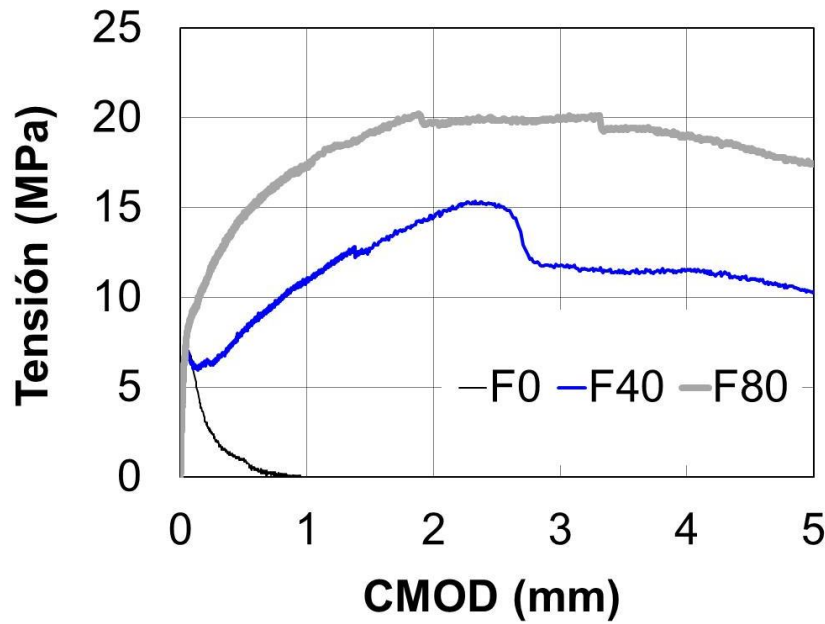
**E:** L = 30 mm y d = 0,4 mm  **E40 y E80**





# HARRF

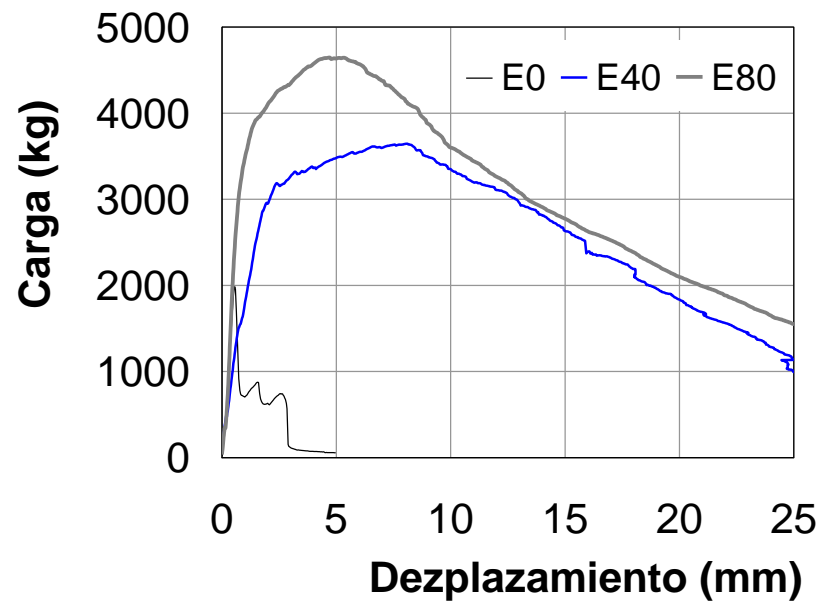
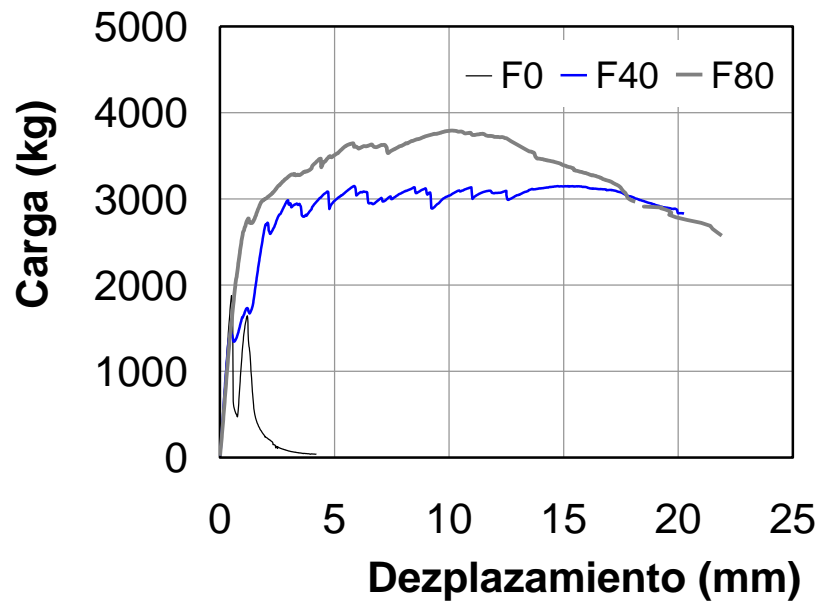
## Curvas tensión – apertura de fisura en ensayos de flexión (EN 14651)





