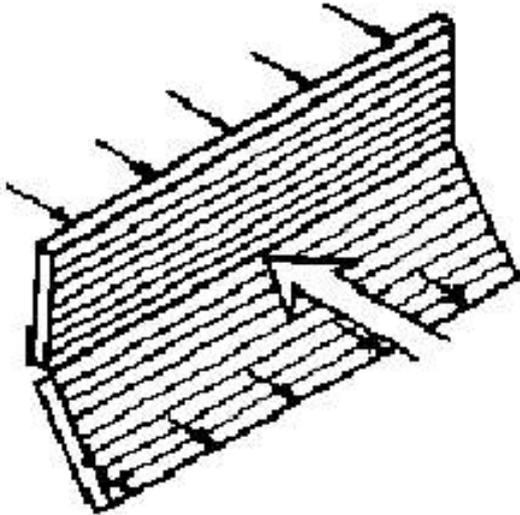
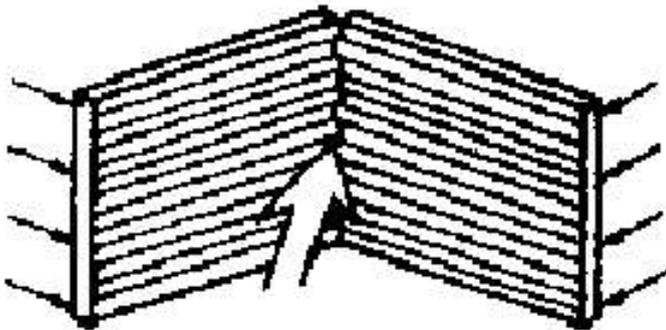


## Resistencia a Tracción por Flexión

Formas de falla de un muro sometido a cargas laterales



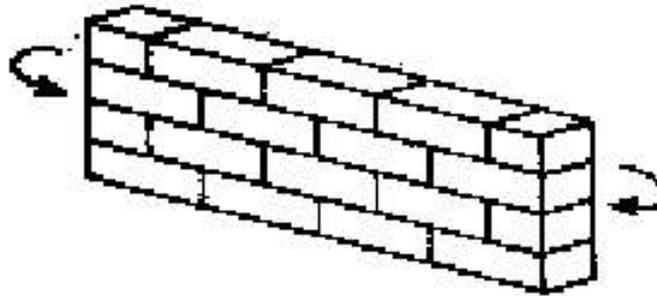
Falla paralela a las juntas de mortero



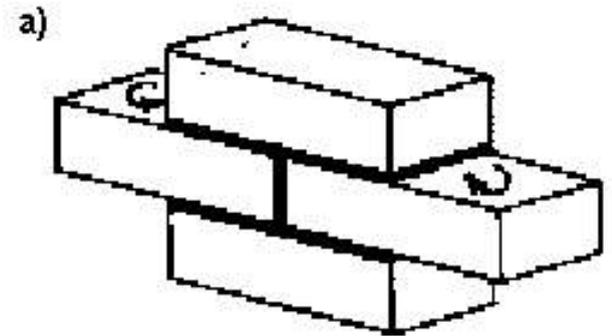
Falla perpendicular a las juntas de mortero

## Resistencia a Tracción por Flexión

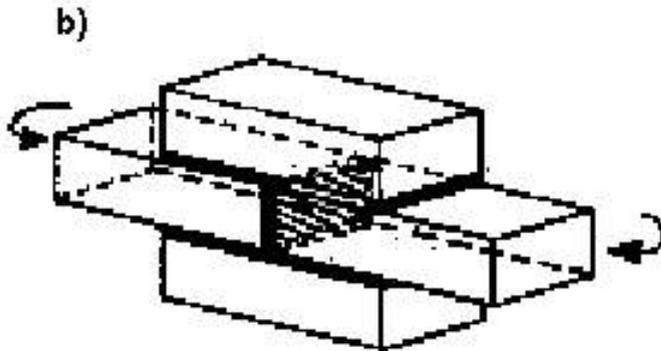
Componentes de la resistencia de la mampostería a momentos con vector perpendicular a la junta:



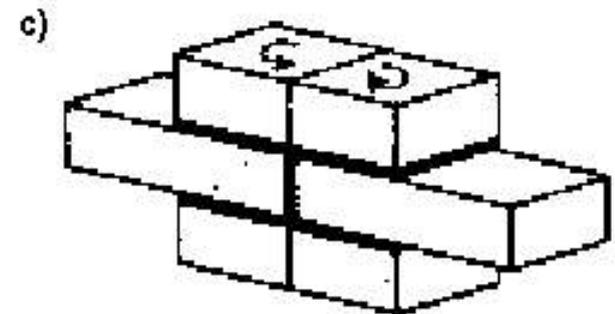
Resistencia a tracción por flexión con vector momento perpendicular a la junta.



Resistencia de la junta de mortero a la torsión.



Resistencia a flexión de las juntas perpendiculares de mortero



Resistencia a flexión del mampuesto.



## Resistencia a Tracción por Flexión

- ¿Cuándo se utiliza?
- Edad de referencia: 28 días
- Determinar en fase de proyecto y verificar en fase de construcción

## Resistencia a Tracción por Flexión

### Determinación de $f_{kx}$ y $f_{ky}$

#### A: Sobre ensayos

- \* Valor que sea superado por el 95% de los resultados obtenidos
- \*  $f_{kx} \leq 1,6$  del procedimiento **B** para ladrillos macizos
- \*  $f_{kx} \leq 1,3$  del procedimiento **B** para ticholos o bloques
- \* Reflejar condiciones reales de construcción
- \* Mínimo: 5 ensayos, si no corregir según Tabla 4 de la Recomendación
- \* Factor de corrección si se ensaya a 7 días: 1,1

