



El evento del Cemento, el Concreto y los Prefabricados



RETOS ENFRENTADOS EN PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA CON CONCRETO FIBRO-REFORZADO. EXPERIENCIAS DE OBRA.

Carlo Campinoti
Sika LATAM

En la década de 1950 se desarrollaron la fibras
metálicas para hormigon.
Primeras aplicaciones entre 1960 y 1970.
Hormigones reforzados con fibras sinteticas
aparecieron en 1990 - 2000



CLASSIFICACION DE LAS FIBRAS

Ø $< 0,3\text{mm}$



MICROFIBRAS MONOFILAMENTO

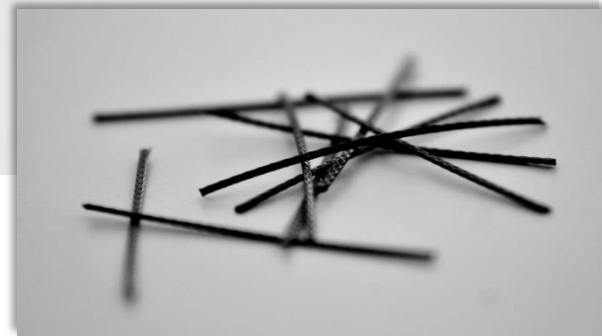


MICROFIBRAS FIBRILLADAS

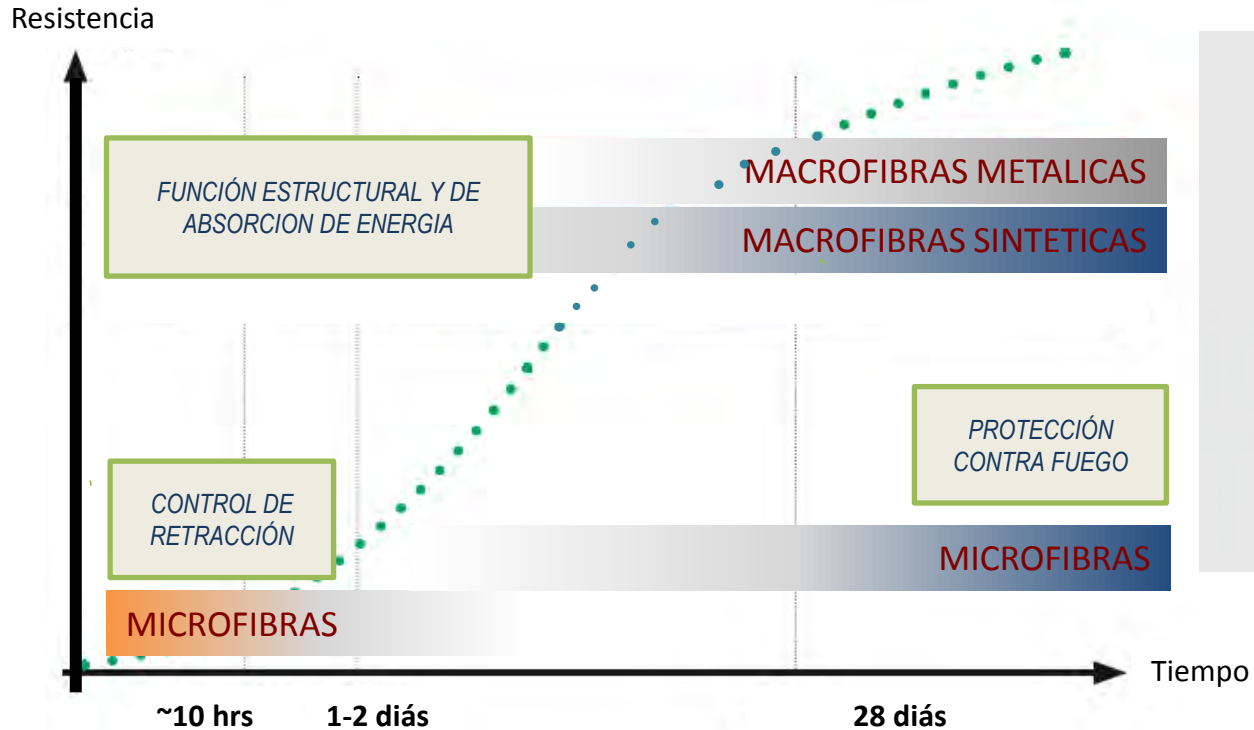
Ø $> 0,3\text{mm}$



MACROFIBRAS METÁLICAS



MACROFIBRAS SINTÉTICAS



FUNCIÓN DE LAS FIBRAS

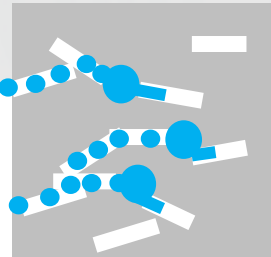
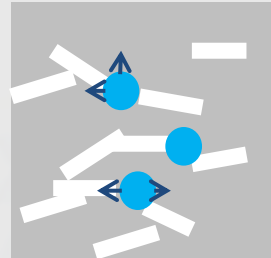
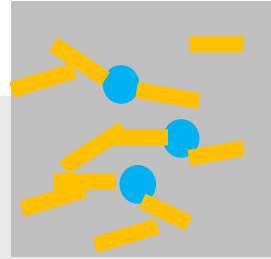
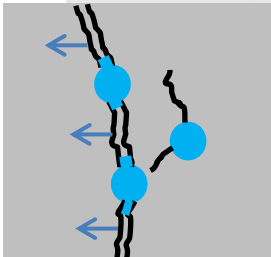
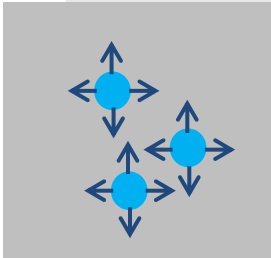
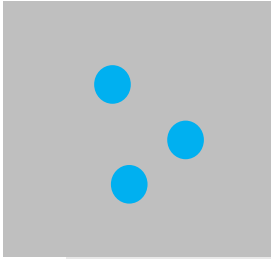


