


TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES	
Contenido	UNCuyo - TdH - TEMA 7 – HORMIGONES
	PROPIEDADES GENERALES
	● Propiedades generales en estado fresco
	● Propiedades del hormigón endurecido
	● Criterios de diseño y Economía
	ENSAYOS SOBRE EL HORMIGÓN
	● Ensayos de hormigón fresco
	● Ensayos de hormigón endurecido
	● Ensayos No Destructivos y en estructuras
	CONTROL DE CALIDAD DE HORMIGONES
	● Criterios de aceptación y rechazo en obra
	● Hormigón fresco y hormigón endurecido
	● Plantas en Modo 1 y Modo 2 (CIRSOC 201:05)
	● Criterios estadísticos de control
	DOSIFICACIÓN RACIONAL DE HORMIGONES

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES																									
Introducción general y rol de materiales componentes																									
Definición - CIRSOC 201-05	Artículo 2.1.1																								
<p>- Hormigón: Es una mezcla homogénea compuesta por una pasta de cemento y agua, con agregados gruesos y finos, que en estado fresco tiene cohesión y trabajabilidad y que luego, por el fraguado y el endurecimiento de la pasta cementícea, adquiere resistencia mecánica y a las acciones del ambiente (durabilidad). Además de estos componentes básicos, también puede contener aditivos químicos, adiciones minerales activas y/o fibras de refuerzo</p>																									
Definición IRAM 1.569-90	- Hormigón: Mezcla constituida por conglomerante, agregado fino, agregado grueso, agua y eventualmente aditivos químicos y adiciones																								
	Incidencia de los materiales Componentes																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Volumen</th> <th>Peso</th> <th>Costo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agregado</td> <td>60 y 75 %</td> <td>60 y 80 %</td> <td>20 y 50 %</td> </tr> <tr> <td>Cemento</td> <td>8 y 15 %</td> <td>10 y 20 %</td> <td>50 y 75 %</td> </tr> <tr> <td>Agua</td> <td>5 y 10 %</td> <td>5 y 10 %</td> <td>Menos del 5%</td> </tr> <tr> <td>Aire</td> <td>1 y 6 %</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Aditivo</td> <td>Hasta 1,5 %</td> <td>Hasta 2,0 %</td> <td>Hasta el 20 %</td> </tr> </tbody> </table>		Volumen	Peso	Costo	Agregado	60 y 75 %	60 y 80 %	20 y 50 %	Cemento	8 y 15 %	10 y 20 %	50 y 75 %	Agua	5 y 10 %	5 y 10 %	Menos del 5%	Aire	1 y 6 %	-	-	Aditivo	Hasta 1,5 %	Hasta 2,0 %	Hasta el 20 %
	Volumen	Peso	Costo																						
Agregado	60 y 75 %	60 y 80 %	20 y 50 %																						
Cemento	8 y 15 %	10 y 20 %	50 y 75 %																						
Agua	5 y 10 %	5 y 10 %	Menos del 5%																						
Aire	1 y 6 %	-	-																						
Aditivo	Hasta 1,5 %	Hasta 2,0 %	Hasta el 20 %																						

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Introducción general y rol de materiales componentes

Cemento entre 250 y 500 kg/m³

- 1) **Aglomerar** el esqueleto granular
- 2) Permitir en las primeras horas un **material trabajable y moldeable**
- 3) Con el transcurso del tiempo, adquirir notable **compacidad y resistencia**

Agua entre 120 y 220 litros/m³

- 1) Permite la **reacción química** que causa el **fraguado y endurecimiento**
- 2) **Lubrica la mezcla** de agregados y cemento para **facilitar su colocación**

Agregados pétreos ocupan entre el 60 y el 75 % del volumen del H°

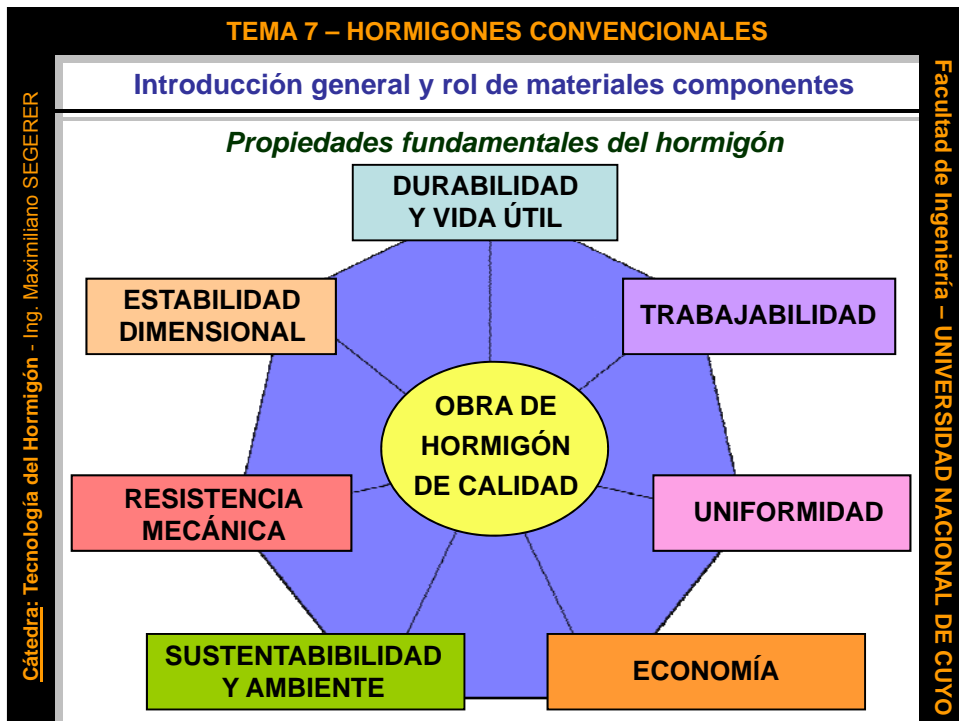
- 1) Suministrar un **material económico de relleno**
- 2) **Reducir y localizar la retracción**
- 3) Mejorar la **resistencia al desgaste**

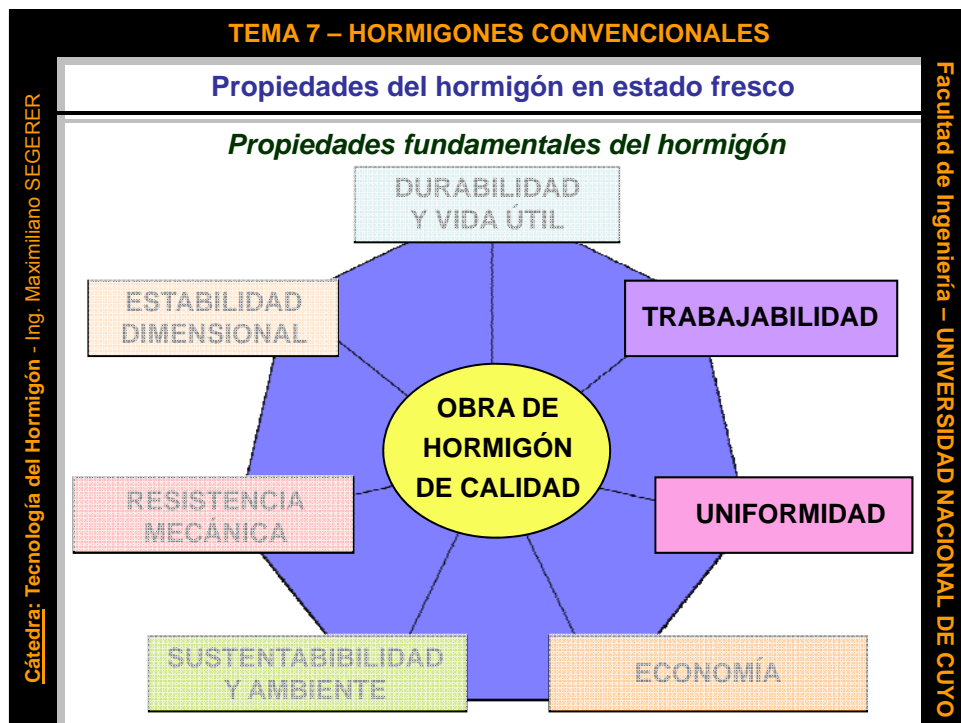
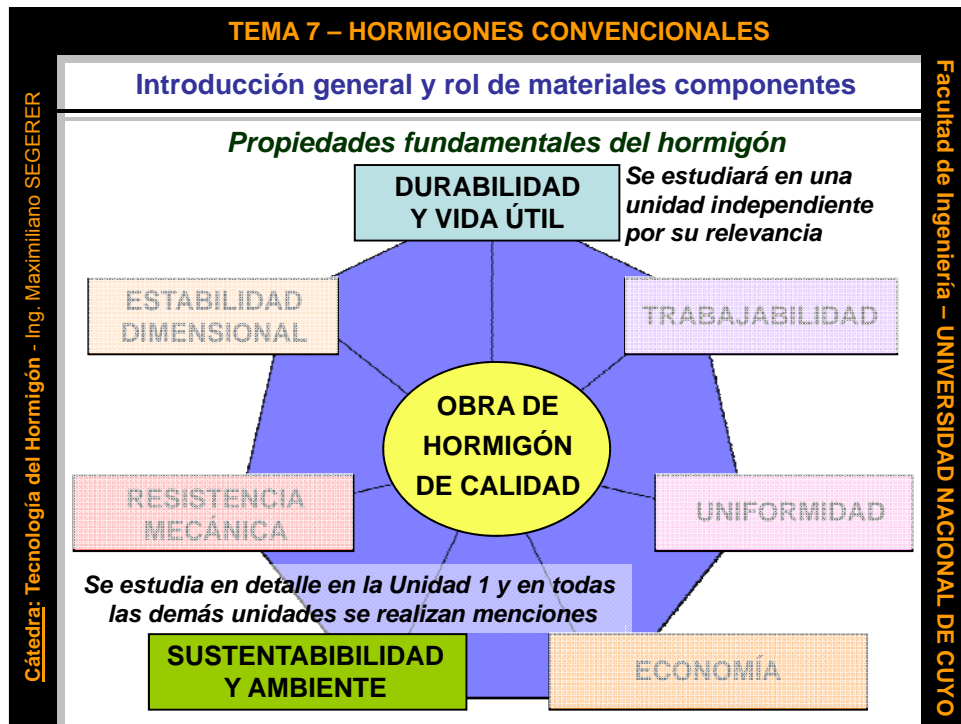
Aditivos y Adiciones en porcentajes variables

- 1) **Modificar una cualidad del H°** en sentido positivo y permanente
- 2) **Solucionar o atenuar alguna debilidad** del H° de buena calidad
- 3) **Disminuir el costo unitario** de un determinado hormigón

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO





TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Trabajabilidad

- Las **primeras 48 horas** son las más importantes para la **performance de toda estructura de hormigón**, ya que controlarán su resistencia y durabilidad por el **resto de su vida útil** (50 años o más)
- La **trabajabilidad** es la **cualidad del hormigón fresco que determina la facilidad con que se lo puede colar en obra**, al dejarse moldear fácilmente, cambiando de forma bajo la acción de fuerzas exteriores, **conservando su homogeneidad**
- Para **cada obra y/o elemento estructural**, existe una **trabajabilidad adecuada**, la cual debe ser definida por el cliente
- La trabajabilidad depende fundamentalmente de:
 - **Tamaño y forma** de los elementos a moldear
 - Disposición de la **armadura de refuerzo**
 - **Transporte y manipuleo** del Hº fresco
 - **Colocación** y métodos de **compactación**



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Trabajabilidad

- La trabajabilidad está compuesta principalmente por:
 - a) Consistencia: facilidad del hormigón para fluir**
 - b) Cohesividad: tendencia a oponerse a la segregación y exudación**
- El ensayo clásico para determinar la **consistencia** es el método del Tronco de Cono o método del **Cono de Abrams**
- No existe un ensayo para medir los dos parámetros al mismo tiempo
- Una mezcla fresca puede ser trabajable para una determinada estructura y no para otra, a priori muy semejante
- Como se apreció, una **propiedad íntimamente relacionada** con la trabajabilidad es la **consistencia**, ya que esta última se utiliza como **parámetro para cuantificar en cierta forma la trabajabilidad**



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Parámetros que definen la trabajabilidad

- a) **La cantidad de agua de amasado:** a mayor cantidad, mayor trabajabilidad, hasta un límite, que produce segregación
- b) **La proporción y grado de finura del cemento:** cuanto mayor sean ambos, mejor trabajabilidad, hasta un límite que puede ser demasiado cohesivo
- c) **La granulometría de los agregados:** las granulometrías continuas favorecen la trabajabilidad del hormigón fresco
- d) **La forma de los agregados:** los granos menores y los redondeados ofrecen mayor docilidad que los agregados grandes u obtenidos por trituración
- e) **El empleo de aditivos:** Es el parámetro principal con el que se cuenta actualmente para modificar la trabajabilidad sin detrimento de otras propiedades
- f) **El contenido de arena:** cuanto mayor sea la proporción, mejor será la trabajabilidad, pero demandará más agua y esto disminuirá la resistencia
- g) **El tipo de obra, dimensiones y disposiciones de armado:** son los primordiales parámetros para que el cliente defina la trabajabilidad
- h) **Los equipos disponibles** para el mezclado, colocación y compactación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Conceptos relevantes del hormigón fresco

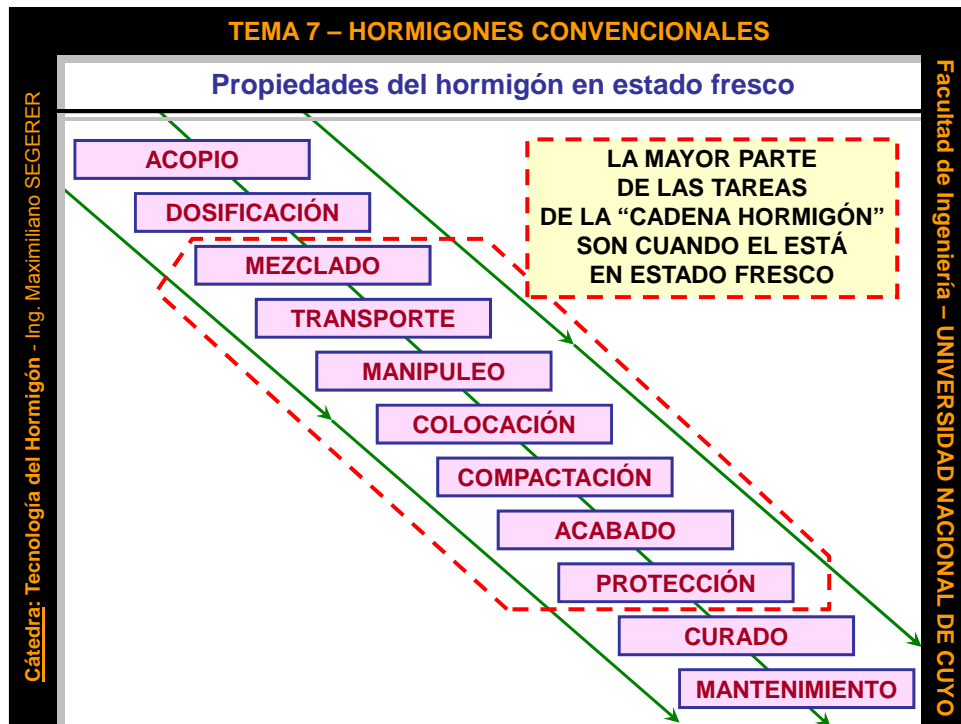
- Los cuatro factores que siempre deben tenerse presentes simultáneamente para comprender y evitar estos daños del hormigón fresco son:

```
graph TD; A[Características del hormigón] <--> B[Condiciones ambientales]; A <--> C[Características de los elementos a hormigonar]; A <--> D[Tareas de puesta en obra, protección y curado]; B <--> C; C <--> D; D <--> B;
```

- Si se no se tienen en cuenta en todos los casos estos factores, muy probablemente aparezca algún inconveniente en el hormigón fresco

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Conceptos relevantes del hormigón fresco

Segregación del hormigón fresco

- Es la **separación de los diferentes componentes** de una mezcla fresca, debido a **diferencias entre el tamaño de las partículas y su peso**. Las **partículas más gruesas y pesadas**, tienden a **separarse** de las demás
- Por lo tanto, el **agregado grueso** (mayor peso específico y mayor tamaño) **tiende a asentarse en el fondo** y la **pasta de cemento** (menor peso específico y menor tamaño de granos) **tiende a concentrarse en la superficie**
- La **segregación** puede ser ocasionada por:
 - Adición de agua en la obra
 - Métodos no satisfactorios de transporte, manipuleo, colocación y/o compactación
 - Empleo de agregados mal graduados
 - Dosificación inadecuada del hormigón
 - Exceso de ciertos aditivos en obra

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER
Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Conceptos relevantes del hormigón fresco

Segregación del hormigón fresco

Segregación del hormigón



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Conceptos relevantes del hormigón fresco

Exudación del hormigón fresco

- La **exudación** (efecto bleeding), es la **acumulación progresiva de agua en la superficie superior** del hormigón fresco
- Corresponde a **parte del agua de amasado que migra**, por efecto del asentamiento plástico y sedimentación del hormigón; separándose de la pasta de cemento a que tiene menor densidad que el cemento
- La **exudación excesiva** provoca:
 - Formación de pequeños capilares, aumentando la permeabilidad en el hormigón de recubrimiento
 - Superficies con mayor relación agua / cemento, y por lo tanto más porosas y menos resistentes
 - Segregación del hormigón fresco
 - Vacíos y debilitamiento de interfaz pasta-agregado
- Todo **incremento del contenido de finos** en el hormigón retendrá más agua y **disminuirá la exudación**

Agua de exudación superficial



Agua de exudación interna

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Conceptos relevantes del hormigón fresco

Exudación excesiva del hormigón fresco

Exudación perjudicial



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO


TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Conceptos relevantes del hormigón fresco

Consolidación del hormigón fresco

- La **consolidación** es el **proceso de compactación del hormigón fresco**, para **moldearlo dentro de los encofrados** y alrededor de las **armaduras de refuerzo** y para eliminar la **concentración de agregado grueso, oquedades y aire atrapado**
- **Durante e inmediatamente después de su colocación**, el hormigón debe ser **compactado** hasta **alcanzar la máxima densidad posible**, evitando eliminar aire intencionalmente incorporado (si existe), **sin producir segregación y no quedando porciones sin consolidar**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Conceptos relevantes del hormigón fresco

Consolidación del hormigón fresco

Defectos de compactación



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Conceptos relevantes del hormigón fresco

Consolidación del hormigón fresco

Defectos de compactación



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Conceptos relevantes del hormigón fresco

Consolidación del hormigón fresco

Defectos de compactación



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Conceptos relevantes del hormigón fresco

Fisuras por contracción plástica



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Conceptos relevantes del hormigón fresco

Fisuras por asentamiento plástico



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Conceptos relevantes del hormigón fresco

Inadecuado trabajo de superficies



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER


Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Conceptos relevantes del hormigón fresco

Tiempos excesivos entre diferentes colados



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Conceptos relevantes del hormigón fresco

Falta de medidas de señalización las primeras horas



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Conceptos relevantes del hormigón fresco



Daños por falta de protección de llluvias

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

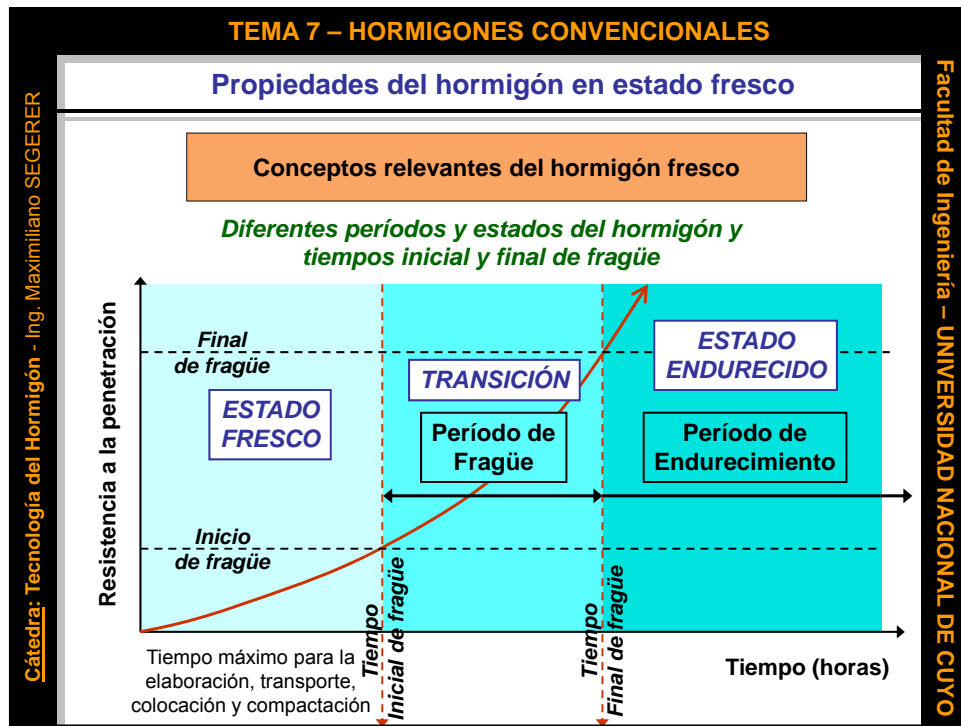
Propiedades del hormigón en estado fresco

Homogeneidad y Uniformidad

- La **homogeneidad** implica que **dentro de cada pastón**, las diferentes porciones del mismo deben poseer propiedades prácticamente iguales
- La **uniformidad** implica que **toda la estructura**, o las partes elaboradas con hormigones de calidad y tipo semejantes, va a **tener iguales características** en lo referente a **resistencia mecánica y durabilidad**
- Cualquier punto débil o **falta de uniformidad** que exista dentro de la estructura, será seguramente el que **primero presentará problemas**
- Los factores más influyentes en la uniformidad y homogeneidad son:
 - a) **Medición de los materiales y Mezclado**
 - b) **Transporte del hormigón**, evitando segregación y retrasos
 - c) **Colocación y moldeo del hormigón fresco**
 - d) **Compactación del hormigón**
 - e) **Curado del hormigón**, debe ser uniforme en todas las superficies
 - f) **Condiciones atmosféricas** durante el colado y curado del hormigón
 - g) **Control de calidad y de producción adecuados**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado fresco

Conceptos relevantes del hormigón fresco

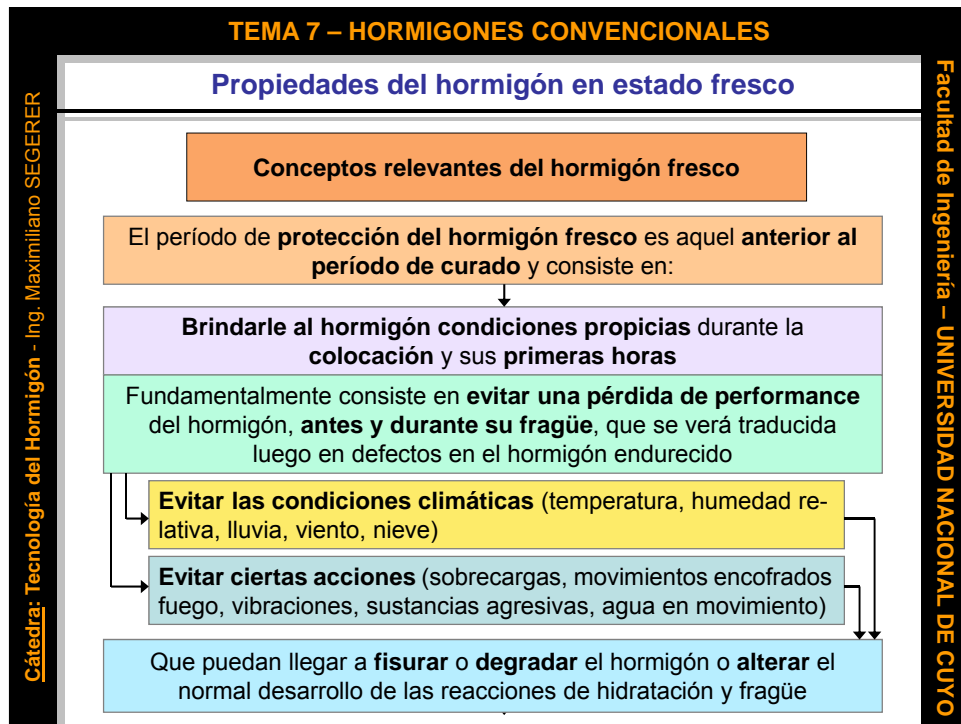
Al hormigón hay que “cuidarlo” y protegerlo durante sus primeras horas

La razón es sencilla, como es un fluido y no puede resistir esfuerzos, “cualquier cosa” lo daña ... desde un viento hasta un perro, pasando por inadecuadas técnicas de ejecución de las obras

El inadecuado manejo del hormigón fresco, trae consecuencias directas sobre el hormigón endurecido y la calidad de las estructuras

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

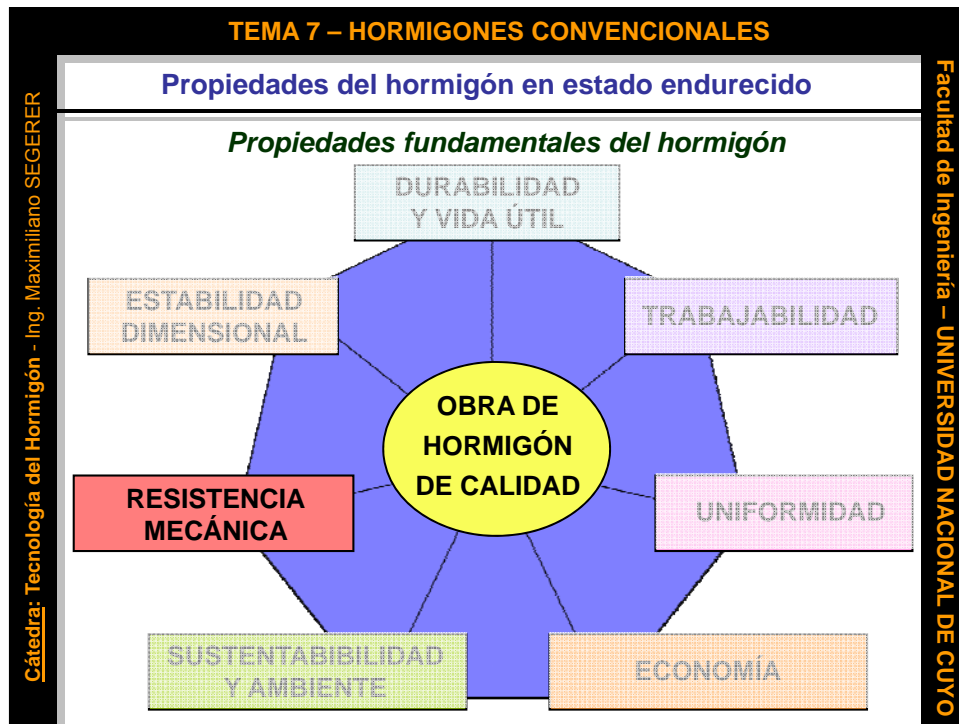


TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Contenido	UNCuyo - TdH - TEMA 7 – HORMIGONES
	PROPIEDADES GENERALES
	● Propiedades generales en estado fresco
	● Propiedades del hormigón endurecido
	● Criterios de diseño y Economía
	ENSAYOS SOBRE EL HORMIGÓN
	● Ensayos de hormigón fresco
	● Ensayos de hormigón endurecido
	● Ensayos No Destructivos y en estructuras
	CONTROL DE CALIDAD DE HORMIGONES
	● Criterios de aceptación y rechazo en obra
	● Hormigón fresco y hormigón endurecido
	● Plantas en Modo 1 y Modo 2 (CIRSOC 201:05)
	● Criterios estadísticos de control
	DOSIFICACIÓN RACIONAL DE HORMIGONES

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado endurecido

Resistencia

- La **Resistencia Mecánica** es la **propiedad más importante del H° endurecido**, debido a que en las estructuras de hormigón, a los efectos del **cálculo**, representa la **capacidad para soportar esfuerzos** a que estará sometido en su posición de trabajo y a los producidos por la acción de las cargas, de la naturaleza o temperatura, que puedan originar **deformaciones o tensiones**
- **Históricamente**, la **resistencia mecánica** es generalmente el **requisito** que en principio se establece para **diseñar** un H°, lo que ha cambiado en los últimos años, volcándose prioritariamente al **diseño por durabilidad**
- En el **diseño**, el **Proyectista** debe apreciar en **primer lugar el ambiente en el que estará inmersa la estructura**, y si el mismo es agresivo, **poder aprovechar la mayor resistencia** (y/o menor relación agua / cemento) que **necesitará el hormigón por criterios de durabilidad**, para poder, por ejemplo, diseñar secciones más esbeltas y disminuir el peso de la estructura
- La **Resistencia ha sido y será fundamental en el diseño del hormigón**, ya que la misma está **íntimamente relacionada y es directamente proporcional a: Durabilidad, Resistencia al desgaste, Resistencia a tracción, flexión y corte**; y es sin duda la **prueba más conveniente e informativa**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado endurecido

La relación agua / cemento es un **parámetro “teórico” muy relevante en el diseño de los hormigones**
 En pruebas de laboratorio puede determinarse de manera más o menos precisa, **pero en obra es casi imposible su determinación de forma continua y confiable**

DURABILIDAD
1

Mide la porosidad de la pasta

RESISTENCIA
2

Relación agua / cemento

La baja porosidad se controla actualmente de forma Indirecta con roturas de probetas

Una excepción a lo anterior, es el uso intencional de aire incorporado, que disminuye la resistencia mecánica pero aumenta la durabilidad ante ciclos de congelación y deshielo repetidos

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado endurecido

Porosidad vs. Resistencia

- La **porosidad** de la pasta cementícea y de la **interfaz de transición** (principalmente) manejan completamente la resistencia del H°
- **Cómo minimizar la porosidad?**

$$p_{\min} = p_o \sqrt[5]{\frac{d}{D}}$$

p_{\min} = porosidad total mínima
 p_o = constante de material
 d = partícula más pequeña
 D = partícula más grande

- **Importancia del tamaño d**

- **Relación entre resistencia y porosidad**

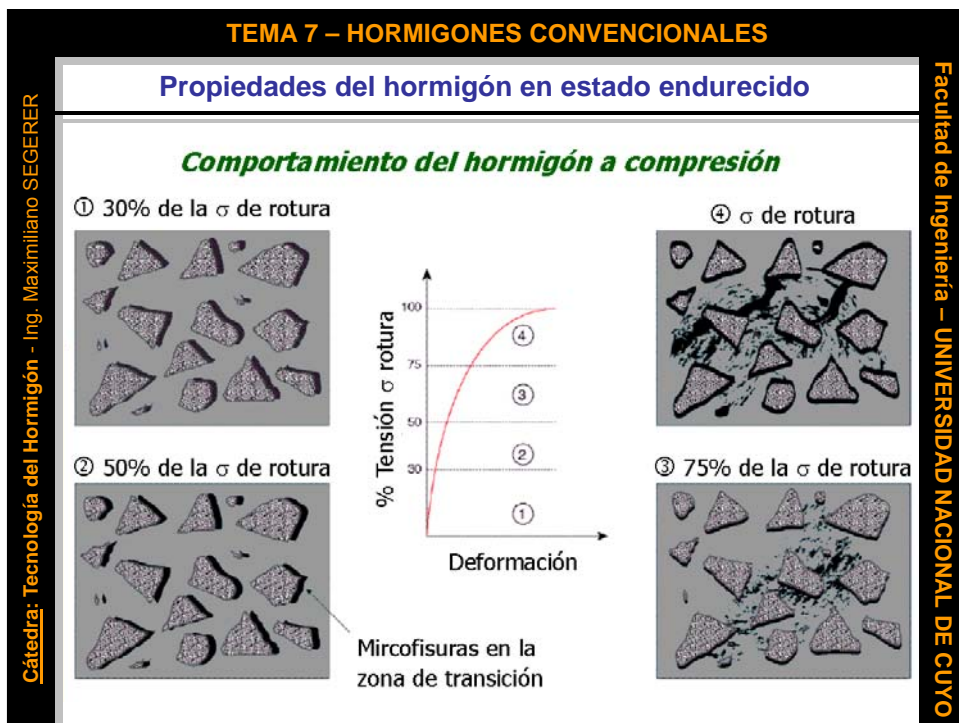
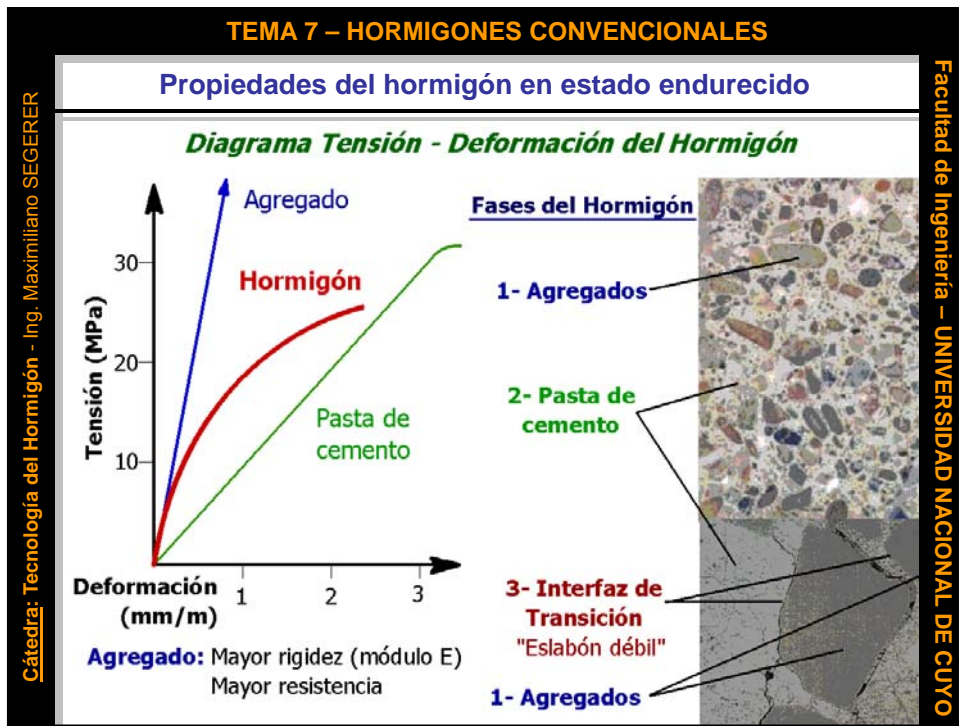
$$R = R_o \cdot 10^{-kp}$$

