

Unidades

	SI	MKS	Inglés
Longitud	m	M	ft
Masa	kg	Kgf*s ² /m	lbf*s ² /ft
Tiempo	s	s	s
Fuerza	N=kg*m/s ²	kgf	lbf

- **Fuerza**

$kN = 1000 N = 100 \text{ kgf}$

$kN = 0.225 \text{ kips} = 225 \text{ lbf}$

- **Tensión/Esfuerzo**

$MPa = 10^6 \text{ Pa} = 10^6 \text{ N/m}^2 = 1 \text{ N/mm}^2 = 10 \text{ kgf/cm}^2$

$MPa = 0.145 \text{ ksi} = 145 \text{ psi (lbf/in}^2)$

Hormigón

- **Composición**

- Ripio (ripio, gravilla)

- Arena

- Cemento

- Agua

- Aditivos

- Aceleradores/retardadores

- Plastificantes (trabajabilidad)

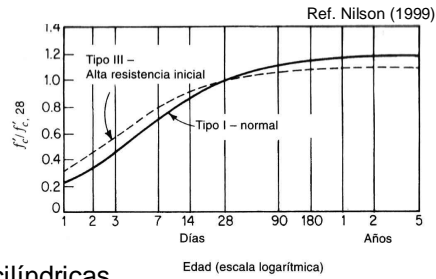
- Aireantes (durabilidad)

Hormigón – Propiedades

- Resistencia a compresión

- Basada usualmente a 28 días (f'_c)

- f'_c @ 28 días ~90% capacidad última (años)



- Ensayo de probetas cúbicas/cilíndricas

- Denominación: basada en probeta cúbica (20x20cm), ej., H-30 ($f_c^{cub} = 30$ MPa)
 - Ecuaciones de diseño (ACI 318-05) basado en probeta cilíndrica (15x30cm)

			Resistencia de Diseño	
Probeta cúbica	f_c^{cub}	MPa	5 - 25	30, 35, 40, 45, 50, 55, 60
correlación			$f'_c = f_c^{cub} * 0.8$	$f'_c = f_c^{cub} - 5$ (MPa)
Probeta cilíndrica	f_c	MPa	4 - 20	25, 30, 35, 40, 45, 50, 55



Hormigón – Propiedades

- Resistencia a compresión

- Ensayo de probetas cúbicas/cilíndricas

- Probeta cúbica



<http://www.cse.polyu.edu.hk/~civcal/wwwroot/superstr/rctest/photoset/cube2.jpg>

- Probeta cilíndrica

http://www.concretemender.com/lmages/C882mender_files/882fig1.jpg

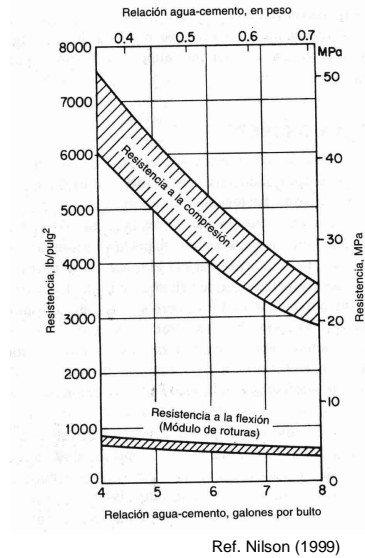
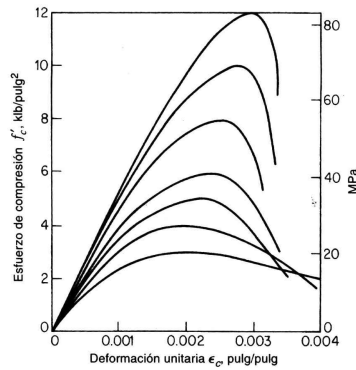


