

WORLD OF CONCRETE México es ahora...



**CONCRETO
LATINOAMERICA™**

La Asociación de Instituciones de la Industria del Concreto

Presenting  **Latinocon**

Ciudad de Mexico, Junio 18-2008

Concreto Fibroreforzado en Obras Subterráneas

Gianfranco Perri
Consultant Engineer

Ing Antonio Gallovich

ESTRUCTURAS DE CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS METÁLICAS EN LA MODERNA INGENIERÍA DE LOS TÚNELES

Gianfranco Perri
Consultant Engineer

ESTRUCTURAS EN CONCRETO REFORZADO CON FIBRAS METÁLICAS EN LA MODERNA INGENIERÍA DE LOS TÚNELES

Gianfranco Perri

Geomecánica de las Excavaciones Subterráneas

- ❑ Clases de Comportamiento de la Excavación y Pre-selección del Soporte

• Soportes Primarios en Concreto Proyectado

- ❑ Cargas Actuales y Dimensionado Estructural del Soporte

• Revestimientos Definitivos en Concreto Vaciado

- ❑ Revestimientos Reforzados Convencionalmente
- ❑ Revestimientos Reforzados con Fibras Metálicas

• Revestimientos Prefabricados de Anillos de Concreto

- ❑ Anillos Prefabricados Reforzados Convencionalmente y Fibro-reforzados

GEOMECÁNICA SOPORTES Y REVESTIMIENTOS DE TÚNELES

- **Caracterización Geológica Geofísica y Geomecánica**
- **Estima de la Clase de Comportamiento de la Excavación**
 - * En función de la geo-macro-estructura del macizo rocoso
 - * En función de los niveles geo-tensionales relativos
- **Pre-selección del Soporte (* En función de la C.d.C.)**
- **Determinación de las cargas a esperar sobre el soporte**
 - * En función del comportamiento geo-estático y geo-mecánico
- **Dimensionado del soporte (* En función de las cargas)**
- **Seguimiento y Monitoreo durante la Excavación**
- **Dimensionado del revestimiento**

CLASE DE COMPORTAMIENTO DE LA EXCAVACIÓN

POSIBLES CONDICIONES GEOESTATICAS DURANTE LA EXCAVACION DE UN TUNEL

I

a/b

A

II

c
d

B
C

III

e
f

D
E

I Comportamiento a frente estable o, de tipo lapídeo

La concentración de esfuerzos en el terreno al frente y al contorno de la cavidad no supera la resistencia del medio.

Los fenómenos de deformación evolucionan en campo elástico, son inmediatos y de orden centimétrico.

El frente de excavación es globalmente estable y se pueden producir solamente inestabilidades localizadas de caída de bloques aislados debido a desfavorables circunstancias geométricas y estructurales del terreno.

Las **intervenciones de protección** o estabilización están principalmente dirigidas a evitar eventuales desprendimientos localizados del terreno.

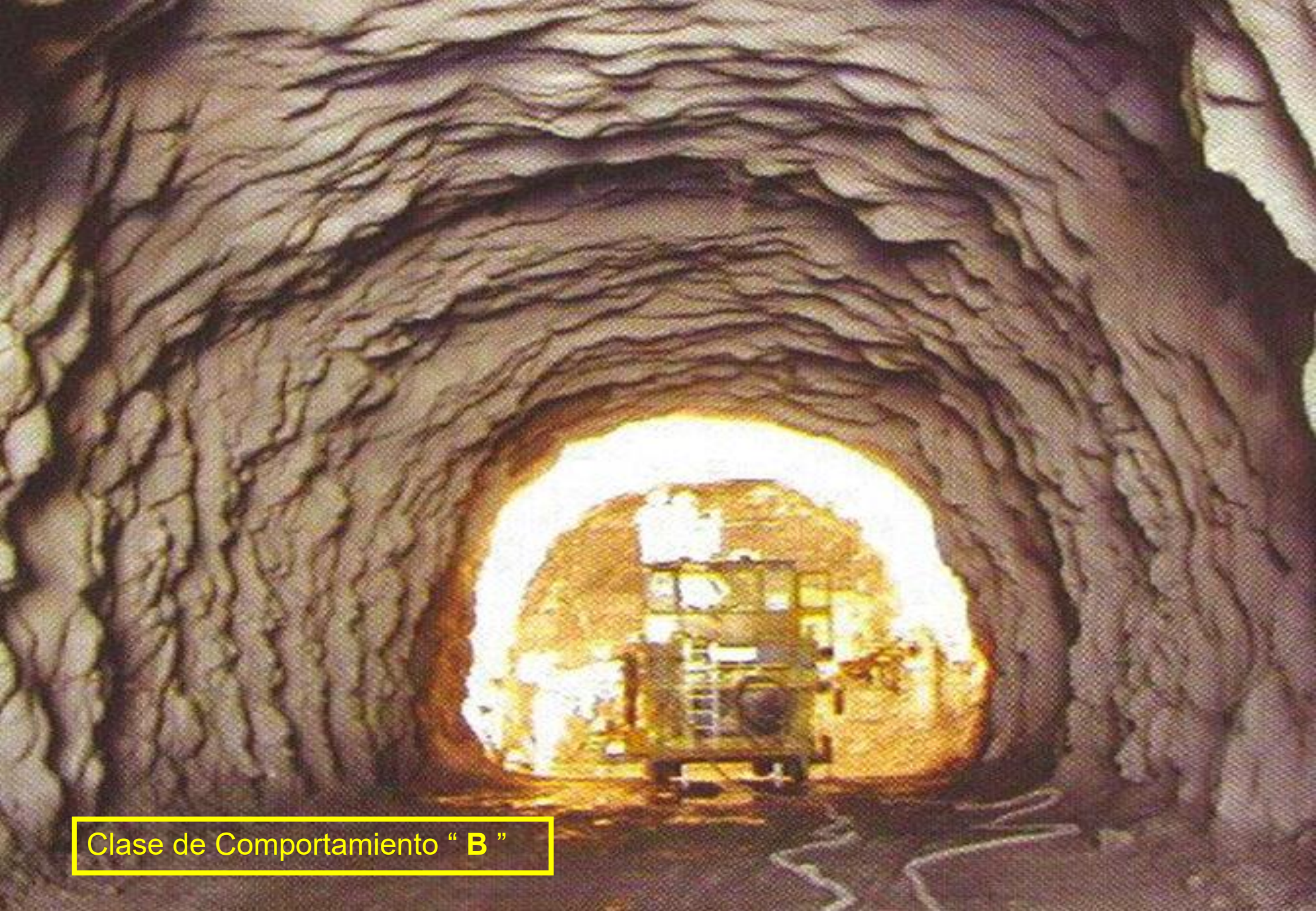
Clase de Comportamiento "A"



21 6 2005



Clase de Comportamiento " A "



Clase de Comportamiento " B "

II Comportamiento a frente estable a corto plazo, o de tipo cohesivo

La concentración de esfuerzos al frente y al contorno de la cavidad, supera el límite del campo elástico del medio.

Los fenómenos de deformación evolucionan en campo elástico-plástico, son algo diferidos en el tiempo, son de orden decimétrico y no condicionan la estabilidad ya que el terreno está aún en condición de movilizar resistencia suficiente.

Los fenómenos de inestabilidad, bajo la forma de desprendimientos localizados presentes en el frente y contorno de la cavidad, dejan en general el tiempo de actuar después de un relativamente limitado alejamiento del frente, mediante **intervenciones tradicionales de contención radial** aunque, en raras circunstancias, puede resultar necesario recurrir al empleo de algunas acciones de pre-consolidación y/o de pre-contención.



Clase de Comportamiento " C "



Clase de Comportamiento " D "

III

Comportamiento a frente inestable, o de tipo incoherente

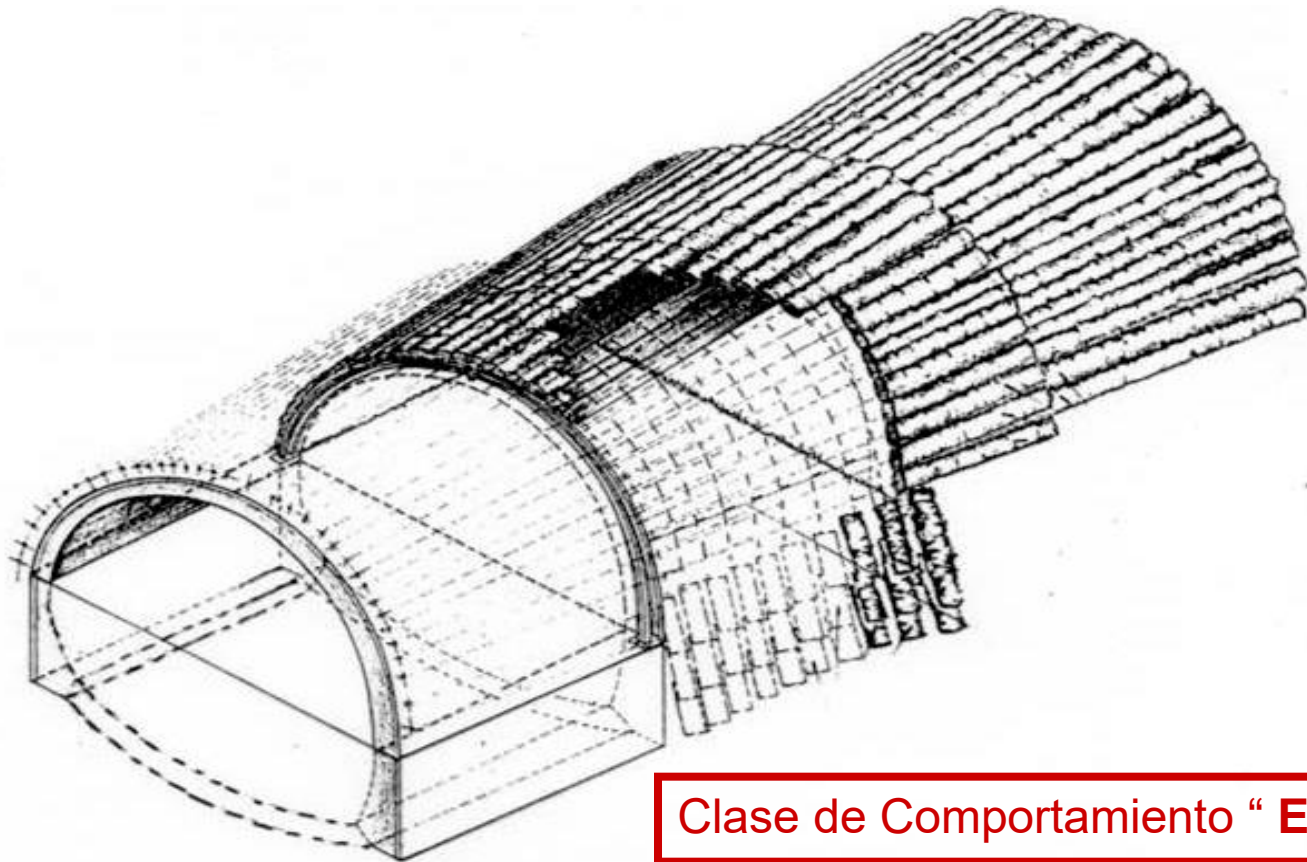
La concentración de esfuerzos al frente y al contorno de la cavidad, supera la resistencia del medio.

Los fenómenos de deformación resultan inaceptables ya que evolucionan rápidamente hacia la ruptura dando lugar a graves manifestaciones de inestabilidad hasta la caída del frente y el colapso de la cavidad, sin dejar el tiempo de actuar con intervenciones de contención radial.

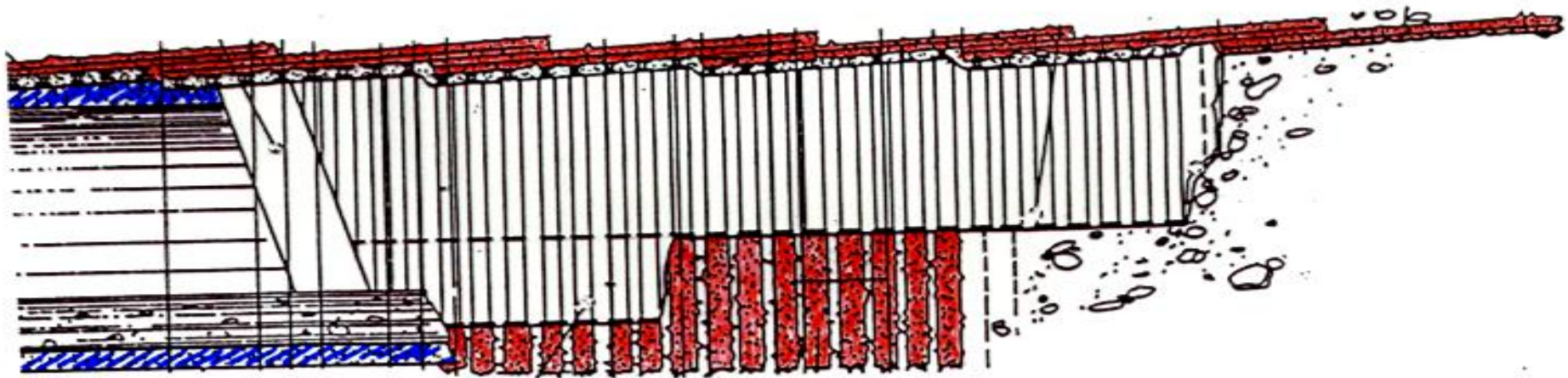
*Se requieren por lo tanto siempre **intervenciones de pre-consolidación y/o pre-contención** a monte del frente de excavación.*

Clase de Comportamiento “ E ”

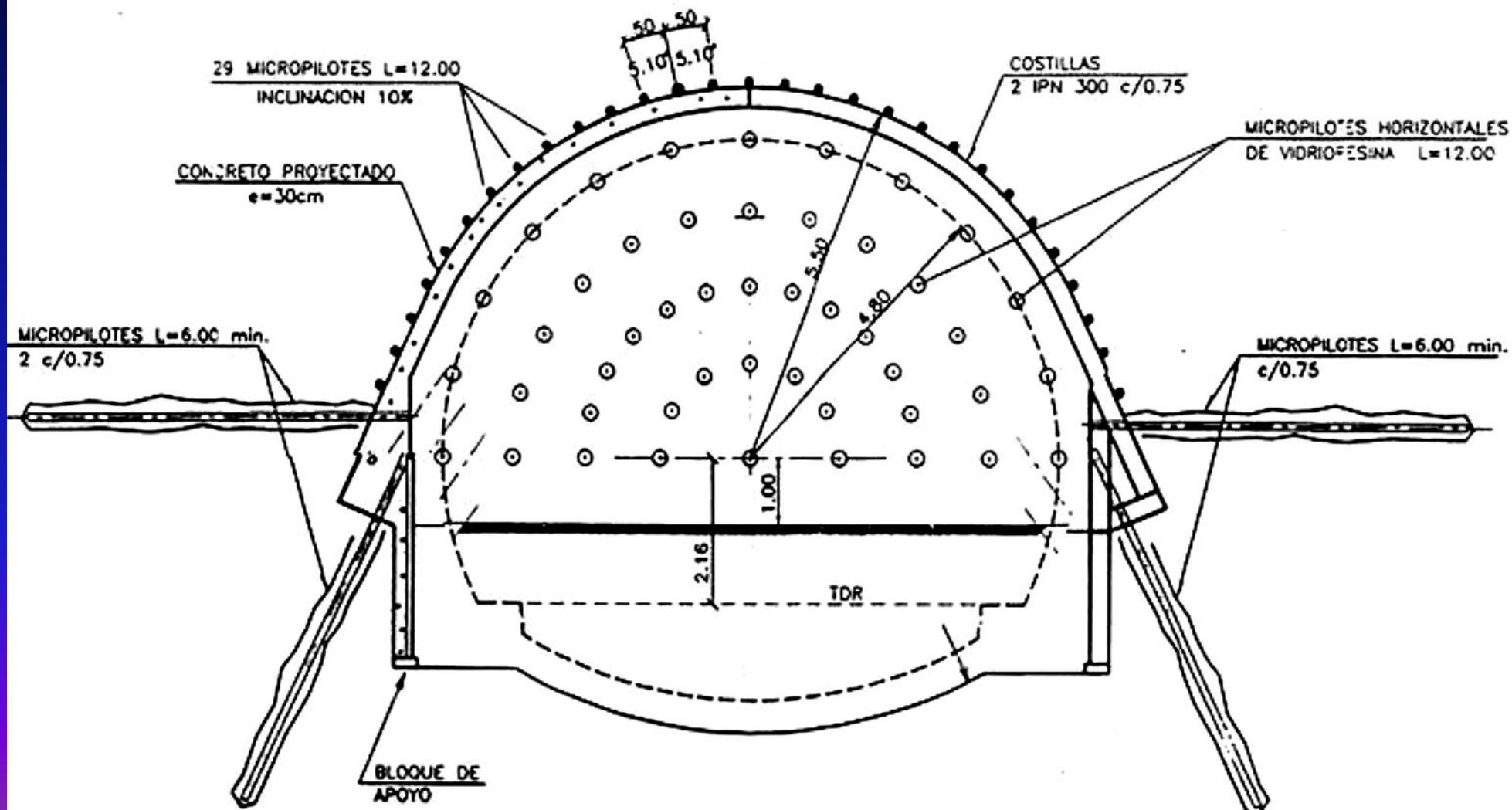




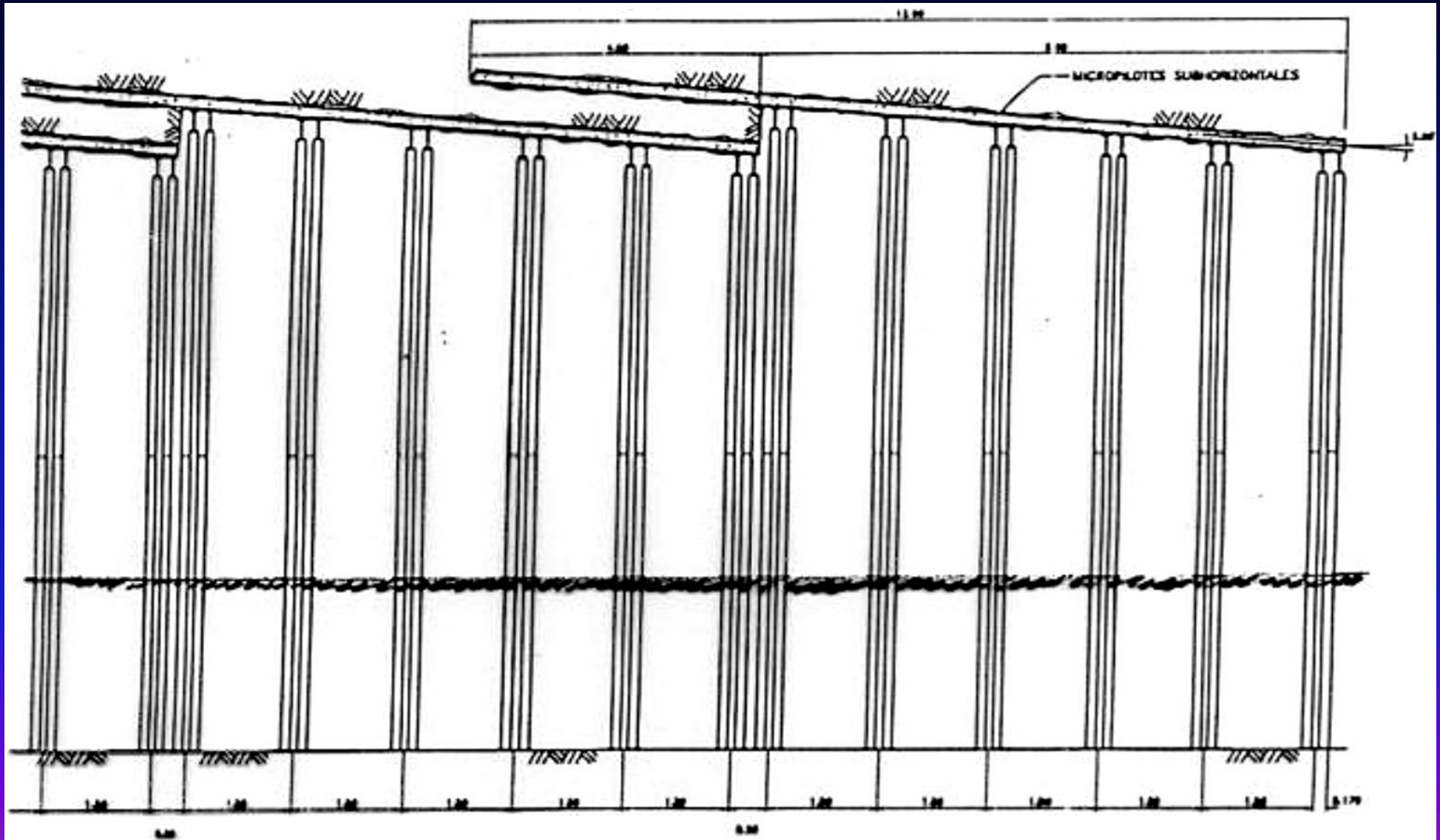
Clase de Comportamiento " E "



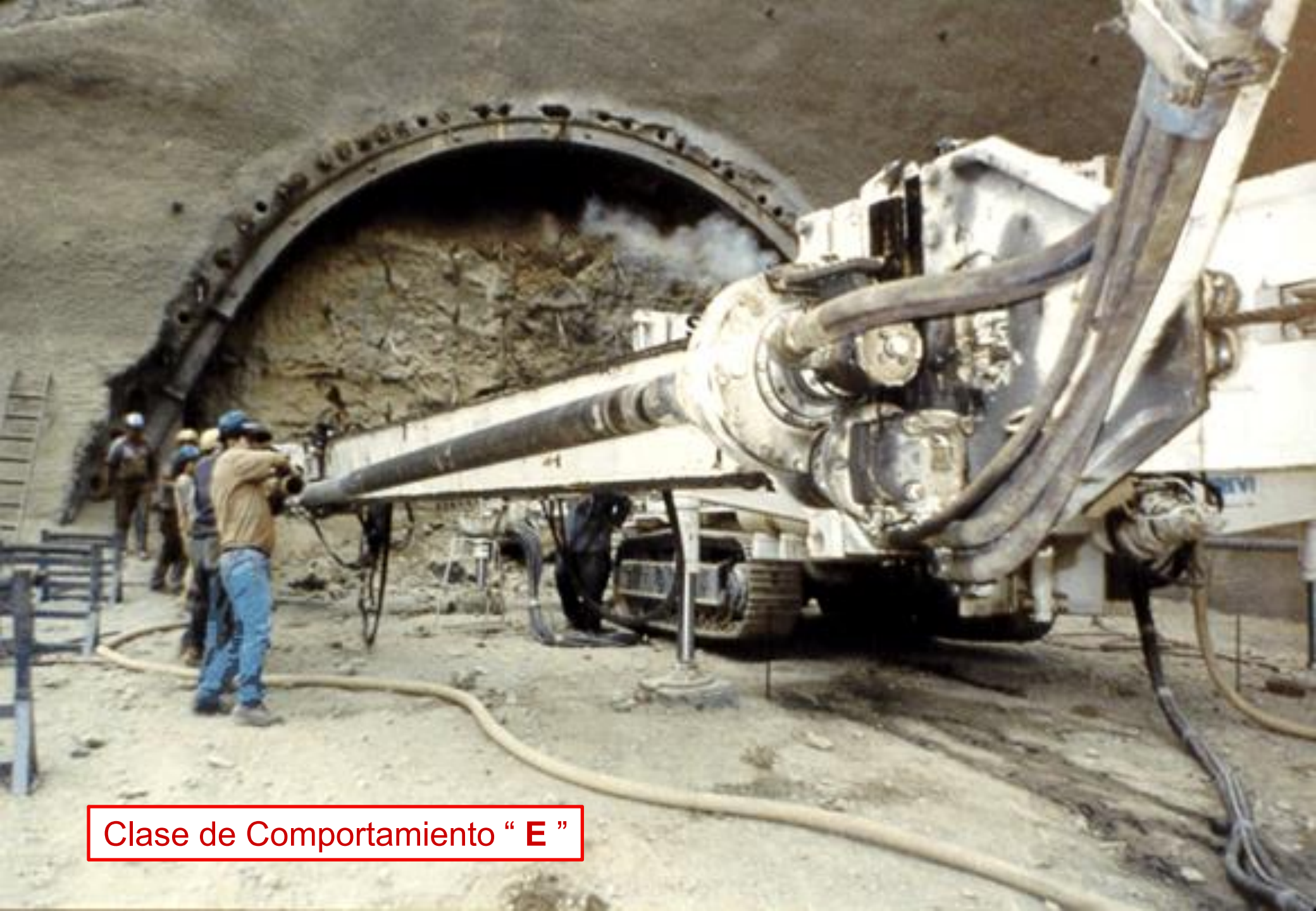
Clase de Comportamiento " E "



Clase de Comportamiento " E "







Clase de Comportamiento “ E ”



Clase de Comportamiento " E "



Clase de Comportamiento “ E ”

Clase de Comportamiento " E "





Clase de Comportamiento “ E ”



Clase de Comportamiento “ E ”

I Intervenciones de protección

- * *Concreto proyectado*
- * *Pernos aislados*

II Intervenciones tradicionales de contención radial

- * *Concreto proyectado y Pernos sistemáticos*
- * *Concreto proyectado y Costillas (eventualmente con Pernos)*

III Intervenciones de pre-consolidación y/o pre-contención

- * *Concreto proyectado costillas y pernos*
- * *Vidrioresinas de consolidación del núcleo*
- * *Pernos en avance*
- * *Arco troncocónico de micropilotes o, de jet grouting*
- * *Arco troncocónico en pre-corte de concreto*
- * *Solera temporal (eventualmente a media sección)*
- *

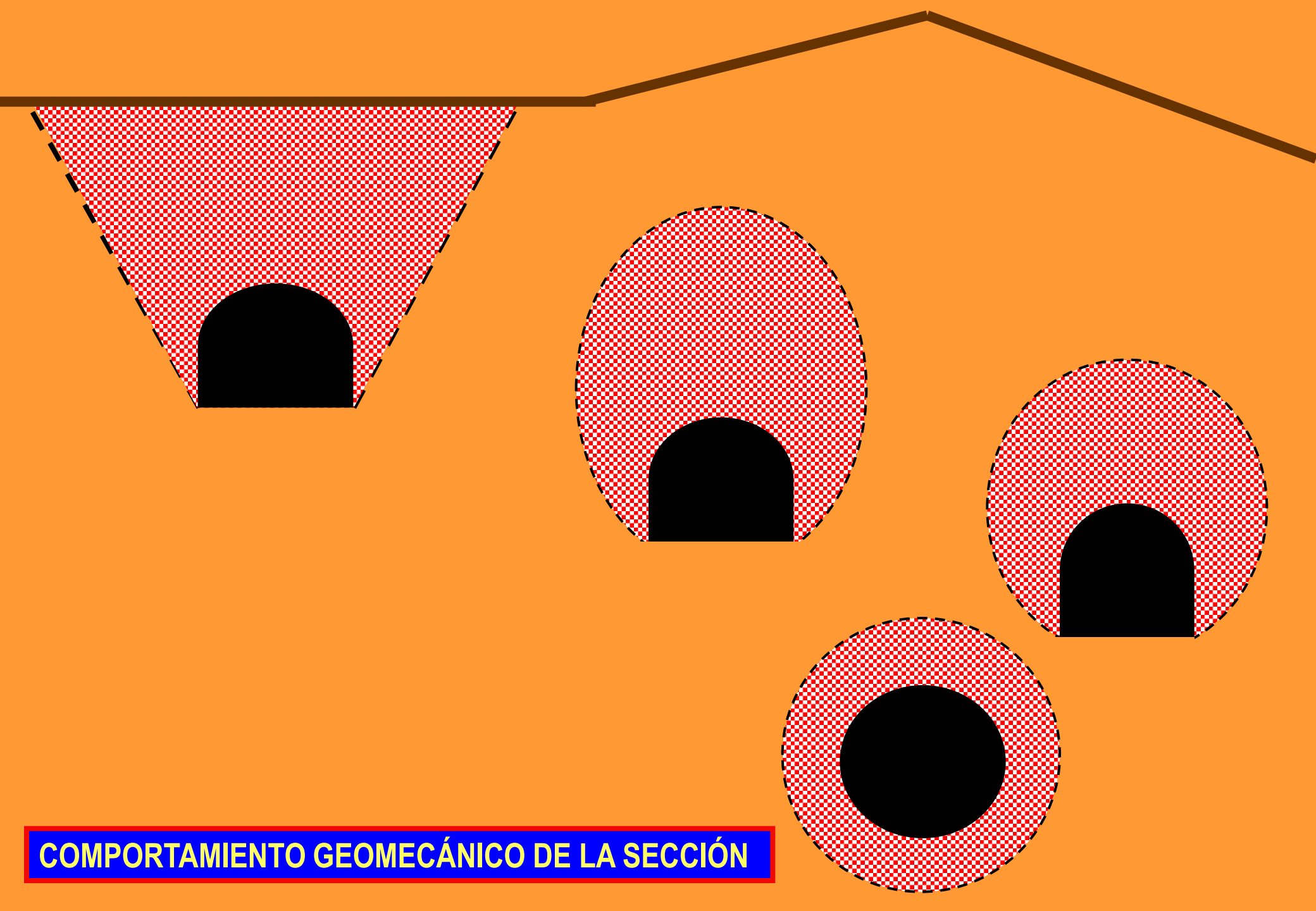
TÍPICOS SOPORTES EMPLEADOS

(para túneles de aproximadamente 10m de diámetro)

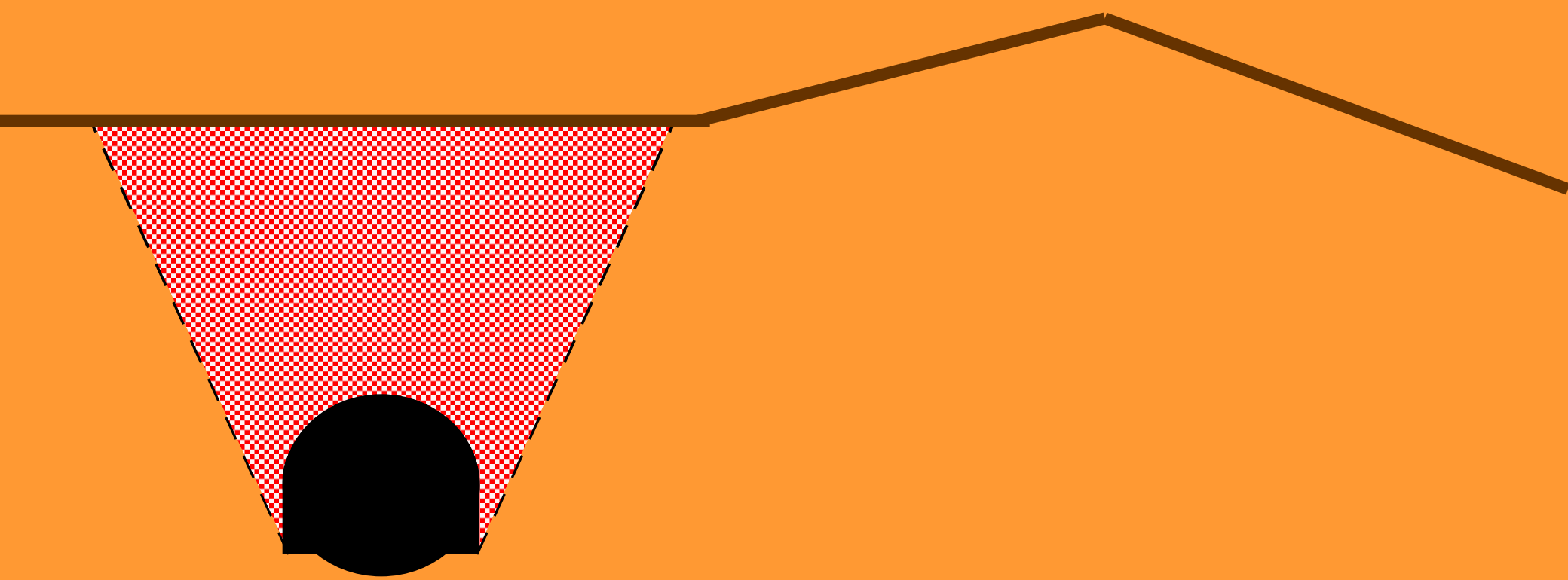
<i>TIPO DE SOPORTE</i>	<i>Concreto Proyectado Fibroreforzado</i>	<i>Costillas Metálicas</i>	<i>Pernos Metálicos 20 t</i>
SP-a	10 cm (feq ≥ 1 MPa)	-	eventuales
SP-b	14 cm (feq = 1-1.25 MPa)	2 IPN140 @ 150 cm	2 x 4 m @ par de costillas
		o, alternamente 7 pernos x 4m @ 150 cm (sin costillas)	
SP-c	16 cm (feq = 1-1.25 MPa)	2 IPN160 @ 125 cm	4 x 6 m @ par de costillas
		o, alternamente 11 pernos x 6m @ 125 cm (sin costillas)	
SP-d	20 cm (feq = 1-1.25 MPa)	2 IPN200 @ 100 cm	6 x 6 m @ par de costillas
		o, alternamente 15 pernos x 6m @ 100 cm (sin costillas)	
SP-e	20 cm (feq = 1.25-1.5 MPa)	2 IPN200 @ 075 cm	10 x 6 m @ par de costillas

GEOMECÁNICA SOPORTES Y REVESTIMIENTOS

- Caracterización Geológica, Geofísica y Geomecánica
- **Estima de la Clase de Comportamiento de la Excavación**
 - * En función de la geo-macro-estructura del macizo rocoso
 - * En función de los niveles geo-tensionales relativos
- **Pre-selección del Soporte (* En función de la C.d.C.)**
- Determinación de las cargas a esperar sobre el soporte
 - * En función del comportamiento geo-estático y geo-mecánico
- Dimensionado del soporte (En función de las cargas)
- Seguimiento y Monitoreo durante la Excavación
- Dimensionado del revestimiento