MICROFIBRAS ($d < 0.30\text{mm}$)	MACROFIBRAS SINTÉTICAS	MACROFIBRAS METÁLICAS
Reducción de grietas por contracción plástica	Absorción de energía en concreto lanzado	
Dosificación: $\sim 600\text{ g/m}^3$	Dosificación: $5\text{-}8\text{ kg/m}^3$	Dosificación: $25\text{-}40\text{ kg/m}^3$
Protección contra fuego	Refuerzo de losas para pisos industriales	
Dosificación: $\sim 2\text{ kg/m}^3$	Dosificación: $4\text{-}6\text{ kg/m}^3$	Dosificación: $20\text{-}30\text{ kg/m}^3$

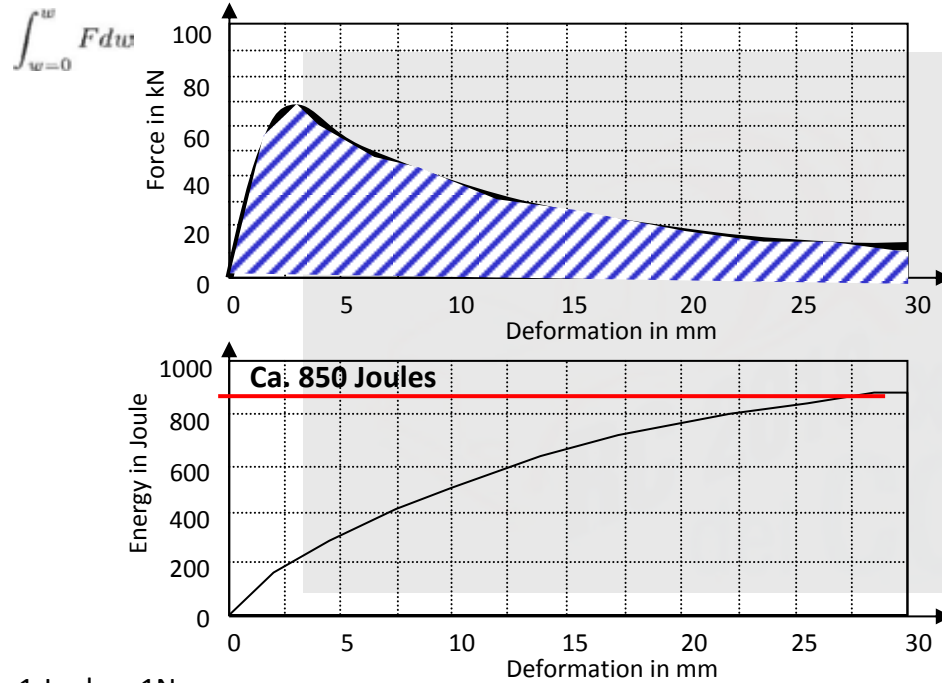
REDUCCION DE GRIETAS POR CONTRACION PLASTICA



PROTECCION CONTRA FUEGO



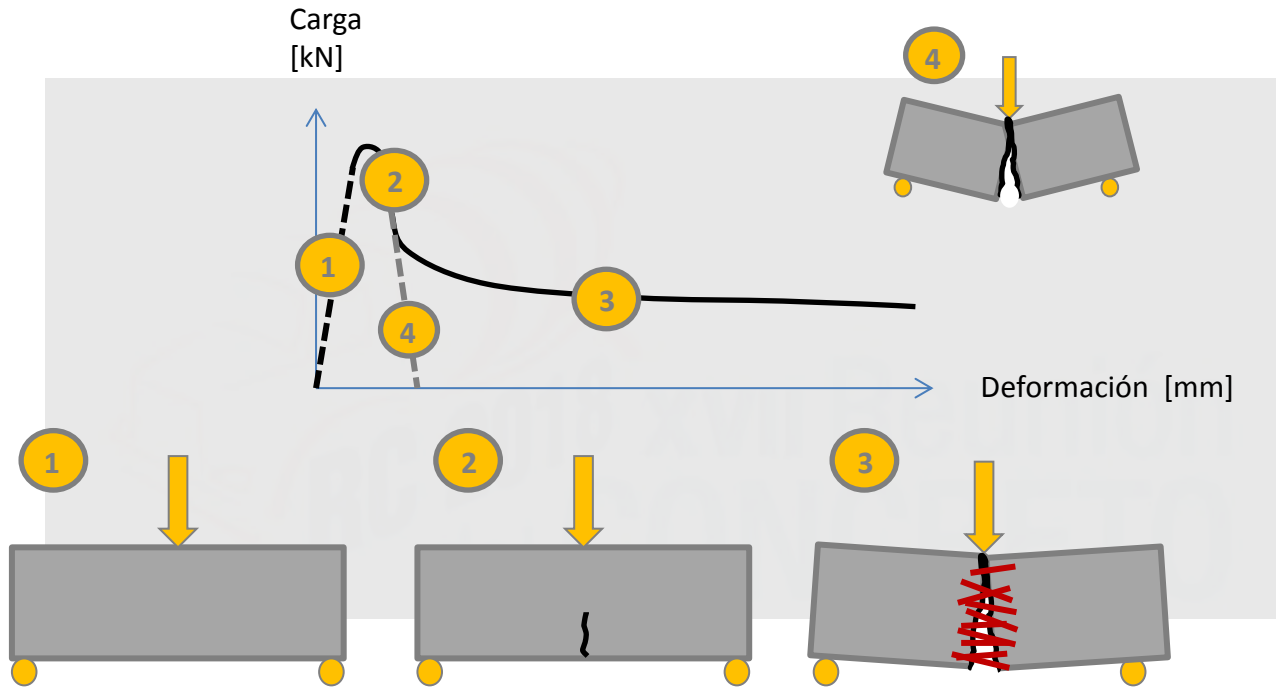
ABSORCION DE ENERGIA

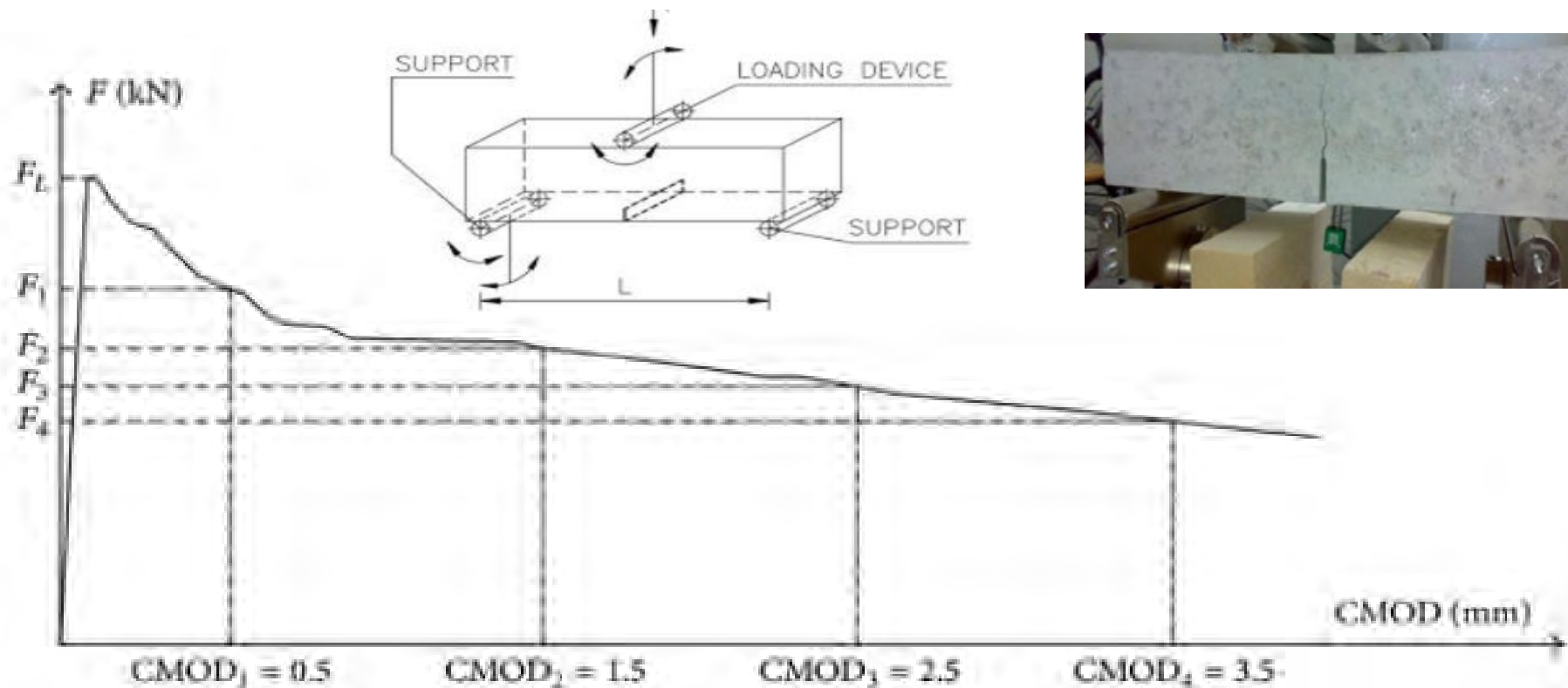


1 Joule = 1Nm



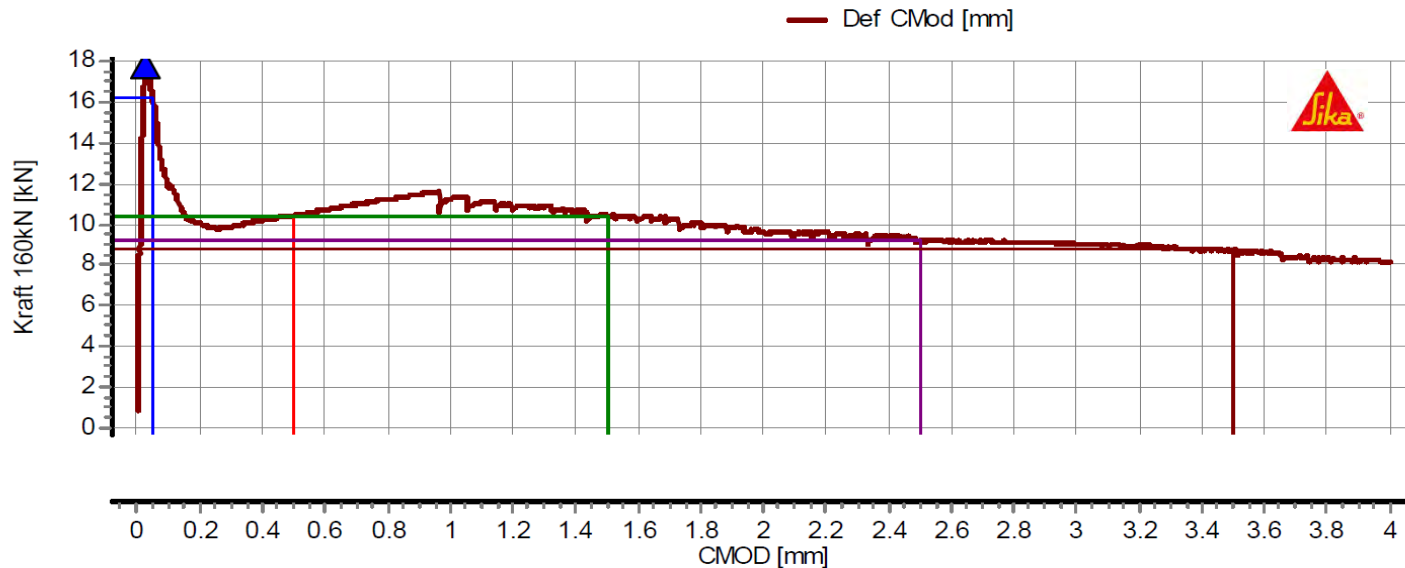
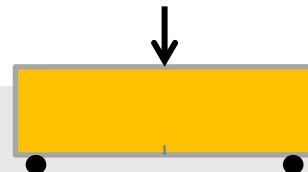
REFUERZO EN FLEXION





