

# **Ensayos de control de calidad para hormigón reforzado con fibras empleado como revestimiento en túneles de la Ciudad de México**

**Carlos Aire**  
Instituto de Ingeniería - UNAM

## Obras subterráneas



### ❖ Aplicaciones del HRF en Túneles - México



Túnel Grijalba-Shotcrete



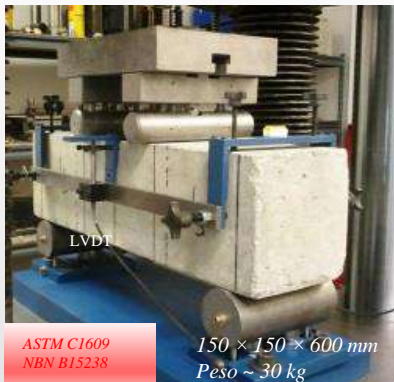
Túnel El Sinaloense



Edo Mexico, Lumbreras

## Métodos de prueba estandarizados para HRF – Parámetros de caracterización

### ✓ Ensayo de Vigas



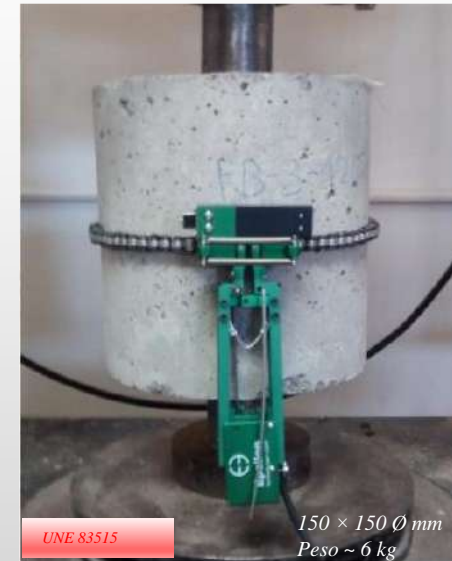
- ✓ Resistencia residual
- ✓ Tenacidad

### ✓ Ensayo de Paneles



- ✓ Tenacidad

### ✓ Ensayo de Cilindros



- ✓ Resistencia residual
- ✓ Tenacidad

## Túneles de la CONAGUA y Sistema de Transporte Colectivo Metro - CDMX



**Ensayos de control de calidad para hormigón reforzado con fibras empleado como revestimiento en túneles de la ciudad de México**

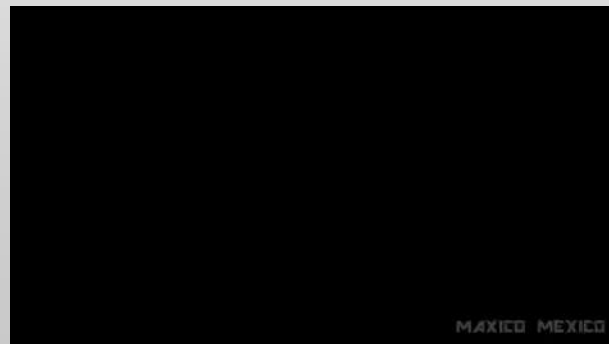
*Carlos Aire*

## Túneles de la CONAGUA – Túnel Emisor Oriente

**Longitud: 62 km Diámetro: 7 m**



Características del túnel:	Dámetro: 7 m	Profundidad: 30 a 150 m	Lumbreras: 24
	Longitud: 62 km	Desnivel: 100 m	Capacidad: 150 m <sup>3</sup> /s
			Periodo de retorno: 50 años



**Ensayos de control de calidad para hormigón reforzado con fibras empleado como revestimiento en túneles de la ciudad de México**

*Carlos Aire*

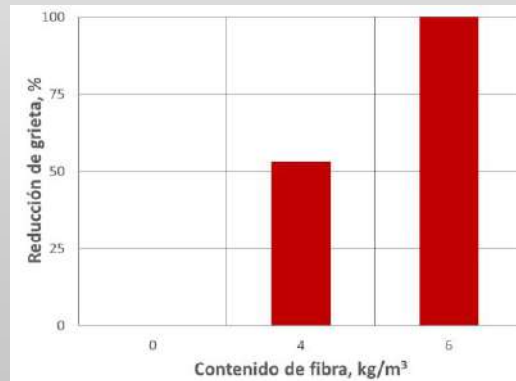
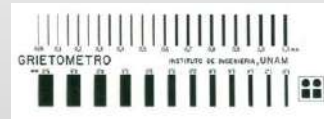
## Túneles de la CONAGUA – Túnel Emisor Oriente