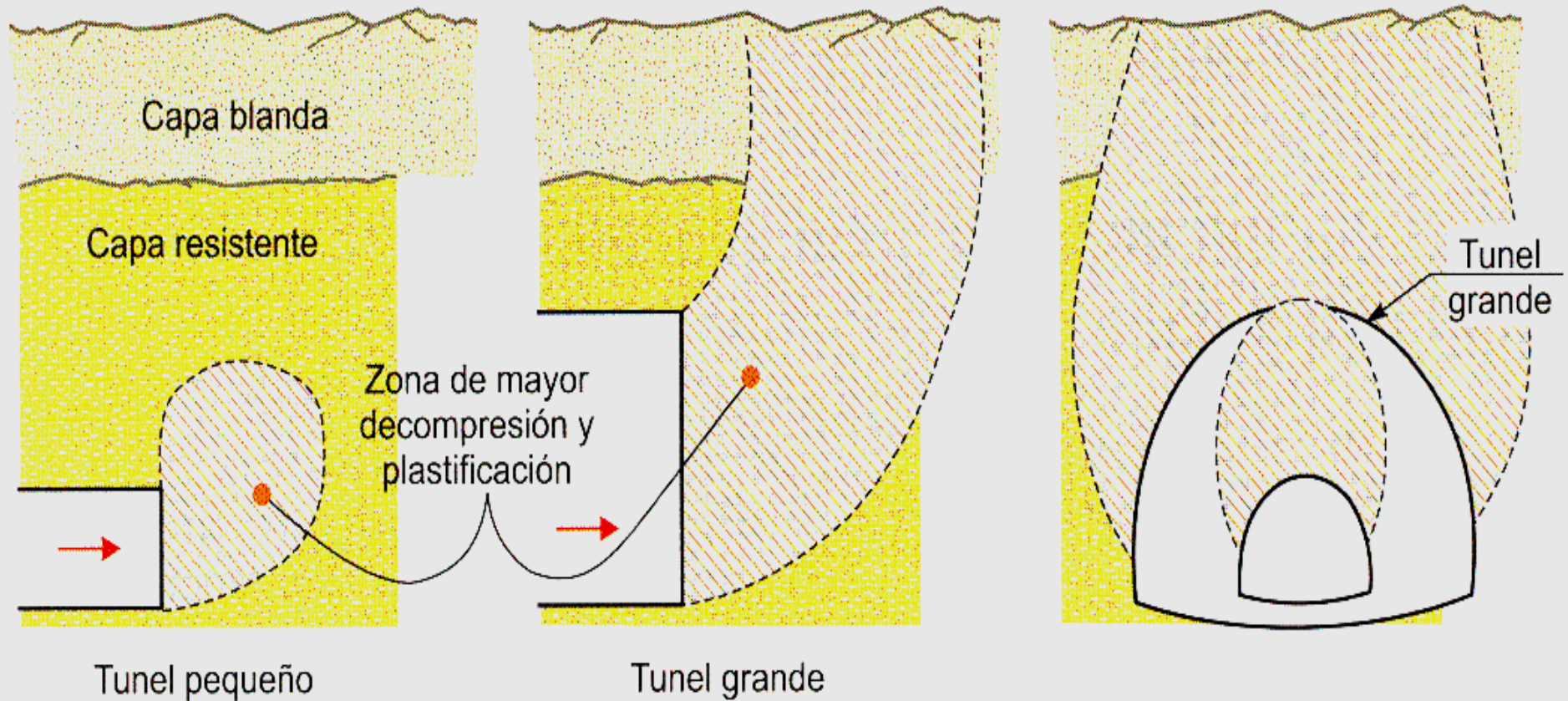


COMPORTAMIENTO GEOMECÁNICO DE LA SECCIÓN



Comportamiento Geomecánico de las Secciones Superficiales

Comportamiento Geomecánico de las Secciones Superficiales



a) Sección longitudinal

b) Sección transversal

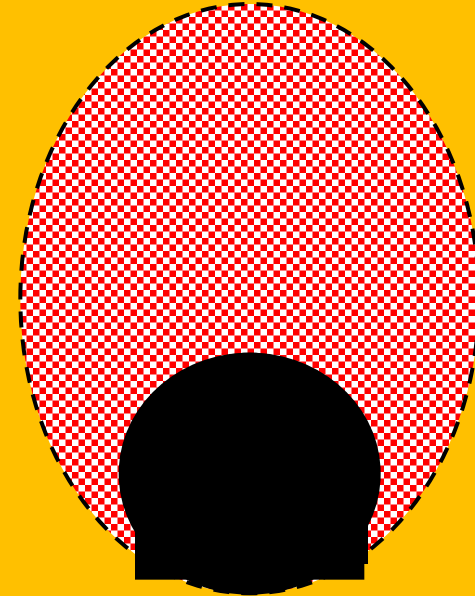
α de Terzaghi

RMR de Bieniawski

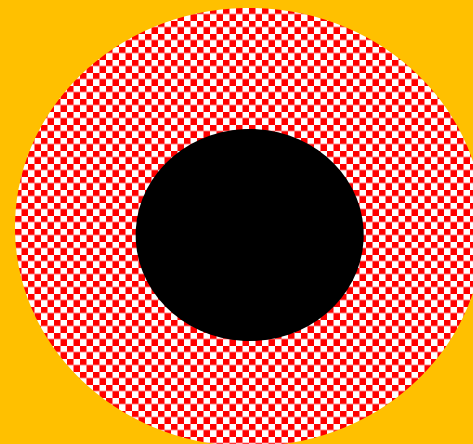
Q^* de Barton

RMi de Palmstron

GSI de Hoek

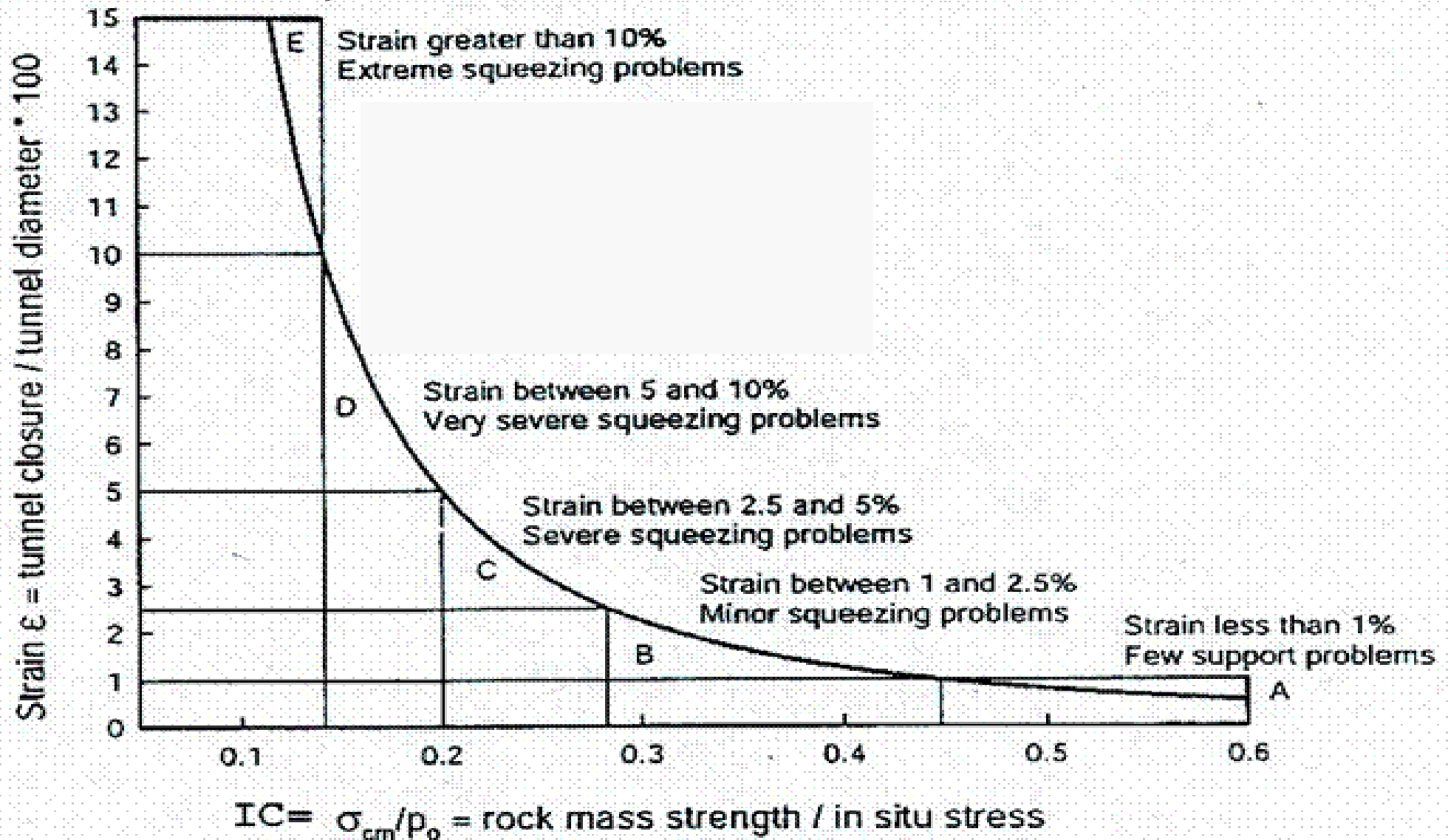


Comportamiento Geomecánico de las Secciones Intermedias



Comportamiento Geomecánico de las Secciones Profundas

Comportamiento Geomecánico de las Secciones Profundas



$$IC = \sigma_{cm} / \gamma H = (0.0034 m^{0.8}) \sigma_{ci} [1.029 + 0.025 e^{-0.1 m}] GSI / \gamma H$$

Clases de Comportamiento de la Excavación

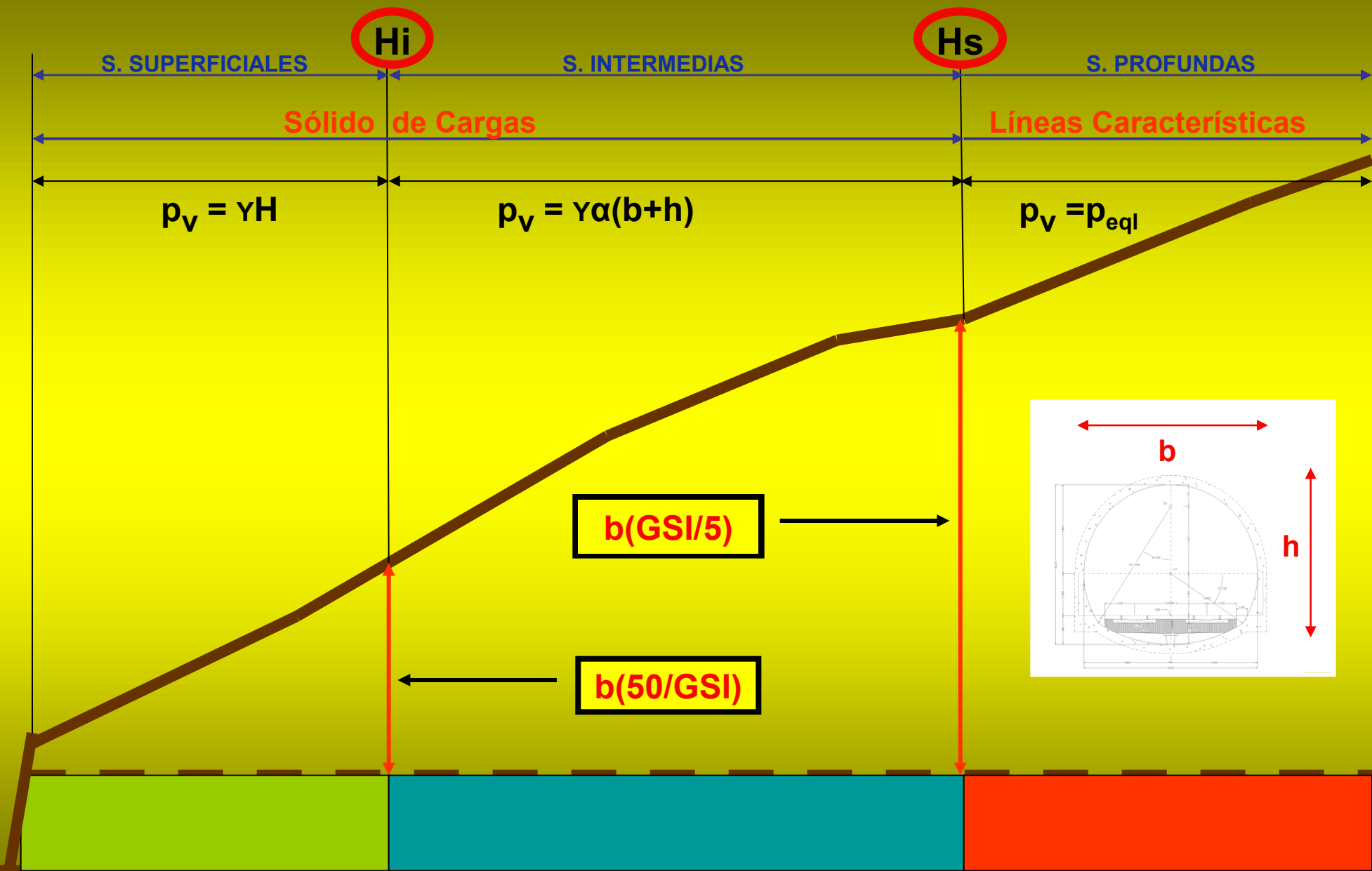
<i>Lunardi</i>		I	II		III	
<i>Hoek y Marinos</i>		A	B	C	D	E
<i>Russo y Otros</i>		a-b	c	d	e	f
Secciones Profundas	<i>Convergencia</i>	$\varepsilon < 1\%$ $\delta < 0.5\%$	$(1\% < \varepsilon < 2.5\%)$ $\delta < 0.5\%$	$(2.5\% < \varepsilon < 5\%)$ $(0.5\% < \delta < 1\%)$	$(5\% < \varepsilon < 10\%)$ $\delta > 1\%$	$\varepsilon > 10\%$ $\delta > 1\%$
	<i>Índice de Competencia</i>	$IC > 0.45$	$(0.45 > IC > 0.3)$	$(0.3 > IC > 0.2)$	$(0.2 > IC > 0.15)$	$IC < 0.15$
	<i>Radio Plástico</i>	$Rp/Ro = 1$	$(1 < Rp/Ro < 2)$	$(2 < Rp/Ro < 4)$	$Rp/Ro > 4$	$Rp/Ro >> 4$
Secciones Intermedias	GSI <i>(RMR-Q-RSR-Rmi)</i>	$GSI > 70$	$70 > GSI > 50$	$50 > GSI > 25$	$25 > GSI > 15$	$GSI < 15$
Secciones Superficiales	<i>(GSI-RMR-Q-RSR-Rmi)</i> <i>Geometría Sección</i> <i>Estabilidad Frente</i>	GSI > 50			GSI < 50	

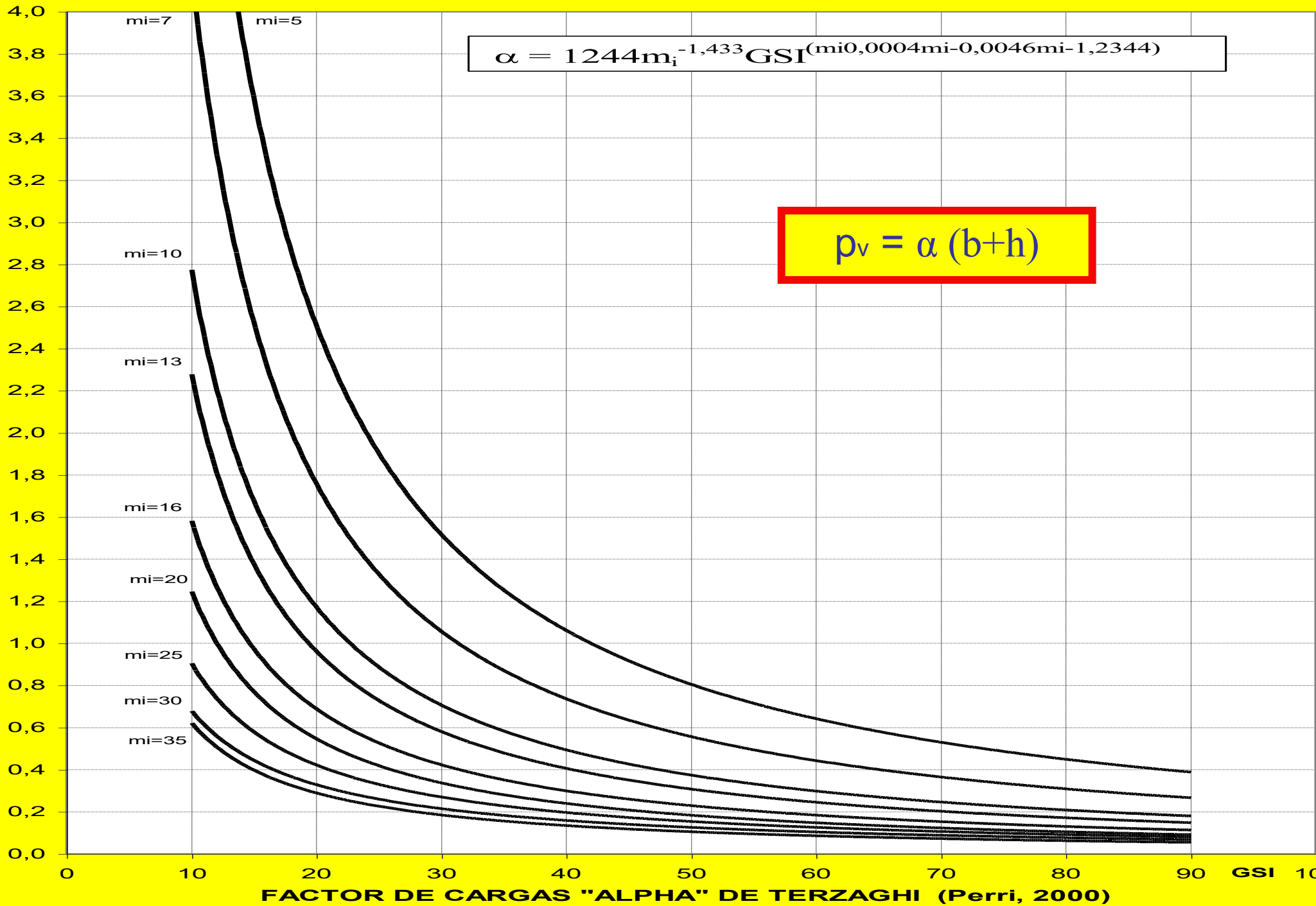
CLASE	COMPORTAMIENTO	COBERTURA		PRESELECCIÓN DEL SOPORTE <i>(Túnel de apr. 10 m de diámetro)</i>
		ALTA IC	BAJA GSI	
A	<p>Estabilidad al frente Estabilidad en la cavidad Eventuales inestabilidades (cinematismos de bloques)</p> <p>$FS_f > 2.5$ $FS_c > 2.5$ $\epsilon < 1\%$ $\epsilon_o < 0.5\%$ $(R_p/R_o = 1)$</p>	> 0.45	> 60	<p>Concreto proyectado (5-10 cm)</p> <p>+ Pernos $L = 4$ m (eventuales)</p>
B	<p>Estabilidad al frente Cavidad algo inestable</p> <p>$FS_f \approx 2$ $FS_c \approx 1$ $1\% < \epsilon < 2.5\%$ $\epsilon_o \leq 0.5\%$ $(1 < R_p/R_o < 2)$</p>	$0.3 - 0.45$	$40 - 60$	<p>Concreto proyectado (10-15 cm)</p> <p>+ Pernos ($L = 4 - 6$ m) (densidad $0.25/m^2$) o, Costillas livianas @ 1.5 m</p>
C	<p>Frente próximo al equilibrio Cavidad inestable</p> <p>$FS_f \approx 1$ $FS_c < 1$ $2.5\% < \epsilon < 5\%$ $0.5\% < \epsilon_o < 1\%$ $(2 < R_p/R_o < 4)$</p>	$0.2 - 0.3$	$30 - 50$	<p>Concreto proyectado (15-20 cm)</p> <p>+ Pernos ($L = 6$ m) (densidad $0.5/m^2$) o, Costillas medianas @ 1m</p> <p>+ Refuerzo del frente (eventual)</p>
D	<p>Frente inestable Cavidad inestable (grandes deformaciones)</p> <p>$FS_f < 1$ $FS_c \ll 1$ $5\% < \epsilon < 10\%$ $\epsilon_o > 1\%$ $(R_p/R_o > 4)$</p>	$0.15 - 0.2$	$20 - 40$	<p>Concreto proyectado (20-25 cm)</p> <p>+ Costillas pesadas @ 1m o, Pernos ($L = 6-9$ m) (densidad $1/m^2$)</p> <p>+ Refuerzo del frente y extradós + Pernos de integración (eventuales)</p>
E	<p>Inestabilidad generalizada (macizo muy débil y/o zona de fallas)</p> <p>$FS_f \ll 1$ $FS_c \ll 1$ $\epsilon > 10\%$ $\epsilon_o \gg 1\%$ $(R_p/R_o \gg 4)$</p>	< 0.15	< 20	<p>Concreto proyectado (20-30 cm)</p> <p>+ Costillas muy pesadas @ 1m + Refuerzo del frente y extradós + Pernos de integración + Pre-sopORTE (eventual)</p>

GEOMECÁNICA SOPORTES Y REVESTIMIENTOS

- Caracterización Geológica, Geofísica y Geomecánica
- Estima de la Clase de Comportamiento de la Excavación
 - * En función de la geo-macro-estructura del macizo rocoso
 - * En función de los niveles geo-tensionales relativos
- Pre-selección del Soporte (* En función de la C.d.C.)
- **Determinación de las cargas a esperar sobre el soporte**
 - * En función del comportamiento geo-estático y geo-mecánico
- **Dimensionado del soporte (* En función de las cargas)**
- Seguimiento y Monitoreo durante la Excavación
- Dimensionado del revestimiento

CARGAS SOBRE EL SOPORTE Vs LA COBERTURA (H) Y EL TIPO DE ROCAS (α -GSI)





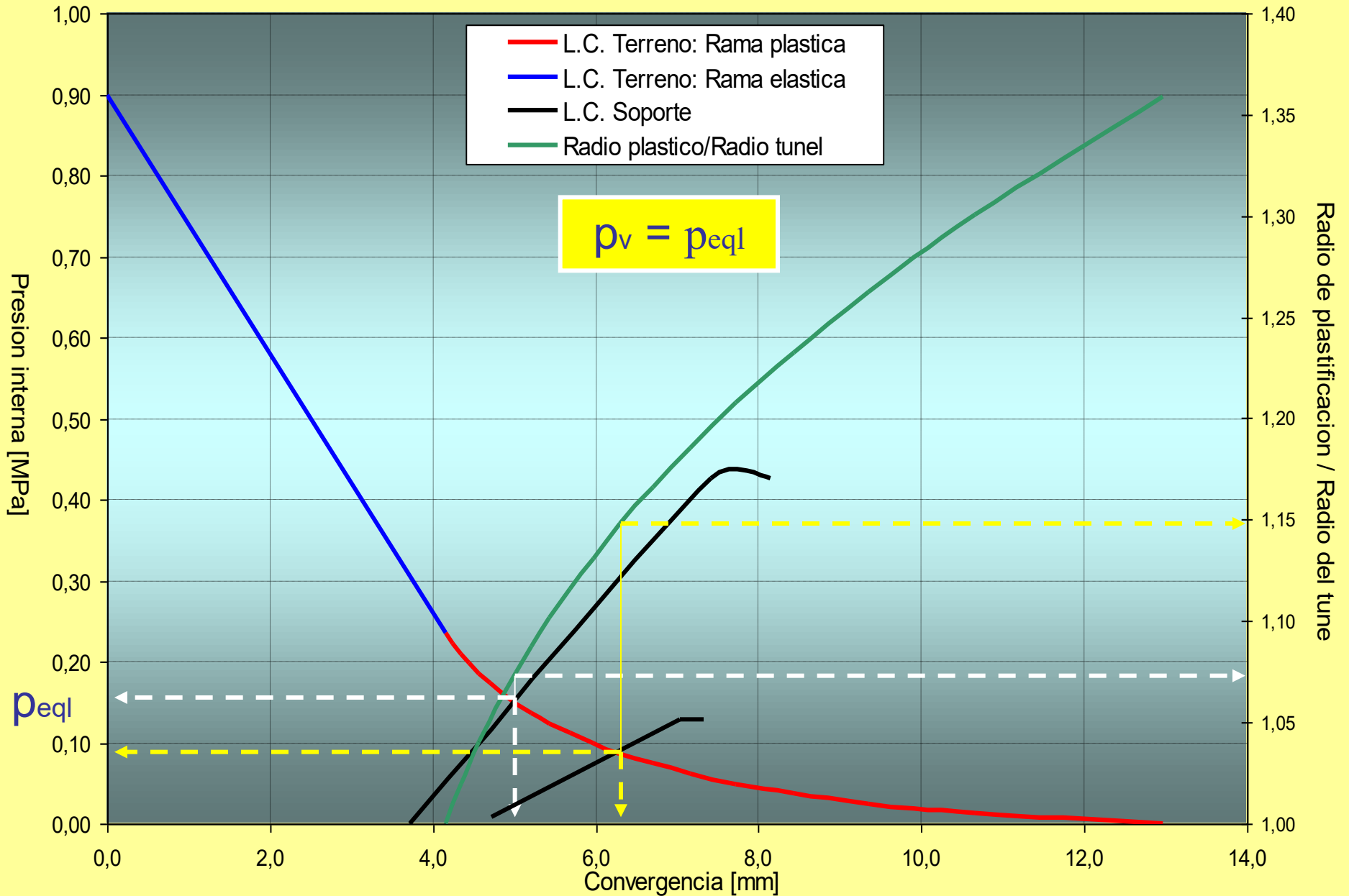
$$\alpha = 1244m_i^{-1,433} GSI^{(m_i0,0004m_i-0,0046m_i-1,2344)}$$

$$\rho_v = \alpha (b+h)$$

mi=7
mi=10
mi=13
mi=16
mi=20
mi=25
mi=30
mi=35

FACTOR DE CARGAS "ALPHA" DE TERZAGHI (Perri, 2000)

Curvas de Interaccion Soporte - Terreno y Extencion de la Plastificacion



RESISTENCIA O CAPACIDAD DE CONTRASTE DE SOPORTES (para túneles de aproximadamente 10m de diámetro)

<i>Tipo de Soporte</i>	<i>Concreto Proyectado</i>	<i>Costillas Metálicas</i>	<i>Pernos Metálicos 20 t</i>	<i>Capacidad (Kg/cm²)</i>
SP-a	10 cm	-	eventuales	1,5
SP-b	14 cm	2 IPN140 @ 150 cm	2 x 4 m @ par de costillas	2,5
		o, alternamente 7 pernos x 4m @ 150 cm (sin costillas)		
SP-c	16 cm	2 IPN160 @ 125 cm	4 x 6 m @ par de costillas	3,5
		o, alternamente 11 pernos x 6m @ 125 cm (sin costillas)		
SP-d	20 cm	2 IPN200 @ 100 cm	6 x 6 m @ par de costillas	4,5
		o, alternamente 15 pernos x 6m @ 100 cm (sin costillas)		
SP-e	20 cm	2 IPN200 @ 075 cm	10 x 6 m @ par de costillas	6,5

SELECCIÓN DEL SOPORTE Vs. COBERTURA - GSI - I C (para túneles de aproximadamente 10m de diámetro)

<i>COBERTURAS $\leq H_i$</i>		<i>$H_i < COBERTURAS \leq H_s$</i>		<i>COBERTURAS $> H_s$</i>	
GSI ≤ 20	SP-e	GSI ≤ 20	SP-e	IC ≤ 0.15	SP-e
$20 < \text{GSI} \leq 40$	SP-e	$20 < \text{GSI} \leq 40$	SP-d	$0.15 < \text{IC} \leq 0.20$	SP-d
$30 < \text{GSI} \leq 50$	SP-d	$30 < \text{GSI} \leq 50$	SP-c	$0.20 < \text{IC} \leq 0.30$	SP-c
$40 < \text{GSI} \leq 60$	SP-c	$40 < \text{GSI} \leq 60$	SP-b	$0.30 < \text{IC} \leq 0.45$	SP-b
GSI > 60	SP-c	GSI > 60	SP-a	IC > 0.45	SP-a

SOPORTES EN CONCRETO PROYECTADO FIBRO-REFORZADO

DISEÑO CON EL MÉTODO DE LA EQUIVALENCIA A FLEXIÓN

SECCIÓN EQUIVALENTE A FLEXIÓN: ARMADA Vs. FIBRO - REFORZADA

$$M_m = 0.9 S_m \sigma_y' d/2$$

$$M_f = f_{eq} 1000 d^2/6$$

$$M_m = M_f$$

$$f_{eq} = 0.0027 S_m \sigma_y'/d$$

$$d = 0.0027 S_m \sigma_y'/f_{eq}$$

DISEÑO CON EL MÉTODO DE LA EQUIVALENCIA A FLEXIÓN

A) Cálculo de la resistencia equivalente requerida		CONCRETO e = 10cm		CONCRETO e = 14cm		CONCRETO e = 16cm		CONCRETO e = 20cm	
		Malla (4/100)	Fibras (0.75x30)	Malla (4/100)	Fibras (0.75x30)	Malla (4/100)	Fibras (0.75x30)	Malla (4/100)	Fibras (0.75x30)
mm	Espesor (h) de la sección de concreto proyectado	100		140		160		200	
N/mm ²	Resistencia a tracción de la malla electrosoldada	414		414		414		414	
mm	Diámetro de la malla electrosoldada	4		4		4		4	
mm	Lado de la malla electrosoldada	100		100		100		100	
mm ²	Area (As) de la malla en la sección de 1 metro de base	125,7		125,7		125,7		125,7	
kg/m ²	Peso de la malla/m ²	1,97		1,97		1,97		1,97	
kg/m ³	Peso de la malla/m ³	19,7		14,1		12,3		9,9	
mm	Espesor util (d) de la sección de concreto con malla	50		70		80		100	
Nmm	Momento Resistente a Flexión del concreto con malla	2.341.115		3.277.561		3.745.784		4.682.230	
Nmm	Momento Resistente a Flexión del concreto con fibras		2.341.115		3.277.561		3.745.784		4.682.230
mm	Espesor (h) de la sección de concreto con fibras		100		140		160		200
N/mm ²	Resistencia equivalente f_{eq} requerida del concreto con fibras		1,40		1,00		0,88		0,70

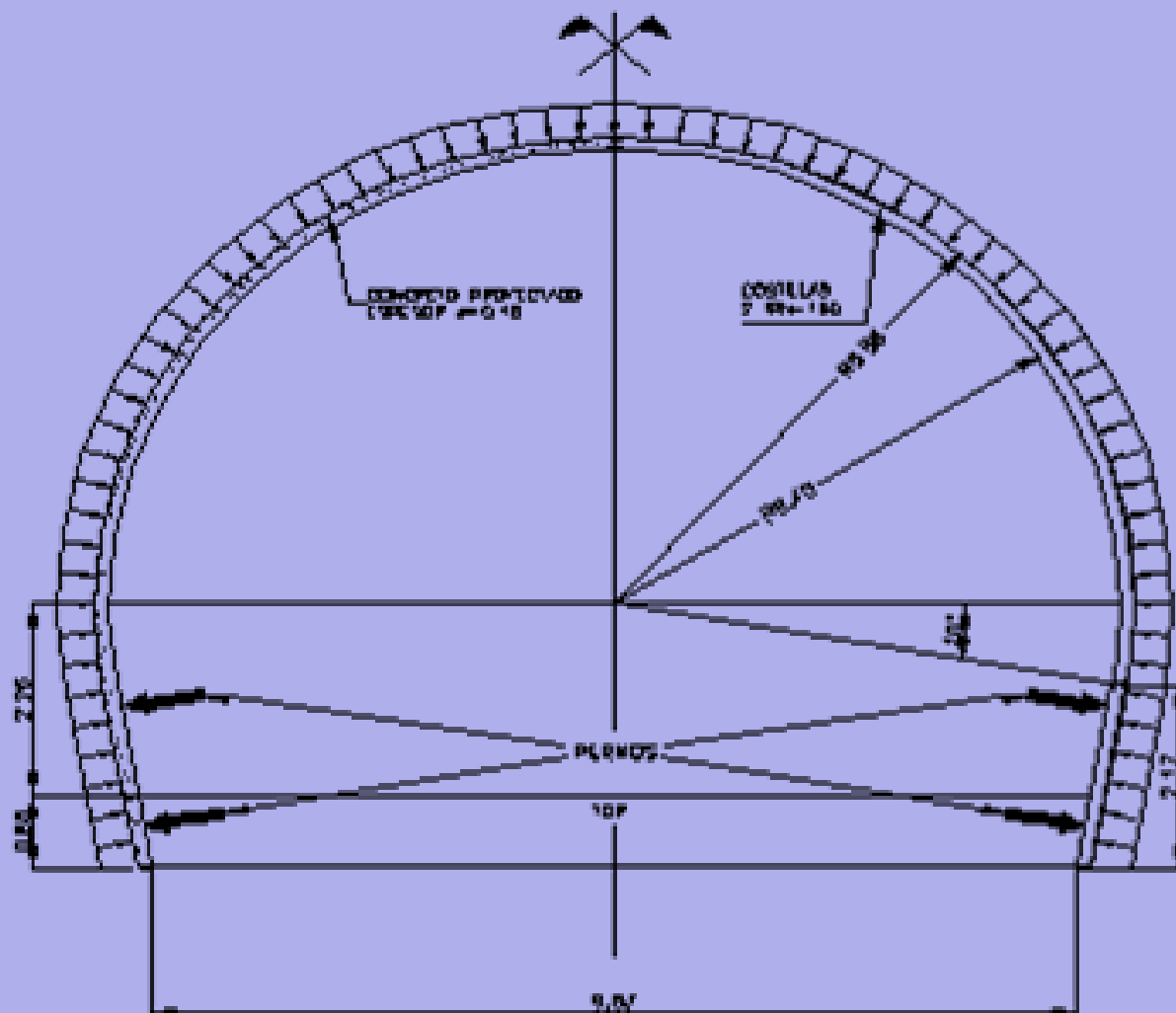
B) Determinación preliminar de la dosificación fibras		CONCRETO e = 10cm		CONCRETO e = 14cm		CONCRETO e = 16cm		CONCRETO e = 20cm	
		Malla (4/100)	Fibras (0.75x30)	Malla (4/100)	Fibras (0.75x30)	Malla (4/100)	Fibras (0.75x30)	Malla (4/100)	Fibras (0.75x30)
N/mm ²	Resistencia equivalente f_{eq} mínima requerida		1,40		1,00		0,88		0,70
N/mm ²	Resistencia teórica por flexión f_{if} del concreto base (C 24/30)		3,40		3,40		3,40		3,40
%	Ductilidad mínima requerida para el concreto con fibras		41		30		26		21
kg/m ³	Dosificación referencial empírica Vs ductilidad requerida		27		23		22		20
%	Rebote de las solas fibras		10		10		10		10
kg/m ³	Dosificación recomendada (≥ 25)		30		25		25		25

ENSAYOS A FLEXIÓN SOBRE VIGAS FIBRO-REFORZADAS CON FS3

Fibra FS3 (30/0.75)		Concreto C24/30			Dos. 25 Kg/m ³	
Muestra	f_{fr} (MPa)	$D_0 \times D_1$	$f_{(0-0,6)}$ (MPa)	$f_{(0,6-3)}$ (MPa)	Dosificación (Kg/m ³)	f_{eqm} (MPa)
Sanchon_Prueb_1A	4,5	0,3111	3,01	1,40	25	1,72
Sanchon_Prueb_1B	3,7	0,2620	2,47	0,97	25	1,27
Sanchon_Prueb_1C	4,3	0,3865	3,58	1,66	25	2,04
Sanchon_Prueb_4A	4,2	0,4074	3,89	1,71	25	2,15
Sanchon_Prueb_4B	2,6	0,3458	1,95	0,90	25	1,11
Sanchon_Prueb_4C	3,0	0,4418	2,21	1,33	25	1,50
Corona_Prueb_3A	3,5	0,3517	2,52	1,23	25	1,49
Corona_Prueb_3B	2,7	0,6726	1,04	1,82	25	1,66
Corona_Prueb_3C	2,8	0,3482	1,32	0,97	25	1,04
Pila 4-2 27-8-04	2,8	0,3881	1,97	1,09	30	1,26
Pila 4-4 27-8-04	2,6	0,4167	1,61	1,08	30	1,19
Pila 1-2A 01-9-04	2,8	0,4339	1,79	1,21	30	1,33
Pila 1-2B 01-9-04	3,1	0,4181	1,29	1,30	30	1,30
Pila 1-2C 01-9-04	2,5	0,5663	1,83	1,42	30	1,50
Promedio	3,22	0,39	2,44	1,33	25	1,47