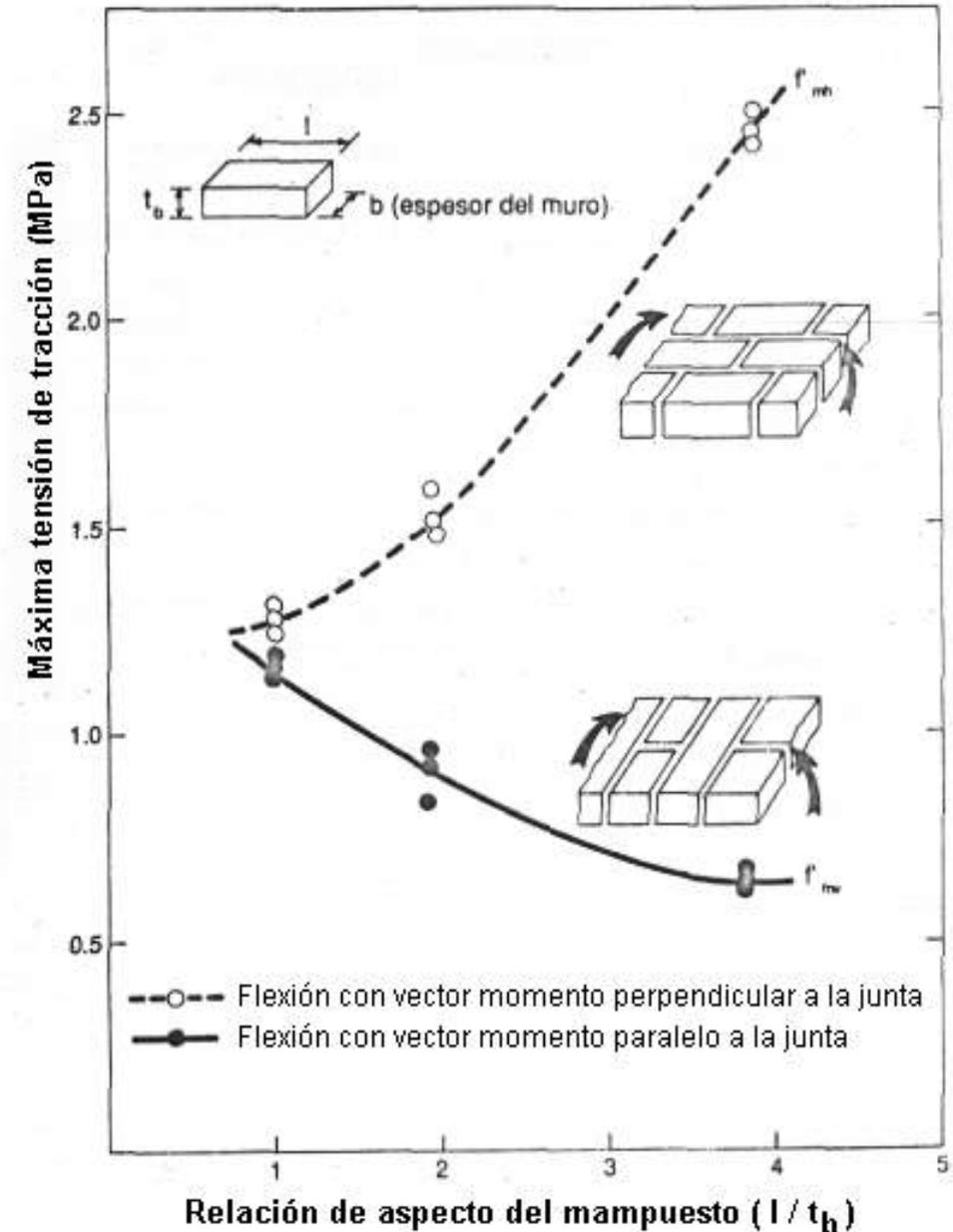


## Resistencia a Tracción por Flexión

### Determinación de $f_{kx}$ y $f_{ky}$

#### B: Valores indicativos

Valores de resistencia a tracción por flexión	$f_{kx}$ (MPa)			$f_{ky}$ (MPa)		
	Resistencia elevada (E)	Resistencia intermedia (I)	Resistencia normal (N)	Resistencia elevada (E)	Resistencia intermedia (I)	Resistencia normal (N)
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 30%;">Tipo de mampuesto</div> <div style="width: 70%;">Tipo de Mortero</div> </div>						
Adrillo cerámico macizo Clase A	1,10	1,00	0,90	0,40	0,35	0,30
Adrillo cerámico macizo Clase B	0,90	0,80	0,70	0,35	0,30	0,25
Adrillo huecos portantes cerámico Clase A	0,60	0,55	0,50	0,25	0,23	0,20
Adrillo huecos portantes cerámico Clase B	0,45	0,40	0,35	0,20	0,18	0,15
Bloques huecos portantes de hormigón Clase A	0,60	0,55	0,50	0,20	0,23	0,20
Bloques huecos portantes de hormigón Clase B	0,45	0,40	0,35	0,20	0,18	0,15



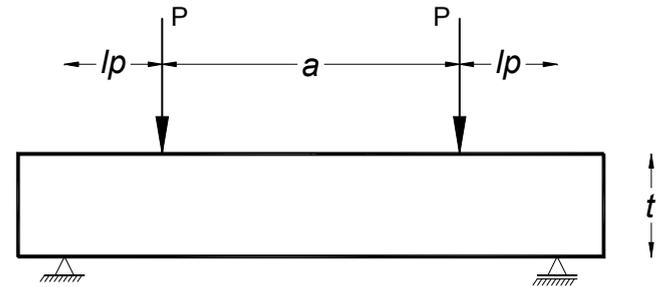
Módulos de ruptura  
 vs.  
 aspecto de la unidad



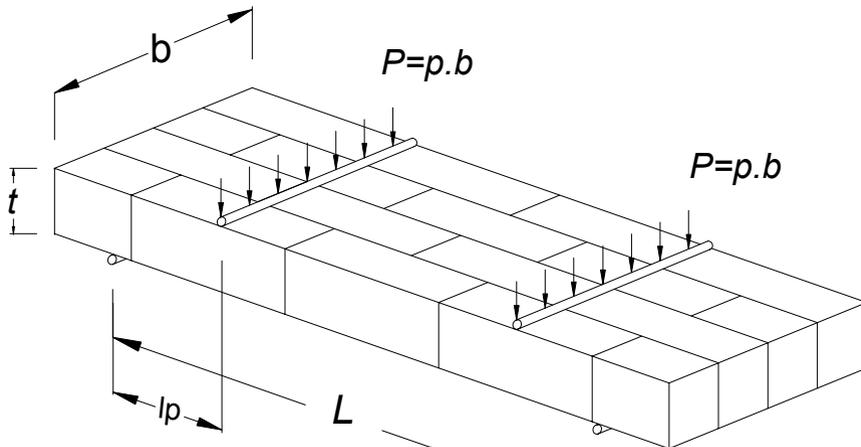
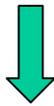
## Resistencia a Tracción por Flexión

Ensayo:

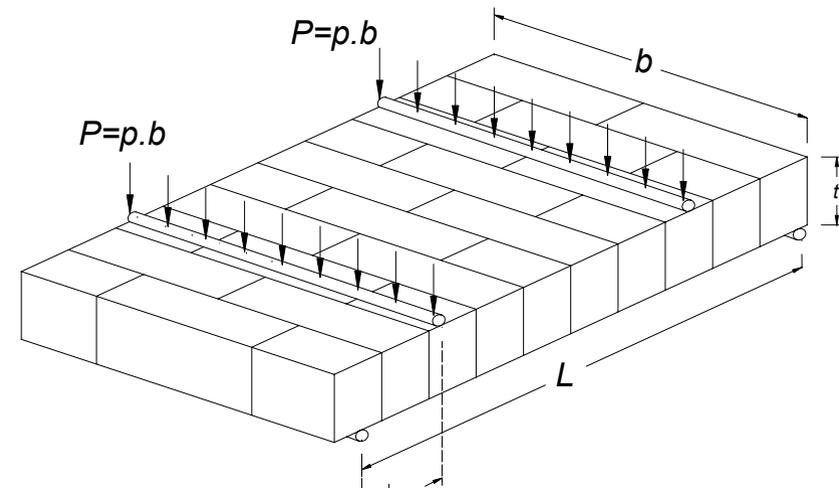
Esquema de  
cálculo



Ensayo para determinar  $f_{kx}$



Ensayo para determinar  $f_{ky}$



## Resistencia a Tracción por Flexión

Ensayo:

$$f_{xi} = \frac{M}{Z}$$

$$M = p \cdot l_p + \frac{g \cdot l^2}{8} \quad \rightarrow \quad (\text{Para el caso que la rotura se de en el centro de la probeta})$$

$$Z = \frac{bt^2}{6}$$



## Resistencia a Tracción por Flexión

### Ensayo:

$$y_k = y_m - a \cdot s$$

Donde:  $x_1 \dots x_n$  Resultados de ensayos

$y_1 \dots y_n$  Tal que  $y_i = \log(x_i)$

n=número de ensayos realizados

a = coef. de corrección en función del N° de ensayos realizados (Tabla 4 de la Recom.)