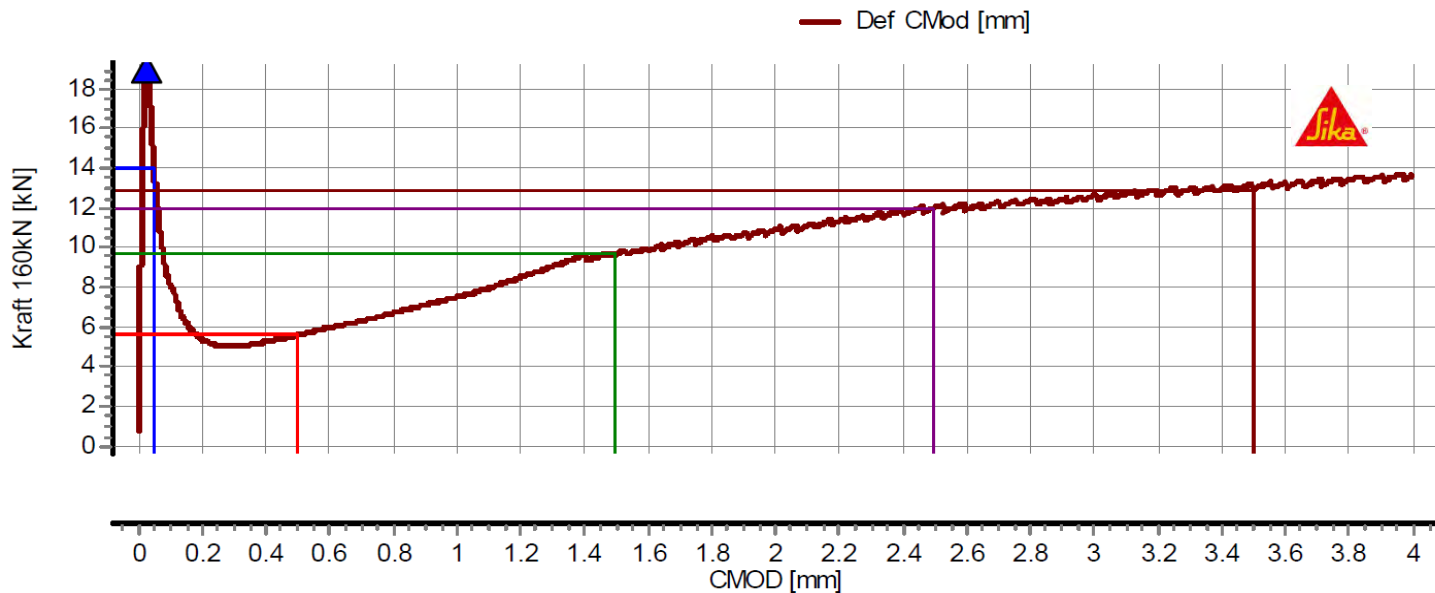
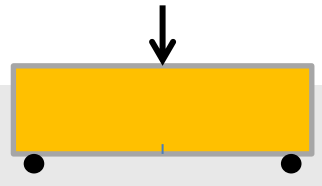
NORMA EN-14651 – FIBRAS METALICAS

25kg/m³ fibras metalicas



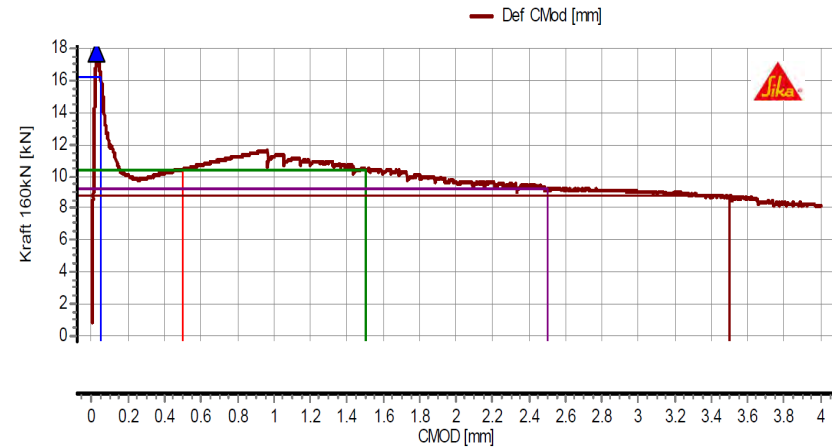
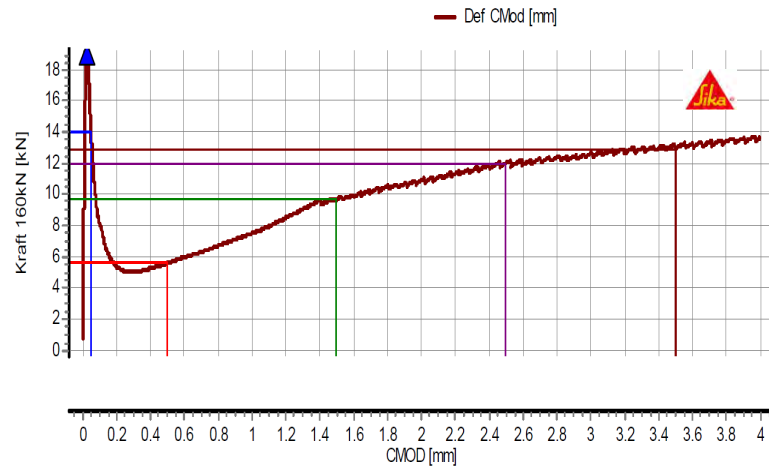
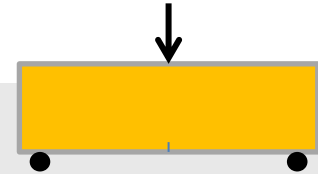
NORMA EN-14651 – FIBRAS SINTÉTICAS

