

**Si tuvieramos que RECIBIR H° E°  
para nuestra obra...**

**Qué deberíamos hacer?**



# **CONTROL DE CALIDAD DEL HORMIGON ELABORADO**

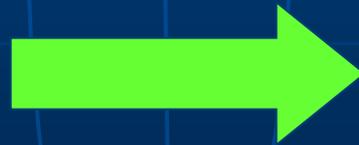
**Requisitos, Ensayos y Evaluación  
en obra y laboratorio**

# Objeto del control de calidad en el hormigón

---

Verificar si el hormigón empleado para ejecutar la obra reúne las características y propiedades especificadas y si las mismas son obtenidas durante las operaciones de obra (**uniformidad**)

¿ Cómo se realiza el control ?



Toma de muestras

# Toma de muestras (IRAM 1541)

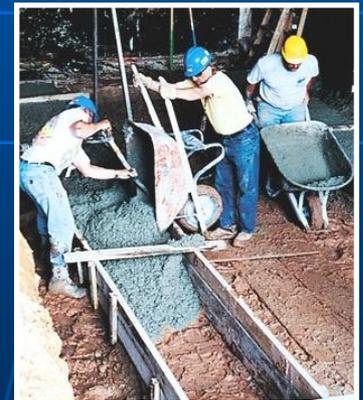
## Antes de la descarga (de la hormigonera)

- Se realizará por pasajes repetidos del recipiente (tres o más períodos) a través de la vena de hormigón



## Después de la descarga

- Se obtendrá de por lo menos cinco lugares bien distribuidos del pastón, que no presenten segregación



**Recipiente:** No absorbente, metálico en lo posible

**Volumen de la muestra:** Por lo menos 30 litros

# Posibles Ensayos

## ESTADO FRESCO

- **Asentamiento (IRAM 1536)**
- **Contenido de aire (IRAM 1602)**
- **Temperatura del hormigón**



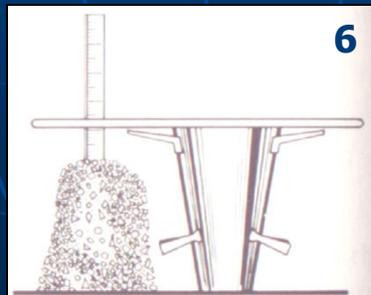
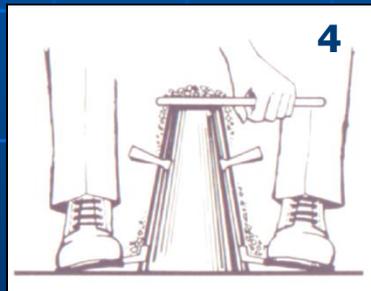
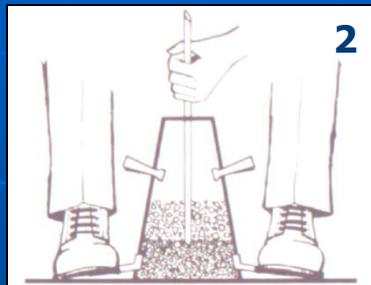
## ESTADO ENDURECIDO

- **Resistencia a la compresión**  
Moldeo probetas (IRAM 1524)  
Ensayo (IRAM 1546)



# Asentamiento

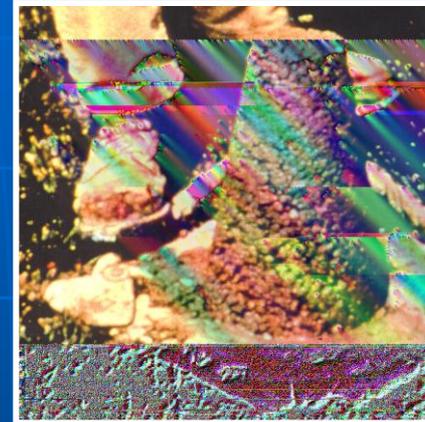
## Consistencia mediante ensayo del tronco de cono (IRAM 1536)



