

PUEDEN LAS FIBRAS SINTETICAS REEMPLAZAR LA ARMADURA CONVENCIONAL?

Ing. Juan Carlos Acero R



EUCLID CHEMICAL



EUCLID CHEMICAL

Mecanismos de Agrietamiento en el Concreto

Contracción plástica
Contracción inducida térmicamente
(shock térmico, estacional)
Estructural
(cargas estáticas y dinámicas,
reflectivas, fluencia)
Químico
(corrosión, RAA [ASR])
Contracción por secado



Asociación del Concreto Premezclado (EEUU):
Agrietamiento es el problema #1 del concreto



EUCLID CHEMICAL

ACI 360 – Diseño de Placas Sobre Rasante

10.2.2 Principios de Diseño

Los principios de diseño para los concretos reforzados con micro fibras sintéticas son los mismos que se utilizan para el concreto no reforzado.

Las macro fibras sintéticas incrementan la resistencia residual de concreto, en el post agrietamiento, en las placas sobre rasante. Se pueden utilizar los mismos principios de diseño de ACI 360 10.3.3 para el concreto reforzado con macro fibras sintéticas.

Los diferentes proveedores de fibras desarrollan y suministran programas de diseño para definir una óptima relación espesor : dosis de fibra en función de los requerimientos de cada proyecto en particular.



File Edit Project View Help

SI Imp

New Project

- Loading Zone 1
 - Vehicle Load

Find Dosage

Compressive Strength [f_c]: 4500.00 psi

Ultimate Flexural Strength [F_r]: 484.73 psi

Modulus of Elasticity [E]: 3427543.84 psi

Subgrade Modulus [k]: 200.00 pci

Friction Coefficient: 1.600 Gravel

Load Factor: 1.1

Dynamic Factor: 1.4

Thickness of Slab [t]: 11.00 in

Column Spacing: 1000.00 ft

Contraction Joint Spacing: 25.00 ft

Temperature Difference: 9.00 F

Exposure Conditions:

- Interior
- Exterior

Concrete Shrinkage Strain:

RH > 80%	65%	50%	35%	RH < 20%
Typical Outdoor		Typical Indoor		

Average Relative Humidity (RH) Level:

The diagram shows a top-down view of a vehicle axle with four tires. A vertical arrow labeled 'P' points down from the center of the axle, representing the axle load. A horizontal double-headed arrow labeled 'S' spans the distance between the centers of the two tires on one side of the axle. A horizontal double-headed arrow labeled 'Sd' spans the width of a single tire, representing the contact distance.

Vehicle Load

Wheel Configuration: Axle Quad

Axle Load [P]: 150000.00 lb

Axle Distance [S]: 144.00 in

Contact Pressure: 188.00 psi

Corner/Edge Check?

Sd: 30.00 in

Contact Area: 823.61 in²

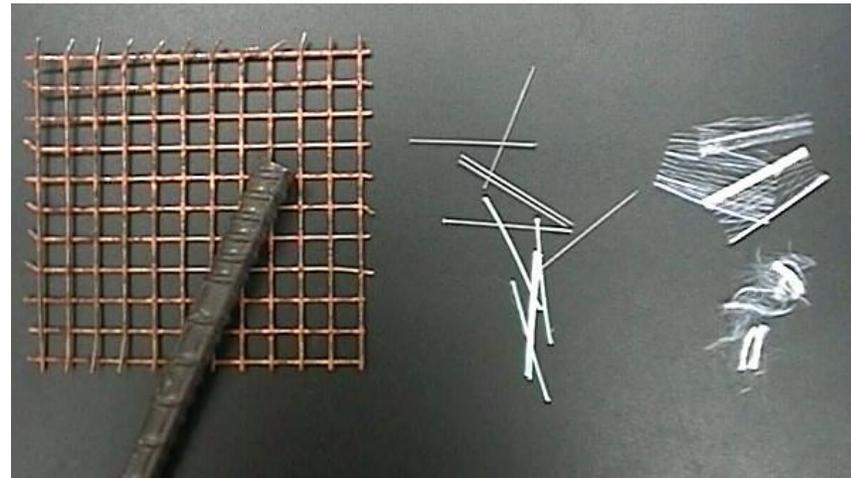
- Refuerzo por retracción
- Refuerzo por temperatura
- Refuerzo por flexión



Refuerzo en el concreto

Utilizado históricamente:

Las varillas de refuerzo convencionales se utilizan para aumentar la capacidad de carga del concreto.



EUCLID CHEMICAL

Definition ASTM C 1116

ASTM C 1116 define al - Concreto o al Concreto Lanzado - Reforzado con Fibras Sintéticas, Tipo III como concreto que contiene fibras sintéticas, para las cuales se puede presentar evidencia documental que confirme su resistencia al deterioro a largo plazo al entrar en contacto con humedad y álcalis presentes en la pasta de cemento o con las sustancias presentes en aditivos químicos e inclusores de aire.

Las fibras sintéticas son cortos filamentos discontinuos de polipropileno, polietileno, nailon, etc. y pueden presentar la forma de monofilamento o de paquetes fibrilados, ya sea en longitudes micro o macro.

Información técnica sobre resistencia a la tensión, punto de fusión, tipo de material, tamaño, etc. debe estar disponible.

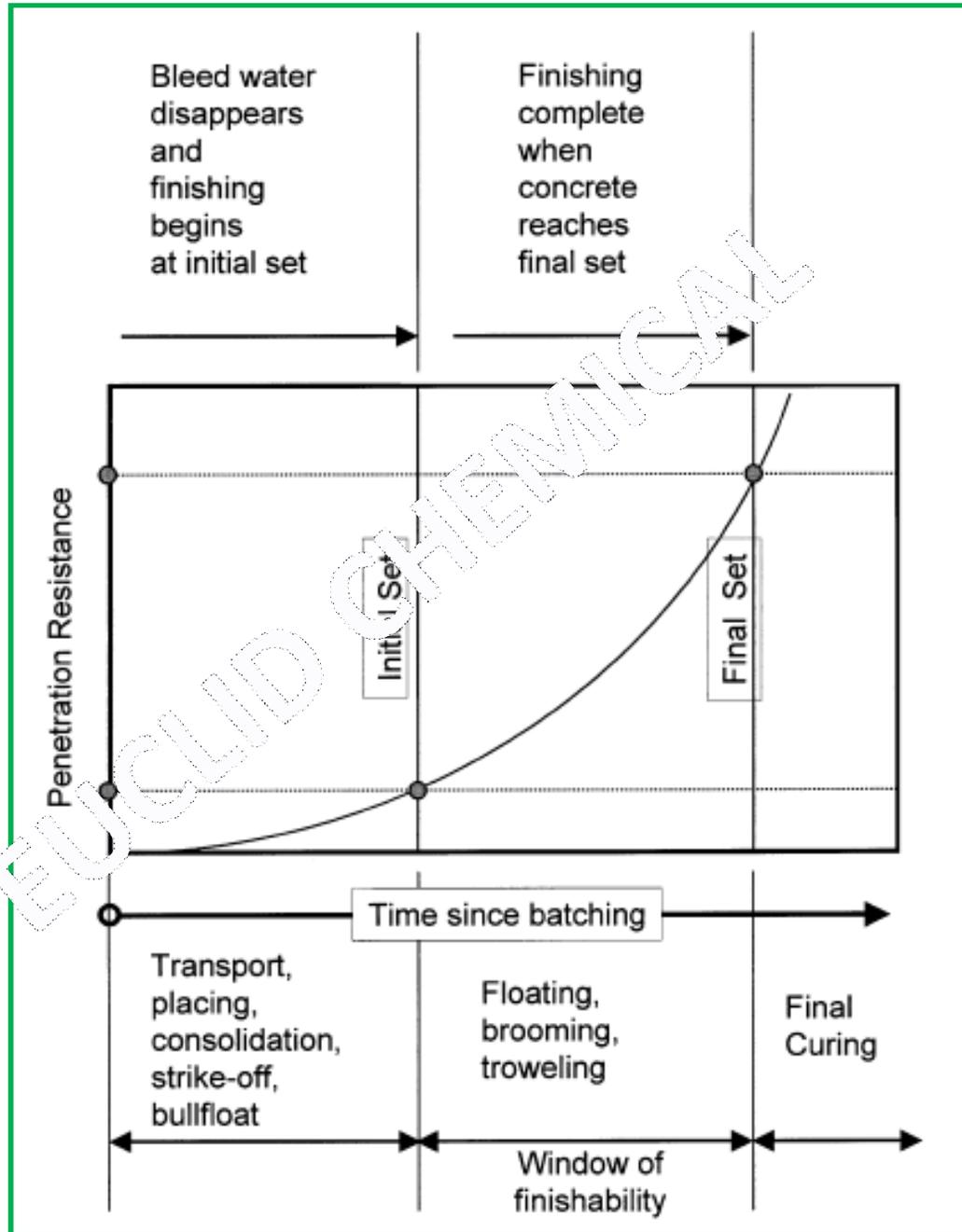


Tipos de Concretos Reforzados con Fibras (ASTM C 1116)

Tipo III Concreto reforzado con Fibras Sintéticas

Contiene fibras sintéticas, para las cuales se puede presentar evidencia documental que confirme su resistencia al deterioro a largo plazo al entrar en contacto con humedad y álcalis presentes en la pasta de cemento o con las sustancias presentes en aditivos químicos e inclusores de aire.