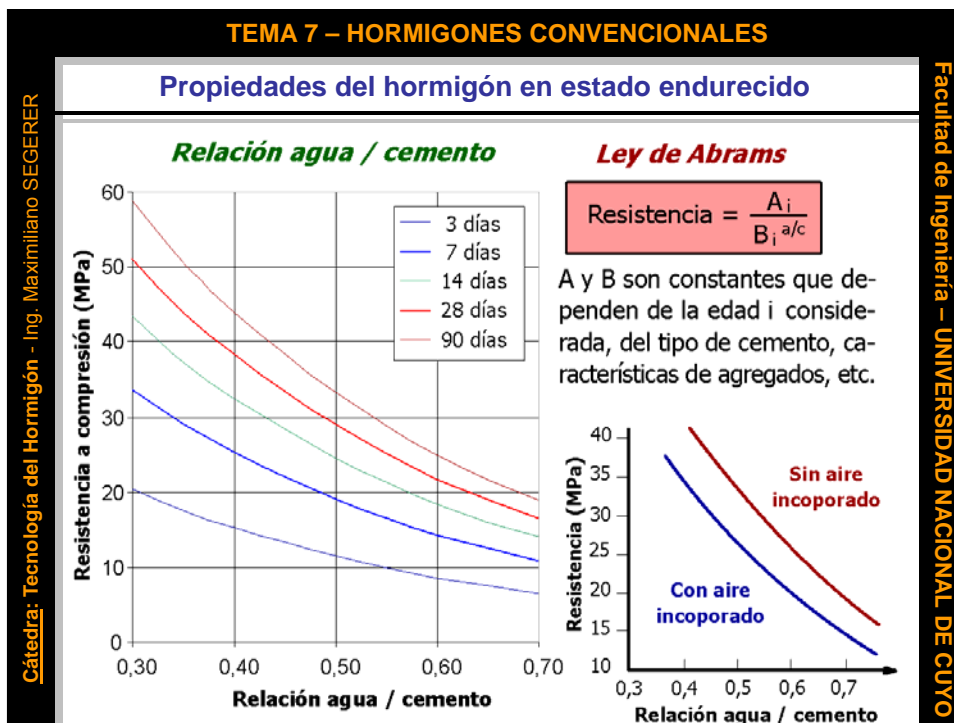
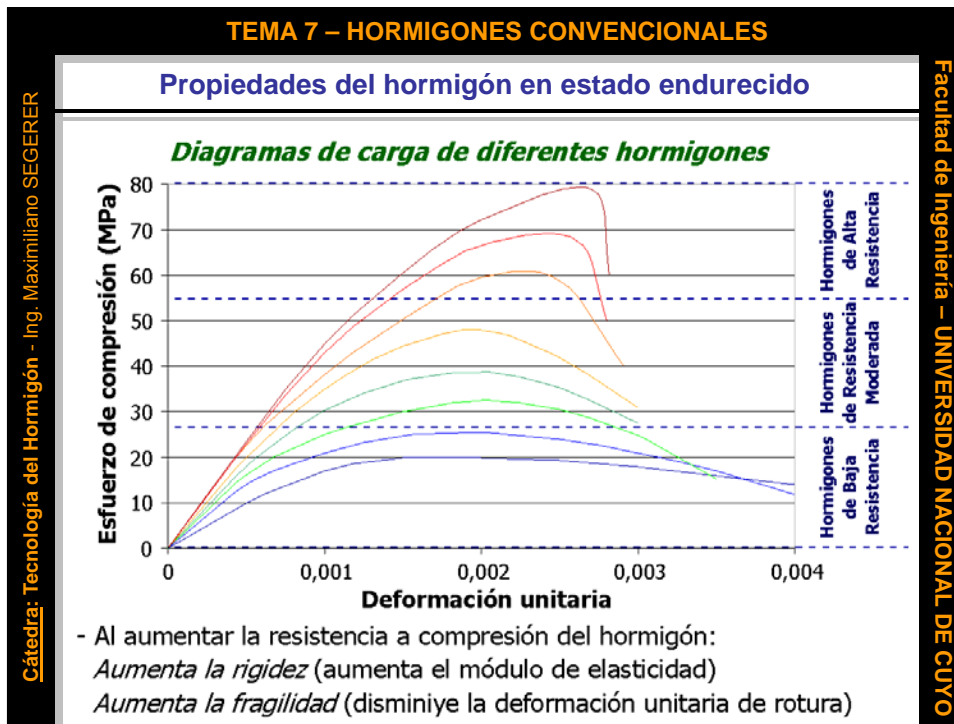
R = resistencia
 R_o = resistencia con porosidad capilar cero
 k = constante
 p = porosidad

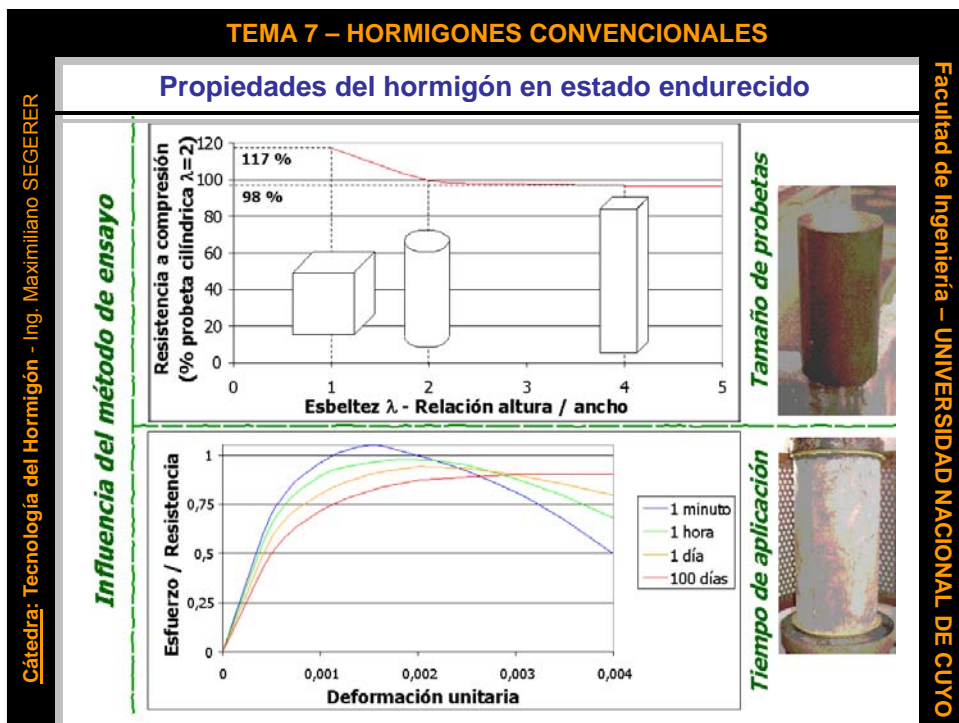
Agregado ← Interfaz de Transición → Núcleo Pasta Cemento

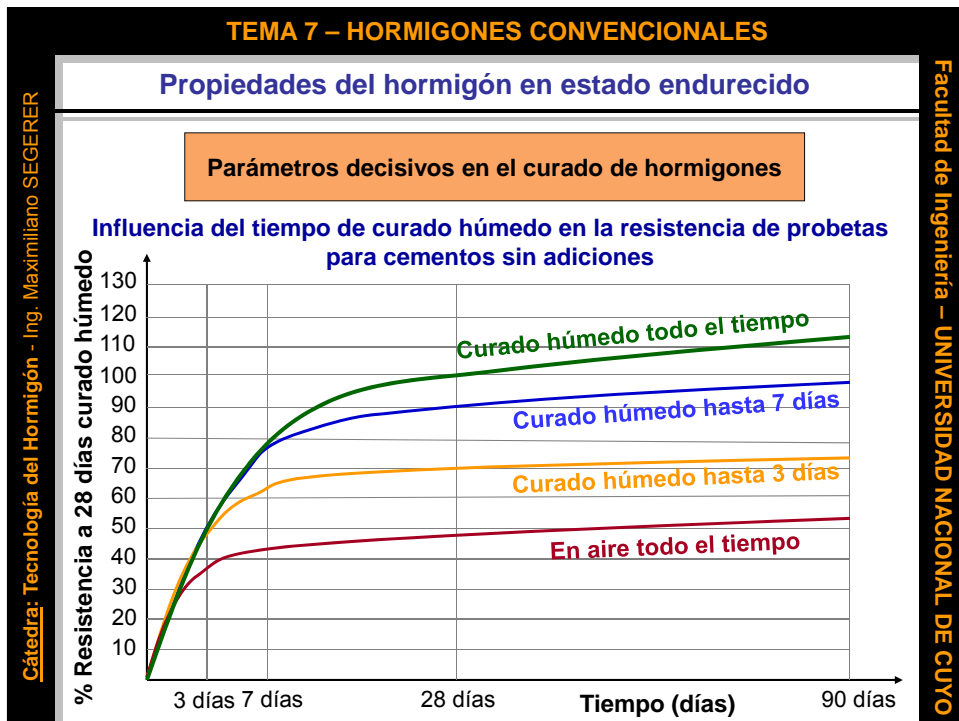
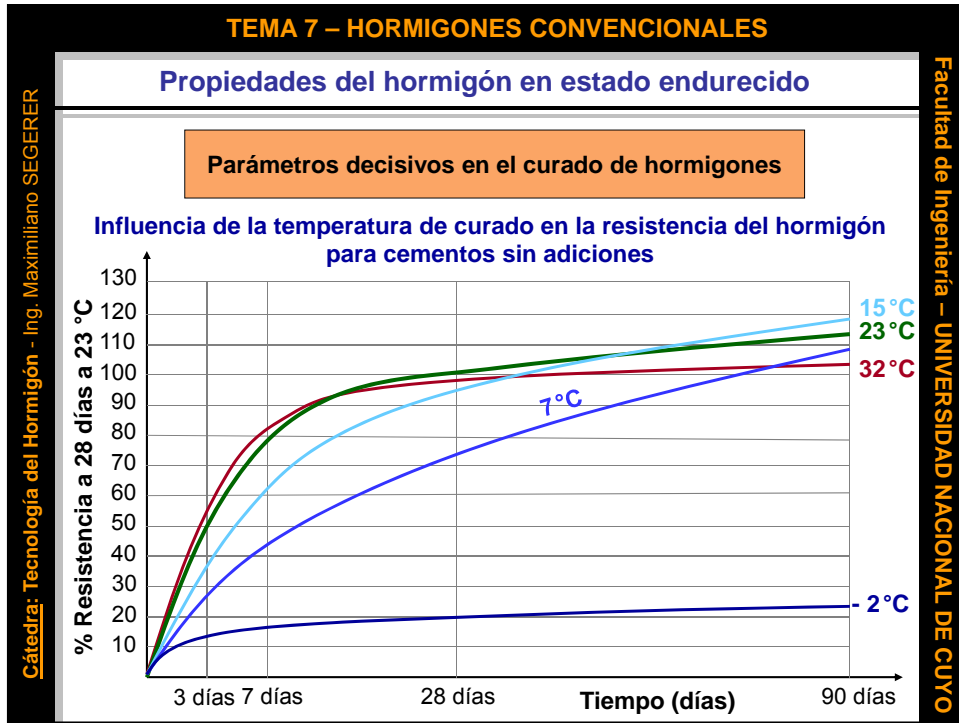
Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

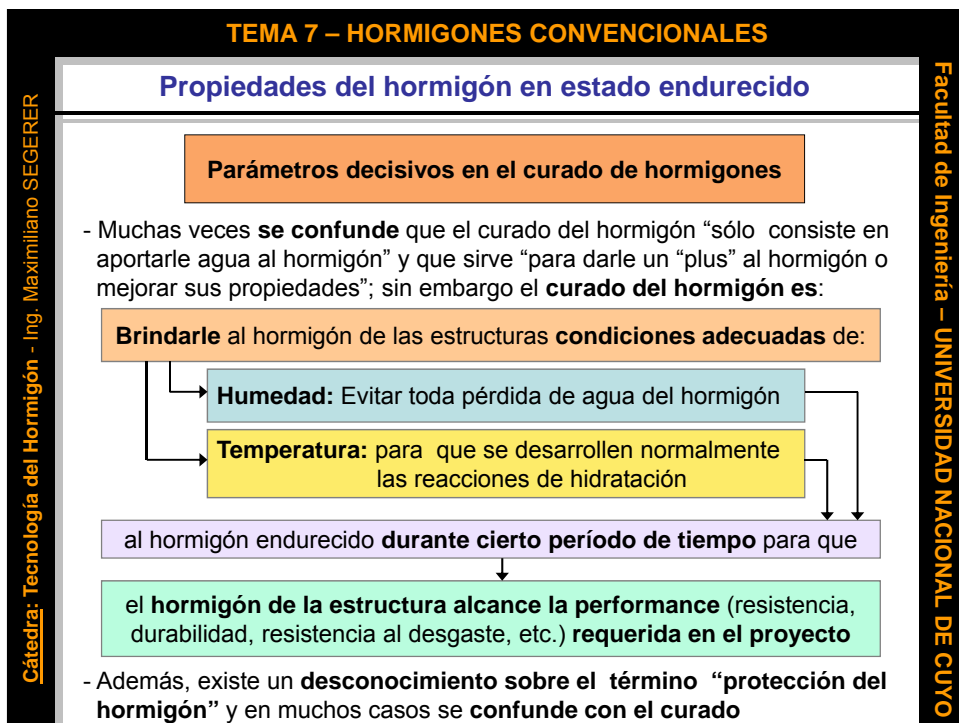
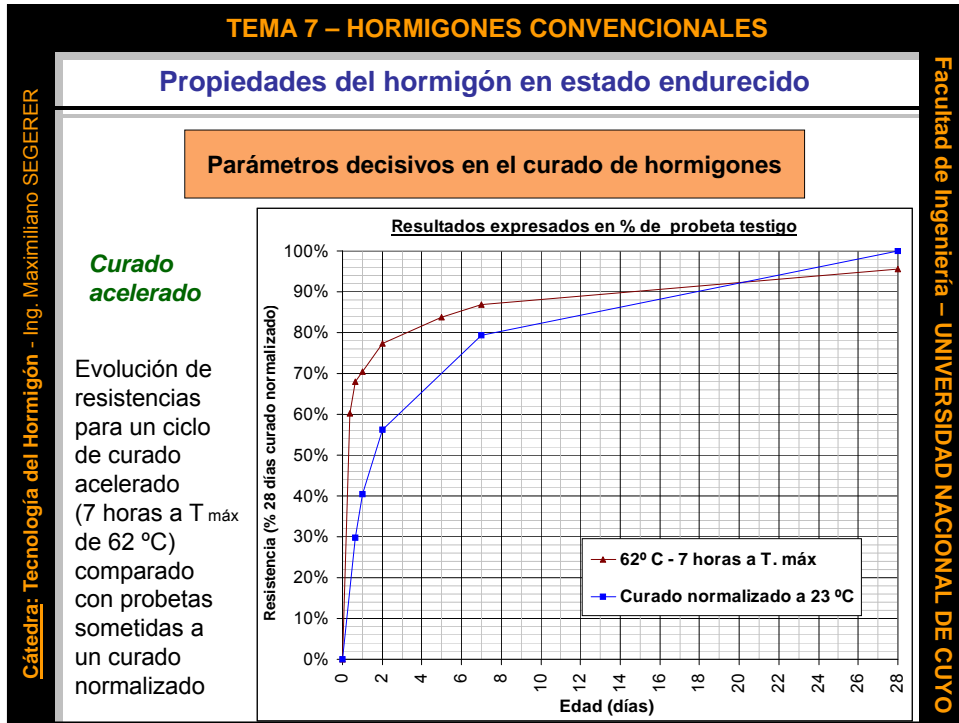
Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO











TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado endurecido

Otras propiedades mecánicas relevantes del hormigón

Módulo de elasticidad

a) **Módulo de elasticidad estático** E_c varía entre 1,4 y 4,0 GPa

CIRSOC 201-05 **Artículo 8.1.1** $E_c = 4700 f_c^{1/2}$

Código Americano - ACI 318 $E_c = \alpha_e \times w_c^{3/2} \times 0,0043 f_c^{1/2}$

w_c = peso específico - f_c = resistencia compresión

Código Europeo $E_c = \alpha_e \times 2,15 \cdot 10^4 \times (f_{cm} / 10)^{1/3}$

$\alpha_e = 1,2$ Basálticos, $1,0$ Cuarzíticos, $0,8$ Caliza

b) **Módulo de elasticidad dinámico**

$f'_c < 20$ MPa $E_d = 1,40 E_c$

$20 < f'_c < 40$ MPa $E_d = 1,30 E_c$

$f'_c > 40$ MPa $E_d = 1,20 E_c$

c) **Coefficiente de Poisson**

Generalmente entre 0,15 y 0,20

Valores superiores para cargas dinámicas y hormigón saturado



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado endurecido

Otras propiedades mecánicas relevantes del hormigón

Resistencia a tracción

La resistencia a tracción del Hº es del orden del **7 al 11% de f'_c**

Métodos de ensayo

a) **Tracción directa** - Poco empleado

b) **Tracción por compresión diametral** - Sobreestima del 10 al 15%

c) **Tracción por flexión** - Sobreestima del 5 al 20%

Valores de resistencia a tracción estática

$f'_c < 20$ MPa 11 a 10 % f'_c

$20 < f'_c < 40$ MPa **8 a 9 %** f'_c

$f'_c > 40$ MPa 7 % f'_c

Valores de resistencia a tracción dinámica

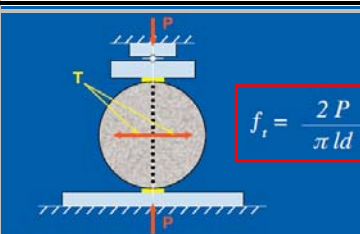
Tracción Dinámica $\approx 1,5$ Tracción estática

Parámetro a emplear en el diseño sísmico de presas, muros de gravedad



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado endurecido



$$f_t = \frac{2P}{\pi ld}$$

Método para determinar la resistencia a tracción por compresión diametral en especímenes cilíndricos de hormigón

fc MPa	ft MPa	MR MPa	MR/fc
10	1.39	1.82	0.182
20	2.21	2.89	0.144
30	2.89	3.78	0.128
35	3.20	4.19	0.120
40	3.50	4.58	0.115
50	4.06	5.32	0.106
60	4.59	6.01	0.100
70	5.08	6.66	0.095
80	5.55	7.28	0.091
90	5.79	7.72	0.086

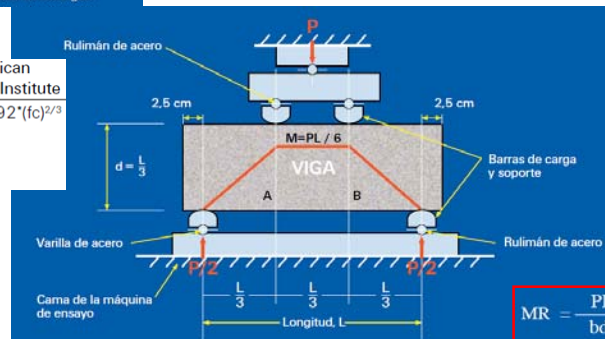
Adam M. Neville
 American Concrete Institute

$f_t = 0.3 \cdot (f_c)^{2/3}$ $MR = 0.392 \cdot (f_c)^{2/3}$

$MR = 1.333 \cdot (f_t)$

$MR = 0.399 \cdot (f_c)^{2/3}$

Ensayos a tracción indirecta y correlaciones preliminares propuestas

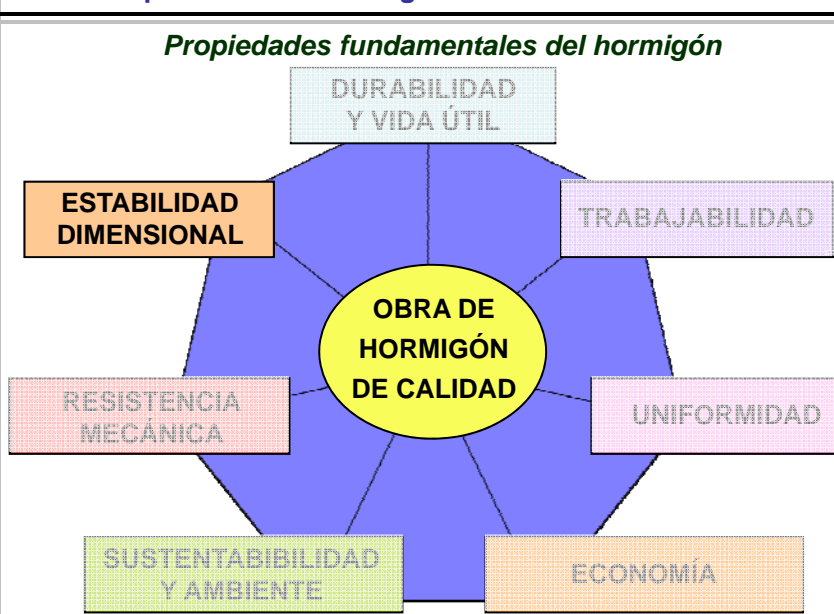


$MR = \frac{PL}{bd^2}$

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado endurecido

Propiedades fundamentales del hormigón



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado endurecido

Deformaciones en el Hormigón en estado endurecido

a) Deformaciones dependientes de la carga:

- La **deformación elástica** instantánea
- Las **deformaciones plásticas** que no se restituyen al quitar la carga
- La **deformación elástica diferida** y la **fluencia** (efecto creep)

b) Deformaciones independientes de la carga:

- La **retracción o contracción por fraguado**
 - **Contracción por secado**
 - **Contracción térmica**
- Los cambios volumétricos debidos a **variaciones de la temperatura**

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado endurecido

a) Deformaciones dependientes de la carga

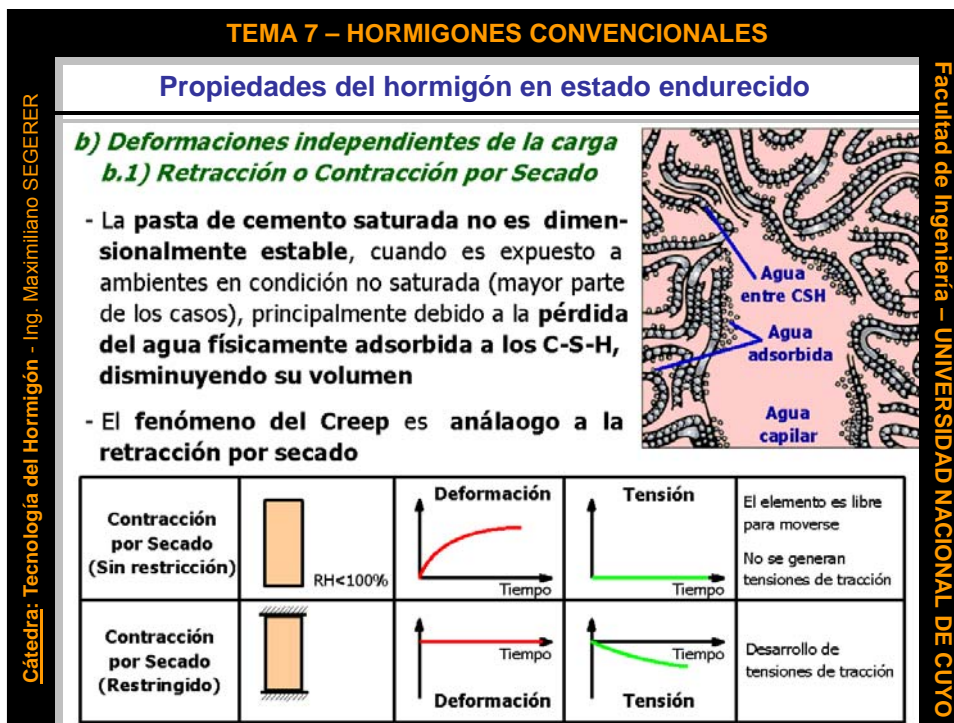
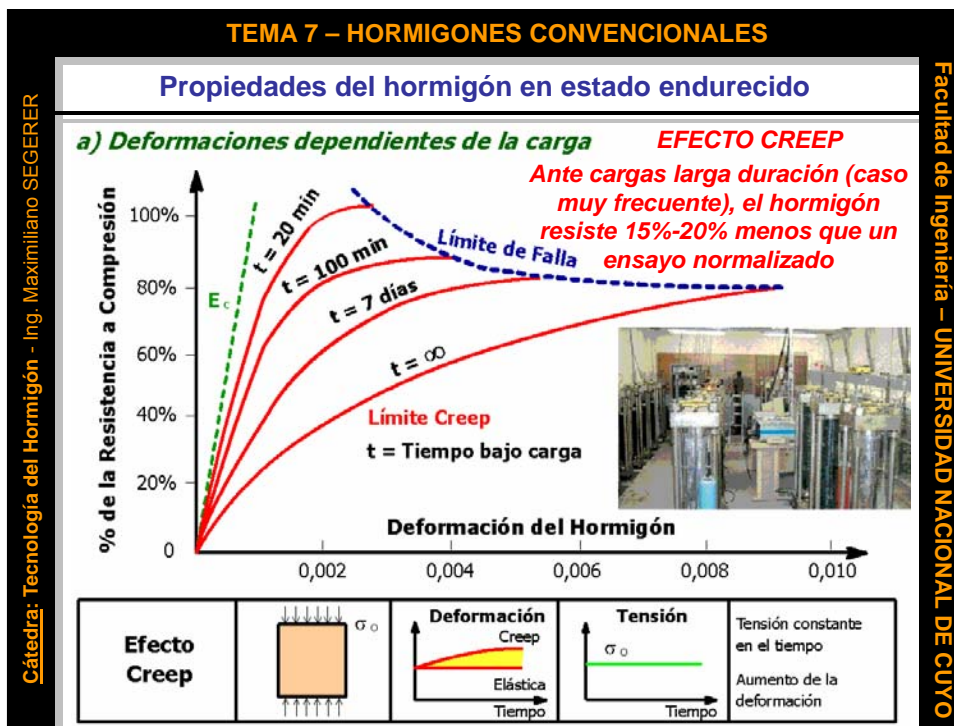
FLUENCIA LENTA
 Ante esfuerzos constantes el hormigón se deforma cerca del doble que la deformación elástica. Hay que considerarlo en cálculos

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Artículo 9.5.2.5

$\epsilon_{\text{fluencia}} = \lambda \epsilon_{\text{inst}}$

$$\lambda = \frac{\zeta}{1 + 50 \rho'}$$
 ρ' = cuantía de armaduras



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado endurecido

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Fisuras por contracción por secado

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado endurecido

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

b) Deformaciones independientes de la carga
b.1) Retracción o Contracción por Secado

- La retracción y el creep son fenómenos **parcialmente reversibles**, condición necesaria que el hormigón se encuentre en un ambiente saturado

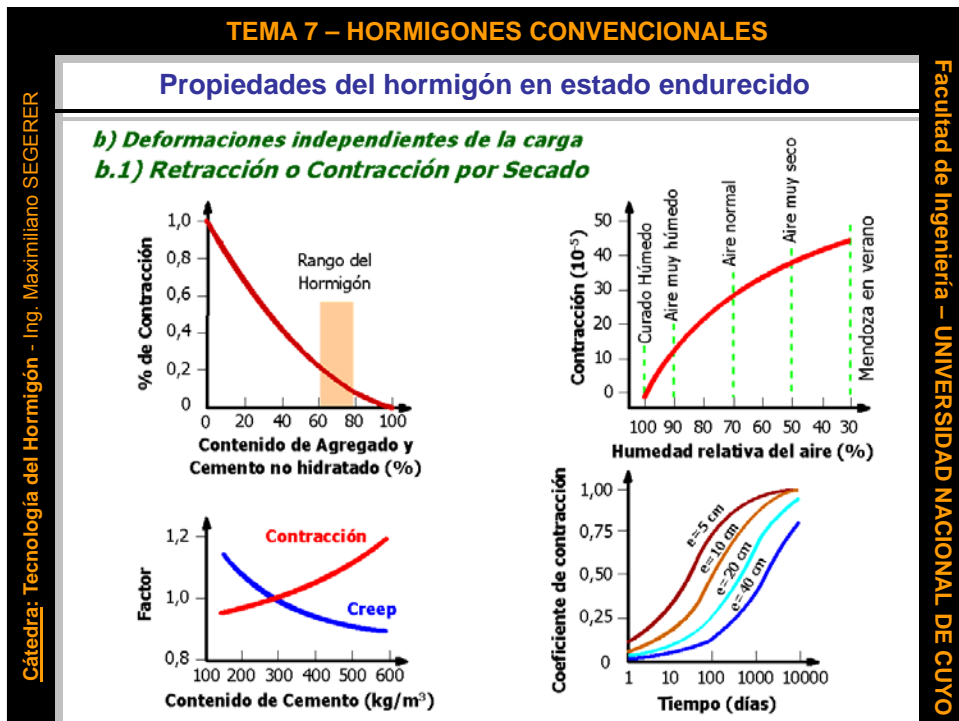
Hormigones sumergidos durante su vida en servicio aumentan levemente su volumen

Time (months)	Change in volume (mm/m) - En el agua	Change in volume (mm/m) - En el aire
0	0.00	0.00
2	0.08	-0.25
4	0.10	-0.35
6	0.11	-0.40
8	0.11	-0.42
10	0.11	-0.43
12	0.11	-0.43
14	0.11	-0.35
16	0.11	-0.25
18	0.11	-0.30
20	0.11	-0.35
22	0.11	-0.38
24	0.11	-0.40

Cambio de volumen (mm/m)

Tiempo (meses)

Carácter higroscópico del hormigón



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado endurecido

Todas las precauciones desde el diseño, como Los controles constructivos y ensayos serán Estudiados al abordar la temática de “Fisuras por contracción por secado” y “Fisuras por contracción térmica” en la próxima unidad

Estas “dos deformaciones características” del hormigón, ya que no la presentan los metales o cerámicos tradicionales, Influyen de gran manera en el diseño de grandes estructuras y otro tipo de elementos como pavimentos o tabiques

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado endurecido

b) Deformaciones independientes de la carga
b.2) Retracción o Contracción Térmica

- Es el factor determinante en el diseño de **estructuras masivas** (espesor > 75 cm)
- Es fundamental estudiar la composición del hormigón que no libere un fuerte **calor de hidratación** y las técnicas constructivas (**construcción por bloques**)
- En muchos casos es necesario emplear **sistemas de refrigeración** internos o externos

$$\sigma_t = K_r \frac{E}{1 + \phi} \alpha \Delta T$$

σ_t = tensión de tracción
 K_r = grado de empotramiento
 E = módulo de elasticidad
 α = coef. expansión térmica
 ΔT = cambio de temperatura
 ϕ = coeficiente de creep

Recomendaciones ACI 207.1R a 4R

Temperatura (°C)

T_{puesta en obra} T_{ambiente}

Tiempo (días)

Elevación Temperatura (°C)

ARI
CPN
BCH
CPC+Puzolanas

Tiempo (días)

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado endurecido

PRIMEROS DÍAS




- Altas temperaturas durante primeras horas o días
- Restricción interna del núcleo más caliente
- Superficie más fría

Fisuras por contracción térmica


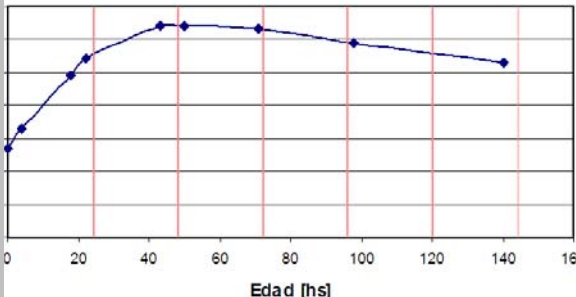


Esquema de fisuración por contracción térmica de hormigones masivos

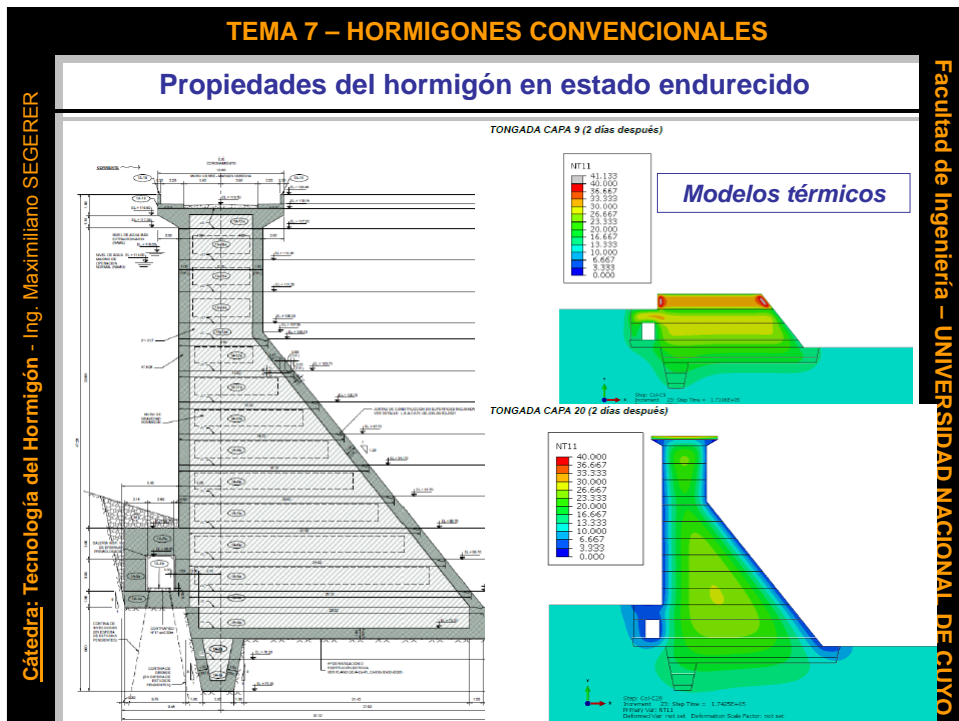
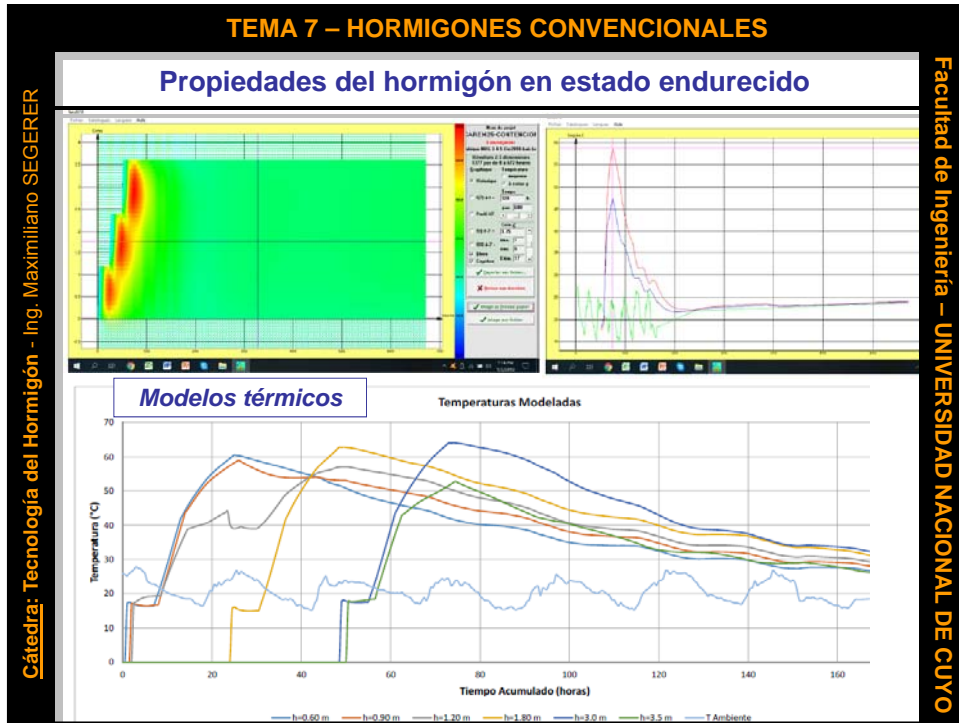
Modelación de "cubo" y termocuplas para medir incremento y disipación de temperaturas