# Asentamiento

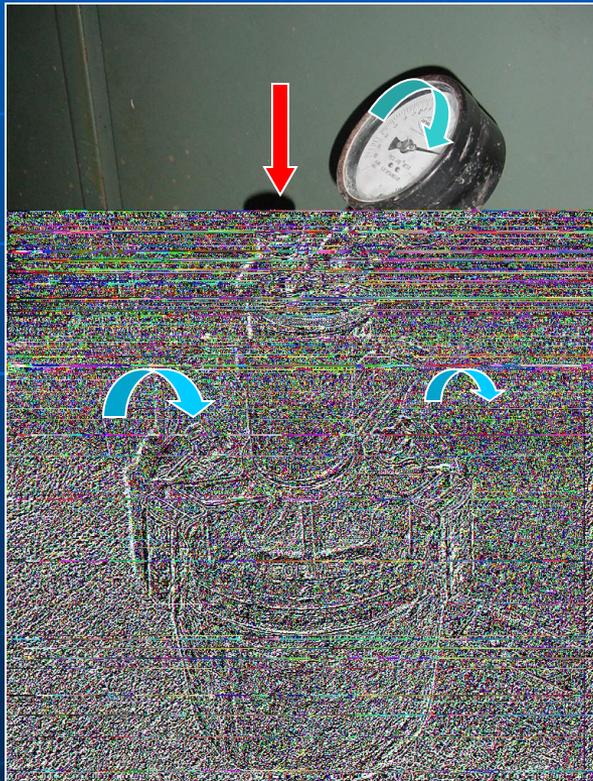
## Límites y tolerancias (s/ CIRSOC 201:05)

Asentamiento (IRAM 1536)	Tolerancia
Hasta 7 cm	$\pm 1.5$ cm
De 7 a 15 cm	$\pm 2.5$ cm
Mayor de 15 cm (no más de 20)	$\pm 3.5$ cm



# Contenido de aire incorporado

**Contenido de aire por el método de las presiones:**  
Permite determinar el contenido de aire en el hormigón fresco.



Aparato de Washington



Determinación del contenido de aire

**Nota:** No es aplicable a H<sup>o</sup> con agregados livianos

# Temperatura del hormigón

## Cuándo determinarla?



Se aplicará y determinará al °C más próximo en los siguientes casos:

- Diariamente , al iniciar las operaciones de hormigonado
- Cuando se determina el asentamiento del H<sup>o</sup>, o se moldean probetas
- En caso de altas temperaturas (**> 30 °C**) se deberá aplicar los criterios de hormigonado en tiempo caluroso (CIRSOC 201 – art. 11.2)
- En caso de bajas temperaturas (**< 5 °C**) se deberá aplicar los criterios de hormigonado en tiempo frío (CIRSOC 201 – art. 11.1)

# Propiedades en estado endurecido

**Resistencia a la compresión (IRAM 1546):** Evalúa las propiedades mecánicas del hormigón



Probetas cilíndricas de 15 x 30 cm  
encabezadas



Ensayo de compresión

# Ensayos mínimos a realizar

## ESTADO FRESCO

### Asentamiento (IRAM 1536)



- Diariamente , al iniciar las operaciones de hormigonado y posteriormente con una frecuencia no menor de dos veces por día
- Cuando la observación visual indique que no se cumplen las condiciones establecidas
- Cada vez que se moldeen probetas para realizar ensayos de resistencia
- En caso de hormigones con clase de resistencia H – 21 o con características especiales, los ensayos se realizarán con mayor frecuencia, de acuerdo con lo que disponga el Director de Obra.

# Ensayos mínimos a realizar

## ESTADO FRESCO

### Contenido de aire (IRAM 1602)

Salvo que lo solicite el Director de Obra, el ensayo se realizará cuando el H<sup>o</sup> contenga aditivos. En esos casos se aplicará:



- Diariamente , al iniciar las operaciones de hormigonado
- Cuando se determina el asentamiento del H<sup>o</sup>, o se moldean probetas
- Si se observan variaciones apreciables de la consistencia o si se produce un aumento considerable de la temperatura

# Ensayos mínimos a realizar

## ESTADO FRESCO



### Temperatura del Hormigón

Se aplicará y determinará al °C más próximo en los cuando:siguientes casos:

- Diariamente , al iniciar las operaciones de hormigonado
- Cuando se determina el asentamiento del H<sup>o</sup>, o se moldean probetas
- En caso de altas temperaturas ( $> 30$  °C) se deberá aplicar los criterios de hormigonado en tiempo caluroso (CIRSOC 201 – art. 11.2)
- En caso de bajas temperaturas ( $< 5$  °C) se deberá aplicar los criterios de hormigonado en tiempo frío (CIRSOC 201 – art. 11.1)

# Ensayos mínimos a realizar

## ESTADO ENDURECIDO

### Resistencia potencial a compresión

Resistencia potencial:

La que alcanzará el  $H^0$  en condiciones ideales de compactación y curado, según norma IRAM 1524 (moldeo en obra)

Nota: La resistencia potencial no es sinónimo de ni de resistencia característica (valor estadístico) ni de resistencia efectiva (curado a pie de obra)

# Resistencia potencial a compresión

## Catracterísticas

- Probetas cilíndricas de 15 x 30 cm
- Mínimo 3 probetas por muestra
  - Moldeo según IRAM 1524 (Proyecto)
  - Ensayo según IRAM 1546
- Frecuencia de extracción según:
  - Grupo de hormigón (I ó II)
  - Equipo
  - Volumen de hormigón
- Con cada muestra se conforma un resultado de ensayo, promedio de 2 probetas (la restante se ensaya a edad temprana, x ej: 7 días)



# Resistencia potencial a compresión

**Frecuencia  
de extracción  
de muestras**

- Será fijada por el Director de Obra
- En los casos más comunes se podrá realizar de acuerdo con lo indicado por el CIRSOC 201

**En obra  
(Director  
de Obra)**

**Elaboración  
del  
Hormigón**

**En planta  
hormigonera  
(IRAM 1666)**

# Frecuencia de extracción de muestras

## Hormigón preparado en obra

Estructura y clase de hormigón	1	2
	De un pastón elegido al azar extraer una muestra de hormigón por cada	
	Número de metros cúbicos	Número de pastones
Hormigón simple o armado Hormigones del grupo H – I	100 m <sup>3</sup> o fracción menor	200 pastones o fracción menor
Hormigón masivo Hormigones del grupo H – I	200 m <sup>3</sup> o fracción menor	400 pastones o fracción menor
Hormigón simple, armado o pretensado Hormigones del grupo H – II o de caract. especiales	75 m <sup>3</sup> o fracción menor	150 pastones o fracción menor

Nota: De las columnas 1 y 2 se adoptará el menor volumen de hormigón

# Frecuencia de extracción de muestras

## Hormigón Elaborado (IRAM 1666)



Número de pastones	Número de muestras a extraer
4 ó menos	2
5 a 8	3
9 a 14	4
Por cada 8 pastones adicionales o menos	1

# Número de muestras a extraer

---

## Otras consideraciones

- En estructuras de edificios de varios pisos, se extraerá por lo menos tres muestras por piso (se considera al conjunto de elementos de fundación como un piso)
- En estructuras cuya construcción requiera  $60 \text{ m}^3$  o menos, el D. de O. podrá prescindir de la obtención de muestras, si dispones de resultados previos suficientemente representativos del hormigón
- Se podrá aplicar la frecuencia de muestreo de  $H^0$  elaborado para el  $H^0$  preparado en obra (dependerá del D. de O.)
- Comunicar el plan de muestras a extraer con anticipación (24 horas aprox.)

# Preparación y curado en obra de probetas para ensayos de compresión

## Norma IRAM 1524

## Instrumental



Moldes: Cilíndricos, resistentes y estancos. Esbeltez ( $h/d$ ) igual a 2 ( $d = 10, 15^*, 20, 30, 45$  cm) (\*) el más utilizado

Varilla de compactación: De acero, cilíndrica, lisas, extremo en forma de semiesfera ( $d = 1,0$  ó  $1,6$  cm \*)

Vibradores: Internos ( $f > 7000$  rpm,  $d \leq 1/4$  diám. molde)

Externos ( $f > 3600$  rpm,  $d \leq 1/4$  diám. molde)

Masa: material no metálico (peso =  $0.6 \pm 0.2$  kg)