ACI 308



EUCLID CHEMICAL

***Grietas por
Retracción
plástica
(0-6 horas)***

Evaporación de Agua



Fisuración del
Concreto



El concreto fisurado
Desarrolla esfuerzos de
Tensión



El concreto se agrieta

***Grietas por
secado
temprano
(0-40 días)***

Pérdida de Humedad
De la pasta de cemento



Fisuración del concreto



El concreto fisurado
Desarrolla esfuerzos de
Tensión



El concreto se agrieta

***Otras causas
De fisuración***

Esfuerzo de
Tensión

Soporte Dañado

Sobrecarga
Estructural

Impacto

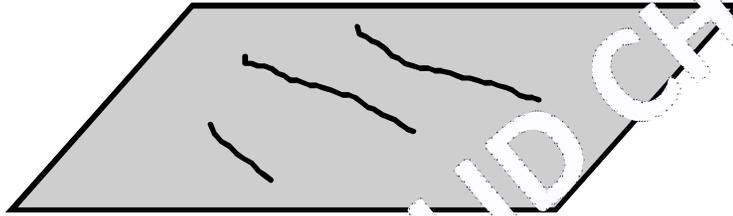
Corrosión del
Acero de refuerzo



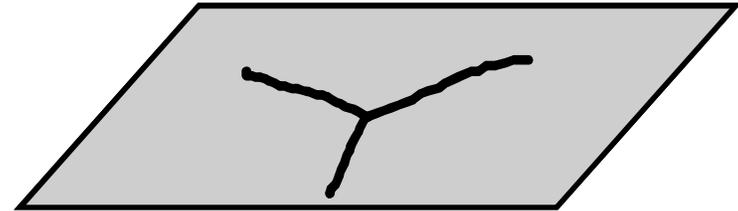
Contracción: plástica vs. por secado

ACI 1116 – Agrietamiento por contracción plástica:

-Arietamiento que sucede en la superficie del concreto fresco después de su colocación y mientras permanece en estado plástico



Agrietamiento por contracción plástica
edades tempranas



Agrietamiento debido a
contracción por secado
edades posteriores

Comunmente antes del fraguado final (2-8 horas)
La tasa de evaporación del exudado es clave



EUCLID CHEMICAL

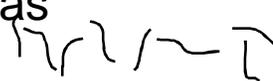
Micro Fibras Sintéticas

Fibras para contracción plástica
solamente



Dominado principalmente por fibras sintéticas a bajas tasas de
adición (0.1 to 0.3% Vol.) 0.6 a 1.8 kg/m³

Normalmente son sintéticas
Nylon, Polipropileno, etc...



Longitud: 1 to 50mm

Diámetro: < 25 μm



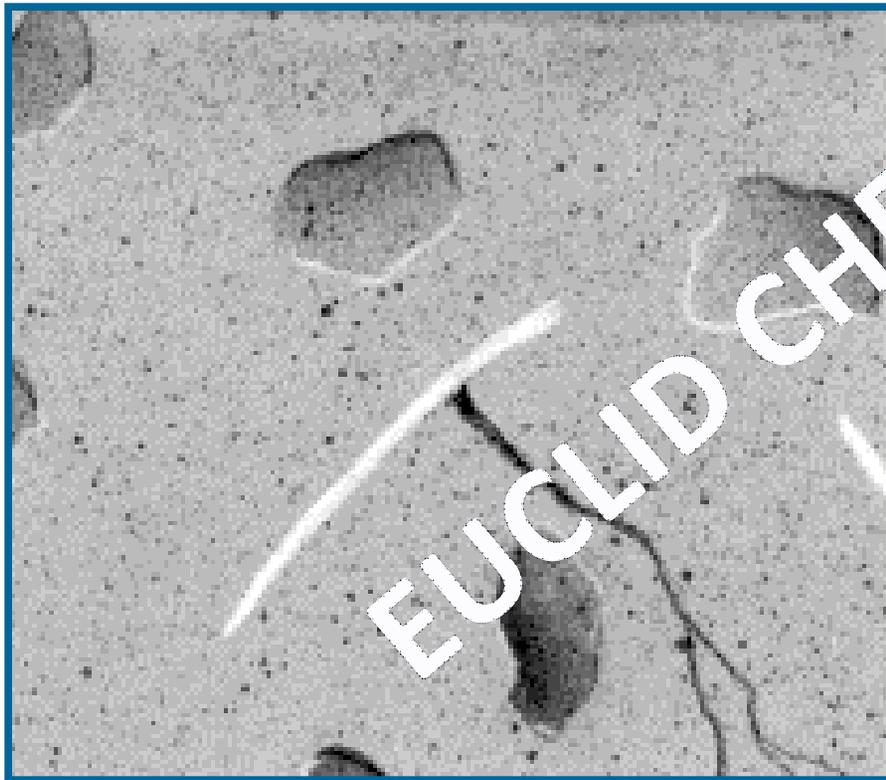
EUCLID CHEMICAL

Concreto con micro fibras



Micro fibras afectan la contracción plástica del concreto

Protección contra la contracción plástica

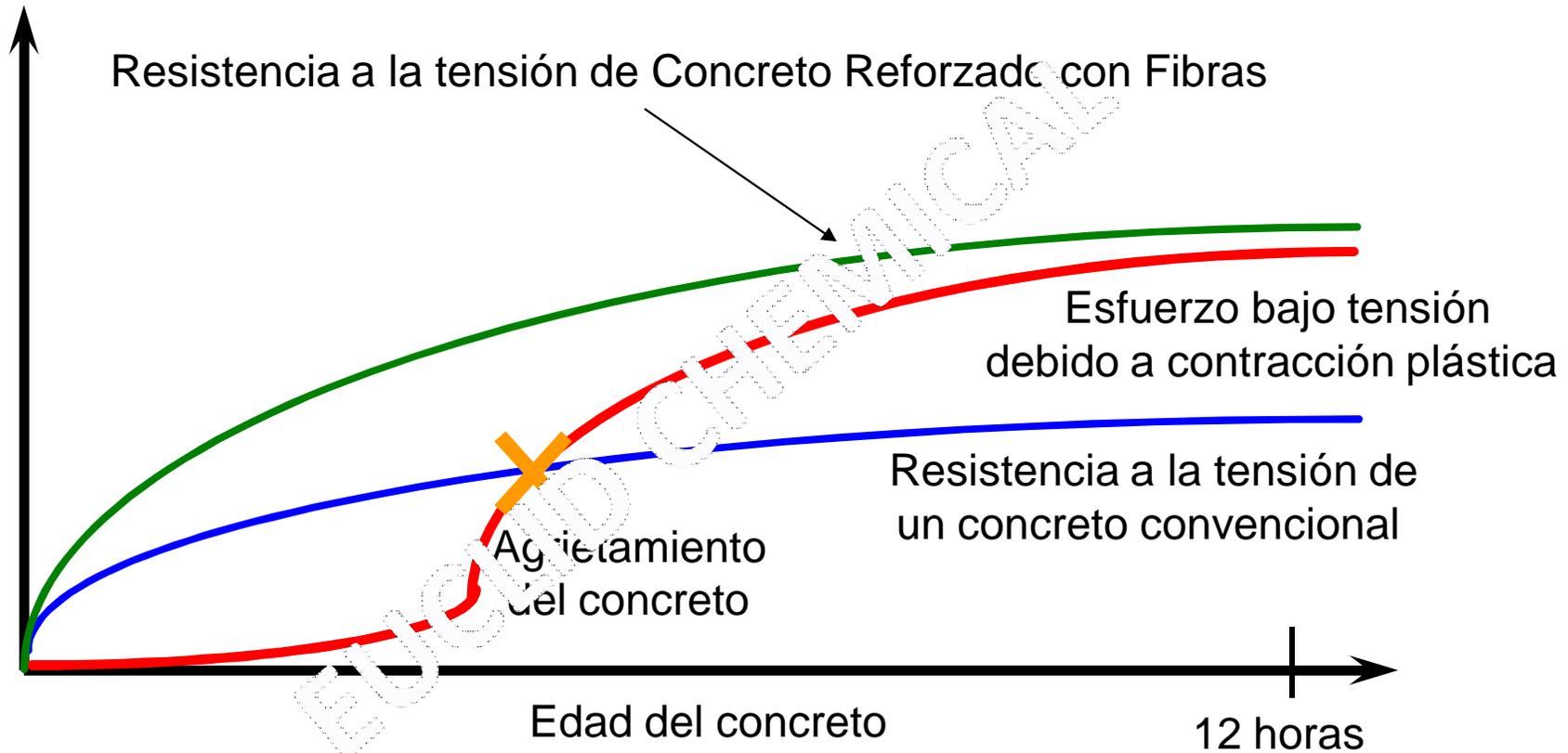


Se ha demostrado que las fibras reducen el agrietamiento por contracción plástica hasta un 80 a 90 % al darle al concreto una resistencia temprana a la tensión y al lograr interceptar y contrarrestar las grietas.