$$y_{\text{medio}} = \frac{\sum y_i}{n}$$

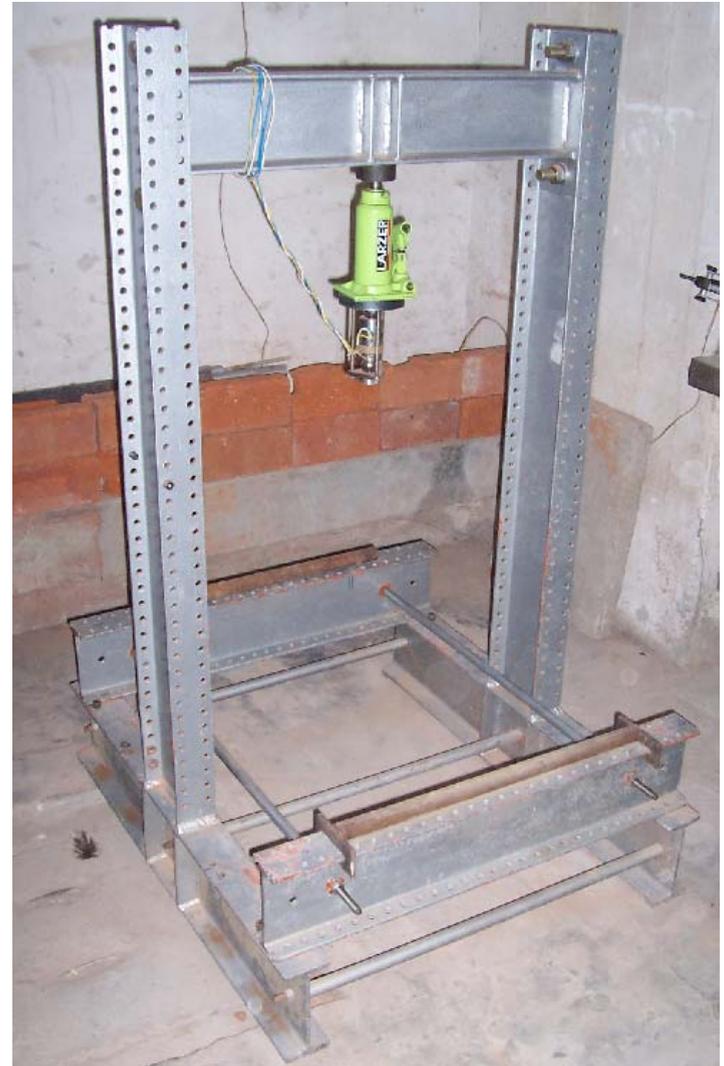
$$s = \sqrt{\frac{(y_1^2 + y_2^2 + \dots + y_n^2) - \frac{(y_1 + y_2 + \dots + y_n)^2}{n}}{n - 1}}$$

$$f_{kx} \text{ o } f_{ky} = \text{anti log}(y_k)$$



## Resistencia a Tracción por Flexión

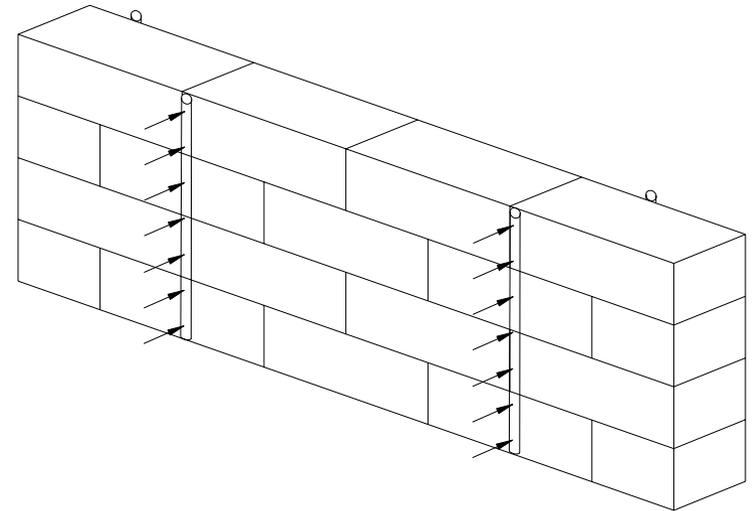
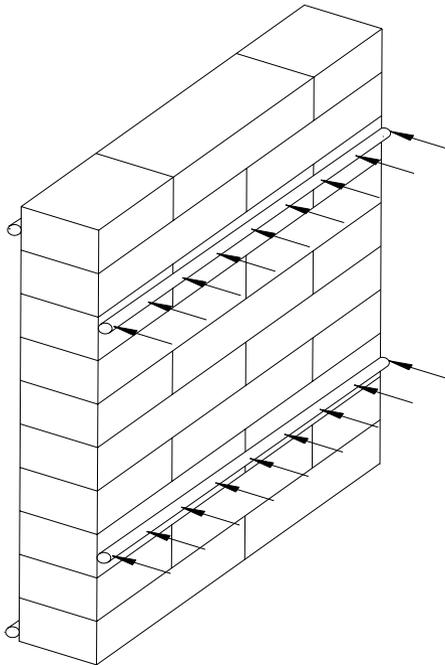
Ensayo:



## Resistencia a Tracción por Flexión

Diferencias entre el procedimiento seguido por el I.E.T. y el sugerido por la norma BS 5628:

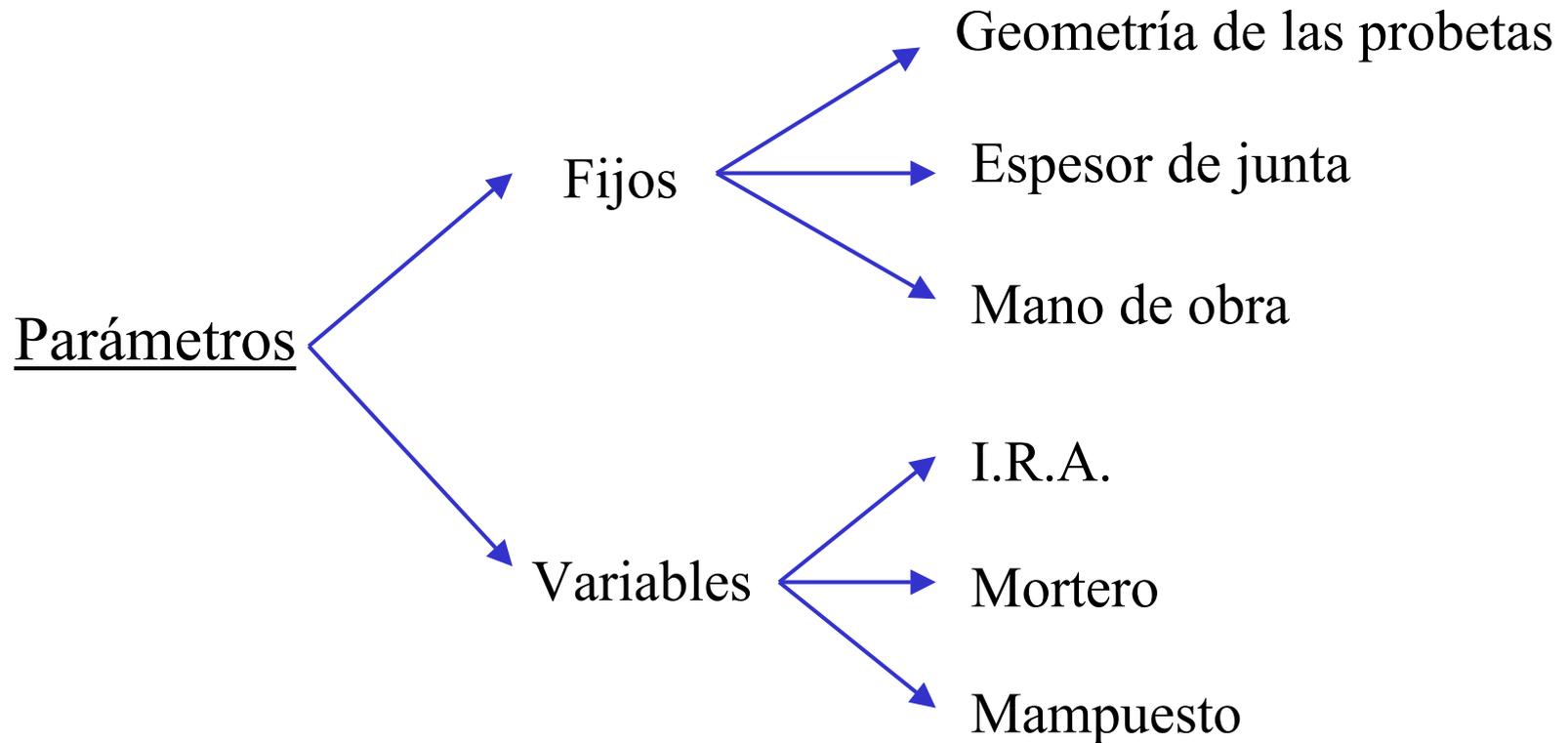
- Se ensayan 5 probetas en lugar de las 10 sugeridas
- Las dimensiones de las probetas son inferiores
- Las probetas se ensayan en posición horizontal





## Resistencia a Tracción por Flexión

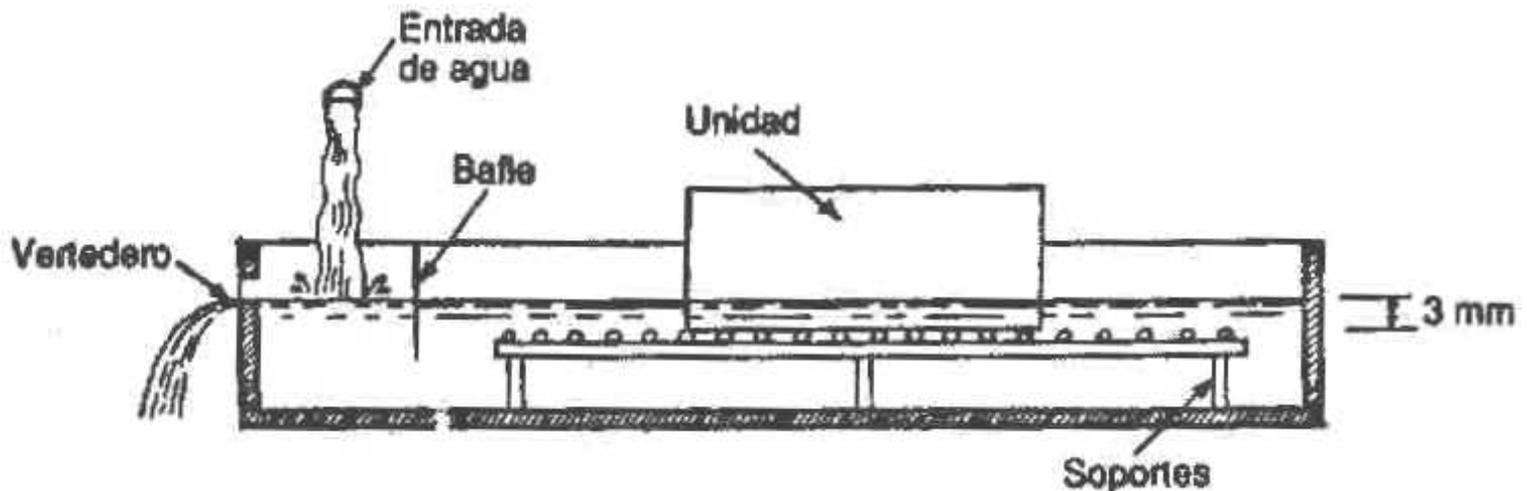
### Parámetros utilizados en el proyecto:



## Resistencia a Tracción por Flexión

### Parámetros utilizados en el proyecto:

I.R.A. → Procedimiento para su medida:



- Depende de: condiciones de humedad del mampuesto
- Valores tomados para el proyecto: 12, 24, 48 y 72 horas de oreado

## Resistencia a Tracción por Flexión

### Parámetros utilizados en el proyecto:

Mortero → Variación en sus proporciones de cemento cal y arena:

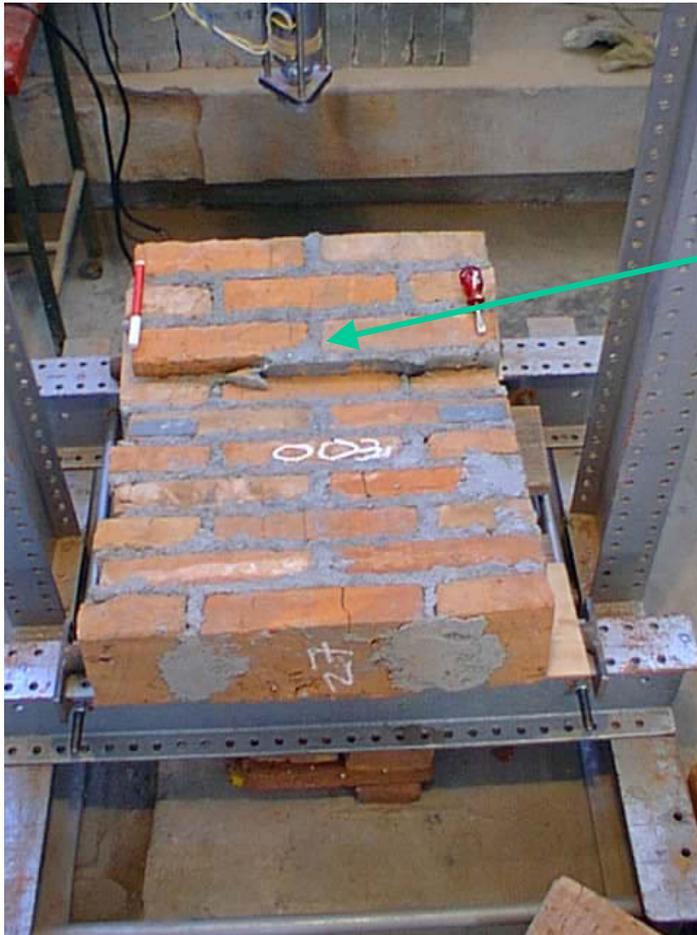
Tipo de Mortero		Componentes			Resistencia característica (Mpa)
BS 5628	I.E.T.	Cemento	Cal	Arena	
i	E	1	1/4	3	33.86
ii	I	1	1/2	4 y 4 1/2	15.15
iii	N	1	1	6	10.11

Mampuesto → Ladrillo cerámico macizo.