# HARRF

Respuestas carga – flecha en losas (BS EN 14488 )



# Respuesta ante cargas explosivas

# HARRF



FACULTAD DE INGENIERÍA



LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO  
PARA LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA



CONICET



# HARRF

## Vista cara superior

Test type

Concrete P

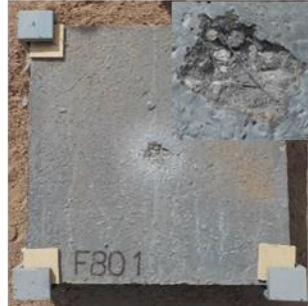
Concrete F40

Concrete F80

Concrete E40

Concrete E80

I



II



III



FACULTAD DE INGENIERÍA



LABORATORIO DE ENTRENAMIENTO MULTIDISCIPLINARIO  
PARA LA INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA

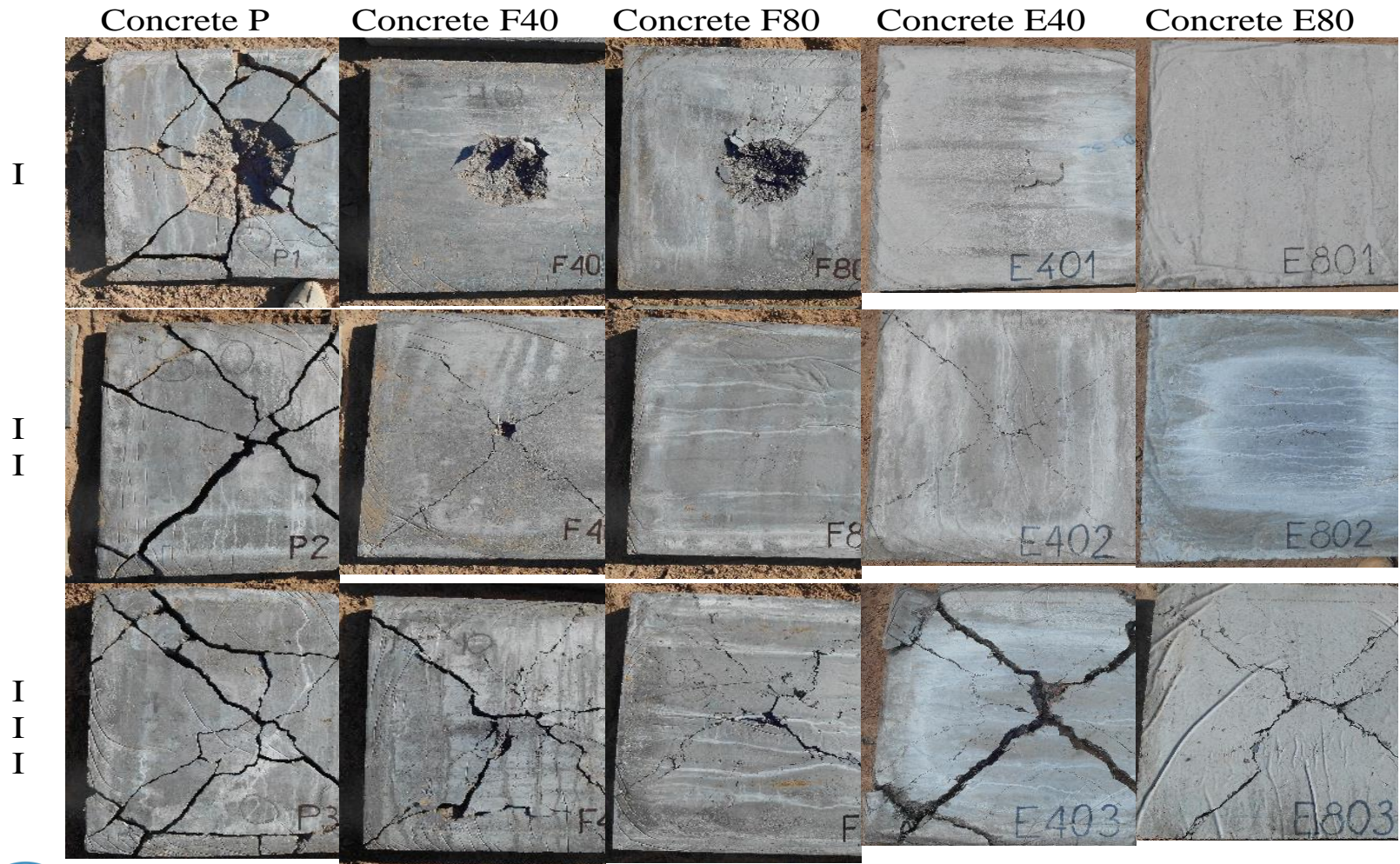


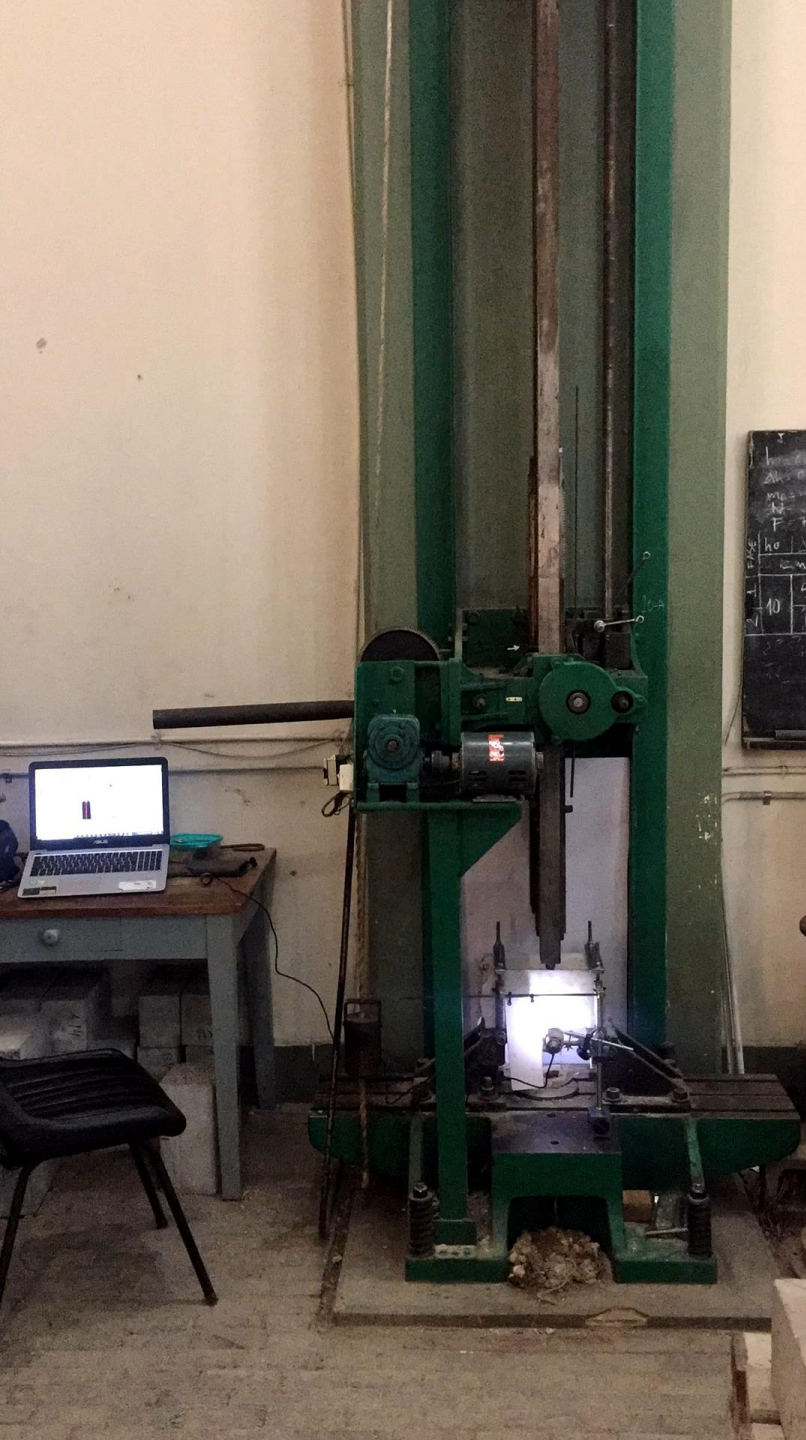
CONICET



# HARRF

## Vista de la cara posterior





Vivas, J.C., Zerbino, R., Torrijos,  
M.C. *et al.*