<http://www.r-am.net/concrete%20cylinder.JPG>



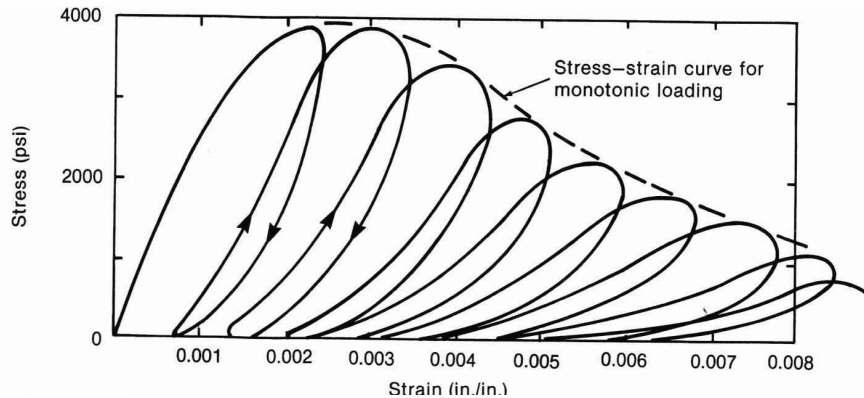
Hormigón – Propiedades

- Resistencia a compresión
 - Relación agua-cemento
 - Esfuerzo de compresión versus deformación unitaria



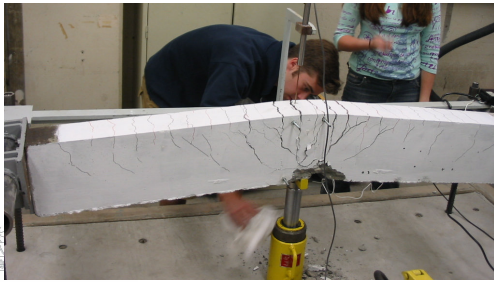
Hormigón – Propiedades

- Resistencia cíclica a compresión
 - Envoltente “similar” a comportamiento monótonico del hormigón en compresión
 - Deformaciones residuales a tensión cero representan deformaciones plásticas (daño o deterioro)



Hormigón – Propiedades

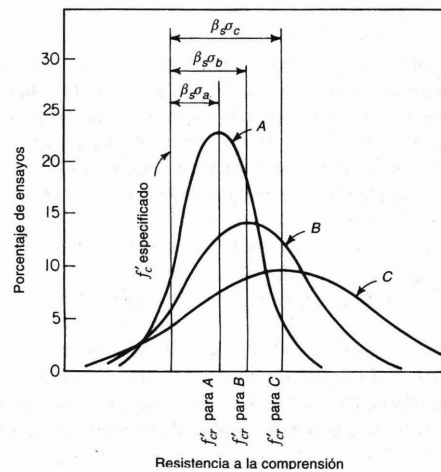
- Alta capacidad a compresión axial
 - Compresión en columnas
 - Mantener la integridad estructural
 - Habitualmente grandes secciones cuadradas
 - Baja inestabilidad estructural por pandeo global (elemento)
 - Zona de compresión en vigas



FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD DE CHILE

Hormigón – Propiedades

- Resistencia a compresión
 - Resistencia a compresión característica de diseño versus resistencia media requerida para la obra
 - Requerimiento de nivel de confianza (~90%)
 - Importancia de dispersión para el fabricante



 Ingeniería Civil
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD DE CHILE

Ref. Nilson (1999)

Hormigón – Propiedades

- Resistencia a compresión

- Módulo elástico:

- Modulo secante a $0.5f'_c$

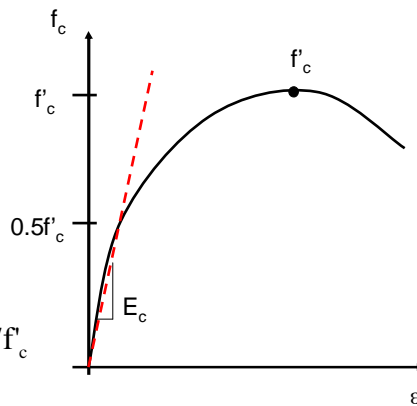
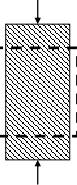
$$E_c = 4700\sqrt{f'_c} \text{ (MPa)}$$