EUCLID CHEMICAL

Contracción plástica



Generalmente las grietas son superficiales y muestran dirección aleatoria

Tipos de Micro fibra

- **Monofilamento:**

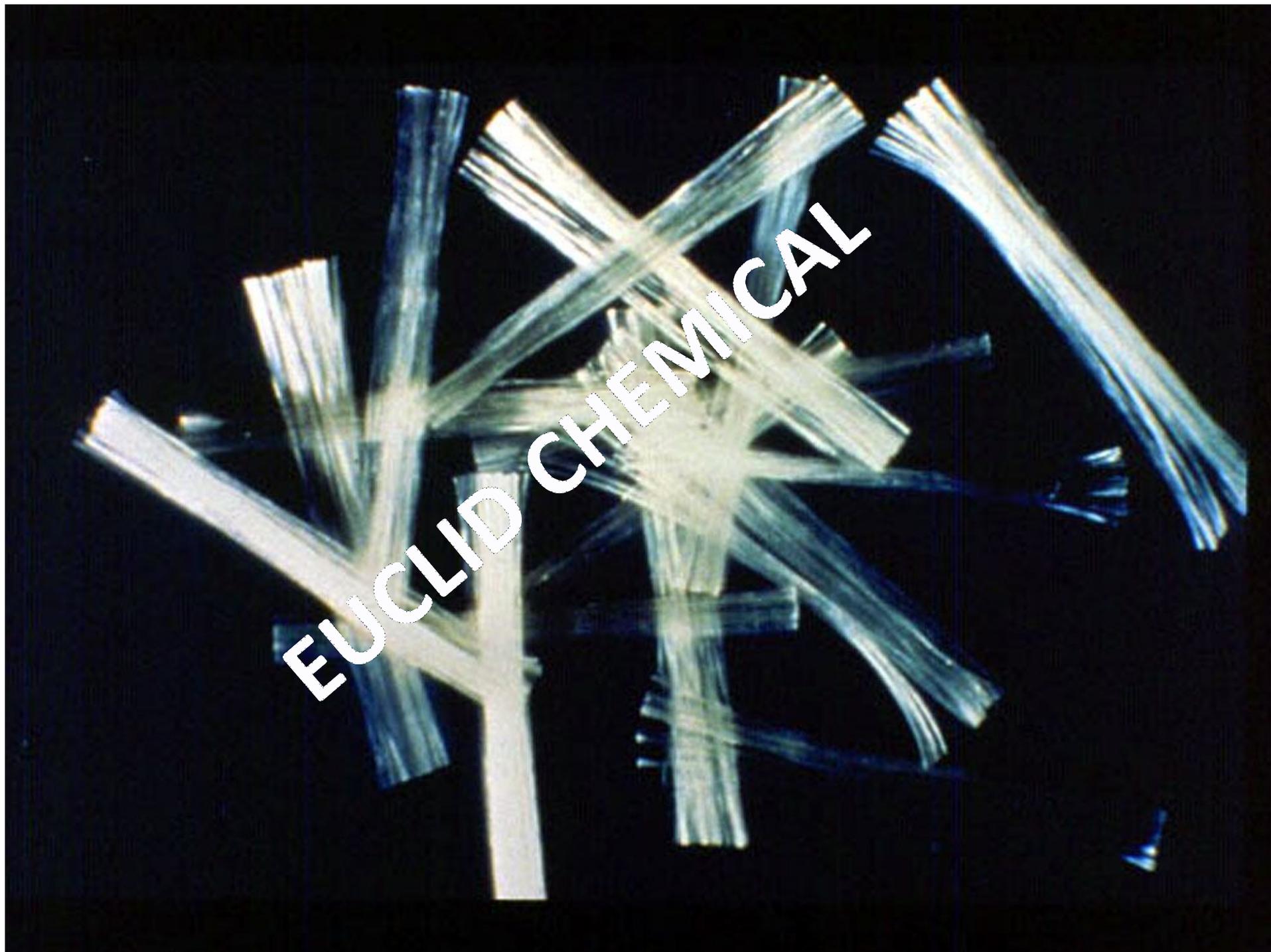
Fibras separadas, redondas, lisas, rectas

- Nylon
- Poliester
- Polipropileno

- **Fibriladas:**

Fibras unidas, curvas, tridimensionales

- Polipropileno



Concreto Plástico

- ❖ Aumenta la Capacidad de deformación en Tensión
- ❖ Reduce el Agrietamiento por Retracción Plástica
- ❖ Reduce el Agrietamiento por Asentamiento Plástico
- ❖ Exudación Uniforme
- ❖ Reducción de la Permeabilidad



- El uso de fibras monofilamento o fibriladas, de bajo calibre en dosis bajas (0,6 – 1 Kg /m²) es mucho mas efectivo para el control de la retracción que el uso de la malla electro soldada convencional.



Más allá de la contracción plástica

La protección contra el agrietamiento por contracción plástica se puede manejar adecuadamente con productos disponibles comercialmente. Sin embargo, ¿qué sucede más allá del fraguado inicial cuando estos productos: fibras (a bajas dosificaciones) o malla electrosoldada se enfrentan a otras condiciones de carga?

Contracción inducida térmicamente
(shock térmico, estacional)
Estructural
(cargas estáticas y dinámicas, reflectivas, fluencia)
Química
(corrosión, FMA [ASR], DEF)

La resistencia se caracteriza por su tenacidad



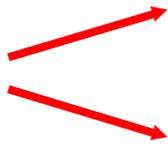
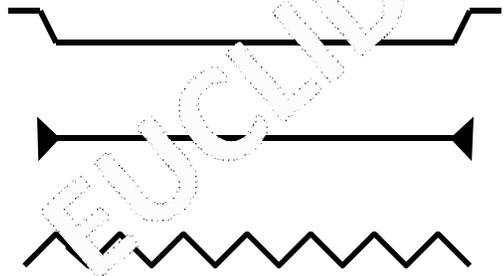
Macrofibras

Las fibras largas se encuentran muy separadas para lograr arrestar, desviar o modificar el comportamiento de las micro grietas de una manera significativa.



No sirven para controlar la contracción

Solamente afectan el comportamiento post agrietamiento del concreto



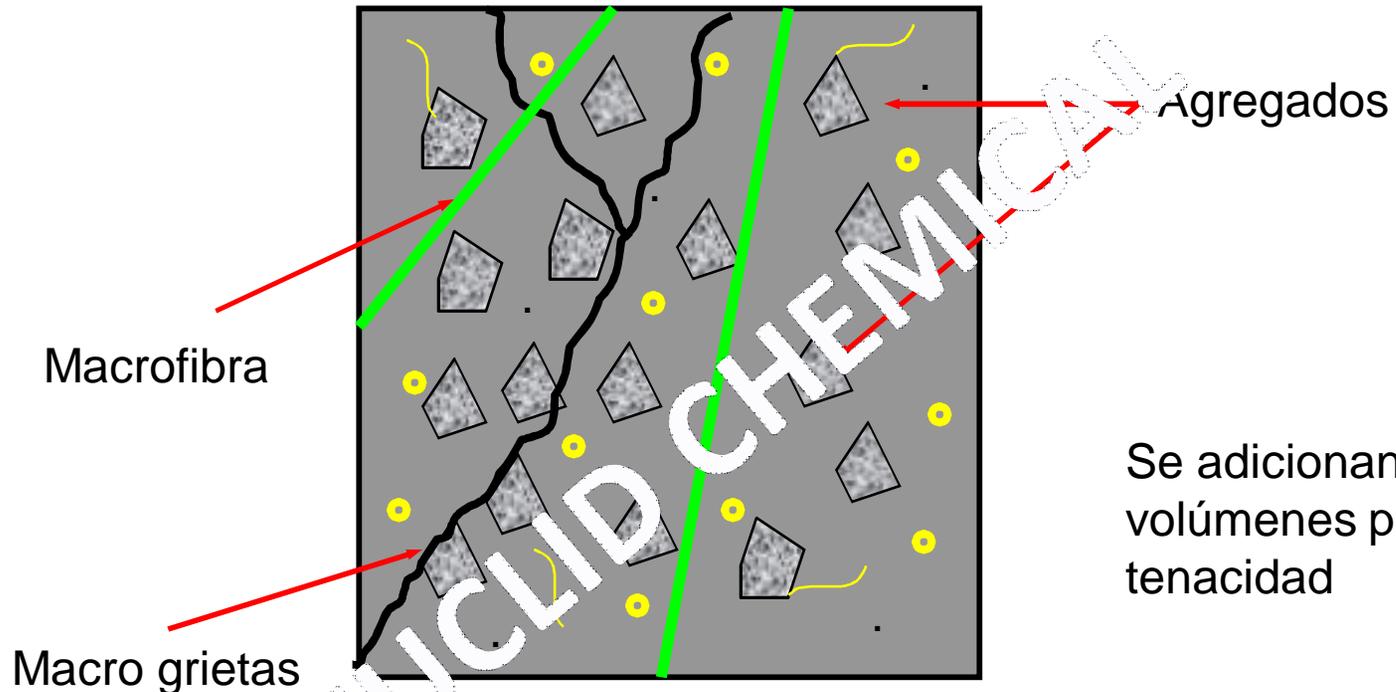
Longitud: 25 to 60mm

Diámetro: 0.3 to 1mm

Acero, polipropileno etc...