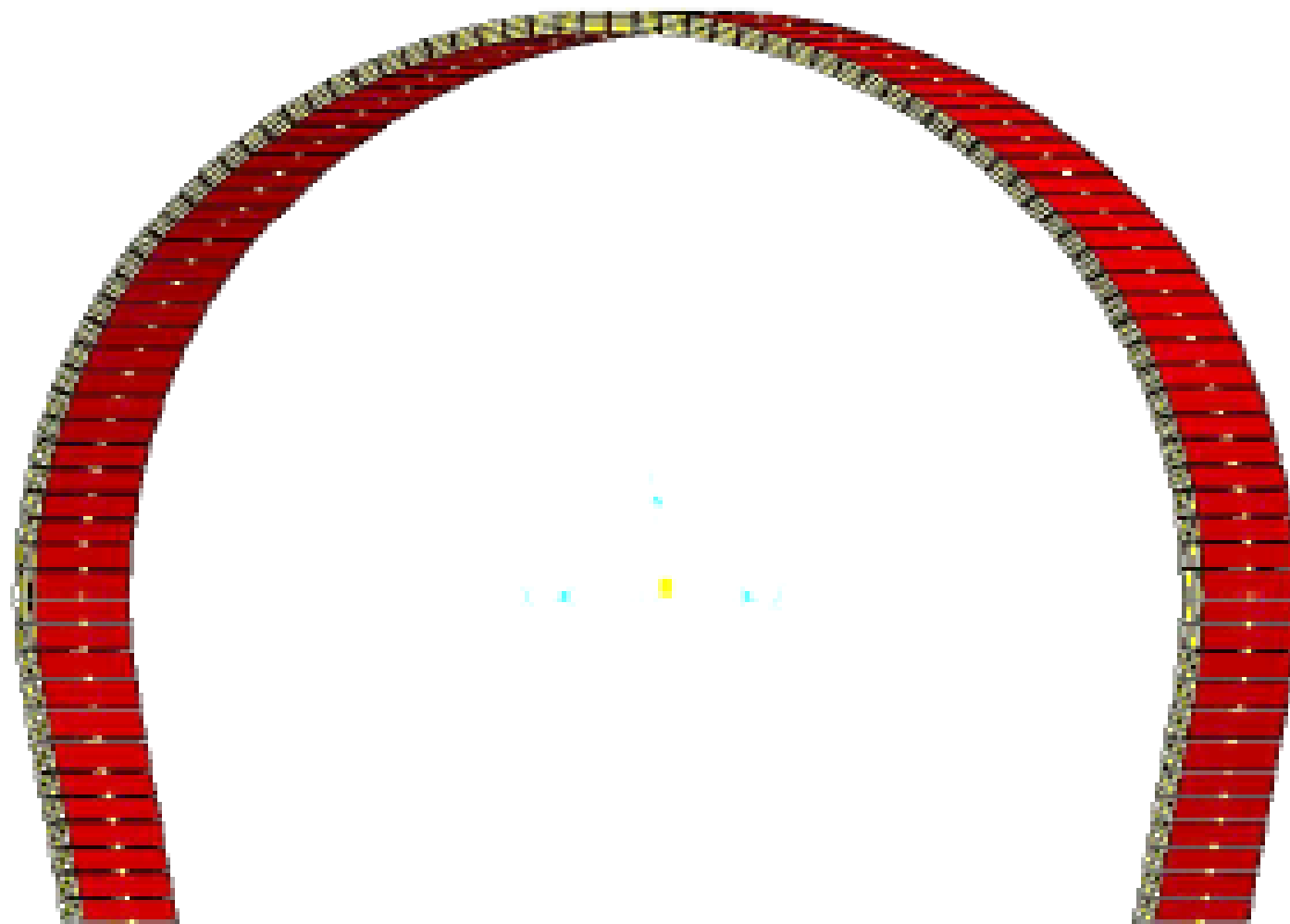
<i>Fibra FS3 (30/0.75)</i>		<i>Concreto C24/30</i>			<i>Dos. 30 Kg/m³</i>
<i>Ensayo</i>	<i>f_{ir} (MPa)</i>	<i>D₀</i>	<i>D₁</i>	<i>D₀ x D₁</i>	<i>f_{eq} (MPa)</i>
<i>Viga 4</i>	3.3647	0.70	0.69	0.48	1.63
<i>Viga 6</i>	3.6140	0.75	0.66	0.49	1.78
<i>Viga 7</i>	2.2316	0.85	0.55	0.47	1.04
<i>Viga 8</i>	2.7779	0.64	0.66	0.42	1.18
<i>Viga 9</i>	2.5218	0.72	0.74	0.53	1.35
<i>Viga 10</i>	2.6043	0.75	0.78	0.58	1.52
<i>Viga 11</i>	2.9640	0.76	0.83	0.63	1.86
<i>Viga 12</i>	3.3916	0.78	0.83	0.65	2.20
<i>Viga 13</i>	2.9491	0.75	0.73	0.55	1.62
<i>Viga 14</i>	3.5628	0.77	0.82	0.63	2.25
<i>Viga1</i>	3.4203	0.75	0.69	0.52	1.77
<i>Viga2</i>	3.3610	0.82	0.44	0.36	1.21
<i>Viga3</i>	3.7265	0.87	0.51	0.44	1.65
<i>Viga4</i>	3.5866	0.72	0.69	0.50	1.80
<i>Viga5</i>	2.9803	0.72	0.74	0.53	1.58
<i>Viga6</i>	2.6753	0.74	0.69	0.51	1.36
<i>Viga7</i>	3.1778	0.80	0.75	0.60	1.89
<i>Viga8</i>	2.9311	0.84	0.50	0.42	1.24
<i>Viga9</i>	2.3570	0.79	0.74	0.59	1.38
<i>Viga10</i>	2.6480	0.79	0.60	0.47	1.25
<i>Viga11</i>	2.6939	0.75	0.57	0.43	1.16
<i>Viga12</i>	3.2441	0.66	0.68	0.45	1.46
	<i>f_{im} (MPa)</i>	<i>D_{0m}</i>	<i>D_{1m}</i>	<i>(D₀ x D₁)_m</i>	<i>f_{eqm} (MPa)</i>
	3.0356	0.76	0.68	0.51	1.55

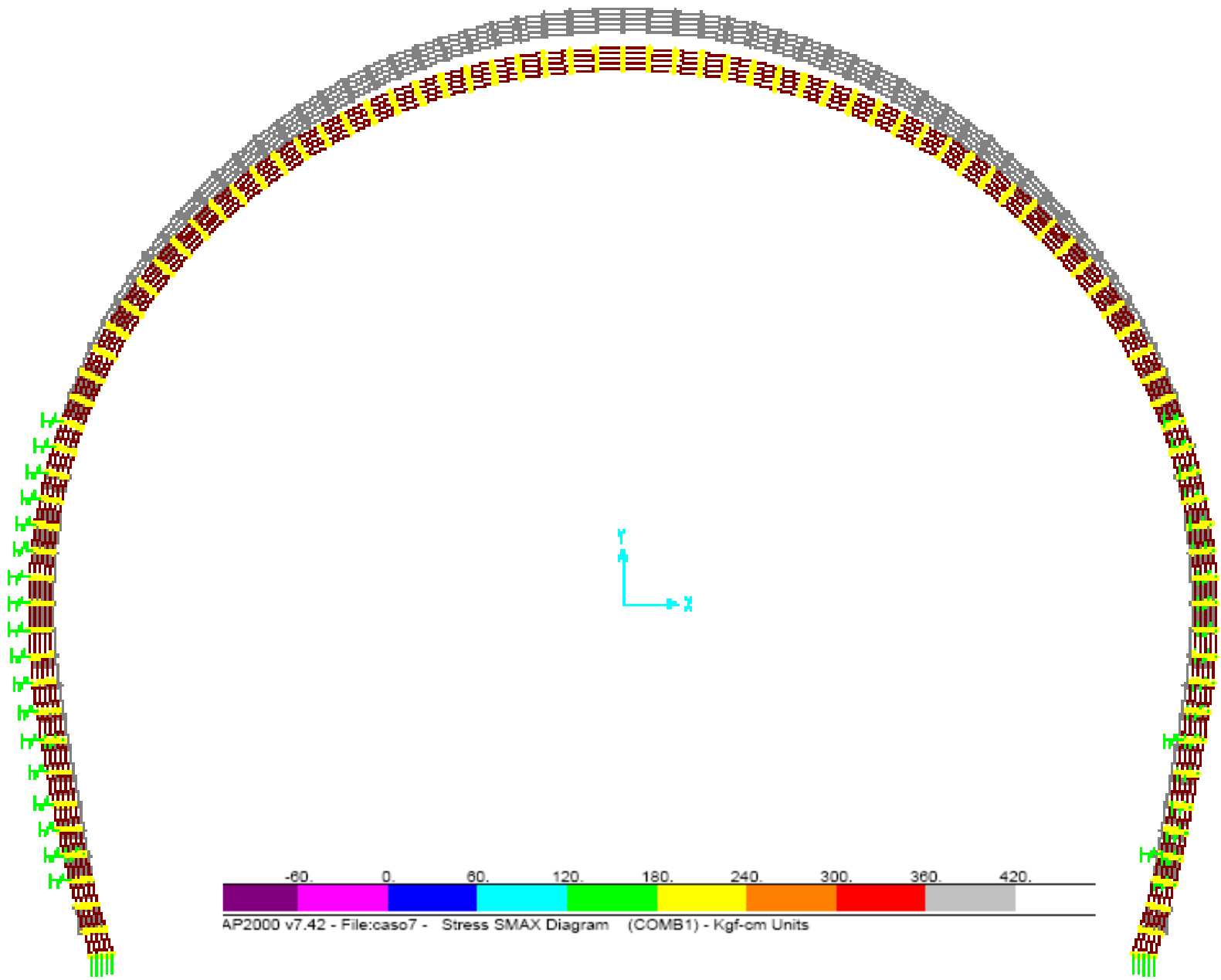
TABLA 10. Resultados de ensayos a flexión sobre vigas de concreto fibroreforzado



SOPORTE PRIMARIO P-d
Esquema de Cargas

MODELO SOPORTE PRIMARIO





AP2000 v7.42 - File:caso7 - Stress SMAX Diagram (COMB1) - Kgf-cm Units

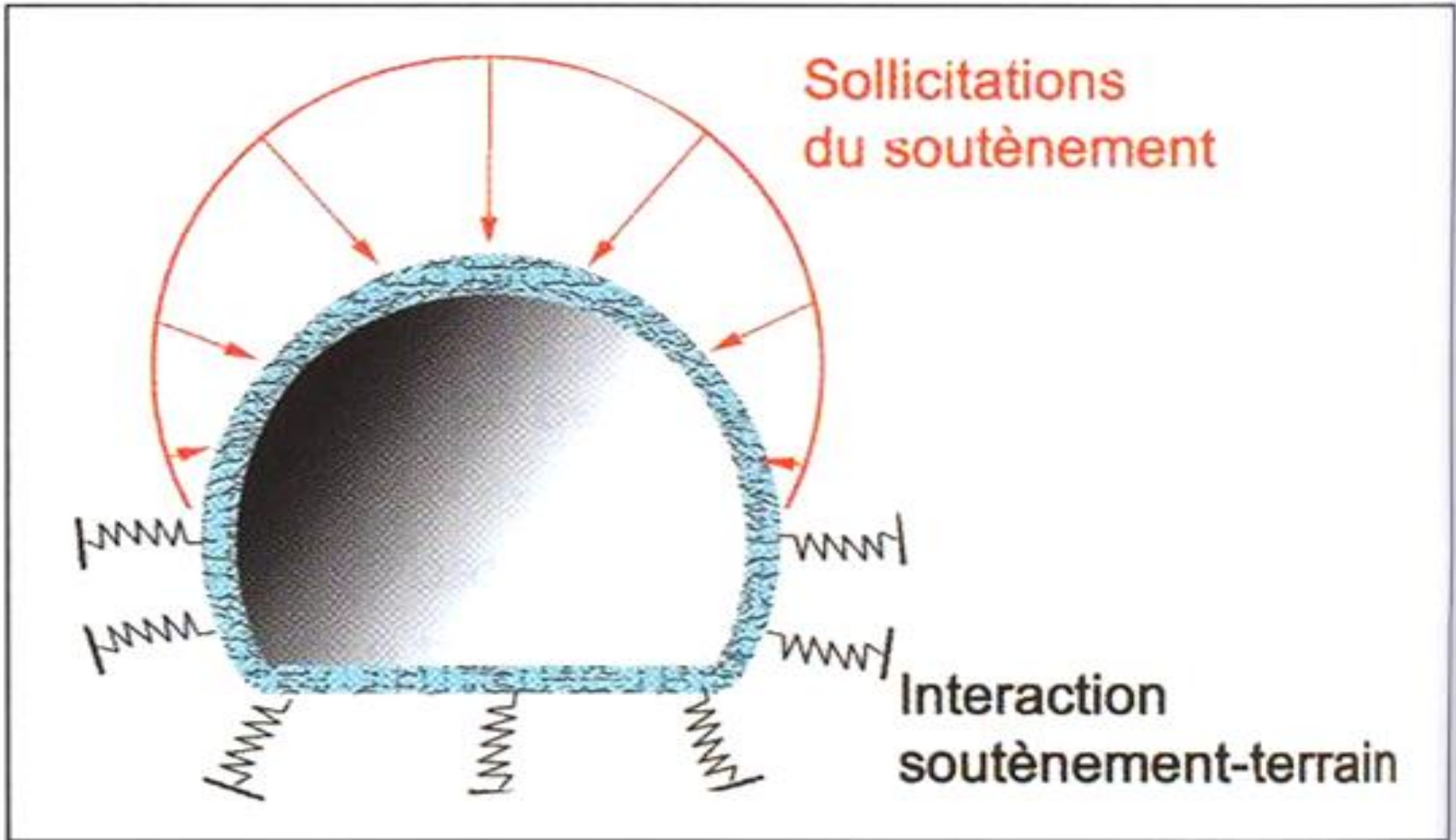
MÁXIMAS TRACCIONES EN SOPORTES PRIMARIOS (Kg/cm²)

CASO Cargas	Terreno Más Rígido	Terreno Menos Rígido	Menor Presión Lateral		SOPORTE Tipo
	Tracción en Hastiales		Tracción Hastiales	Tracción Bóveda	
	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	
1	0.80	0.94	2.50	2.10	P-c
2	0.55	0.56	2.00	1.30	P-c
3	2.50	2.53	8.20	3.30	P-d
4	1.30	1.50	5.70	2.60	P-d
5	0.45	0.51	2.30	1.50	P-d
6	0.35	0.41	1.50	0.90	P-c
7	1.10	1.54	7.30	4.10	P-e
8	2.80	2.80	9.00	3.70	P-d
9	0.20	1.30	2.40	1.50	P-e
10	1.10	2.90	3.90	2.20	P-d

GEOMECÁNICA SOPORTES Y REVESTIMIENTOS

- Caracterización Geológica, Geofísica y Geomecánica
- Estima de la Clase de Comportamiento de la Excavación
 - * En función de la geo-macro-estructura del macizo rocoso
 - * En función de los niveles geo-tensionales relativos
- Pre-selección del Soporte (* En función de la C.d.C.)
- Determinación de las cargas a esperar sobre el soporte
 - * En función del comportamiento geo-estático y geo-mecánico
- Dimensionado del soporte (* En función de las cargas)
- Seguimiento y Monitoreo durante la Excavación
- Dimensionado del revestimiento

DISEÑO DEL REVESTIMIENTO DEFINITIVO

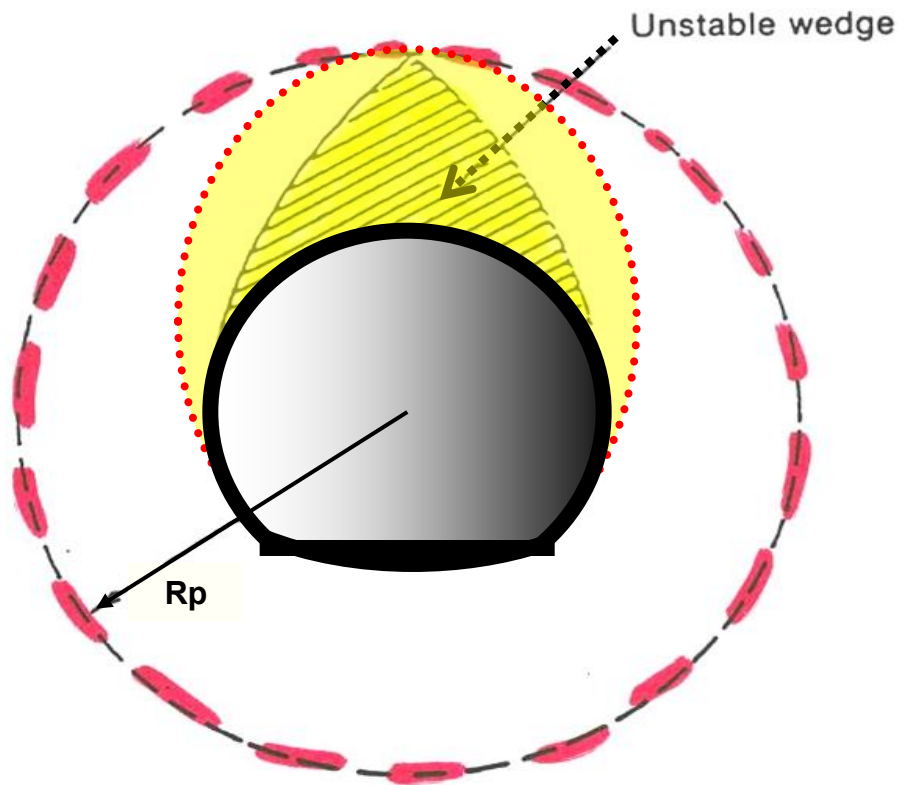


- Principle of hyperstatic reactions method

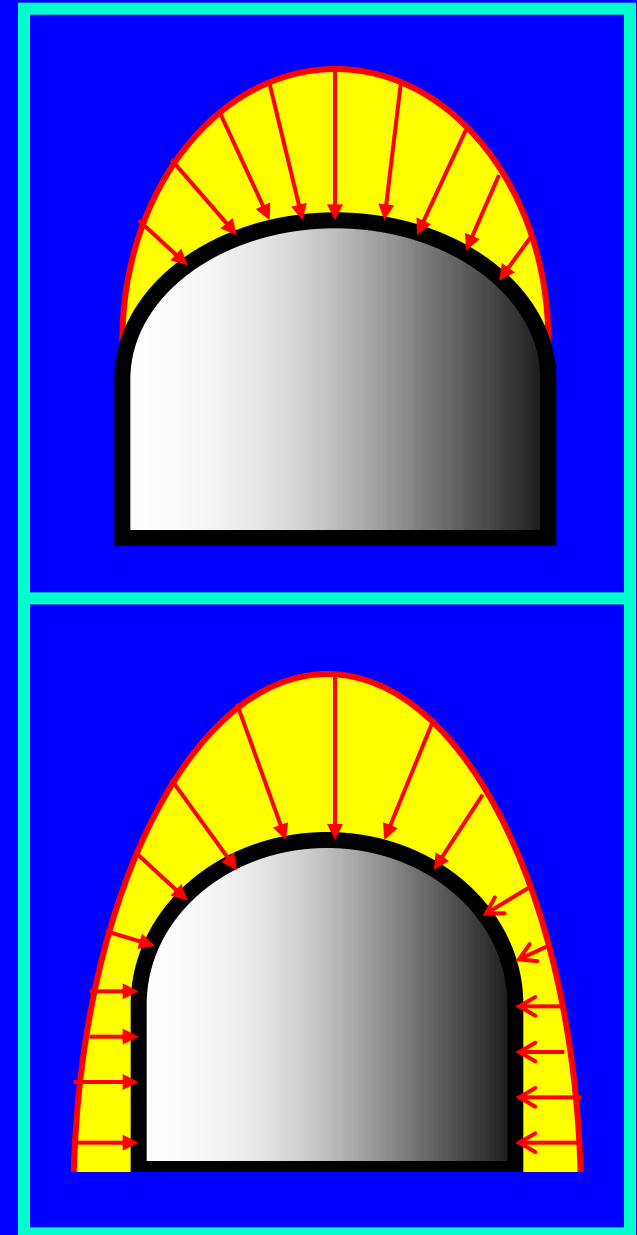
CARGAS DE DISEÑO PARA EL REVESTIMIENTO DEFINITIVO

Gravity effect

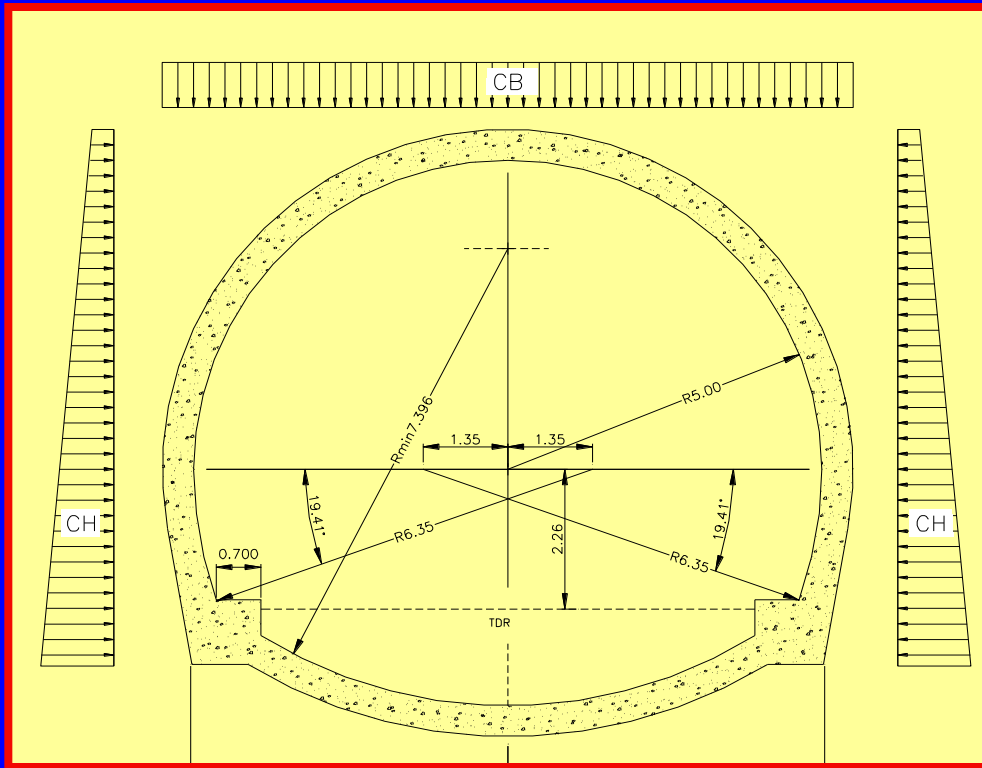
Decompression is accompanied by the formation of an unstable zone above the crown which might eventually collapse



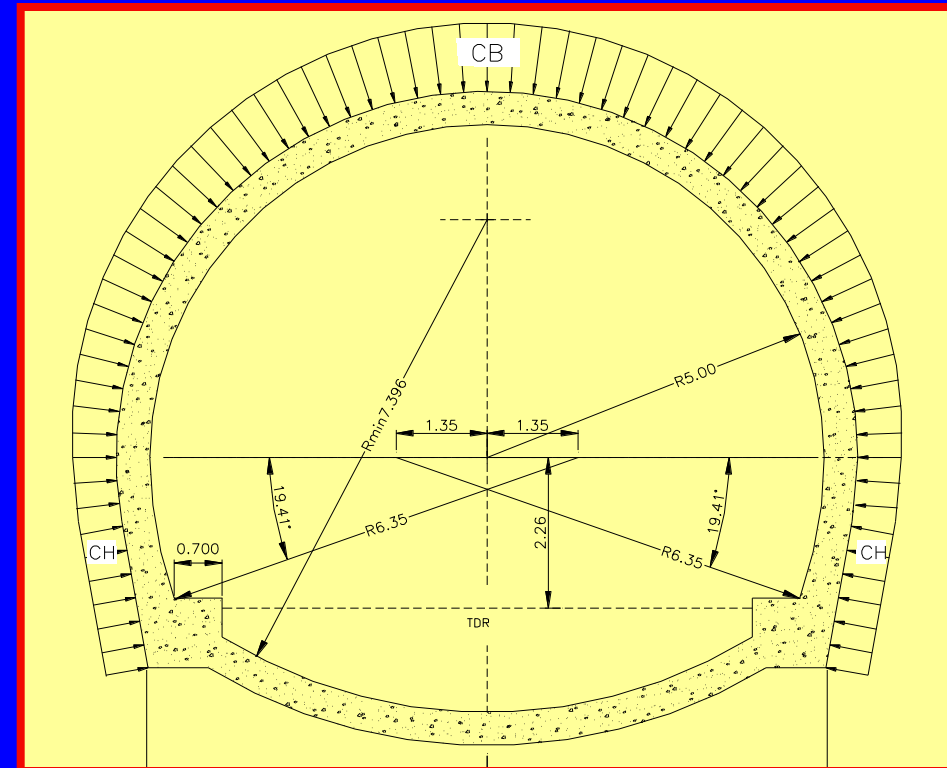
- Gravity effect on decompressed zone



CARGAS DE DISEÑO PARA EL REVESTIMIENTO DEFINITIVO



Esquema de Cargas
Coberturas Moderadas
 $CB = \gamma H$ $CB = \gamma \alpha (b + Ht)$



Esquema de Cargas
Coberturas Elevadas
 $CB = \gamma (R_p - R)$

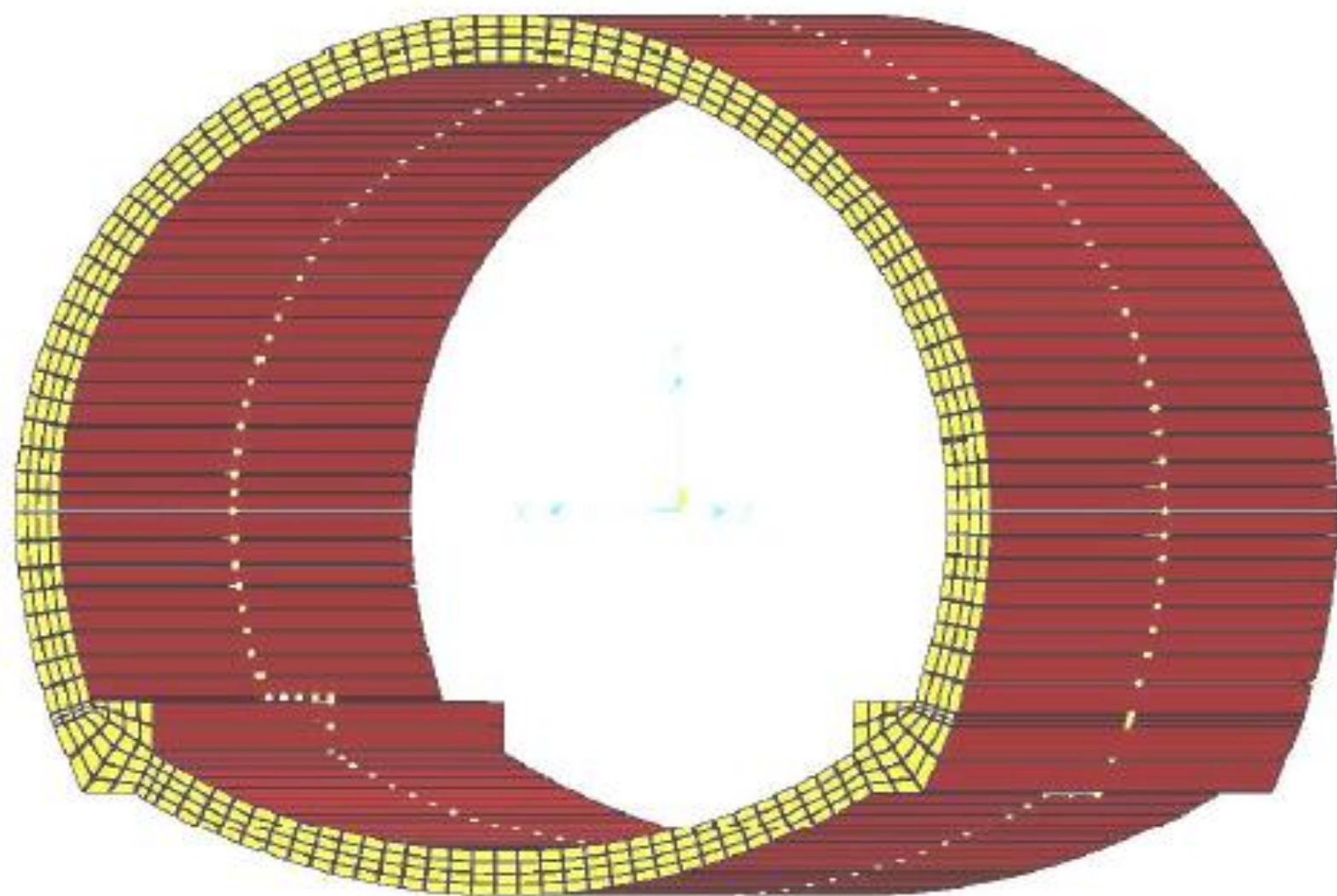
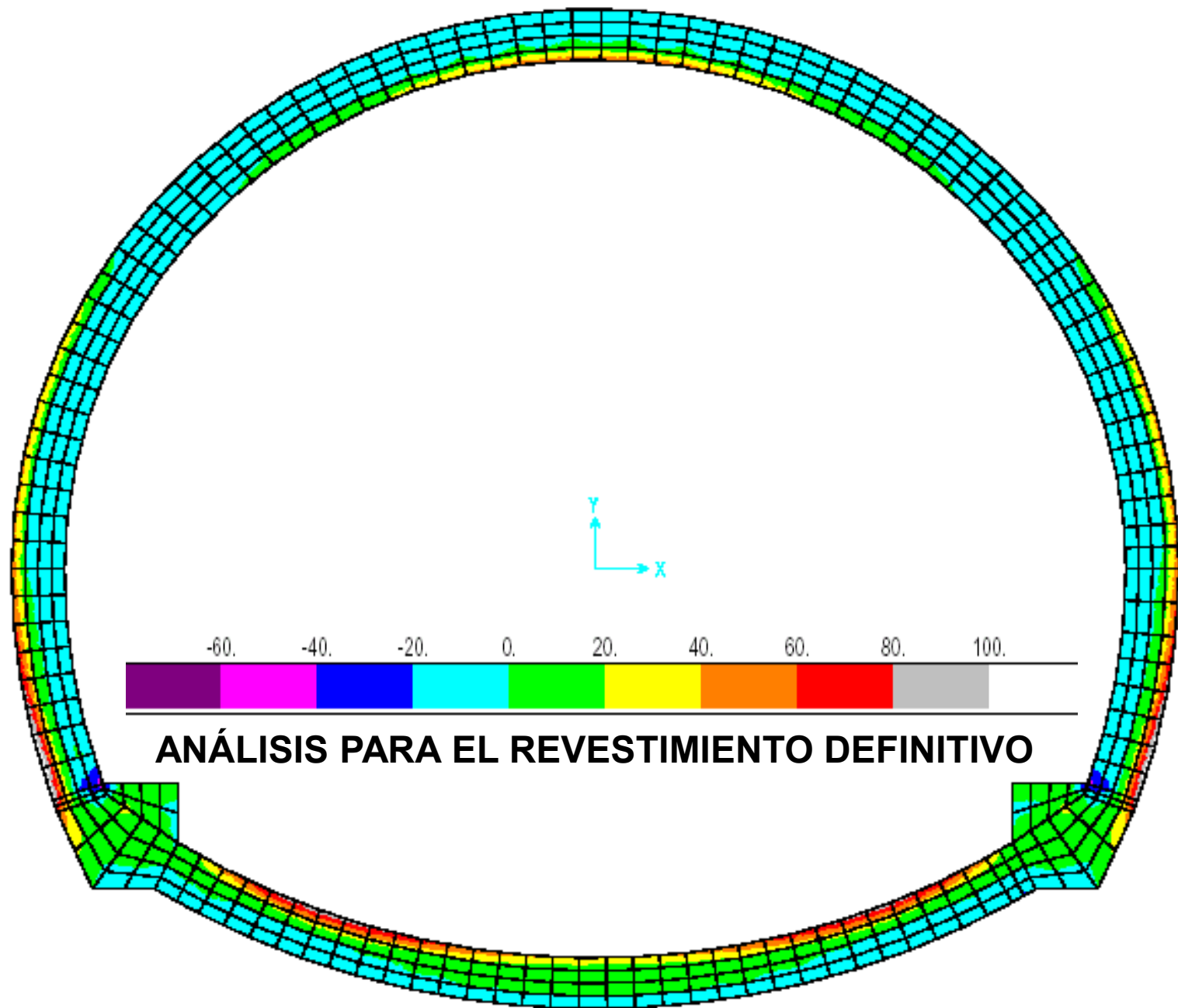


Figura 22 *Modelo numérico SAP para el revestimiento de los túneles*



REVESTIMIENTOS EN BAJAS COBERTURAS

CASOS	Terreno Más Rígido		Terreno Menos Rígido		REVEST. Tipo
	Tracción Boveda (Kg/cm ²)	Tracción Hastiales (Kg/cm ²)	Tracción Boveda (Kg/cm ²)	Tracción Hastiales (Kg/cm ²)	
1	24.60	2.43	131.50	101.70	RF2-Pc
16	12.50	0.95	34.40	11.60	RF2-Pc
2	42.20	7.40	221.00	178.10	RF2-Pd
3	32.60	4.30	175.50	141.80	RF2-Pd
4	16.70	2.10	53.30	12.80	RF2-Pd
5	4.80	0.57	27.50	4.30	RF2-Pc
6	1.83	0.35	15.40	0.76	RF1
7	46.60	11.60	276.30	250.00	RF2*
8	44.95	10.80	165.30	216.70	RF2-Pd

REVESTIMIENTOS EN ALTAS COBERTURAS

CASOS	Terreno Más Rígido		Terreno Menos Rígido		REVEST. Tipo
	Tracción Boveda (Kg/cm ²)	Tracción Hastiales (Kg/cm ²)	Tracción Boveda (Kg/cm ²)	Tracción Hastiales (Kg/cm ²)	
9	0.60	0.40	1.52	1.90	RF1
10	1.20	0.70	6.60	0.83	RF2-Pc
11	0.29	0.16	0.70	0.75	RF1
12	2.40	4.20	20.50	1.60	RF2-Pd
13	0.65	0.31	3.60	0.00	RF2-Pc
14	4.20	1.65	55.40	1.80	RF2*
15	3.70	2.41	32.70	2.70	RF2-Pd

Esfuerzos máximos de tracción en el revestimiento obtenidos de los análisis numéricos

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS DEL REVESTIMIENTO DEFINITIVO