6kg/m³ macrofibras sintéticas

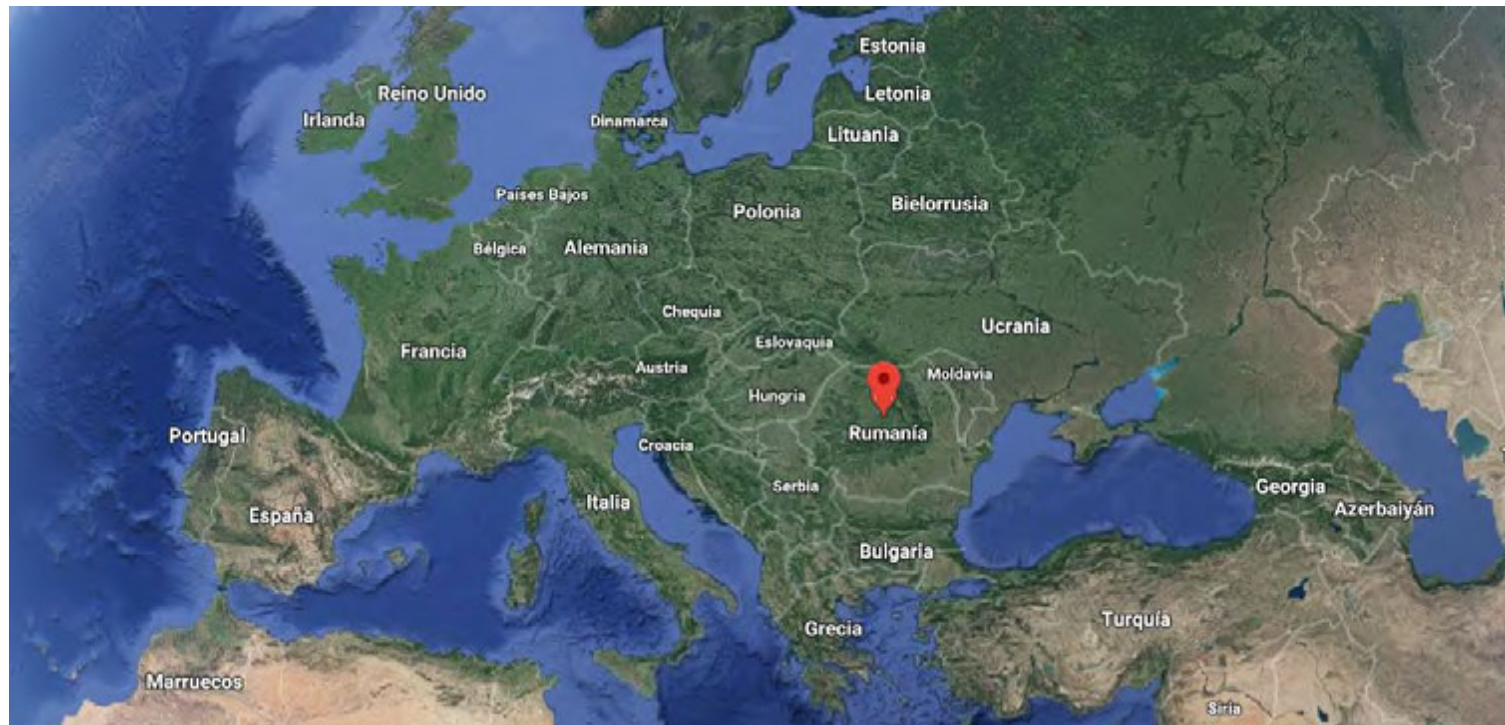


NORMA EN-14651 – FIBRAS SINTÉTICAS

sintéticas vs metálicas



- **Versatilidad**
- **Capacidad de solucionar
varios problemas técnicos**



EXPERIENCIAS DE OBRA - RUMANIA



El método constructivo previsto inicialmente en el proyecto contratado era el método Adeco-RS. Se trata de un método desarrollado y empleado en Italia, que se basa en la excavación del túnel a sección completa y con importantes medidas de pre-sostenimiento (paraguas de micropilotes), de tratamiento del terreno (inyecciones de consolidación) y de sostenimiento del frente de excavación (bulones de fibra de vidrio en la propia sección de excavación).

Dado la tipología de los materiales existentes en ambos túneles (arcillas, arcillas margosas y arenas arcillas), y los condicionantes externos, fue necesaria una optimización en el proceso de ejecución, tanto en el punto de vista de excavación y sostenimiento, como de la impermeabilización y el revestimiento.