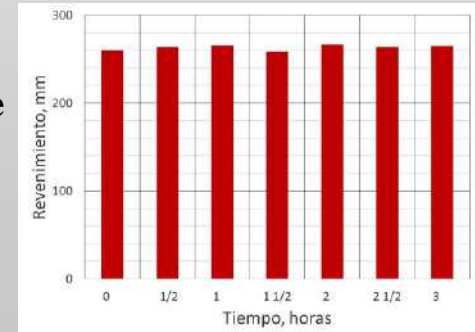
### Grietas



#, l, e, A



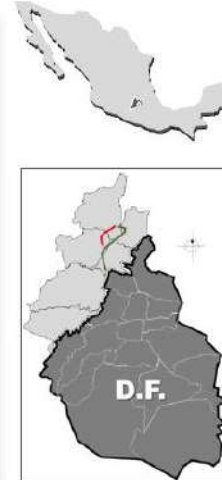
### Permanencia de revenimiento 24 cm



Ensayos de control de calidad para hormigón reforzado con fibras empleado como revestimiento en túneles de la ciudad de México

Carlos Aire

## Túneles de la CONAGUA – Túnel Emisor Poniente II



Longitud: 9.8 km Diámetro: 8.5 m



Características del túnel:

Capacidad: 112 m<sup>3</sup>/s

Longitud: 9,8 km

Profundidad: 12 a 110 m

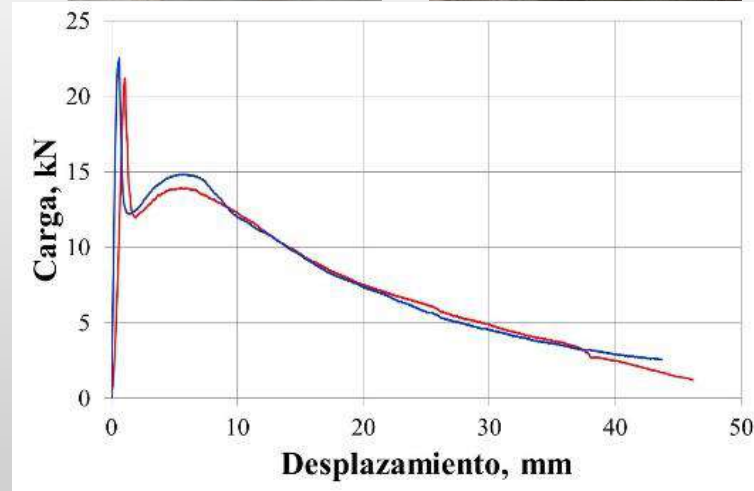


Ensayos de control de calidad para hormigón reforzado con fibras empleado como revestimiento en túneles de la ciudad de México

Carlos Aire

**Túneles de la CONAGUA – Túnel Emisor Poniente II**

**Panel ASTM C1550** 



Panel circular	Absorción de energía	
	Joules.	C.V.
ASTM C1550		
T $\delta_5$ mm	66.2	6.7%
T $\delta_{10}$ mm	134.2	4.9%
T $\delta_{20}$ mm	230.2	2.4%
T $\delta_{40}$ mm	326.9	0.9%