Concreto con Macrofibras



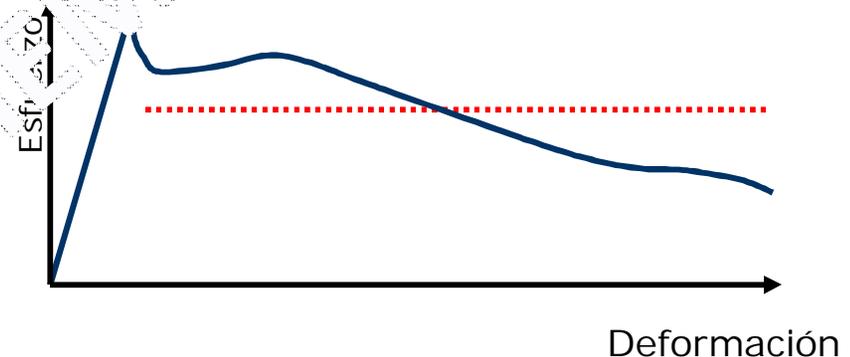
Se adicionan a más altos volúmenes para dar tenacidad

En la mayor parte de los casos no ofrecen un efecto significativo sobre el proceso de micro fisuramiento

Característica Fundamental del Concreto con Fibras

Tenacidad

Medida de la capacidad de absorción de energía de la fibra, definida por el área bajo la curva de la gráfica Carga vs Deformación.

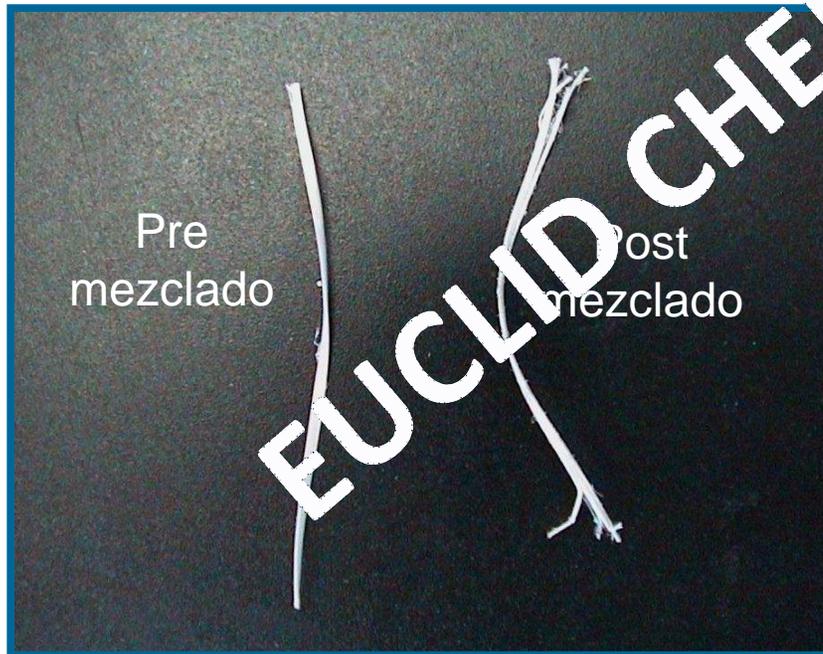


La "tenacidad" del concreto se reporta al calcular el área bajo la curva Esfuerzo deformación



FIBRAS SINTÉTICAS ESTRUCTURALES (Auto Fibrilantes)

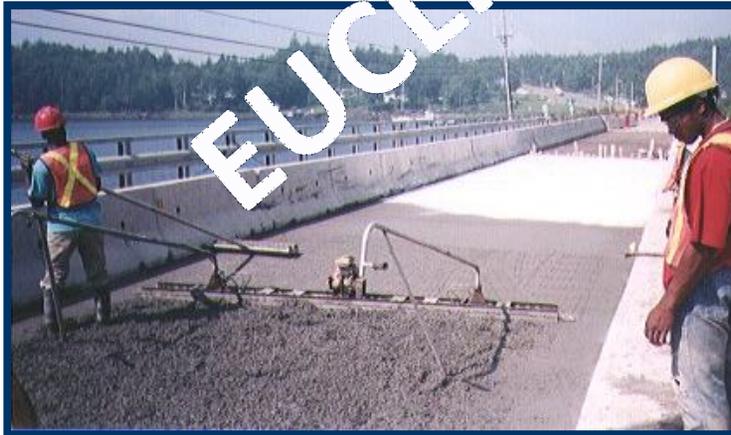
Los extremos de la fibra se deshilachan durante el mezclado para mejorar la Adherencia con el concreto



Aumento en área superficial mejora la adherencia; lo cual mejora el desempeño mecánico



Aplicaciones del Concreto Reforzado con Fibras



EUCLID CHEMICAL

Concreto Reforzado con Fibra



A diferencia de los refuerzos convencionales, la fibra se distribuye homogéneamente en el concreto.

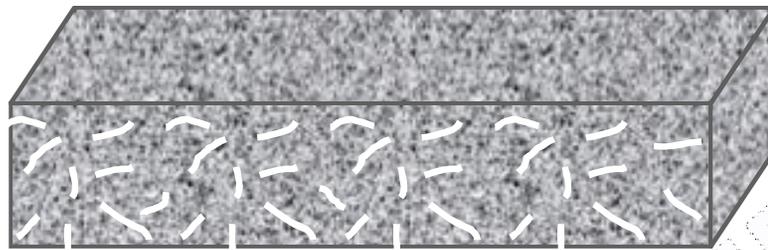


Mejor Control de la formación y propagación de Grietas

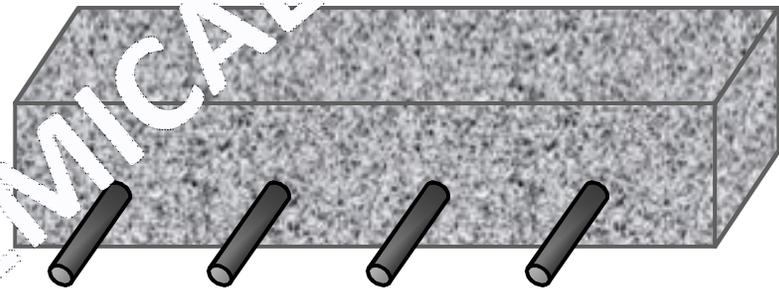


EUCLID CHEMICAL

Como Trabajan las fibras en el concreto?



Fibras

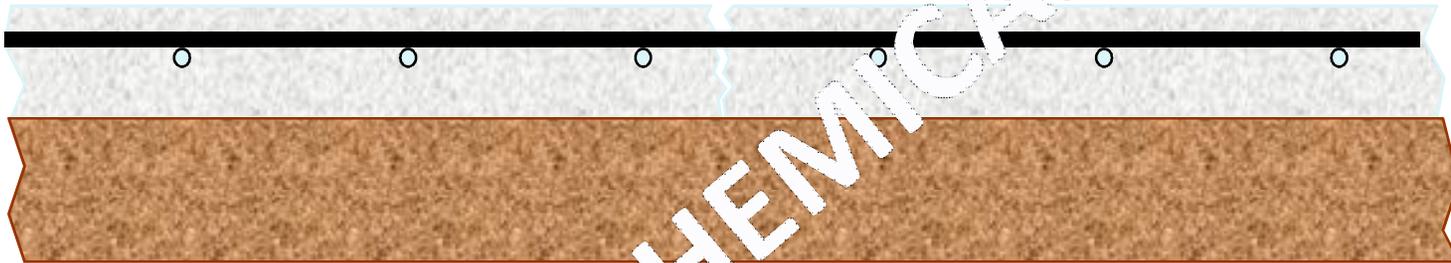


Barras de Refuerzo
Malla Electrosoldada

Las fibras desarrollan la misma función que el refuerzo convencional. – Reforzando y previniendo la formación de grietas y fisuras – La clave es cuanto usar.