EXPERIENCIAS DE OBRA – CONCRETO PROYECTADO

Especificación hormigón proyectado:

- Resistencia compresión a 1 día 12 MPa
- Resistencia compresión a 28 días 35 MPa
- Energía de Absorción 700 J

Los resultados obtenidos tras la modelización ponen de manifiesto la validez de la secuencia de ejecución y los elementos de sostenimiento propuestos, y lo que es de gran importancia en el caso del túnel de Sighisoara, con un desplazamiento máximo en clave de 34 mm, lo que supondría una afección prácticamente nula a la carretera y edificios cercanos, tema que preocupaba enormemente a la propiedad del proyecto.



EXPERIENCIAS DE OBRA – CONCRETO PROYECTADO

COMPOSICIÓN CONCRETO PROYECTADO:

Arena	54,5%
Grava	42%
Filler	3,5%
A/C	0,45
CEM I 52,5 R	425 kg
Sika ViscoCrete SC 900	1,5%
Sika Sigunita L 22 R	4-6%
Sika Fiber T60	4 kg



EXPERIENCIAS DE OBRA – CONCRETO PROYECTADO



EXPERIENCIAS DE OBRA – CONCRETO PROYECTADO



3.2. Optimización del Revestimiento

En cuanto al Revestimiento, el Proyecto inicial contemplaba su ejecución (hormigón tipo C30/37) tras las labores de Impermeabilización, con espesor variable de 60 cm a 120 cm v reforzado con armadura clásica.

Si bien en la propuesta de modificado de la Impermeabilización apenas se incluyeron cambios significativos respecto al Proyecto inicial, en el Revestimiento sí que se han producidos cambios y mejoras notables:

- i) El hormigón pasa a ser del tipo C35/40
- ii) El espesor se reduce a un espesor variable entre 40-110 cm
- iii) Sección constante en todo el perímetro
- iv) La armadura convencional se sustituye por fibra metálica (35 kg/m³)
- v) Incorporación de microfibras (2 kg/m³) como control de la fisuración por retracción y resistencia al fuego.

EXPERIENCIAS DE OBRA – HCONCRETO DE REVESTIMIENTO

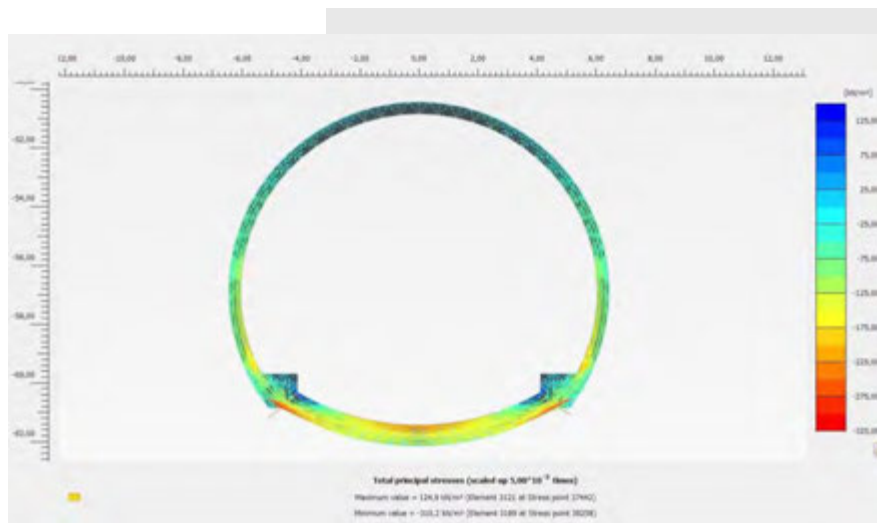


Figura 6. Tensiones principales a las que se somete el anillo de Revestimiento



Figura 7. Hipótesis de degradación completa del Sosténimiento con el tiempo

EXPERIENCIAS DE OBRA – CONCRETO DE REVESTIMIENTO

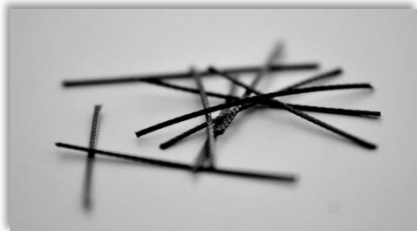


Formula de trabajo del hormigón de Revestimiento

El hormigón de revestimiento y de la contrabóveda se ha diseñado con una mezcla de tres aridos: arena, gravilla 4-8 y grava 8-16, con un contenido en cemento CEM I 52,5 R de 440 kg/m³.

Rezistente	
10h	29.0 MPa
7d	45.5 MPa
28d	55.0 MPa

M (kg)	35
TASARE	200
Rc (MPa)	68.46
fr 1 (0,5 mm)	4.680
fr 2 (1,5 mm)	3.350
fr 3 (2,5 mm)	2.016
fr 4 (3,5 mm)	1.450
Limita de proportie	8.670