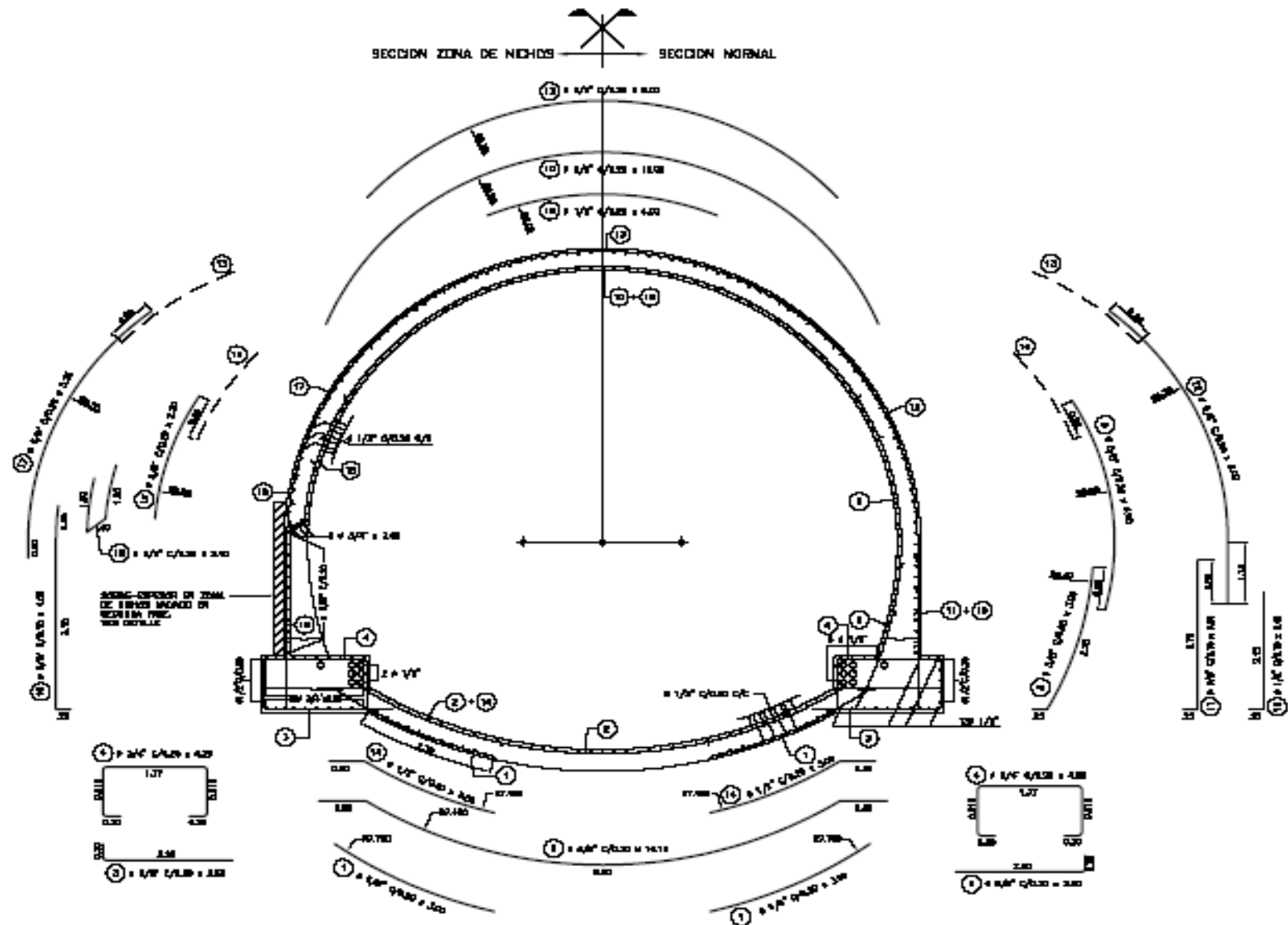
Máximas Tracciones en Bóveda y Hastiales (MPa)

<i>Revestimientos</i>	Bajas Coberturas ($\leq H_s$)		Altas Coberturas ($> H_s$)	
	<i>Terrenos Menos Rígidos</i>	<i>Terrenos Más Rígidos</i>	<i>Terrenos Menos Rígidos</i>	<i>Terrenos Más Rígidos</i>
RF (30 cm)	1.54	0.18	0.19	0.06
RF (40 cm)	22.1	4.49	3.27	0.37
RF (50 cm)	27.63	4.66	5.54	0.42

Máximas Tracciones en Bóveda y Hastiales (MPa)

<i>Revestimientos</i>	Bajas Coberturas		Altas Coberturas	
	<i>Terrenos Menos Rígidos</i>	<i>Terrenos Más Rígidos</i>	<i>Terrenos Menos Rígidos</i>	<i>Terrenos Más Rígidos</i>
RF1 (30 cm)	1.54	0.18	0.19	0.06
RF2 (40 cm)	22.1	4.49	3.27	0.37
RF2* (50 cm)	27.63	4.66	5.54	

REVESTIMIENTO DEFINITIVO EN CONCRETO ARMADO



REVESTIMIENTO DEFINITIVO EN CONCRETO FIBROREFORZADO

COBERTURAS $\leq H_i$		$H_i < \text{COBERTURAS} \leq H_s$		COBERTURAS $> H_s$	
GSI ≤ 20 RF armado					
20 < GSI ≤ 40	RF armado	20 < GSI ≤ 40	RF (50 cm)	0.20 < IC ≤ 0.30	RF (40 cm)
40 < GSI ≤ 60	RF (50 cm)	40 < GSI ≤ 60	RF (40 cm)	0.30 < IC ≤ 0.45	RF (40 cm)
GSI > 60	RF (40 cm)	GSI > 60	RF (30 cm)	IC > 0.45	RF (30 cm)

CARACTERÍSTICAS DEL CONCRETO FIBROREFORZADO VACIADO EN SITIO

RF armado

RF (50 cm)

feq $\geq 5 \text{ MPa}$

RF (40 cm)

feq $\geq 4 \text{ MPa}$

RF (30 cm)

feq $\geq 2 \text{ MPa}$

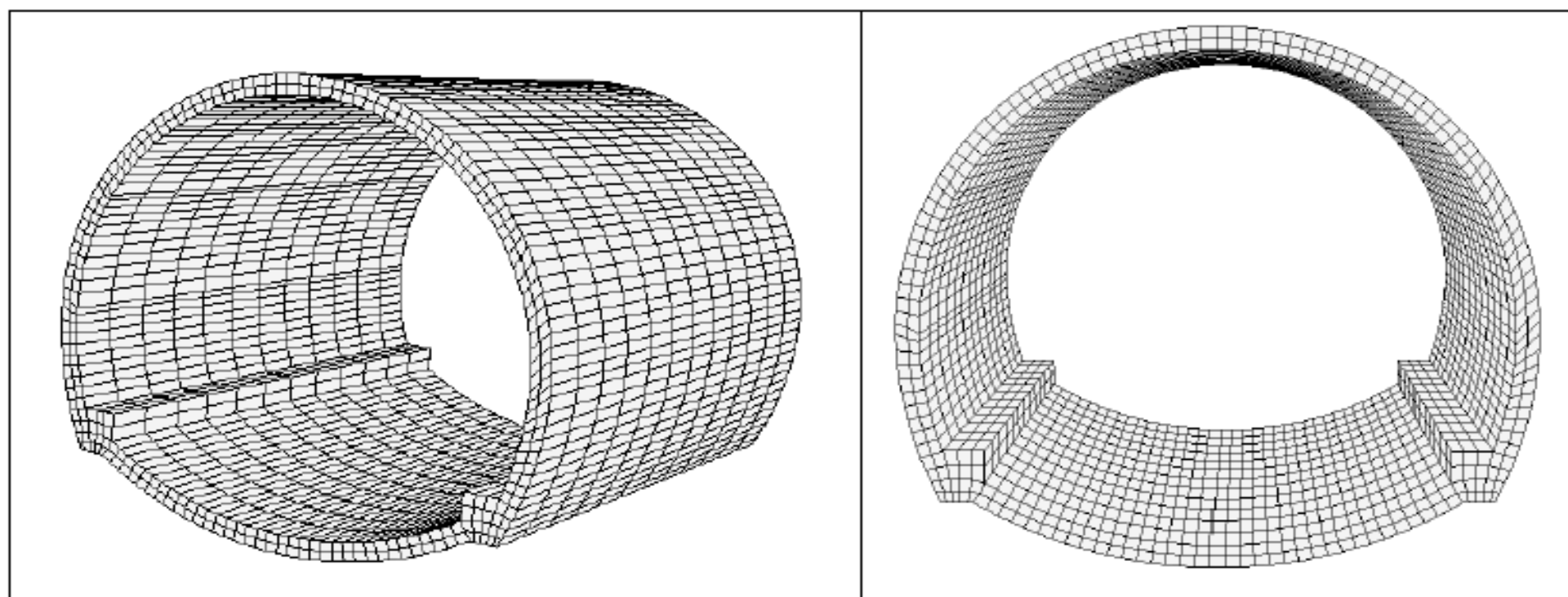


Figura 25 *Mesh tridimensional de 3072 elementos del modelo ABAQUS del revestimiento*

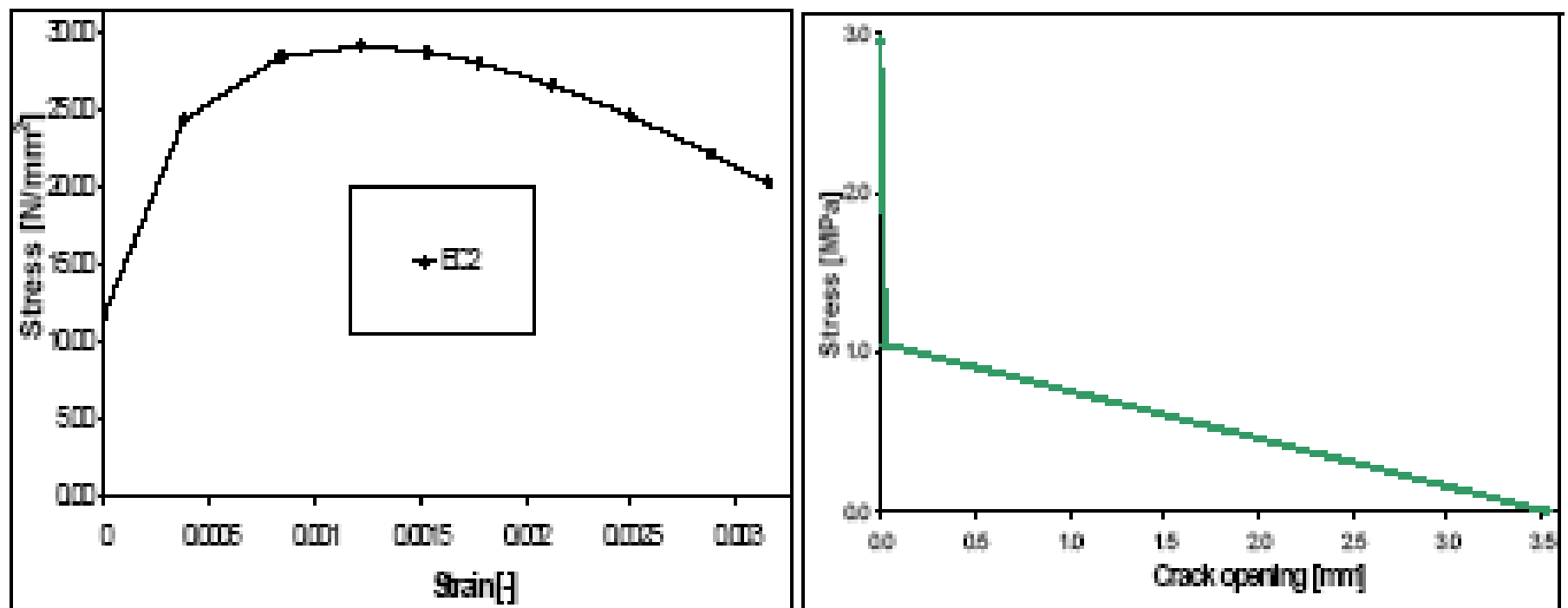
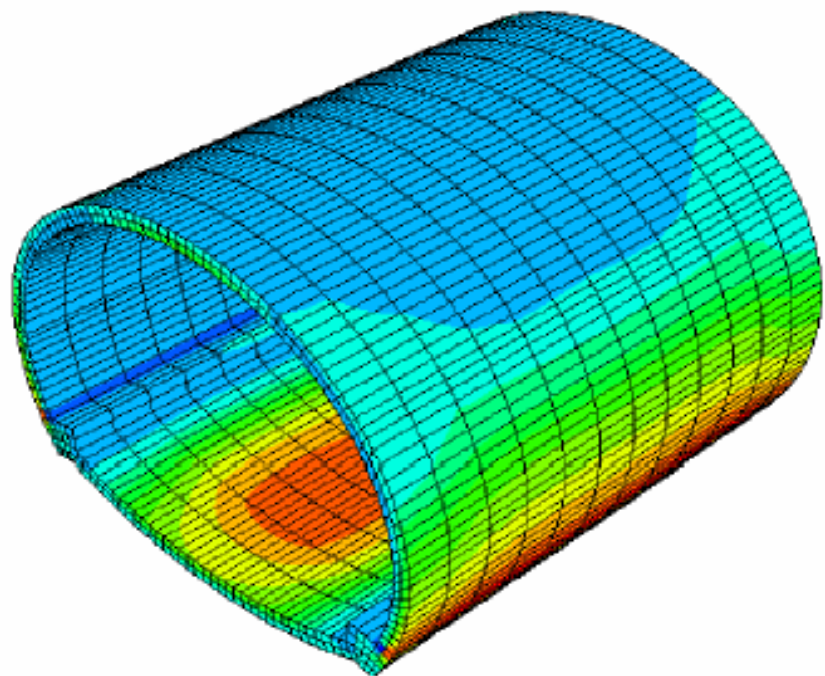
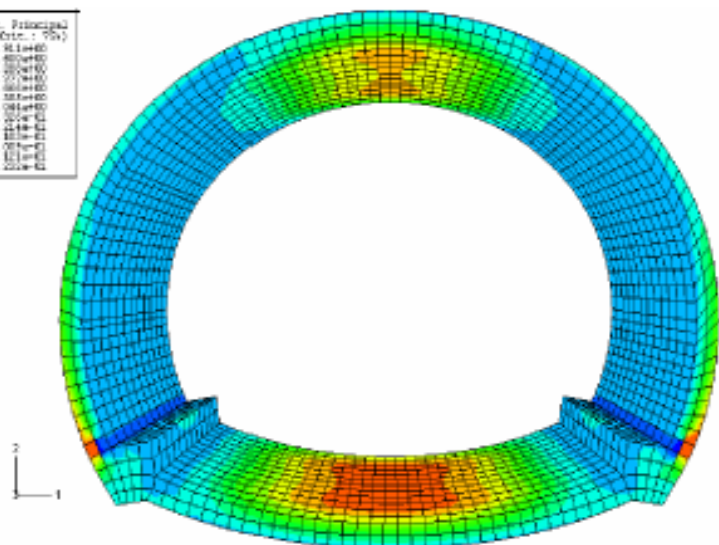
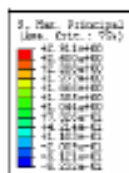


Figura 26 *Comportamientos a compresión y a tracción del concreto fibro-reforzado*



Figuras 28 - 29 *Solicitaciones principales máximas en el revestimiento fibro-reforzado*



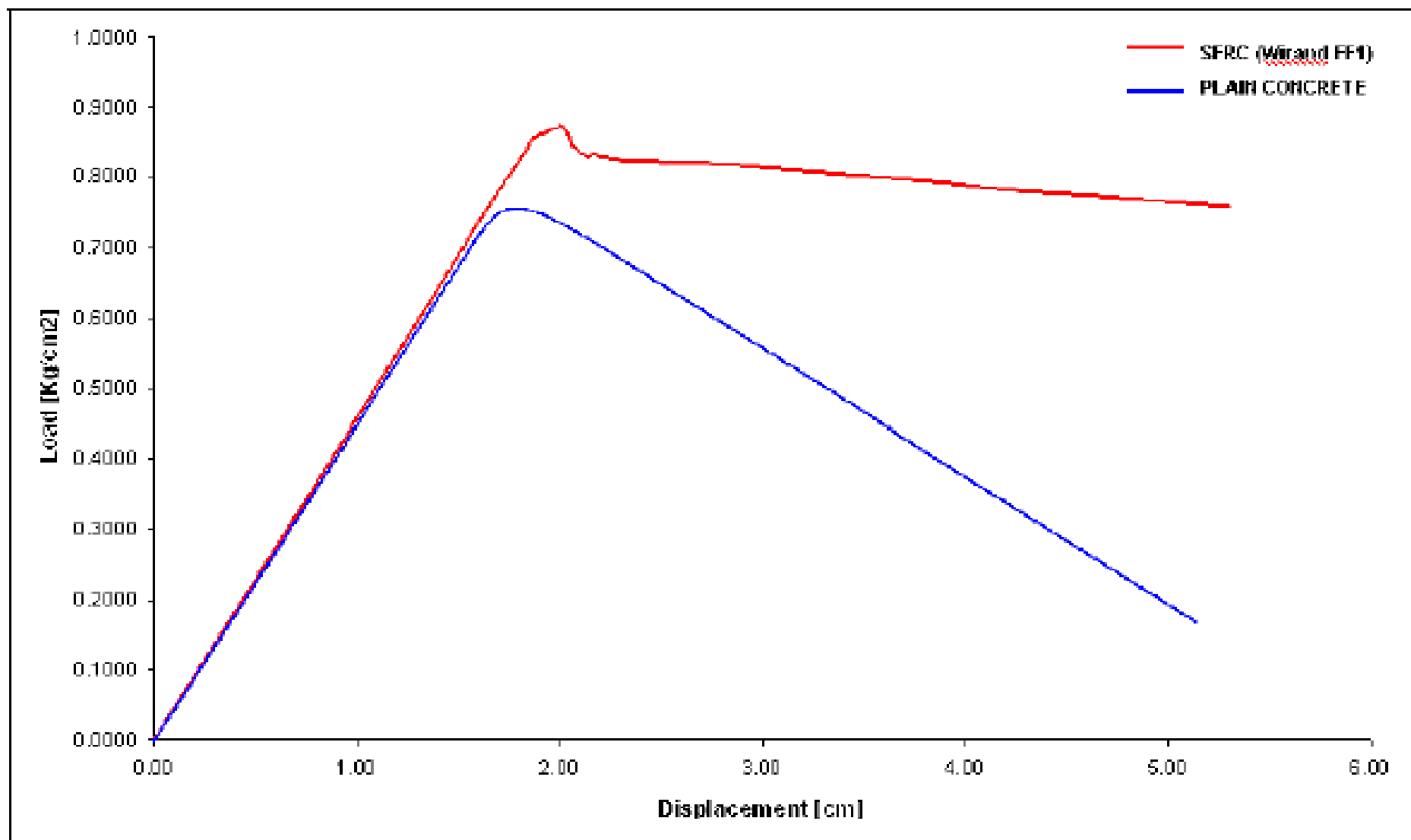


Figura 30 *Presión de bóveda Versus desplazamiento en la clave del revestimiento*







PRE-TÚNEL



FALSO TÚNEL











Diseño de dovelas Pinalito

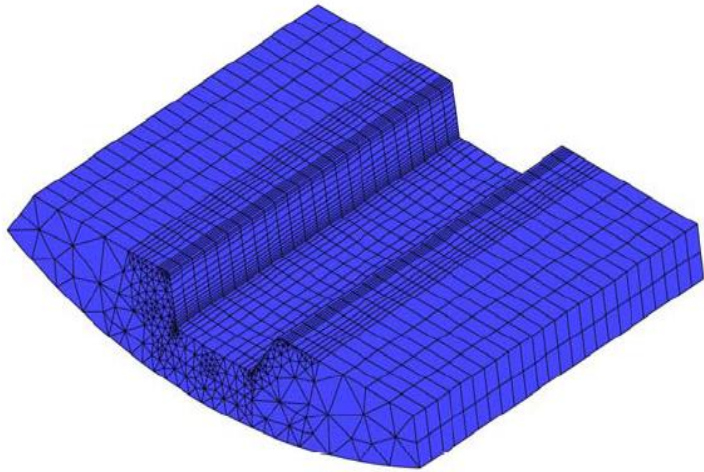


Figura 3. Mesh adottata nella modellazione numerica.

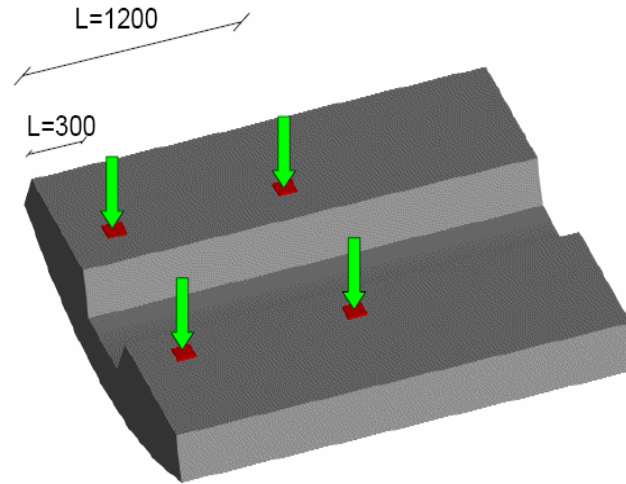


Figura 1. Configurazioni di carico considerate.

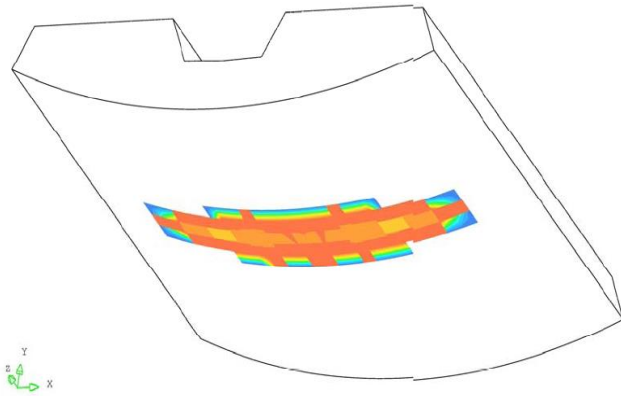


Figura 11. Contour degli sforzi di "cracking" lungo le fessure, Maximum Load.

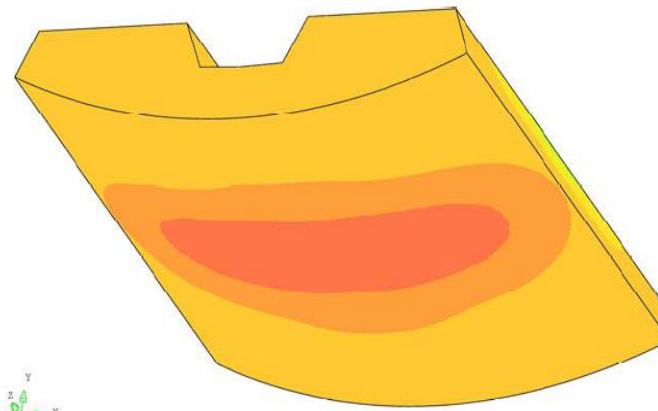
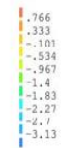
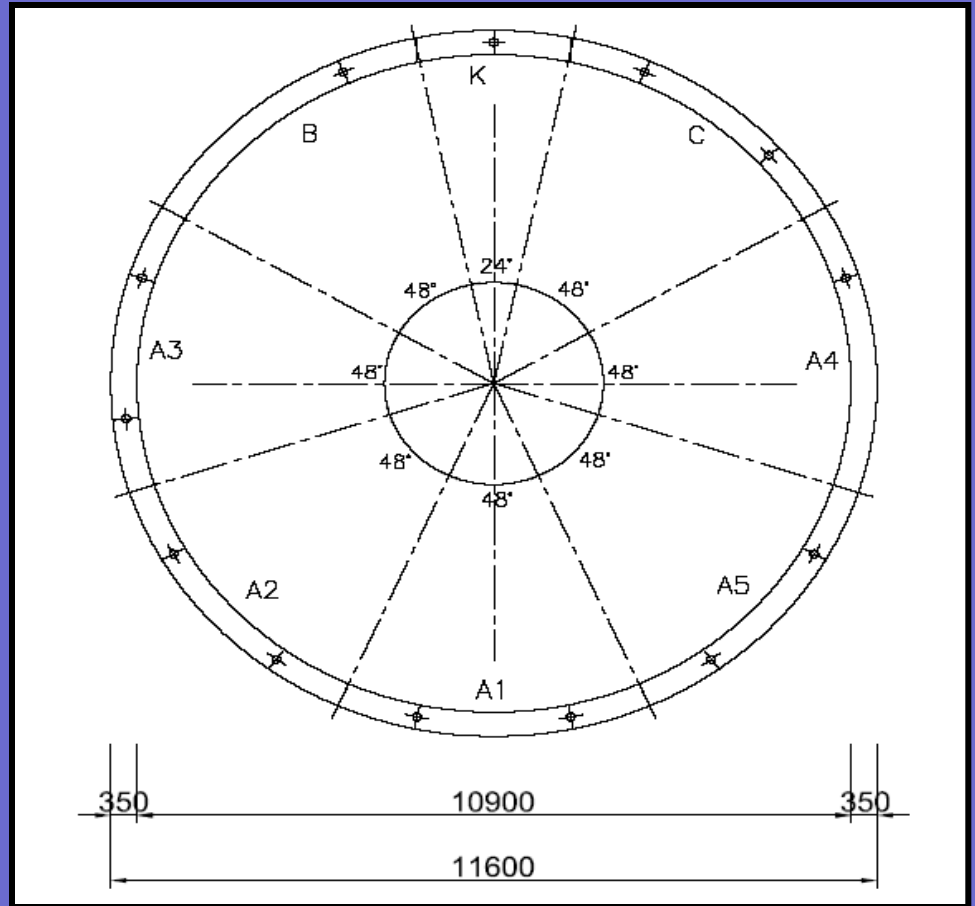
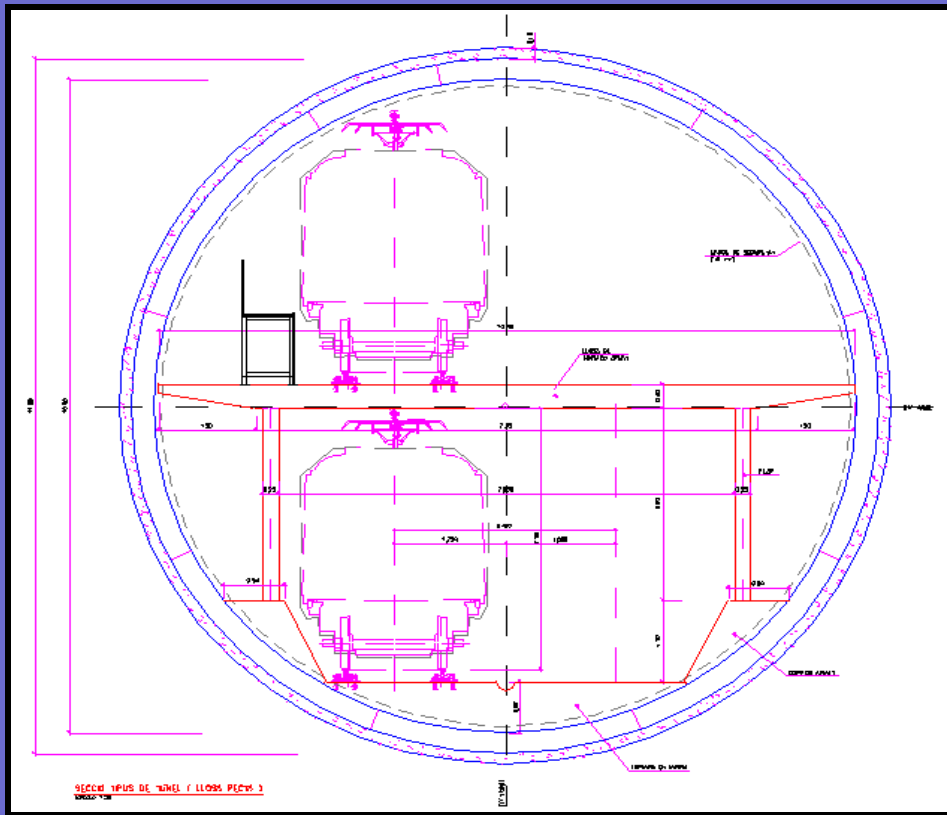


Figura 8. Contour degli sforzi in direzione z, Service Load.



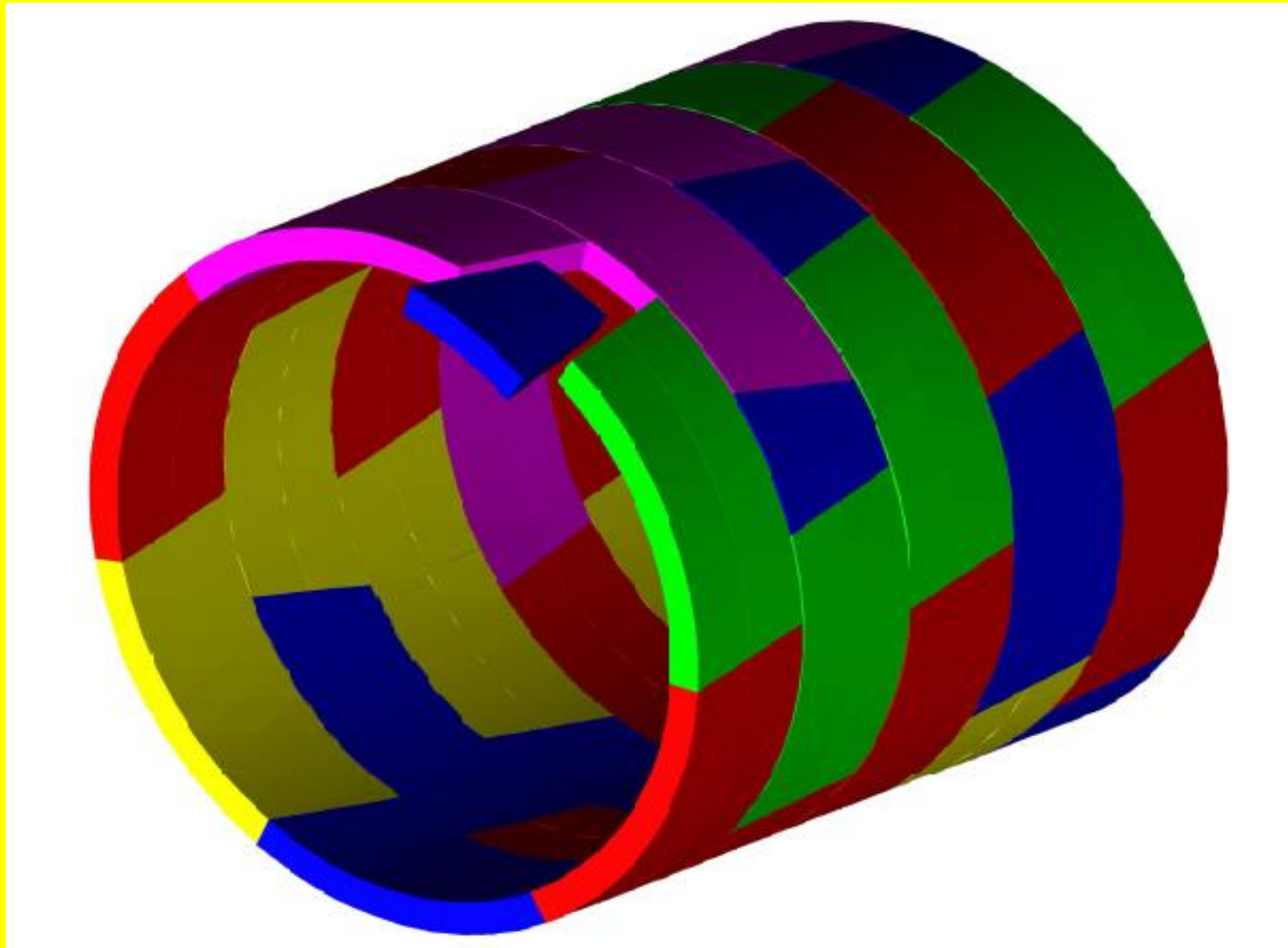
TÚNELES CONSTRUIDOS CON TBM

Revestidos con Anillos Prefabricados



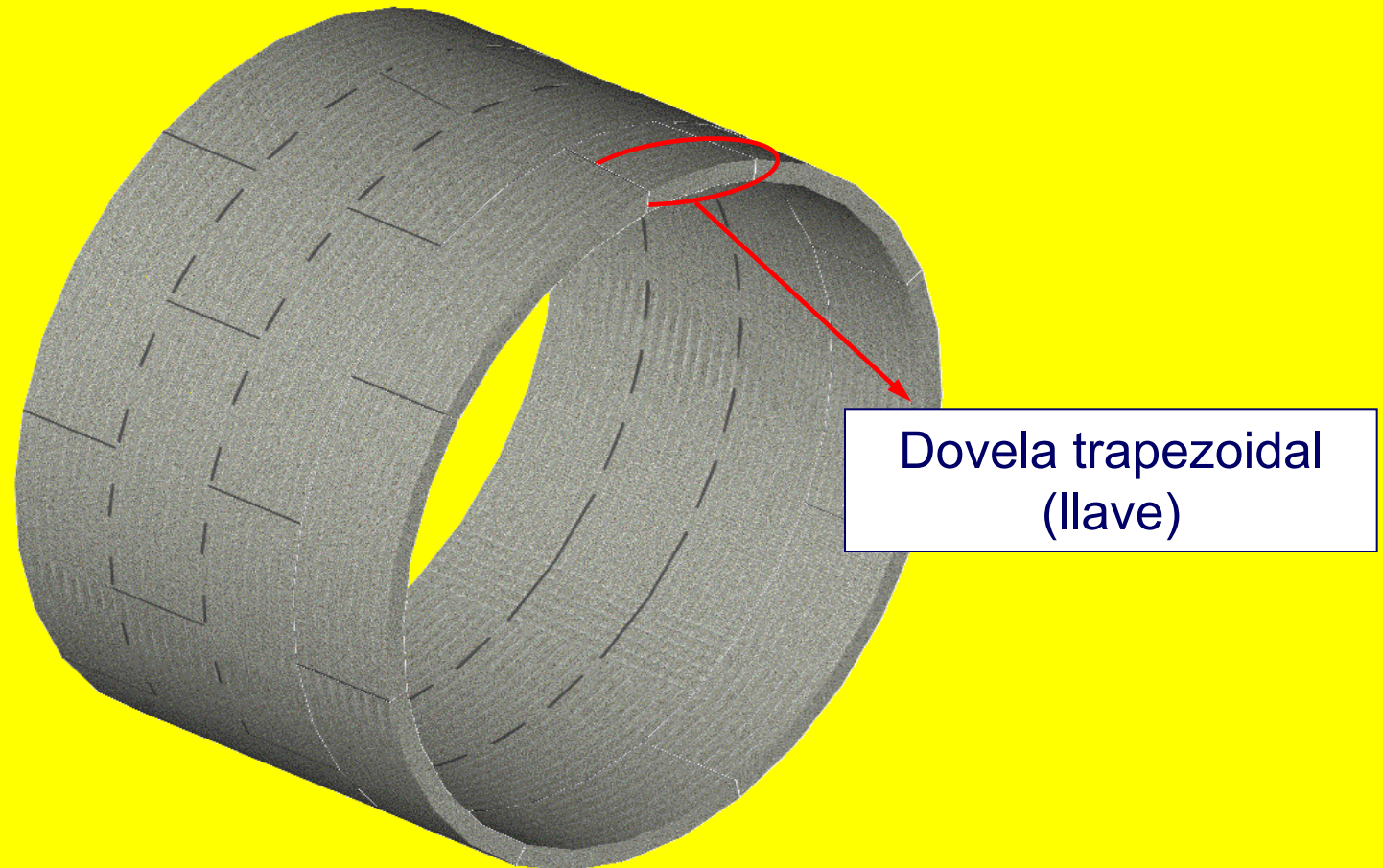
Típico Ejemplo de Anillos Prefabricados

Cada anillo de revestimiento está compuesto por 7 dovelas + 1 llave

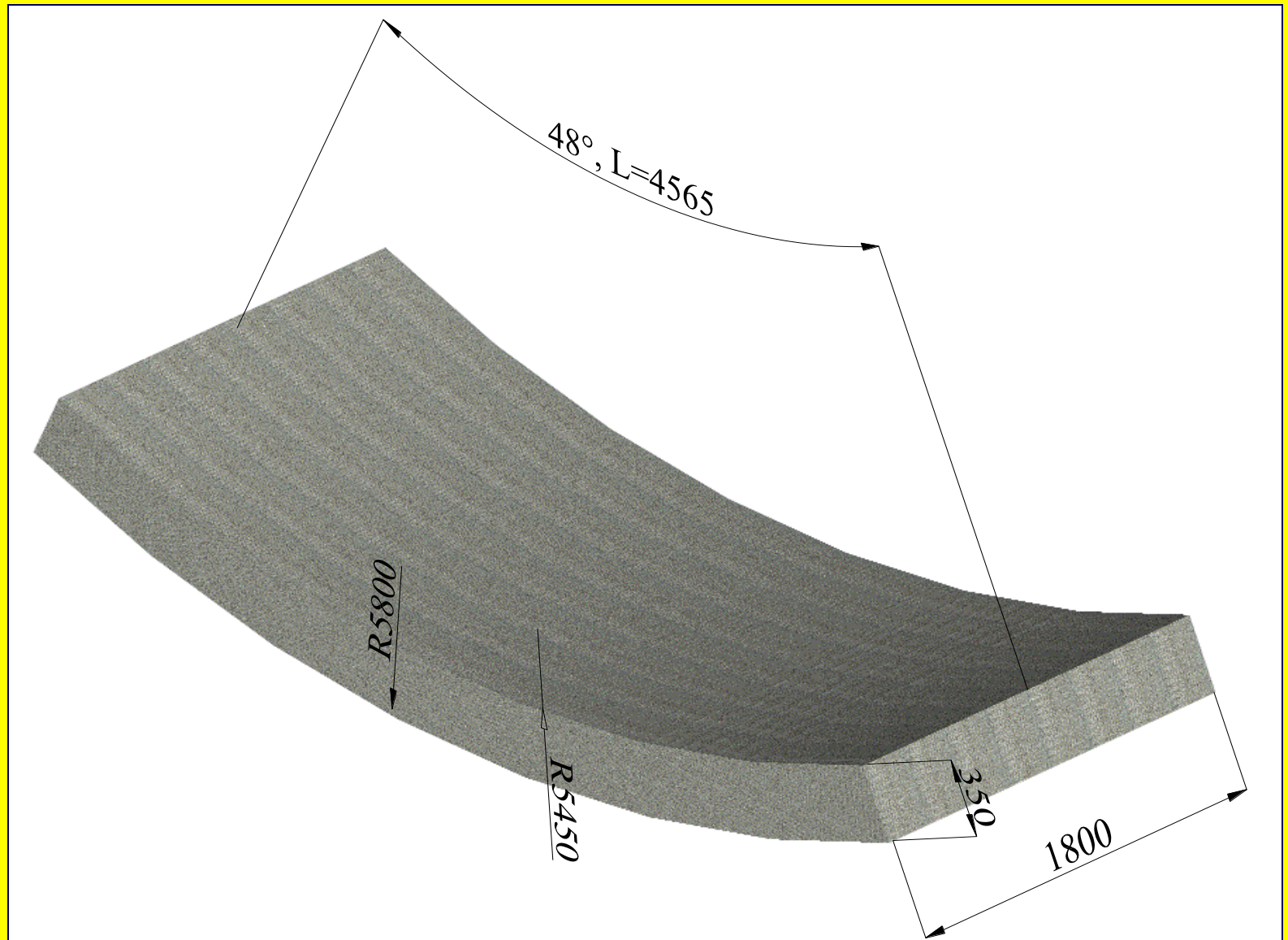


Típico Ejemplo de Anillos Prefabricados

Cada anillo de revestimiento está compuesto por 7 dovelas + 1 llave



Ejemplo de Dovela Prefabricada





2006 4 7

EJEMPLO DE ANÁLISIS PARA ANILLOS FIBRO-REFORZADOS

Características de las fibras de acero:

(La matriz del Concreto es C50/60)

Se consideran dos tipos de fibras:

Wirand FF1



Shape	hooked
Ultimate tensile strength [MPa]	1100
Modulus of elasticity [MPa]	210000
Cross Section	circular
Length [mm]	50
Diameter [mm]	1
Aspect Ratio	50

Doisicación

- 35 kg/m³
- 45 kg/m³

Wirand FF3

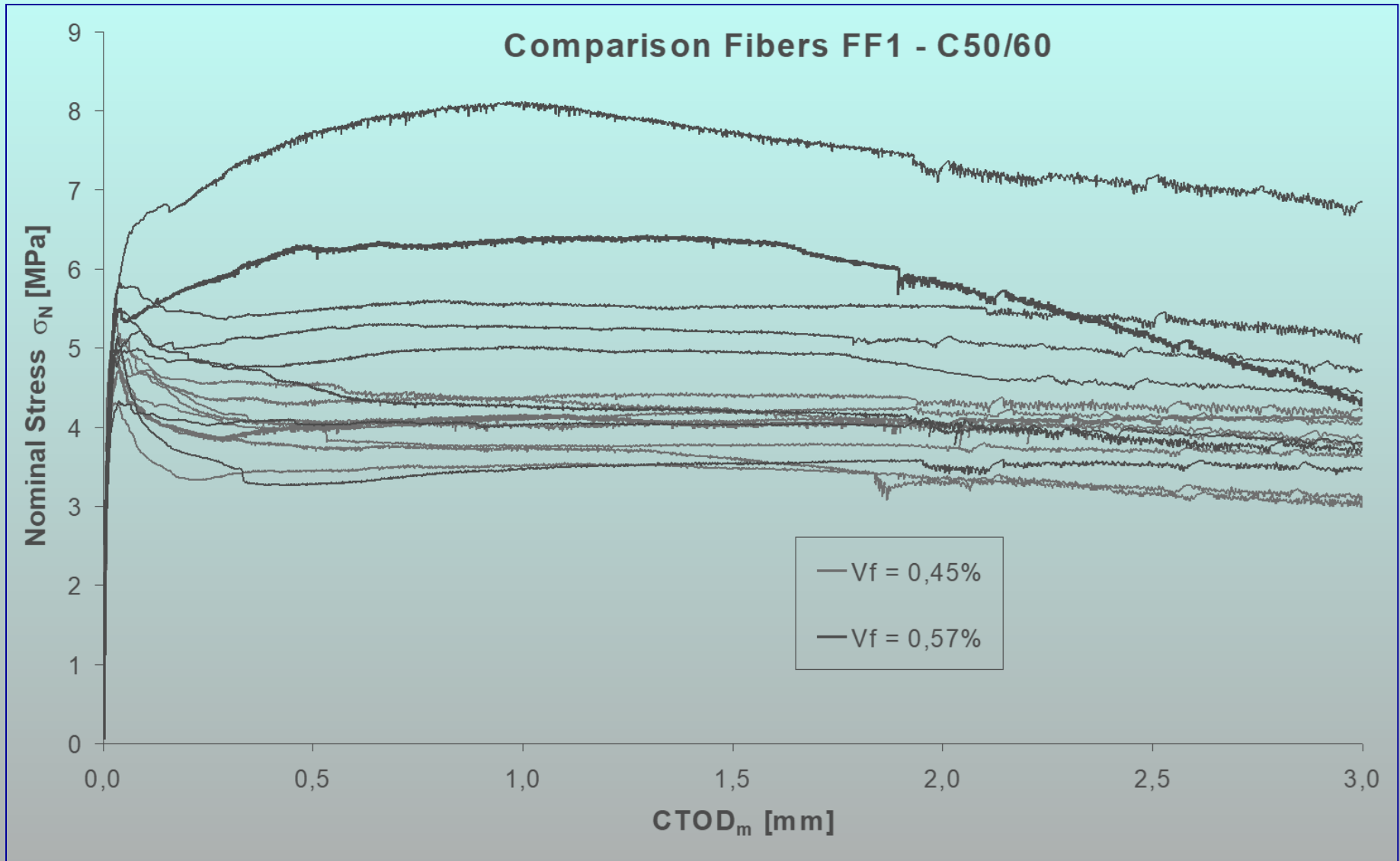


Shape	hooked
Ultimate tensile strength [MPa]	1100
Modulus of elasticity [MPa]	210000
Cross Section	circular
Length [mm]	50
Diameter [mm]	0,75
Aspect Ratio	67

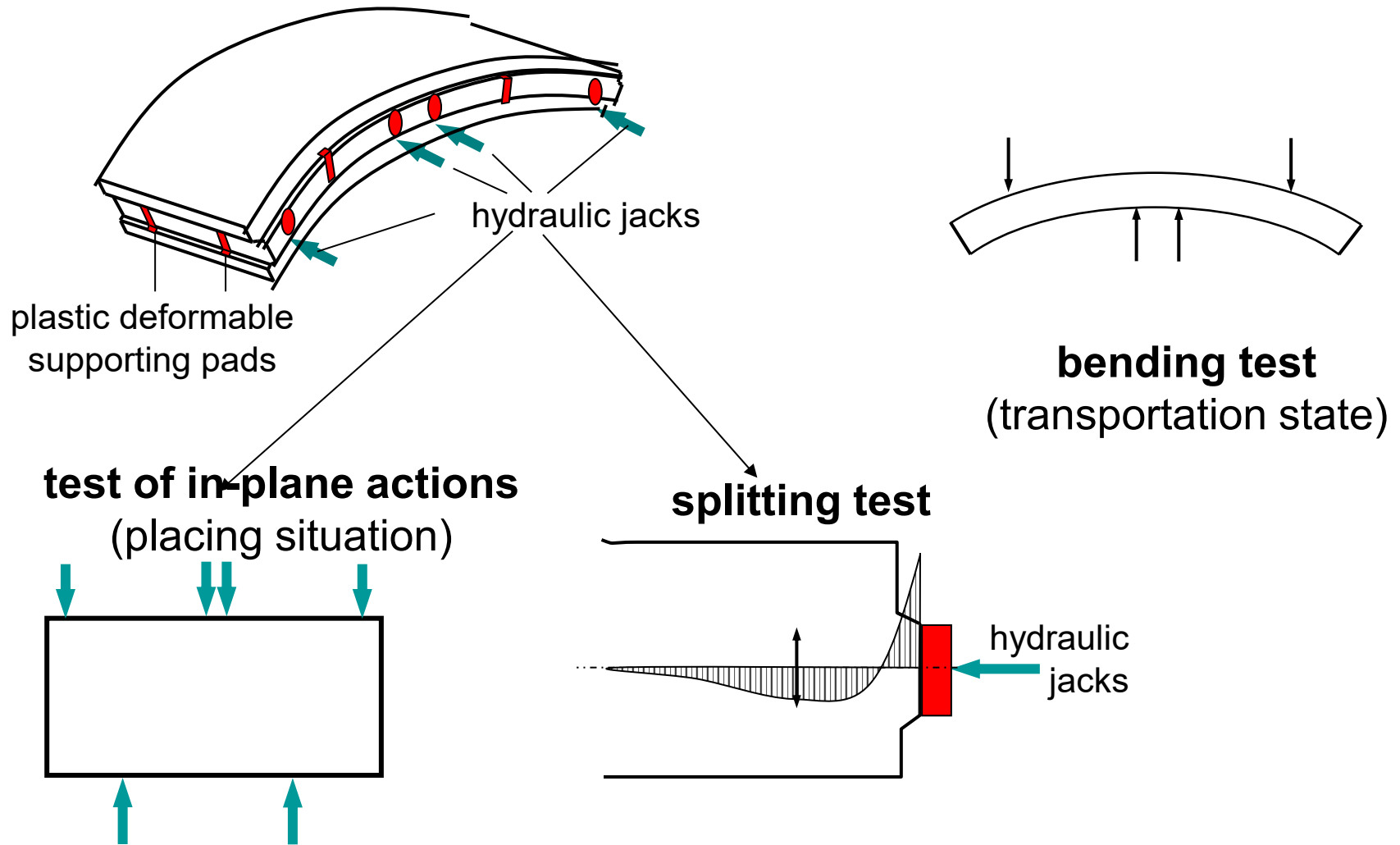
Dosificación

- 25 kg/m³
- 35 kg/m³

Caracterización Experimental del material

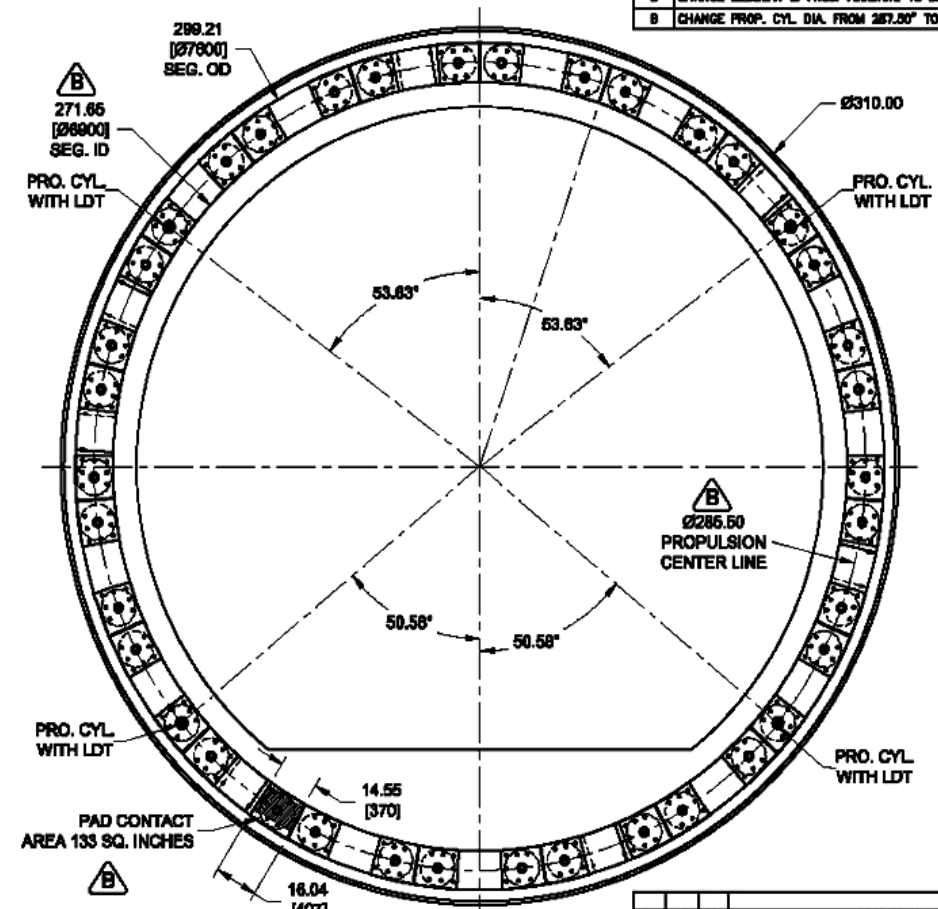
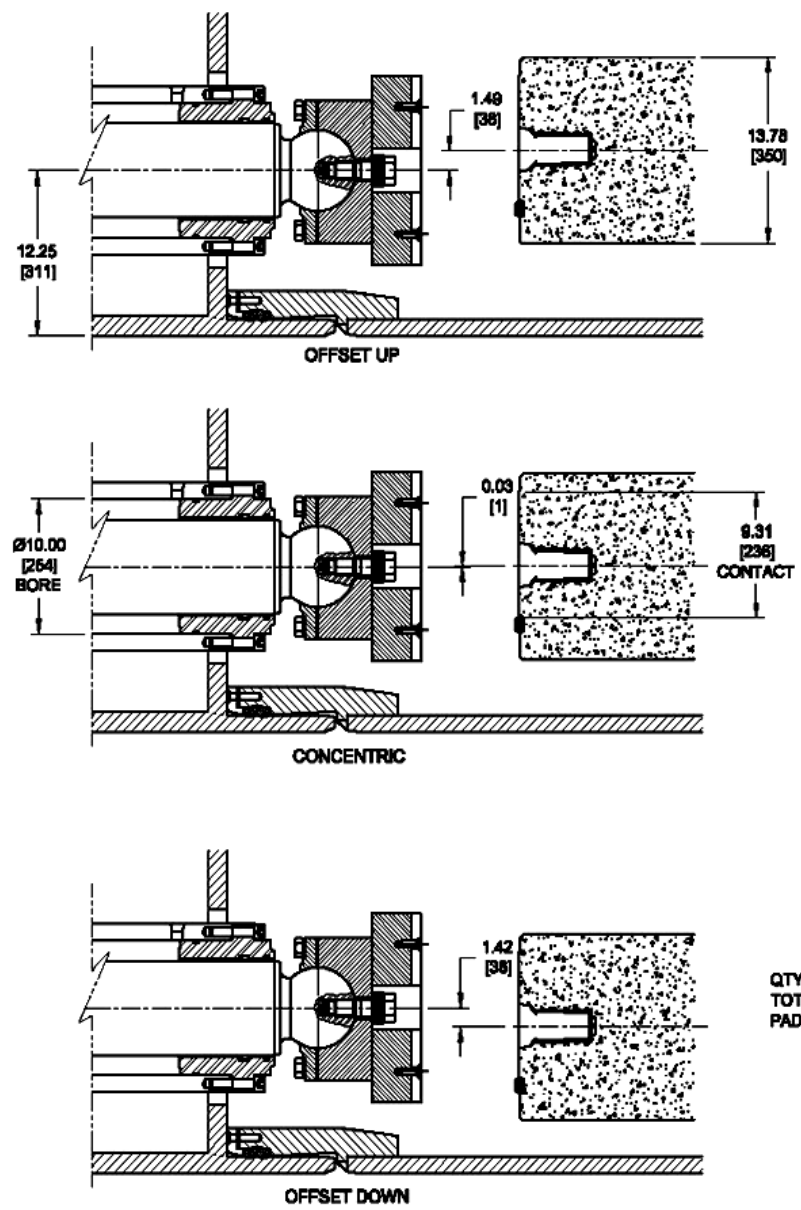


Condiciones principales de cargas sobre dovelas



THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LOVAT INC. IT SHALL NOT BE REPRODUCED OR MODIFIED IN ANY WAY WITHOUT THE EXPRESS PERMISSION OF LOVAT INC.

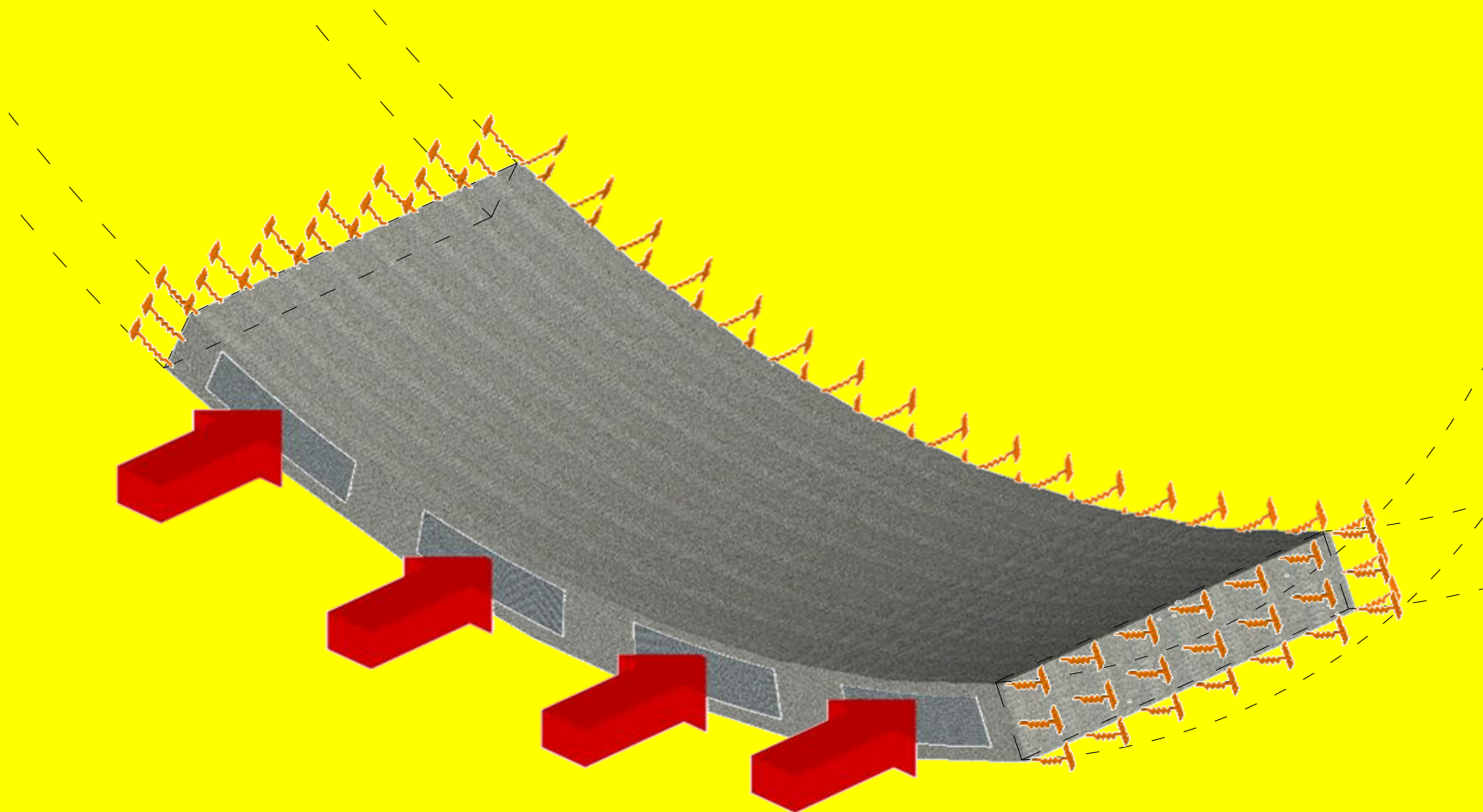
REV.	DESCRIPTION	BY	DATE
A	CHANGE SEDIMENT AND TBM NOMINAL DIA.	APA	14-DEC-07
B	CHANGE SEDIMENT ID FROM 7000mm. TO 8900mm.	APA	14-MAR-07
B	CHANGE PROP. CYL. DIA. FROM 287.50" TO 288.50"	APA	14-MAR-07



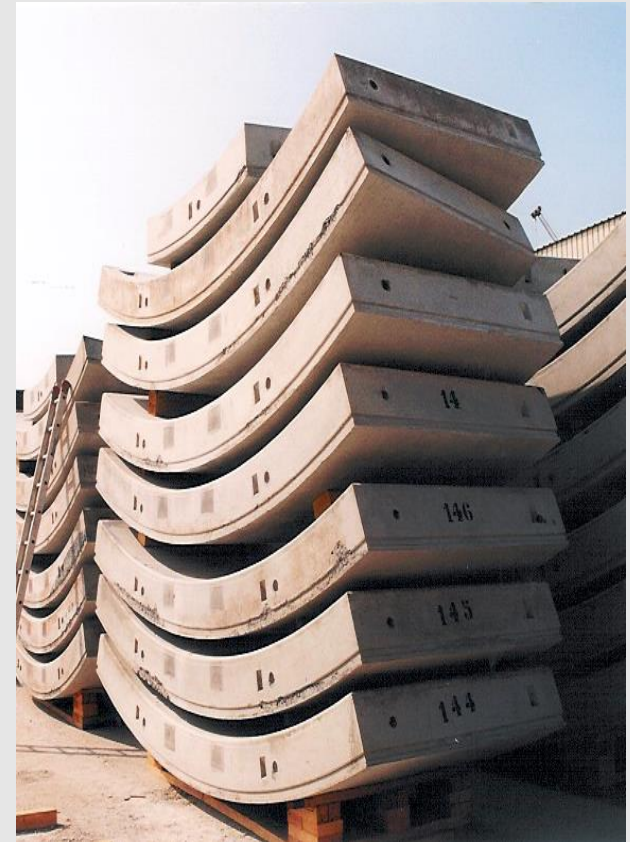
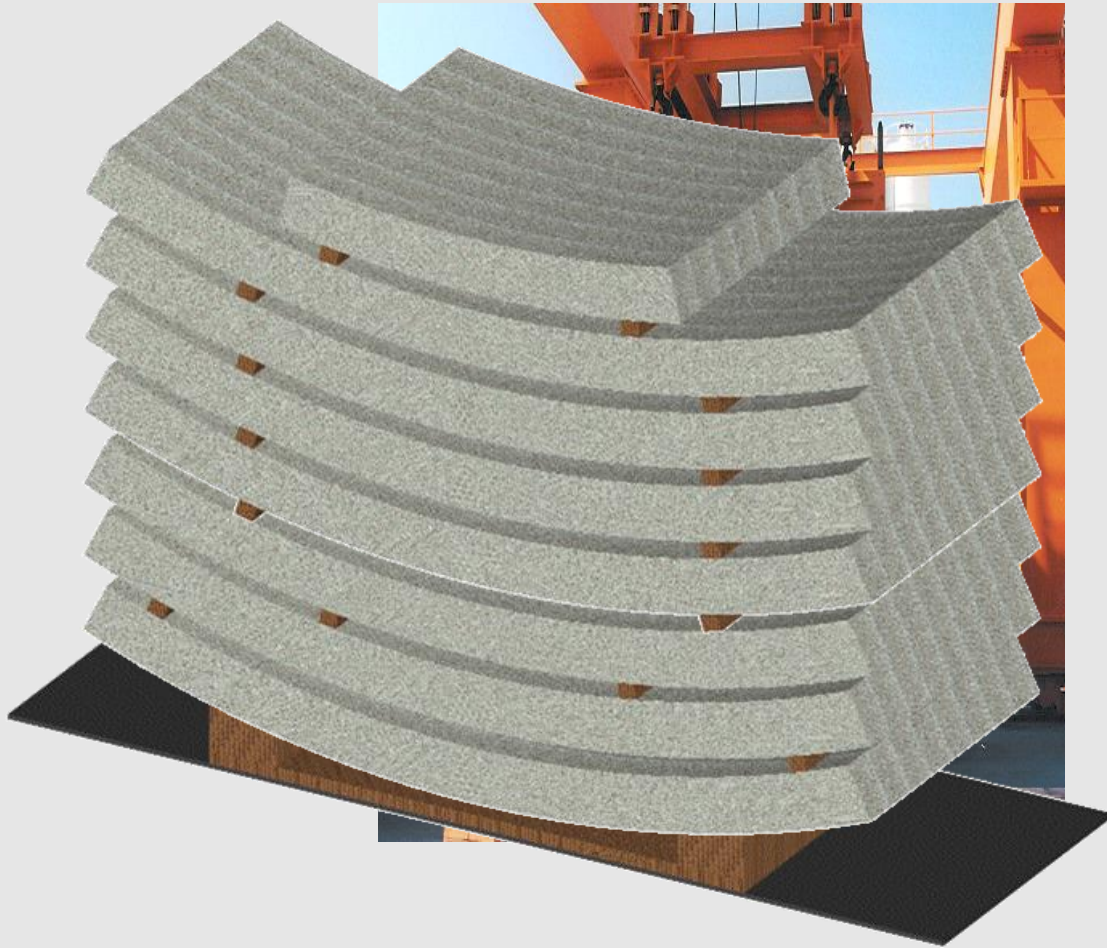
QTY 2X18 PROPULSION CYLINDERS 10.00" BORE
 TOTAL THRUST @4000 pal (276 bar) = 5889 Ton (5415 tonne)
 PAD CONTACT PRESSURE @4000 pal (276 bar) = 2362 pal (16.29 Mpa)

ITEM	QTY	UOM	DESCRIPTION	PART No.
LOVAT				
THIS DRAWING IS THE PROPERTY OF LOVAT INC. IT SHALL NOT BE REPRODUCED OR MODIFIED IN ANY WAY WITHOUT THE EXPRESS PERMISSION OF LOVAT INC.			CUSTOMER: Ohella S.p.A.	
UNLESS SPECIFIED, ALL DIMS AND DIMENSIONS SHALL BE IN METERS			PROJECT: ME310 8E series 24500	
DESIGNED: 03-DEC-07 APA DRAWN: 03-DEC-07 APA CHECKED: 14 Mar 08 AP APPROVED: 30 Mar 08 OM			TITLE: LAYOUT PROPULSION 310 / 24500	
00-000-TY BY			SCALE: NTS	DRAWING NO.: 218877
			SHEET NO.: 1	REV: B

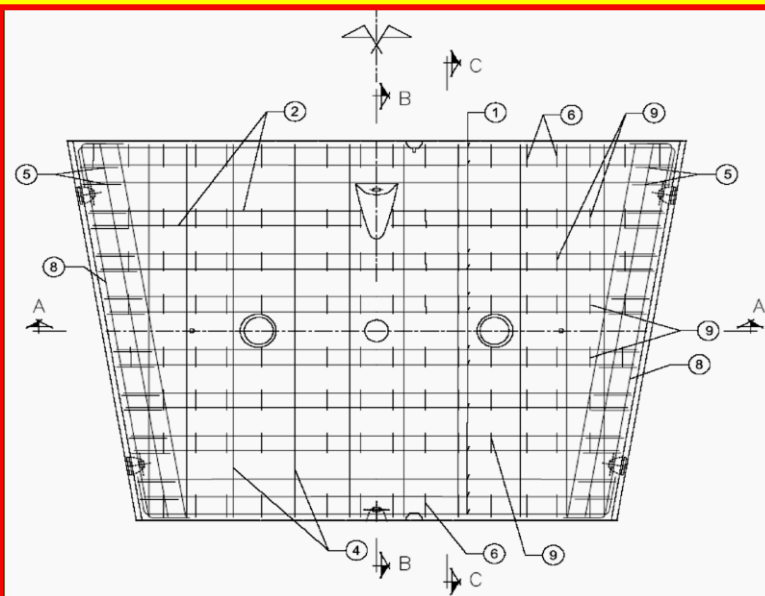
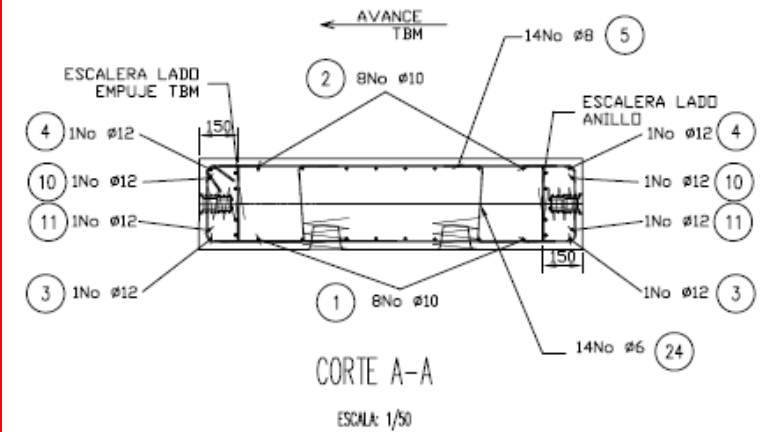
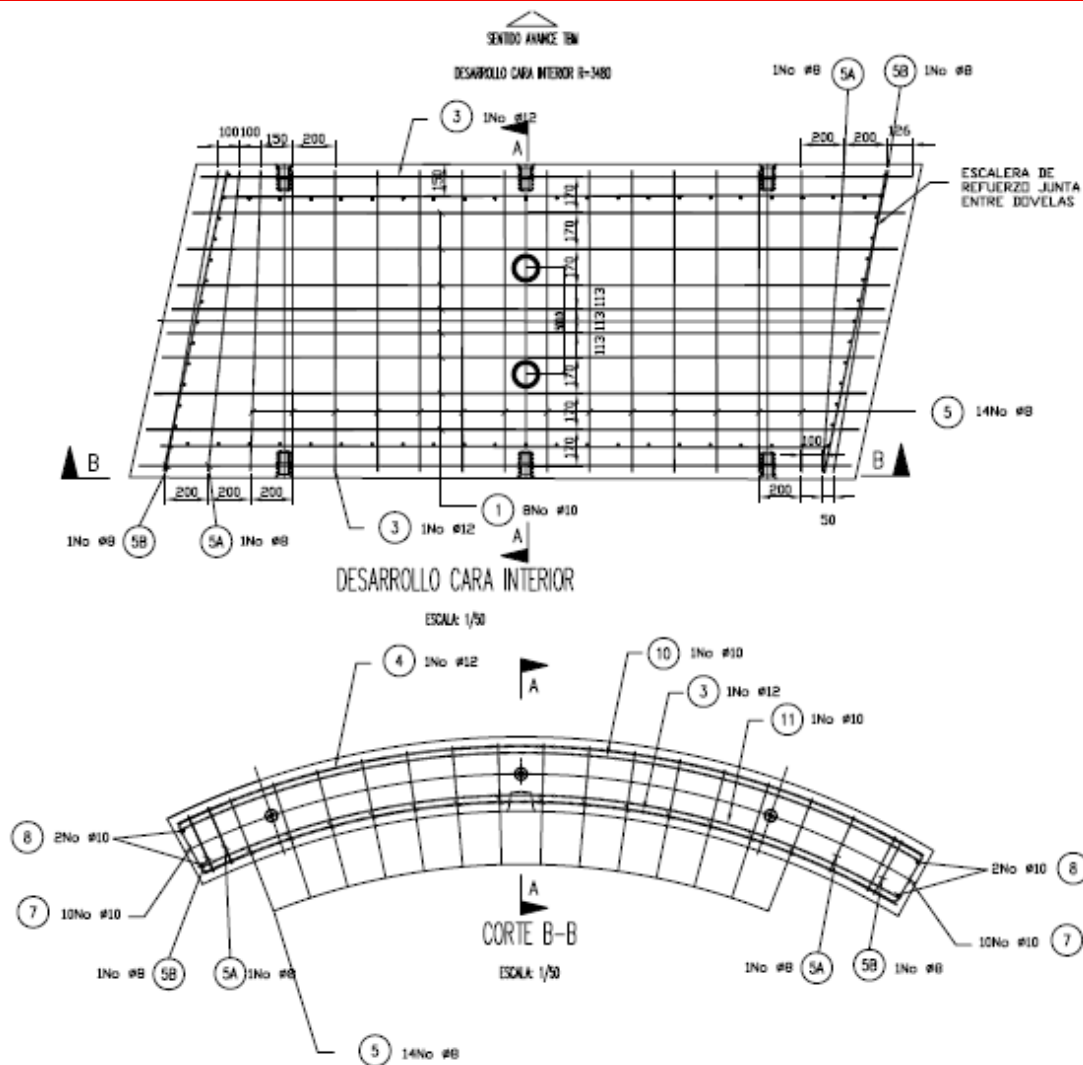
Fase de Empujes en Avance Excavación



Fase de Almacenado



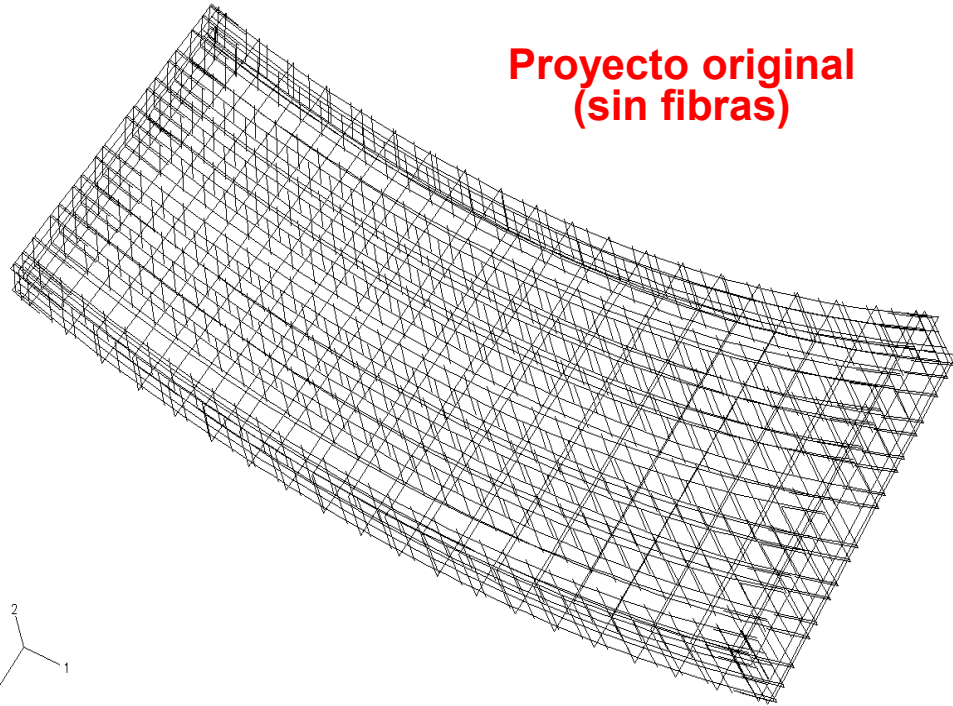
Ejemplos de Armadura Tradicional para las Dovelas