S.8.5.1 H. peso normal
 $f'_c < 55 \text{ MPa}$

- Módulo de Poisson

$\nu = 0.15 \text{ a } 0.2$, para $f'_c < 0.7f'_c$

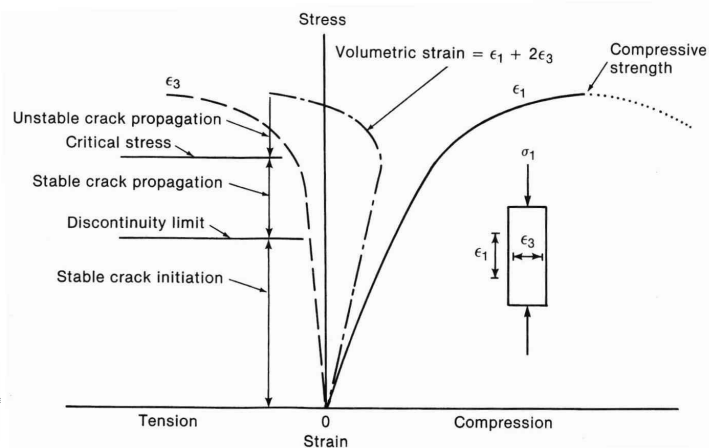
$$\nu = \frac{\epsilon_{transv}}{\epsilon_{axial}}$$



Hormigón – Propiedades

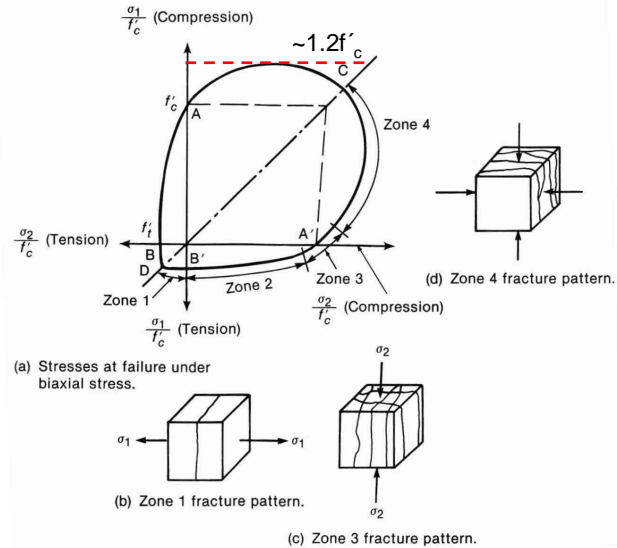
- Resistencia a compresión

- Efecto de Poisson para pequeñas (0.15-0.2) y grandes deformaciones
 - Inestabilidad a $0.75 - 0.8f'_c$ que genera falla axial (bajo f'_c) para cargas de larga duración (creep – deformaciones de largo plazo)



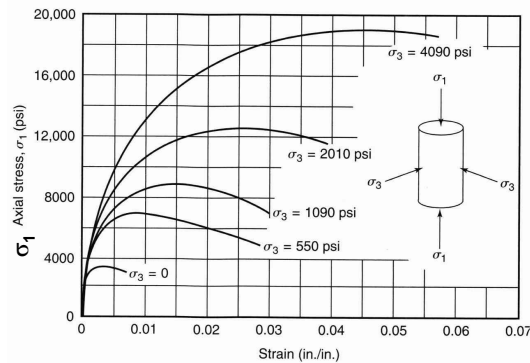
Hormigón – Propiedades

- Resistencia a Esfuerzo Biaxial Hormigón Simple
 - Ej. Vigas con cargas puntuales, muros con cargas sísmicas
 - Menor capacidad en zona en tracción (que en compresión)
 - Incremento de capacidad por compresión en ambas direcciones



Hormigón – Propiedades

- Resistencia a Esfuerzo Triaxial
 - Ej. Confinamiento en columnas, nudos
 - Tensiones de confinamiento, σ_3 (compresión):
 - Aumentan de capacidad en compresión (σ_1)
 - Aumento de ductilidad en compresión
 - La expansión (por efecto de Poisson) lateral en columnas puede ser resistida por estribos que generan confinamiento