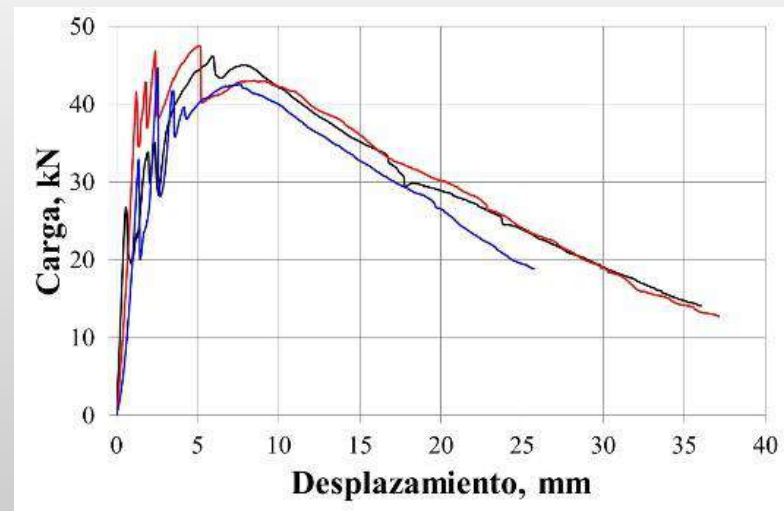
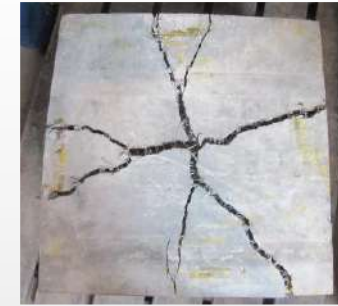
**Ensayos de control de calidad para hormigón reforzado con fibras empleado como revestimiento en túneles de la ciudad de México**

*Carlos Aire*



**Túneles de la CONAGUA – Túnel Emisor Poniente II**

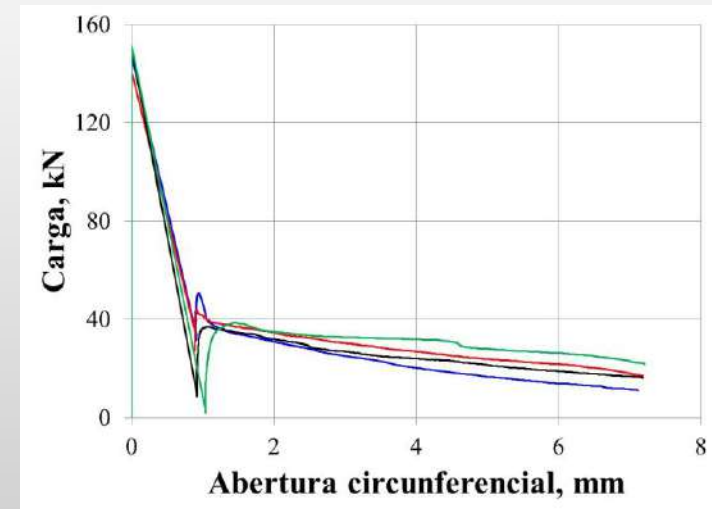
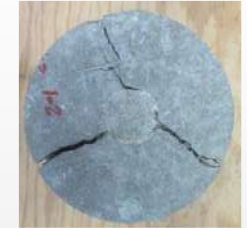
**Panel EN 14488-5** AENOR  
CONSEJO REGULADOR DE  
NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN



Panel cuadrado	Absorción de energía	
EN 14488-5	Joules.	C.V.
T $\delta_{25\text{ mm}}$	888.2	3.5%

**Túneles de la CONAGUA – Túnel Emisor Poniente II**

**Cilindro UNE 83515** AENOR  
ANÁLISIS EXPERIMENTAL DE  
RESISTENCIA Y DÁMAGED



Cilindro	Absorción de energía (viga 1)		Absorción de energía (viga 2)	
UNE 83515	Joules.	C.V.		
T $\delta c$ 2.0 mm	120.5	0.8%	112.6	2.2%
T $\delta c$ 2.5 mm	136.2	0.3%	128.8	2.9%
T $\delta c$ 4.0 mm	176.3	3.5%	172.7	6.0%
T $\delta c$ 6.0 mm	217.2	7.5%	222.9	9.2%

## Sistema de Transporte Colectivo Metro – Línea 12

## Panel EN 14488-5 AENOR



### AMPLIACIÓN DE LA LÍNEA 12

El objetivo de esta obra es mitigar los problemas de movilidad del poniente de la urbe, de acuerdo con las autoridades de la Ciudad de México. Estas serán las zonas afectadas.