# Preparación y curado en obra de probetas para ensayos de compresión

**Norma IRAM 1524**

## Tamaño de las probetas



**Diámetro probeta  $\geq 3$  TMA** (tamaño máximo agregado)

Nota: Para poder utilizar la probeta de 15 cm de diámetro, cuando el hormigón contenga agregado grueso retenido por el tamiz IRAM 45 mm, será previamente tamizado

## Moldeo de las probetas

Asentamiento {  $\geq 5$  cm  $\Rightarrow$  compactación con varilla  
> 5 cm  $\Rightarrow$  compactación por vibración

# Preparación y curado en obra de probetas para ensayos de compresión

**Norma IRAM 1524**

## Moldeo



**Compactación con varilla (prob. 10 x 20 y 15 x 30 cm):**

- Con movimientos verticales, con el extremo en forma de semiesfera, se compacta en 3 capas, con 25 variillados por capa
- No golpear el fondo
- Hacer penetrar la varilla 2 cm (aprox.) en la capa anterior
- Si luego de la compactación se observan huecos (dejaods por la varilla), se golpea a los costados del molde en el nacimiento de la capa con una masa

# Preparación y curado en obra de probetas para ensayos de compresión

## Proyecto norma IRAM 1524

---

### Moldeo

#### Compactación por vibración (prob. 15 x 30 cm):

- Se llena y se vibra en 2 capas de igual altura aprox.
- Detener cuando: aspecto liso, se observa brillo en la superficie y prácticamente no desprende burbujas de la superficie

#### Vibración interna:

- Introducir el elemento vibrante 3 veces en distintos puntos bien distribuidos
- Capa 1: El vibrador no debe tocar el fondo.
- Capa 2: penetrar 2 cm en capa 1
- La extracción se realiza en forma lenta, evitando dejar vacíos

# Preparación y curado en obra de probetas para ensayos de compresión

## Norma IRAM 1524

---



### Curado inicial

- Luego del llenado (lo más cerca posible de la estructura) **trasladarlo CON CUIDADO** hasta el lugar donde serán depositadas
- Colocar los moldes en **superficie horizontal, rígida, libre de vibraciones**
- Durante las primeras **24 ± 8 horas**, protegerlas de la intemperie a temperatura de **21 ± 6 °C**
- A las **24 ± 8 horas** se desmoldan y se **identifican** sobre la superficie curva preferentemente (fecha, pastón, lugar de extracc. de la muestra)
- **Curado en obra:** Almacenar las probetas en una pileta con una solución saturada de hidróxido de calcio (cal aérea) a **23 ± 2 °C**
- **Curado en laboratorio:** Se acondicionan en forma adecuada (cama de arena, cart'on corrugado) evitando pérdida de humedad y congelam.

# Ensayos de compresión

## Proyecto norma IRAM 1546



Encabezado



Ensayo

$\sigma'_{bA}, \sigma'_{bB}$

$\sigma'_{bi}$   
Resultado de ensayo  
(2 probetas)

### Resistencia característica

$$\sigma'_{bm} = \frac{\sigma'_{b1} + \sigma'_{b2} + \dots + \sigma'_{bn}}{n}$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\sigma'_{bi} - \sigma'_{bm})^2}{n-1}}$$

$$\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - k \times s$$

$k = 1.65$  para  $n > 30$

# Hormigón endurecido

## Resistencia mecánica del hormigón (CIRSOC 201:82)

El hormigón de obra tendrá por lo menos la resistencia característica a compresión establecida ( $\sigma'_{bk}$ )

$\sigma'_{bk}$ : Aquella resistencia por debajo de la cual puede esperarse que se encuentre el 5.0 % del total de resultados disponibles de los ensayos de resistencia

Però este valor **NO ES NECESARIO CALCULARLO**

# Resistencia a la compresión

## Condición de aceptación (CIRSOC 201:82)

### Para seis o más pastones

ó a)  $\sigma'_{bm3} \geq \sigma'_{bk} + \Delta\sigma'_b$

b)  $\sigma'_{bi} \geq 0.85 \sigma'_{bk}$

$$\Delta\sigma'_b = \begin{cases} 3 \text{ MPa (H-4)} \\ 4 \text{ MPa (H-8)} \\ 4.5 \text{ MPa (H-13 y 17)} \\ 5 \text{ MPa (H-21 a 47)} \end{cases}$$