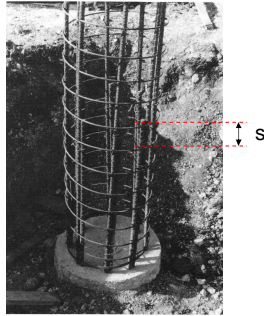


$$\sigma_1 = f'_c + 4.1\sigma_3$$

Nota: En hormigones de alta resistencia y hormigones livianos el efecto de confinamiento disminuye (coeficiente baja de 4.1 a 2.0)

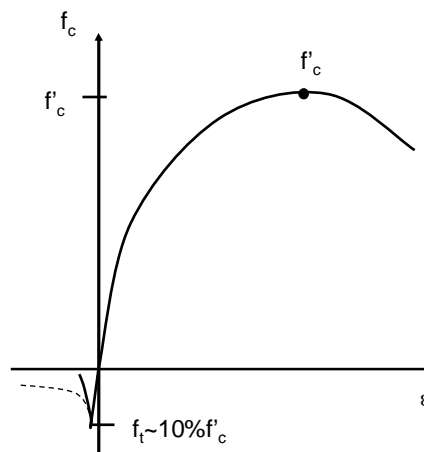
Hormigón – Propiedades

- **Hormigón en compresión – Confinamiento**
 - Presión lateral entregada por estribos
 - Distribución no uniforme a lo largo de la columna
 - El efecto de distribución asume que las barras no fallarán por pandeo local entre estribos o el zuncho



Hormigón – Propiedades

- **Resistencia a tracción**
 - Baja capacidad en tracción
 - Compensación con uso de acero
 - Módulo elástico similar al de compresión
 - Gran rigidez con baja capacidad → falla frágil



Hormigón – Propiedades

- Resistencia a tracción

- Tracción directa

$$f'_t = (0.25 \text{ a } 0.42)\sqrt{f'_c} \text{ (MPa)}$$

- Tracción indirecta

$$f_{ct} = (0.5 \text{ a } 0.66)\sqrt{f'_c} \text{ (MPa)}$$

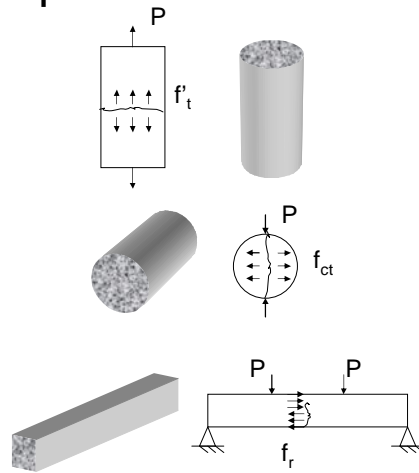
- Módulo de rotura

$$f_r = (0.66 \text{ a } 1.0)\sqrt{f'_c} \text{ (MPa)}$$

- ACI 318-05

$$f_r = 0.62\sqrt{f'_c} \text{ (MPa)}$$

Deformaciones & M_{cr} S9.5.2.3

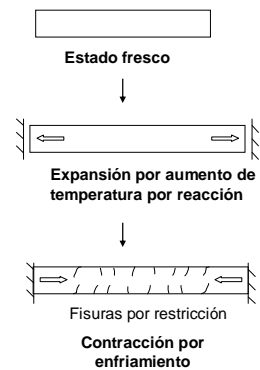
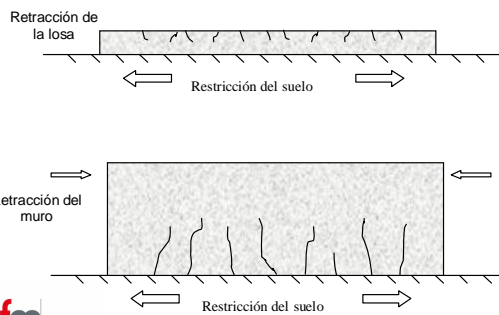