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado endurecido





TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado endurecido



Aislamiento de tabiques para reducir contracción térmica



Curado por inundación de cara superior de placa masiva



Consolidación con vibradores de diámetro de 2"



Curado con arpillera húm durante 14 días

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Propiedades del hormigón en estado endurecido

b) Deformaciones independientes de la carga
b.3) Variaciones de temperatura durante la vida útil

- El hormigón, como cualquier otro material, **sufre cambios de sus dimensiones lineales** con el **aumento o disminución de la temperatura (ΔT)**
- El **coeficiente de dilatación térmica** del hormigón depende de:
 - **Áridos empleados**, parámetro fundamental
 - Tipo y dosificación del cemento
 - Rango de temperaturas a que esté expuesto en sus condiciones de servicio
- El coeficiente de dilatación oscila entre **$9,2 \times 10^{-6}$ y $11 \times 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$** , para temperaturas comprendidas entre -15 y 50°C
- Para cálculos puede estimarse en **0,01 mm por metro de estructura y por grado de diferencia de temperatura (ΔT)** - $\alpha = 1 \times 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$
- En lo que refiere al **aislamiento térmico**, el comportamiento del H° es **malo** con un **coeficiente λ de 1,40 kcal/mh°C** para hormigón de densidad normal y para hormigón celular, de 0,35 a 0,55

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES	
Contenido	UNCuyo - TdH - TEMA 7 – HORMIGONES
	PROPIEDADES GENERALES
	• Propiedades generales en estado fresco
	• Propiedades del hormigón endurecido
	• Criterios de diseño y Economía
	ENSAYOS SOBRE EL HORMIGÓN
	• Ensayos de hormigón fresco
	• Ensayos de hormigón endurecido
	• Ensayos No Destructivos y en estructuras
	CONTROL DE CALIDAD DE HORMIGONES
	• Criterios de aceptación y rechazo en obra
	• Hormigón fresco y hormigón endurecido
	• Plantas en Modo 1 y Modo 2 (CIRSOC 201:05)
• Criterios estadísticos de control	
DOSIFICACIÓN RACIONAL DE HORMIGONES	

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES	
Criterios de diseño por resistencia	
Requisitos generales	Artículos 2.1.1 y 2.1.2
- Es válido para hormigones cuya masa por unidad de volumen se encuentre entre 2.000 kg/m³ y 2.800 kg/m³	
- Los hormigones a utilizar en los proyectos deben cumplir con:	
1) Requisitos de Durabilidad - UNIDAD 8	
2) Requisitos de Resistencia	Artículo 2.3.1
La resistencia especificada o resistencia característica de rotura a compresión f'_c es el valor de la resistencia a compresión que se adopta en el proyecto y se utiliza como base para los cálculos. Se debe indicar en los Planos y Documentos del Proyecto	
3) Requisitos Especiales	
- Hormigón a colocar bajo el agua	
- Hormigón de elevada impermeabilidad	
- Hormigón expuesto a la abrasión	
	

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Criterios de diseño por resistencia

Diseño por resistencia según CIRSOC 201:05

Comparación de las categorías entre las versiones del Reglamento

CIRSOC 201:82 Norma IRAM 1666:86			No hay equivalencia directa entre ambos Diferentes criterios estadísticos	CIRSOC 201:05		
Resistencia característica $\sigma'_{bk} = \sigma'_{bm} - 1,65 s$	H° Simple	H-4 H-8		H-15	H° Simple	Resistencia especificada $f'_c = f'_{cm} - 1,28 s$
	H° Simple H° Armado	H-13 H-17	H-20	S. y Armado		
	H° Simple H° Armado	H-21 H-30	H-25	H° Simple		
	H° Pretesado	H-38 H-47	H-30 H-35	H° Armado		
			H-40	H° Pretesado		
			H-45			
			H-50			
			H-60			

Se eliminan categorías muy bajas
 El H° armado debe ser H-20 o superior

Clasificación sencilla de 5 en 5 MPa
 Se incorporan H° de Alta Resistencia

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Criterios de diseño por resistencia

Diseño por resistencia según CIRSOC 201:05

Criterios estadísticos de ambos reglamentos

68,3 %

95,4 %

90,1 %
5 %

CIRSOC 201 Edición 1982

80,0 %
10 %

CIRSOC 201 Edición 2005

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Criterios de diseño por resistencia

Diseño por resistencia según CIRSOC 201:05

$$f'_{cm} \geq f'_c + 1,28 s_n$$

CIRSOC 201-05

f'_{cm} = resistencia media aritmética f'_c = **resistencia especificada**
 s_n = desviación estándar

Probabilidad que el 10% de los resultados estén bajo f'_c

$$\sigma'_{bm} \geq \sigma'_{bk} + 1,65 s_n$$

CIRSOC 201-82

σ'_{bm} = resistencia media aritmética σ'_{bk} = **resistencia característica**

Probabilidad que el 5% de los resultados estén bajo σ'_{bk}

- Cuando se disponga de **30 o más resultados de ensayos** consecutivos, la **desviación estándar** puede determinarse:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f'_{ci} - f'_{cm})^2}{(n-1)}}$$

s = desviación estándar n = n° de ensayos
 f'_{ci} = valor individual f'_{cm} = media aritmética

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER


Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Criterios de diseño por resistencia

Edad de diseño **Artículo 2.3.3**

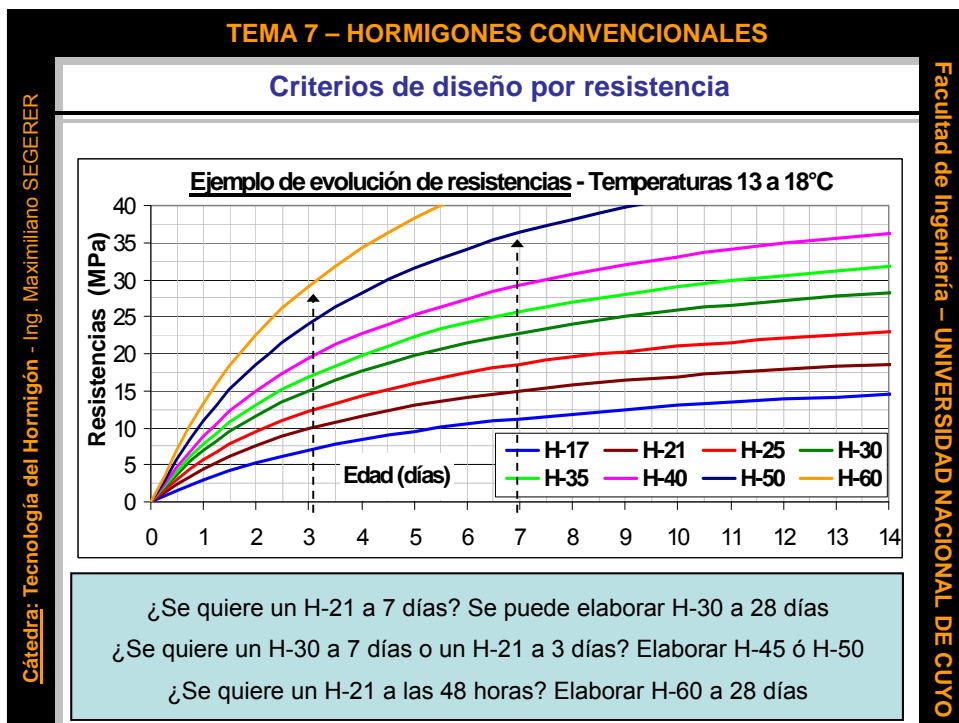
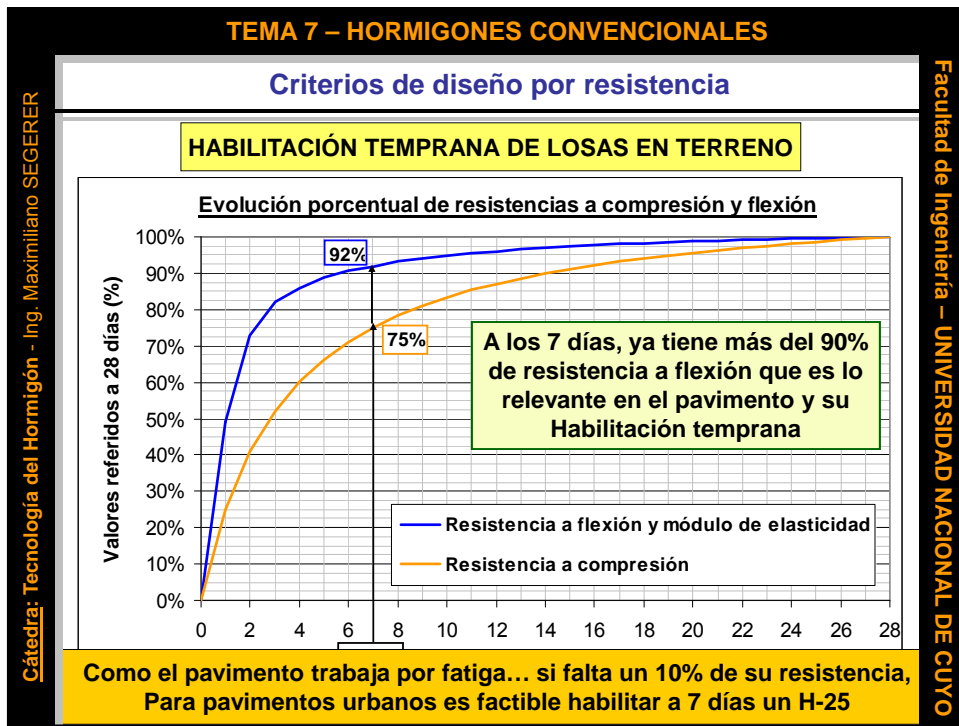
- El **Proyectista define la edad de diseño:**
 - Tipo de estructura
 - Momento de la puesta en servicio
 - Cemento y/o aditivos empleados en la construcción



- Cuando **no se establezca** una edad de diseño diferente, **se adoptará la edad de diseño clásica de 28 días**
- En **estructuras masivas**, cuando se empleen cementos que ganan resistencia con el tiempo, podrá usarse la edad de diseño de **90 días**
 Por ejemplo, ciertos cementos puzolánicos aumentan un 30% su resistencia a 1 año (respecto a la de 28 días)
- En **estructuras** que no se puede o no es rentable **esperar 28 días**, podrá emplearse una **edad de diseño de 3 ó 7 días**
 Por ejemplo, el CPP 40 empleado en Mendoza, presenta un **75% (3/4)** de su resistencia a los 7 días (respecto a la de 28 días), sin empleo de aditivos

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

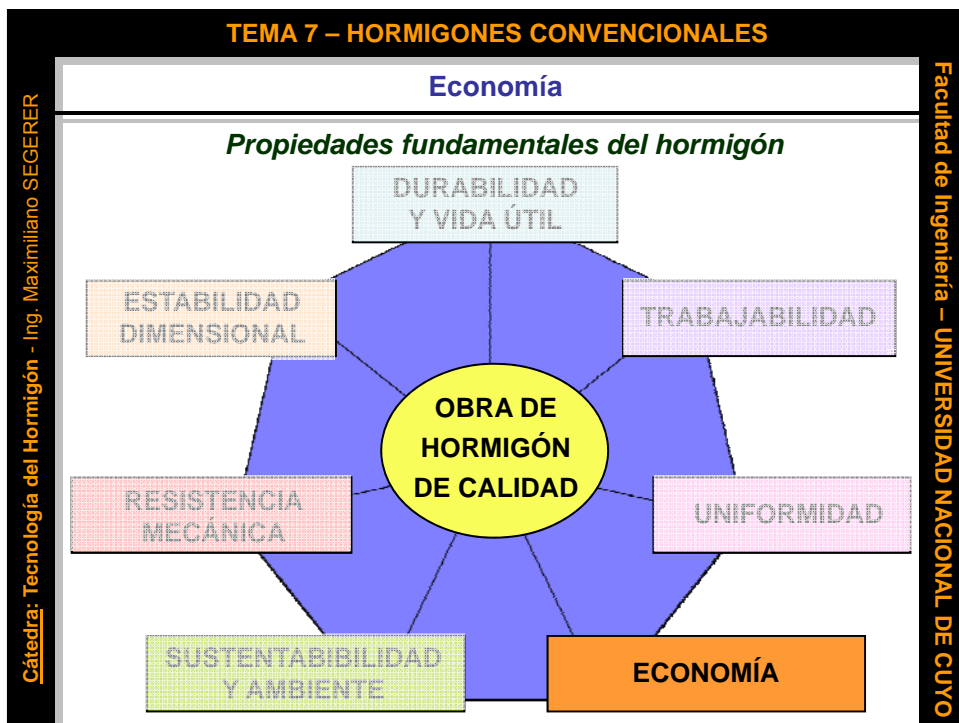
Criterios de diseño por resistencia

Edades de diseño superiores a 28 días para PRESAS

PLANILLA TIPOS DE HORMIGÓN

Prioridad	HORMIGON		f'c		TM	COLOCACION		REQUERIMIENTOS	
	Mezcla (Denominación Propuesta)	Destino	MPa	Edad	mm	Principal	Asentamiento de diseño	Relación a/c	Aire Incorporado
5	75/H15/90	Masivo Nucleo	15	90	75	Cinta/Grua Torre	6 a 10 (*)	0,65 a 0,80	Sin requisito
6	38/H25/90	Masivo Revestimiento	25	90	38	Grua torre	8 a 12 (*)	≤ 0,45	4,5 ± 1,5
	38/H25/90	Estructural	25	90	38	Cinta/Grua Torre	8 a 12 (*)	≤ 0,45 (con aire) ≤ 0,50 (sin aire)	Depende exposición
7	38/H25/90 (p)	Pantalla	25	90	38	Canaleta	8 a 15 (*)	≤ 0,45 (con aire) ≤ 0,50 (sin aire)	Depende exposición
4	38/H30/90	Desvio (CC)	30	90	38	Grua Torre/Cinta	8 a 12 (*)	≤ 0,50	Sin requisito
9	19/H40/28	Losa de desgaste Ductos	40	28	19	Bomba	8 a 10 (*)	≤ 0,42	Sin requisito
8	38/H30/28	Vertedero 2da Etapa	30	28	38	Bomba	8 a 10 (*)	A definir	Sin requisito
1	19/H25/90	Muro Colado	25	90	19	Mixer/Tube Tremie	18 ± 2	Definido y Aprobado	Definido
3	19/H10/28	Nivelación/Restitución Roca	10	28	19	Cinta/Grua Torre/Bomba	8 a 12 (*)	0,70 a 0,85	Sin requisito
2	9,5/H21/28	Proyectado	21	28	9,5	Equipo CIFA	Según máquina de proyectar	0,45 a 0,55	Sin requisito

(*) En función de la trabajabilidad a definir en consenso con la obra



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Economía

Importancia de la Economía

- Actualmente, la decisión de **llevar o no a cabo una obra civil**, se basa en **estudios económicos**: se construye sólo si es rentable en el tiempo
- Es decir, si los **beneficios** que produce la obra o estructura a lo largo de su vida útil son mayores que los de su construcción y mantenimiento
- Debido al fuerte peso que tiene el **hormigón en las obras civiles** en el precio total de la obra (**del 10 al 30% de la obra gruesa**), tienen que tomarse todas las medidas y realizar una adecuada planificación y estrategia de los trabajos, para **reducir los costos** tanto como sea posible, **sin detrimento de la resistencia, durabilidad o funcionalidad**
- La **economía** debe basarse, además de la **economía de los materiales componentes**, en la elección de **diferentes alternativas**:
 - Puesta en obra
 - Equipos, maquinarias empleadas
 - Automatización de ciertas tareas
 - Capacitación de los empleados
 - Reducción del tiempo de entrega
 - Sistemas de producción eficientes
 - Tecnologías innovadoras y disponibles
 - Control de calidad y producción
 - Planes de trabajo sin tiempos muertos
 - Planificación de encofrados

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

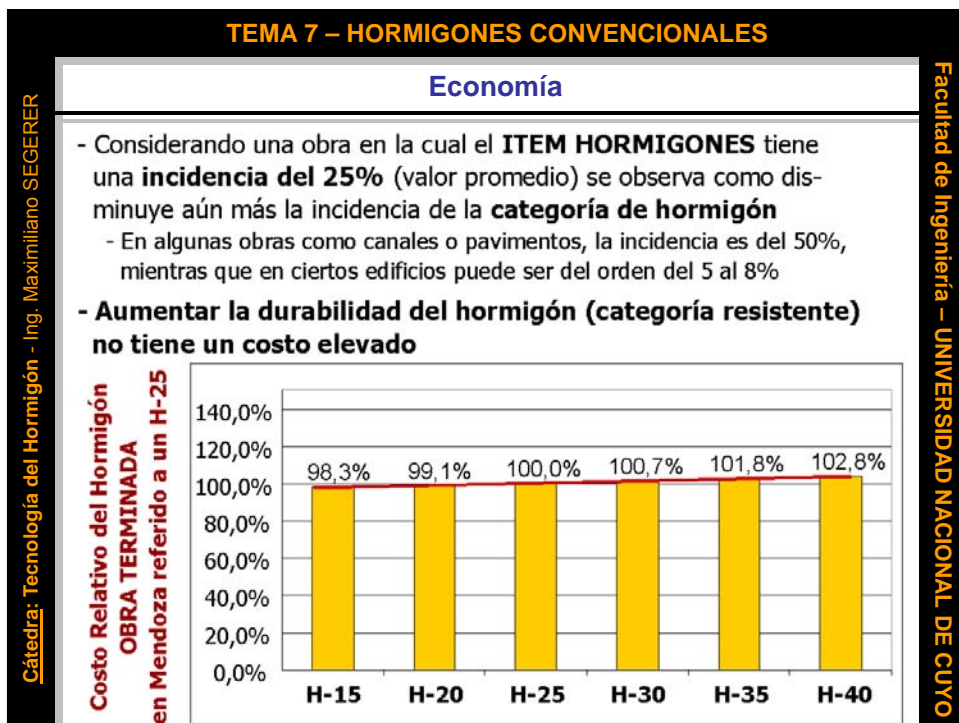
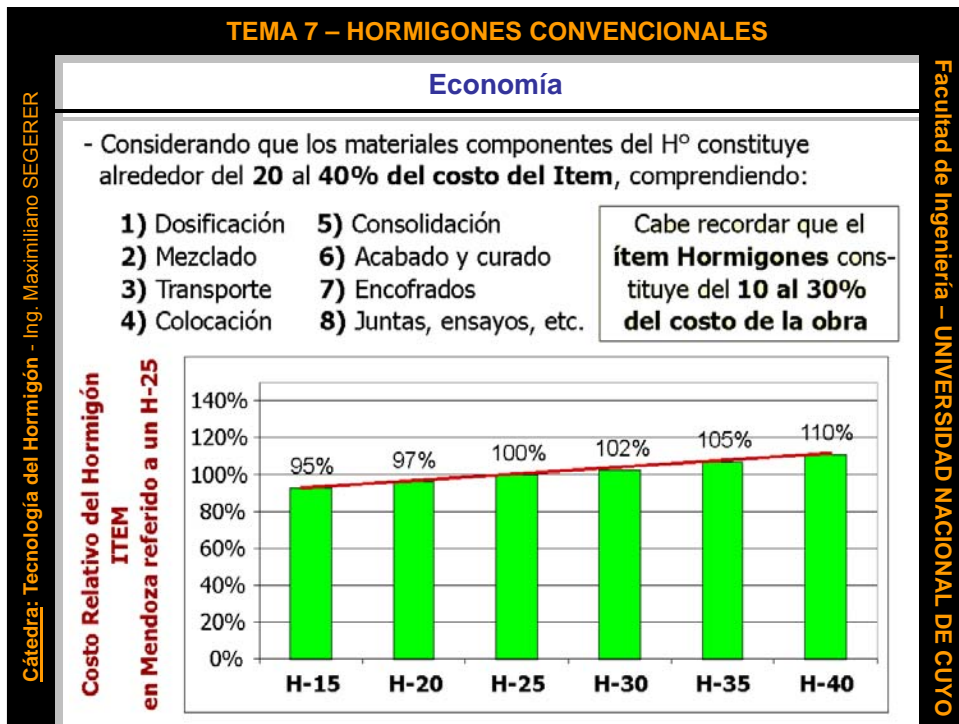
Economía

Componentes del costo del hormigón

- El **costo unitario del hormigón** está compuesto principalmente por:
 - 1) Costo de los **materiales** componentes (del 20 al 40%)
 - 2) Costo de la **mano de obra** (del 15 al 50%)
 - 3) Costo del **equipamiento** empleado (del 20 al 40%)

Costo Relativo del Hormigón MATERIALES en Mendoza referido a un H-25

Grado de Hormigón	Costo Relativo del Hormigón MATERIALES (%)
H-15	78%
H-20	89%
H-25	100%
H-30	108%
H-35	122%
H-40	135%



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Economía

1) Y si consideramos los **costos de mantenimiento** prorrateados a la **vida útil** en el costo total de la obra?

2) Y si **diseñamos las obras para 100 en vez de 50 años**?

3) Y si **consideramos la disminución del volumen total del hormigón**, con incidencia en el volumen fundaciones, peso propio de la estructura, por diseñar elementos con mayor resistencia a compresión?

- Un H-35 bien ejecutado necesitará menos mantenimiento (\$) que un H-25 bien ejecutado, además que la vida útil es muy superior en el primer caso y se disminuiría el volumen o peso total de la estructura

Resistencia
Durabilidad
Sustentabilidad

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Economía

En Mendoza, es una de las provincias que categorías resistentes más bajas se despachan y que se sigue empleando masivamente hormigón in-situ; diferente a otras provincias como Neuquén, Chaco o Formosa; por dar ejemplos diferentes a Córdoba, Buenos Aires o Santa Fe

En la mayor parte de las provincias los hormigones más despachados son H-25 y H-30, mientras que en Mendoza (y teniendo en cuenta que es zona sísmica) se usan hormigones H-13 y los más vendidos son los hormigones H-17. Son los que se especifican y aprueban en planos

Lo anterior y sumado a la realización de hormigones in-situ con nula confiabilidad, aparecen patologías en Mendoza con un clima seco y casi sin precipitaciones, ambos factores ampliamente positivos

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Economía

Ejemplo 1 – Incidencia en una vivienda

- En una vivienda social a 60 m^3 , suelen usarse 25 m^3 de hormigón
- Si un hormigón H-17 sale U\$S 65 / m^3 , un hormigón H-25 cuesta U\$S 72
- La diferencia, entre un tipo de hormigón y otro, es de U\$S 175 / vivienda
- Si el valor de construcción es de U\$S 700 / m^2 , **augmentar la durabilidad funcionalidad y resistencia, tiene un costo de 1/4 del m^2 construido**
- En un barrio de 100 viviendas (U\$S 4.200.000), este incremento, correspondería a U\$S 17.500. **Esto significa que podrían construirse 100 casas con hormigones poco durables, o “99,6 casas” más seguras, funcionales (ej. problemas de humedad, fisuras) y resistentes en el tiempo**



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Economía

Ejemplo 2 – Incidencia en un piso industrial de una bodega

- Para un piso de una bodega de 2000 m^2 y 18 cm de espesor, se especifica hormigón H-21 (U\$S 68 / m^3); se emplearán 360 m^3 de hormigón ($e=18 \text{ cm}$)
- El costo de construcción para un piso industrial, incluido el hormigón puede rondar los U\$S 50 / m^2 (sin tratamiento epoxídico o similar)
- La durabilidad del H-21, terminará con la vida útil del pavimento en un período de 10 a 15 años por los constantes ataques ácidos que sufre, con lo cual deberá demolerse y volver a reconstruir o realizar reparaciones tipo “parches” costosas y dudosas
- Incrementando el m^3 a H-40 (U\$S 85 / m^3), la diferencia de costos en el hormigón será del orden de U\$S 6000 adicionales. Todas las otras tareas se mantienen iguales, pero **multiplicando por dos o más la durabilidad. El costo del piso ronda los U\$S 100.000**
- AL ser categoría H-40, podría estudiarse **reducir el espesor de 18 a 16 cm** (misma resistencia a flexión y mayor durabilidad), lo cual reduce el 10% el costo del hormigón global y con ello la diferencia de costos, teniendo en cuenta una durabilidad duplicada o más, cae a U\$S 3.000, que sería **cerca del 3% del monto total, para prevenir deterioros futuros, mantenimiento, problemas funcionales y posible demolición y reconstrucción**

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Economía

Ejemplo 3 – Piso de una estación de servicio

– A continuación presentamos otro ejemplo de análisis de costos:

- Piso de estación de servicio, habilitarlo a 7 días en lugar de 20 días
- Es una medida que el cliente puede desconocer y valorar
- En este ejemplo el volumen solicitado es de 40 m³ de H-21
- Supongamos que vale U\$S 68 / m³ + IVA. La compra serían U\$S 2.500
- Si se recomienda un H-30 de U\$S 78 / m³, el costo es U\$S 3.100
- y esos U\$S 600 en exceso... valen más o menos que habilitar dos semanas antes la estación de servicio? Serían menos de U\$S 50 / día



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Economía

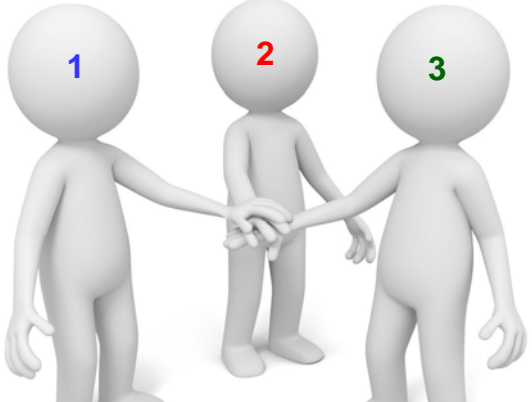
- 1) El ingeniero civil... ¿tiene que trabajar a corto o largo plazo?
- 2) La seguridad y durabilidad de las obras... ¿es relevante?
- 3) ¿Es importante para la correcta inversión de los fondos?
Sean públicos (pavimento calle) o privados (complejo departamentos)
- 4) ¿No es rol del ingeniero civil amparar por la calidad de las obras?
- 5) ¿Es tan caro usar los hormigones que corresponden desde el punto de vista reglamentario?
- 6) Desde el punto de vista ambiental... construir dos veces algo por desconocimiento o imprudencia se ejecutó mal ¿es sustentable?

Uno de los factores relevantes, es la calidad del hormigón, su control y las técnicas constructivas asociadas a la puesta en obra

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Economía





1. Diseño y Especificación de las estructuras y Pedido del H^o E^o

2. Control de Calidad del hormigón elaborado

3. Control de tareas previas, condiciones ambientales técnicas constructivas y ejecución de estructuras

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER


Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Economía

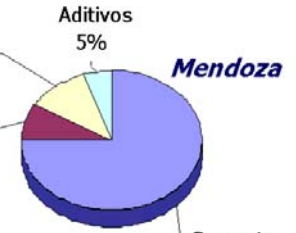
Estudio de un H-25 - Incidencia de Materiales

Buenos Aires



Materia	Porcentaje
Cemento	55%
Arena	17%
Agregado Grueso	25%
Aditivos	3%

Mendoza



Materia	Porcentaje
Cemento	75%
Agregado Grueso	11%
Arena	9%
Aditivos	5%

1- ¿Cómo "ahorrar" en materiales?

- Estudiar **proveedores y fuentes disponibles** de agua, agregados, cemento
- Elegir la **mezcla con la consistencia más apropiada**
- Optar por el **mayor tamaño máximo del agregado** compatible con las dimensiones del elemento, las armaduras y los medios de colocación
- Optimizar la **relación entre agregados finos y gruesos**
- Empleo de **aditivos y adiciones**, que puedan reducir el costo unitario
- **Disminuir el contenido unitario de cemento** (hasta un límite razonable), disminuyendo además del costo, la retracción y el calor de hidratación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Economía

2- ¿Cómo "ahorrar" en mano de obra?

- Programas de **capacitación** dictados por profesionales en forma práctica
- **Evitar tiempos muertos** con un buen cronograma de trabajos
- Empleo de **nuevas tecnologías**, como encofrados deslizantes
- Empleo de **hormigones autonivelantes** (gran ahorro de mano de obra)
- Empleo de **elementos prefabricados** en las construcciones



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Economía


3- ¿Cómo "ahorrar" en equipamiento?

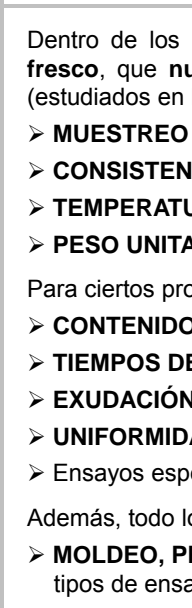
- **Optimizar y estudiar rutas** a las diferentes obras
- Empleo de medios de **transporte** acordes con la obra
- Transporte en camiones sin dispositivos agitadores en obras de magnitud
- Empleo de **hormigón elaborado** en obras de cualquier magnitud
- Empleo de **hormigones autocompactantes** (ahorro de vibrado y terminación)



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES	
Contenido	UNCuyo - TdH - TEMA 7 – HORMIGONES
	PROPIEDADES GENERALES
	Propiedades generales en estado fresco
	Propiedades del hormigón endurecido
	Criterios de diseño y Economía
	ENSAYOS SOBRE EL HORMIGÓN
	Ensayos de hormigón fresco
	Ensayos de hormigón endurecido
	Ensayos No Destructivos y en estructuras
	CONTROL DE CALIDAD DE HORMIGONES
	Criterios de aceptación y rechazo en obra
	Hormigón fresco y hormigón endurecido
	Plantas en Modo 1 y Modo 2 (CIRSOC 201:05)
	Criterios estadísticos de control
	DOSIFICACIÓN RACIONAL DE HORMIGONES

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES	
Ensayos de hormigón fresco	
	Dentro de los ensayos más habituales para caracterizar el hormigón fresco , que nunca deben confundirse con los ensayos de cementos (estudiados en la Unidad 4), se encuentran:
	➤ MUESTREO del hormigón fresco
	➤ CONSISTENCIA del hormigón (gran cantidad de ensayos)
	➤ TEMPERATURA del hormigón fresco
	➤ PESO UNITARIO del hormigón fresco
	Para ciertos proyectos o elementos, también pueden solicitarse:
	➤ CONTENIDO DE AIRE del hormigón fresco
	➤ TIEMPOS DE FRAGÜE , siendo el más relevante el inicio de fragüe
	➤ EXUDACIÓN , midiendo velocidad y capacidad de exudación
	➤ UNIFORMIDAD DE MEZCLADO para verificar eficacia de equipos
	➤ Ensayos específicos para HAC (hormigones autocompactantes)
	Además, todo lo relacionado con:
	➤ MOLDEO, PROTECCIÓN Y CURADO DE PROBETAS , para diferentes tipos de ensayos como compresión o tracción indirecta


TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

1) ¿Cómo se realiza el correcto muestreo del hormigón elaborado para la realización de ensayos?

Casos de aplicación

- La muestra **será representativa** y deberá ser siempre tomada entre:
 - Después de descargar el primer 1/4 m³
 - Antes de descargar el último 1/4 m³
- Deberá ser tomada por al menos **dos pasajes** a través del chorro de descarga que lo capte totalmente
- Una vez transportada la muestra al lugar donde se realizarán los ensayos, se **remezclará con pala** para uniformarlo
- No deben pasar **más de 15 minutos** entre la toma de muestras y los ensayos
- Su volumen será al menos un 40% superior al necesario para los ensayos; por ej. 30 litros para un cono y dos probetas



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

1) ¿Cómo se realiza el correcto muestreo del hormigón elaborado para la realización de ensayos?

Casos de aplicación

- En algunos casos es **incómodo moldear probetas en la obra** y luego tener que trasladarlas al laboratorio al día siguiente
- Para ello, existe una metodología denominada **moldeo remoto**, que básicamente consiste en **muestrear el hormigón en obra y aportar la muestra al laboratorio para el moldeo de probetas**
- Para que los **resultados sean válidos**:
 - Asentamiento \geq mitad del de diseño
 - Asentamiento \geq 3,0 cm
 - Tiempo < 4 horas de salida de planta
 - Tiempo < 2 hora de toma de muestra
- Cumple con requisitos de IRAM 1524



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO


TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

2) ¿Cómo se realiza correctamente el ensayo de asentamiento para determinar la consistencia?

- El ensayo de asentamiento es el **método más empleado para valorar la consistencia y la trabajabilidad** del hormigón y en función de su resultado, proceder a **aceptar o rechazar la carga del camión hormigonero**
- Es por ello que es suma importancia realizarlo **tal cual establece la Norma IRAM 1536**
- Comparando el valor del asentamiento medido con el especificado al proveedor de hormigón elaborado que figura en el remito, se puede:
 - *Obtener un asentamiento superior al especificado (incluidas tolerancias):* deberá rechazarse el hormigón debido a la presunción de un exceso de agua en la mezcla
 - *Obtener un asentamiento similar al especificado:* se aceptará el hormigón
 - *Obtener un asentamiento menor al especificado (incluidas tolerancias):* en este caso, de ser posible, se podrá aumentar el asentamiento mediante el empleo de un aditivo superfluidificante en obra, a costo del proveedor

Casos de aplicación




Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

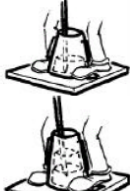
Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

2) ¿Cómo se realiza correctamente el ensayo de asentamiento para determinar la consistencia?

- 1** **OBTENER UNA MUESTRA REPRESENTATIVA DE HORMIGÓN EN UNA CARRETILLA**


Siempre se debe descargar al menos el primer 1/4 m³ del camión y luego tomar la muestra en la carretilla, no al iniciar la descarga
- 2** **LIMPIAR Y HUMEDECER CON AGUA EL CONO Y LA BASE DE APOYO**
- 3** **COLOCAR LA BASE EN UNA SUPERFICIE PLANA Y SUJETAR CON LOS PIES EL CONO**
- 4** **LLENAR EL CONO CON 3 CAPAS DE HORMIGÓN Y COMPACTARLAS**

 - Se debe compactar con barra del 16 lisa con una punta redondeada
 - Primera Capa: Altura de 7 cm, 25 golpes distribuidos con la barra
 - Segunda Capa: 15 cm (a la mitad del cono), 25 golpes con la barra
 - Tercera Capa: Que sobre mucho hormigón arriba, 25 golpes con barra

Casos de aplicación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

2) ¿Cómo se realiza correctamente el ensayo de asentamiento para determinar la consistencia?

Hay que cuidar que al varillar, la barra sólo penetre un poco en las capas anteriores, que nunca toque la base de apoyo

No puede emplearse el vibrador en el ensayo de asentamiento !

5 SE QUITA EL EXCEDENTE DE HORMIGÓN Y SE LEVANTA EL CONO EN 5 SEGUNDOS

6 MEDIR EL ASENTAMIENTO CON LA CINTA EN LA PARTE CENTRAL DEL CONO

Se debe medir el asentamiento desde la cara inferior de la barra

Si el cono se desploma o se inclina mucho, se debe hacer otra vez el ensayo, con una nueva muestra

El ensayo debe terminar en menos de 5 minutos de tomada la muestra

7 TIRAR EL HORMIGÓN CON EL QUE SE HIZO EL CONO, NUNCA USARLO PARA PROBETAS!

8 SE LAVAN LOS ELEMENTOS Y SE DEJAN LISTOS PARA EL PRÓXIMO ENSAYO

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

2) ¿Cómo se realiza correctamente el ensayo de asentamiento para determinar la consistencia?