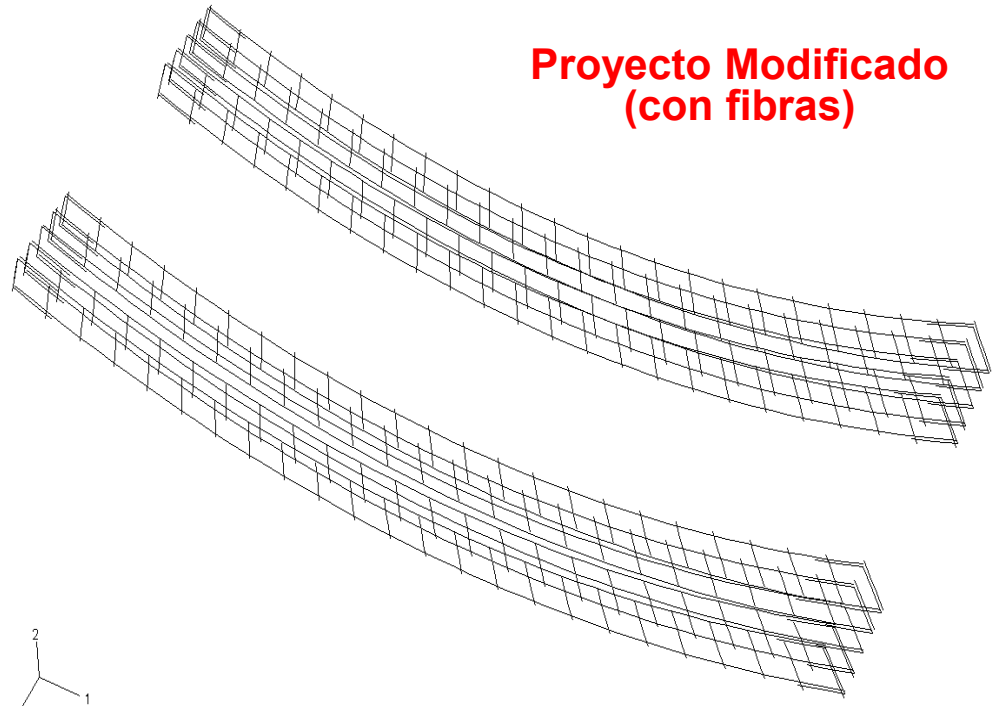
Ejemplos de Armadura Convencional y Mixta para Dovelas

Se prevé el empleo combinado en las dovelas de fibras Wirand FF1-45 y además una armadura consistente de dos elementos (vigas) de borde

**Proyecto original
(sin fibras)**

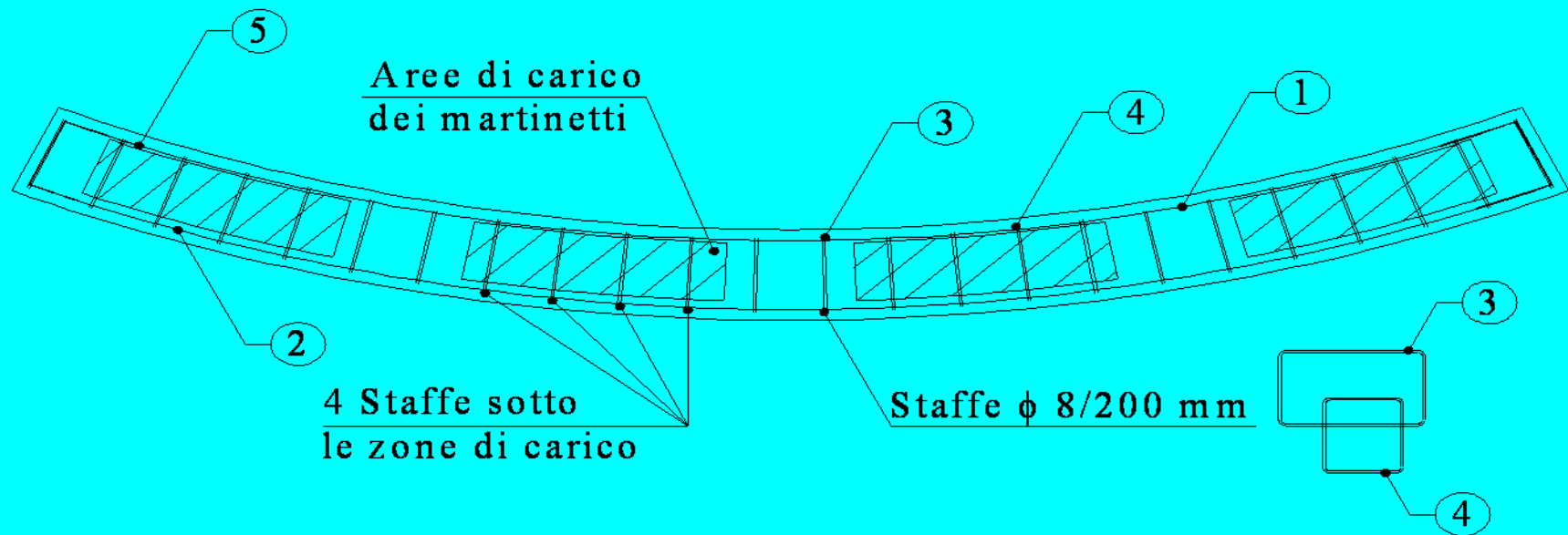


**Proyecto Modificado
(con fibras)**

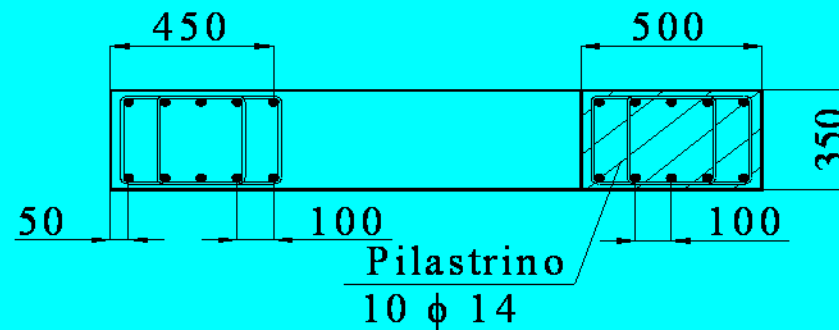


Dettagli de Armadura Mixta para Dovelas

Sezione longitudinale



Sezione trasversale





Concreto Fibroreforzado en Obras Subterráneas

Caracterización y Control de Calidad

Ing. Antonio Gallovich

Concreto fibroreforzado

“La introducción de FIBRAS dentro del concreto tiene como objetivo formar un material compuesto constituido, además que por el esqueleto de agregados y mortero de cemento, también por un elemento de refuerzo fibroso de diferente naturaleza, que permite lograr características mecánicas adicionales, que pueden ser disfrutadas para diseño”

Concreto fibroreforzado

VENTAJAS

- Adquisición de un **Comportamiento Ductil e incremento de la resistencia al corte del material (Conducta Estructural)**
- Prevención de la **Fisura por Retracción**
- Mayor resistencia al **Impacto**
- Mayor resistencia al las **Solicitaciones Térmicas**
- Mejor comportamiento a **Fatiga**
- Menor **Permeabilidad**

Fibras, ¿cual utilizar??



Cuadro Normativo para especificación de fibras:

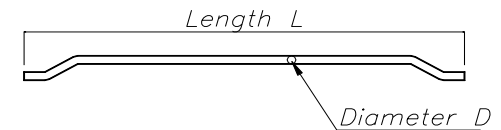
- ***ASTM A820 Standard Specification for Steel Fibers for Fiber Reinforced Concrete***
- ***ASTM C1116 Standard Specification for Fiber reinforced concrete and Shotcrete***
- ***UNI 11037 Steel Fibres for Concrete***
- ***prEN 14889-1 Fibers for concrete : Steel Fibres***
- ***prEN14889 Fibers for Concrete : Polymer Fibres***

Fibras de hilo de acero para el refuerzo del concreto

- Elevada *resistencia a tracción*
- Elevado *módulo de elasticidad*
- Elevado *contenido de fibras* en el concreto
- Distribución *homogénea* de las fibras en el concreto

Características de las fibras de hilo de acero

- **Longitud L :** es la distancia entre las dos extremidades ($6 \leq L \leq 70$)
- **Diámetro (o diámetro equivalente) De :** es el diámetro del hilo, para las FIBRAS de sección transversal circular, o es el diámetro del círculo de área igual a la de la sección transversal de la fibra ($0.15 \leq De \leq 1.20$)
- **Relación de aspecto $l = L/De$:** es la relación entre la longitud L y el diámetro De (o diámetro equivalente)
- **Resistencia a tracción:** se refiere al hilo semielaborado o el de la fibra
- **Forma:** Fibras rectilíneas o fibras amoldadas (longitudinalmente o transversalmente)
- **Composición química:** Acero de bajo o elevado contenido de carbono, o inoxidable $C \leq 0.04$, Mn 0.25-0.40, $Si \leq 0.10$, $P \leq 0.03$, $S \leq 0.03$, Cu , Cr , Ni



Características de las fibras de hilo de acero

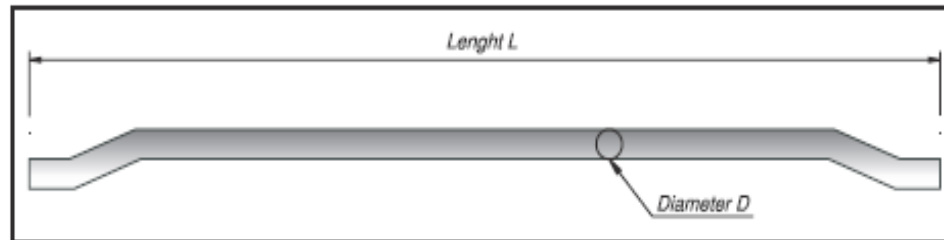


FIGURA 2.8 - Ejemplo de fibra anclada metálica.

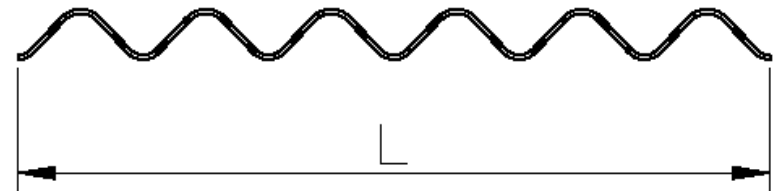
Ejemplo de fibra de acero

- ***Longitud L:*** 50 mm
- ***Diámetro De:*** 0.75 mm
- ***Relación $I = L/De$:*** 67
- ***Resistencia a tracción:*** 1300 MPa
- ***Forma:*** amoldada
- ***Composición química:*** bajo contenido de carbono
- **Fibras por Kg:** 5710 unidades.

Características geométrica de las fibras de acero

Ejemplo de fibra ondulada

L = 50 mm



P_{fibra WireMix 50} = 0.499 gr (ottenuto pesando 26 fibre - bilancia con precisione di 0.01 gr)

N° fibre/Kg = 2003

D_e = diametro equivalente = $\sqrt{(4 P_{fibra} / \pi L \gamma)}$ = 1.27 mm

dove:

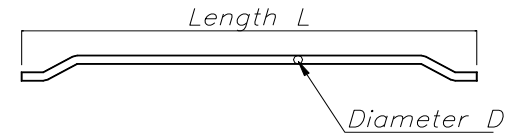
γ = peso specifico dell'acciaio = 7.86 gr/cm³

L/D_e = rapporto d'aspetto = 50 / 1.27 = 39.37

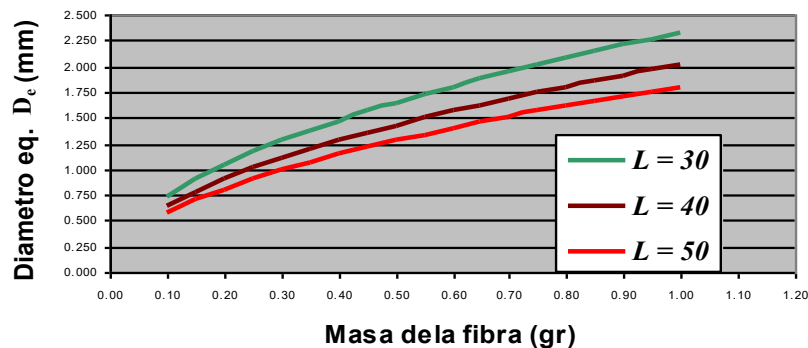
Características geométricas de las fibras de acero

De, λ ?

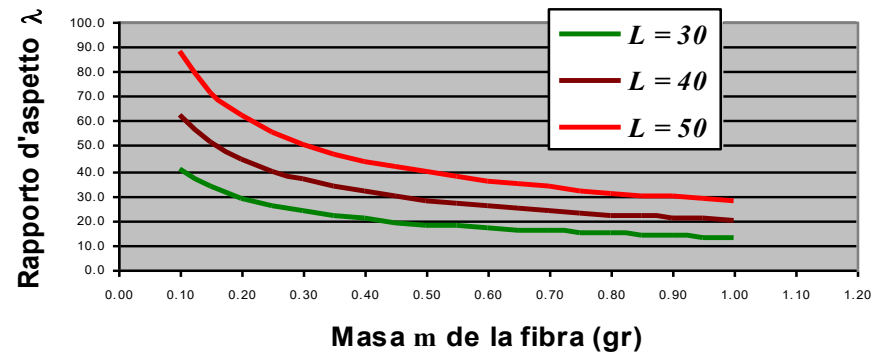
Pesando las fibras, se recava la masa media m y de los gráficos se pueden encontrar De y λ , dependiendo de la longitud



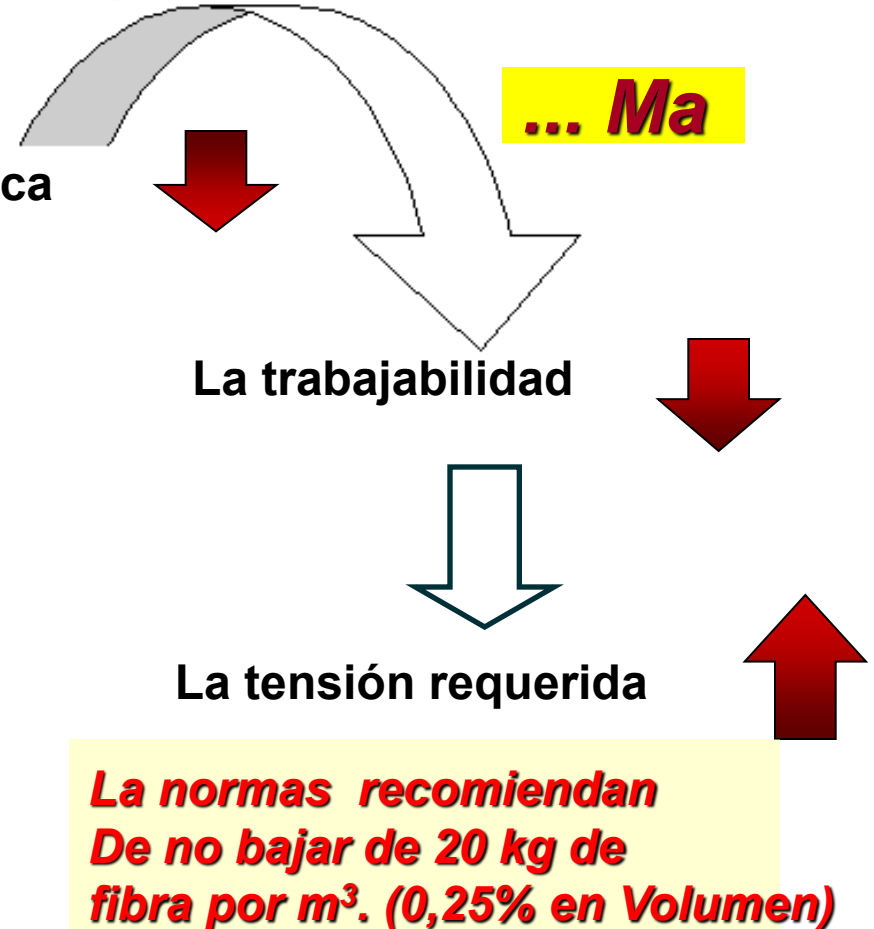
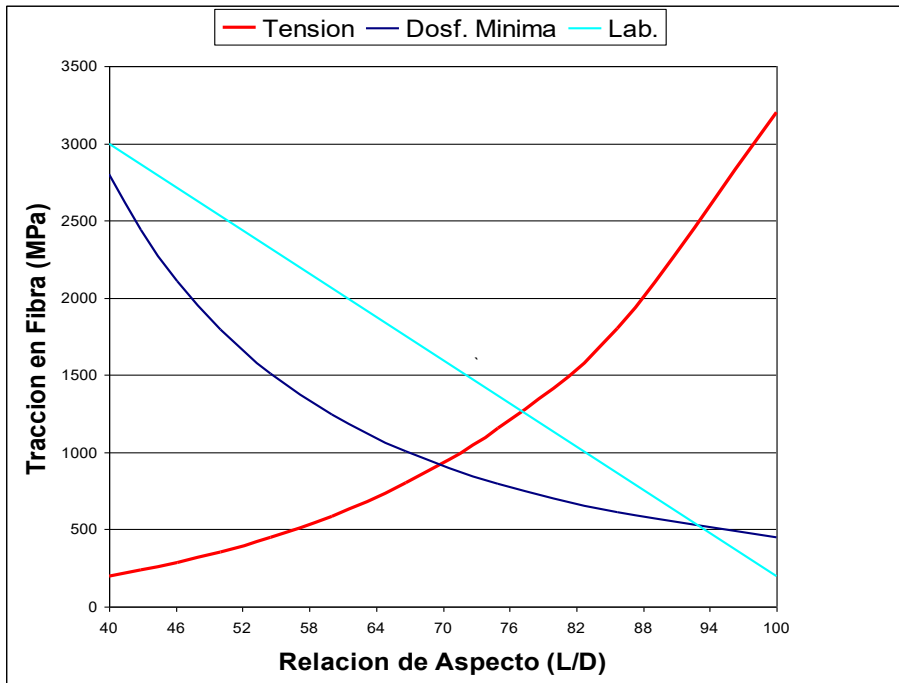
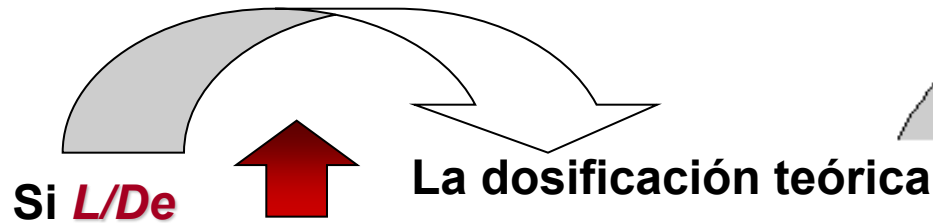
Diametro eq. D_e en funcion de la masa m
para $L = 30, 40$ e 50



Relación de aspecto λ en función de la masa m
para $L = 30, 40$ e 50



Características geométricas de las fibras de acero *Relación de aspecto λ*



Concreto fibroreforzado

Criterios referenciales para la selección de las fibras

- Dimensión máxima de los agregados

$$\Phi_{max} \leq 0,5 L_{Fibra}$$

- Espesor mínimo del elemento estructural

$$S_{min} \geq 1,5 L_{Fibra}$$

- Dimensión máxima de los agregados

$$\Phi_{max} \leq 1/3 S_{min}$$

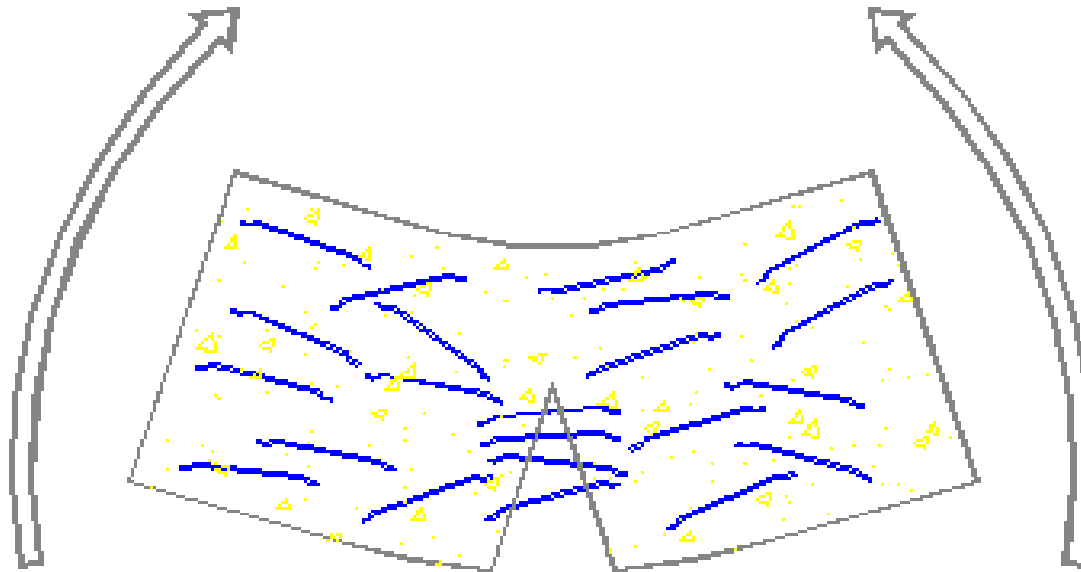
- Dosificación mínima aconsejada

$$d_{min} \geq 25 \text{ Kg/m}^3$$

Concreto fibroreforzado

Comportamiento dúctil

Debido a la energía absorbida por las FIBRAS que se adhieren al concreto durante la ruptura



Normas sobre los ensayos de flexión sobre viga para la determinación de la primera resistencia de fisuración y del índice de ductilidad y resistencia residual

Contexto Europeo:

UNI 11039 Steel Fiber Reinforced Concrete
EFNARC

Eurocodigo prn-14488 Testing Sprayed Concrete: Flexural Strengths
RILEM

Contexto Americano:

ASTM C1018 Standard Test Method for
Flexural Toughness and First-Crack Strength of
Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading)
ASTM C1399 Test Method for Obtaining Average Residual-Strength of
Fiber-Reinforced Concrete

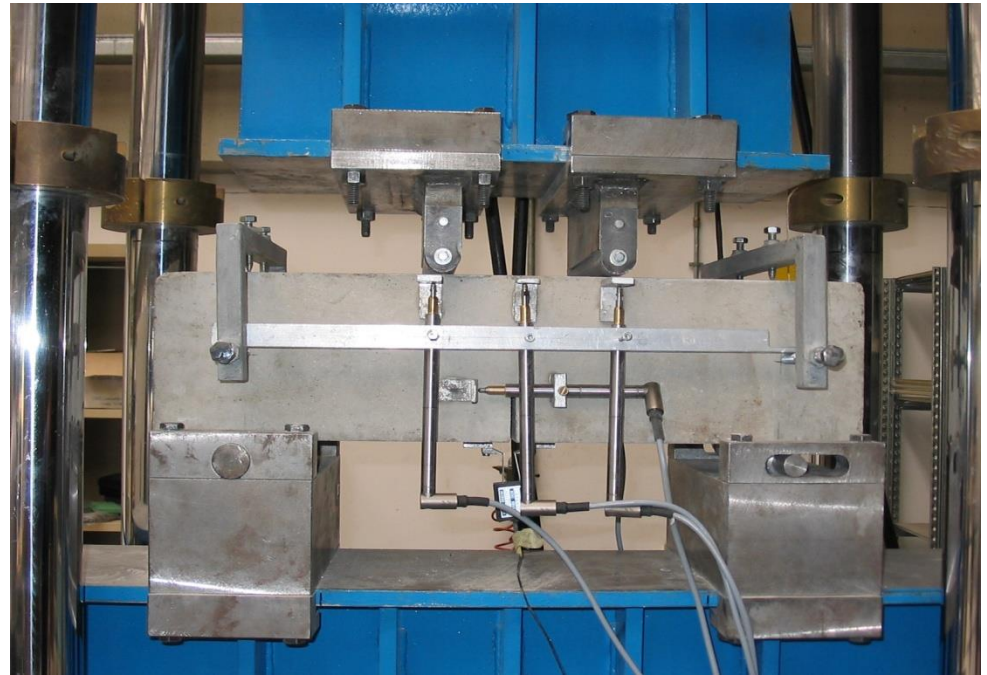
Ensayo Japonés:

JCI-SF-4 Method of Test for Flexural Strength and Flexural Toughness of
fiber reinforced concrete

Concreto fibroreforzado

Comportamiento dúctil

**Prueba a flexión
sobre viga**

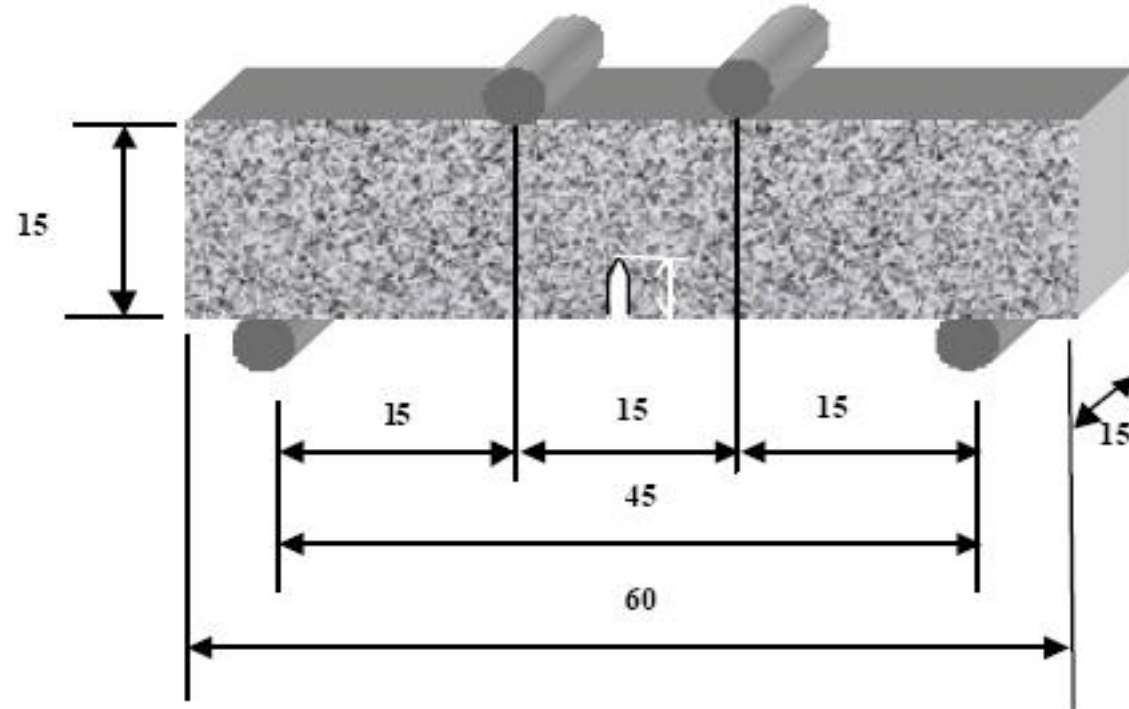


UNI 11039: Ensayo de flexión sobre viga para la determinación de la resistencia de primera figuración y del índice de ductilidad

Concreto fibroreforzado

Comportamiento ductil

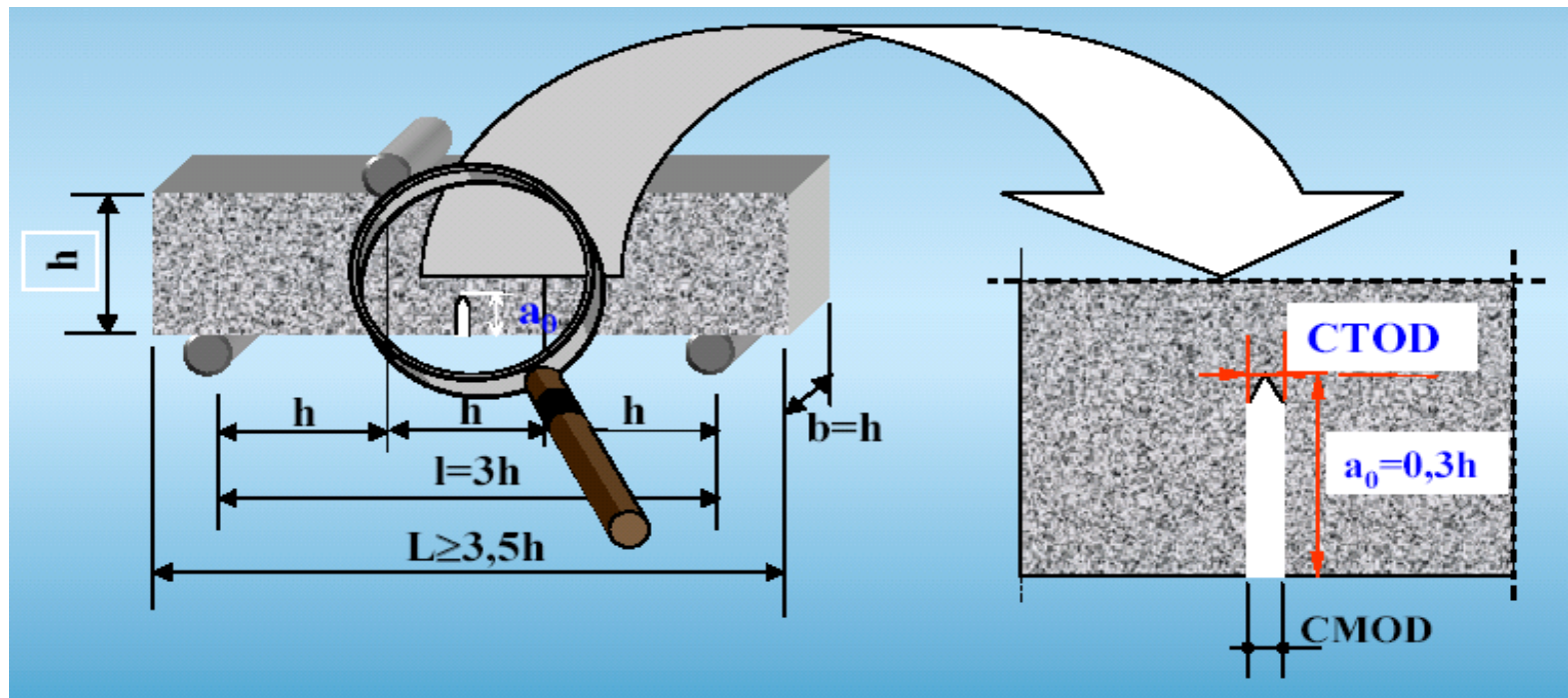
Prueba a flexión sobre viga



UNI 11039: Ensayo de flexión sobre viga para la determinación de la resistencia de primera figuración y del índice de ductilidad

Concreto fibroreforzado

Comportamiento dúctil

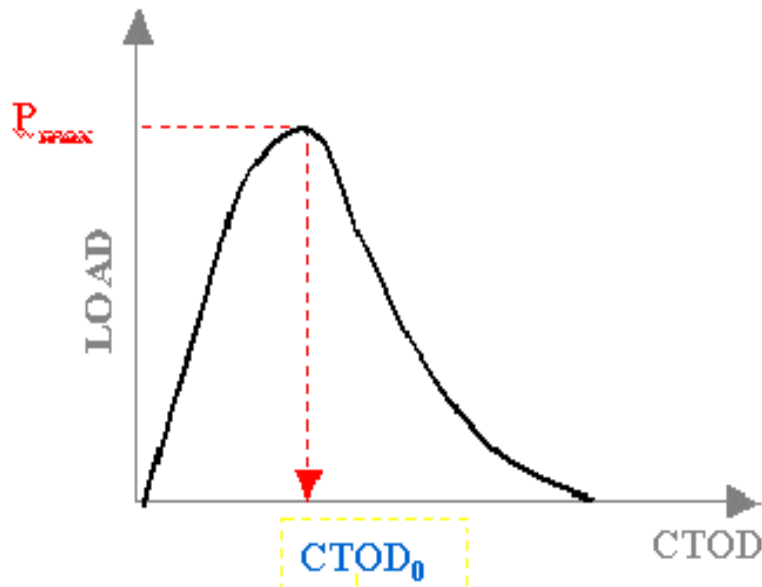


UNI 11039: Ensayo de flexión sobre viga para la determinación de la resistencia de primera figuración y del índice de ductilidad