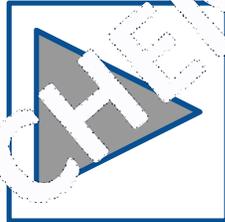
Refuerzo convencional



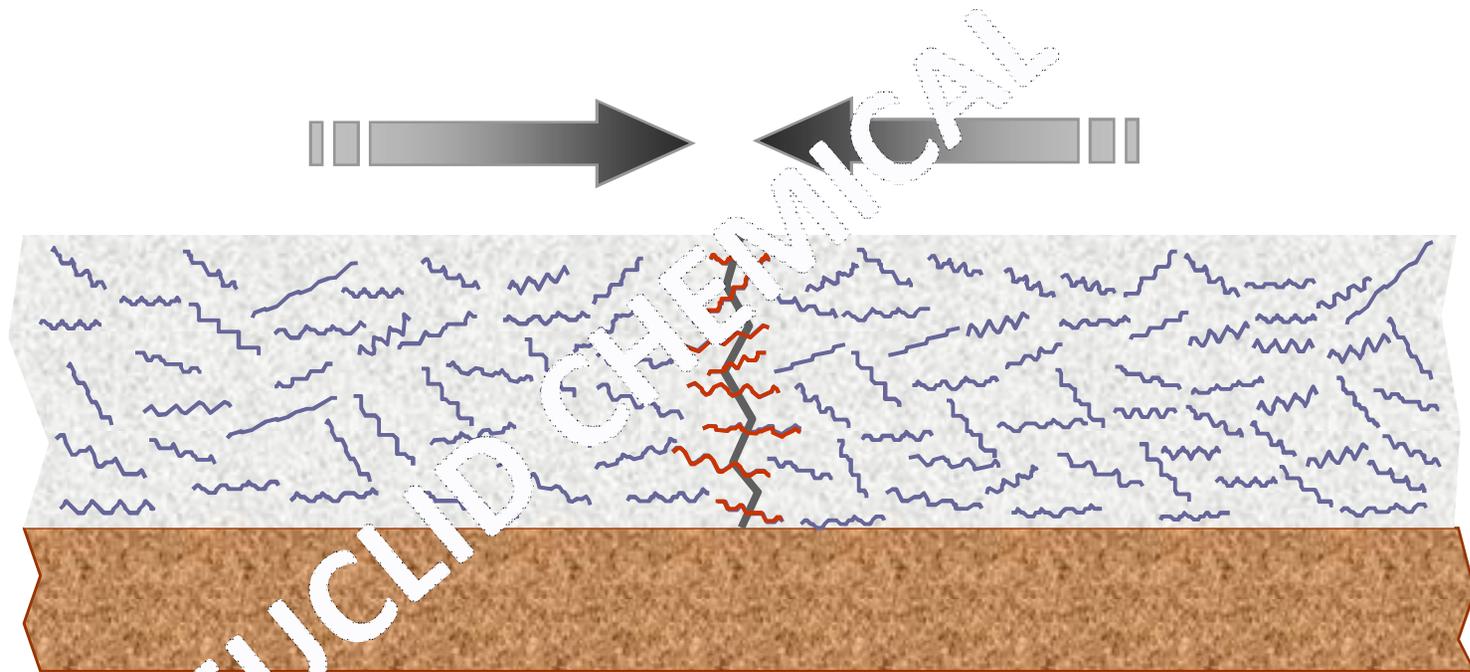
- Proporciona un refuerzo puntual



EUCLID CHEMICAL



Concreto Reforzado con Fibras Sintéticas



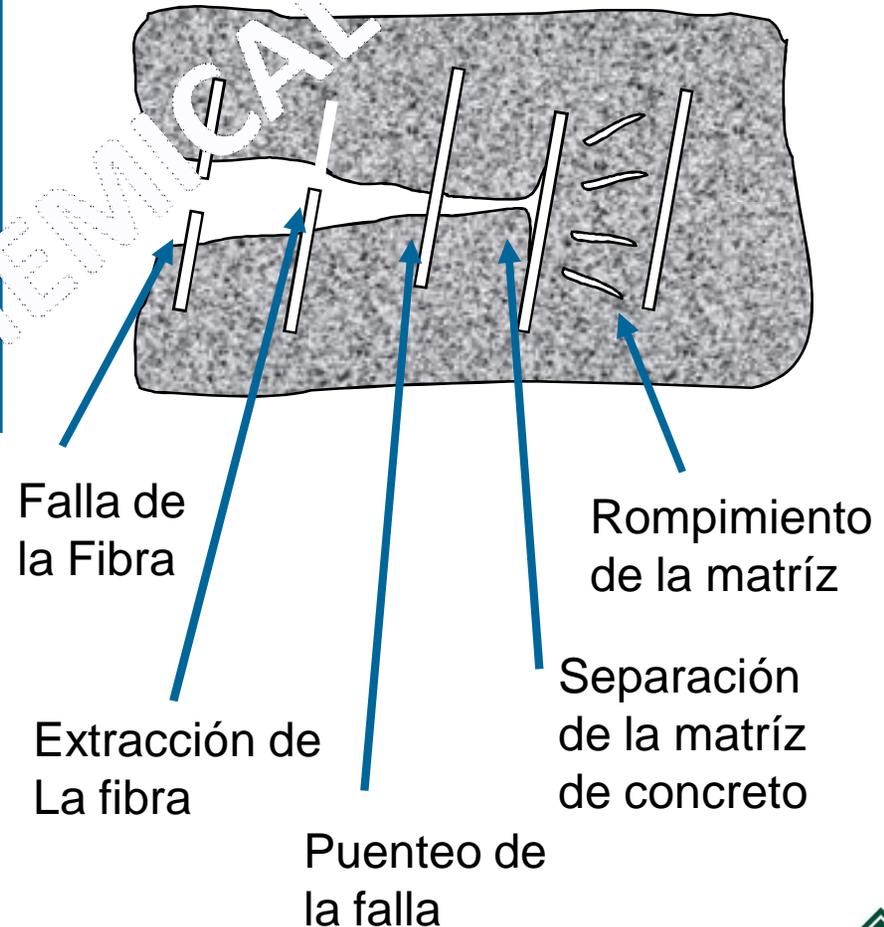
- Proporcionan refuerzo continuo
 - Desde el fondo del elemento hasta casi la superficie

Como Trabajan las Fibras en el Concreto?

Todas las fibras se comportan de manera diferente en el concreto. Lo importante es entender las propiedades y beneficios de cada una y como trabajan.

Recuerde siempre

You get what you pay for!



EUCLID CHEMICAL

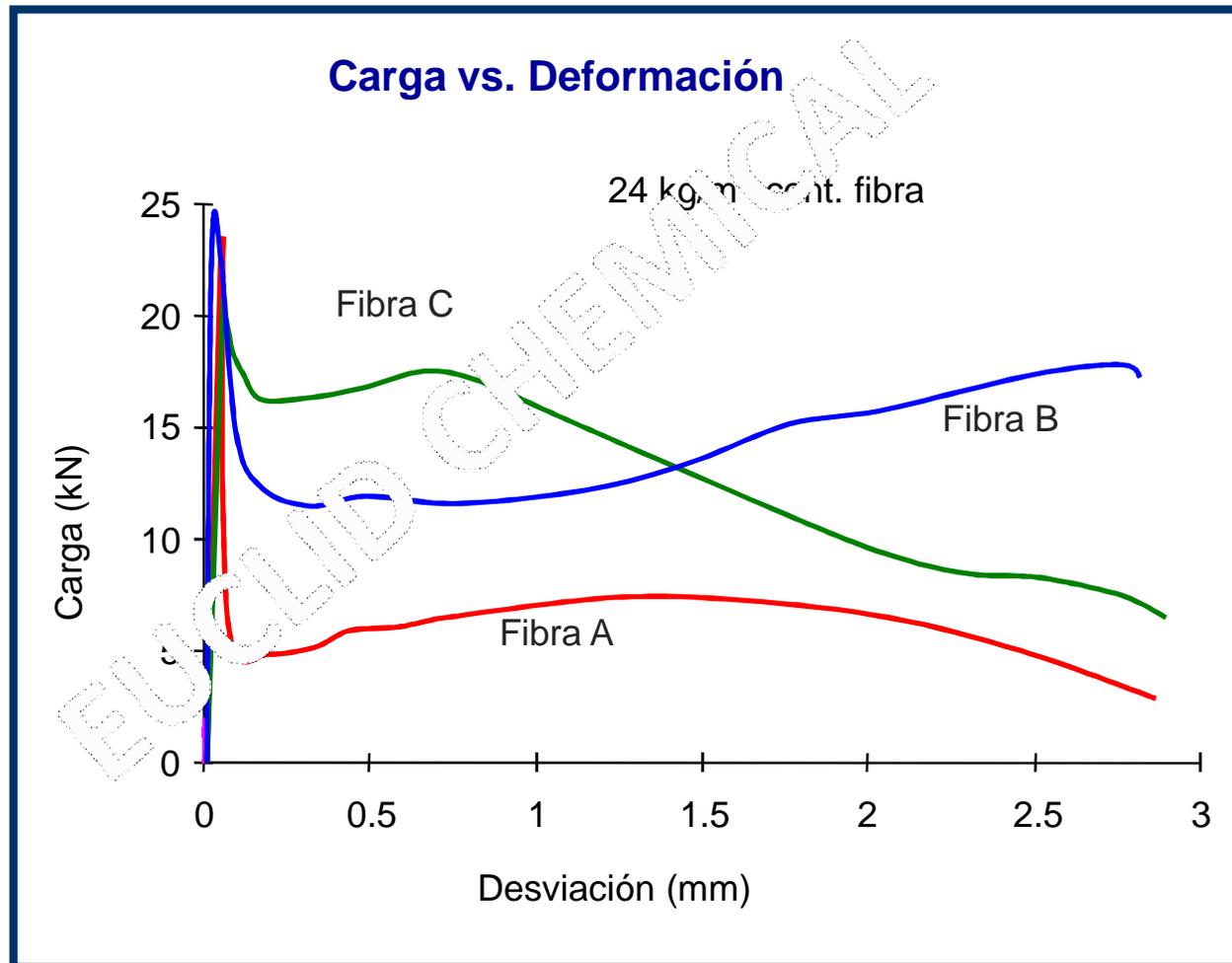
Como trabajan las fibras en el concreto?