### Para menos de 6 pastones

ó a)  $\sigma'_{bm} \geq \sigma'_{bk} + 2 \text{ MPa}$

b)  $\sigma'_{bm} \geq 1.10 \sigma'_{bk}$

$\sigma'_{bm}$  Deberá satisfacer el menor valor de los dos

# Factores que afectan la resistencia a la compresión

## VARIACION DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS COMPONENTES

- **Cemento**
- **Agua de mezclado**
- **Agregados**
- **Aditivos**

## VARIACION DE LAS CONDICIONES DE ELABORACION

- **Relación a/c**
- **Agregado fino**
- **Relación aglomerante/agregado**
- **Contenido de aditivo**
- **Tiempo de mezclado**
- **Temperatura del hormigón**

## ERRORES DE MUESTREO Y ELABORACION

- **Extracción y homogenización de la muestra**
- **Compactación y curado de las probetas**
- **Ensayo**

# Factores que afectan la resistencia a la compresión

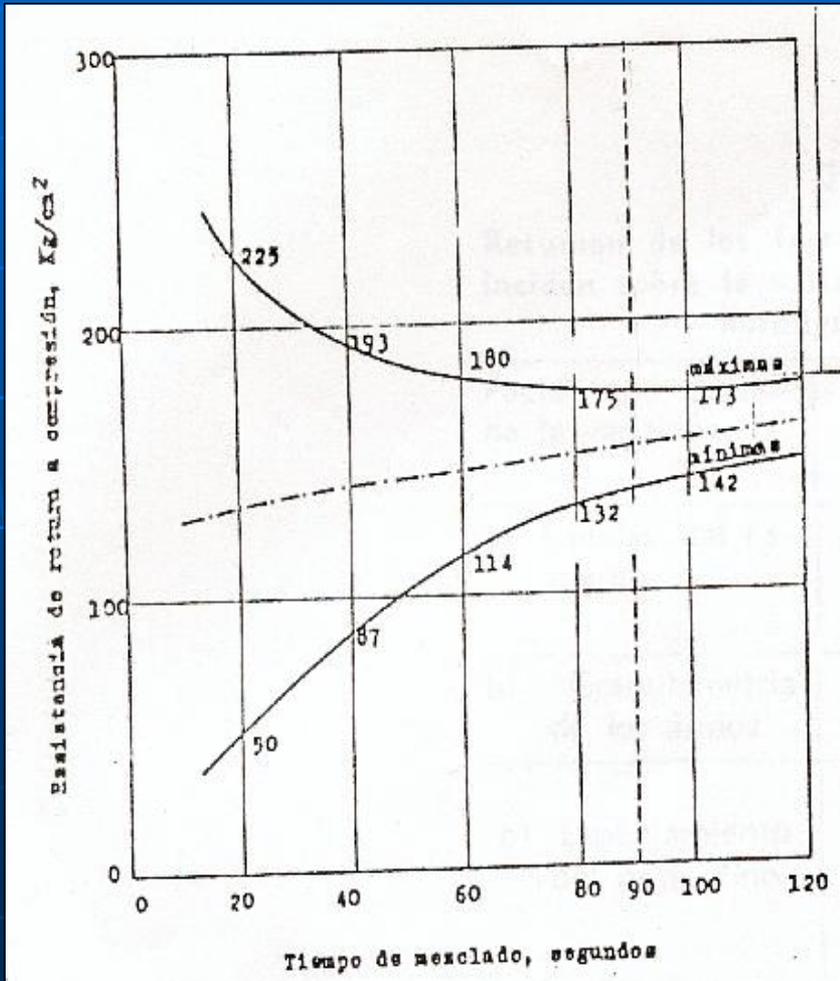
## Influencia del tiempo de mezclado

### TIEMPO MÍNIMO DE MEZCLADO

- 90 segundos para el primer  $m^3$
- 15 segundos por cada 750 litros adicionales