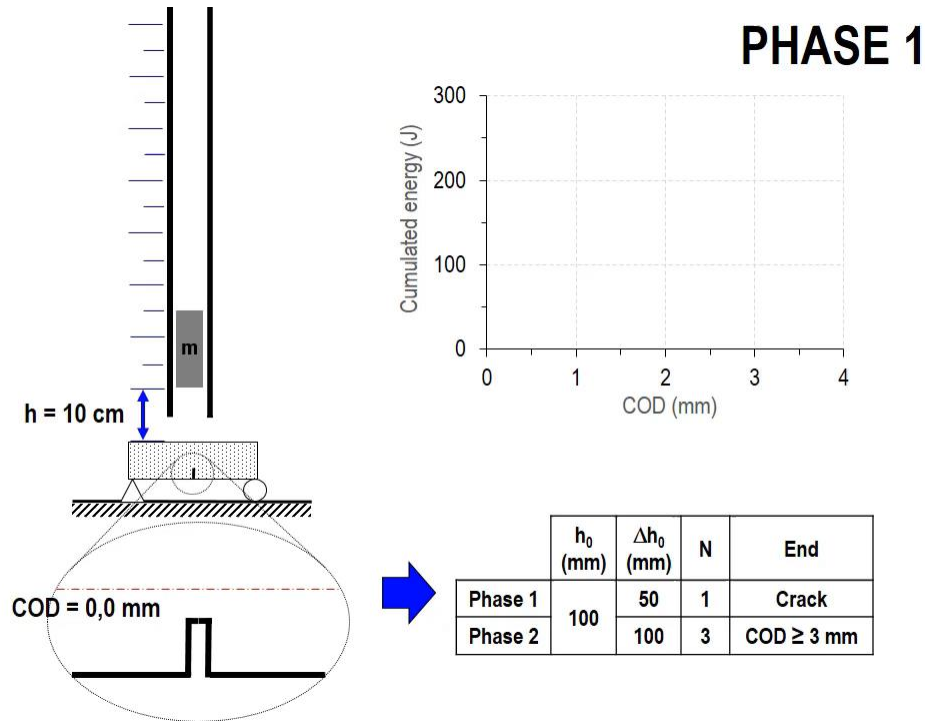
A test procedure for evaluating the  
impact behaviour of fibre reinforced  
concrete.

*Mater Struct* **54**, 208 (2021).

<https://doi.org/10.1617/s11527-021-01804-9>



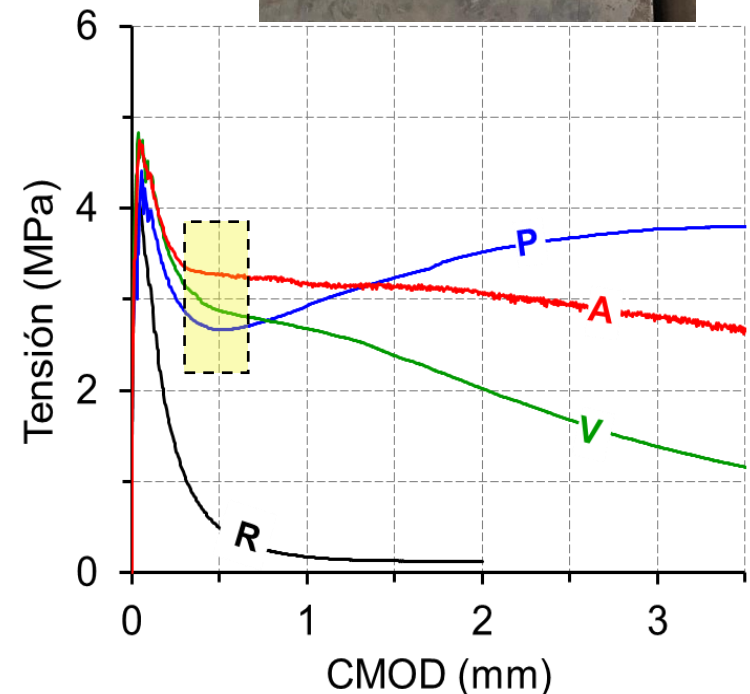
Vivas JC, Zerbino R, Torrijos M., Giaccio G (2021) A test procedure for evaluating the impact behaviour of fibre reinforced concrete. Mater Struct 54, 208