Hormigón – Propiedades

- Baja resistencia a tracción

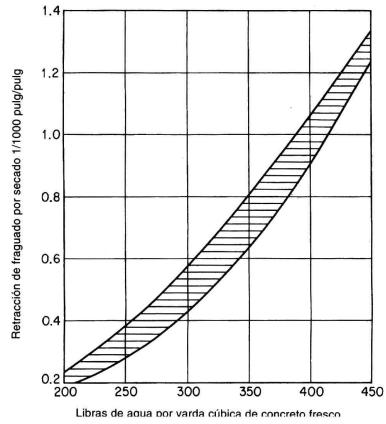
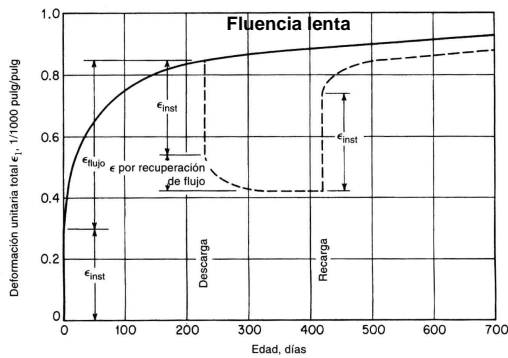
- Problemas de fisuración

- Temperatura
 - Retracción de fraguado



Hormigón – Propiedades

- Propiedades de deformación
 - Retracción de fraguado
 - Aumento con relación agua/cemento
 - Creep = Deformación unitaria en el tiempo (cargas de larga duración)

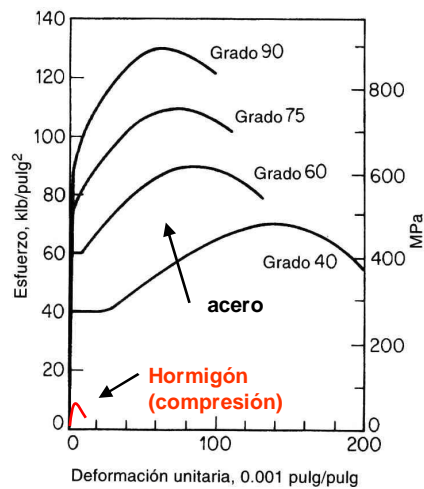


Ref. Nilson (1999)

Nivel de carga
= 4.1 MPa

Acero – Propiedades

- Resistencia tracción/compresión
 - Mayor resistencia que hormigón
 - $f_y = 280, 420$ MPa (acero)
 - $f'_c = 10 - 60$ MPa (hormigón)
 - Mayor rigidez que hormigón
 - $E_s = 200.000$ MPa (acero)
 - $E_c \sim 25.000$ MPa (hormigón)
 - Mayor ductilidad que hormigón
 - $\epsilon_{fracture} \sim 10$ a 20% (acero)
 - $\epsilon_{rotura} \sim 0.6$ a 1% (hormigón)



Ref. Nilson (1999)

Acero – Propiedades

- Resistencia tracción/compresión

Propiedades mecánicas mínimas del acero de refuerzo para hormigón

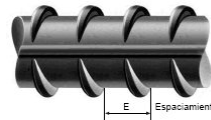
Grado del acero	Resistencia a tracción f_u [MPa]	Límite de fluencia f_y [MPa]	Alargamiento mínimo %
A44-28H	440	280	18
A63-42H	630	420 ⁽¹⁾	≥8%

(1) $f_y \leq 580$ Mpa

- Diámetro de barra

$\phi = 6, 8, 10, 12, 16, 18, 22, 25, 28, 32, 36$ (mm)

$\phi = 6$ mm, no tiene resalte



Acero – Propiedades

- Entrega (común)

- Refuerzo $\phi 6-12$: rollo (1-4km) y barra (6 y 12m)
- Refuerzo $\phi 16-36$: barra (6 y 12m)