Características de los mampuestos			
Geometría			Resistencia característica a compresión (MPa)
Largo (cm)	Ancho (cm)	Espesor (cm)	
23,12	10,95	4,77	23,22

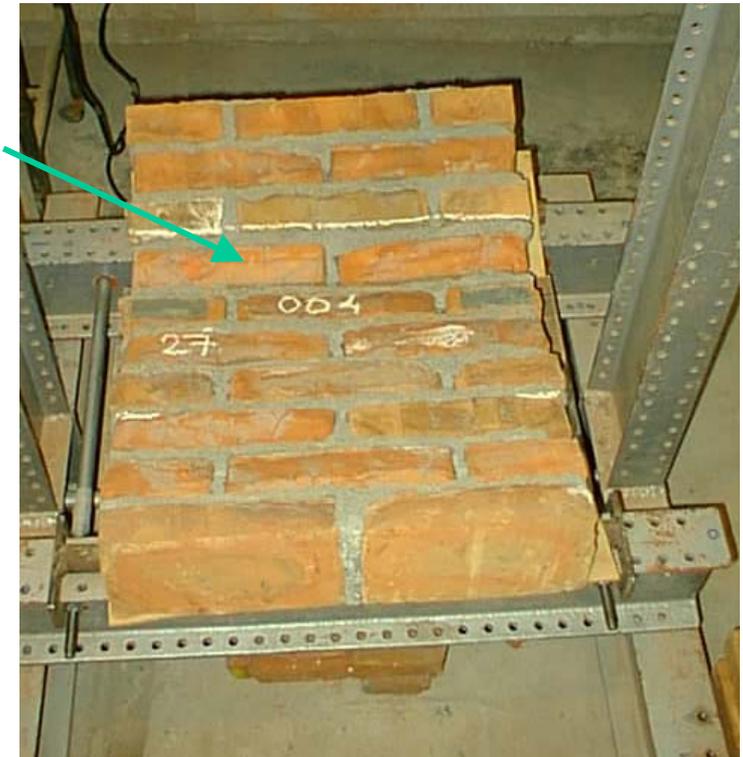
## Resistencia a Tracción por Flexión

Probetas ensayadas



$f_{ky}$

Falla





## Resistencia a Tracción por Flexión

Valores de  $f_{ky}$  según tipo de mortero e I.R.A.

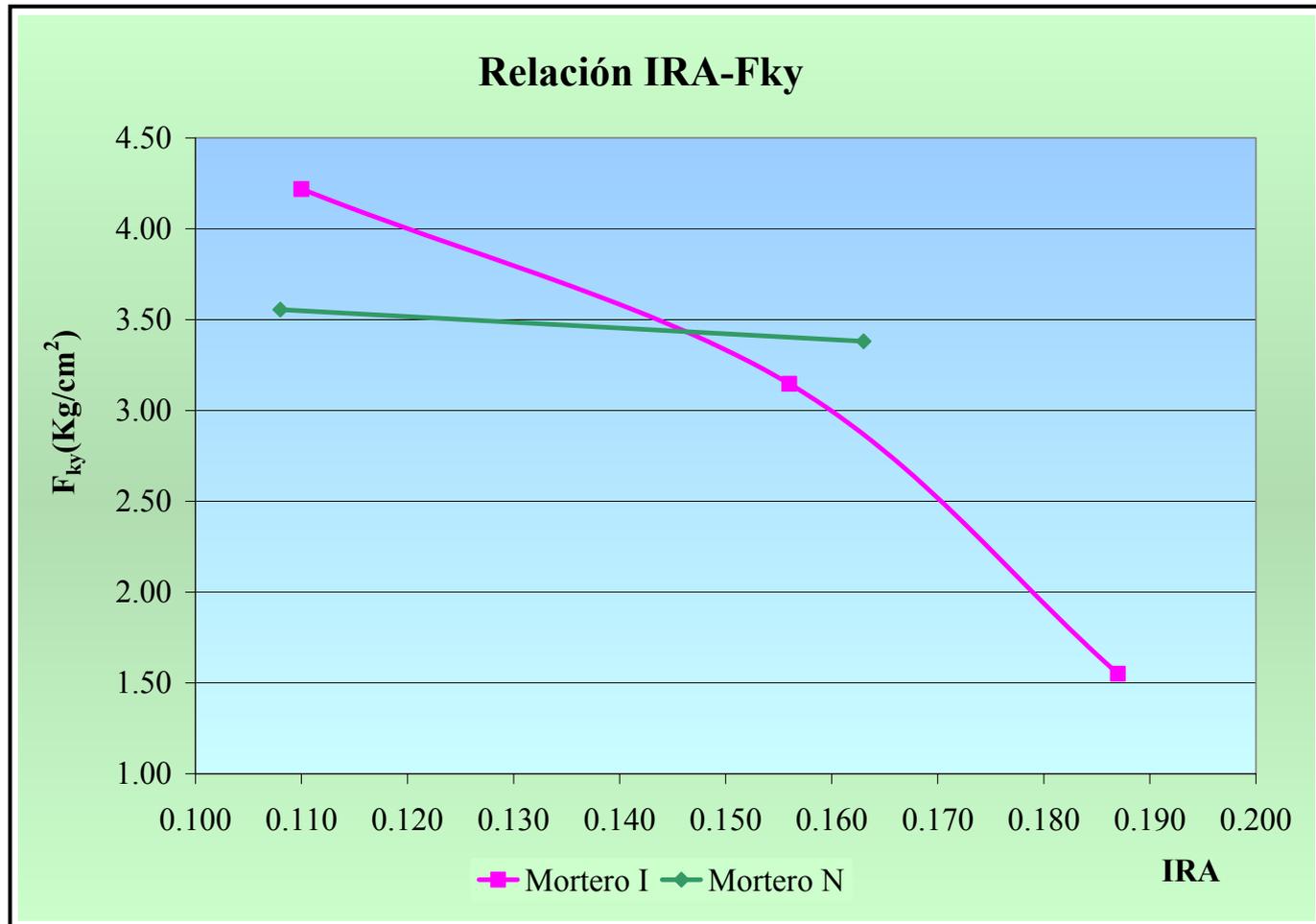
Ensayo de Tracción por flexión con momento paralelo a la junta ( $f_{ky}$ )									
Datos de la Serie de Probetas							$\sigma_{rotura}$		
Serie	Mortero				I.R.A.		Promedio (MPa)	Desviación Estandar (MPa)	$f_{ky}$ (MPa)
	Cemento	Cal	Arena	Tipo	$\frac{Kg}{(cm^2 * min)}$	$\Delta T$			
03-07-09	1	1/4	3	E	0,15	24	0,83	0,12	0,56
03-10-27	1	1/4	3	E	0,17	72	0,27	0,15	0,10
03-07-08	1	1/2	4y1/2	I	0,11	24	0,77	0,13	0,42
03-12-23	1	1/2	4y1/2	I	0,16	24	0,42	0,11	0,32
03-10-30	1	1/2	4y1/2	I	0,19	72	0,50	0,17	0,16
03-11-25	1	1	6	N	0,11	24	0,63	0,13	0,36
03-11-27	1	1	6	N	0,16	72	0,52	0,12	0,34