MACROFIBRAS SINTETICAS



REFUERZO DE CONCRETO PROYECTATO

- ALTA ENERGÍA ABSORBIDA
- MENOS VACÍO EN LA PROYECCIÓN
- APLICACION RAPIDA
- MAYOR SEGURIDAD
- MAYOR DURABILIDAD



MACROFIBRAS METALICAS



REFUERZO DE CONCRETO DE REVESTIMIENTO

- ALTA RESISTENCIA A FLEXION
- MENOR ESPESOR
- APLICACION RAPIDA
- MAYOR DURABILIDAD

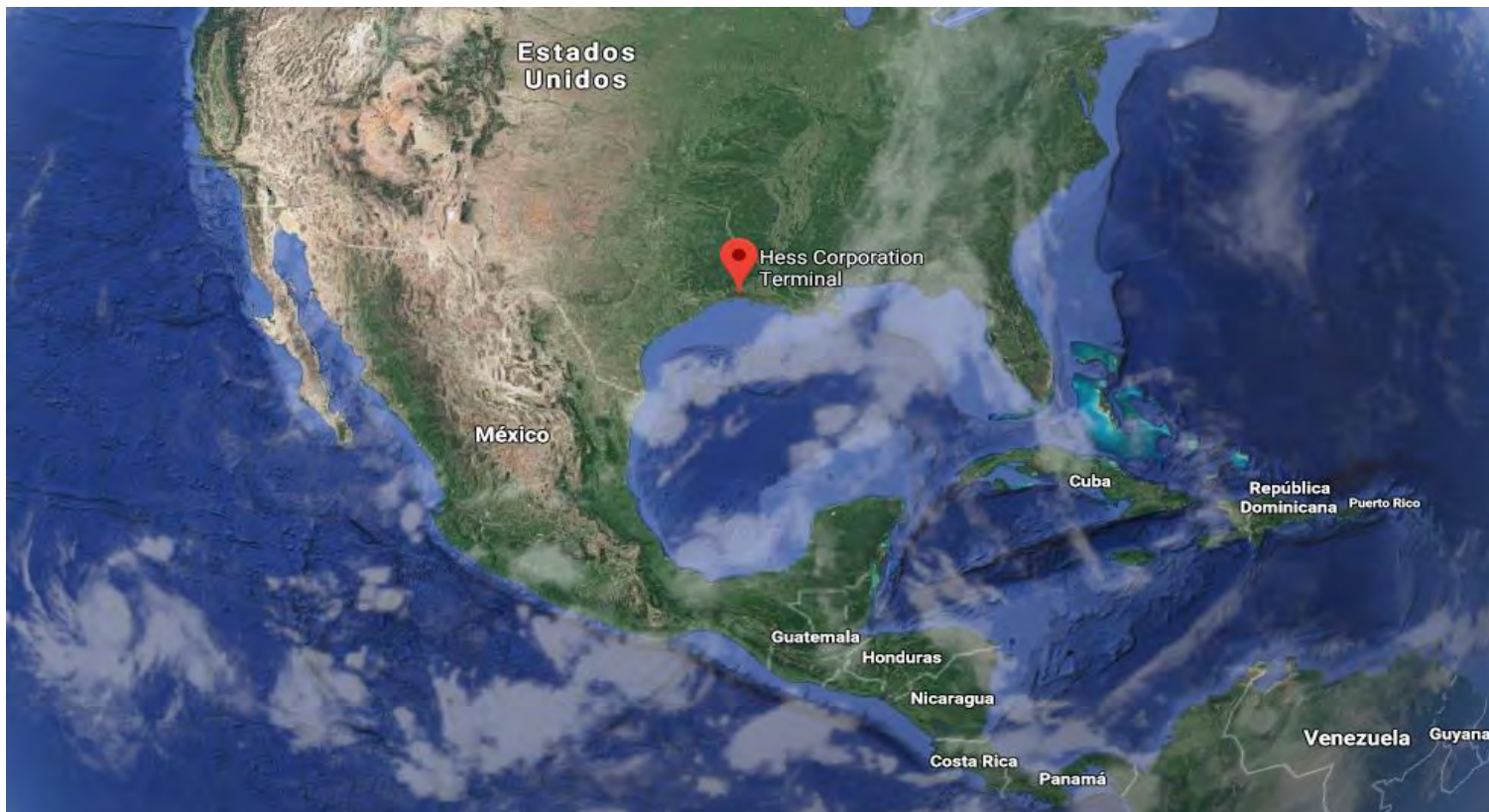


MICROFIBRAS MONOFILAMENTO



PROTECCION CONTRA FUEGO DE CONCRETO DE REVESTIMIENTO

- APLICACION RAPIDA
- MAYOR DURABILIDAD



EXPERIENCIAS DE OBRA - PISOS

PROJECTO CAMERON LNG 2015-2017

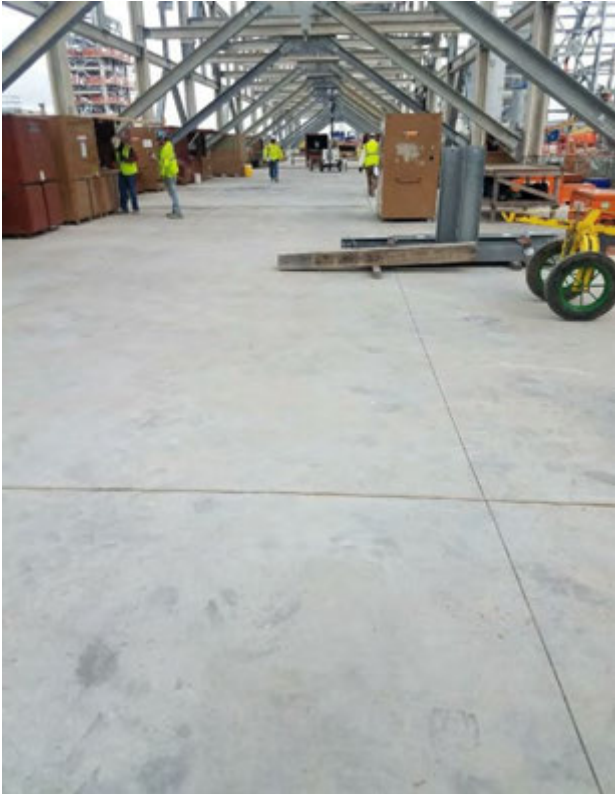
Nueva planta de liquefacción de gas natural
en Luisiana, Estados Unidos.