Casos de aplicación

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

3) ¿Qué otros ensayos existen para determinar la consistencia del hormigón fresco y en qué casos se realizan?

Casos de aplicación

- En **ciertos casos especiales, el asentamiento no es representativo** de la medida de la consistencia del hormigón (válido entre 2 y 20 cm), por lo que se recurre a otros tipos de ensayo para valorar la consistencia:
 - **Hormigones muy secos**, con asentamientos inferiores a a 1 cm
 - Se emplea el dispositivo VeBe y se mide la consistencia como el tiempo de remoldeo en segundos (IRAM 1767)
 - Es aplicable en hormigones compactados a rodillo



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

3) ¿Qué otros ensayos existen para determinar la consistencia del hormigón fresco y en qué casos se realizan?

Casos de aplicación

- **Hormigones muy fluidos no autocompactantes**, con asentamientos superiores a 18 - 20 cm
 - Se emplea la mesa de Graf y se mide la consistencia como el diámetro de extendido en centímetros (IRAM 1690)
- **Hormigones autocompactantes**
 - Existe una gran diversidad de ensayos para la cuantificación de la consistencia, cohesividad y otras propiedades de la mezcla fresca



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco


4) ¿Cómo, cuándo y para qué se debe controlar la temperatura del hormigón fresco?

Casos de aplicación

- El ensayo para determinar la **temperatura del hormigón fresco** es el más sencillo para realizar; sin embargo, no muchas veces se efectúa

- Con un **termómetro tipo pinche digital o analógico** se debe:

- Insertar el termómetro pinche al menos 7,5 cm en el hormigón fresco, bien sea de la muestra o en el hormigón ya colado en los encofrados
- Esperar 2 minutos o hasta que se establezca la temperatura
- Registrar la temperatura del hormigón fresco al 0,5 °C más cercano



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Ensayos de hormigón fresco

4) ¿Cómo, cuándo y para qué se debe controlar la temperatura del hormigón fresco?

Casos de aplicación

- Siempre es útil controlar al menos una vez al día en cualquier condición climática la temperatura del hormigón fresco; pero es obligatorio y la cantidad de ensayos debe incrementarse cuando:

- Existen **condiciones de tiempo frío**
- Existen **condiciones de tiempo caluroso**
- En **estructuras masivas** o cuando exista algún requisito de proyecto



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

5) Si se desea ¿Cómo puede determinarse por norma el volumen real de hormigón en los camiones?

- Aunque es práctica poco habitual ya que pocas veces se poseen los elementos en obra para realizar este control, el siguiente es el único procedimiento por norma para determinar el volumen de hormigón despachado
- Se pesa en una báscula el camión al llegar a la obra
- Se toma una muestra de hormigón cercana a la mitad de la descarga y se determina el peso unitario del hormigón fresco según IRAM 1548
- Al finalizar la descarga, se pesa en la báscula el camión
- La diferencia de pesos en la báscula, es el hormigón descargado en obra y con su peso unitario puede determinarse el volumen de hormigón

Peso de hormigón transportado en el camión

PH = Camión al llegar – Camión sin hormigón

Peso unitario del hormigón fresco

PUV = $\frac{\text{Recipiente lleno} - \text{Recipiente vacío}}{\text{Volumen del recipiente}}$

Volumen de hormigón

VH = $\frac{\text{PH [kg]}}{\text{PUV [kg/m}^3\text{]}}$

Diferencia admisible: ± 2%

Casos de aplicación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

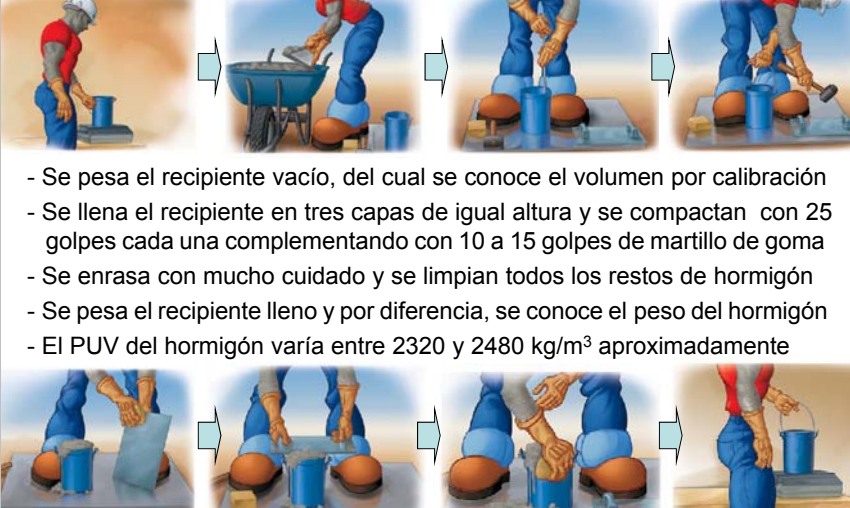
TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

5) Si se desea ¿Cómo puede determinarse por norma el volumen real de hormigón en los camiones?

- Se pesa el recipiente vacío, del cual se conoce el volumen por calibración
- Se llena el recipiente en tres capas de igual altura y se compactan con 25 golpes cada una complementando con 10 a 15 golpes de martillo de goma
- Se enrasa con mucho cuidado y se limpian todos los restos de hormigón
- Se pesa el recipiente lleno y por diferencia, se conoce el peso del hormigón
- El PUV del hormigón varía entre 2320 y 2480 kg/m³ aproximadamente

Casos de aplicación



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

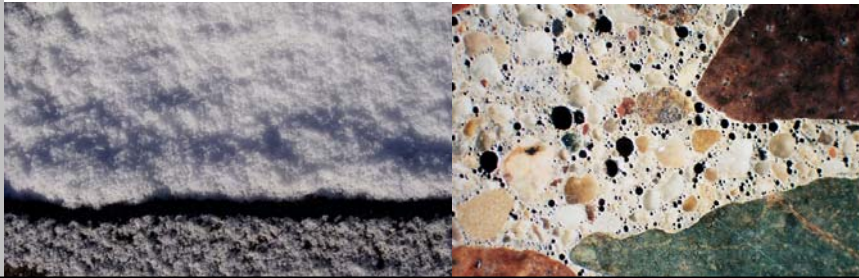
TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

6) ¿Cómo, cuándo y para qué se debe controlar el aire incorporado en el hormigón fresco?

Casos de aplicación

- El ensayo para determinar el contenido de aire suele realizarse con el **aparato de Washington** y se emplea como **criterio de aceptación**
- Las burbujas de aire, de tamaño adecuado y bien distribuidas, tienen la función de prevenir la desintegración del hormigón con ciclos de congelación y deshielo, debido al aumento de volumen del agua al congelarse
- Precisamente en las burbujas de aire, **se expande preferencialmente el agua no provocando daños** en la matriz cementicia



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

6) ¿Cómo, cuándo y para qué se debe controlar el aire incorporado en el hormigón fresco?

Casos de aplicación



Manómetro de Lectura

Inflador

4 llaves de ajuste de tapa - recipiente

Llana Metálica

Barra ϕ 16

Martillo de goma

Pizeta plástica

Aparato de Washington con inflador incorporado



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

6) ¿Cómo, cuándo y para qué se debe controlar el aire Incorporado en el hormigón fresco?

Casos de aplicación

**En 3 capas
 25 golpes $\phi 16$
 10 a 15 golpes
 Martillo por capa**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

7) ¿Las probetas deben moldearse con aditivo o sin los aditivos incorporados en obra?

Casos de aplicación

- **Siempre es recomendable** moldear las probetas **con todos los aditivos que se han incorporado al hormigón** debido a que será más representativo del hormigón de la estructura
- Sin embargo, pueden aparecer **dos situaciones diferentes:**
 - 1) *El o los aditivos son suministrados por el proveedor de hormigón:* En este caso el proveedor se hace responsable del hormigón más los aditivos que se incorporen; por lo tanto, las probetas deben ser moldeadas con aditivos

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

7) ¿Las probetas deben moldearse con aditivo o sin los aditivos incorporados en obra?


Casos de aplicación

2) *El o los aditivos son comprados por el cliente a un distribuidor:* En este caso el proveedor de hormigón ya no sería responsable de la fórmula con los aditivos debido al desconocimiento de los aditivos empleados y a ciertos efectos desfavorables, como pérdida de resistencia por hidrófugos

2.a) Se toman las probetas sin la incorporación de los aditivos en obra

2.b) Se le comunica al proveedor de hormigón y si éste aprueba los aditivos a emplear en obra, se responsabilizará de la dosificación con las sugerencias o comentarios que formule

- En cualquier caso es **recomendable dejarlo asentado en el remito**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

8) ¿Cómo se deben moldear las probetas de 15 x 30 cm para verificar la resistencia del hormigón?

Casos de aplicación

- El **moldeo, protección, curado y ensayo de las probetas** es uno de los temas más **conflictivos en obra**
- La **mala realización** de alguna de estas tareas, que **son muy sencillas**, puede acarrear **serios problemas y costos asociados de consideración**
- Por ello, y para controlar realmente la calidad del hormigón elaborado, estas tareas **deben realizarse tal cual lo establece la Norma IRAM 1524**
- Se desprende que los pequeños costos de laboratoristas, moldes, capacitación protección y curado de probetas, son muy inferiores a los que se presentan en caso de algún resultado bajo



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

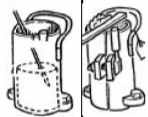
Ensayos de hormigón fresco

8) ¿Cómo se deben moldear las probetas de 15 x 30 cm para verificar la resistencia del hormigón? **Casos de aplicación**

1 OBTENER UNA MUESTRA REPRESENTATIVA DE HORMIGÓN EN UNA CARRETILLA

- Siempre se debe descargar al menos el primer 1/4 m³ del camión y luego tomar la muestra en la carretilla, no al iniciar la descarga
- Es preferible tomar la muestra a la mitad de la descarga del camión

2 BUSCAR UN LUGAR ADECUADO PARA MOLDEAR LAS PROBETAS



- Siempre deben moldearse en el lugar más cercano posible a donde quedarán el primer día, mover el hormigón en la carretilla
- Las probetas una vez moldeadas, cuando están frescas, no deben ser movidas mucho, nunca llevarlas en vehículos !

3 SIEMPRE SE DEBE REALIZAR PRIMERO EL ENSAYO DE ASENTAMIENTO

4 LIMPIAR Y ACEITAR LOS MOLDES DE LAS PROBETAS

5 COLOCAR LOS MOLDES EN UNA SUPERFICIE PLANA Y FIRME

- Siempre se deben moldear 2 probetas o más, Nunca una sola !

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER


Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

8) ¿Cómo se deben moldear las probetas de 15 x 30 cm para verificar la resistencia del hormigón? **Casos de aplicación**

6 LLENAR CADA PROBETA EN CAPAS DE HORMIGÓN Y COMPACTARLAS



- El caso más común es compactar 3 capas con una barra del 16
- Primera Capa: Altura de 10 cm, 25 golpes distribuidos con la barra
- Segunda Capa: 20 cm (desde la base), 25 golpes con la barra
- Tercera Capa: Que sobre mucho hormigón arriba, 25 golpes con barra
- Se pueden dar 15 golpes de martillo de goma al finalizar cada capa
- Hay que cuidar que al varillar, la barra sólo penetre un poco en las capas anteriores, que nunca toque la base de apoyo
- Algunos prefieren vibrarlas, en lugar de varillarlas, se llena en dos capas y se sumerge 7 segundos el vibrador en cada una
- Sólo se pueden vibrar, si el asentamiento es menor de 7 cm

7 SE QUITA EL EXCEDENTE DE HORMIGÓN Y SE ALISA LA SUPERFICIE CON CUIDADO

- El moldeo de probetas debe completarse en menos de 5 minutos
- El marcado de las probetas siempre debe realizarse al día siguiente

8 CUBRIRLAS CON NYLON O BOLSA PLÁSTICA Y VER QUE SE COLOQUEN BAJO TECHO

- Las probetas no deben quedar nunca al rayo del sol !

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

8) ¿Cómo se deben moldear las probetas de 15 x 30 cm para verificar la resistencia del hormigón?

Casos de aplicación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

8) ¿Cómo se deben moldear las probetas de 15 x 30 cm para verificar la resistencia del hormigón?

- Aunque pocas veces se emplea en obra, las probetas pueden consolidarse con vibradores de inmersión, debiendo tener en cuenta que:

- El asentamiento sea menor a 8,0 cm
- Es válido para probetas de 15 x 30 cm y no para probetas de 10 x 20 cm
- Es recomendable para probetas a flexión con asentamientos bajos
- El vibrador debe tener un diámetro entre 19 y 38 mm y frecuencia de al menos 7000 vibraciones / minuto
- Todas estas probetas deben consolidarse en dos capas, introduciendo el vibrador en la altura de la capa más 25 mm la inferior en el caso de la segunda capa, sin tocar el molde de la probeta

Casos de aplicación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

9) Particularidades para probetas de 10 x 20 cm

Casos de aplicación


- Aunque no sean muy empleadas, las **probetas de 10 x 20 cm están completamente aceptadas** por IRAM y CIRSOC, para el caso de hormigones con **TMN de 1" e inferior**

- Para el caso del hormigón elaborado **no es un limitante**, ya que entre el 60 y el 90% de los hormigones cumplen con esta condición

- En cuanto al moldeo, **se diferencian** en que se llenan en dos capas (de 10 cm) con 25 golpes con una varilla lisa ϕ 10 (no ϕ 16)

- El Reglamento CIRSOC le da exactamente la misma validez y no debe realizarse **ninguna corrección al resultado del ensayo de compresión**

- Presentan una **versatilidad muy superior** que las probetas de 15 x 30 cm



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Ensayos de hormigón fresco

9) Particularidades para probetas de 10 x 20 cm y probetas a flexión

Casos de aplicación

- Las principales **ventajas competitivas** de las probetas de 10 x 20 cm son:

- *Mejora de condiciones para los operarios:* ya que se reduce de 12,5 kg a 3,6 kg por probeta aproximadamente, disminuyendo lesiones de espalda
- *Muestras de hormigón:* se reduce sustancialmente su volumen
- *Facilidad de transporte:* el transporte de las probetas al laboratorio puede realizarse con cualquier vehículo convencional
- *Curado de las probetas:* se necesitan piletas entre 1/3 y 1/4 de capacidad que si se emplearan probetas de 15 x 30 cm
- *Equipamiento de laboratorio:* prensas convencionales de capacidad de 100 toneladas, en probetas de 15 x 30 cm pueden ensayarse hasta hormigones H-40; en probetas de 10 x 20 cm se ensayan hasta más de 100 MPa; además de disminuir el mantenimiento del equipo



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco


9) Particularidades para probetas de 10 x 20 cm y probetas a flexión

Casos de aplicación

- Si es requisito de proyecto, **es recomendable en los pastones preliminares se moldeen probetas de compresión y flexión y se establezca para los materiales locales la relación resistencia flexión / compresión en %**

- Moldeo por vibrado o con golpes enérgicos de martillo de goma
- Moldes rígidos e indeformables
- Protección con arpillera húmeda a la hora de haber moldeado la probeta
- Desmolde y curado hasta la edad de ensayo
- Debe ser ensayada húmeda (transporte al laboratorio en ese estado)
- Ensayo realizado en máquina de ensayo precisa y bien equipada

- De no tomar estas precauciones, pueden existir reducciones de más del 30% en los valores



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Propiedades del hormigón en estado endurecido

9) Particularidades para probetas de 10 x 20 cm y probetas a flexión

Casos de aplicación



Moldeo, protección y curado de probetas a flexión



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Ensayos de hormigón fresco

9) Particularidades para probetas de 10 x 20 cm y probetas a flexión

Casos de aplicación

- Sólo como valores preliminares, se presentan las siguientes relaciones de resistencia flexión / resistencia a compresión, que debe ser corroborada con ensayos con materiales locales

- **Relación resistencia flexión / compresión a 28 días: 11,0 a 12,5%**
- Para TMN > 38 mm es muy difícil lograr resistencias elevadas
- **Para resistencias flexión de 4,5 MPa es necesario obtener como mínimo 40 ± 5 MPa a compresión** (corroborar con ensayos de obra)



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Ensayos de hormigón fresco

10) ¿Qué cantidad de muestras para probetas y cuántas probetas se extraen por cada camión?

Casos de aplicación

- Aunque suele ser desconocido en obra, **es muy fácil prever que cantidad de probetas deben moldearse** en obra según el volumen de hormigón a colar en el día

- Teniendo en cuenta las disposiciones de la Norma IRAM 1666 de Hormigón Elaborado y del CIRSOC 201, se propone:



Volumen en el día	Camiones equivalentes	Número de muestras
Menos de 10 m ³	1 camión en el día	1 muestra
Entre 10 y 25 m ³	2 a 4 camiones en el día	2 muestras
Entre 25 y 50 m ³	5 a 7 camiones en el día	3 muestras
Entre 50 y 100 m ³	8 a 14 camiones en el día	4 muestras
Entre 100 y 150 m ³	15 a 22 camiones en el día	5 muestras
Entre 150 y 200 m ³	23 a 30 camiones en el día	6 muestras

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

10) ¿Qué cantidad de muestras para probetas y cuántas probetas se extraen por cada camión?

- Si se posee una **planta en obra** bajo el mando del Director de Obras o una planta externa con un **sistema de gestión de calidad certificado** (Modo 1) :
 - **Una muestra cada 40 m³** (5 muestras por lote de 200 m³)
- En caso que un conjunto de **elementos estructurales** posea una volumen **mayor a 200 m³**, son **hormigonados durante la misma jornada sin interrupciones mayores a 3 horas** y su hormigonado se realiza con el **mismo tipo de hormigón y materiales**, se puede considerar:
 - **300 m³: Una muestra cada 60 m³**
 - **400 m³: Una muestra cada 80 m³**
 - **500 m³ y más: Una muestra c/ 100 m³**

Casos de aplicación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO


TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

10) ¿Qué cantidad de muestras para probetas y cuántas probetas se extraen por cada camión?

- Por cada muestra (cada camión muestreado) **siempre deben moldearse:**
 - **Dos probetas como mínimo** para ensayarlas **ambas a la edad de diseño**, que generalmente es de 28 días
- Además, por requisitos de especificaciones (necesidad de controlar a otras edades), pueden moldearse probetas adicionales a las especificadas anteriormente con la misma muestra:
 - Opcionalmente **probetas adicionales a las dos de la edad de diseño**

Casos de aplicación



1 (una) Muestra	
2 (dos) Probetas (mínimo)	
Resistencia Probeta 1 (RP1)	Resistencia Probeta 2 (RP2)
1 (un) Resultado de Ensayo	
Resistencia = (RP1 + RP2) / 2	

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO


TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

10) ¿Qué cantidad de muestras para probetas y cuántas probetas se extraen por cada camión?

Casos de aplicación

- Ejemplos de aplicación para una edad de diseño de 28 días:
 - *Se desea controlar la resistencia también a 7 días:* Deberán moldearse 3 ó 4 probetas por muestra, para ensayar 1 ó 2 probetas a 7 días (según la disponibilidad de moldes en la obra) y 2 probetas a 28 días
 - *Se desea controlar a 7 días y reservar probetas “testigo” a 90 días:* Deberán moldearse 4 a 6 probetas por muestra, para ensayar 1 ó 2 probetas a 7 días y 1 ó 2 probetas a 90 días (según la disponibilidad de moldes); siempre ensayando dos probetas a 28 días (edad de diseño)




TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

11) ¿Cómo deben protegerse las probetas durante las primeras 24 horas y cuál es su importancia?

Casos de aplicación

- Las **primeras 24 horas del hormigón**, y por ende de las probetas, **son las más importantes** en su performance
- Una vez moldeadas, las probetas deben ser dejadas en un **lugar adecuado durante las primeras 24 horas**
- En el caso que no sean moldeadas en el lugar donde permanecerán las 24 horas, deberán ser transportadas a mano, una a una, inmediatamente después del moldeo y no a las horas de la confección
- Es por ello que siempre es preferible trasladar la muestra al lugar donde se almacenarán las primeras 24 horas las probetas; debiendo protegerlas con bolsas u otro medio en su parte superior para que no pierdan humedad
- De no tener en cuenta la protección, si se **dejan a la intemperie en tiempo muy frío**, pueden existir **reducciones de hasta el 50% de resistencia**




TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

11) ¿Cómo deben protegerse las probetas durante las primeras 24 horas y cuál es su importancia?

- **Debe contarse en obra** con algún **lugar acondicionado para mantener las probetas a una temperatura entre 15 y 27 °C** durante este período
 - *En tiempo frío*, dentro del obrador con una pequeña estufa eléctrica u otro medio en la sala donde están las probetas
 - *En tiempo frío*, cuando no se dispone del obrador o está muy lejos del lugar del hormigonado, puede acondicionarse una caja de poliestireno expandido y/o recubierta con lana de vidrio donde se dejen las probetas las primeras 24 horas
 - *En tiempo templado y caluroso*, por lo general es suficiente dejarlas bajo techo sin ninguna otra medida adicional
- Las probetas deben **desmoldarse al día siguiente** (entre las 16 y 32 horas) de su moldeo y **marcarse de manera indeleble**
- Las probetas **no pueden ser marcadas el día del moldeo** en su cara superior

Casos de aplicación



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

11) ¿Cómo deben protegerse las probetas durante las primeras 24 horas y cuál es su importancia?



Moldes descartables plásticos con tapa para evitar la pérdida de humedad recién moldeados

Probetas bajo cajas aislantes durante las primeras 24 horas




Casos de aplicación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

11) ¿Cómo deben protegerse las probetas durante las primeras 24 horas y cuál es su importancia?

Casos de aplicación

Probetas a la intemperie durante las primeras 48 horas, donde se registraron temperaturas de - 5°C

Probetas protegidas en la parte superior contra la pérdida de humedad

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

12) ¿Cómo deben curarse en obra las probetas y hasta cuándo debe realizarse el curado?


Casos de aplicación

- El **curado del hormigón**, y de las probetas, **es el período** en el cual **deben brindarse condiciones de humedad y temperatura adecuadas** para el **desarrollo óptimo de sus propiedades** (resistencia y durabilidad)
- El curado de las probetas en obra debe iniciarse **inmediatamente después de desmoldadas y marcadas o rotuladas**
- El mismo consiste en **sumergir las probetas en agua a una temperatura entre 21 y 25 °C hasta el mismo día de ensayarlas** a compresión o trasladarlas al laboratorio
- Las probetas no deben extraerse a los 7 ó 28 días si serán ensayadas con posterioridad; **deben permanecer en la pileta de curado hasta la edad de ensayo a compresión**
- El agua debe estar **saturada con cal** (250 g de cal apagada cada 100 litros de agua)

Curado del hormigón

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

12) ¿Cómo deben curarse en obra las probetas y hasta cuándo debe realizarse el curado?

Casos de aplicación

- En toda obra debe contarse con un lugar acondicionado para el **curado de las probetas** de **capacidad suficiente** y a **temperatura media de 23 °C**
 - Podrán ser piletas, tachos u otros recipientes estancos
 - En función del volumen de hormigón previsto y el número de probetas a extraer por día, contar con una piletta de **capacidad suficiente**
 - **No es recomendable** que **la piletta esté a la intemperie**
 - En caso de **tiempo templado y caluroso**, por lo general, pequeñas medidas deberán ser tomadas para lograr la temperatura indicada
 - En caso de **tiempo frío**, deberán estar en piletas a temperatura controlada, la cual deberá ser determinada diariamente, existiendo dos opciones:
 - *Calefaccionar el agua*: mediante resistencias eléctricas, no siendo muy recomendable por la poca vida útil de éstas y riesgos de electrocución; o mediante sistemas de recirculación de agua conectados a calefones
 - *Calefaccionar el ambiente*: mediante estufas eléctricas basculantes u otros medios que mantengan el local a una temperatura entre 23 y 26°C, debiendo estar prendidas toda la noche y regularse durante el día

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

12) ¿Cómo deben curarse en obra las probetas y hasta cuándo debe realizarse el curado?

Casos de aplicación



Curado inadecuado en piletas o tachos no calefaccionados, a la intemperie, en tiempo frío y de capacidad insuficiente

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

12) ¿Cómo deben curarse en obra las probetas y hasta cuándo debe realizarse el curado?

Casos de aplicación



Curado inadecuado en a la intemperie y sin agua

Terminación superficial inaceptable de probetas

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

12) ¿Cómo deben curarse en obra las probetas y hasta cuándo debe realizarse el curado?

Casos de aplicación



Curado en tacho con resistencia eléctrica desde la parte superior (más riesgoso)

Curado en pileta con resistencia eléctrica desde la parte inferior (más adecuado)


Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco


12) ¿Cómo deben curarse en obra las probetas y hasta cuándo debe realizarse el curado?	Casos de aplicación
-----------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------



PROBETAS

HIELO

Pileta de curado "tachos" a la Intemperie con capa de hielo



HIELO

PROBETAS

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

12) ¿Cómo deben curarse en obra las probetas y hasta cuándo debe realizarse el curado?	Casos de aplicación
-----------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------



PROBETAS

HIELO

Curado apropiado en "medio tacho". Probetas bien identificadas y con calefacción al ambiente



HIELO

PROBETAS

Curado inapropiado en "medio tacho". Probetas En los moldes y con Temperaturas < 15 °C

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

12) ¿Cómo deben curarse en obra las probetas y hasta cuándo debe realizarse el curado?	Casos de aplicación
-----------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------

Curado en el exterior con sistema adecuado de calefaccionamiento y registro continuo de temperaturas



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

12) ¿Cómo deben curarse en obra las probetas y hasta cuándo debe realizarse el curado?	Casos de aplicación
-----------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------

Piletas de curado bajo techo con sistema de recirculación del agua, conectado a calefones o termotanques



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

12) ¿Cómo deben curarse en obra las probetas y hasta cuándo debe realizarse el curado?

Casos de aplicación

Piletas y tachos donde el agua se calienta indirectamente al controlar la temperatura del ambiente donde se encuentran



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO


TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

12) ¿Cómo deben curarse en obra las probetas y hasta cuándo debe realizarse el curado?

Casos de aplicación

- La Norma IRAM 1524 también admite que el curado de las probetas se lleve a cabo en **cámaras de curado**; que son ambientes donde la humedad relativa es superior al 95% y a temperatura controlada
- Salvo en obras de gran envergadura, es **complicado mantener las cámaras de curado**, por ser más dificultoso que las piletas de curado, además de exigir un **control exhaustivo** de la temperatura y humedad relativa



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO


TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

14) ¿Cómo llevar el registro de control de calidad en una obra para no tener ningún inconveniente?

Casos de aplicación

- Otro aspecto muchas veces olvidado en obra es llevar “**Planillas diarias de seguimiento de hormigones**”, en las cuales debe plasmarse la información justa y necesaria para lograr una **trazabilidad del hormigón**
- El **Director de Obra** tiene la **responsabilidad** de aplicar los resultados de ensayos y la experiencia acumulada en la construcción de las estructuras que aún faltan realizar, con vistas a optimizar la calidad de las estructuras o a mantener el nivel de calidad aceptable que se hubiera alcanzado
- A continuación se brindará la **información mínima** que deben comprender estas **Planillas de seguimiento de hormigones** con el objeto de:
 - **Mejorar la calidad** de los trabajos
 - En **caso de algún inconveniente**, poder inferir sobre la causa, responsables y localizar donde se encuentra el **hormigón cuestionado**



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

14) ¿Cómo llevar el registro de control de calidad en una obra para no tener ningún inconveniente?

Casos de aplicación

- Tipo de Hormigón
- Número de remito (y proveedor de hormigón si se cuenta con más de uno)
- Volumen de hormigón del viaje según remito
- Hora de llegada a obra y hora de salida de obra del camión hormigonero
- Tipo de elementos estructurales llenados
- Designación (según el Director Técnico o según planos) de los elementos
- Aditivos incorporados en obra (tipo, marca y dosis)
- Asentamiento del hormigón fresco (lugar al menos para dos ensayos)
- Temperatura del hormigón fresco
- Aceptación o rechazo del hormigón fresco
- Moldeo de probetas (número e identificación precisa de las probetas)
- Edad a la que deben ensayarse las probetas moldeadas
- Otros ensayos u observaciones sobre el hormigón fresco
- Condiciones meteorológicas a diferentes horas del día

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

14) ¿Cómo llevar el registro de control de calidad en una obra para no tener ningún inconveniente?

Casos de aplicación

OBRA		FECHA: / /
SECTOR	PLANILLA DIARIA DE SEGUIMIENTO DE HORMIGONES	de
Contratista	Responsable:	Hoja

DATOS DEL HORMIGÓN ELABORADO			DATOS ESTRUCTURA		DATOS DEL HORMIGÓN FRESCO				MOLDEO DE PROBETAS		Observaciones / Otros ensayos / Medio colocación			
Nº	Tipo de hormigón	Número de remito	Volumen hormigón	Horarios en la obra	Tipos de elementos	Designación elementos	Asentamiento (cm)	Temp. H° fresco (°C)	Aditivos incorporados en obra (o fibras)	Recibió conforme?		Nº	Designación	Edad ensayo
1				Llega			1 ^{ma}					1		
				Sale			2 ^{da}					2		
												3		
												4		
2				Llega			1 ^{ma}					1		
				Sale			2 ^{da}					2		
												3		
												4		
3				Llega			1 ^{ma}					1		
				Sale			2 ^{da}					2		
												3		
												4		
4				Llega			1 ^{ma}					1		
				Sale			2 ^{da}					2		
												3		
												4		
5				Llega			1 ^{ma}					1		
				Sale			2 ^{da}					2		
												3		
												4		
6				Llega			1 ^{ma}					1		
				Sale			2 ^{da}					2		
												3		
												4		
7				Llega			1 ^{ma}					1		
				Sale			2 ^{da}					2		
												3		
												4		

Condiciones climáticas durante la jornada Termómetro de máxima / mínima de la obra Temperatura mínima Temperatura máxima	Horario de determinación Temperatura (°C) Humedad relativa (%) Velocidad viento (km/h)	1- 2- 3- 4-	Pronóstico para el día siguiente Mínima esperada Máxima esperada Otros (viento, HR baja)
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

- Cualquier otro comentario o anotación AL DORSO -

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO


TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

14) ¿Cómo llevar el registro de control de calidad en una obra para no tener ningún inconveniente?

Casos de aplicación

- Estos datos, donde ninguno abunda, serán suficientes para darle una **adecuada trazabilidad al hormigón de cada uno de los viajes**
- Siguiendo la planilla modelo anterior, es recomendable:
 - **Realizar una planilla por día** (aunque sea un solo viaje)
 - Si no se hormigona, no realizar una planilla vacía y en el caso que de una jornada con mucho volumen completar más de una hoja, numerándolas
 - **Anotar los datos de todos los viajes** que llegan a la obra, aún aquellos que no se les realicen ensayos de asentamiento y/o moldeo de probetas
- Es recomendable que el **encargado de la confección de la planilla** sea la misma persona que **realiza los ensayos** (salvo en obras de envergadura) y que **sea una persona metódica y hacerle saber la responsabilidad e importancia que implica su trabajo**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

14) ¿Cómo llevar el registro de control de calidad en una obra para no tener ningún inconveniente?

Casos de aplicación

- Las tareas faltantes, salvo en obras de envergadura, consisten en asegurar la protección y curado de las probetas, su identificación y prever los días en que deben llevarse las probetas a ensayar al laboratorio
- Para ello se recomienda llevar **una segunda planilla paralela**, relacionada con la **rotura y resistencia de las probetas**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO


TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

14) ¿Cómo llevar el registro de control de calidad en una obra para no tener ningún inconveniente?

Casos de aplicación

- Fecha de moldeo, identificación de la probeta y edad de ensayo, todos **datos copiados de la planilla anterior**
- **Fecha de rotura teórica de la probeta** (fecha moldeo + edad de ensayo)
- **Fecha estimada de envío al laboratorio**, ya que muchas veces es imposible llevar todos los días probetas al laboratorio, sugiriendo en la generalidad de los casos, ir **dos veces por semana al laboratorio** en días predeterminados (por ejemplo los lunes y los jueves) y llevar:
 - Probetas de 6, 7, 8 y 9 días para el ensayo
 - Probetas de 27, 28, 29 y 30 días para el ensayo
- Al final, un lugar para copiar, cuando lo **comunique formalmente el laboratorio**:
 - **Resistencia o tensión de rotura (MPa)**
 - **Edad real de ensayo** (o fecha de rotura)



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

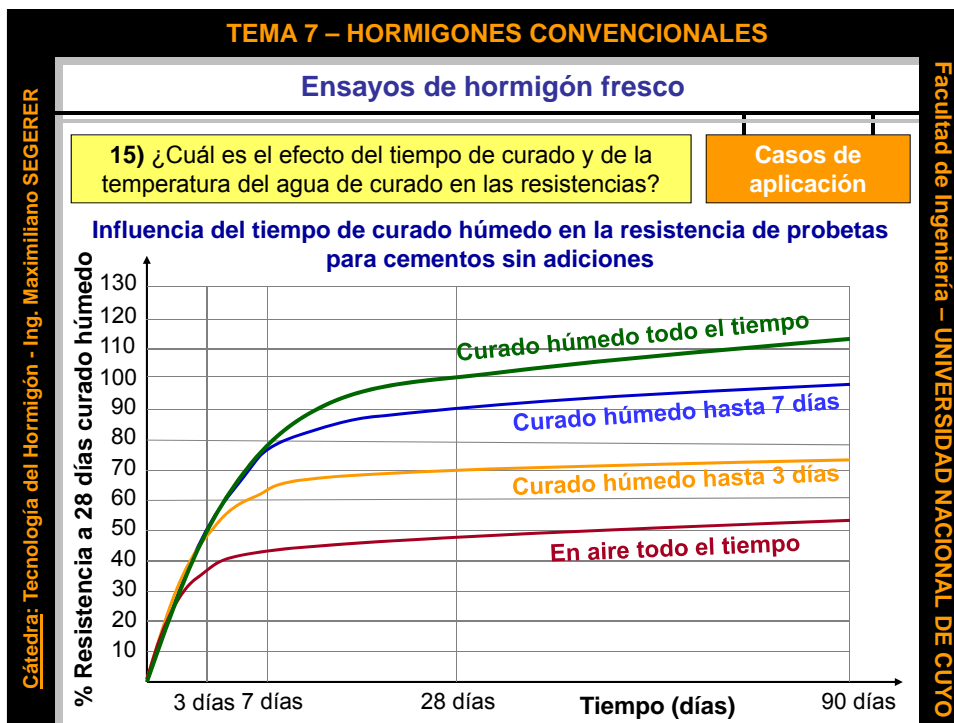
15) ¿Cuál es el efecto del tiempo de curado y de la temperatura del agua de curado en las resistencias?