Longitud: 4.6 km Diámetro: 11 m



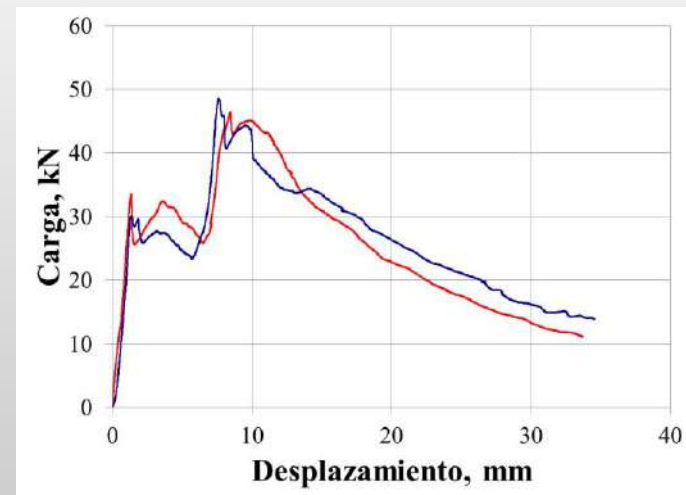
Ensayos de control de calidad para hormigón reforzado con fibras empleado como revestimiento en túneles de la ciudad de México

Carlos Aire

## Sistema de Transporte Colectivo Metro – Línea 12

## Panel EN 14488-5

AENOR  
ANEXO TECNICO 5  
REINFORZADO CON FIBRAS



Panel cuadrado	Absorción de energía	
EN 14488-5	Joules.	C.V.
T $\delta_{25\text{ mm}}$	738.5	0.5%

Ensayos de control de calidad para hormigón reforzado con fibras empleado como revestimiento en túneles de la ciudad de México

Carlos Aire

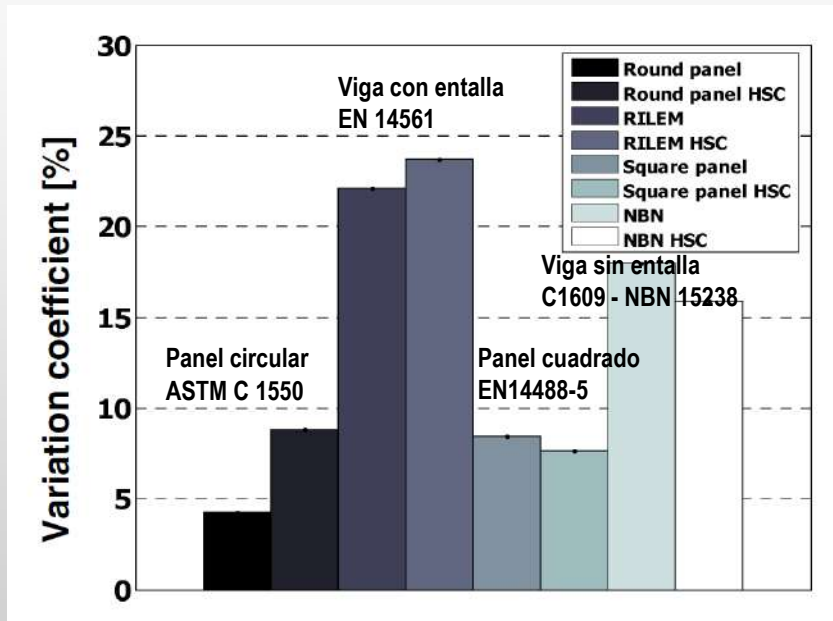
## Variabilidad de los resultados – Factores que influyen en la elección del método

### ✓ **Dispersión de los resultados**

#### ➤ **Tipo de prueba**

### ✓ **Factores**

#### ➤ **Espécimen, equipo, tiempo, # ensayos**



Ref.: Dispersion of the mechanical properties of FRC investigated by different bending test  
Parmentier; De Grove, Vandewalle y Van Rickstal, 2008



## Control de calidad en Obras Subterráneas - Muestreo



Ensayos de control de calidad para hormigón reforzado con fibras empleado como revestimiento en túneles de la ciudad de México

Carlos Aire

***MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCIÓN***

***Carlos Aire***

*[aire@pumas.ii.unam.mx](mailto:aire@pumas.ii.unam.mx)*