Recordar que hasta el momento el tipo de mampuesto no varía.



## Resistencia a Tracción por Flexión

Valores de  $f_{ky}$  según tipo de mortero e I.R.A.

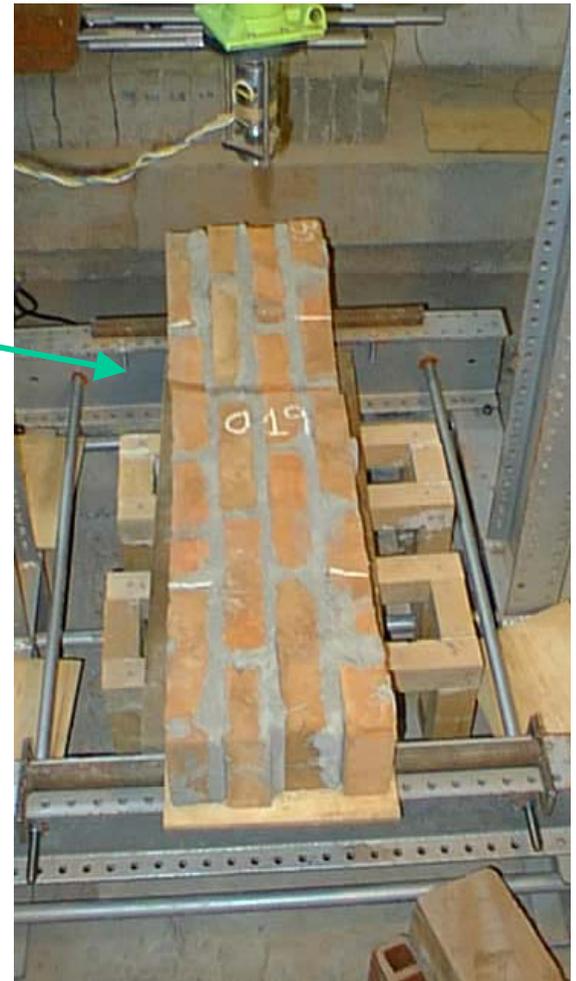
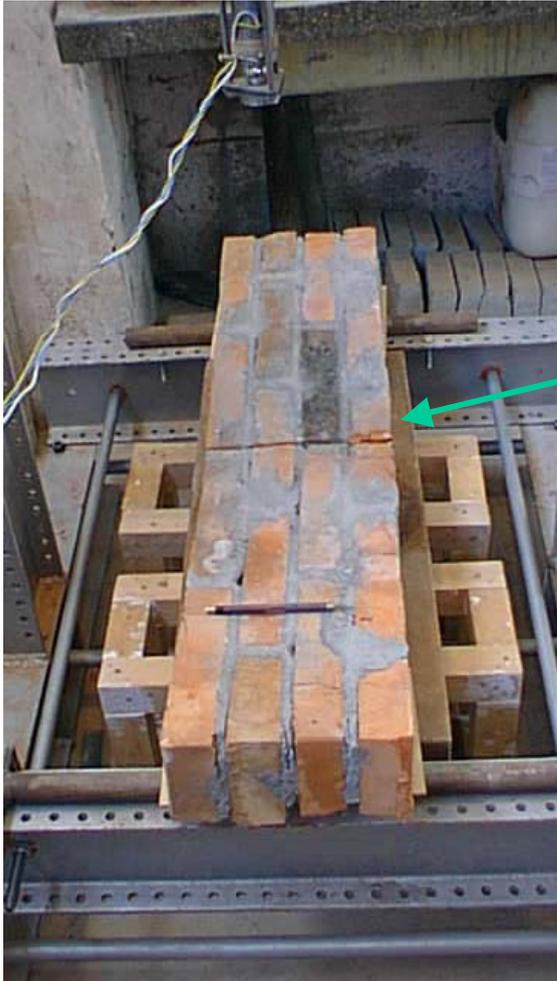


## Resistencia a Tracción por Flexión

Probetas ensayadas

$f_{kx}$

Falla





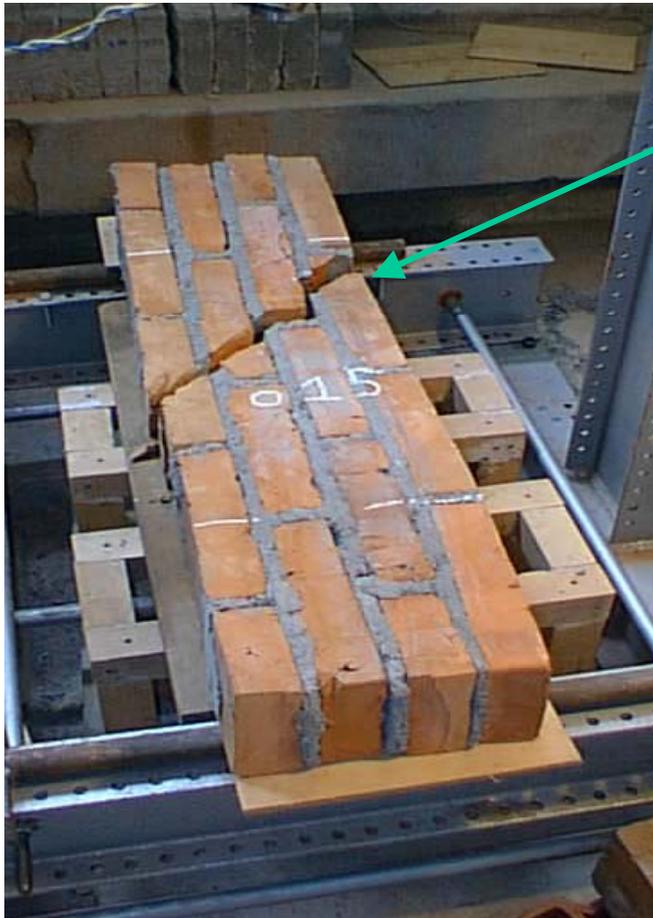
## Resistencia a Tracción por Flexión

Valores de  $f_{kx}$  según tipo de mortero e I.R.A.