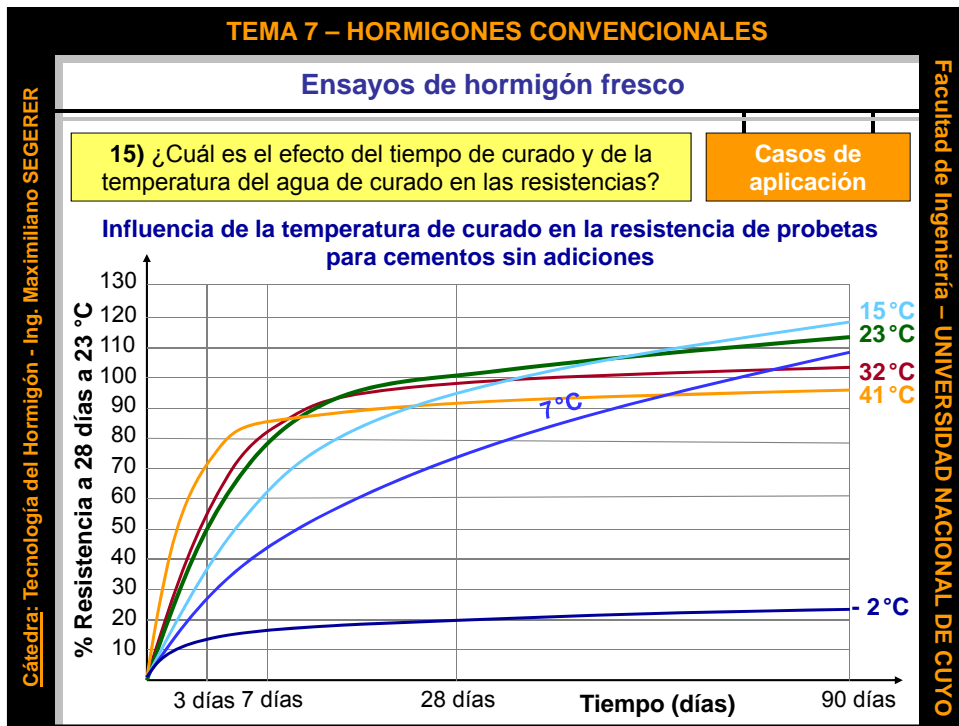
- En las próximas diapositivas se mostrará la influencia en la resistencia de hormigones de diferentes curados, en lo que se refiere a su duración y temperatura
- De todas maneras, cabe recalcar que la Norma IRAM 1666, el Reglamento CIRSOC 201 y cualquier otro reglamento del mundo, **no admiten ninguna variación en lo que respecta a las metodologías de ensayo**
- Es decir, que si cualquier etapa de los ensayos, inclusive el curado de las probetas no se realizan según IRAM 1524 los **ensayos no son válidos**
- Esto es entendible, desde el punto que **existen infinitas combinaciones de factores de materiales y discrepancias con los métodos** de ensayo que **no pueden ser analizados ni contemplados por un reglamento**
- A su vez, **el proveedor de hormigón elaborado, no puede asumir** que en una obra le controlen el hormigón como indica la norma y en otra obra no se respete en absoluto la metodología, despachando **hormigones diferentes para cumplir con ambas situaciones**

Casos de aplicación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO





TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

¿Corresponde moldear probetas y curarlas en las mismas condiciones de la estructura?

- Según el Reglamento, las probetas **moldeadas y curadas de manera normalizada según IRAM 1524** son las únicas válidas para:
 - **Controlar la resistencia de las estructuras**
 - **Controlar la calidad del hormigón elaborado**
- Sin embargo, sólo para ciertas aplicaciones pueden **moldearse probetas y curarlas a un costado de una estructura** con sus mismos métodos de curado y temperatura; debiendo moldear al menos 4 probetas por pastón

Casos de aplicación




TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

¿Corresponde moldear probetas y curarlas en las mismas condiciones de la estructura?

- Pueden servir para **apreciar si se alcanza cierta resistencia para:**
 - **Disminuir el período de curado mínimo** según Reglamento
 - **Disminuir los tiempos de desencofrado y/o desapuntalamiento**
 - **Aplicar cargas o trasladar elementos** a cierta edad (según proyecto)
 - Estructuras sometidas a **ciclos de curado acelerado**
- Según CIRSOC para las **dos primeras aplicaciones** (detener el curado húmedo y poder desencofrar), es necesario obtener **resistencias de al menos el 70% de la resistencia especificada en estas probetas curadas igual que la estructura**; caso contrario deben aplicarse los períodos mínimos según CIRSOC
- En otras aplicaciones la resistencia a adquirir debe **figurar en el proyecto**

Casos de aplicación



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO


TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

16) ¿Cómo identificar una inadecuada confección de las probetas?

- Si existe un **apartamiento** en lo que respecta al muestreo, moldeo, protección, curado y/o rotura de las probetas, los **ensayos no son válidos** y no servirán para aceptar o rechazar el hormigón
- De allí la **importancia de respetar las normas:**
 - **Conocer la resistencia** del hormigón
 - Posibilidad de **establecer responsabilidades** en caso de resultados bajos
- Comparando los resultados de las **dos probetas** de la misma muestra y ensayadas a la misma edad, **analizando varios ensayos**, se puede:
 - Si la diferencia entre ambas tensiones de rotura **es inferior al 7%** de su promedio (resultado de ensayo), se considera como **aceptable**
 - Si esta diferencia está **entre 7 y 15%** algún inconveniente existe en una o más de las etapas, **debiendo revisar todos los procedimientos**
 - Si la diferencia es **superior a 15%** el ensayo directamente **no es válido**

Casos de aplicación



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

16) ¿Cómo identificar una inadecuada confección de las probetas?

Casos de aplicación



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

16) ¿Cómo identificar una inadecuada confección de las probetas?

Casos de aplicación



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

16) ¿Cómo identificar una inadecuada confección de las probetas?	Casos de aplicación
-------------------------------------------------------------------------	----------------------------



Depresiones mayores a 0,5 cm en el fondo



Probetas retiradas del agua muchos días antes del ensayo



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

16) ¿Cómo identificar una inadecuada confección de las probetas?	Casos de aplicación
-------------------------------------------------------------------------	----------------------------



Marcado irregular



Insertos en las probetas que pueden provocar planos preferenciales de falla

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

16) ¿Cómo identificar una inadecuada confección de las probetas?

Casos de aplicación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

16) ¿Cómo identificar una inadecuada confección de las probetas?

Casos de aplicación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

16) ¿Cómo identificar una inadecuada confección de las probetas?

Casos de aplicación

Falta paralelismo en caras



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

16) ¿Cómo identificar una inadecuada confección de las probetas?

Casos de aplicación

- Otro aspecto relevante es el mantenimiento y **limpieza de los moldes**
- Emplear **moldes con restos de hormigón viejo**, que generalmente son más notorios en la parte superior del molde, **pueden provocar fisuras dentro de la probeta** por asentamiento plástico

Probeta antes del ensayo

Rotura de la probeta en el ensayo



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Ensayos de hormigón fresco

16) ¿Cómo identificar una inadecuada confección de las probetas?

Casos de aplicación

- Todos **estos defectos influyen sin duda negativamente en los resultados de la resistencia a compresión** del hormigón elaborado, **no siendo representativo de la calidad del hormigón**
- Los laboratorios de ensayo **no deben ensayar probetas con defectos marcados**, o al menos, **están obligados a informarlos**
- La **combinación de estas deficiencias**, incluidos errores en el mismo ensayo a compresión, **pueden disminuir en más de un 50% la resistencia**
- Sin embargo, **no todos los defectos son apreciables a “simple vista”**, como por ejemplo un curado deficiente no es detectable

Las probetas marcadas prematuramente inciden negativamente en los resultados de ensayo cuando se trabaja con encabezado con placas elastoméricas (neopreno)



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

16) ¿Cómo identificar una inadecuada confección de las probetas?

Casos de aplicación



Roturas Inducidas por el marcado en superficie

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

16) ¿Cómo identificar una inadecuada confección de las probetas?

Casos de aplicación



No es nada complicado realizar el control de calidad según Normas IRAM



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco


**17) Otros ensayos de hormigón fresco:
EXUDACIÓN**

Casos de aplicación

Determinación de la exudación

Norma IRAM 1604-04 - Método de determinación de la exudación

- Mismo procedimiento en cuanto al recipiente empleado y al acondicionamiento de la muestra que la norma IRAM 1562 (recipiente de 15 litros)
- Se inclina el recipiente para facilitar la **recolección del agua exudada** por la muestra y se aplica bajo uno de los costados un listón de madera, manteniendo el recipiente unos **5 minutos** antes que el agua es removida cada vez
- Se **retira progresivamente el agua acumulada sobre la superficie de la muestra** mediante una **pipeta** y se va colocando en **un vaso graduado**
- La extracción debe **hacerse cada 20 minutos durante 3 horas**
- Se debe determinar:
 - a) La exudación** referida al total del agua de mezclado (%)
 - b) La velocidad de exudación** (ml/cm²/seg - kg/m²/hora)



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

17) Otros ensayos de hormigón fresco:
EXUDACIÓN

Casos de aplicación




Gráfico para exudación del hormigón fresco





Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón fresco

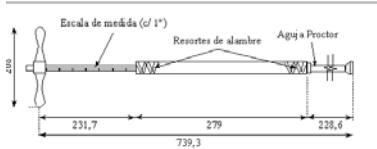
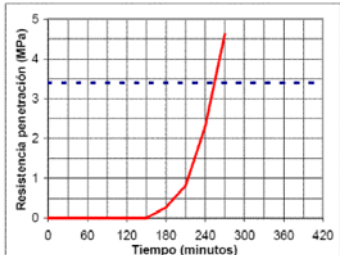
17) Otros ensayos de hormigón fresco:
TIEMPOS DE FRAGÜE

Casos de aplicación

Determinación de los tiempos de fraguado


IRAM 1662-95 - Tiempo de fraguado por resistencia a la penetración


- Se realiza sobre mortero (hormigón tamizado por el tamiz # 4) y por lo menos sobre 3 pastones elaborados días distintos, para obtener 1 resultado de ensayo
- **Tiempo inicial de fraguado:** tiempo medido a partir del contacto inicial entre cemento y agua, hasta que el mortero tamizado del hormigón alcanza una **resistencia a la penetración de 3,5 MPa**
- **Tiempo final de fraguado:** tiempo medido a partir del contacto inicial entre cemento y agua, hasta que el mortero tamizado del H° alcanza una **resistencia a la penetración de 28 MPa**

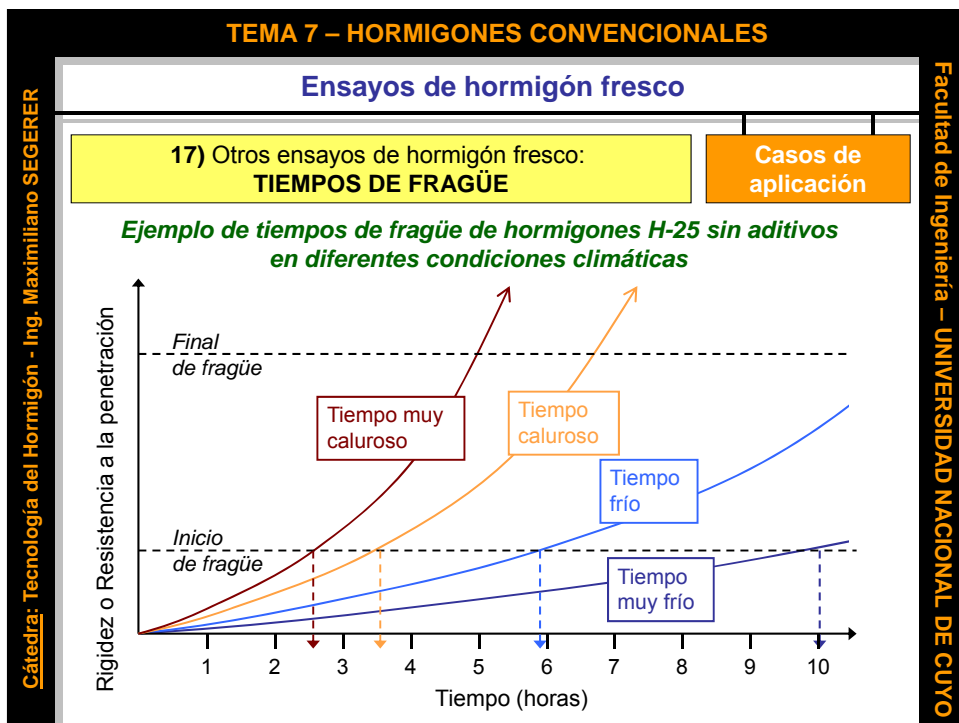
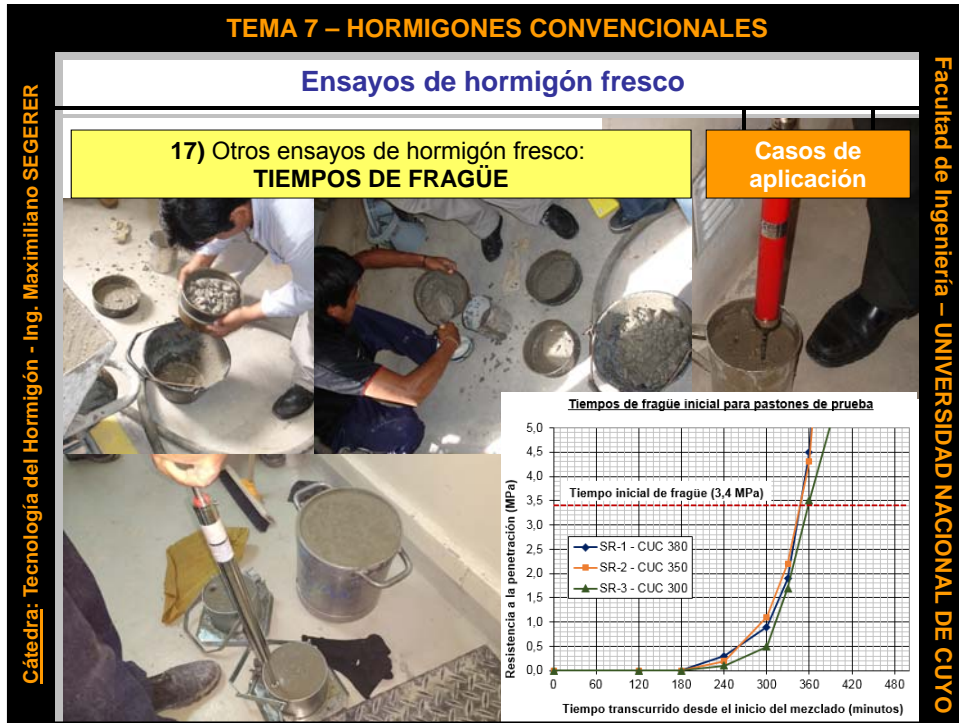



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES	
Ensayos de hormigón fresco	
17) Otros ensayos de hormigón fresco: TIEMPOS DE FRAGÜE	Casos de aplicación
<p>- El ensayo para determinar el tiempo de fragüe del hormigón, se realiza:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Se tamiza el hormigón fresco por el tamiz # 4 ➤ Se acondiciona el mortero fresco en un recipiente ➤ Se tapa para evitar la evaporación del agua ➤ A partir de 2 horas y cada 30 minutos, se van realizando determinaciones para medir la resistencia a la penetración en el mortero; retirando siempre el agua de exudación de la superficie ➤ <i>Inicio de fragüe</i>: Resistencia a la penetración de 3,5 MPa; que es el que tiene real importancia práctica ➤ <i>Fin de fragüe</i>: Resistencia a la penetración de 28,0 MPa; que salvo para pavimentos, no es un parámetro tan importante ➤ Deben realizarse al menos 3 ensayos por cada dosificación y temperatura del hormigón (directamente influenciada por la temperatura ambiente) <p>- No se miden variaciones de temperatura en el ensayo, por lo que este concepto es a veces mal empleado</p>	
	

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES	
Ensayos de hormigón fresco	
17) Otros ensayos de hormigón fresco: TIEMPOS DE FRAGÜE	Casos de aplicación
<p>- En el tiempo inicial de fragüe del hormigón premoldeado influyen una gran cantidad de parámetros, entre los que se destacan:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Temperatura del hormigón fresco (influenciada directamente por la temperatura ambiente) ➤ Categoría resistente del hormigón (relación a/c, contenido de cemento), iniciando el fragüe antes un H-30 que un H-20, a igualdad de temperatura ➤ Tipo de cemento (contenido y tipo adiciones, finura) ➤ Empleo de aditivos retardadores de fragüe ➤ Empleo de otros aditivos, por lo general los fluidificantes, acelerantes de endurecimiento, superfluidificantes; retrasan levemente el inicio del fragüe entre 15 y 60 minutos, para las demás condiciones constantes ➤ Impurezas contenidas en el agua o agregados ➤ Condiciones de mezclado, agitación o transporte 	
	





TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES



Ensayos de hormigón fresco

17) Otros ensayos de hormigón fresco:
UNIFORMIDAD DE MEZCLADO

Casos de aplicación

		Muestra 1	Muestra 2
Densidad del mortero libre de aire	ρ_m	2311	2311
Porcentaje de agregado grueso	% AG	32,6%	31,6%

Diferencias	Porcentajes diferencias	Criterio aceptación	
$\Delta \rho_m$	0,0%	$\leq 1,6\%$	CUMPLE
Δm_{ag}	3,2%	$\leq 6,0\%$	CUMPLE

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Contenido	UNCuyo - TdH - TEMA 7 – HORMIGONES
	PROPIEDADES GENERALES
	● Propiedades generales en estado fresco
	● Propiedades del hormigón endurecido
	● Criterios de diseño y Economía
	ENSAYOS SOBRE EL HORMIGÓN
	● Ensayos de hormigón fresco
	● Ensayos de hormigón endurecido
	● Ensayos No Destructivos y en estructuras
	CONTROL DE CALIDAD DE HORMIGONES
	● Criterios de aceptación y rechazo en obra
	● Hormigón fresco y hormigón endurecido
	● Plantas en Modo 1 y Modo 2 (CIRSOC 201:05)
	● Criterios estadísticos de control
	DOSIFICACIÓN RACIONAL DE HORMIGONES

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

¿Cómo deben trasladarse las probetas al laboratorio?	Casos de aplicación
<ul style="list-style-type: none">- Las primeras 24 horas deben permanecer en el lugar de moldeo- Cuando las probetas deban trasladarse antes de los 3 días de edad, bien sea para su curado o ensayo, deben extremarse los cuidados- Es recomendable, trasladarlas en movilidades o camionetas con adecuada suspensión y en cajas especialmente acondicionadas- Otra alternativa, es el transporte enterrándolas en arena húmeda- Si bien puede no tener una influencia decisiva en el ensayo, no es recomendable llevarlas sueltas en la parte trasera de una camioneta	 <p style="text-align: center;"><i>Transporte de probetas con elementos para Impedir su movimiento</i></p>

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

¿Cómo deben trasladarse las probetas al laboratorio?	Casos de aplicación
 <p style="text-align: center;"><i>Transporte de probetas en cajones con arena</i></p>	 <p style="text-align: center;"><i>Transporte de probetas con elementos para Impedir su movimiento</i></p>

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

¿Cómo deben trasladarse las probetas al laboratorio?

Casos de aplicación



Correcto transporte de probetas al laboratorio

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

Sin dudas, el ensayo más habitual para caracterizar el hormigón, es:

- **RESISTENCIA A COMPRESIÓN** de probetas de hormigón, que incluye además las técnicas relacionadas con el encabezado de probetas

En menor medida, se pueden realizar ensayos en ciertos proyectos para caracterizar propiedades mecánicas, como:

- **Extracción de TESTIGOS** de hormigón endurecido
- **RESISTENCIA A FLEXIÓN**, en pavimentos o aeropuertos por ejemplo
- **RESISTENCIA A TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL**
- **MÓDULO DE ELASTICIDAD ESTÁTICO**, y en ciertos casos dinámico
- **Ensayos de contracción por secado** y variaciones volumétricas (RAS)

Además, existe un gran número de ensayos para predecir el comportamiento del hormigón en cuanto a su durabilidad, pudiendo mencionar:

- **SUCCIÓN CAPILAR**, para todo tipo de ambientes agresivos
- **PENETRACIÓN DE AGUA**, para hormigones impermeables
- **CLORUOS EN HORMIGÓN ENDURECIDO**, para cualquier caso
- **Ensayos relacionados a las RAA (Reacciones Álcali-Agregado)**
- Otros ensayos como difusión de cloruros, congelación y deshielo, etc.

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

18) Rotura de probetas de hormigón a compresión

Casos de aplicación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Encabezado con placas elastoméricas

Encabezado de probetas con mortero de azufre

Pesaje probetas (opcional)
15x30: 12,5 kg - 10x20: 3,6 kg

The image is a composite of several photographs. At the top left, a concrete specimen is being prepared with a yellow elastomeric cap. To its right, several cylindrical concrete specimens are shown, some with caps. Below these, a photograph shows a concrete specimen being weighed on a scale. To the left of the weighing scale, another photograph shows a concrete specimen being prepared with a yellow mortar cap. The text labels describe these different preparation and weighing methods.

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

18) Rotura de probetas de hormigón a compresión

Casos de aplicación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Encabezado de probetas con mortero de azufre (IRAM 1553)

The image is a composite of several photographs. On the left, a concrete specimen is being prepared with a yellow mortar cap. To the right, several cylindrical concrete specimens are shown, some with caps. Below these, a photograph shows a concrete specimen being weighed on a scale. The text labels describe these different preparation and weighing methods.

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

18) Rotura de probetas de hormigón a compresión

Casos de aplicación

Encabezado de probetas con placas elastoméricas (IRAM 1709)



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

18) Rotura de probetas de hormigón a compresión

Casos de aplicación

Resistencia a compresión

- Antes del ensayo deben medirse las probetas: el diámetro con precisión de 0,1 mm y la altura (incluido el encabezado) con precisión de 1 mm
- El avance debe ser de 1,25 mm/min y si es del tipo hidráulico el incremento de carga debe estar comprendido entre 0,2 y 0,6 MPa/seg
- El cabezal inferior es rígido y el superior provisto de una calota esférica
- La carga debe incrementarse hasta la rotura de la probeta (carga máxima)



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER


Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Ensayos de hormigón endurecido

18) Rotura de probetas de hormigón a compresión

Casos de aplicación



Ensayo a compresión de probetas de hormigón (IRAM 1546)



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

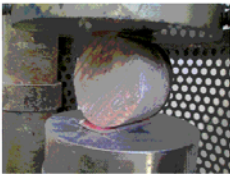
19) Rotura de probetas de hormigón a tracción

Casos de aplicación

Resistencia a tracción

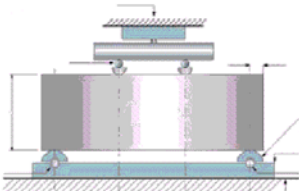
2.a- Norma IRAM 1658-95 - Compresión diametral

$$T = \frac{2P}{\pi ld}$$




2.b- Norma IRAM 1547-92 - Flexión

$$R = \frac{PL}{bd^2}$$




Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO




Rotura de probetas a flexión (IRAM 1547)




TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

20) Módulo de elasticidad del hormigón



Casos de aplicación

Designación probeta: 139 D – H40 TE1 a 28 días
 Edad de ensayo de la probeta: 28 días

Lecturas del reloj comparador y cargas en la prensa para diferentes puntos

Carga (kN)	Lecturas en centésimas de mm				Diagrama $\sigma - \epsilon$	
	Corrida 1	Corrida 2	Corrida 3	Media	σ (MPa)	ϵ
10,00	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,000013
40,00	2,4	2,5	2,5	2,5	2,3	0,000054
70,00	4,3	4,4	4,4	4,4	4,0	0,000095
110,00	6,8	6,9	7,0	6,9	6,4	0,000151
160,00	10,4	10,5	10,5	10,5	9,2	0,000229
220,00	14,6	14,8	14,9	14,8	12,7	0,000323
290,00	19,3			19,5	16,8	0,000425
360,00	24,1			24,3	20,8	0,000530
440,00	29,9			30,0	25,4	0,000656

Ejemplo de determinación y toma de datos del módulo de elasticidad (IRAM 1865)





TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

20) Módulo de elasticidad del hormigón

Ejemplo de determinación Gráfica del módulo de elasticidad (IRAM 1865)



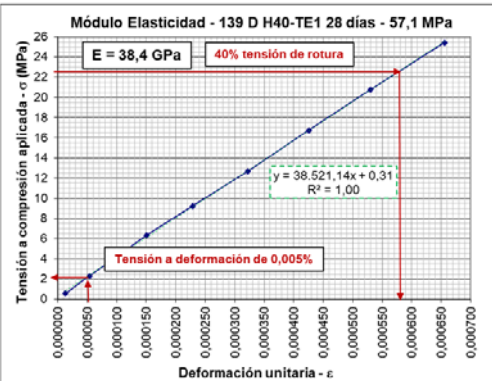
Casos de aplicación

Diagrama tensión – deformación en el rango estudiado

Módulo Elasticidad - 139 D H40-TE1 28 días - 57,1 MPa

E = 38,4 GPa 40% tensión de rotura

Tensión a deformación de 0,005%



Valores interpolados analíticamente para la determinación del módulo

σ (Mpa)	ε	Módulo E
2,24	0,00005	38,4 GPa
22,60	0,00058	

Determinación del módulo de elasticidad estático del hormigón

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido


21) Extracción y ensayo de testigos de hormigón

Extracción de probetas de hormigón endurecido

Norma IRAM 1551-00 - Extracción de testigos de H° endurecido

- Se utilizarán los siguientes **aparatos**:
 - a) **Sonda circular** para testigos cilíndricos provista de corona de diamantes
 - b) **Sierra** para testigos prismáticos
- Deben ser extraídos en lugares que no afecten la **estabilidad** de la estructura ni en **zonas de grandes cuantías**
- El diámetro debe ser igual o mayor que **3 veces el TMN**, y **no menor de 7,5 cm**. La **esbeltez** debe ser en lo posible **igual a 2**, y nunca menor de 1
- La rotura de los testigos debe hacerse en las **mismas condiciones en las que el hormigón está trabajando en obra** (siempre que sea factible)
- Una vez extraídas los testigos debe procederse al **relleno del taladro**
- Puede determinarse la resistencia a compresión, a tracción, módulo E, espesores, causas de fisuración, debilidades superficiales, etc.

Casos de aplicación



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

21) Extracción y ensayo de testigos de hormigón	Casos de aplicación
--------------------------------------------------------	----------------------------

- La **extracción** de testigos debe realizarse según la **Norma IRAM 1551**
- El **diámetro** debe ser igual o mayor que **3 veces el tamaño máximo nominal del agregado** empleado y siempre **mayor o igual a 7,5 cm**
 - Para TMN de 1" e inferiores en elementos armados: *Broca de 3"*
 - Para pisos industriales con TMN de 1" e inferiores: *Broca de 4"*
 - Para pavimentos y estructuras con TMN 1 ½" y 2": *Broca de 6"*



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

21) Extracción y ensayo de testigos de hormigón	Casos de aplicación
--------------------------------------------------------	----------------------------



Extracción de testigos calados de hormigón (IRAM 1551)

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER



Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

21) Extracción y ensayo de testigos de hormigón	Casos de aplicación
--------------------------------------------------------	----------------------------

- Sin entrar en detalles, para realizar los ensayos de testigos se deben:
 - **Refrentar una o dos caras** para lograr una superficie plana
 - **Encabezado con mortero de azufre (recomendado)** en ambas caras
 - La **esbeltez** (relación entre la altura y el diámetro) debe estar **entre 1 y 2**
- En función de la esbeltez, se aplicarán **factores reductores** de resistencia (salvo para esbeltez 2), para “convertir la resistencia” a compresión a **una esbeltez equivalente de 2** (como probetas normalizadas)



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER



Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

21) Extracción y ensayo de testigos de hormigón	Casos de aplicación
--------------------------------------------------------	----------------------------

- Si en las **condiciones de servicio**, el hormigón en el lugar donde se realice la extracción de testigos:
 - **Estuviere seco**, los testigos se mantendrán en ambiente de laboratorio **al aire durante 48 horas** y se **ensayarán en estado seco**
 - **Estuviere más que superficialmente humedecido**, los testigos **se sumergirán en una pileta de curado** como mínimo **40 horas** y se **ensayarán en estado húmedo**
- El **testigo será ensayado según IRAM 1546**, debiendo tener en cuenta que la escala y sensibilidad de la prensa sean adecuadas para testigos



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

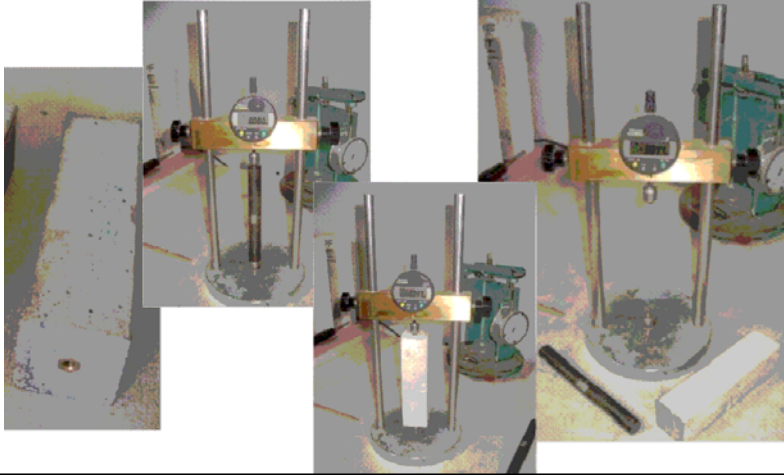
TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

22) Determinación del cambio de largo y variaciones volumétricas asociadas

Casos de aplicación

Norma IRAM 1597-92 - Determinación de cambio de largo



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

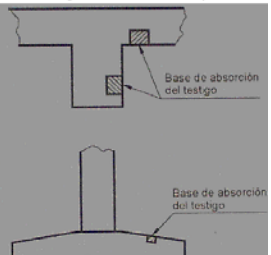
23) Ensayo de velocidad y capacidad de succión capilar

Casos de aplicación

Durabilidad - Capacidad y velocidad de succión capilar

Norma IRAM 1871-04 - Método de ensayo para determinar la capacidad y velocidad de succión capilar de agua en el H° endurecido

- Es **ensayo obligatorio** según CIRSOC 201-05, salvo para exposición A1
- La **capacidad y velocidad de succión** capilar del hormigón y particularmente del H° de **recubrimiento** está íntimamente relacionada con la **durabilidad** de las estructuras de hormigón
- Los **ensayos** se realizan sobre un juego de 3 ó más **probetas** de ϕ 10 ó 15 cm **iguales** que las empleados para **determinar la resistencia a compresión**, y curadas en forma normalizada hasta **28 días** o sobre **testigos** de H° endurecido
- El método consiste básicamente en **registrar el incremento de masa** de una probeta o testigo, **sometida a la acción del contacto con agua en una de sus bases**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

23) Ensayo de velocidad y capacidad de succión capilar

Durabilidad - Capacidad y velocidad de succión capilar

Norma IRAM 1871-04 - Método de ensayo para determinar la capacidad y velocidad de succión capilar de agua en el H° endurecido

Coefficiente de succión capilar

$$C = \frac{M_{hit} - M_{si}}{A_i}$$

Velocidad de succión capilar $\leq 4,0 \text{ g/m}^2 \text{ s}^{1/2}$ **Artículo 2.2.11**

Casos de aplicación

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

23) Ensayo de velocidad y capacidad de succión capilar

Determinación de la velocidad y capacidad de succión capilar

3 ± 1 mm de agua

Casos de aplicación

3.1. Gráfico de succión capilar para H-40 TE-1



Incremento de la masa por unidad de área vs √t - Mues PP62

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

24) Ensayo de penetración de agua

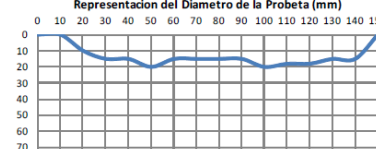
Casos de aplicación

Determinación de la penetración de agua (criterio impermeabilidad)

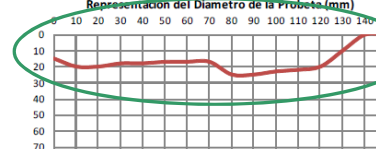
— Diagrama de Frente de Penetración Probeta PP62D Lado A

Representación del Diametro de la Probeta (mm)



— Diagrama de Frente de Penetración Probeta PP62D Labo B

Representación del Diametro de la Probeta (mm)



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

25) Ensayos de reactividad álcali-agregado

Casos de aplicación

En caso que las dos condiciones siguientes se den de forma simultánea, deben realizarse ensayos específicos para verificar la temática de RRRAA:

- **Agregados potencialmente reactivos (examen petrográfico)**
 Gran cantidad de agregados se clasifican como potencialmente reactivos
- **Estructuras expuestas a una HR > 80% o en suelos húmedos o bien estructuras de conducción o contención de agua (o similares)**

Con las dos condiciones arriba cumplidas, hay diferentes ensayos, que en **todos los casos miden las expansiones ante diferentes condiciones:**

- **Ensayo NBRI (o sudafricano) según IRAM 1675:** Consiste en moldear probetas de mortero de 1" x 1" x 10" (si es con AG se tritura previamente) y se miden expansiones a 14 días en solución de Na(OH) a 80°C
- **Ensayo de prisma de hormigón acelerado según IRAM 1700:** Consiste en moldear probetas de 3 a 4" de lado y 12 a 16" de largo, en un ambiente agresivo de 38°C con un CPN más cierto porcentaje de álcalis
- **Ensayo de prisma de hormigón anual según IRAM 1700:** mismas condiciones que el anterior, pero diferentes temperaturas.