# Effect of the fibre type on concrete impact resistance

Const Build Mat 264 120200

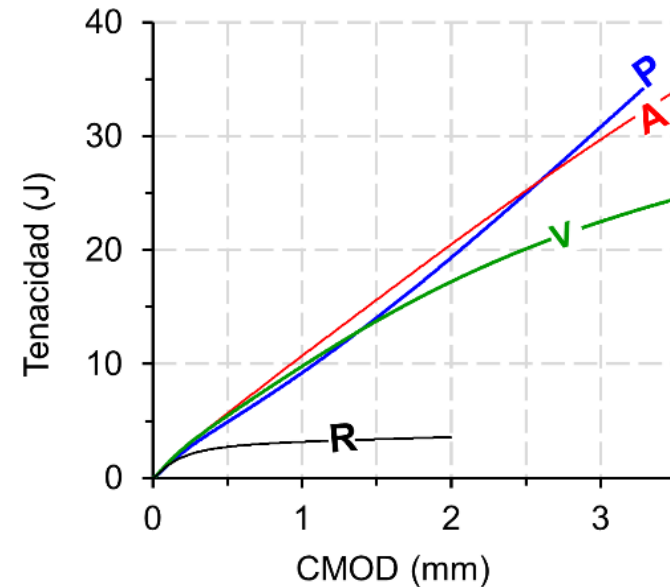
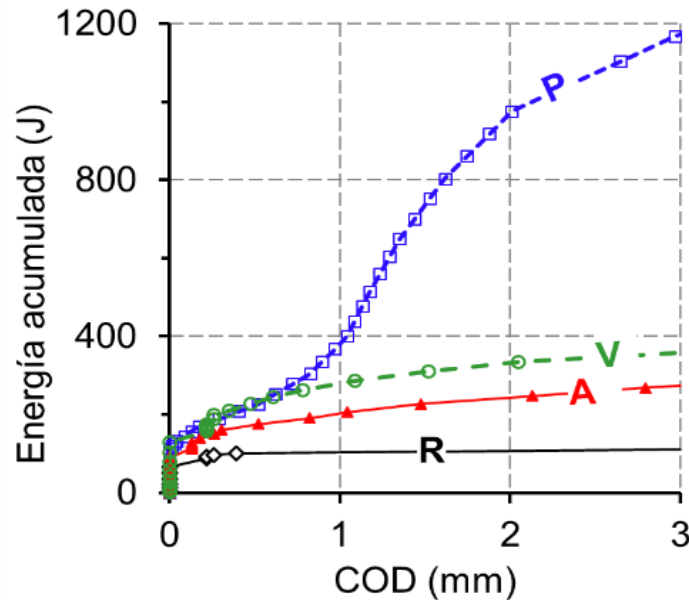
Hormigón	Caracterización estática					Clase de HRF
	$f_c$	$f_L$	$f_{R1}$	$f_{R3}$	$f_{R3}/f_{R1}$	
R	44,2	4,04	-	-	-	-
A	44,5	4,75	3,27	2,93	0,90	3c
P	46,3	4,21	2,67	3,67	1,38	2,5e
V	46,6	4,83	2,88	1,67	0,58	3a





# Effect of the fibre type on concrete impact resistance

## Const Build Mat 264 120200



- ✓ Valores de tenacidad estática más bajos que los medidos en las pruebas de impacto
- ✓ Para grandes anchos de fisura el HRF P se comporta mejor frente a impactos de lo que podría haberse predicho en base a las pruebas estáticas
- ✓ En el caso estático la disipación de energía del HRFA es equivalente a la del HRF P y superior a la del HRF V, en el caso dinámico este orden se invierte



# A modo de conclusión

El HRF ofrece ventajas ante muchos problemas que aparecen durante la construcción y vida en servicio de las estructuras. Permite reducir espesores y mantener en servicio elementos fisurados que, en otros casos, habrían acabado su vida útil.

En ocasiones, pueden reemplazarse armaduras convencionales en forma parcial o total. El *fib* Model Code 2010 considera el diseño con HRF. Ya está por salir el *fib* Model Code 2020.

Existe consenso en que debe valorarse la performance del HRF más allá del material y dosis de las fibras usadas y en los métodos para tal valoración. El desafío es el logro de mayores aplicaciones.

Las fibras generan un material de altas prestaciones, fisuras más distribuidas y de menor espesor y ductilidad a piezas de HAR. El HACRF ofrecen ventajas para reparaciones y refuerzos.





**MUCHAS GRACIAS POR LA INVITACION**