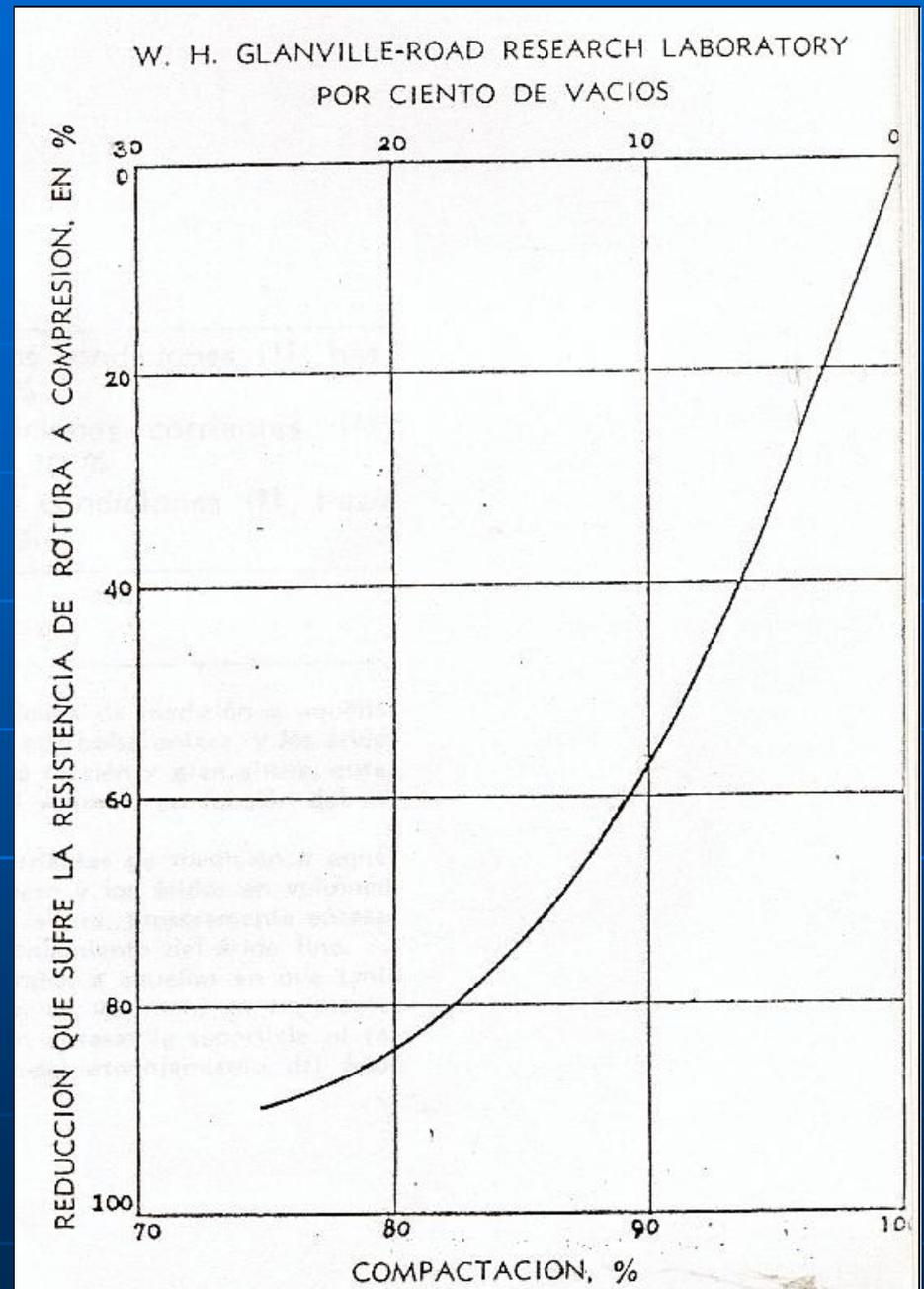
Camión de  $8 m^3$   
Mínimo 4 min de mezclado