Las fibras cambian la manera en la que el concreto falla, permitiendo que los esfuerzos se liberen en muchas micro fisuras antes que se desarrolle cualquier fisura visible.



Como trabajan las fibras?



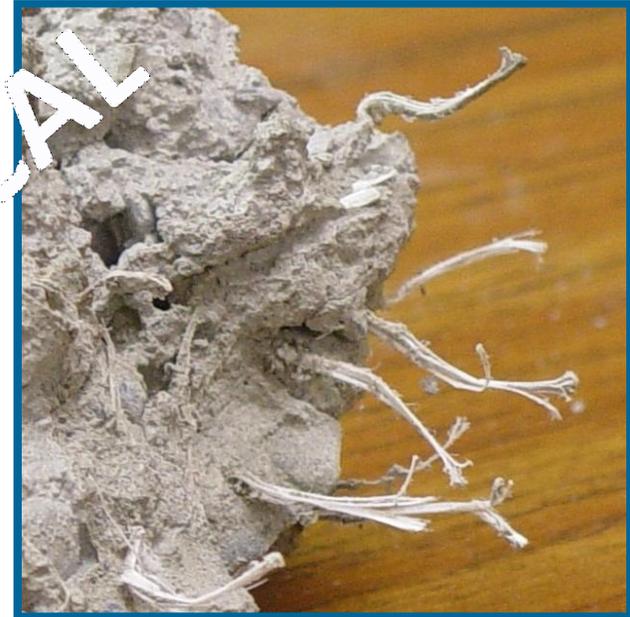
Macro Fibras

Las fibras largas no modifican de manera significativa el comportamiento de las microfisuras.



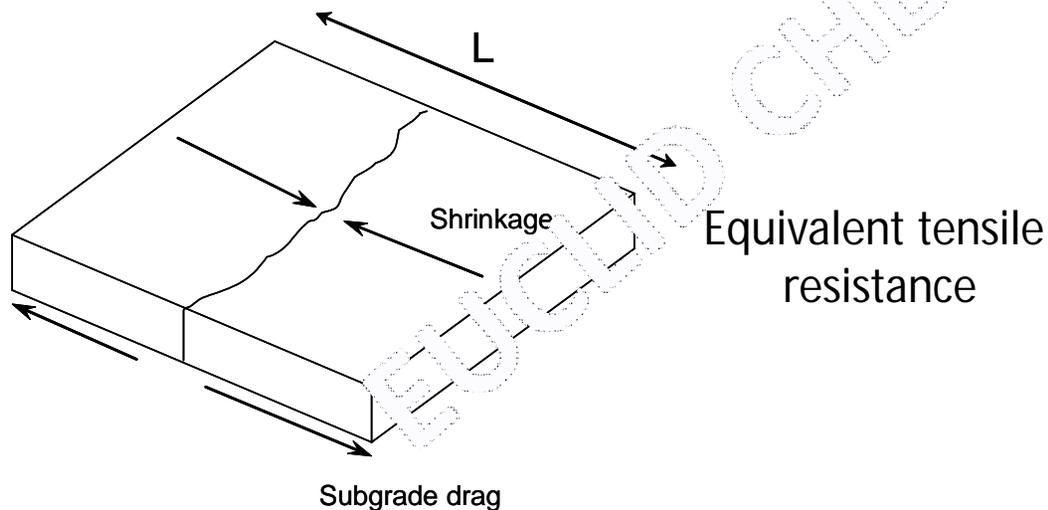
No son
Buenas para
El control de
La fisuración por retracción

Las macro fibras solamente afectan el comportamiento post agrietamiento del concreto



Clave de la sustitución

Del ensayo ASTM C 1609 , se puede hacer el cálculo de la capacidad de desempeño de las fibras a tensión. Esta capacidad puede ser convertida en una ecuación que toma en cuenta la resistencia a flexión del concreto. R_{e3} es el porcentaje de resistencia post agrietamiento con respecto a la resistencia a la flexión del concreto.



$$f_{FRC} = 0.667 f_r \left(\frac{R_{e3}}{100} \right)$$
$$f_{WWM} = \left(\frac{A_s F_y}{1.15 \times b d} \right)$$

A red double-headed arrow connects the two equations, indicating their relationship.



Tensile Strength Conversion Sheet for Slab on Grade Fiber Dosage Calculations

Instructions: Select the desired **Units of Measurement** from the "pull-down" menu.
Fill in the required information in the "yellow" shaded blocks.



Note: This spreadsheet is only valid for W/M and steel designs where the thickness of the slab will support the loading conditions and the steel is located in the top half of the slab only.

input required data
constants - change only if necessary
calculated data
final dosage requirements

Units of Measurement

Metric Units

Required Information:

Project Description: Bodegaa Química Juiza

Reinforcing Details: M 6,5 mm, espaciamento cada 15 cm

bar diameter	6,50 mm
bar spacing	150,0 mm
Slab Thickness, t	150,0 mm
concrete compressive strength, f_c'	21 MPa
typical steel strength, f_s	420 MPa

* - for information related to wire and bar sizings, please refer to chart on Tab 2 (tab below)

Minimum requirements:
PCA (note: other documents may provide different minimums)

Minimum % of reinforcing steel for shrinkage reinforcing 0,100 %

Q. is the steel ratio provided greater than the minimum? yes

Estimated concrete flexural strength (change if necessary) 3,4 MPa

Spread Tensile Strength provided by steel reinforcing, f_{sm} 0,5 MPa

R_{s1} value required to match spread tensile strength 23,5 %

Unit width of measure, b	1000 mm
Area of steel provided, A _s	221,220 mm ² /m
Steel reinforcing ratio, ρ	0,147 %

2,1 kg/m³ **

** - Conversion of fiber dosage from required performance established from ASTM C 1018 testing

Diseño de mezclas de concreto con fibras sintéticas

Las proporciones de la mezcla de concreto se pueden modificar ligeramente, previa aprobación teniendo en cuenta que:

- Fibras se mezclan fácilmente
 - Buena distribución de la fibra
 - Trabajabilidad adecuada
 - Facilidad de bombeo
 - Buen acabado
 - Buena consolidación
- asegurar que las propiedades en estado endurecido no se afectan negativamente.
resistencia a la compresión
características de los huecos de aire
resistencia a la flexión, etc.

Generalmente, las mezclas CRF, requieren:

Mayor contenido cementicio
Mayor contenido agregado fino
Reductores de agua de alto rango



Dosificaciones comunes de fibras

El proporcionamiento de la mezcla de concreto sigue los mismos procedimientos de un concreto convencional.

Rangos de contenidos de fibra comunes en la práctica



0.25 % to 1.5% vol. (20.8 a 118.8 kg/m³) fibras de acero
0.06 % to 0.3% vol. (0.5 a 2.7 kg/m³) fibras poliméricas fibriladas
0.2 % to 1.5% vol. (1.8 a 3.7 kg/m³) fibras poliméricas gruesas



Adición de fibras sintéticas al concreto

Se han desarrollado varias secuencias exitosas de Colocación de las fibras en el concreto.

1. Adicionar manualmente las fibras (que no se apelmasan) directamente al mezclador una vez que los otros ingredientes se han mezclado uniformemente.



Concreto pre mezclado



Planta de prefabricados



Adición de fibras al concreto

2. Adicionar la fibra directamente sobre los agregados sobre la banda transportadora.



Se pueden colocar sobre los agregados o pueden viajar en otra banda.
Se deben distribuir lo más posible sobre la banda para evitar altas concentraciones.

3. Colocar sobre los agregados, una vez pesados y listos para ser cargados en la mezcladora.

El flujo de los agregados de las básculas dosificadoras al mezclador distribuirá las fibras entre los agregados.



Tiempo de mezclado de la fibra

Depende del tipo de mezclador

- Ollas mezcladoras (por lo menos 4-5 minutos a 50 revoluciones).
- Para algunas plantas prefabricadoras, puede ser tan corto como 30 s.

El tiempo total de mezclado debe ser el tiempo total requerido para asegurar la distribución adecuada de la fibra, así como su fibrilación.

Notas: Para concreto pre mezclado, siempre existe la presión de mezclar lo menos posible (el tiempo es corto). Para operaciones de prefabricado, el tiempo puede ya estar fijo y no ser variable.



EUCLID CHEMICAL

Colocación CRF

- Desde la canaleta del Mixer
 - Bombeo
 - Banda
 - Tremie
 - Shotcrete
-
- Si es posible consolidar con VIBRACION MECANICA



CRF Fresco

- ✓ Slump: no es buen indicador de trabajabilidad
- ✓ Trabajabilidad: Usar Prueba ASTM C 995
- ✓ Aire Incorporado: Si, para hielo/deshielo
- ✓ Especímenes: Vibración Mecánica externa



Beneficios del CRF

CALIDAD

- ❖ Control de fisuras
 - Garantiza la Ubicacion optima del refuerzo
- ❖ Resistencia al Corte, a la Fatiga e Impacto
- ❖ Menos Mantenimiento y Reparaciones
- ❖ **MAYOR DURABILIDAD!!!**



Beneficios del CRF

Productividad

- Disminuye el tiempo de Construcción
 - La fibras sintéticas se instala en 5 minutos vs horas de instalación de la Malla electrosoldada
- Mayor Flexibilidad en Reparaciones
 - Facil Reparación o reconstrucción
- Se puede usar Nivelador Laser (Screed)
- No hay riesgos de seguridad industrial.