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

25) Ensayos de reactividad álcali-agregado

Casos de aplicación

Expansiones medias en Na(OH) a 80°C a distintas edades

MEZCLA AGREGADOS MIRAMAR

Expansiones de barra de mortero

Edad en días (desde lectura inicial)

Escenario 1 –
Expansiones < 0,10%
Conjunto de Cemento y
Agregado NO REACTIVO

Escenario 2 –
Expansiones > 0,20%
Conjunto de Cemento y
Agregado REACTIVO

Expansiones medias en Na(OH) a 80°C a distintas edades

RODADO 6-25 NEUQUÉN (PERFIL ANELO)

Expansiones de barra de mortero

Edad en días (desde lectura inicial a 80°C)

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

25) Ensayos de reactividad álcali-agregado

Casos de aplicación

Expansiones medias en Na(OH) a 80°C a distintas edades

PREAR CPN50 - Mezcla de obra DEF (AG solo trit. 6/12)

Expansiones de barra de mortero

Edad en días (desde lectura inicial a 80°C)

Escenario 3 –
Expansiones 0,10% a 0,20%
Ensayo NO CONCLUYENTE

Necesidad de ensayo Prisma de hormigón (IRAM 1700)

- 3 meses (60°C)
- 12 meses (38°C)

También se miden expansiones

Expansión (%)

Edad (semanas)

● T-S 60°C ● T-S 38°C

Expansión del hormigón (%)

Edad (semanas)

IRAM 1700 (38°C)

Fase de expansión secundaria

Fase de expansión principal

Fase de inducción

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos de hormigón endurecido

26) Otros ensayos de hormigón endurecido para cuantificar la durabilidad del hormigón

Casos de aplicación

Durabilidad - Resistencia a la congelación y deshielo

Norma IRAM 1661-70 - Método de ensayo de resistencia a la congelación en aire y deshielo en agua



- Consiste en someter a prismas de hormigón 50 ó más ciclos de congelamiento y deshielo
- El ensayo puede o no contener sales descongelantes, las que agravan el ataque
- Se mide la variación del módulo de elasticidad y se calcula el **factor de durabilidad**

Buena Resistencia



Mala Resistencia



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


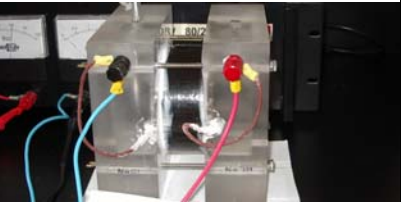
Ensayos de hormigón endurecido

26) Otros ensayos de hormigón endurecido para cuantificar la durabilidad del hormigón

Casos de aplicación

También existen ensayos referidos a los cloruros y la potencial vulnerabilidad de **corrosión de las armaduras**:

- **Contenido de cloruros del hormigón endurecido** (IRAM 1854). Actualmente se prefiere determinar los cloruros sobre una muestra extraída del hormigón y realizar un análisis químico del % de cloruros. Este porcentaje se refiere al contenido de cemento y se compara con las tablas que brindan los reglamentos del conocido como “umbral límite de cloruros”

- **Difusión de cloruros.** Sobre “pastillas” se aplican soluciones con Cl⁻ y diferencias de voltajes y se mide la capacidad de los cloruros de atravesar el hormigón. Es aplicable a ambientes marinos muy agresivos

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Ensayos de hormigón endurecido

26) Otros ensayos de hormigón endurecido para cuantificar la durabilidad del hormigón


Casos de aplicación

Hay ensayos de obra, como la **aspersión de fenolftaleína**, que consiste en Aplicar este compuesto químico (al 1%) con un rociador o aspersor de gatillo a testigos de hormigón recién extraídos

De esta manera, se aprecia el frente de carbonatación y posible ataque de corrosión de las armaduras, ya que la fenolftaleína es un indicador de pH que es “incolore” para $pH < 9$ (recubrimiento u hormigones muy porosos) y se colora como morado rosáceo cuando el $pH > 9$ (pasividad armaduras)



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Contenido	UNCuyo - TdH - TEMA 7 – HORMIGONES
	PROPIEDADES GENERALES
	● Propiedades generales en estado fresco
	● Propiedades del hormigón endurecido
	● Criterios de diseño y Economía
	ENSAYOS SOBRE EL HORMIGÓN
	● Ensayos de hormigón fresco
	● Ensayos de hormigón endurecido
	● Ensayos No Destructivos y en estructuras
	CONTROL DE CALIDAD DE HORMIGONES
	● Criterios de aceptación y rechazo en obra
	● Hormigón fresco y hormigón endurecido
	● Plantas en Modo 1 y Modo 2 (CIRSOC 201:05)
	● Criterios estadísticos de control
DOSIFICACIÓN RACIONAL DE HORMIGONES	

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?	Casos de aplicación
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------

- En muchos casos es necesario **inferir sobre alguna de las propiedades del hormigón endurecido sin dañar la estructura, como la resistencia a compresión**, empleando para ello **ensayos no destructivos (END)**
- Hay que tener presente las **limitaciones** de estos END ya que **no reemplazan totalmente a resultados bajos de probetas** y que los mismos deben ser **realizados e interpretados por personal muy capacitado**
- Debe tenerse en cuenta que **ninguno de los END mide directamente la resistencia a compresión del hormigón**, sino que puede ser **estimada mediante otra magnitud y luego correlacionarla**, siempre con una **calibración previa**
- En cualquier **campana de END**, deben realizarse **ensayos tanto sobre los elementos cuestionados**, por ejemplo de baja resistencia en probetas, **como en elementos con resultados satisfactorios**



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?	Casos de aplicación
------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------

- Entre las principales aplicaciones de los END pueden señalarse:
 - 1) Si las probetas moldeadas al mismo tiempo que la estructura arrojan una resistencia inferior a la especificada, o si no se han moldeado; siempre como complemento de la extracción de testigos**
 - 2) Si la estructura muestra signos de debilidad**, como fisuración excesiva, por deficiencias de proyecto, materiales o técnicas constructivas
 - 3) Estructuras con daños provocados por sobrecargas, efectos climáticos, fuego, ataques químicos o eventos extraordinarios, como sismos**
 - 4) Como criterio de aceptación en ciertas estructuras**
 - 5) Estructuras sobre las que existen dudas respecto a su capacidad para soportar cargas para las que fue diseñadas o estructuras que sufrirán un cambio de destino o condiciones de carga**
 - 6) Estructuras sometidas a ensayos de performance, después de haber sido reparadas, reforzadas o recicladas**




TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?	Casos de aplicación
Fisuración y defectos visibles	Inspección visual Lupas o microscopios ópticos portátiles Medidores y seguidores de movimientos de fisuras
Estimación de resistencia	Dureza o rebote: Esclerómetro o martillo de Schmidt Velocidad de onda: Ultrasonido Penetración, por ejemplo Windsor test Arrancamiento, por ejemplo Pull-out test
Detección de armaduras	Pachómetro o detector de armaduras Radiografía, tomografía o radar
Defectos ocultos	Radiografía, tomografía, radar y termografía Ultrasonido y métodos por impacto
Durabilidad	Avance de diferentes patologías, como reacción álcali-agregado, corrosión por carbonatación, etc. Permeabilidad in-situ (oxígeno, agua, cloruros)
Carga directa	Ensayos de carga directa en estructuras terminadas

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?	Casos de aplicación
<p>Inspección visual</p> <ul style="list-style-type: none"> - La inspección visual es quizás el END más importante para comenzar el diagnóstico de una estructura - De todas maneras, ninguna apreciación visual puede ser determinante en la aceptación o rechazo de una estructura en función de su resistencia, debiendo siempre validarlo con ensayos 	
	

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?

Casos de aplicación

Esclerómetro o Martillo de Schmidt

- El esclerómetro es el **END más empleado** en nuestro medio y en muchas ocasiones **su empleo es completamente inapropiado**
- La **función primaria** del esclerómetro es la determinación de la **uniformidad dentro de la misma estructura de hormigón** y la metodología del ensayo se especifica en la **Norma IRAM 1694**
- Dependerá del **Director de Obras** establecer **la necesidad y el alcance de los ensayos** de esclerometría sobre las estructuras



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?

Casos de aplicación

Esclerómetro o Martillo de Schmidt

- El primer aspecto a tener en cuenta es que **el esclerómetro**, de muy fácil manejo, **no mide la resistencia del hormigón**, sino su dureza superficial
- En función de la **dureza superficial** medida por el **número de rebote del esclerómetro**, si se cumplen una **importante cantidad de condiciones**, **puede estimarse la resistencia** del hormigón y aún en este caso, **siempre se posee una incertidumbre del orden de $\pm 20 - 25\%$**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?

Casos de aplicación

Esclerómetro o Martillo de Schmidt

- Como se mencionó anteriormente, el esclerómetro es muy útil para **determinar la uniformidad del hormigón de una estructura**
- Si se han empleado las **mismas técnicas constructivas**, como compactación, curado, desmoldantes y tipos de encofrados y los hormigones poseen edades similares, **el esclerómetro acusa variaciones de resistencia**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?

Casos de aplicación

Esclerómetro o Martillo de Schmidt

- Es decir, que en caso de **algún resultado bajo** y si se tiene bien identificado el elemento, puede ensayarse con el esclerómetro y **corroborar o no el resultado bajo**, en función de las **mediciones sobre elementos que han arrojado resultados de resistencia satisfactorios** en la misma obra



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón


27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?

Casos de aplicación

Esclerómetro o Martillo de Schmidt

- Para **estimar resistencias**, siempre con **incertidumbre considerable**, deben cumplirse varias condiciones, entre las que pueden destacarse:

- **Calibración de rutina del esclerómetro:** No pueden emplearse para estimar resistencias las curvas impresas en el esclerómetro, sino que siempre debe ser calibrado con los materiales locales, en resistencias que oscilen entre 10 y 40 MPa
- **Calibración con probetas de obra:** Siempre es recomendable confirmar la calibración de rutina del esclerómetro, con al menos 5 probetas de obra, para verificar o no la línea de calibración preliminar, al menos en el rango de resistencias que arrojan los resultados las probetas



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?

Casos de aplicación

Esclerómetro o Martillo de Schmidt

- **Edad del hormigón:** Es uno de los factores más influyentes y que muchas veces no se tiene en cuenta. En el mismo esclerómetro viene impreso que es válido para determinaciones entre 14 y 56 días; es decir, no es válido para estimar resistencias en hormigones muy jóvenes ni a edades tardías. La superficie del hormigón expuesta al ambiente se va carbonatando con el tiempo, resultando en un aumento de la dureza superficial, la cual no está relacionada con la resistencia a compresión del núcleo del elemento de hormigón. Es por ello, que a igualdad de resistencia se obtienen números de rebote entre 3 y 6 unidades mayores para hormigones “viejos” que para hormigones “nuevos”. Este límite de 56 días puede ser extendido si se aprecia que no existe influencia en los ensayos de la carbonatación, la cual es progresiva y depende de una importante cantidad de variables o directamente se elimina esta capa con un abrasivo



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?

Esclerómetro o Martillo de Schmidt

- **Estado de humedad:** Es importante que los ensayos sobre estructuras se realicen con estados de humedad similares a los de las probetas empleadas para su calibración, en estado seco. Mientras mayor es el contenido de humedad menor es el número de rebote, por lo general
- **Terminación de superficies:** Las superficies allanadas o con encofrados metálicos presentan números de rebote superiores que para superficies ásperas o porosas, como al emplear encofrados de madera. Ciertos tratamientos como endurecedores superficiales, invalidan el ensayo. En caso de pequeñas irregularidades se quitan con una piedra de pulir
- **Posición del ensayo:** Si el ensayo se realiza hacia abajo (superficie de una losa), el número de rebote promedio se incrementa en 2 a 5, mientras que si se realiza hacia arriba (fondo) se debe disminuir en 4 a 5

Casos de aplicación



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

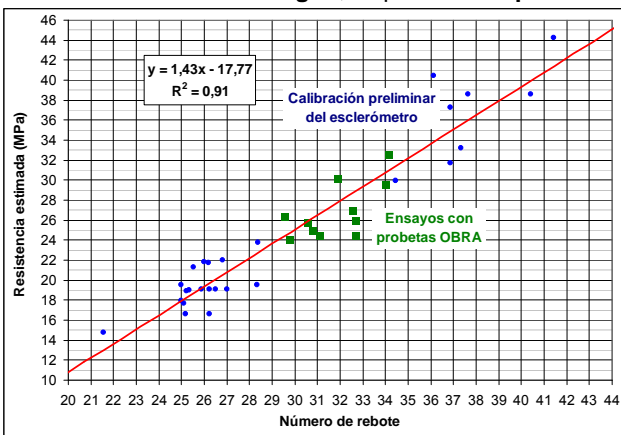
Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?

Esclerómetro o Martillo de Schmidt

- Para poder **estimar la resistencia del hormigón**, lo que **no reemplaza el resto de los ensayos establecidos en el Reglamento**, debe existir una adecuada **correlación** (superior a 0,90) entre los números de rebote y resistencia a compresión de las probetas, siendo preferible su comprobación con probetas de obra

Casos de aplicación



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?

Casos de aplicación

Ultrasonido

- El **ultrasonido** puede ser empleado tanto para **detectar defectos ocultos**, como para **estimar uniformidad y resistencia del hormigón endurecido**
- Aunque es una técnica que requiere más cuidados que la esclerometría, **presenta una menor incertidumbre que el esclerómetro**; es decir, si se efectúa adecuadamente puede tenerse una **precisión de $\pm 5 - 10\%$**
- El equipo de ultrasonido básicamente **mide el tiempo en μs que tarda una onda en atravesar un elemento de hormigón** y conociendo su espesor (**distancia entre emisor y receptor**) se calcula la **velocidad de onda**
- La **Norma IRAM 1683** establece el procedimiento de ensayo, fundamentos y los diferentes factores que influyen en los resultados



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?

Casos de aplicación

Ultrasonido

- Es necesario un **adecuado contacto entre los transductores y el hormigón**, lo que se logra con un gel o vaselina
- Además de la **puesta a cero del ultrasonido** que se realiza con una **barra patrón**, es **muy recomendable la calibración del mismo con probetas elaboradas con los mismos materiales** que los empleados en la obra



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?

Casos de aplicación

Ultrasonido

- Al igual que con el esclerómetro, **para poder estimar resistencias** se debe poseer una **curva de calibración con hormigones elaborados con materiales locales**, y de ser posible ser complementada con probetas de obra
- La **curva de calibración** en este caso es **velocidad de onda**, en m/seg, en abscisas y **resistencia a la compresión en MPa** en ordenadas
- Las condiciones a tener en cuenta, entre otras, son: humedad, temperatura, terminación de superficies, efecto de armaduras, forma y tamaño de los elementos, naturaleza de los agregados, etc.

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?

Casos de aplicación

Ultrasonido

a) Transmisión directa

b) Transmisión semi-directa

E = Transductor emisor
 R = Transductor receptor

c) Transmisión indirecta o superficial

- En función de la accesibilidad de dos de las caras del elemento, la transmisión directa es la de preferible, ya que con la transmisión indirecta o superficial, no puede determinarse con precisión la longitud de trayecto de la onda; y en consecuencia es difícil determinar con precisión la velocidad de la onda

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?

Casos de aplicación

Windsor probe



Lok test



Pull-out test



Otros métodos para estimar o inferir la resistencia del hormigón

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón


27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?

Casos de aplicación

Detección de armaduras

- Existen dispositivos que sólo distinguen la presencia de metales, otros que además estiman la profundidad (espesor de recubrimiento) y los más sofisticados pueden también inferir el diámetro de las barras
- Para la auscultación de estructuras de las que no se poseen planos, debe **verificarse en varios puntos** (picando el hormigón y exponiendo las barras) la posición de armaduras, verificando la información del pachómetro
- En columnas o nudos muy armados, pierde validez el pachómetro





Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?

Casos de aplicación

Detección de armaduras



Relevamiento completo de disposiciones de armado en estructuras

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?

Casos de aplicación

Detección de armaduras



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER


Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO


TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

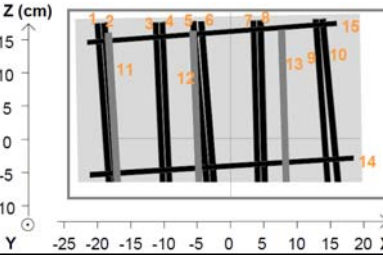
27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?

Casos de aplicación





Radiografías de Estructuras de hormigón armado



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER | Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES




Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

27) ¿Cuáles son los END más empleados, cuáles son sus limitaciones y en qué casos son aconsejables?

Casos de aplicación

Detección de armaduras

- Los pachómetros también se emplean para **detectar la posición de las armaduras antes de extraer testigos** para intentar no cortar barras
- De todas maneras, la Norma IRAM 1551 **admite que el testigo presente armaduras transversalmente**, nunca longitudinalmente, siempre que la sección de acero no exceda el 4% de la sección transversal del testigo
- En algunas circunstancias de armados muy densos, no queda otra alternativa que cortar barras para extraer testigos de hormigón

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER | Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

28) Correlación y ejemplos de uso conjunto de END y de testigos de hormigón

Casos de aplicación

Referencias

- H-4
- H-8
- H-13
- H-17
- H-21

Testigos complementados con esclerometría y ultrasonido

Ejemplo: Estructura de una planta

- 11 testigos extraídos
- 27 ensayos de esclerometría
- 12 ensayos de ultrasonido
- Calibración de END con testigos

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

28) Correlación y ejemplos de uso conjunto de END y de testigos de hormigón

Extracción de testigos complementados con esclerometría

Ejemplo: 68 cámaras de inspección cloacales donde no se moldearon probetas y la inspección exigió la verificación de la calidad del hormigón

- 17 testigos extraídos
- 68 ensayos de esclerometría, los cuales fueron calibrados con los testigos

Casos de aplicación

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

28) Correlación y ejemplos de uso conjunto de END y de testigos de hormigón

Extracción de testigos complementados con ultrasonido

Ejemplo: Columnas de escuela de 40 años, las cuales quieren reforzarse

Velocidad de pulso ultrasónico (m/s)	Resistencia a compresión de testigos (MPa)
3300	17.5
3350	20.0
3600	22.5
3650	21.5
3750	27.0
3800	26.0
3850	27.5
3900	25.5

Casos de aplicación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

28) Correlación y ejemplos de uso conjunto de END y de testigos de hormigón

Casos de aplicación

Velocidad de onda de ensayo de ultrasonido (km/seg)	Resistencia a compresión (MPa) - Probetas	Resistencia a compresión (MPa) - Testigos
4,08	32,0	31,0
4,10	33,0	32,0
4,12	34,0	33,0
4,14	35,0	34,0
4,16	36,0	35,0
4,18	37,0	36,0
4,20	38,0	37,0
4,22	39,0	38,0
4,24	40,0	39,0
4,26	41,0	40,0
4,28	42,0	41,0
4,30	43,0	42,0
4,32	44,0	43,0
4,34	45,0	44,0

VIGAS para puentes de Ruta Nacional (San Luis)

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

29) Ensayos de carga directa sobre estructuras	Casos de aplicación
-------------------------------------------------------	----------------------------

- El Reglamento CIRSOC 201 establece los requisitos a cumplir cuando deben verificarse estructuras existentes ante cargas gravitatorias, para obras en las cuales **se desconocen planos**, disposición de armaduras y **calidad de los materiales**, o cuando se duda de esta última
- Existen dos alternativas conceptuales bien definidas:
 - 1) **Determinar las dimensiones y las propiedades de los materiales** constituyentes (hormigón y acero). Ej: tabiques, columnas, fundaciones, etc.
 - 2) **Realizar ensayos de carga en las estructuras**, principalmente en elementos sometidos a la flexión y corte, como losas y vigas. **Esta técnica es la más representativa.**



An aerial photograph showing a concrete structure, possibly a slab or beam, being tested. The structure is surrounded by a concrete base. Several large, rectangular weights are stacked on top of the structure, indicating a direct load test. The background shows some greenery and a paved area.

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

29) Ensayos de carga directa sobre estructuras	Casos de aplicación
-------------------------------------------------------	----------------------------

- Los **ensayos de carga**, básicamente pueden resumirse en 10 pasos:
 - a) Materializar una carga equivalente a **0,85 (1,4 D + 1,7 L)**
 - b) Relevar las vigas, columnas y tabiques debajo del ensayo de carga
 - c) Se fijan los accesorios (puntales, cables tensados, puntos fijos) para el posicionamiento de los relojes comparadores, niveles o flexímetros
 - d) Puesta a cero y verificación del instrumental de medición de precisión antes de comenzar las cargas
 - e) Dividir en 4 a 6 escalones de carga, para ir materializando los kg/m²
 - f) Carga de cada escalón en la parte superior de las losas y registro de las cargas y deformaciones
 - g) Observaciones minuciosas en los elementos estructurales aledaños
 - h) Se dejan las cargas en su lugar durante 24 horas.
 - i) Retirar las cargas en escalones y se toman las lecturas de deformaciones
 - j) Una vez terminado el proceso de descarga, se lee el flexímetro y se deja 24 horas más tomando una última lectura (48 hs desde la carga)

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

29) Ensayos de carga directa sobre estructuras **Casos de aplicación**

Piletas de agua

Bolsas de cemento y probetas

Bines de agua para losas

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

29) Ensayos de carga directa sobre estructuras **Casos de aplicación**

Puntales y flexímetros

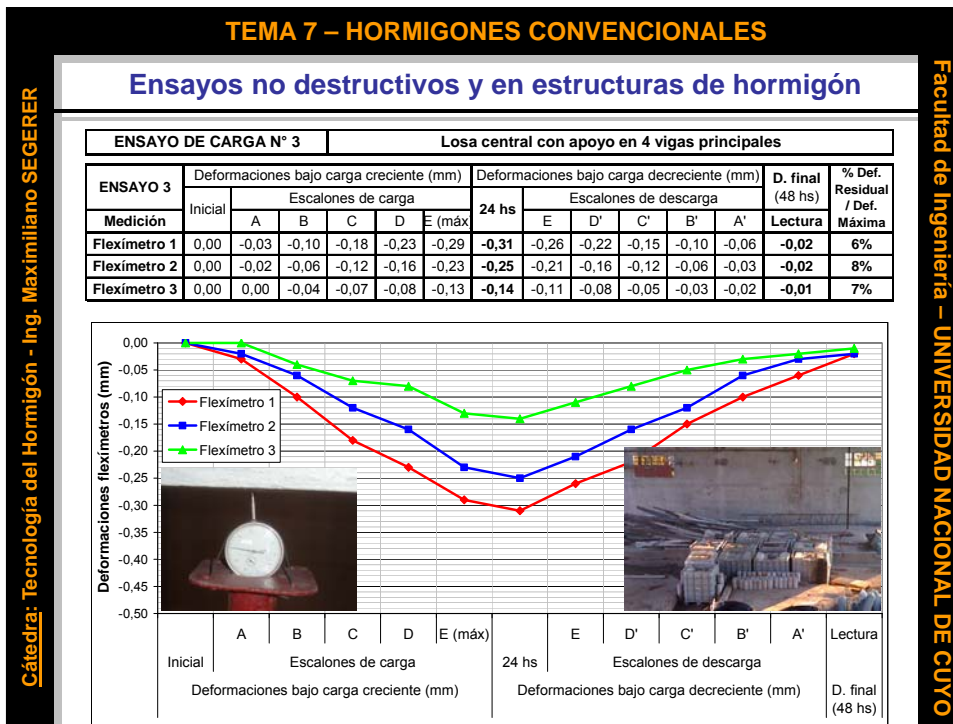
Nivel óptico en puente

Relojes comparadores

Dispositivos LVDT en vigas

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Ensayos no destructivos y en estructuras de hormigón

29) Ensayos de carga directa sobre estructuras


Casos de aplicación


- Los criterios de aceptación de ensayos de carga, son:

a) **Recuperación de la flecha:** La condición principal a cumplir es que la **deformación máxima durante el ensayo se recupere al menos en un 75% a las 24 horas de retirar las cargas**. Expresado de otra manera, la deformación residual debe ser menor o igual a la cuarta parte de la deformación máxima

b) **Criterio de la flecha máxima:** Puede admitirse que la deformación máxima sea inferior a una ecuación que figura en el Reglamento y contempla la luz libre entre apoyos y la altura de la losa. Se establece que la flecha a carga máxima debe ser menor a:

$luz \text{ de losa }^2 / (20.000 \times \text{altura})$

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES	
Contenido	UNCuyo - TdH - TEMA 7 – HORMIGONES
	PROPIEDADES GENERALES
	● Propiedades generales en estado fresco
	● Propiedades del hormigón endurecido
	● Criterios de diseño y Economía
	ENSAYOS SOBRE EL HORMIGÓN
	● Ensayos de hormigón fresco
	● Ensayos de hormigón endurecido
	● Ensayos No Destructivos y en estructuras
	CONTROL DE CALIDAD DE HORMIGONES
	● Criterios de aceptación y rechazo en obra
	● Hormigón fresco y hormigón endurecido
	● Plantas en Modo 1 y Modo 2 (CIRSOC 201:05)
● Criterios estadísticos de control	
DOSIFICACIÓN RACIONAL DE HORMIGONES	

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES	
Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación	
Importancia del control de calidad	
- Es conveniente destacar que por más elaborado y cuidadoso que sea un proyecto (cálculos y disposiciones contenidas en las especificaciones técnicas); si el hormigón de obra no tiene las características previstas en el diseño estructural, todas esas precauciones quedarán sin efecto y no se logrará en la estructura terminada la seguridad necesaria , establecida con estimaciones probabilísticas reglamentarias	
- El control de calidad debe efectuarse sobre las distintas etapas que involucran el proceso del hormigón como producto terminado:	
<ol style="list-style-type: none"> 1) Materiales componentes 2) Propiedades del hormigón fresco 3) Propiedades del hormigón endurecido 4) Ídem en estructuras ejecutadas o terminadas: <ul style="list-style-type: none"> - Extracción de testigos y posteriores ensayos - Ensayos no destructivos - Ensayos de carga directa 	

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Importancia del control de calidad

- La intensificación o **grado de control** en cada una de ellas **dependerá del tipo, importancia, volumen de obra y seguridad requerida**
- Las **muestras deben ser representativas**, deben **tomarse al azar**, sin elegir el mejor o peor pastón. Es recomendable **establecer un plan de muestreo previo al inicio de las tareas de hormigonado**
- El hormigón está compuesto por **materiales heterogéneos** y debido a otros factores como irregularidades de **compactación**, variaciones en las **proporciones de la mezcla, humedad de agregados, errores en la medición, curado, mezclado** no homogéneo, etc.; ocurre que se obtienen **variaciones inevitables en las propiedades del hormigón** y por ende **dispersiones en los resultados de ensayos**
- El **promedio de los valores** del conjunto de resultados de ensayos **no puede interpretarse como valor más probable**. La **seguridad de la estructura** no dependerá entonces, de la resistencia media, sino de la **resistencia o durabilidad de la zona más débil**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

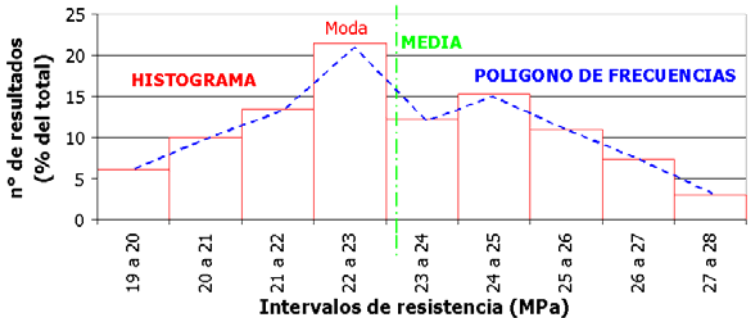
Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Aplicación de la estadística a la TdH

- Si se **agrupan los resultados** de los ensayos, en este caso resistencia a compresión, en categorías, **se forma un histograma**
- **1 ensayo de resistencia es como mínimo la media de las resistencias de 2 probetas** moldeadas del mismo pastón y a la misma edad



Intervalo de resistencia (MPa)	n° de resultados (% del total)
19 a 20	6
20 a 21	10
21 a 22	14
22 a 23	22
23 a 24	12
24 a 25	15
25 a 26	10
26 a 27	6
27 a 28	3

- Cuando el número de resultados es **teóricamente infinito**, el polígono de frecuencias se aproxima a la llamada **curva de distribución normal** o **curva de Gauss**, que se adapta perfectamente al campo de la ingeniería

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Curva de distribución normal o Curva de Gauss

Probabilidad de ocurrencia

Eje y

0

x

Eje x

Valores de ensayo

$$y = \frac{1}{s \cdot (2 \cdot \pi)^{1/2}} e^{-1/2 \left(\frac{x - \bar{x}}{s} \right)^2}$$

donde "y" representa la frecuencia o probabilidad para que se produzca "x"

Promedio

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Desviación

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Variación

$$\delta = \frac{s}{\bar{x}}$$

x = serie de valores del parámetro controlado:
 \bar{x} = promedio aritmético de los anteriores
 n = número de resultados de ensayos
 s = desviación normal o standard; medida de la dispersión de los resultados
 δ = coeficiente de variación; indica calidad y uniformidad del producto

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

68,3 %

95,4 %

90,1 %

5 %

CIRSOC 201
Edición 1982

80,0 %

10%

CIRSOC 201
Edición 2005

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Resistencia especificada y Resistencia característica

$f'_{cm} \geq f'_c + 1,28 s_n$

CIRSOC 201-05

f'_{cm} = resistencia media aritmética f'_c = **resistencia especificada**
 s_n = desviación estándar

Probabilidad que el 10% de los resultados estén bajo f'_c

$\sigma'_{bm} \geq \sigma'_{bk} + 1,65 s_n$

CIRSOC 201-82

σ'_{bm} = resistencia media aritmética σ'_{bk} = **resistencia característica**

Probabilidad que el 5% de los resultados estén bajo σ'_{bk}

- Cuando se disponga de **30 o más resultados de ensayos** consecutivos, la **desviación estándar** puede determinarse:

$$s = \sqrt{\frac{\sum (f'_{ci} - f'_{cm})^2}{(n-1)}}$$

s = desviación estándar n = n° de ensayos
 f'_{ci} = valor individual f'_{cm} = media aritmética

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Valores corrientes de la desviación estándar


1) Valores del coeficiente de variación δ

Grado de control de calidad	Excelente	Bueno	Malo
En laboratorio	< 8 %	< 12 %	> 15 %
En planta central elaboradora	< 10 %	< 15 %	> 20 %
En obra	< 15 %	< 20 %	> 25 %

2) Valores de la desviación estándar s según el ACI 318

Para Hormigones Convencionales	
2 a 2,7 MPa	Excelente control de calidad
2,8 a 3,5 MPa	Buen control de calidad
3,6 a 4,5 MPa	Regular control de calidad
Mayor a 4,5 MPa	Pobre control de calidad

3) Valores medios en Mendoza
 Para el **hormigón elaborado** se presentan valores **entre 3 y 5 MPa**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

- Los **criterios de conformidad** son las disposiciones destinadas a establecer **si el hormigón** que se colocó en una estructura **cumple con los requisitos especificados** por el CIRSOC 201-05 y los Documentos del Proyecto
- Los criterios de conformidad contenidos están referidos a:
 - 1) Propiedades del hormigón fresco**
 - 2) Propiedades del hormigón endurecido** **Artículo 4.1**
- El **control de conformidad** constituye el **conjunto de acciones y decisiones destinadas a la recepción del hormigón**, aplicando criterios de conformidad. Se basa en la realización de ensayos normalizados que miden las propiedades del hormigón especificadas. Dichos ensayos se deben realizar a partir de muestras extraídas en obra bajo la **responsabilidad del Director de Obra**
- En **ningún caso**, los **resultados de los ensayos de control interno** y/o externo de la planta elaboradora **eximen de realizar los ensayos de Control**
- El CIRSOC 201-05 establece **dos modos de control de conformidad**:
 - 1) Modo 1:** El hormigón es producido en una planta productora que opera con un sistema de calidad, pudiendo estar dentro o fuera del recinto de la obra
 - 2) Modo 2:** El hormigón es producido en condiciones que no cumplen el Modo 1

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Parámetros a controlar en el hormigón fresco

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO


Parámetro	¿En qué obras debe controlarse?
1- Consistencia	SIEMPRE
2- Contenido de aire	SIEMPRE cuando se emplee aditivo incorporador de aire en el hormigón
3- Temperatura	SIEMPRE cuando existan condiciones climáticas adversas: Tiempo caluroso y Tiempo frío
4- Masa por unidad de volumen	Cuando se especifique en los Documentos de Proyecto o control de uniformidad (IRAM 1666)
5- Material pasante tamiz 300 μm	Cuando se especifique en los Documentos de Proyecto o para el control de segregación
6- Exudación	Estructuras de altura mayor de 2 m y estructuras sometidas a abrasión y erosión
7- Otras propiedades	Ensayos adicionales deben especificarse en los Documentos de Proyecto

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

1) Extracción de muestras Artículo 4.6.1

- La **extracción de las muestras** del hormigón fresco se debe efectuar en la **boca de descarga** de las mezcladoras fijas y/o camiones motohormigoneros
- **Cada muestra de hormigón fresco** se debe extraer de un **pastón distinto elegido al azar**, o de acuerdo con un **plan de muestreo elaborado previamente** a la iniciación de las operaciones de hormigonado
- El **volumen de la muestra**, una vez homogeneizada, debe ser **como mínimo superior en un 40 % al volumen necesario** para realizar todos los ensayos de control previstos, incluyendo en ellos al moldeo de las probetas
 - 2 probetas y 1 asentamiento \approx 30 litros de H^o
 - 1 ensayo de asentamiento \approx 10 litros de H^o
- Para los ensayos de **consistencia** la muestra se tomará inmediatamente después de descargarse el primer cuarto de metro cúbico de hormigón
- El **plan de muestreo diario** para el control de las propiedades del hormigón fresco, se debe establecer **para cada clase de hormigón elaborado** bajo las mismas condiciones y materiales



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

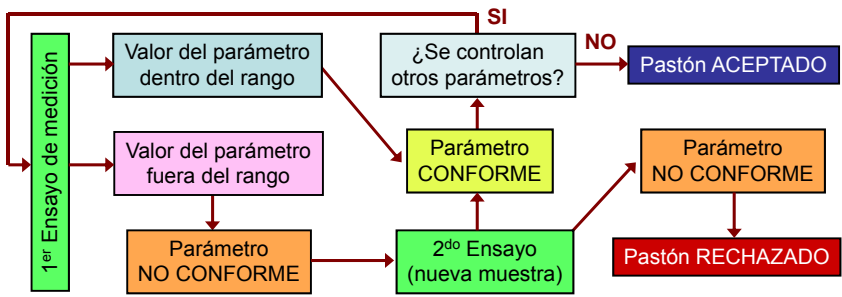
Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

2) Metodología de control Artículo 4.6.2

- El **control** y ensayos de cada parámetro se debe efectuar **como mínimo**:
 - 1) Al comienzo del hormigonado del día y en los primeros 5 pastones
 - 2) Cuando hubiesen transcurrido 2 horas de la última determinación
 - 3) Cuando se efectúe la toma de muestras para la confección de probetas
 - 4) Al tener un pastón rechazado, al menos en los 3 pastones siguientes
 - 5) En cualquier momento que exista una duda sobre el parámetro



```

    graph TD
      A[1er Ensayo de medición] --> B{Valor del parámetro dentro del rango}
      A --> C{Valor del parámetro fuera del rango}
      B -- SI --> D{¿Se controlan otros parámetros?}
      D -- NO --> E[Pastón ACEPTADO]
      D -- SI --> F[Parámetro CONFORME]
      C --> G[Parámetro NO CONFORME]
      G --> H[2do Ensayo nueva muestra]
      H --> F
      H --> I[Parámetro NO CONFORME]
      I --> J[Pastón RECHAZADO]
      F --> E
      I --> J
    
```

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

3) Conformidad de la consistencia Artículo 4.6.3

- La **determinación y control de la consistencia** del hormigón fresco por medio de ensayos se debe efectuar, al menos:
 - 1,2,3,4) Condiciones generales** comunes para todos los parámetros
 - 5)** Cuando exista **duda mediante el control visual** del asentamiento
 - 6)** Cuando se efectúen **otros ensayos** (control del contenido de aire, temperatura y/o la determinación de la masa por unidad de volumen)
- Se considerar que un **ensayo es no conforme** cuando no cumpla con:

Consistencia	Asentamiento (cm)	Tolerancias (cm)
Seca	$2,0 < A \leq 5,0$	± 1
Plástica	$5,0 < A \leq 10,0$	± 2
Muy plástica	$10,0 < A \leq 15,0$	± 2
Fluida	$15,0 < A \leq 18,0$	$- 3 ; + 2$

- Con **2 valores de ensayo** (sobre el mismo pastón) **no conformes, el pastón debe ser rechazado**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

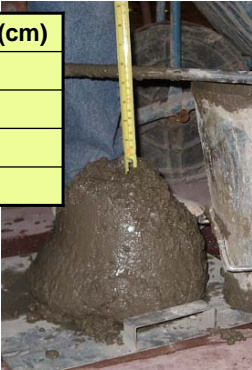
Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

3) Conformidad de la consistencia Artículo 4.6.3

- Se considera que un ensayo es no conforme cuando **no cumpla**, es decir al exceder las tolerancias especificadas **al comparar**:
 - El **asentamiento especificado** o que figura en el remito de hormigón
 - El **asentamiento medido en obra** según IRAM 1536
- Siempre debe determinarse al moldear probetas