10.000 millones de USD de inversion

220.000 m² de pisos en concreto

3 plantas y mas de 30 hormigoneras
dedicadas a la obra





- Uno de lo mas importantes requerimientos de la obra fue la rapidez de construcción y el respecto de un corto cronograma
- Alrededor del 30% de pisos ejecutado, durante el trabajo en un día de lluvia, un obrero cayó y una barra de refuerzo seriamente lo lastimó, penetrando su pierna.
- El proveedor de concreto le propuso al cliente de evaluar el remplazo de las barras con fibras, para mejorar la seguridad y también ahorrar tiempo en la construcción.
- La respuesta fue positiva, con el vinculo de demostrar la validez y la equivalencia estructural con las barras metálicas utilizadas.

Customer:	Sika	Designer:	Heidi Helmink
Project:	Pavement Design	Date:	2/2/2017

Recommended Solution:

Slab Equivalent moment capacity of traditional solution

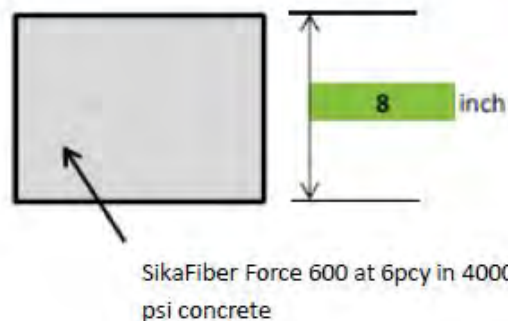
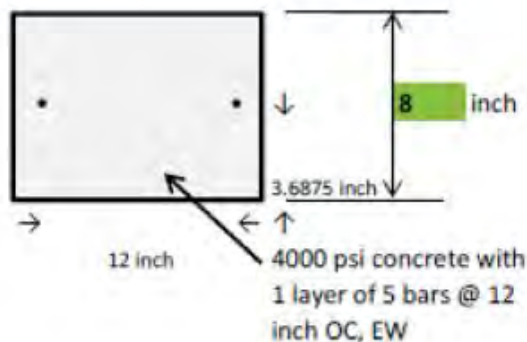
1 layer of 5 bars @ 12 inch OC, EW

7,227 lb ft / ft

<

SikaFiber Force 600 at 6pcy

7,361 lb ft / ft



EXPERIENCIAS DE OBRA - PISOS



MACROFIBRAS SINTÉTICAS

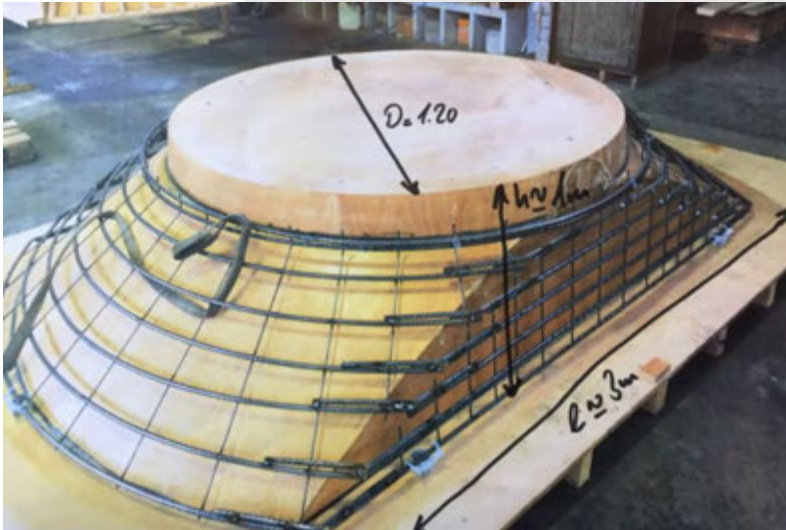


VENTAJAS OBTENIDAS CON EL USO DE MACROFIBRAS:

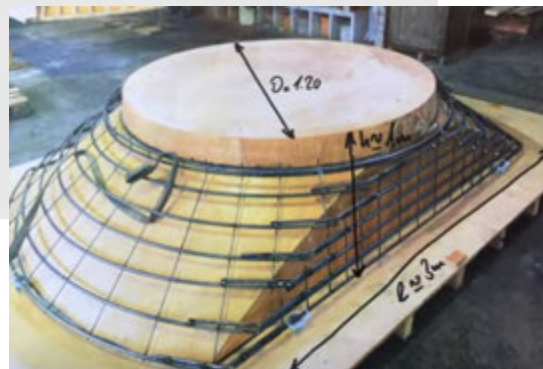
- Mas seguridad
- Ahorro de tiempo en el montaje de la armadura con barras (100%)
- Ahorro de tiempo en la descarga del concreto (20-30%)
- Mas productividad diaria (30% en superficie)
- Mejor control de las grietas de origine plástica
- Adición de valor al concreto (+ 2 mil. USD para los 200.000 m² ejecutado con fibras)

EXPERIENCIAS DE OBRA – PREFABRICADOS LIVIANOS

- Aplicaciones no estructurales
- Armadura necesaria solo para el desencofrado y el transporte
- Alto costo para la producción y la colocación de armadura
- Durabilidad (oxidación) de la armadura metálica



EXPERIENCIAS DE OBRA – PREFABRICADOS LIVIANOS



CON EL USO DE HORMIGON FIBRORINFORZADO, SE PUEDEN OBTENER:

- Mas eficiencia estructural
- Reducción de secciones resistentes del concreto
- Ahorro en la puesta en obra del concreto (tiempo y cantidad)
- Mayor durabilidad (bajo riesgo de grietas y no-oxidabilidad de la armadura)
- Adición de valor al concreto
- Solución de problemas



GRACIAS POR SU ATENCION