Métodos Normalizados Para Medir la Tenacidad

❖ **ASTM C 1018 / 1609**

Método de ensayo para determinar la Tenacidad en Flexión del Concreto Reforzado con Fibra (Usando la viga con ...).

❖ **ASTM C 1550**

Método de ensayo para determinar la Tenacidad en Flexión del Concreto Reforzado con Fibra (Usando Paneles Redondos De Carga Central).

❖ **EFNARC**

Método para la determinación de la capacidad de absorción de energía de losas de concreto reforzadas con fibras.



EFNARC Determinación de la capacidad de absorción de energía de losas de concreto reforzadas con fibras.

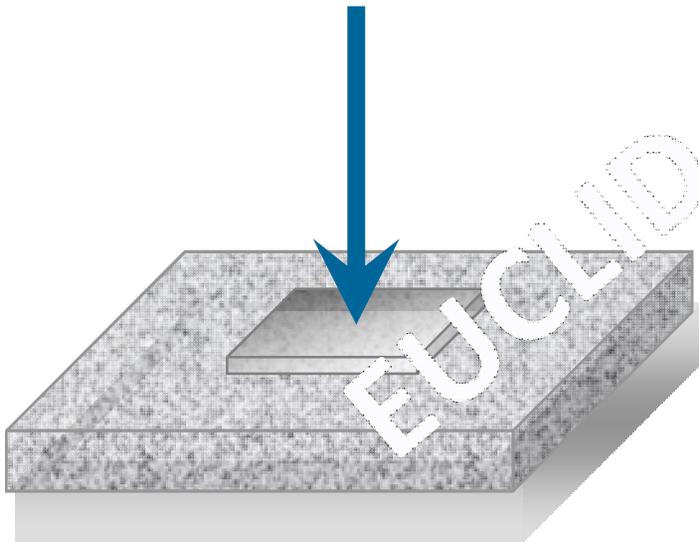


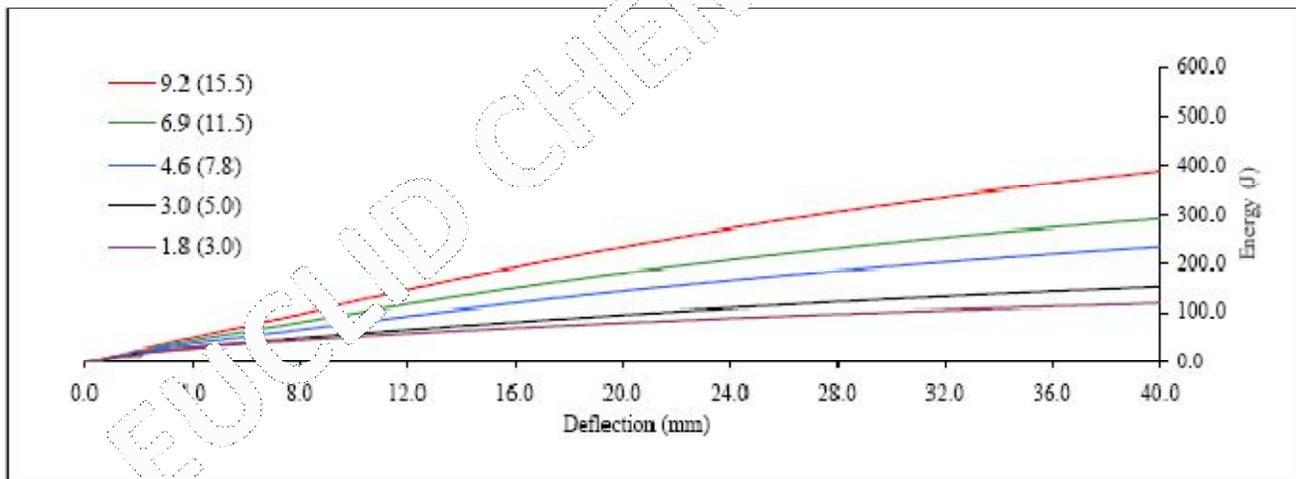
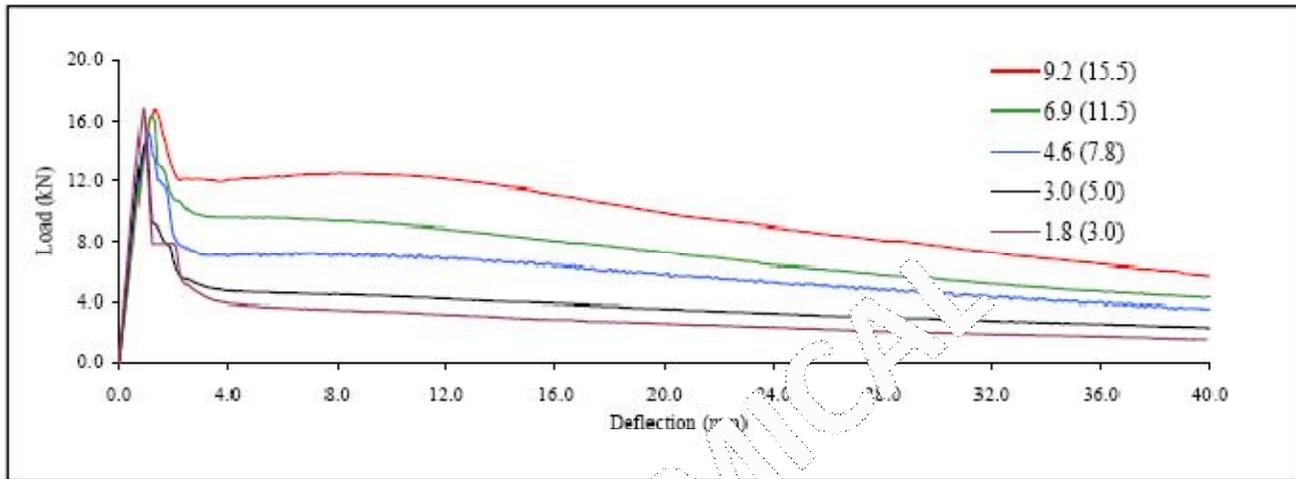
Norma Europea
Para
Hormigón Projectado

- ❖ Especificación Europea para Hormigón Projectado
- ❖ Directrices para Especificadores y Contratistas
- ❖ Aplicación del Hormigón Projectado
- ❖ Anexo 1. Aditivos para hormigón projectado; Definiciones, Especificaciones, Requisitos, Masa de Hormigón de Referencia y Métodos de Ensayo.



EFNARC Determinación de la Capacidad de Absorción de Energía de losas de Concreto Reforzadas con Fibras.





Fiber Dosage kg/m ³ (lbs/yc ³)	Peak Load (kN)	Energy (J) to shown deflection (mm)				
		5	10	20	30	40
1.8 (3.0)	17.5	31.3	48.9	78.1	100.4	117.5
3.0 (5.0)	14.7	32.5	55.0	94.5	126.3	151.9
4.6 (7.8)	15.6	42.2	77.8	142.6	194.5	234.7
6.9 (11.5)	16.4	50.6	97.5	180.1	243.3	291.6
9.2 (15.5)	17.5	59.0	121.0	234.0	321.5	388.2



Diseño de la Mezcla

Criterio de Diseño:

- Diseño para concreto lanzado.
- Cemento Tipo 3.

Descripción	Peso (Kg)	Observaciones
CEMENTO	450	Rio Claro especial
ARENA FINITURADA	920	
GRAVA	760	TM: 12.5 mm
AGUA	171	
ADITIVO EUCON 37	2.25	