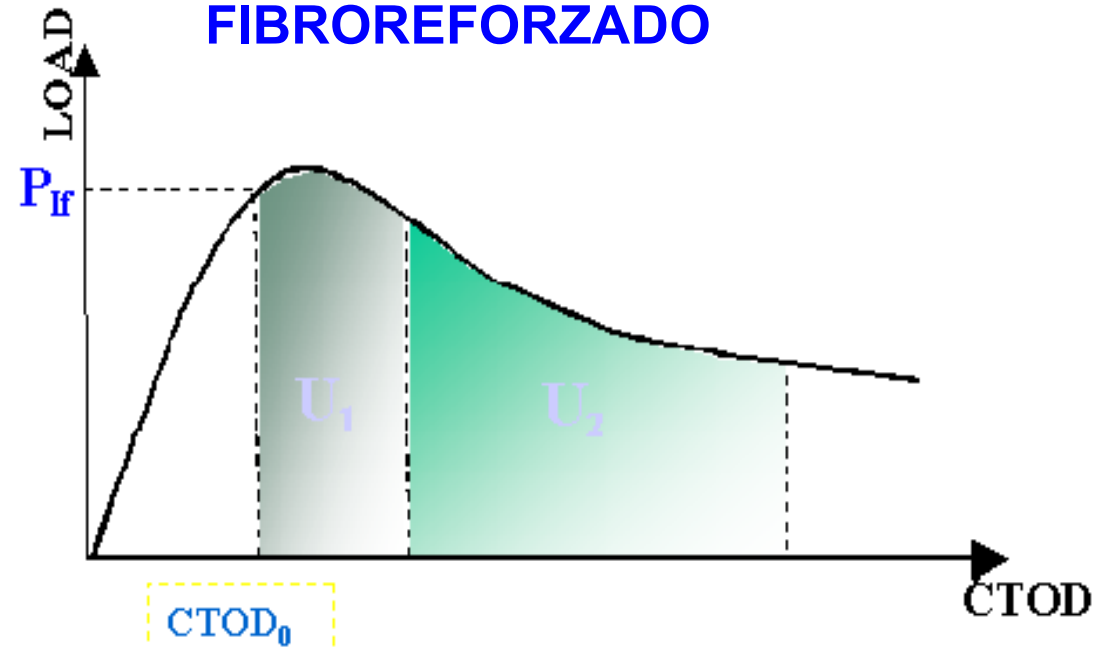
Prueba a flexión sobre viga – UNI 11039

Determinación de la resistencia de primera figuración – Metodo diretto

ENSAYO EN HORMIGON SIMPLE



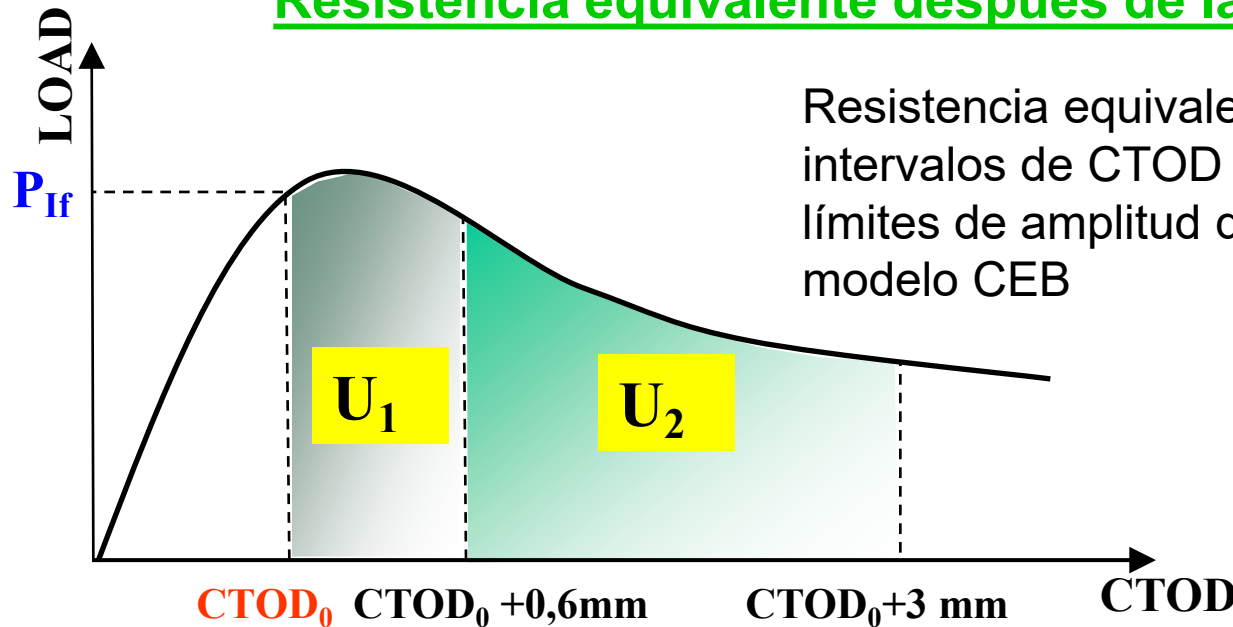
ENSAYO EN HORMIGON FIBROREFORZADO



En ausencia de pruebas de concreto plano, el $CTOD_0$ será asumido a $25 \mu m$

Prueba a flexión sobre viga – **UNI 11039**

Resistencia equivalente despues de la primera fisuracion



Resistencia equivalente es calculada por intervalos de CTOD que toman en cuenta los límites de amplitud de la fisura según el modelo CEB

$$f_{eq,(0-0,6)} = \frac{L}{b(h-a_0)^2} \cdot \frac{U_1}{0,6}$$

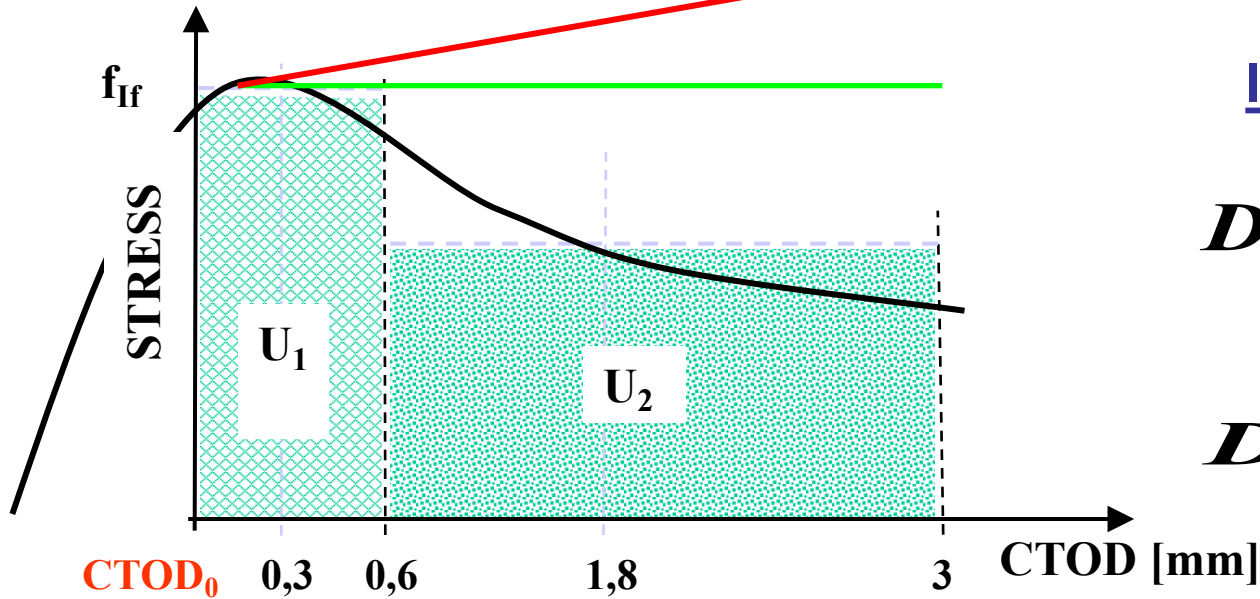
$$f_{eq,(0,6-3)} = \frac{L}{b(h-a_0)^2} \cdot \frac{U_2}{2,4}$$

$$U_1 = \int_0^{0,6} P(CTOD)d(CTOD)$$

$$U_2 = \int_{0,6}^3 P(CTOD)d(CTOD)$$

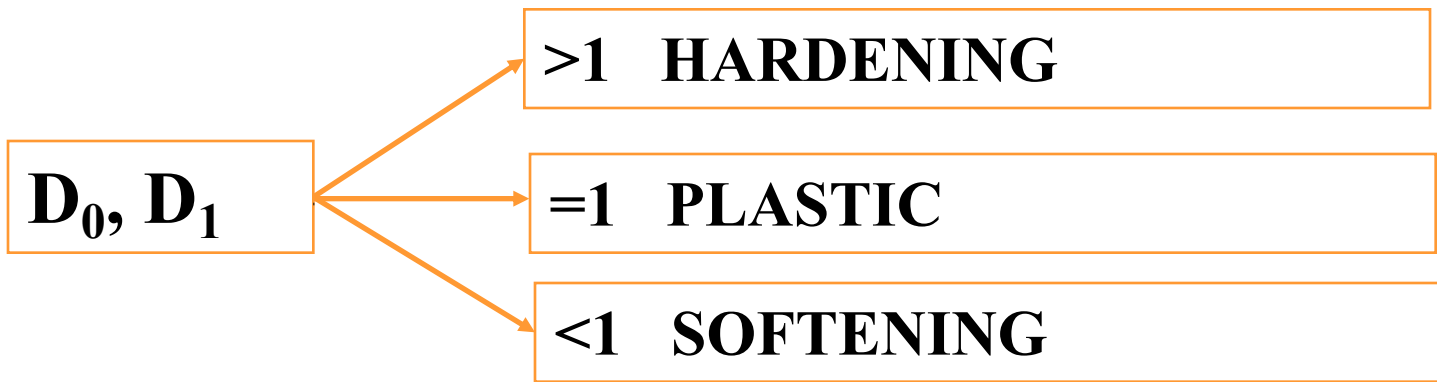
Prueba a flexion sobre viga – UNI 11039

Indice de ductilidad

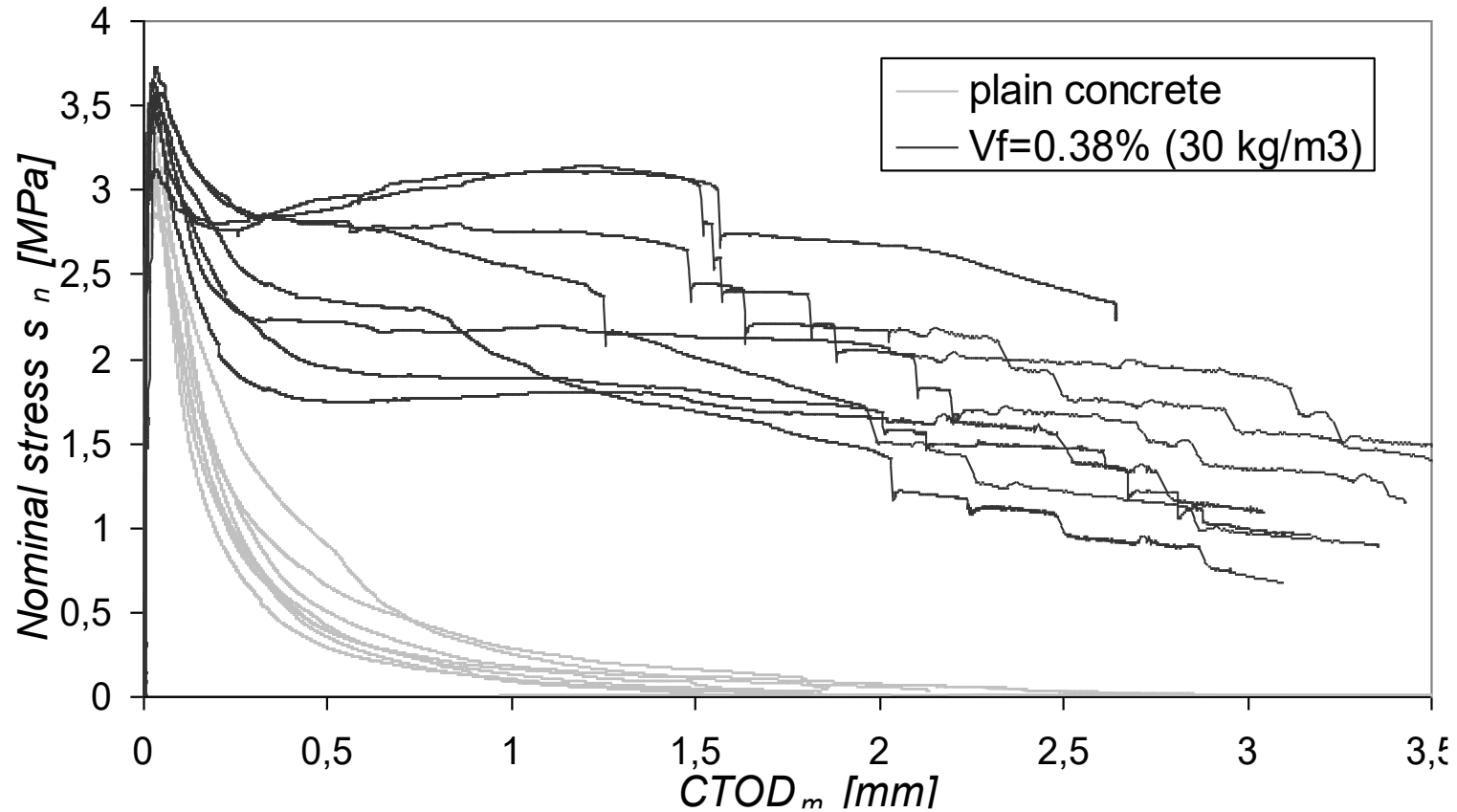


$$D_0 = \frac{f_{eq,(0-0,6)}}{f_{If}}$$

$$D_1 = \frac{f_{eq,(0,6-3)}}{f_{eq,(0-0,6)}}$$



Prueba a flexión sobre viga – UNI 11039

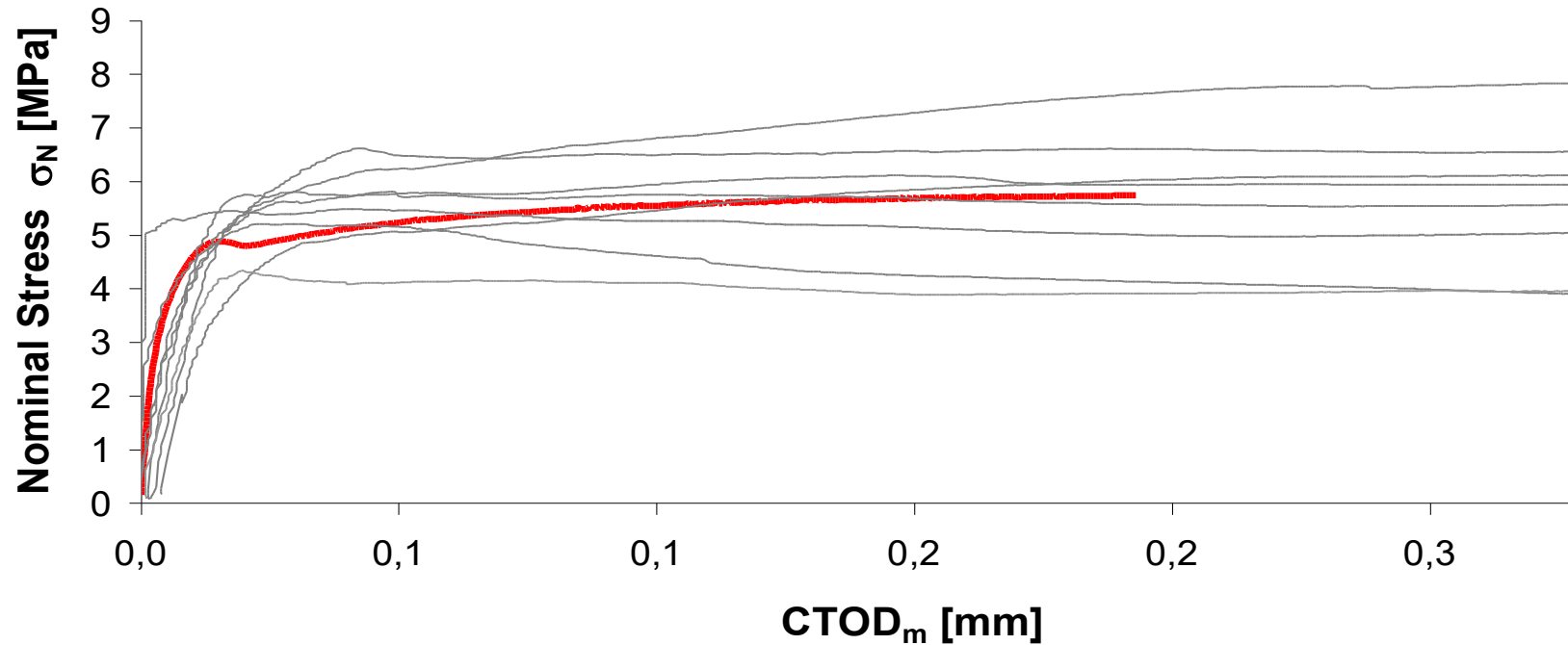


**Grafico de prueba- CTOD_m
Fibra Wirand FF1 (1.00x50)**

Prueba a flexión sobre viga – **UNI 11039**

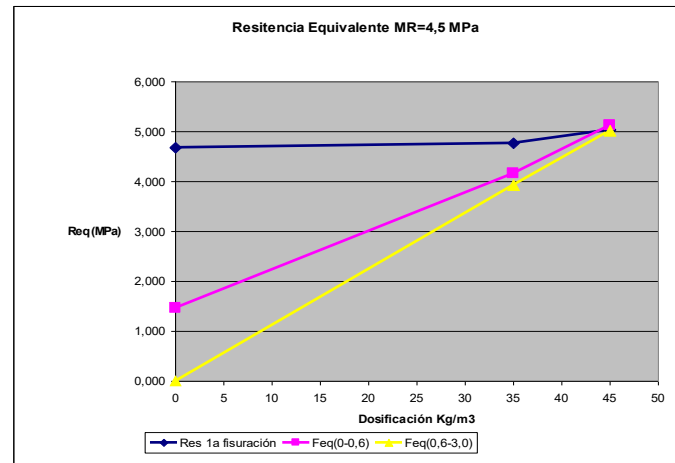
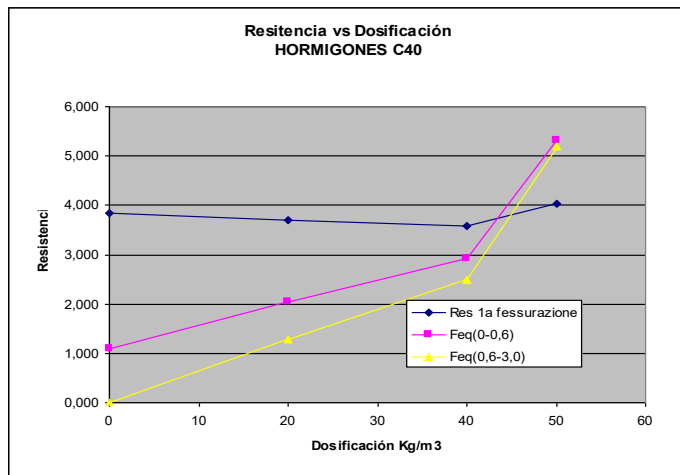
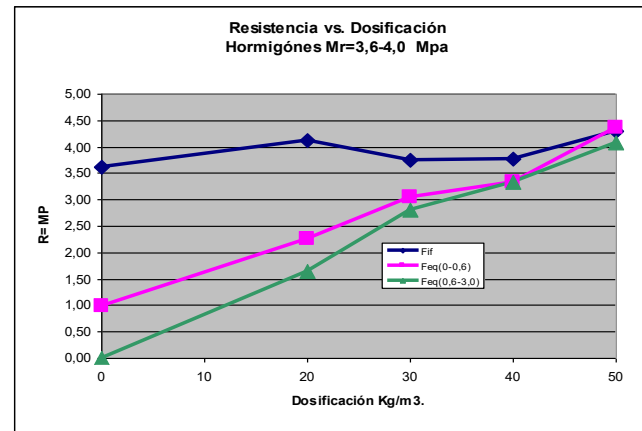
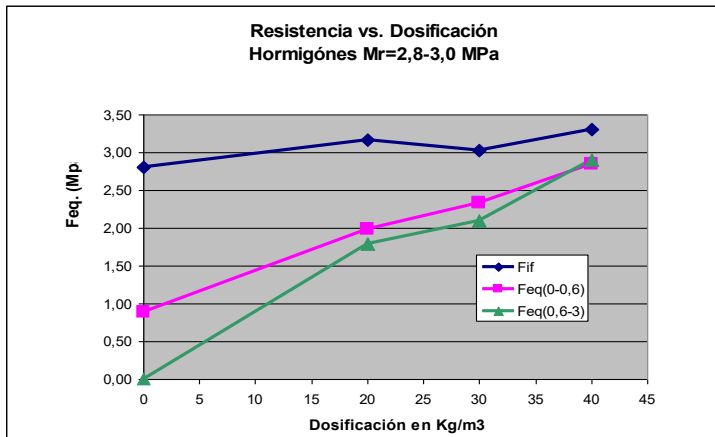
Wirand FF3-30 - C40/50

$V_f=0,38\%$

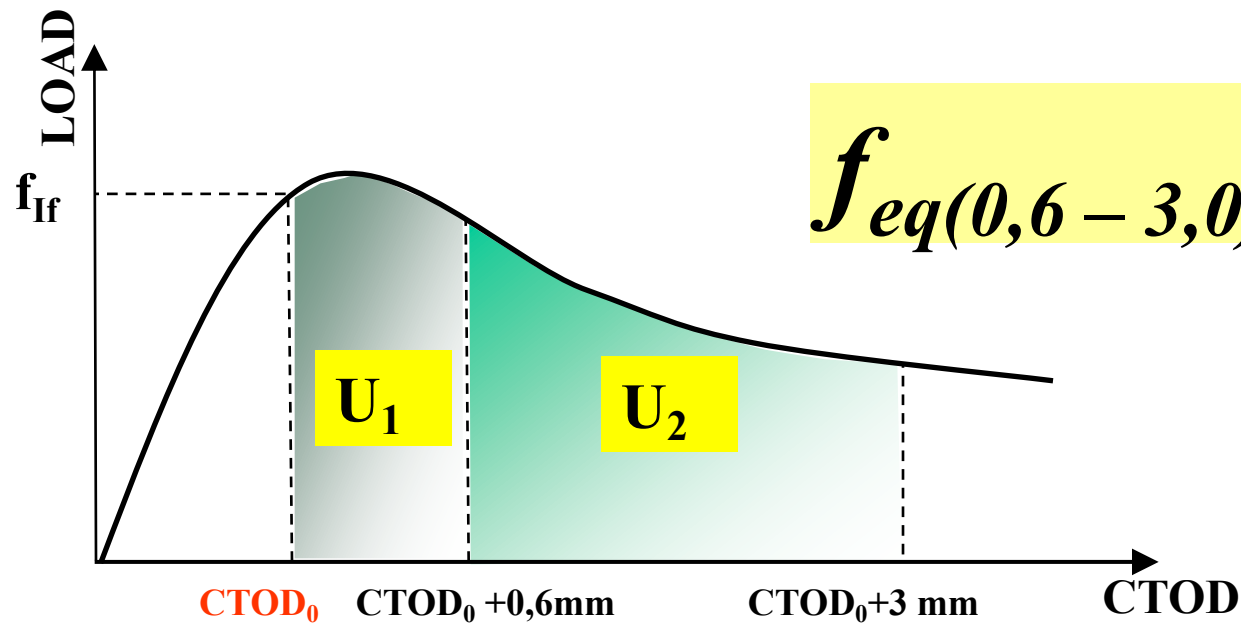


**Grafico de prueba- CTOD_m
Fibra Wirand FF1 (1.00x50)**

Resistencia equivalente y Dosificación de fibras (kg/m³)



Comportamiento dúctil – Requisito mínimo para el uso estructural del hormigón fibroreforzado



prUNI/CIS/SC4 - Progettazione, esecuzione e controllo degli elementi strutturali in calcestruzzo rinforzato con fibre d'acciaio

ASTM C1018

Standard Test Method for Flexural Toughness and First-Crack Strength of Fiber-Reinforced Concrete (using beam with Third-Point Loading Test)

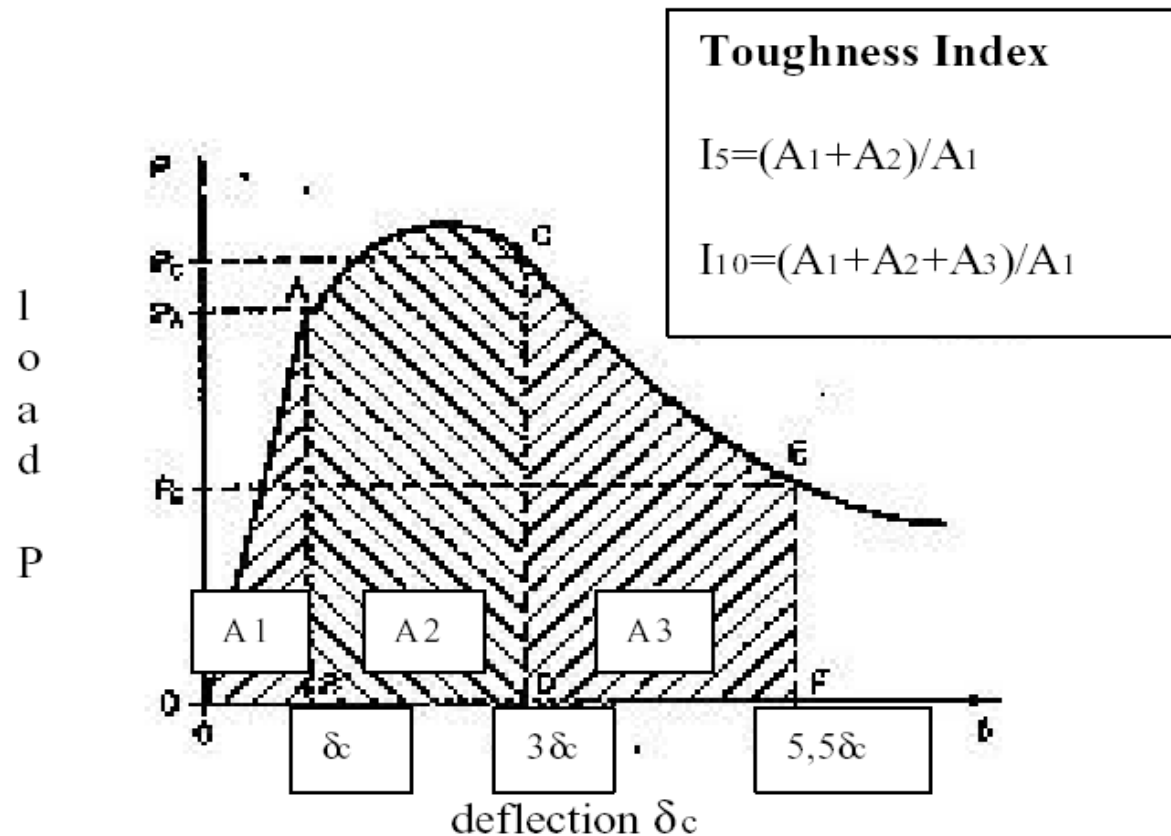
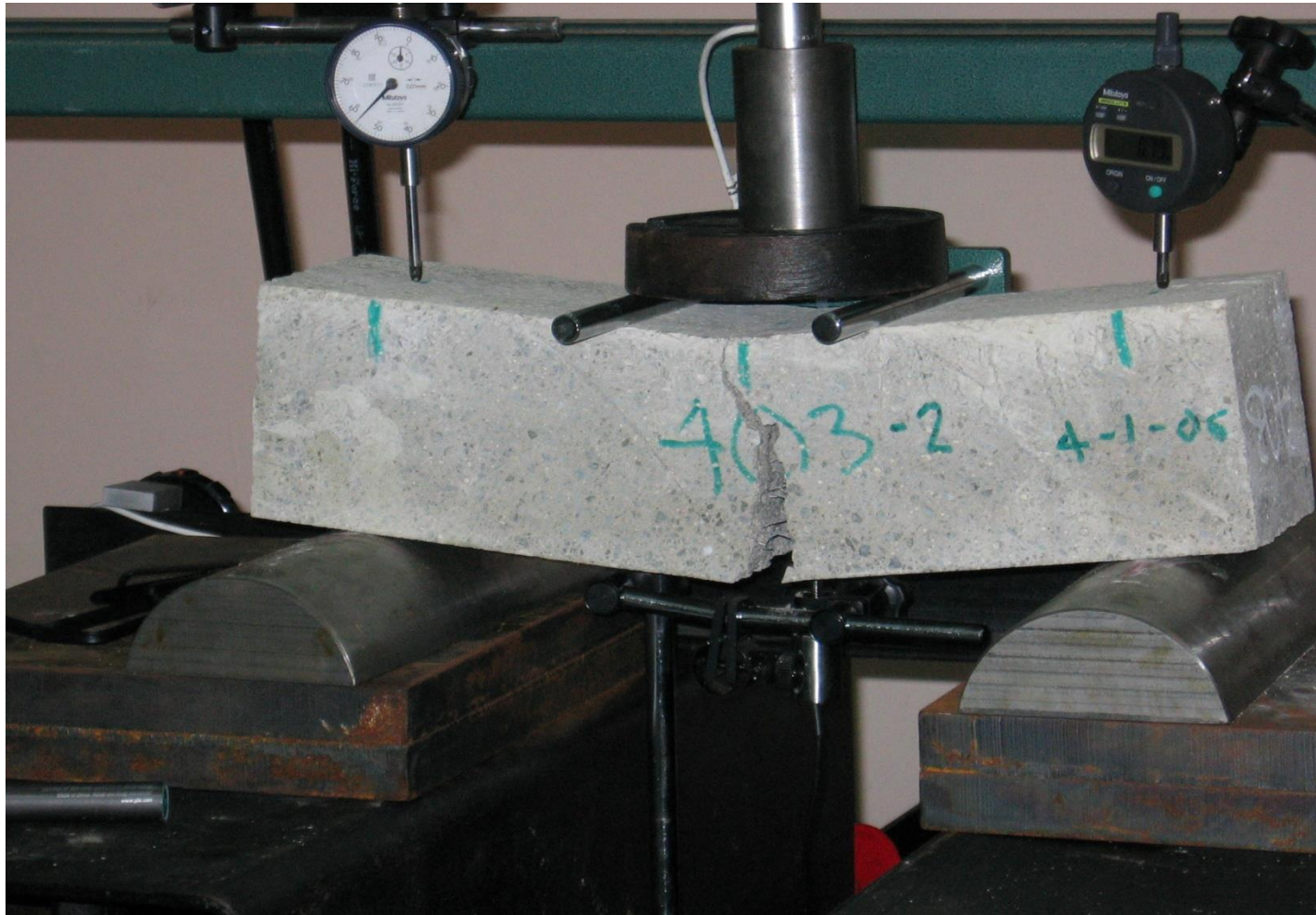


Fig. 5.5-1 Load – Deflection curve, determination of toughness indices

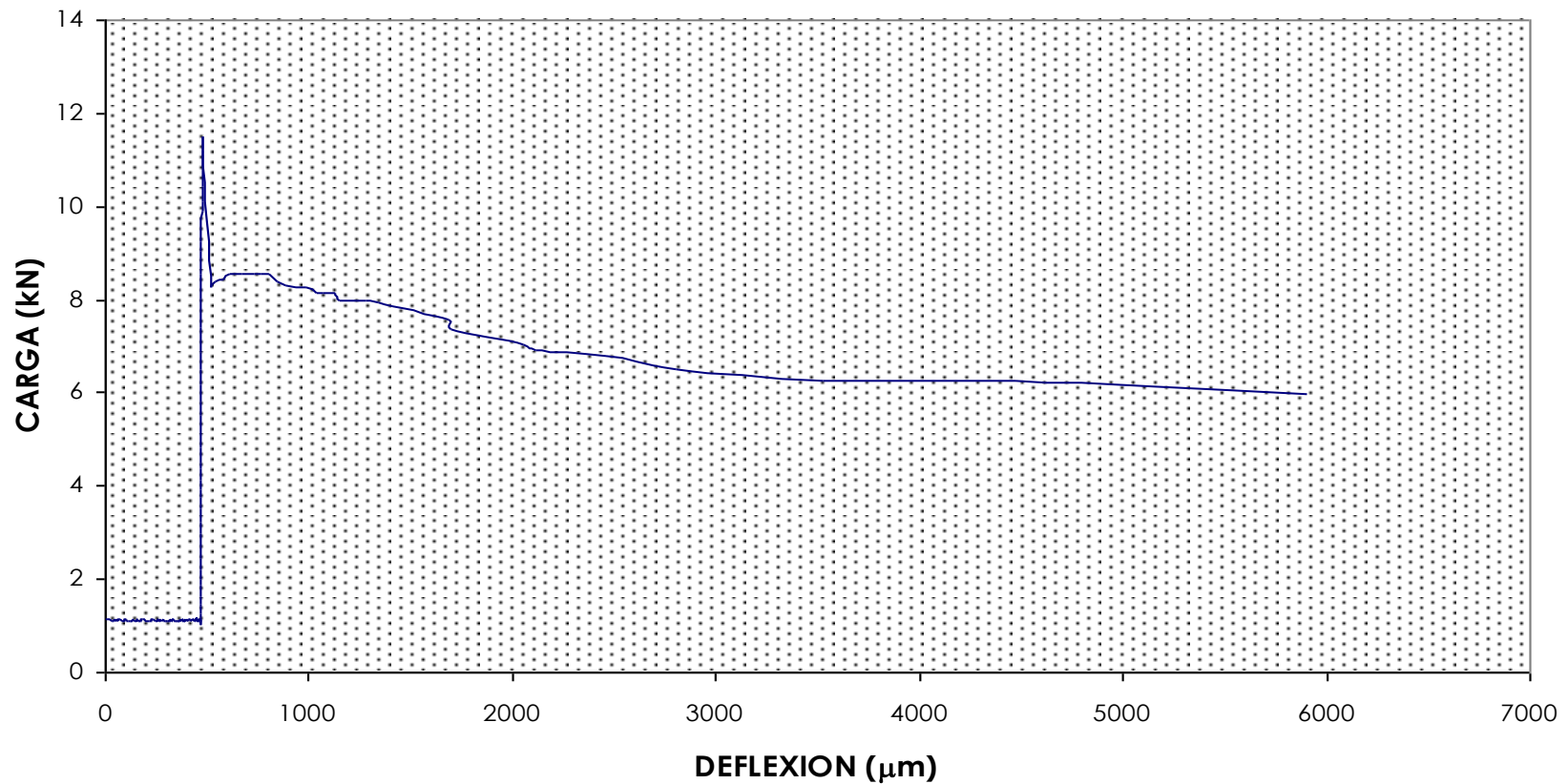
[16]

Ensayo ASTM C1018



Prueba a flexión sobre viga – ASTM C1018

CURVA RESULTADOS DEFLEXION VS. CARGA



EURONORMA- prn 14488 Testing Sprayed Concrete

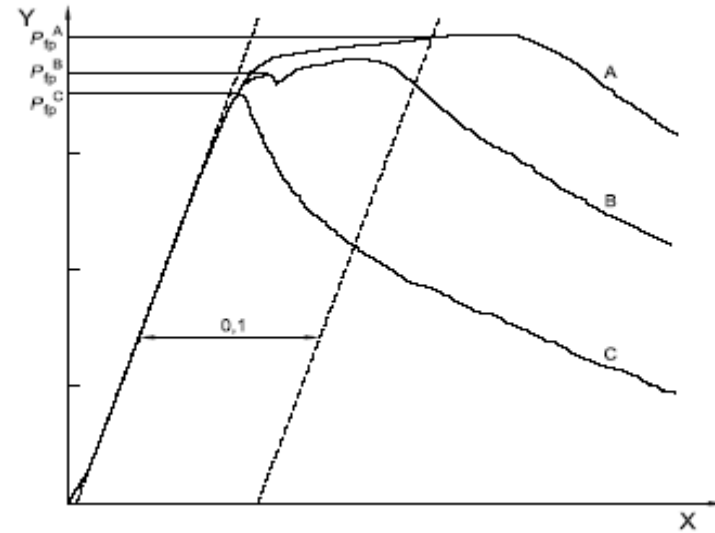
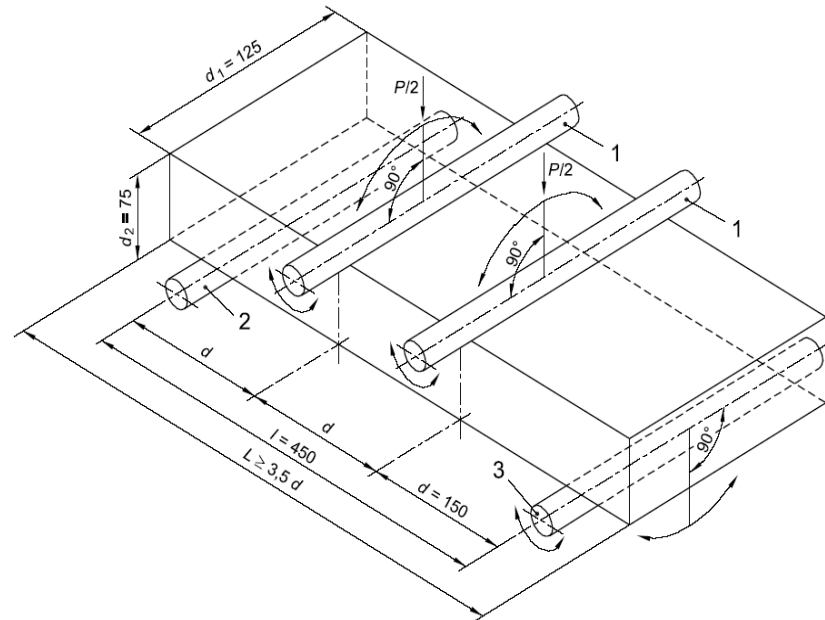


Figure 10.3.1: Cutting and orientation of beams from the sprayed concrete

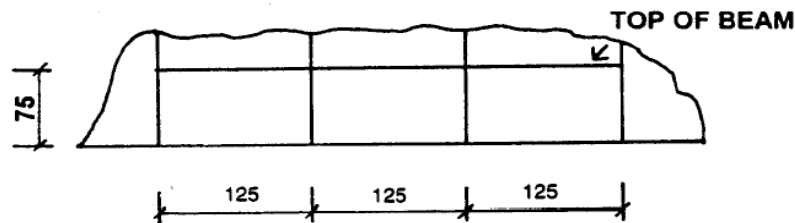


Table 2 — Definitions of residual strength classes

Deformation range		Strength level (Minimum strength, MPa)			
	Deflection mm	S1	S2	S3	S4
D1	0,5–1	1	2	3	4
D2	0,5–2				
D3	0,5–4				