Consistencia	Asentamiento (cm)	Tolerancias (cm)
Seca	$2 \text{ cm} < A \leq 5 \text{ cm}$	± 1
Plástica	$5 \text{ cm} < A \leq 10 \text{ cm}$	± 2
Muy plástica	$10 \text{ cm} < A \leq 15 \text{ cm}$	± 2
Fluida	$15 \text{ cm} < A \leq 18 \text{ cm}$	$- 3 ; + 2$

- Con **2 valores de ensayo no conformes** (sobre el mismo pastón pero sobre **diferentes muestras**), **el pastón debe ser rechazado**
- Si se obtiene un asentamiento menor que el especificado es válido aumentarlo con un superfluidificante



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

4) Conformidad del contenido de aire **Artículo 4.6.4**

- Es **obligatorio** determinar el **contenido de aire** del hormigón sólo cuando se emplee un **aditivo incorporador de aire** (ej: pavimentos en climas fríos)
- Un **resultado de ensayo** se debe considerar como **no conforme** cuando el resultado obtenido esté por fuera de los límites establecidos

Tamaño máximo nominal del agregado	Aire incorporado	
	Exposición C1	Exposición C2
	% en volumen	% en volumen
13 mm – 1/2"	5,5 ± 1,5	7,0 ± 1,5
19 mm – 3/4"	5,0 ± 1,5	6,0 ± 1,5
25 mm – 1"	4,5 ± 1,5	6,0 ± 1,5
38 mm – 1 1/2"	4,5 ± 1,5	5,5 ± 1,5
53 mm – 2"	4,0 ± 1,5	5,0 ± 1,5



- **Con 2 valores de ensayo no conformes**, (sobre el mismo pastón pero sobre diferentes muestras), **el pastón debe ser rechazado**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

5) Conformidad de temperatura del H° fresco **Artículo 4.6.5**

- La **temperatura del hormigón fresco**, se debe controlar en el momento de verterlo en los encofrados, cuando ocurra:

1) **Hormigonado en tiempo frío**

Tiempo frío es el período en el cual durante + de 3 días consecutivos ocurre:

- La temperatura media diaria ambiente es menor que 5 °C
- La temp. ambiental es igual o menor que 10 °C durante 12 horas seguidas

Temperatura media diaria ambiente al promedio de las temperaturas máxima y mínima que ocurren entre dos medias noches consecutivas

2) **Hormigonado en tiempo caluroso**

Se define como tiempo caluroso a cualquier combinación de alta temperatura ambiente, alta temperatura del hormigón, baja humedad relativa y velocidad de viento, que tienda a perjudicar la calidad del hormigón fresco o endurecido, o que contribuya a la obtención de propiedades anormales del mismo

3) **Cuando se requiera una temperatura fijada de colocación particular**

Por ejemplo, para el caso de estructuras masivas

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

5) Conformidad de temperatura del H° fresco Artículo 4.6.5

1) Hormigonado en tiempo frío

Temperatura del aire	Mínima dimensión lineal de la sección (cm)			
	Menor de 30	De 30 a 90	De 90 a 180	Mayor a 180
Protección	13 °C	10 °C	7 °C	5 °C
-1 a +7 °C	16 °C	13 °C	10 °C	7 °C
-18 a -1 °C	18 °C	16 °C	13 °C	10 °C

- La temperatura no debe superar estos mínimos en más de 10 °C

2) Hormigonado en tiempo caluroso

- La **temperatura del hormigón fresco** inmediatamente después de su colocación, **debe ser igual o menor que 30 °C** según el reglamento argentino; otras recomendaciones reconocidas **limitan la temperatura a 32 °C**

Sin embargo, **las temperaturas elevadas no traen aparejados problemas permanentes** en el hormigón endurecido ("Hormigonado en tiempo caluroso") Actualmente hay recomendaciones que **permiten hasta 100°F (38°C)**

3) Condiciones de proyecto (por ejemplo en estructuras masivas)

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER
Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Consideraciones especiales respecto a la temperatura del hormigón fresco

Casos de aplicación

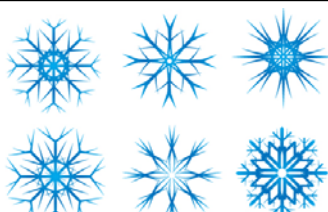
- Se considera **tiempo frío** para las tareas de hormigonado cuando:


Temperatura media diaria ambiente menor de 5 °C

y simultáneamente

Temperatura menor que 10 °C por más de 12 horas en cualquier período de 24 horas

Durante 3 o más días consecutivos





- Temperatura media diaria ambiente es el promedio aritmético de las temperaturas máxima y mínima registradas entre dos medianoches consecutivas

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER
Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Consideraciones especiales respecto a la temperatura del hormigón fresco	Casos de aplicación
<p>En tiempo frío, el principal objetivo y “desafío” del proveedor de la planta: Lograr temperaturas del hormigón fresco de 15 °C a la salida de planta en tiempo frío. El proveedor deberá evaluar los medios técnica y económicamente, para lograr estas temperaturas iniciales</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ No trabajar con agregados congelados ni con agregados lavados ➤ Trabajar con cemento a la mayor temperatura posible o recién recibido, pudiendo ser factible aislar térmicamente algún silo de la planta ➤ Para temperaturas de producción mayores a -2°C, generalmente es suficiente calentando el agua de mezclado a 60 - 70 °C <p><i>Ejemplo:</i> Para una temperatura de cemento y agregados de 3 a 4 °C (próxima a la media ambiente de invierno, siendo poco probable que el cemento esté a tan bajas temperaturas), se eleva la temperatura del hormigón fresco a 16 - 18 °C, calentando el agua a 60 - 65 °C</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ En condiciones extremas, el proveedor deberá trabajar para elevar la temperatura del agregado en los acopios; pero si el mismo logra temperaturas arriba de las indicadas no habrá inconvenientes en la obra 	

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Consideraciones especiales respecto a la temperatura del hormigón fresco	Casos de aplicación
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">  </div> <div style="width: 50%; text-align: center;"> <p>Caldera en planta de hormigón (Río Grande)</p>  </div> </div>	

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Consideraciones especiales respecto a la temperatura del hormigón fresco

Casos de aplicación

- Se considera **tiempo caluroso** para las tareas de hormigonado cuando:

Cualquier combinación de

Alta temperatura ambiente
 Alta temperatura del hormigón
 Baja humedad relativa
 Velocidad del viento
 Radiación solar

→

que incrementen la velocidad de evaporación de humedad y/o aceleren las reacciones de hidratación y fragüe

que puedan perjudicar las propiedades del hormigón fresco o del hormigón endurecido

- Es muy recomendable que diariamente y a distintas horas se registre la temperatura y la humedad relativa ambiente, la temperatura del hormigón y la velocidad del viento (este último parámetro indispensable en el caso de losas, pisos y pavimentos) en el mismo lugar de colocación del hormigón

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Consideraciones especiales respecto a la temperatura del hormigón fresco

Casos de aplicación

Contamos con experiencias de pavimentos de hormigón colados con temperatura de hormigón fresco próxima a 40 °C con excelente resultados ...

Hay disposiciones en USA que suben la temperatura De aceptación de 90°F (32°C) a 100°F (39°C)

Además, recordar que por definición “Tiempo caluroso” No es sinónimo de elevadas temperaturas... Es más la temperatura es el factor climático que menos afecta en fisuración plástica

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Consideraciones especiales respecto a la temperatura del hormigón fresco	Casos de aplicación
--------------------------------------------------------------------------	---------------------

La calidad del hormigón como material no se daña con las elevadas temperaturas, pero sí SE INCREMENTAN LOS RIESGOS DE ...

Por ello, hay que estar mucho más atento y supervisando todas las tareas



NO HAY QUE DEJAR NINGUNA TAREA “LIBRADA AL AZAR” NI BAJO LA RESPONSABILIDAD DE MANO DE OBRA NO CAPACITADA

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Consideraciones especiales respecto a la temperatura del hormigón fresco	Casos de aplicación
--------------------------------------------------------------------------	---------------------

Las temperaturas antes especificadas de 30, 32 a 39°C NO SON VÁLIDAS PARA HORMIGONES MASIVOS

En estos casos hay que realizar experiencias y estudios específicos y DEFINIR la temperatura máxima del Hº (20 a 26°C)



Curado con arpillera húmeda durante 14 días

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER


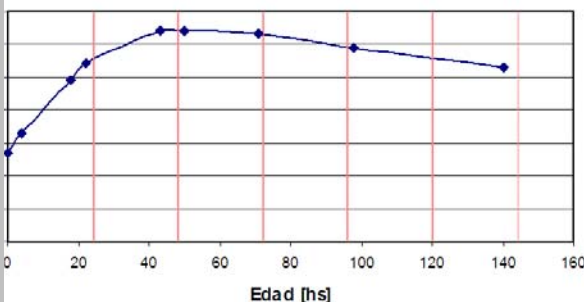

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Consideraciones especiales respecto a la temperatura del hormigón fresco

Casos de aplicación



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Consideraciones especiales respecto a la temperatura del hormigón fresco

Casos de aplicación

En tiempo caluroso, deben estudiarse todos los medios para poder reducir la temperatura del hormigón fresco, siempre y cuando no atenten contra la productividad o economía de la obra

- **Regar superficialmente los acopios de agregados gruesos**
- Es preferible trabajar con **agregados lavados** (reducción temperatura)
- Para temperaturas de producción mayores a 37°C, **puede ser recomendable enfriar el agua de mezclado a menos de 10 °C**
- En condiciones especiales como estructuras masivas, **debe evaluarse la incorporación de hielo en escamas o cubitos** para reducir la temperatura del hormigón fresco según los requisitos del proyecto
- **Las elevadas temperaturas del hormigón fresco en sí no lo dañan, contando con experiencias de buenos resultados.** Sí se incrementan los riesgos asociados a trabajar con elevadas temperaturas, lo que exige **eleva los niveles de control en obra** (pérdida de asentamiento, riesgo de fisuración, “ablandar” con agua, fisuración térmica, etc.)

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Consideraciones especiales respecto a la temperatura del hormigón fresco	Casos de aplicación
--------------------------------------------------------------------------	---------------------

Riego de agregados



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Consideraciones especiales respecto a la temperatura del hormigón fresco	Casos de aplicación
--------------------------------------------------------------------------	---------------------

Tratamiento del agua
(Planta de Santiago del Estero)

Protección del tanque de almacenamiento de agua



Enfriamiento del agua a 4-6°C por sistema "fan-coil"

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Consideraciones especiales respecto a la temperatura del hormigón fresco	Casos de aplicación
 <i>Camiones especiales para grandes obras. Debe estudiarse la logística con bastante antelación</i>	
 <i>Conservadores tradicionales para obras de mediana envergadura</i>	

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Consideraciones especiales respecto a la temperatura del hormigón fresco	Casos de aplicación
 <i>Acopios techados</i>	
 <i>Escamadora de hielo en planta hormigonera</i>	

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Consideraciones especiales respecto a la temperatura del hormigón fresco

Casos de aplicación



Refrigeración de agua de mezclado



Contenedores térmicos para acopiar hielo en planta hormigonera

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER


Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

6) Conformidad de la masa por m³ Artículo 4.6.6

- **Cuando se haya especificado** la masa por unidad de volumen del hormigón fresco, por características particulares en la estructura o como medio de control para apreciar variaciones en el contenido unitario de cemento y en la uniformidad de la composición del hormigón, se debe verificar su valor mediante el ensayo establecido en la norma IRAM 1562
- Un **resultado de ensayo de masa por unidad de volumen** del hormigón fresco **se considera como no conforme** cuando:
 - El resultado obtenido difiera en **± 2 % de la masa unitaria teórica**
- Con **2 valores de ensayo no conformes** (del mismo pastón), el **pastón debe ser rechazado**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO


TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

7) Conformidad del material pasante 300 μm **Artículo 4.6.7**

- El contenido de material pulverulento que pasa el tamiz IRAM N°50 (300 μm) se debe **verificar a partir de los pesos de los materiales** empleados en la **producción de los pastones** y debe efectuarse como mínimo:
 - 1,2,3,4) Condiciones generales** comunes a los otros parámetros
 - 5)** Cuando visualmente o al determinar la consistencia del hormigón, se detecte **segregación** o variaciones importantes en su **contenido de finos**
- Un resultado del control no conforme, cuando el mismo es menor que:

Tamaño Máximo del AG (mm)	Contenido de material que pasa por el tamiz 300 μm (N° 50) (kg por m ³ de hormigón)
13,2	480
19,0	440
26,5	410
37,5	380
53,0	350



- Cuando se obtiene **1 resultado de ensayo de control no conforme**, se debe considerar que el **pastón bajo control es no conforme**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

8) Conformidad de la exudación **Artículo 4.6.8**

- La conformidad de la **exudación** se deberá determinar cuando se construyan:
 - 1)** Elementos que superen los **2 metros de altura** (en una misma llenada)
 - 2)** Elementos que estén sometidos **erosión, abrasión o cavitación**
- Deberá arrojar los siguientes valores, para **considerar conforme el pastón**:
 - 1) Capacidad de exudación** igual o menor que 5 %
 - 2) Velocidad de exudación** igual o menor que 100×10^{-6} cm/s
- La determinación de la capacidad y velocidad de exudación, **se debe efectuar** como mínimo en las siguientes ocasiones:
 - 1)** Cuando se utilice una **mezcla por primera vez** en obra
 - 2)** Cuando se **cambie alguno de los componentes** de la mezcla
 - 3)** Cuando visualmente se detecte **exudación excesiva** en la mezcla
- Cuando se obtiene **1 resultado de ensayo de control no conforme**, se debe considerar que el **pastón bajo control es no conforme**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

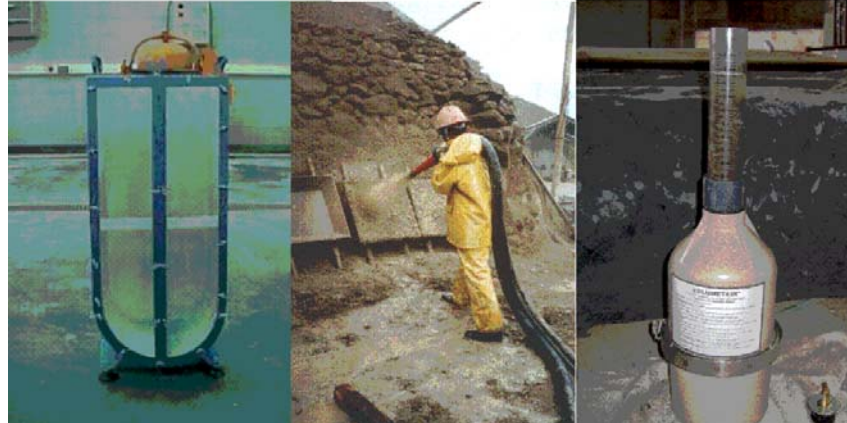
Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

9) Conformidad con otras propiedades **Artículo 4.6.9**

- Cuando los **Documentos del Proyecto** exijan que el hormigón posea **otras propiedades**, además de las indicadas taxativamente en el CIRSOC 201-05, en los Documentos del Proyecto se deben establecer también los correspondientes criterios de conformidad



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ensayos para verificar la resistencia **Artículo 4.2.1**

- La **conformidad de la resistencia del hormigón** colocado en una parte o en toda la estructura se debe determinar **mediante resultados de ensayos de probetas moldeadas con muestras de hormigón extraídas en la planta elaboradora y/o a pie de obra**
- Para **juzgar la resistencia** del hormigón que se colocó en los encofrados o moldes (resistencia potencial), **se moldearán como mínimo 2 probetas, identificándose el elemento** en donde se colocará el H° que representan
- Se debe realizar **ensayos de resistencia de rotura a la compresión** utilizando **probetas de 15,0 cm de diámetro y 30,0 cm de altura**. Si la totalidad de las partículas del agregado pasan por el tamiz de 26,5 mm, se pueden emplear **probetas de 10,0 cm de diámetro y 20,0 cm de altura**
- La **edad de ensayo debe ser la edad de diseño**
- Se debe tomar como **resultado de un ensayo (f'_{ci}) al valor que se obtiene como promedio de las resistencias de, como mínimo, 2 probetas**, moldeadas con la misma muestra de H° y ensayadas a la misma edad
- Para que el ensayo sea considerado válido, la diferencia entre las resistencias de las probetas "gemelas" **no debe superar el 15% del promedio de éstas**

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Condiciones a cumplir para aplicar el Modo 1 **Artículo 4.2.3**

1) Estos criterios (Modo 1) **sólo** se pueden aplicar **si la planta posee un sistema de gestión de la calidad** y se cumplen las condiciones establecidas

2) La Planta Elaboradora satisface una de las **dos alternativas** siguientes:

2.1) Está instalada en el mismo **recinto físico de la obra**, opera de acuerdo con las disposiciones y el Director de Obra supervisa el control de producción

2.2) Está instalada **fuera del recinto físico de la obra**, posee un **sistema de calidad certificado por un organismo acreditado** por el Organismo Argentino de Acreditación (OAA) y opera según lo establecido a continuación

- El sistema de calidad cumplirá con la **Disposición CIRSOC 2/2005**, la cual es **transitoria hasta que se actualice la norma IRAM 1666:1986**
- Como alternativa a lo expresado anteriormente, se podrá certificar un sistema de calidad que cumpla con ISO 9001 y todo lo exigido en este Reglamento
- La **entidad certificante** deberá certificar que el sistema de calidad de la Planta, sus actividades y los hormigones producidos cumplen con los requisitos establecidos en el Reglamento
- El **certificado se otorgará a cada Planta y será intransferible**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Condiciones a cumplir para aplicar el Modo 1 **Artículo 4.2.3**

3) En cualquiera de las condiciones explicitadas anteriormente, la **Planta Elaboradora** opera en las siguientes condiciones:

- a)** El hormigón se elabora en forma continua
- b)** Control de los materiales y verificación periódica de sus características
- c)** Acopio de materiales para una producción mínima de 2 días
- d)** Medición de todos los materiales en masa y registro continuo de pesadas y verificación periódica de balanzas
- e)** Mezcla dosificada racionalmente, con corrección de humedad
- f)** Muestreo periódico del hormigón y seguimiento de sus propiedades
- g)** El control de producción se basa en el seguimiento de la resistencia
- h)** Determinación periódica de la resistencia media, característica y desviación
- i)** Utilización de tablas y gráficos para llevar el control de calidad

4) Suministra a la Dirección de Obra copia de los **registros de producción**

5) La Dirección de Obra tiene **libre acceso** a la Planta Elaboradora y a sus **registros de calidad**

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Conformidad de Resistencia especificada

Modo 1 Artículo 4.2.3

- Los resultados del **control de producción** de la Planta deben cumplir que:

$$f'_{cm} \geq f'_c + 1,28 s_n \quad (1)$$
- Cumplida la condición anterior de **control interno**, la **recepción del lote** se debe hacer exclusivamente según los **dos siguientes criterios**:

$$f'_{cm3} \geq f'_c \quad (2) \quad f'_{ci} \geq f'_c - 3,5 \text{ MPa} \quad (3)$$

Modo 2 Artículo 4.2.4

- En este caso se debe evaluar H° perteniente a una misma clase, recibido durante un período durante el cual la entrega en obra ha sido continua:

$$f'_{cm3} \geq f'_c + 5 \text{ MPa} \quad (1) \quad f'_{ci} \geq f'_c \quad (2)$$

f'_{cm} = resistencia media aritmética f'_c = resistencia especificada
 f'_{cm3} = resistencia media móvil de todas las series posibles de 3 ensayos
 f'_{ci} = resistencia de un ensayo i s_n = desviación estándar

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

CARTAS DE MEDIA MOVIL (Valores encima del criterio)

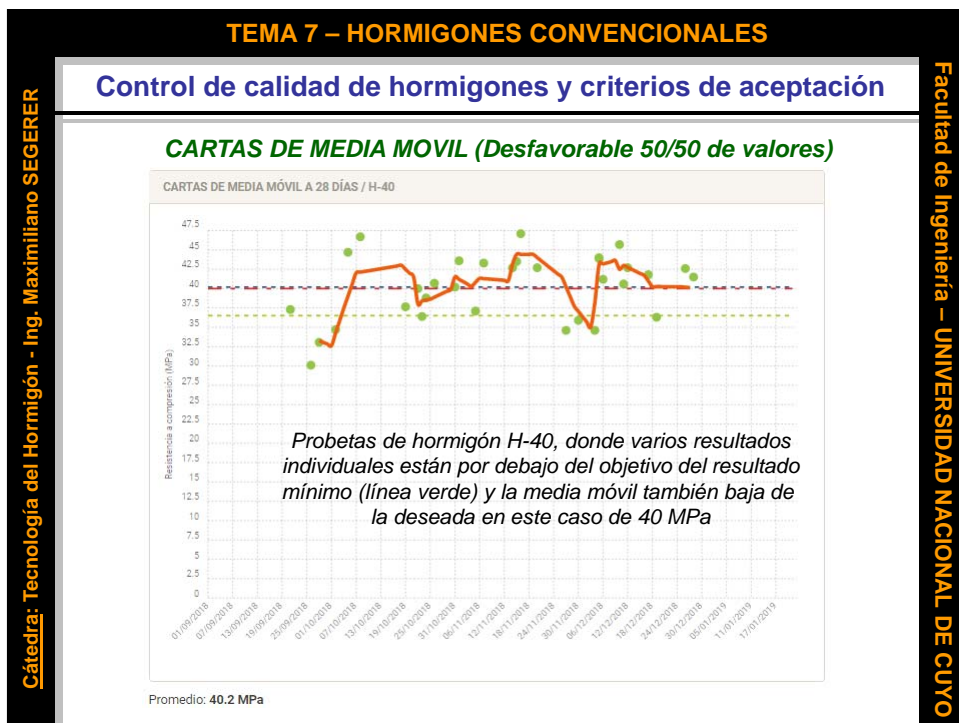
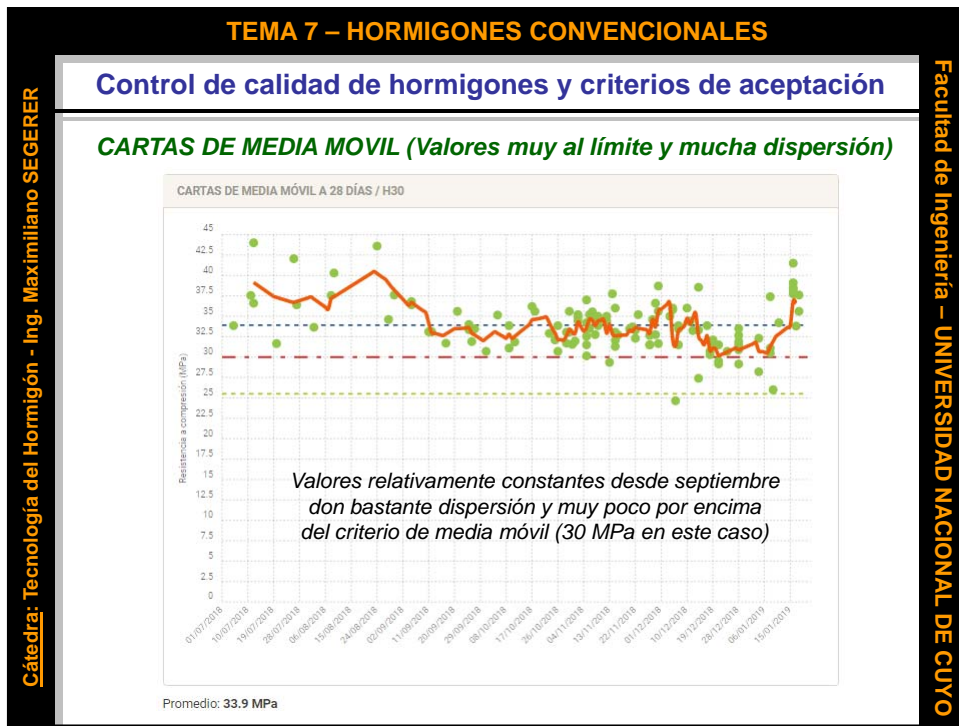
CARTAS DE MEDIA MÓVIL A 28 DÍAS / H40 HAC

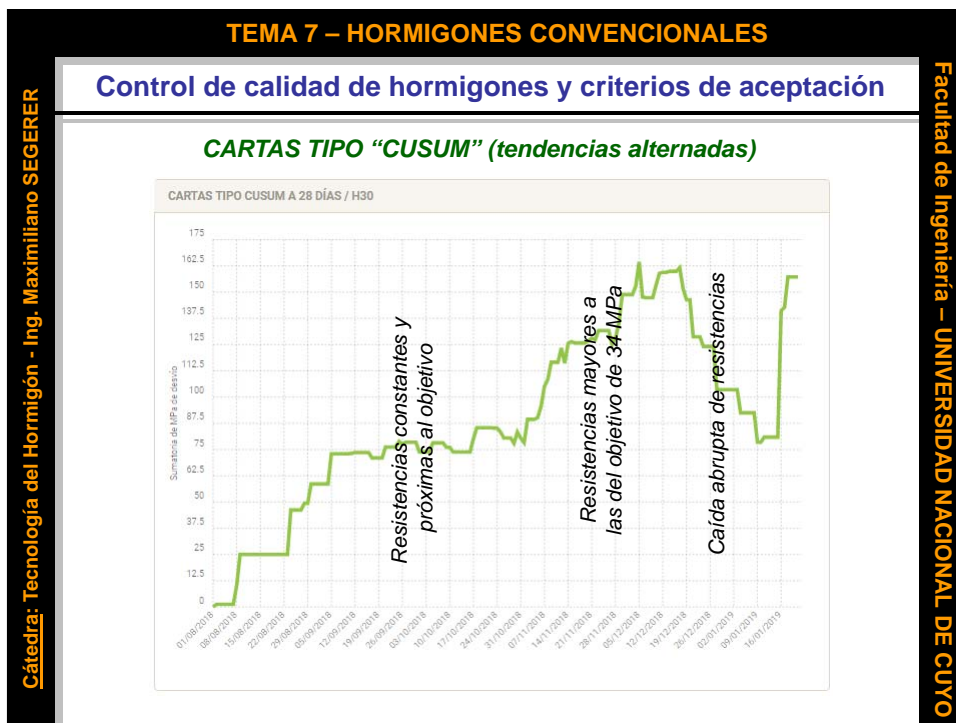
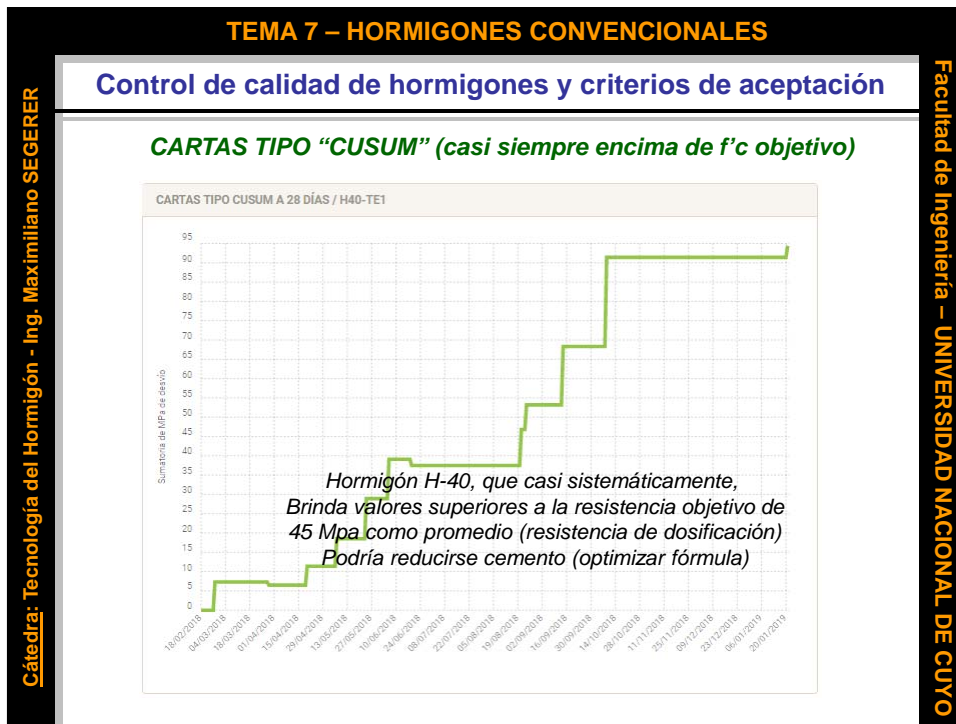
*Valores sobre la media, tendencia desde
 septiembre a la baja y luego se estabiliza
 en un valor menos eficiente que antes*

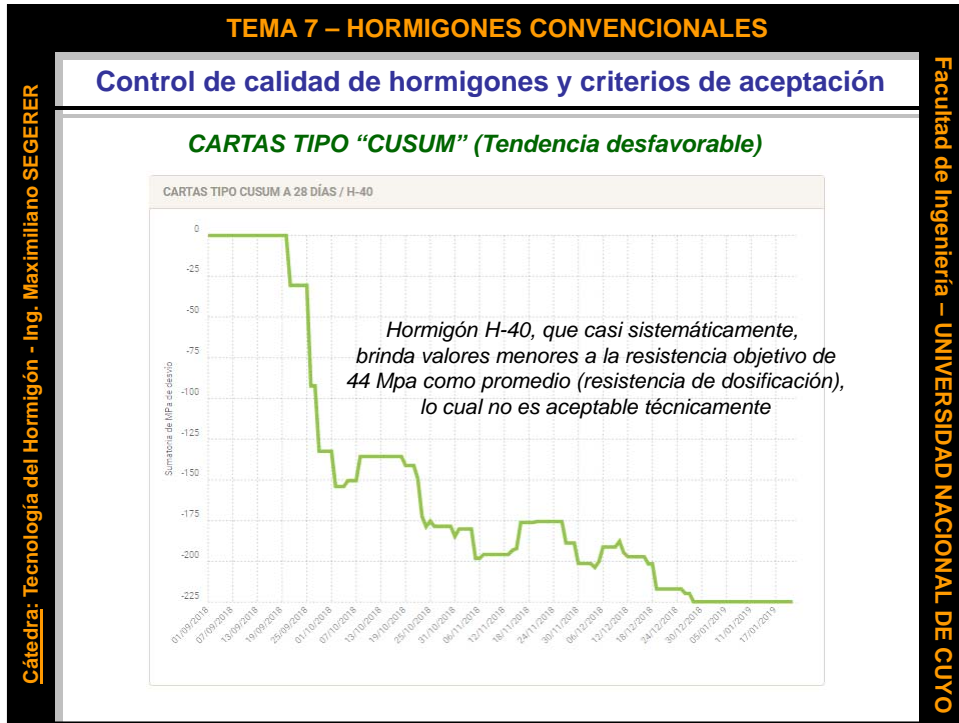
Promedio: 53.6 MPa

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO







TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo de resistencia especificada (> 30 ensayos)

CALCULO DE LA RESISTENCIA CARACTERÍSTICA / H40 HAC

Número de ensayos (n): 51
 Resistencia media (f_{cm}): 50.8 MPa
 Desviación estándar (s): 3.8 MPa
 Resistencia característica (f_c): 46.0 MPa
 Coeficiente desviación estándar (c): 7.4%

Resistencia característica de 46 MPa para H-40, cumple en exceso con los criterios de resistencia podría ajustarse la fórmula

Muestra	Fecha de rotura real	Tensión de rotura
162	29/11/2018	49.3 MPa
163	29/11/2018	52.3 MPa
165	30/11/2018	60.5 MPa
166	03/12/2018	51.0 MPa
168	04/12/2018	59.0 MPa
169	04/12/2018	53.2 MPa
170	05/12/2018	54.0 MPa
171	06/12/2018	51.5 MPa
175	10/12/2018	51.6 MPa
176	11/12/2018	44.4 MPa
177	11/12/2018	53.3 MPa
178	11/12/2018	47.3 MPa

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Lote o Fracción No Conforme con la resistencia Artículo 4.4

- Esta verificación es de **exclusiva aplicación para estructuras en construcción**, en las que la evaluación ya explicitada haya indicado **lotes no conforme**
- **No puede ser aplicada a estructuras existentes** o a estructuras en construcción en las que se carezca de resultados de ensayos de probetas moldeadas
- Si la **evaluación de la resistencia especificada** (Modo 1 o Modo 2) indica que un **lote o fracción de un lote es no conforme**, se debe proceder:
 - a) Se debe **acotar el lote o fracción del lote no conforme**
 - b) Se debe extraer una cantidad de testigos de hormigón **igual o mayor que el doble** del número de muestras indicado en la Tabla
 - c) La extracción y los ensayos de los testigos deben ser realizados bajo la supervisión de la Dirección de Obra
 - d) Los testigos deben ser extraídos en lugares que **no afecten la estabilidad** de la estructura, empleando un equipo que asegure las muestras no alteradas
 - e) La extracción de los testigos se debe realizar según la norma IRAM 1551
 - f) El diámetro debe ser igual o mayor que 3 veces el TMN y $\geq 7,5$ cm

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Conformidad de Resistencia por extracción de testigos

Modo 1 Artículo 4.4.3.1

- Se considera que el hormigón representado por los testigos extraídos y ensayados, posee la resistencia especificada si se cumple simultáneamente que:

$f'_{ci} \geq 0,75 f'_c$ ①

$f'_{cm} \geq 0,85 f'_c$ ②


Modo 2 Artículo 4.4.3.2

- Se considera que el hormigón representado por los testigos extraídos y ensayados, posee la resistencia especificada si se cumple simultáneamente que:

$f'_{ci} \geq 0,75 f'_c$ ①

$f'_{cm} \geq 0,85 (f'_c + 5 \text{ MPa})$ ②

f'_{cm} = resistencia especificada
 f'_{cm} = resistencia media de los testigos extraídos
 f'_{ci} = resistencia individual de cada testigo



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Conformidad por durabilidad Artículo 4.5

- Se considera que el hormigón colocado en una parte o toda la estructura **es conforme por durabilidad** y verifica los requisitos establecidos, cuando:

- a) Los **agregados** cumplen con los requisitos de durabilidad establecidos
- b) Si se utilizan **cementos especiales** y cumplen los requisitos de durabilidad
- c) El conjunto cemento-agregados no presenta expansiones (**RAS**)
- d) El hormigón es conforme por su contenido de **aire incorporado**
- e) **El hormigón es conforme por resistencia**
- f) El hormigón es conforme por **razón agua / cemento**
Un resultado de control de la razón agua / cemento se considera **no conforme** cuando la misma **excede en 0,02 al valor especificado**
Cuando se exija una **razón agua / cemento máxima**, ella se debe verificar a partir de los pesos de los materiales empleados en la producción de los pastones. En la determinación del contenido de agua, se considerará la humedad de los agregados
Cuando se obtiene un resultado de ensayo de control no conforme, se debe considerar que el pastón bajo control es **no conforme** respecto de la razón a / c
- g) El hormigón cumple con el requisito de succión capilar y/o penetración de agua

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

30) ¿Cuáles son los criterios de análisis de resistencias en los diferentes reglamentos y normas?	Casos de aplicación
----------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------

Tanto para el **control de hormigones**, como para **casi todos los materiales de construcción**, se establecen **dos criterios básicos** que conceptualmente pueden resumirse como:

- 1) **El promedio de una serie de ensayos de resistencias del mismo lote debe arrojar un valor mínimo promedio**
- 2) **Ningún valor individual de los resultados de ensayo de resistencias del mismo lote, debe ser inferior a un valor mínimo individual**

Aplicado al control de resistencias en hormigones para probetas moldeadas de camiones motohormigoneros:

- 1) El promedio de una serie de tres ensayos de resistencias de probetas del mismo lote, debe arrojar un valor mínimo promedio
- 2) Ningún valor individual de los resultados de ensayo de resistencias de probetas del mismo lote, debe ser inferior a un valor mínimo individual

Salvo excepciones, **el cálculo de la resistencia característica o especificada y desviación estándar, se emplea sólo como autocontrol** de planta

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

31) ¿Cuáles son los criterios de análisis de resistencias en los diferentes reglamentos y normas? **Casos de aplicación**

Reglamentos / Normas		Media móvil de tres ensayos consecutivos	Valor individual del ensayo
CIRSOC 201 Versión 2005	Modo 1	$\geq f'c$	$\geq f'c - 3,5 \text{ MPa}$
	Modo 2	$\geq f'c + 5,0 \text{ MPa}$	$\geq f'c$
CIRSOC 201 Versión 1982	+ de 6 ensayos	$\geq \sigma'_{bk} + 5,0 \text{ MPa}$	$\geq 0,85 \cdot \sigma'_{bk}$
	+ de 30 ensayos	$\geq \sigma'_{bk} + 0,825 \cdot \text{desv s}$	$\geq 0,85 \cdot \sigma'_{bk}$
IRAM 1666 Versión 1986	H-17 e inferiores	$\geq \sigma'_{bk} + 2,5 \text{ MPa}$	$\geq 0,85 \cdot \sigma'_{bk}$
	H-21 y superiores	$\geq \sigma'_{bk} + 3,0 \text{ MPa}$	$\geq 0,85 \cdot \sigma'_{bk}$
ACI 318 EE.UU.	H-35 e inferiores	$\geq f'c$	$\geq f'c - 3,5 \text{ MPa}$
	H-40 y superiores	$\geq f'c$	$\geq f'c - 0,10 f'c$
EN 206 Europa	+ de 3 ensayos	$\geq f'ck + 4 \text{ MPa}$	$\geq f'ck - 4 \text{ MPa}$
	+ de 15 ensayos	$\geq f'ck + 1,45 \cdot \text{desv s}$	$\geq f'ck - 4 \text{ MPa}$
Pliegos de Especificaciones		Consultar para cada obra en particular	

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES


Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

32) ¿Cuál es la diferencia entre el Modo 1 y el Modo 2 en el Reglamento CIRSOC 201-05? **Casos de aplicación**


Modo 1


- La planta debe poseer un **sistema de gestión de calidad** y debe satisfacer **una de las dos alternativas siguientes**:

- 1) Está instalada en el **mismo recinto físico de la obra**, opera de acuerdo con las disposiciones para Modo 1 y el **Director de Obra supervisa** el control de producción
- 2) Está instalada **fuera del recinto físico** de la obra, posee un **sistema de calidad certificado** por un organismo acreditado por el Organismo Argentino de Acreditación (OAA) y opera con las disposiciones para Modo 1



Organismo Argentino de Acreditación





TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

32) ¿Cuál es la diferencia entre el Modo 1 y el Modo 2 en el Reglamento CIRSOC 201-05?