PROMEDIO DE ASENTAMIENTO 125 mm

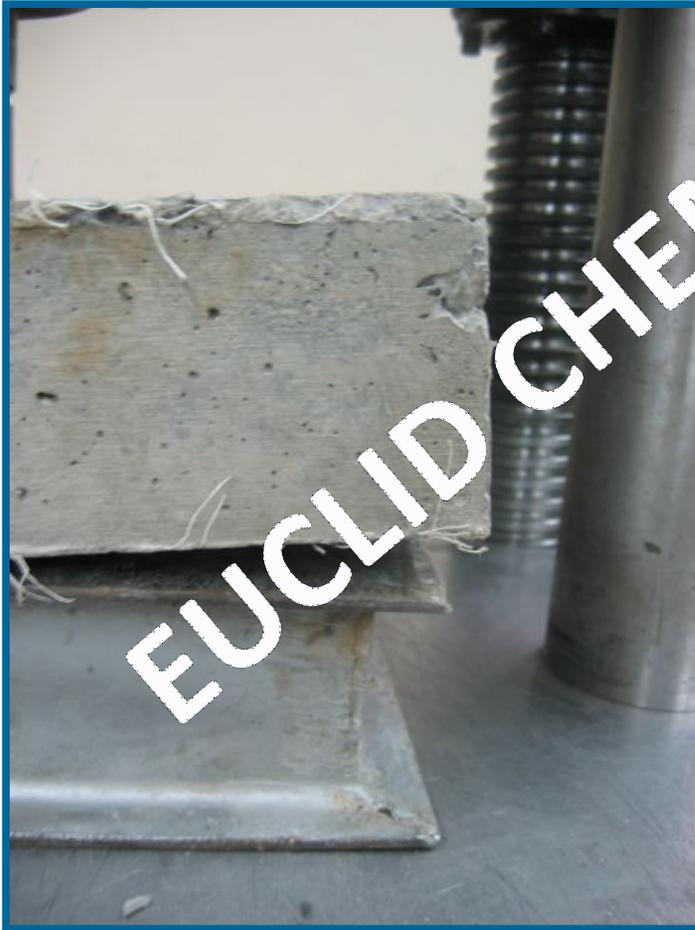




0600-57

EUCLID CHEMICAL

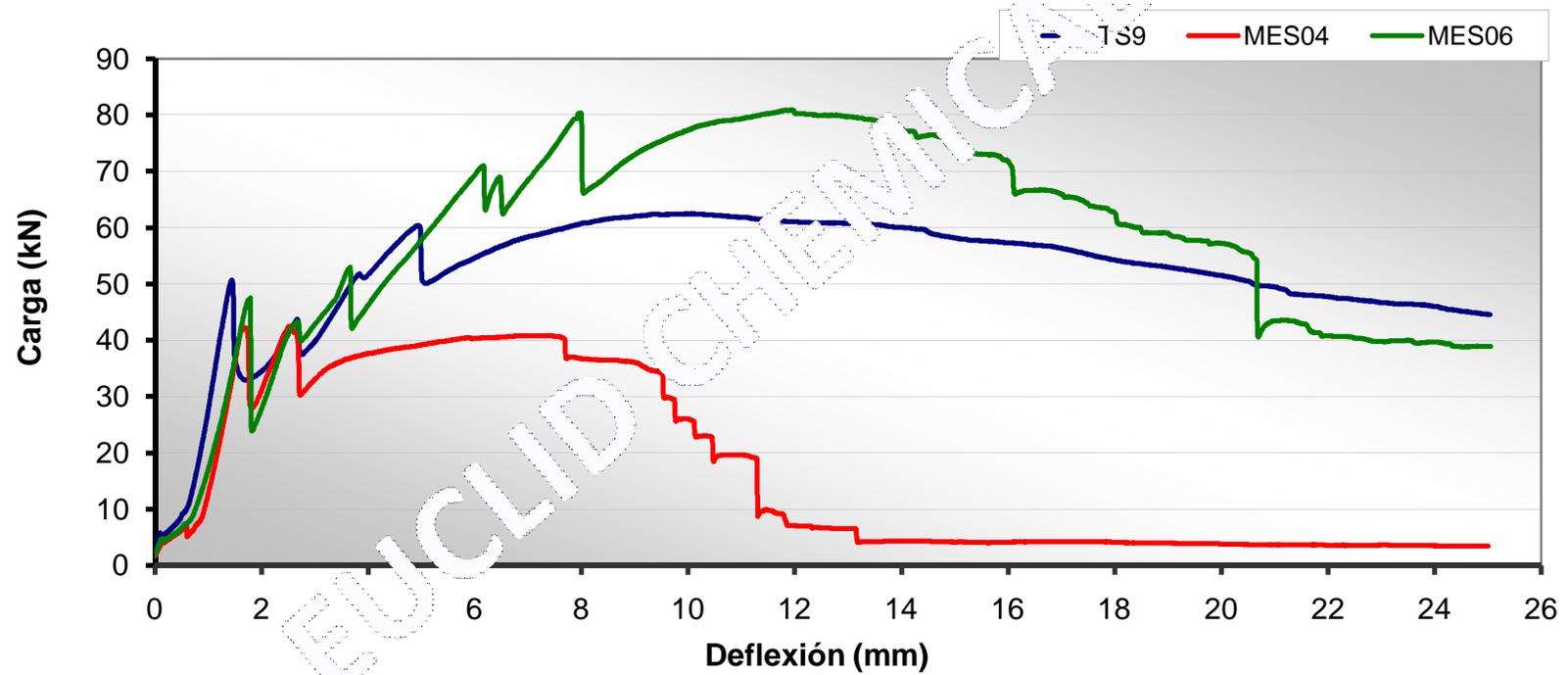
Desarrollo del Ensayo



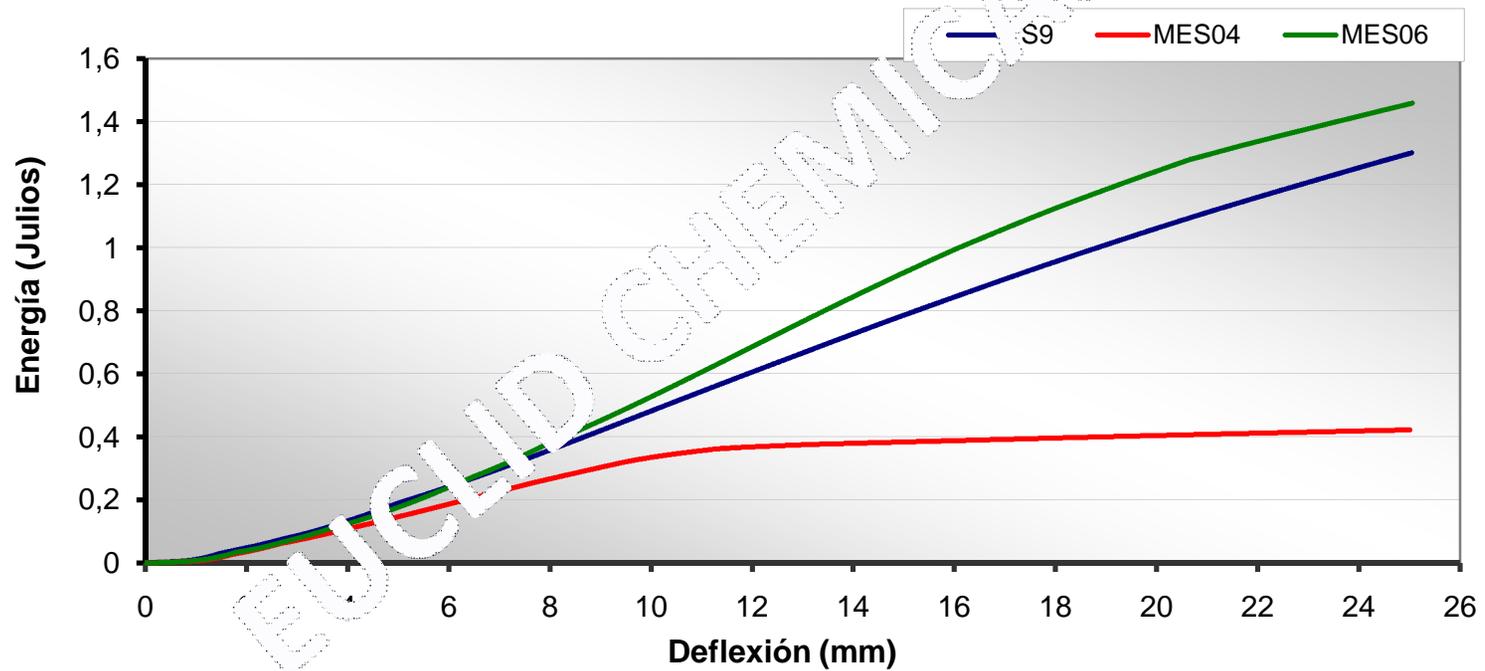
Desarrollo del Ensayo



**Curva Carga vs Deflexión
7 días (TS9-MES04-MES06)**



**Curva Energía vs Deflexión
7 días (TS9-MES04-MES06)**





Tramo de Prueba Bogotá – Vía en Puente Aranda



EUCLID CHEMICAL

Tramo de Prueba Bogotá – Vía en Puente Aranda



EUCLID CHEMICAL

EUCLID CHEMICAL



Referencias Técnicas

- ACI 360 - 06, Design of Slabs on Groud, American Concrete Institute.
- Jean Francois Trottier, Michel Mahoney, and Dean Forgeron, "Can Synthetic Fibers replace welded – wire fabric in slabs on ground". Concrete International , Nov 2.002
- Trottier, JF, and Mahoney, M.A., "Innovative Synthetic Fibers" Concrete International, June, 2.001, Vol 23, N° 6, pp 23-28.
- Mahoney, M.A., "Designing with Structural Synthetic Fibers for Pre – Cast and Slab on Grade Applications, Proceedings of the Third International Conference on Construction Materialas: Performance and Structural Implications (CONMAT 05), Vancouver, Vanada, August 2.005.
- Banthia, N ; Yan, C, "Shinrakage Cracking in Polyolefin Fiber – Reinforced Concrete ACI Materials Journal, Vol. 97, Nª 4 , pp 432 – 437, 2.000.
- ASTM C1609-05 Standard Tes Method for Flexural Performance of Fiber Reinforced Concrete (Using Beam With Third – Point Loading)" Annual Book of ASTM Standard.



PUEDEN LAS FIBRAS SINTETICAS REEMPLAZAR LA ARMADURA CONVENCIONAL?

Ing. Juan Carlos Acero R



EUCLID CHEMICAL