Barras,



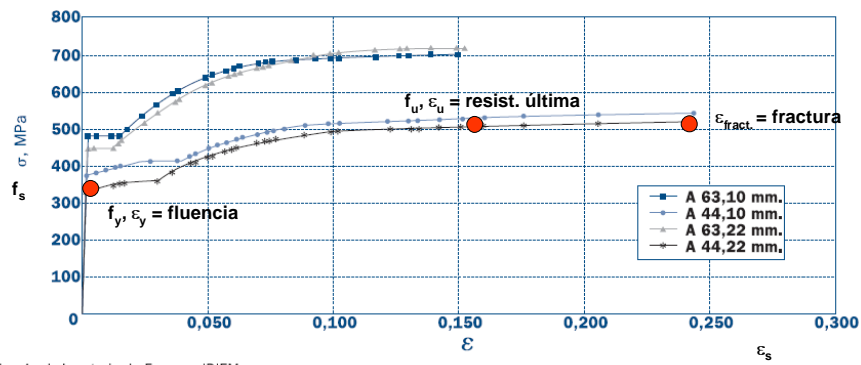
Rollos,

Acero – Propiedades

- Resistencia tracción/compresión

Gráfico 1.2.3.1

Curvas Tensión-Deformación Barras de Refuerzo Gerdau AZA para Hormigón

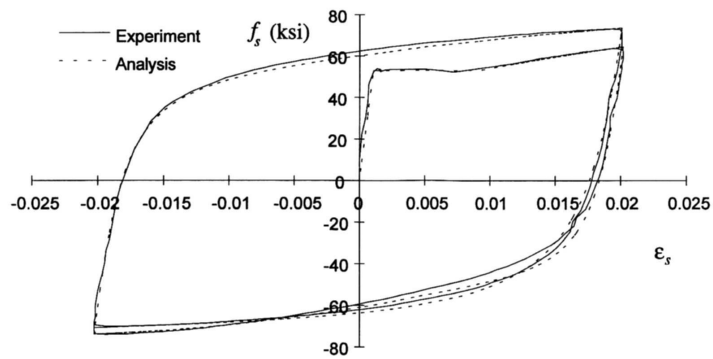


Fuente: Laboratorio de Ensayos IDIEM
fcfm Ingeniería Civil
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICA Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

<http://www.gerdauaza.cl/>

Acero – Propiedades

- Resistencia cíclica



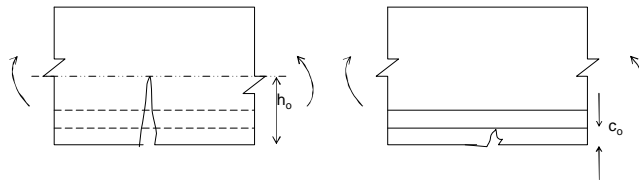
fcfm
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICA Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Fig. 2-34 Stress-Strain Experiment by Panthaki (1991), Specimen R5

Chang y Mander, 1994

Acero – Propiedades

- Usos estructurales del acero de refuerzo
 - Redistribución de cargas post-fisuración y aumento de capacidad a fisuración (armaduras mínimas)
 - Refuerzo longitudinal en flexión (o flexo-compresión)
 - Refuerzo de estribos (corte, confinamiento)



Hormigón Armado – Propiedades

- Densidad:
 - Hormigón: 2.4 t/m³
 - Acero: 7.8 t/m³
 - Hormigón armado: 2.5 t/m³
- Características
 - Hormigón
 - Resistencia a compresión (baja tracción) - arcos
 - Resistencia al fuego
 - Acero
 - Alta resistencia
 - Gran ductilidad (capacidad de deformación)
- Otras características
 - Económico y durable
 - Gran peso y dimensiones
 - Obras lentas
 - Monolítico y continuo

Hormigón Armado – Propiedades

- Características que hacen posible el hormigón armado
 - Adherencia entre barra y el hormigón (resaltes)
 - Coeficiente de dilatación del hormigón
 - Acero y hormigón $\sim 12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$
 - Impermeabilidad del hormigón
 - Evita/reduce oxidación de barras (pérdida de sección)