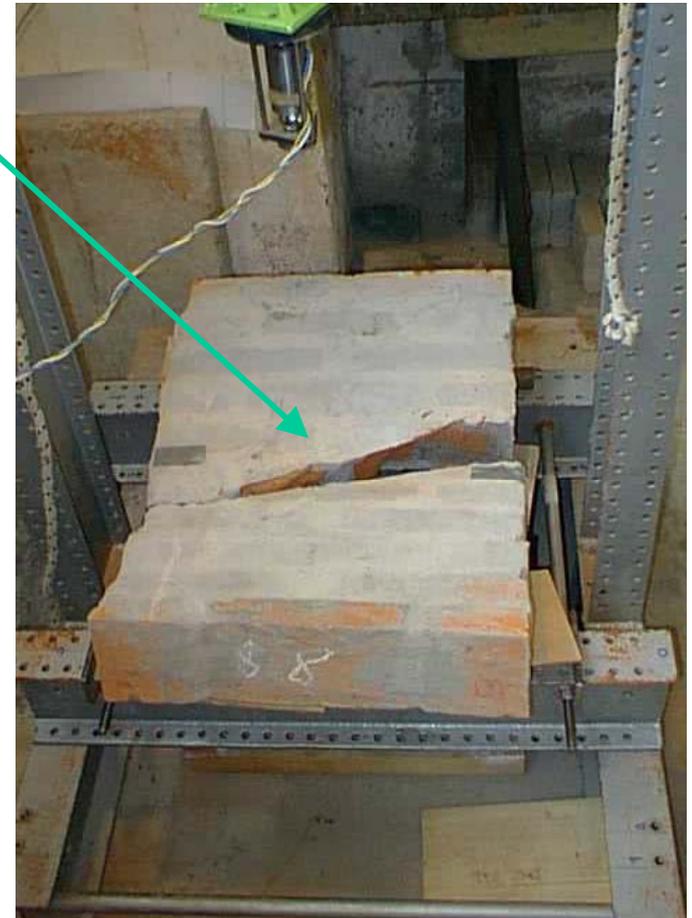
Ensayo de Tracción por flexión con momento perpendicular a la junta ( $f_{kx}$ )									
Datos de la Serie de Probetas							$\sigma_{rotura}$		
Serie	Mortero				I.R.A.		Promedio (MPa)	Desviación Estandar (MPa)	$f_{Kx}$ (MPa)
	Cemento	Cal	Arena	Calidad	Kg/(cm <sup>2</sup> *min)	$\Delta T$			
03-07-09	1	1/4	3	E	0,15	24	1,24	0,11	1,09
03-10-27	1	1/4	3	E	0,17	72	1,10	0,12	0,72
03-07-08	1	1/2	4y1/2	I	0,11	24	1,28	0,11	0,99
03-10-30	1	1/2	4y1/2	I	0,19	72	1,25	0,11	0,92
03-11-25	1	1	6	N	0,11	24	1,14	0,11	0,94
03-11-27	1	1	6	N	0,16	72	1,03	0,12	0,72

## Resistencia a Tracción por Flexión

Irregularidades encontradas



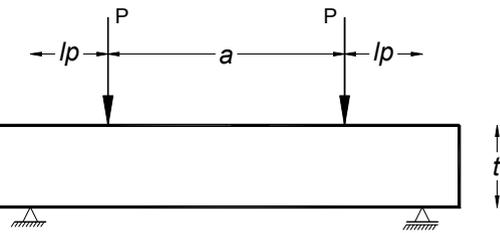
Falla



## Deformabilidad de la mampostería

### Deformaciones en flexión

Objetivo: Determinar los módulos de elasticidad a flexión en ambas direcciones.



$$\delta_{M\acute{a}x} = \frac{P \cdot lp}{24 \cdot E \cdot I} (3 \cdot l^2 - 4 \cdot l_p^2)$$

Considerando  $l_p = \frac{1}{5} \cdot l$

$$\delta_{M\acute{a}x} = \frac{71 \cdot P \cdot l^3}{3000 \cdot E \cdot I}$$

$\rightarrow P = P(\delta_{m\acute{a}x})$

$$m = \frac{3000 \cdot E \cdot I}{71 \cdot l^3}$$

Se determina experimentalmente la flecha en el punto medio de las probetas a partir de comparadores para diferentes cargas.



$$E = \frac{71 \cdot m \cdot l^3}{3000 \cdot I}$$



## Deformabilidad de la mampostería

Valores de módulos de elasticidad obtenidos:

Serie	Ex medio (Kg/cm <sup>2</sup> )
03-07-08	12.124
03-07-09	10.612
03-10-27	10.508
03-10-30	11.053
03-11-25	12.249
03-11-27	11.175

Serie	Ey medio (Kg/cm <sup>2</sup> )
03-07-09	3.104
03-10-27	930
03-07-08	2.018
03-12-23	1.058
03-10-30	1.750
03-11-25	1.549
03-11-27	987



Ex Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
11.287

Ey Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )
1.628



## Deformabilidad de la mampostería

### Deformaciones en compresión

$E_m$  = módulo de elasticidad en la dirección perpendicular a la junta.

$$E_m = 800 \cdot f_k \quad \text{Para cargas dinámicas}$$

$$E_m = 300 \cdot f_k \quad \text{Para cargas de larga duración}$$

Son valores conservadores !

# LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL

## DISEÑO EN ESTADO LÍMITE

Aspectos que definen la seguridad estructural:

- \* El diseño de la estructura
- \* El conocimiento de la resistencia de los materiales a emplear (incluyendo sus deformaciones)
- \* Una correcta estimación de las cargas a considerar
- \* Coeficientes de seguridad

Con el diseño estructural, el ingeniero debe asegurar que la estructura cumpla su función durante la vida útil sin colapsar, sin deformaciones o fisuraciones inadmisibles e incorporando el aspecto económico

## LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DISEÑO EN ESTADO LÍMITE

Tanto las características de los materiales como las cargas que actúan son consideradas con valores tomados de las mejores aproximaciones

Una desafortunada combinación puede, en la práctica, llevar a un colapso.

Los procedimientos de cálculo deben conducir a que la probabilidad de ese colapso sea muy pequeña.  $\left(\frac{1}{10^6}\right)$

Los coeficientes de seguridad se presentan en forma distinta en los métodos:

- tensiones admisibles (para materiales 100% elásticos)
- incremento de cargas
- estado límite → aquí los coeficientes de seguridad varían según los parámetros que intervienen → se optimiza !

## LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL

### DISEÑO EN ESTADO LÍMITE

“Estado límite” : estado en que la estructura resulta inapropiada para su función bajo determinada sollicitación.

La falla ocurre si:

$$R^* \leq S^*$$

con  $R^* = \frac{R_K}{\gamma_m}$  = resistencia de diseño de la estructura

$S^* = f(\gamma_f Q_K)$  = función de los efectos definidos por las cargas a aplicar

$R_K$  y  $Q_K$  : valores característicos (95%)

$\gamma_m$  : Coeficiente de seguridad por materiales y mano de obra (está presente la variabilidad del material)

$\gamma_f$  : Coeficiente de seguridad para las cargas aplicadas, errores de diseño y tolerancias constructivas (varía según la consecuencia)

## LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL

### DISEÑO EN ESTADO LÍMITE

La probabilidad de falla es :

$$P[R * -S* \leq 0] = p$$

Si  $p = 10^{-6}$  se podrían determinar  $\gamma_m$  y  $\gamma_f$ . Pero trabajar con valores de cargas y resistencias de materiales en forma probabilística es casi imposible  $\longrightarrow$   $\gamma_m$  y  $\gamma_f$  surgen de la experiencia en la construcción y de ensayos de laboratorio.

## LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL

### DISEÑO EN ESTADO LÍMITE

Según la “Recomendación” del IET apartado 3.1 :

$$\frac{S_{UR}}{\gamma_m} \geq S_U$$

Donde:

$S_{UR}$ : sollicitación resistida en estado último

$\gamma_m$ : coeficiente de seguridad de materiales

$S_U$ : sollicitación resultante de la aplicación de cargas con coeficiente de seguridad  $\gamma_f$

Se deben verificar las paredes ( $S_{UR}$ ) ante las sollicitaciones ( $S_U$ ) a distintos posibles mecanismos de falla (preso-flexión y corte) (**Recordar**: tracción nula salvo verificación de paneles a viento)

## LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL

### DISEÑO EN ESTADO LÍMITE

Cargas características:

$G_K$  : carga característica permanente

$Q_K$  : sobrecarga característica

$W_K$  : carga característica de viento (UNIT 50-84)

Combinación de cargas y valores de  $\gamma_f$  (ver la peor combinación en cada caso):

a Cargas permanentes + sobrecarga:  $(0,9 G_K \text{ ó } 1,4 G_K) + 1,6 Q_K$

b Cargas permanentes + viento:  $(0,9 G_K \text{ ó } 1,4 G_K) + (1,4 W_K \text{ ó } 0,015 G_K)$

 puede tomarse 1,2 al verificar elementos que no afecten la estabilidad global.

c Cargas permanentes + sobrecarga + viento:

$$1,2 G_K + 1,2 Q_K + (1,2 W_K \text{ ó } 0,015 G_K)$$

## LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL

### DISEÑO EN ESTADO LÍMITE

Coeficiente de seguridad de los materiales :  $\gamma_m$

- Depende de:
- \* Control de fabricación
  - \* Control de las partidas
  - \* Procedimientos de construcción (controles)

Se especifican dos niveles de control:  
(ver pág. 33 y 34 de la Recomendación)

- A) Control de los mampuestos
  - A.1) Categoría especial
  - A.2) Categoría normal
- B) Control de ejecución en obra
  - B.1) Categoría especial
  - B.2) Categoría normal

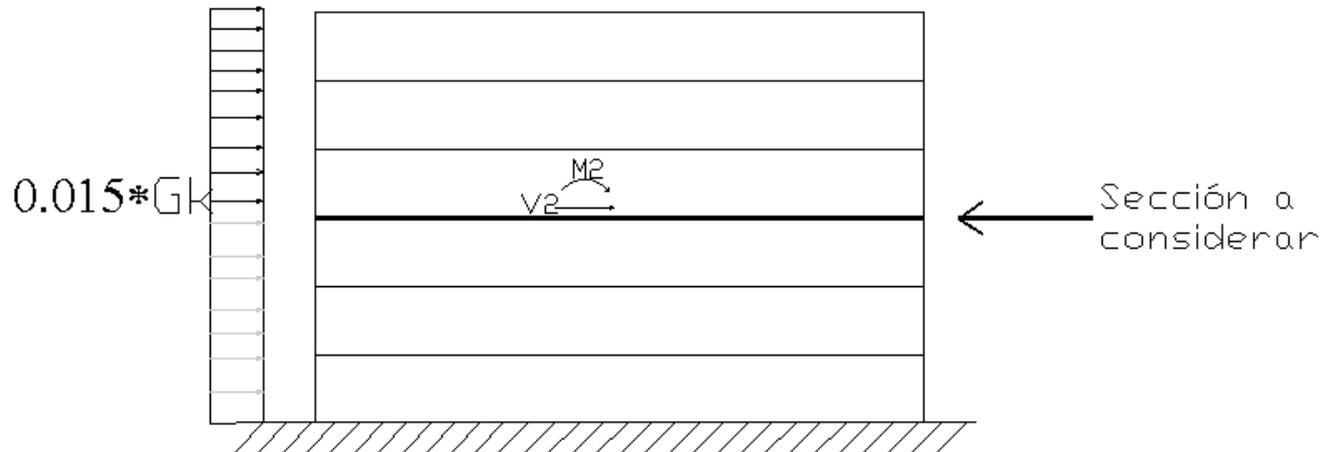
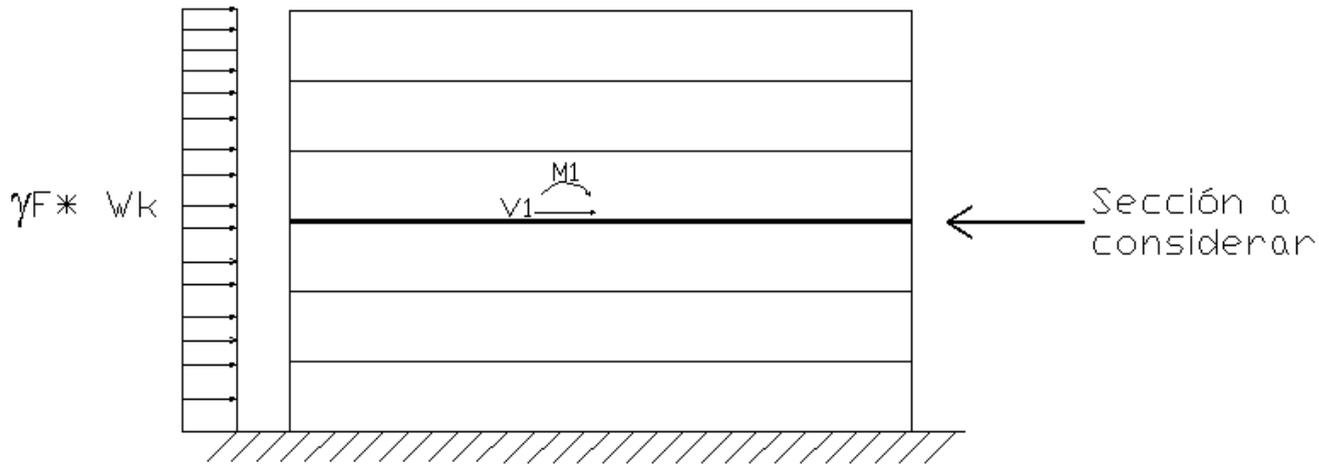


## LA SEGURIDAD ESTRUCTURAL DISEÑO EN ESTADO LÍMITE

$\gamma_m$  : (Tabla 10 de la Recomendación)

CONTROL DE MAMPUESTOS	CONTROL DE EJECUCIÓN	
	ESPECIAL	NORMAL
ESPECIAL	3.5	4.4
NORMAL	4.0	5.0

**Para mampostería confinada: tomar el 70% de los valores!!**



con  $G_K$  = cargas permanentes sobre la sección a considerar