**MEZCLADO  $\neq$  AGITACION**



# Factores que afectan la resistencia a la compresión

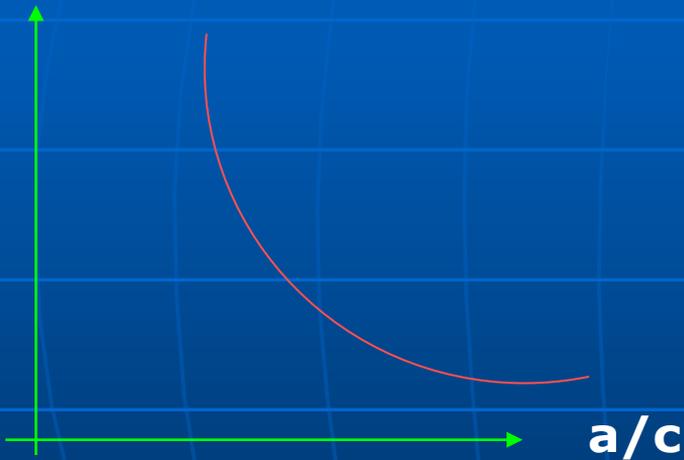
## Influencia de la compactación



# Factores que afectan la resistencia a la compresión

## Influencia de la relación agua / cemento (a/c)

Resistencia



Agua (litros)	Cemento (kg)	a/c	Resist. (kg/cm <sup>2</sup> )
153	350	0.44	360
165	350	0.47	315
172	350	0.49	290
185	350	0.53	270

Con 30 lts/m<sup>3</sup> transformamos un H 30 en un H 21



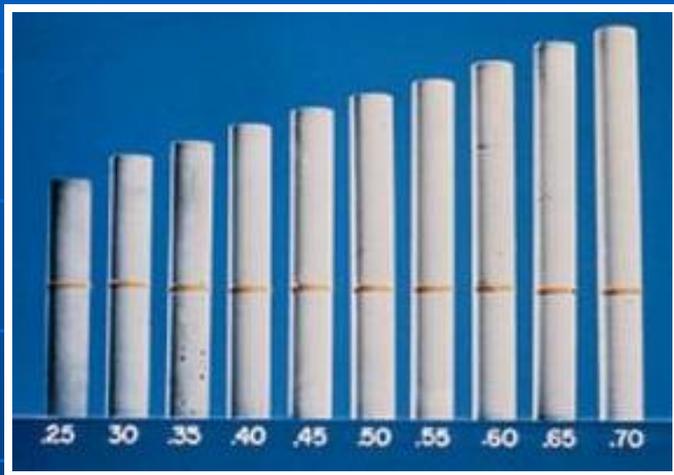
Agua



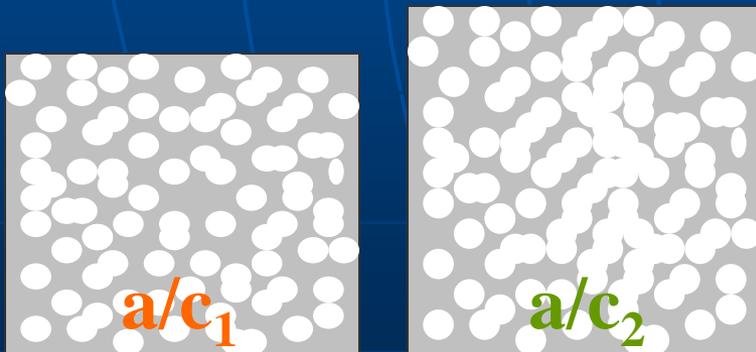
Resistencia

# Factores que afectan la resistencia a la compresión

## Influencia de la reducción en la relación agua / cemento (a/c)



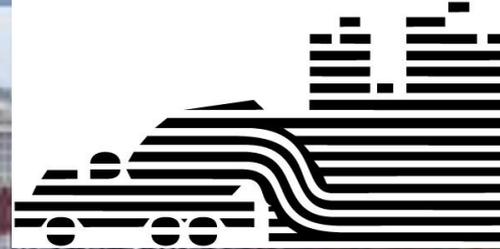
- Aumento de la resistencia
- Baja permeabilidad
- Aumento de la resistencia a la intemperie
- Mejor unión entre el concreto y la armadura (refuerzo)
- Reducción de la contracción (retracción) por secado y de la fisuración
- Menores cambios de volumen causado por el mojado y el secado



$$a/c_1 < a/c_2$$

# Preguntas ?





ASOCIACION  
ARGENTINA del  
HORMIGON  
ELABORADO

**Muchas gracias por  
su atención !!!!**