EURONORMA- prn 14488 Testing Sprayed Concrete



EFNARC

Figure 10.3.2: Flexural testing with third-point loading

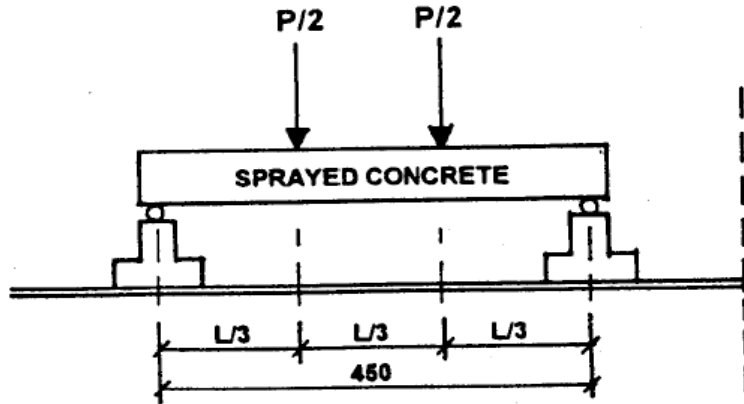


Figure 9.3.1: Residual strength classes

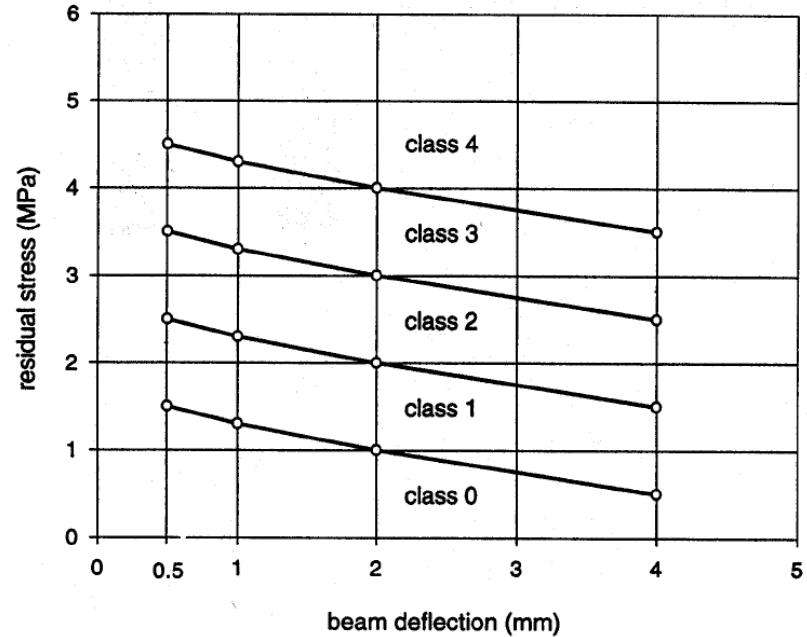


Figure 10.3.1: Cutting and orientation of beams from the sprayed concrete

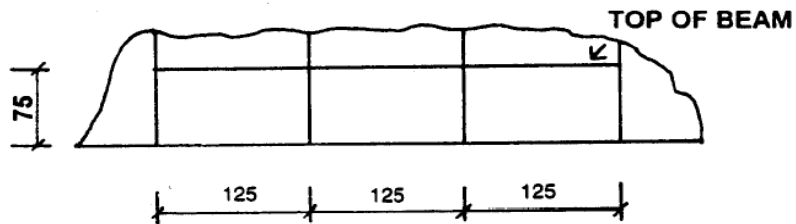


Table 9.3.1: Residual strength class definition points

Deformation class	Beam deflection (mm)	Residual stress (MPa) for strength class			
		1	2	3	4
	0.5	1.5	2.5	3.5	4.5
Low	1	1.3	2.3	3.3	4.3
Normal	2	1.0	2.0	3.0	4.0
High	4	0.5	1.5	2.5	3.5

- ***"DESIGN , PRODUCTION AND CONTROL OF STEEL FIBER REINFORCED STRUCTURAL ELEMENTS"***

- ***Standard UNI U73041440***

- ***Rilem TC162"Test and design methods for steel fiber reinforced concrete"***

- ***CNR_DT204_2006 – Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di strutture di calcestruzzo fibrorinforzato***

- ***Diseño de elementos 100% fibroreforzados***

- ***Diseños mixtos acero convencional+fibroreforzado***

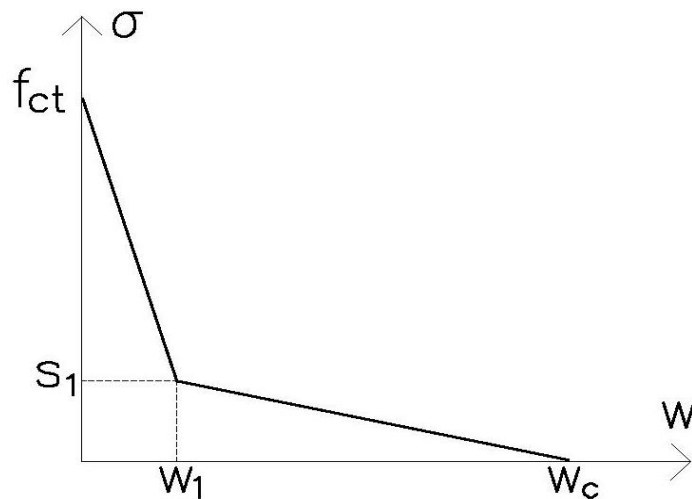
⇒ **Caracterización basada en propiedades nominales (Ensayos Compresión, Primera Fisuración, Ensayos a Flexión, Índices de Ductilidad)**

⇒ **Caracterización estructural de elementos (Experimentación a escala de elementos estructurales)**

⇒ **Determinación de propiedades mecánicas del Hormigón fibroreforzado con fines de modelación matemática de elementos con responsabilidad estructural.**

⇒ **Criterios de Clasificación del comportamiento del material, Softening, Hardening, over- resistant. Limitación de la fisura y flexión, análisis de los esfuerzos.**

Mecánica de la Fractura No lineal (NLFM) Un método de análisis compatible con el comportamiento del concreto fibroreforzado



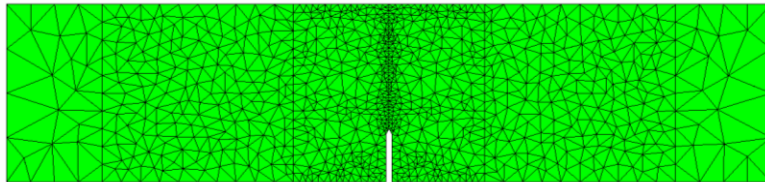
Compatibilidad de la ley bilineal, donde la primera fase de la curva es dominada por el comportamiento post fisura del material con una alta pendiente de la curva, y luego cambiando antes de que la microfisura se traduzca en macrofisura, gobernando el engranaje de los áridos y la resistencia a la tracción que ofrecen las fibras.

Relación de tensión constitutiva: Curva Esfuerzo vs. Tensión en fase pre pico y curva esfuerzo vs. Abertura de grieta en la fase post pico.

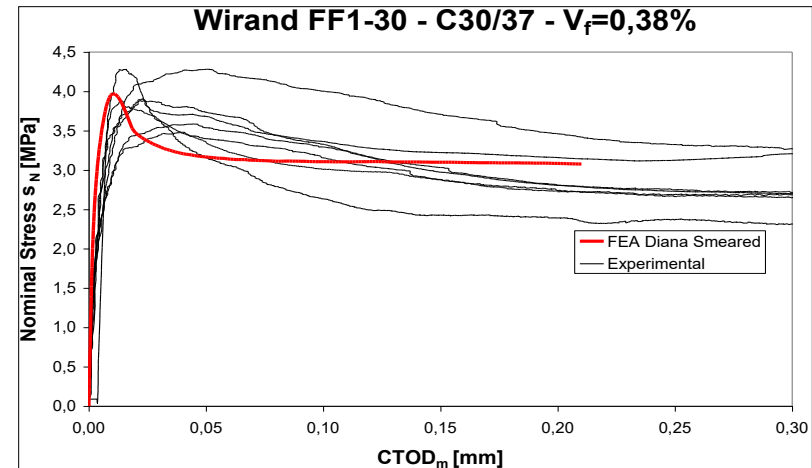
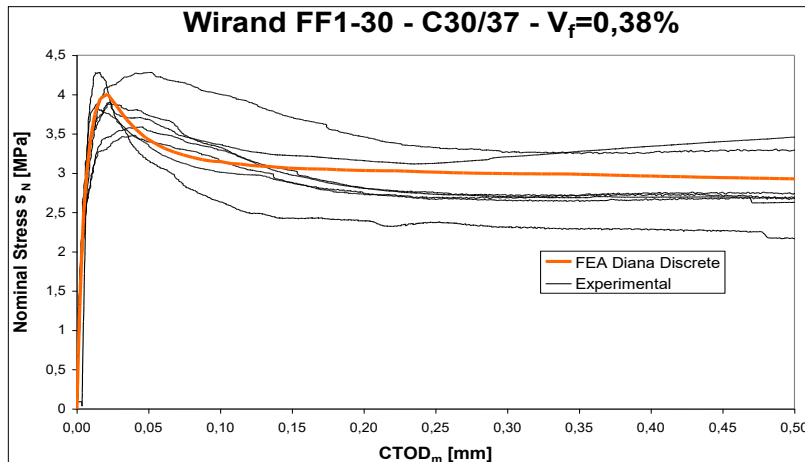
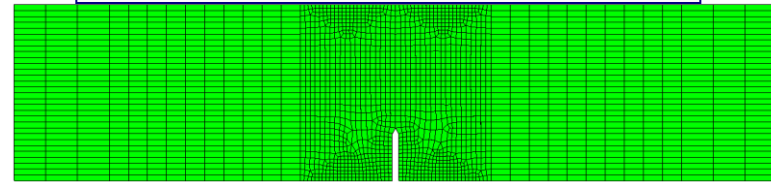
Definición del comportamiento a tracción del material

Definición de la ley Bilineal: Simulación numérica

Discrete Crack Approach




Smeared Crack Approach



CONCRETO PROYECTADO



CONCRETO PROYECTADO

- 
- ➔ **Construcción de Túneles**
 - ➔ **Industria mineras**
 - ➔ **Revestimiento de taludes**
 - ➔ **Estabilización de excavación para fundaciones**
 - ➔ **Trabajos de saneamiento**

CONCRETO PROYECTADO

Clasificación en función del uso

Durata	Destinazione d'uso	Sigla	Esempi di utilizzo
Temporaneo	Non strutturale	TN	Sottofondi
			Riempimenti
			Protezione scarpate provisorie
			Protezione superficiale
			Protezione di superfici di scavo in galleria
	Strutturale	TS	Gallerie di bypass
			Piedritti
			Protezione di superfici di scavo in galleria
Permanente	Non strutturale	PN	Riempimenti
			Protezione scarpate
			Impermeabilizzazioni
	Strutturale	PS	Strutture monoguscio
			Riparazioni, ristrutturazioni e rivestimenti di gallerie

UNI 10834 – Calcestruzzo proiettato

CONCRETO PROYECTADO

VENTAJAS

- ➔ Elevada capacidad de **ABSORCIÓN DE ENERGÍA** en fase posfisura
- ➔ Operación mas rápida por lo tanto **REDUCCIÓN DEL TIEMPO** del tiempo de avance
- ➔ Mayor **SEGURIDAD**
- ➔ Menor **REBOTE**
- ➔ Sección de resistencia **HOMOGENEA**

CONCRETO PROYECTADO

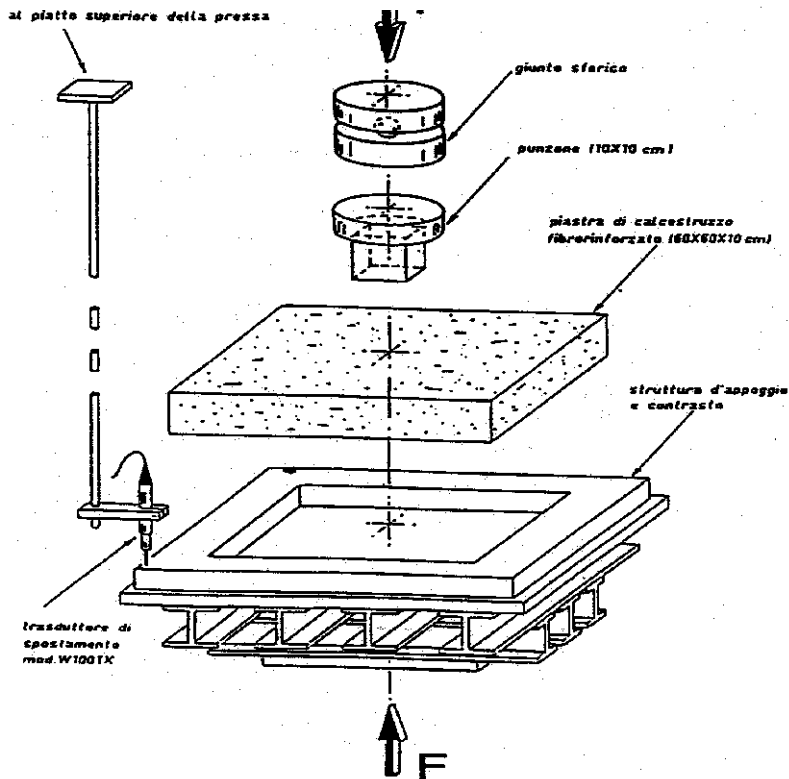
Normas sobre los ensayos de punzonado sobre losa para determinar la absorción de energía de deformación

N°	Country	Standard	Issued	Dimensions/Span a × b × d / s [-- / mm]	System/ Loading	Toughness classes	Specialties
nn	EU	CEN TC229	nn	600 × 600 × 100 / 500	allround hinged, centrally loaded 100 × 100	--- (E in [J])	
nn	EU	EFNARC	1996	600 × 600 × 100 / 500	allround hinged, centrally loaded 100 × 100	E1: > 500 J E2: > 700 J E3: > 1000 J (@ 25 mm defl.)	
1	Suisse	SIA 162/6	1999	600 × 600 × 100 / 500 Ø 800 × 100 / 700	allround hinged, centrally loaded 100 × 100	I: 500 J (??) II: 800 J III: 1000 J (min G = 4 kN/m)	Calculation of eq. flex. tensile strength
2	Norway	NB Publication No. 7	1999	600 × 600 × 100 / 500	allround hinged, centrally loaded 100 × 100	E700: > 700 J E1000: > 1000 J	
3	Austria	ÖBV Guideline for shotcrete	1998	600 × 600 × 100 / 500	allround hinged, centrally loaded 100 × 100	E1: > 500 J E2: > 700 J E3: > 1000 J (@ 25 mm defl.)	
4	USA	ASTM C XXXX-00	Draft	Ø 800 × 75 / 700	4 pt/3 pt support	@ 5, 10, 20, 40 mm	Bernard's statically determined test

CONCRETO PROYECTADO

Ensayo de punzonado sobre losa para determinar la absorción de energía de deformación

Esquema de prueba según SNCF-1989 - Esquema de carga y de medición



El ensayo consiste en una losa cuadrada de 600 mm de lado y altura 100 mm.

La prueba consiste en solicitar la losa, apoyada sobre todos los lados por 500 mm, con un punzón central de 100x100 mm hasta la deformación de 25 mm

CLASSE	Energía de deformación absorbida hasta a una flecha de 25mm Joule
a	< 500
b	≥ 500
c	≥ 700
d	≥ 1000

EFNARC – SNCF '89 – UNI 10834

CONCRETO PROYECTADO

Uso y clase de absorción de energía de deformación

Clase	Energía de deformación absorbida fino a la flecha de 25 mm (Joule)	Clasi di impiego
a	< 500	IN - PN
b	≥ 500	TS - PS
c	≥ 700	TS - PS
d	≥ 1000	TS - PS

CONCRETO PROYECTADO

**Prueba de punzonado
según EFNARC
SNCF '89 – UNI 10834**



CONCRETO PROYECTADO

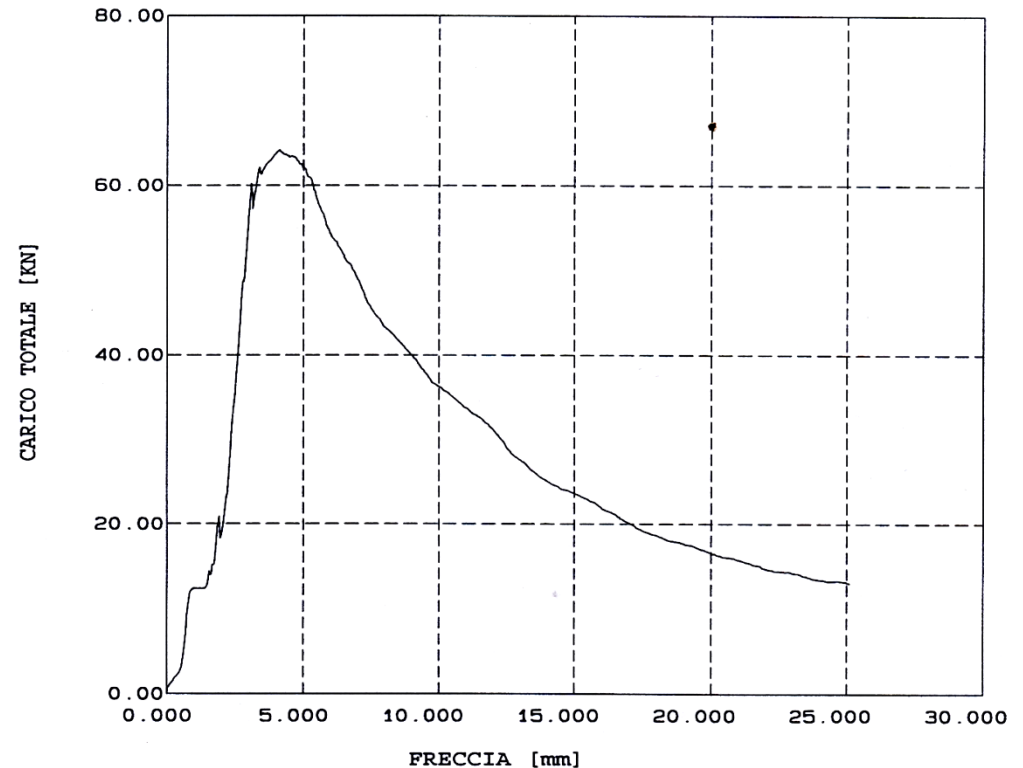
Laboratorio Prove Materiali
Certificato n. PV-0022/98/BG
Pagina n. 2 di 13

ISMES

DIAGRAMMA CARICO - FRECCIA

Committente :Officine MACCAFERRI S.p.A. - BOLOGNA.

Provino :n. 1.Sigla :P2



Prueba de punzonado
sobre losa para determinar
la absorción de energía de
deformación

EFNARC – SNCF '89 – UNI 10834

CONCRETO PROYECTADO

PROVE FS1 en PORTUGAL

UNIVERSIDAD DI BRAGA

Dosificación 35 kg/m³

Fibra FS1 vía húmeda

	Cont.fibre kg/m ³	Resistencia a compr. (Mpa)	Energia (J)
Placa 2	17,4	32,4	829,9
Placa 1	21,3	31,8	644,3
Placa 3	23	32,9	857,6
Placa 5	24,6	32,1	697,2
Placa 6	25	33,5	697,2
Placa 4	26	31,1	880,2

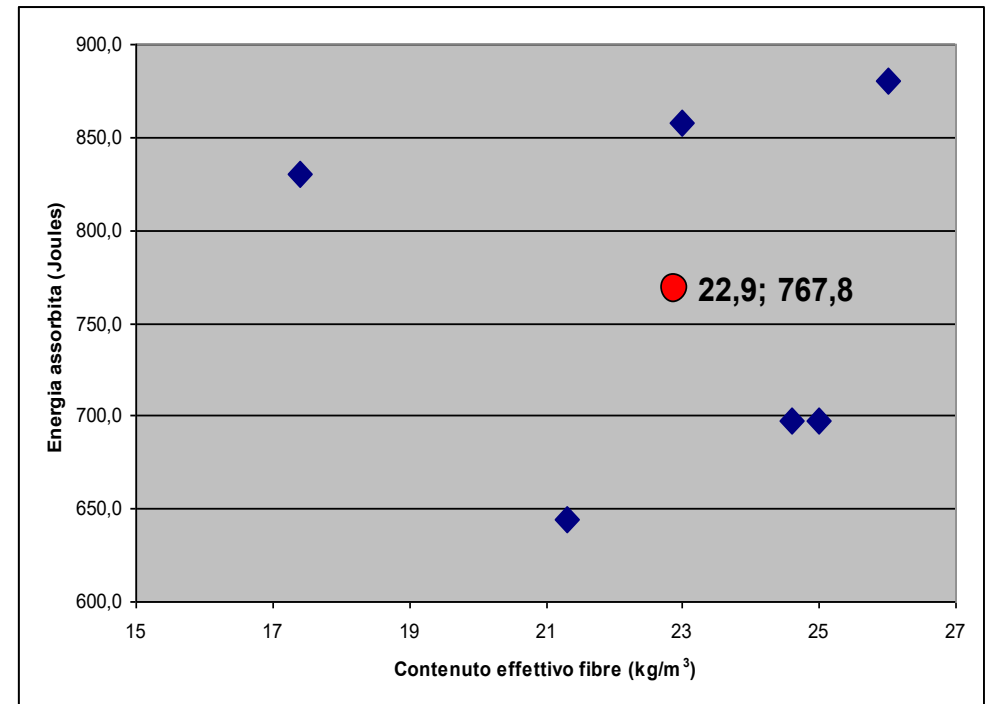
Media

22,9

32,3

767,8

Prueba de punzonado
sobre losa para determinar
la absorción de energía
de deformación

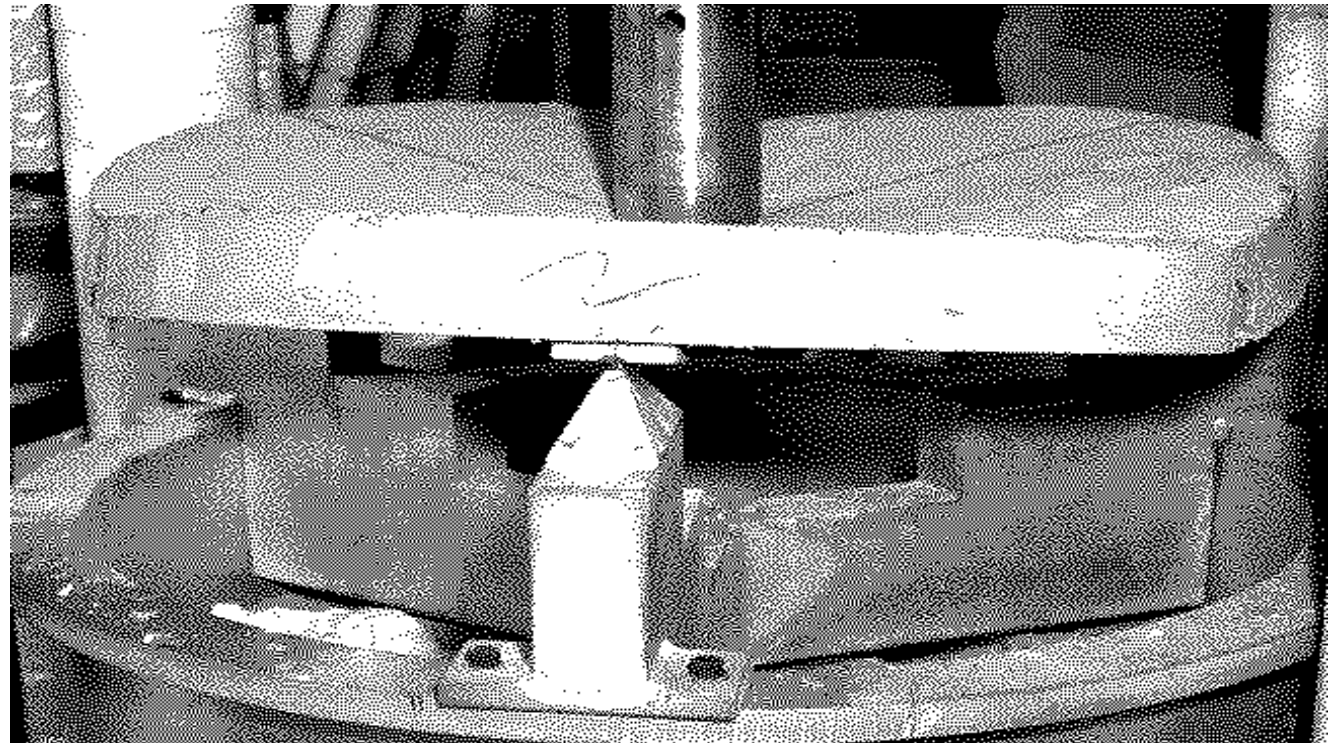


EFNARC – SNCF '89 – UNI 10834

CONCRETO PROYECTADO

Prueba de punzonado sobre losa circular apoyada en tres puntos

**ASTM C 1550-02:
Standard Test Method
for Flexural Toughness of
FRC And Shotcrete (Using
Centrally Loaded Round
Determinate Panel)**

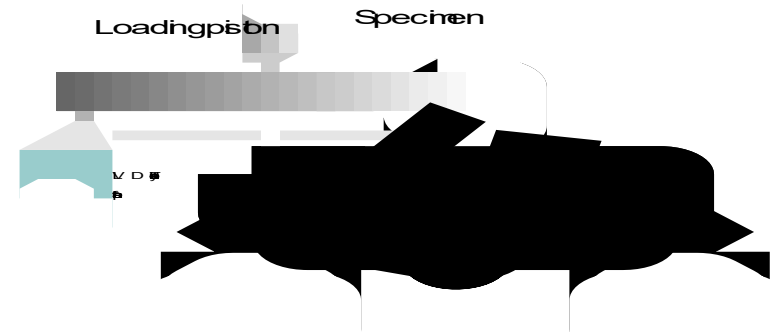
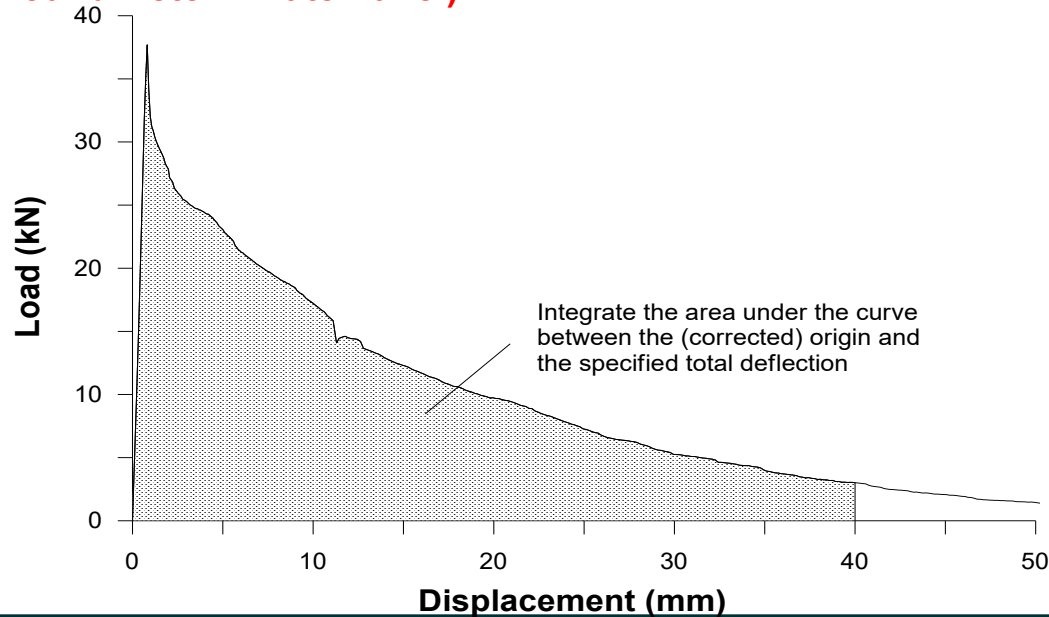


CONCRETO PROYECTADO

Prueba de punzonado sobre losa circular apoyada en tres puntos

**ASTM C 1550-02:
Standard Test Method for
Flexural Toughness of FRC and
Shotcrete (Using Centrally Loaded
Round Determinate Panel)**

The required dimensions of the panel are 75 mm (3 inch) in thickness and 800 mm (31.5 inch) in diameter



PROCESO CONSTRUCTIVO



Cajas para fibras (20 kg)

Otros Sitemas de dosificación
PROCESO CONSTRUCTIVO



Inserción de fibras en camión mezclador a través de la planta procesadora de cajas

TUNELES



PREFABRICADOS: DOVELAS



PREFABRICADOS VENTAJAS

- Mayor **PRODUCTIVIDAD**
- Mejor resistencia al **IMPACTOS**
- Mayor resistencia al **CONGELAMIENTO-DESCONGELAMIENTO**
- Para **SOLICITACIONES DE RETRACCIÓN**, una armadura en FIBRAS puede sustituir **INTEGRAMENTE** la armadura tradicional
- La fibra puede sustituir la armadura por corte.

PREFABRICADOS



PREFABRICADOS



PREFABRICADOS



PREFABRICADOS

The software interface on the monitor displays the following data:

Proceso texto

Receta: 2 CON FIBRA
M3: 8,00 / 1,00 M3 Agua: 1 Kg
Tiempo Mezcla: 0 / 20 Sg Camión
Plasticida: 300 / 54
Ciclo: 7 / 20 1,00 M3
Ciclo: 8 / 20 1,00 M3

Nombre	Teórico	Real	Desv.	Desv. %	Teórico	Real	Desv.	Desv. %	
Arena 1	541	530	-11	-2,0	541	490	-51	-9,4	
Arena 2	541	570	29	5,4	541	510	-31	-5,7	
Grava 3	465	460	-5	-1,1	465	470	5	1,1	
Grava 4	465	460	-5	-1,1	465	450	-15	-3,2	
Árido 5									
Fibra acero	8	25	26	1	4,0	25	24	-1	-4,0
Cemento 1	7	400	404	4	1,0	400	398	-2	-0,5
Agua	7	89	90	1	1,1	89	90	1	1,1
Aditivo 1	6	4,80	4,80			4,80	4,80		

Buttons on the right side of the screen:

- 1930 Kg Árido
- 26 Kg Fibra
- 398 Cemento
- 95 Kg Agua
- 0,10 Lt Aditivo

Bottom status bar: Inicio ARCO - A9000.B #Com - A: 1307 7 3 2005 Cancelar

PREFABRICADOS



PREFABRICADOS



PREFABRICADOS “sin fibra”









PREFABRICADOS



PREFABRICADOS
Canaletas portacables sistema ferroviario
Venezuela



PREFABRICADOS



PREFABRICADOS



PREFABRICADOS



PREFABRICADOS



PREFABRICADOS



PREFABRICADOS



PREFABRICADOS



PREFABRICADOS



CONTROL DE CALIDAD- Hormigón proyectado prn-EN-14487

Table 12 — Control of sprayed concrete properties

	Type of test	Inspection/ test according to	Minimum sampling frequency								
			Strengthening of ground			Repair and upgrading			Free standing structures		
			Category 1	Category 2	Category 3	Category 1	Category 2	Category 3	Category 1	Category 2	Category 3
Control of fresh concrete											
1	Water/cement ratio of fresh concrete when using wet mix method	By calculation or by test method			Daily			Daily			Daily
2	Accelerator	from record of quantity added			Daily			Daily			Daily
3	Fibre content in the fresh concrete	According to prEN 14488-7	min 1	1/200 m ³ or 1/1 000 m ²	1/100 m ³ or 1/500 m ²	min 1	1/500 m ² min 2	1/250 m ³ or min 3	1/200 m ³ or 1/1000 m ² or min 1	1/100 m ³ or 1/500 m ² or min 2	1/50 m ³ or 1/250 m ² or min 3
Control of hardened concrete											
4	Strength test of young sprayed concrete	prEN 14488-2	1/5000 m ² or 1/2 months	1/2500 m ² or 1/month	1/250 m ² or 2/month						
5	Compressive strength	EN 12504-1	1/1 000 m ² or 1/5 000 m ²	1/500 m ² or 1/2500 m ²	1/250 m ² or 1/1250 m ²	1/500 m ² or 1/2500 m ² or min 1	1/100 m ² or 1/500 or min 2	1/50 m ² or 1/250 or min 3	1/500 m ² or 1/2500 m ² or min 1	1/100 m ² or 1/500 or min 2	1/50 m ² or 1/250 or min 3
6	Density of hardened concrete	EN 12390-7	When testing compressive strength			When testing compressive strength			When testing compressive strength		
7	Resistance to water penetration	EN 12390-8				1/1000 m ² or min 1	1/500 m ² or min 2	1/250 m ² or min 3	1/1000 m ² or min 1	1/500 m ² or min 2	1/250 m ² or min 3
8	Freeze/thaw resistance	See Note d				1/1000 m ² or min 1	1/500 m ² or min 2	1/250 m ² or min 3	1/1000 m ² or min 1	1/500 m ² or min 2	1/250 m ² or min 3
9	Bond strength	prEN 14488-4 ^a EN 1542 ^b		1/2500 m ²	1/1250 m ²	1/1000 m ² or min 1	1/500 m ² or min 2	1/250 m ² or min 3			
Control of fibre reinforced sprayed concrete											
10	Fibre content of hardened concrete ^c	prEN 14488-7	When testing residual strength or energy absorption capacity			When testing residual strength			When testing residual strength		
11	Residual strength or energy absorption capacity	prEN 14488-3 or prEN 14488-5	1/2000 m ³ or 1/10000 m ²	1/400 m ³ or 1/2000 m ²	1/100 m ³ or 1/500 m ²	Min 1	1/2000 m ² or min 2	1/500 m ² or min 3		1/2000 m ² or min 2	1/500 m ² or min 3
12	Ultimate flexural strength	prEN 14488-3	When testing residual strength			When testing residual strength			When testing residual strength		
13	First peak flexural strength	prEN 14488-3	When testing residual strength			When testing residual strength			When testing residual strength		

CONTROL DE CALIDAD Hormigón proyectado UNI 10834

Prova	Temporaneo non strutturale		Temporaneo strutturale		Permanente non strutturale		Permanente strutturale	
	Iniziale (*)	A regime	Iniziale (*)	A regime	Iniziale (*)	A regime	Iniziale (*)	A regime
Resistenza a compressione	1 000 m ³ 1/mese	(**)	400 m ³ 1/settimana	1 000 m ³ 1/mese	400 m ³ 1/settimana	1 000 m ³ 1/mese	200 m ³ 2/settimane	400 m ³ 1/settimana
Resistenza iniziale	(**)	(**)	200 m ³ 2/settimane	400 m ³ 1/settimana	(**)	(**)	200 m ³ 2/settimane	400 m ³ 1/settimana
Contenuto di fibre (***) e dosaggio in additivi	(**)	(**)	400 m ³ 1/settimana	1 000 m ³ 1/mese	400 m ³ 1/settimana	(**)	200 m ³ 2/settimane	400 m ³ 1/settimana
Spessore	400 m ²	400 m ²	400 m ²	400 m ²	200 m ²	200 m ²	400 m ²	400 m ²

(*) Il campione è considerato iniziale fino a 15 prelievi.

(**) Su richiesta.

(***) In calcestruzzo fibrorinforzato.

Nota - Qualora si intenda far riferimento ai m² messi in opera si assume uno spessore convenzionale di 20 cm.

CONTROL DE CALIDAD Homogeneidad de la mezcla



CONTROL DE CALIDAD Homogeneidad de la mezcla



CONTROL DE CALIDAD Homogeneidad de la mezcla



CONTROL DE CALIDAD
Homogeneidad de la mezcla



**No se niegue a la aplicación de concretos de alto performance ,
DISFRUTE DEL CONCRETO FIBROREFORZADO!!!!**