Casos de aplicación

Modo 1

a) El **sistema de calidad** cumple con la **Disposición CIRSOC 2/2005**, hasta que se **actualice la Norma IRAM 1666**

b) **Certificado de calidad ISO 9001** y todo lo exigido en el Reglamento

- La entidad certificante deberá **certificar que el sistema de calidad de la Planta**, sus **actividades** y los **hormigones producidos** cumplen con los requisitos establecidos en el Reglamento
- El **certificado se otorgará por Planta** y no por organización, siendo intransferible





Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

32) ¿Cuál es la diferencia entre el Modo 1 y el Modo 2 en el Reglamento CIRSOC 201-05?

Casos de aplicación

Modo 1

- El hormigón se elabora en forma continua
- **Control de materiales** y verificación periódica de sus características
- **Acopio de materiales** para producción mínima de 2 días
- **Medición** de los materiales granulares en masa y registro de pesadas
- Mezcla **dosificada racionalmente**, con corrección de humedad
- **Muestreo periódico del hormigón** y seguimiento de sus propiedades
- **Determinación periódica de la resistencia media y desviaciones**
- Utilización de tablas y gráficos para llevar el control de calidad
- La Dirección de Obras tiene **libre acceso a instalaciones y registros**
- Debe cumplirse para cada clase de hormigones **según control interno**:

$f'_{cm} \geq f'_{c} + 1,28 \cdot s$

f'_{c} = Resistencia especificada (característica)

f'_{cm} = Resistencia media aritmética

s = Desviación estándar de últimos 30 ensayos

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

32) ¿Cuál es la diferencia entre el Modo 1 y el Modo 2 en el Reglamento CIRSOC 201-05?

Modo 2

➤ Cuando no se cumplen las condiciones establecidas para Modo 1

Casos de aplicación



Plantas sin sistema de gestión de calidad certificado



Hormigón en obra



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

El Reglamento CIRSOC 201:05 es pionero en el mundo de destacar las **fortalezas de empresas certificadas como medida de conformidad para el cliente**

Modo 1

Proveedores de Hormigón Elaborado con SGC certificado según ISO 9001 y que cumpla con requisitos específicos que brinda el Reglamento

y simultáneamente

El Director de Obras tiene acceso a todos los registros y puede verificar el cumplimiento de lo establecido en el Reglamento CIRSOC 201:05

Modo 2

Las que no cumplan con las condiciones para Modo 1

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



Modo 1

Sistema de Gestión
Certificado
ISO 9001
de la Calidad

Automatic VH7012 Módulo 102 - PLANTA 1
Planta de Hormigón

Despacho de Hormigón PLANTA 1

Item	ICE	Hormigón	Objeto en Ejecución	Formas	Mzot	Ciudad
1						


Despachos Pendientes: [Botones: Borrar, Copiar, Eliminar, Entrar, Salir, Actualizar, Menú, Soltar]

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación


Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



¿Quién es la figura o persona que puede juzgar si la Planta está en Modo 1?

Sólo el Director de Obras, debiendo corroborar la certificación ISO 9001 y su alcance, además de los registros. No existe un ente para ello.




TIP Si el Director de Obras o a quien delegue la responsabilidad, disponga que no es necesario revisar los registros y resultados de la Planta, esta caería en Modo 1 si tiene ISO 9001 certificado

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación


Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER


Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



¿Son los mismos criterios estadísticos de aceptación para Modo 1 y para Modo 2?

No, el Reglamento “premia” al Modo 1, solicitando que el mismo hormigón producido en Modo 2 se le exija la resistencia de la categoría superior





Para un H-30, las media móvil de probetas para Modo 1 tiene que dar por encima de 30 MPa (300 kg/cm²) y para Modo 2 tiene que superar los 35 MPa para que sean aceptables los valores

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Ejemplo 1 - Análisis de resistencias de probetas							Casos de aplicación	
Tipo de obra	Construcción de edificio departamentos						Carga máxima (daN)	Resistencia a la compresión (MPa)
Tipo de hormigón	H-21 (8 primeras) y H-17 (restantes)							
Criterio de análisis	Norma IRAM 1666:86							
64312 - 1	14-Ene-10	16-Mar-10	61	300	149,5	39800	22,7	
64312 - 2	14-Ene-10	16-Mar-10	61	300	149,3	42400	24,2	
64320 - 1	14-Ene-10	16-Mar-10	61	299	149,1	41300	23,7	
64320 - 2	14-Ene-10	16-Mar-10	61	300	149,4	40600	23,2	
64328 - 1	14-Ene-10	16-Mar-10	61	300	148,8	45800	26,2	
64328 - 2	14-Ene-10	16-Mar-10	61	300	149,5	46700	26,6	
64335 - 1	14-Ene-10	16-Mar-10	61	300	149,4	49900	28,5	
64335 - 2	14-Ene-10	16-Mar-10	61	301	149,8	52100	29,6	
64479 - 1	28-Ene-10	16-Mar-10	47	300	149,7	33400	19,0	
64479 - 2	28-Ene-10	16-Mar-10	47	300	149,4	33000	18,8	
64481 - 1	28-Ene-10	16-Mar-10	47	300	149,6	28700	16,3	
64481 - 2	28-Ene-10	16-Mar-10	47	300	149,4	30900	17,6	
64483 - 1	28-Ene-10	16-Mar-10	47	300	149,6	29800	17,0	
64483 - 2	28-Ene-10	16-Mar-10	47	302	149,1	28400	16,3	
64535 - 1	02-Feb-10	16-Mar-10	42	300	148,8	30900	17,8	
64535 - 2	02-Feb-10	16-Mar-10	42	300	149,2	32300	18,5	
64537 - 1	02-Feb-10	16-Mar-10	42	300	149,5	33700	19,2	
64586 - 1	05-Feb-10	16-Mar-10	39	300	149,3	27300	15,6	
64586 - 2	05-Feb-10	16-Mar-10	39	299	149,5	27600	15,7	

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Ejemplo 1 - Análisis de resistencias de probetas							Casos de aplicación	
Tipo de obra	Construcción de edificio departamentos							
Tipo de hormigón	H-21							
Criterio de análisis								
Identificación probeta	Fecha moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1er Criterio	2do Criterio
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	$f'_{cm3} \geq 24,0$	$f'_{c} \geq 17,9$
Sólo es aplicable para probetas que hayan sido confeccionadas y curadas según la Norma IRAM 1524 y ensayadas a compresión según IRAM 1546			Condiciones a cumplir según IRAM 1666:86					
De otro modo no es válido el análisis de resistencias de probetas de hormigón			$f'_{cm3} \geq f'_{c} + 3,0 \text{ MPa}$		$f'_{cmi} \geq 0,85 \cdot f'_{c}$			
			Aplicación a hormigones H-21					
			$f'_{cm3} \geq 24,0 \text{ MPa}$		$f'_{cmi} \geq 17,9 \text{ MPa}$			

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

PASO 1

- Analizar las probetas de una sola categoría resistente y con una edad igual o superior a la edad de diseño (generalmente 28 días)
- Conocer la Norma o Reglamento de aplicación y determinar, según sus ecuaciones propias, los dos criterios de aceptación

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Ejemplo 1 - Análisis de resistencias de probetas							Casos de aplicación	
Tipo de obra	Construcción de edificio departamentos							
Tipo de hormigón	H-21							
Criterio de análisis								
Identificación probeta	Fecha moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1er Criterio	2do Criterio
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	$f'_{cm3} \geq 24,0$	$f'_{c} \geq 17,9$
64312-1	14-01-10	61	22,7					
64312-2	14-01-10	61	24,2					
64320-1	14-01-10	61	23,7					
64320-2	14-01-10	61	23,2					
64328-1	14-01-10	61	26,2					
64328-2	14-01-10	61	26,6					
64335-1	14-01-10	61	28,5					
64335-2	14-01-10	61	29,6					

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

PASO 2

- Con los datos del Informe del Laboratorio de Ensayos, ordenar cronológicamente (tanto en fechas como muestras del mismo día), las probetas con su denominación, edad de ensayo y resistencia a compresión en MPa (redondeado al 0,1 MPa); que pertenezcan al mismo lote

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Ejemplo 1 - Análisis de resistencias de probetas

Tipo de obra	Construcción de edificio departamentos
Tipo de hormigón	H-21
Criterio de análisis	Norma IRAM 1666:86

Identificación probeta	Fecha moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1er Criterio		2do Criterio	
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	f'cm3	≥ 24,0	f'c	≥ 17,9
64312-1	14-01-10	61	22,7	23,5						
64312-2	14-01-10	61	24,2							
64320-1	14-01-10	61	23,7	23,5						
64320-2	14-01-10	61	23,2							
64328-1	14-01-10	61	26,2	26,4						
64328-2	14-01-10	61	26,6							
64335-1	14-01-10	61	28,5	29,1						
64335-2	14-01-10	61	29,6							

Casos de aplicación

PASO 3

- Calcular el resultado de cada ensayo, como el promedio aritmético de todas las probetas "gemelas" o pertenecientes a la misma muestra y ensayadas a la misma edad

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Ejemplo 1 - Análisis de resistencias de probetas

Tipo de obra	Construcción de edificio departamentos
Tipo de hormigón	H-21
Criterio de análisis	Norma IRAM 1666:86

Identificación probeta	Fecha moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1er Criterio		2do Criterio	
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	f'cm3	≥ 24,0	f'c	≥ 17,9
64312-1	14-01-10	61	22,7	23,5	6%	SI				
64312-2	14-01-10	61	24,2			✓				
64320-1	14-01-10	61	23,7	23,5	1%	SI				
64320-2	14-01-10	61	23,2			✓				
64328-1	14-01-10	61	26,2	26,4	2%	SI				
64328-2	14-01-10	61	26,6			✓				
64335-1	14-01-10	61	28,5	29,1	4%	SI				
64335-2	14-01-10	61	29,6			✓				

Casos de aplicación

PASO 4

- Validar los ensayos si la diferencia de las probetas extremas es menor que el 15% del promedio aritmético; caso contrario no son válidos
 - Se calcula como la diferencia de las probetas extremas de la misma muestra dividido el promedio de las mismas y expresado en %

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES											
Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación											
Ejemplo 1 - Análisis de resistencias de probetas										Casos de aplicación	
Tipo de obra		Construcción de edificio departamentos									
Tipo de hormigón		H-21									
Criterio de análisis		Norma IRAM 1666:86									
Identificación probeta	Fecha moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1er Criterio		2do Criterio		
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	f' cm3	≥ 24,0	f' c	≥ 17,9	
64312-1	14-01-10	61	22,7	23,5	6%	SI	-	-			
64312-2	14-01-10	61	24,2								
64320-1	14-01-10	61	23,7	23,5	1%	SI	-	-			
64320-2	14-01-10	61	23,2								
64328-1	14-01-10	61	26,2	26,4	2%	SI	24,5	SI	$\frac{23,5 + 23,5 + 26,4}{3}$		
64328-2	14-01-10	61	26,6								
64335-1	14-01-10	61	28,5	29,1	4%	SI	26,3	SI	$\frac{23,5 + 26,4 + 29,1}{3}$		
64335-2	14-01-10	61	29,6								
PASO 5		- Cálculo de las medias móviles de todos los conjuntos de tres ensayos válidos consecutivos (en orden cronológico) - Comparar el valor con el especificado para el 1er criterio de aceptación para verificar o no su cumplimiento e indicarlo en la planilla									

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES											
Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación											
Ejemplo 1 - Análisis de resistencias de probetas										Casos de aplicación	
Tipo de obra		Construcción de edificio departamentos									
Tipo de hormigón		H-21									
Criterio de análisis		Norma IRAM 1666:86									
Identificación probeta	Fecha moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1er Criterio		2do Criterio		
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	f' cm3	≥ 24,0	f' c	≥ 17,9	
64312-1	14-01-10	61	22,7	23,5	6%	SI	-	-	23,5	SI	
64312-2	14-01-10	61	24,2								
64320-1	14-01-10	61	23,7	23,5	1%	SI	-	-	23,5	SI	
64320-2	14-01-10	61	23,2								
64328-1	14-01-10	61	26,2	26,4	2%	SI	24,5	SI	26,4	SI	
64328-2	14-01-10	61	26,6								
64335-1	14-01-10	61	28,5	29,1	4%	SI	26,3	SI	29,1	SI	
64335-2	14-01-10	61	29,6								
PASO 6		- Copiar los resultados de ensayo (promedios) válidos (diferencia entre probetas de la misma muestra inferior al 15%) - Verificar si el resultado individual cumple con el especificado para el 2do criterio de aceptación e indicarlo en la planilla									

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Ejemplo 1 - Análisis de resistencias de probetas

Tipo de obra	Construcción de edificio departamentos	
Tipo de hormigón	H-21	
Criterio de análisis	Norma IRAM 1666:86	

Identificación probeta	Fecha moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1er Criterio		2do Criterio	
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	f'_{cm3}	$\geq 24,0$	$f'c$	$\geq 17,9$
64312-1	14-01-10	61	22,7	23,5	6%	SI	-	-	23,5	SI
64312-2	14-01-10	61	24,2							
64320-1	14-01-10	61	23,7	23,5	1%	SI	-	-	23,5	SI
64320-2	14-01-10	61	23,2							
64328-1	14-01-10	61	26,2	26,4	2%	SI	24,5	SI	26,4	SI
64328-2	14-01-10	61	26,6							
64335-1	14-01-10	61	28,5	29,1	4%	SI	26,3	SI	29,1	SI
64335-2	14-01-10	61	29,6							

PASO 7

Casos de aplicación

Aceptación del lote

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

PASO 7

- Analizar el cumplimiento de ambos requisitos simultáneamente
- Si todos los valores cumplen ambos criterios "Aceptación del lote"
- Si ninguno de los valores cumplen ambos criterios "Rechazo del lote"
- Si hay valores que cumplen y otros no, "Acotar la fracción no conforme"

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Ejemplo 1 - Análisis de resistencias de probetas

Tipo de obra	Construcción de edificio departamentos	
Tipo de hormigón	H-17	
Criterio de análisis	Norma IRAM 1666:86	

Identificación probeta	Fecha moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1er Criterio		2do Criterio	
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	f'_{cm3}	$\geq 19,5$	$f'c$	$\geq 14,5$

PASO 1

Casos de aplicación

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Condiciones a cumplir según IRAM 1666:86

$f'_{cm3} \geq f'c + 2,5 \text{ MPa}$

$f'_{cm1} \geq 0,85 \cdot f'c$

Aplicación a hormigones H-17

$f'_{cm3} \geq 19,5 \text{ MPa}$

$f'_{cm1} \geq 14,5 \text{ MPa}$

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Ejemplo 1 - Análisis de resistencias de probetas

Tipo de obra	Construcción de edificio departamentos
Tipo de hormigón	H-17
Criterio de análisis	Norma IRAM 1666:86

Identificación probeta	Fecha moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1 ^{er} Criterio		2 ^{do} Criterio	
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	f' cm3	≥ 19,5	f' c	≥ 14,5
64479-1	28-01-10	47	19,0							
64479-2	28-01-10	47	18,8							
64481-1	28-01-10	47	16,3							
64481-2	28-01-10	47	17,6							
64483-1	28-01-10	47	17,0							
64483-2	28-01-10	47	16,3							
64535-1	02-02-10	42	17,8							
64535-2	02-02-10	42	18,5							
64537-1	02-02-10	42	19,2							
64586-1	05-02-10	39	15,0							
64586-2	05-02-10	39	15,7							

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Casos de aplicación

PASO 2

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Ejemplo 1 - Análisis de resistencias de probetas

Tipo de obra	Construcción de edificio departamentos
Tipo de hormigón	H-17
Criterio de análisis	Norma IRAM 1666:86

Identificación probeta	Fecha moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1 ^{er} Criterio		2 ^{do} Criterio	
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	f' cm3	≥ 19,5	f' c	≥ 14,5
64479-1	28-01-10	47	19,0	18,9	19,0 + 18,8 2					
64479-2	28-01-10	47	18,8		19,0 + 18,8 2					
64481-1	28-01-10	47	16,3	17,0	16,3 + 17,0 2					
64481-2	28-01-10	47	17,6		16,3 + 17,0 2					
64483-1	28-01-10	47	17,0	16,7	17,0 + 16,3 2					
64483-2	28-01-10	47	16,3		17,0 + 16,3 2					
64535-1	02-02-10	42	17,8	18,2	17,8 + 18,5 2					
64535-2	02-02-10	42	18,5		17,8 + 18,5 2					
64537-1	02-02-10	42	19,2	-	No válido					
64586-1	05-02-10	39	15,0	15,4	15,0 + 15,7 2					
64586-2	05-02-10	39	15,7		15,0 + 15,7 2					

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Casos de aplicación

PASO 3

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo 1 - Análisis de resistencias de probetas							Casos de aplicación	
Tipo de obra		Construcción de edificio departamentos					PASO 4	
Tipo de hormigón		H-17						
Criterio de análisis		Norma IRAM 1666:86						
Identificación probeta	Fecha moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1 ^{er} Criterio	2 ^{do} Criterio
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	f' cm3 ≥ 19,5	f' c ≥ 14,5
64479-1	28-01-10	47	19,0	18,9	1%	SI	$\frac{19,0 - 18,8}{18,9} \times 100$	
64479-2	28-01-10	47	18,8			✓		
64481-1	28-01-10	47	16,3	17,0	8%	SI	$\frac{17,6 - 16,3}{17,0} \times 100$	
64481-2	28-01-10	47	17,6			✓		
64483-1	28-01-10	47	17,0	16,7	4%	SI	$\frac{17,0 - 16,3}{16,7} \times 100$	
64483-2	28-01-10	47	16,3			✓		
64535-1	02-02-10	42	17,8	18,2	4%	SI	$\frac{18,5 - 17,8}{18,2} \times 100$	
64535-2	02-02-10	42	18,5			✓		
64537-1	02-02-10	42	19,2	-	-	NO	No válido	
64586-1	05-02-10	39	15,0	15,4	5%	SI	$\frac{15,7 - 15,0}{15,4} \times 100$	
64586-2	05-02-10	39	15,7			✓		

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo 1 - Análisis de resistencias de probetas							Casos de aplicación	
Tipo de obra		Construcción de edificio departamentos					PASO 5	
Tipo de hormigón		H-17						
Criterio de análisis		Norma IRAM 1666:86						
Identificación probeta	Fecha moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1 ^{er} Criterio	2 ^{do} Criterio
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	f' cm3 ≥ 19,5	f' c ≥ 14,5
64479-1	28-01-10	47	19,0	18,9	1%	SI	-	
64479-2	28-01-10	47	18,8					
64481-1	28-01-10	47	16,3	17,0	8%	SI	-	
64481-2	28-01-10	47	17,6					
64483-1	28-01-10	47	17,0	16,7	4%	SI	17,5	NO $\frac{18,9 + 17,0 + 16,7}{3}$
64483-2	28-01-10	47	16,3					
64535-1	02-02-10	42	17,8	18,2	4%	SI	17,3	NO $\frac{17,0 + 16,7 + 18,2}{3}$
64535-2	02-02-10	42	18,5					
64537-1	02-02-10	42	19,2	-	-	NO	-	
64586-1	05-02-10	39	15,0	15,4	5%	SI	16,8	NO $\frac{16,7 + 18,2 + 15,4}{3}$
64586-2	05-02-10	39	15,7					

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo 1 - Análisis de resistencias de probetas										Casos de aplicación	
Tipo de obra		Construcción de edificio departamentos								PASO 6	
Tipo de hormigón		H-17									
Criterio de análisis		Norma IRAM 1666:86									
Identificación probeta	Fecha moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1 ^{er} Criterio		2 ^{do} Criterio		
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	f' cm3	≥ 19,5	f' c	≥ 14,5	
64479-1	28-01-10	47	19,0	18,9	1%	SI	-	-	18,9	SI	
64479-2	28-01-10	47	18,8								
64481-1	28-01-10	47	16,3	17,0	8%	SI	-	-	17,0	SI	
64481-2	28-01-10	47	17,6								
64483-1	28-01-10	47	17,0	16,7	4%	SI	17,5	NO	16,7	SI	
64483-2	28-01-10	47	16,3								
64535-1	02-02-10	42	17,8	18,2	4%	SI	17,3	NO	18,2	SI	
64535-2	02-02-10	42	18,5								
64537-1	02-02-10	42	19,2	-	-	No	-	-	-	-	
64586-1	05-02-10	39	15,0	15,4	5%	SI	16,8	NO	15,4	SI	
64586-2	05-02-10	39	15,7								

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo 1 - Análisis de resistencias de probetas										Casos de aplicación	
Tipo de obra		Construcción de edificio departamentos								PASO 7	
Tipo de hormigón		H-17									
Criterio de análisis		Norma IRAM 1666:86									
Identificación probeta	Fecha moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1 ^{er} Criterio		2 ^{do} Criterio		
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	f' cm3	≥ 19,5	f' c	≥ 14,5	
64479-1	28-01-10	47	19,0	18,9	1%	SI	-	-	18,9	SI	
64479-2	28-01-10	47	18,8								
64481-1	28-01-10	47	16,3	17,0	8%	SI	-	-	17,0	SI	
64481-2	28-01-10	47	17,6								
64483-1	28-01-10	47	17,0	16,7	4%	SI	17,5	NO	16,7	SI	
64483-2	28-01-10	47	16,3								
64535-1	02-02-10	42	17,8	18,2	4%	SI	17,3	NO	18,2	SI	
64535-2	02-02-10	42	18,5								
64537-1	02-02-10	42	19,2	-	-	No	-	-	-	-	
64586-1	05-02-10	39	15,0	15,4	5%	SI	16,8	NO	15,4	SI	
64586-2	05-02-10	39	15,7								

Resultados negativos 😞

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo 2 - Análisis de resistencias de probetas		Casos de aplicación					
Tipo de obra	Urbanización barrio						
Tipo de hormigón	H-21 (salvo últimas 4 probetas H-17)						
Criterio de análisis	Norma IRAM 1666:86						
Identificación de la Probeta	Fechas		Edad (días)	Geometría de la probeta		Carga máxima (daN)	Resistencia a la compresión (MPa)
	Colado del Hormigón	Rotura de la probeta		Altura (mm)	Diámetro (mm)		
Piso Cuneta 23/2 (1)	23-Feb-10	06-Abr-10	42	300	149,3	49200	28,1
Piso Cuneta 23/2 (2)	23-Feb-10	06-Abr-10	42	300	148,8	52100	30,0
Cuneta 25/2 (1)	25-Feb-10	06-Abr-10	40	300	148,7	46000	26,5
Cuneta 25/2 (2)	25-Feb-10	06-Abr-10	40	300	148,8	48100	27,7
Cuneta 1/3 MA (1)	01-Mar-10	06-Abr-10	36	300	149,2	47400	27,1
Cuneta 1/3 MA (2)	01-Mar-10	06-Abr-10	36	300	149,5	48800	27,8
Cuneta 1/3 MB (1)	01-Mar-10	06-Abr-10	36	300	149,6	37700	21,4
Cuneta 1/3 MB (2)	01-Mar-10	06-Abr-10	36	300	149,5	45600	26,0
MA 2/3 Casa 4a1 Cuneta (1)	02-Mar-10	06-Abr-10	35	300	149,1	42700	24,5
MA 2/3 Casa 4a1 Cuneta (2)	02-Mar-10	06-Abr-10	35	299	149,3	39800	22,7
Cuneta 11/3 MC (1)	11-Mar-10	06-Abr-10	26	299	148,8	41600	23,9
Cuneta 11/3 MC (2)	11-Mar-10	06-Abr-10	26	300	149,4	41300	23,6
Piso cuneta 11/3 MB 2-6 (1)	11-Mar-10	06-Abr-10	26	300	149,2	38800	22,2
Piso cuneta 11/3 MB 2-6 (2)	11-Mar-10	06-Abr-10	26	302	148,8	38100	21,9
MB1 17/3 - Losa (1)	17-Mar-10	06-Abr-10	20	300	149,2	30200	17,3
MB1 17/3 - Losa (2)	17-Mar-10	06-Abr-10	20	300	149,1	32700	18,7
MB10 17/3 - Losa	17-Mar-10	06-Abr-10	20	299	148,9	33700	19,4
MB9 17/3 - Losa	17-Mar-10	06-Abr-10	20	300	149,5	37700	21,5

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo 2 - Análisis de resistencias de probetas		Casos de aplicación								
Tipo de obra	Urbanización barrio									
Tipo de hormigón	H-21									
Criterio de análisis	Norma IRAM 1666:86									
		Aceptación del lote								
Identificación probeta	Fecha moldeo	Edad	Resistencia		Validez Δ	?	1er Criterio f'_{cm3}		2do Criterio f'_{c}	
			Indiv	Ensayo			$\geq 24,0$	$\geq 17,8$		
P Cun 23/2-1	23-02-10	42	28,1	29,1	7%	SI	-	-	29,1	SI
P Cun 23/2-2	23-02-10	42	30,0							
Cunet 25/2-1	25-02-10	40	26,5	27,1	4%	SI	-	-	27,1	SI
Cunet 25/2-2	25-02-10	40	27,7							
Cun 1/3 MA-1	01-03-10	36	27,1	27,4	2%	SI	27,9	SI	27,4	SI
Cun 1/3 MA-2	01-03-10	36	27,8							
Cun 1/3 MB-1	01-03-10	36	21,4	23,7	20%	No	-	-	-	-
Cun 1/3 MB-2	01-03-10	36	26,0							
MA 2/3 C4a-1	02-03-10	35	24,5	23,6	8%	SI	26,0	SI	23,6	SI
MA 2/3 C4a-1	02-03-10	35	22,7							
Cu 11/3 MC-1	11-03-10	26	23,9	23,7	1%	SI	24,9	SI	23,7	SI
Cu 11/3 MC-2	02-03-10	26	23,6							


TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo 4 - Análisis de resistencias de probetas							Casos de aplicación	
Tipo de obra		Bases horno industrial					Carga máxima (daN)	Resistencia a la compresión (MPa)
Tipo de hormigón		H-25						
Criterio de análisis		Reglamento CIRSOC 201-05 – Modo 1						
2A	23-Dic-09	30-Dic-09	7	300	148,9	35900	20,6	
4A	23-Dic-09	30-Dic-09	7	300	148,8	32300	18,6	
7A	23-Dic-09	30-Dic-09	7	299	149,3	36600	20,9	
9A	23-Dic-09	30-Dic-09	7	300	149,4	34100	19,5	
11A	23-Dic-09	30-Dic-09	7	300	148,9	34100	19,6	
13A	23-Dic-09	30-Dic-09	7	301	149,6	38400	21,8	
15A	23-Dic-09	30-Dic-09	7	300	148,9	37300	21,4	
2B	23-Dic-09	20-Ene-10	28	300	148,8	43800	25,2	
2C	23-Dic-09	20-Ene-10	28	301	149,2	46700	26,7	
4B	23-Dic-09	20-Ene-10	28	300	149,5	40200	22,9	
4C	23-Dic-09	20-Ene-10	28	300	149,3	41300	23,6	
7B	23-Dic-09	20-Ene-10	28	300	148,7	47400	27,3	
7C	23-Dic-09	20-Ene-10	28	299	149,5	49200	28,0	
9B	23-Dic-09	20-Ene-10	28	299	149,6	43800	24,9	
9C	23-Dic-09	20-Ene-10	28	300	149,1	44200	25,3	
11B	23-Dic-09	20-Ene-10	28	301	149,2	44900	25,7	
13B	23-Dic-09	20-Ene-10	28	300	148,8	51000	29,3	
13C	23-Dic-09	20-Ene-10	28	300	149,3	47000	26,8	

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo 4 - Análisis de resistencias de probetas							Casos de aplicación	
Tipo de obra		Bases horno industrial					Aceptación del lote 	
Tipo de hormigón		H-25						
Criterio de análisis		Reglamento CIRSOC 201-05 – Modo 1						
Identificación probeta	Fecha moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1er Criterio	2º Criterio
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	$f'_{cm3} \geq 25,0$	$f'_{c} \geq 21,5$
2B	23-12-10	28	25,2	26,0	6%	SI	-	26,0 SI
2C	23-12-10	28	26,7					
4B	23-12-10	28	22,9	23,2	3%	SI	-	23,2 SI
4C	23-12-10	28	23,6					
7B	23-12-10	28	27,3	27,7	3%	SI	25,6 SI	27,7 SI
7C	23-12-10	28	28,0					
9B	23-12-10	28	24,9	25,1	2%	SI	25,3 SI	25,1 SI
9C	23-12-10	28	25,3					
11B	23-12-10	28	25,7	-	-	No	-	-
13B	23-12-10	28	29,3	28,1	9%	SI	27,0 SI	28,1 SI
13C	23-12-10	28	26,8					

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo 5 - Análisis de resistencias de probetas

Tipo de obra		Losa maciza vivienda							
Tipo de hormigón		H-25							
Criterio de análisis		Norma IRAM 1666:86							

Casos de aplicación

Fecha de Rotura	Edad	Encabezado	Diámetro [cm]	Altura [cm]	Peso [kgf]	Peso Especifico [kgf/m3]	Carga Rotura Leida [Tn]	Carga Rotura Corregida 0,97532 [Tn]	Tension de Rotura Corregida [Mpa]
05-Feb	21 días	neopreno	10,0	20,3	3,7	2346	14,1	13,8	17,5
		neopreno	10,0	20,4	3,8	2359	15,4	15,0	19,1
12-Feb	28 días	neopreno	10,0	20,2	3,7	2357	15,3	14,9	19,0
		neopreno	10,0	20,2	3,7	2357	14,8	14,4	18,4
16-Mar	60 días	neopreno	10,0						
		neopreno	10,0						
05-Feb	21 días	neopreno	10,0	20,2	3,5	2219	10,8	10,5	13,4
		neopreno	10,0	20,2	3,5	2231	9,4	9,2	11,7
12-Feb	28 días	neopreno	10,0	20,2	3,5	2194	11,3	11,0	14,0
		neopreno	10,0	20,2	3,5	2231	10,5	10,2	13,0
16-Mar	60 días	neopreno	10,0						
		neopreno	10,0						

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo 5 - Análisis de resistencias de probetas

Tipo de obra		Losa maciza vivienda							
Tipo de hormigón		H-25							
Criterio de análisis		Norma IRAM 1666:86							

Casos de aplicación

Resultados negativos

Identificación probeta	Fecha Moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1er Criterio		2º Criterio	
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	f' cm3	≥ 28,0	f' c	≥ 21,3
3	15-01-10	28	19,0	18,7	3%	SI	-	-	18,7	NO
4	15-01-10	28	18,4							
9	15-01-10	28	14,0	13,5	7%	SI	-	-	13,5	NO
10	15-01-10	28	13,0							

```

        graph TD
            A[Investigación métodos] --> B[Extracción de testigos]
            B --> C[Resultados positivos]
            B --> D[Resultados negativos]
            C --> E[Acceptación definitiva del lote]
            D --> F[Rechazo definitivo del lote]
    
```

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Ejemplo 6 - Análisis de resistencias de probetas

Tipo de obra	Pilas de puente en autovía
Tipo de hormigón	H-25 (solicitado) y H-21 (proyecto)
Criterio de análisis	Norma IRAM 1666:86

Casos de aplicación

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Designación del Lote	Fecha confección	Edad de ensayo	Resistencia (MPa)			
			Prob.1	Prob.2	Prob.3	Ensayo
803	17-Nov-09	28	26,7	25,7	25,7	26,0
805	17-Nov-09	56	27,7	29,6	28,9	28,7
806	18-Nov-09	28	32,8	32,2	30,8	31,9
807	18-Nov-09	56	28,6	30,5	28,9	29,3
809	19-Nov-09	28	21,7	21,4	22,6	21,9
810	19-Nov-09	56	30,3	29,6	28,1	29,3
812	28-Nov-09	28	18,0	19,0	18,2	18,4
814	02-Dic-09	28	21,2	22,2	21,2	21,5
816	02-Dic-09	28	21,2	22,2	21,2	21,6

Aceptación parcial del lote

Acotar fracción no conforme

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Ejemplo 7 - Análisis de resistencias de probetas

Tipo de obra	Losas y tabiques edificio oficinas
Tipo de hormigón	H-21
Criterio de análisis	Norma IRAM 1666:86

Casos de aplicación

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Fecha de Confección	Fecha de Rotura	Edad	Encabezado	Diámetro [cm]	Altura [cm]	Peso [kgf]	Peso Especifico [kgf/m3]	Carga Rotura Leida [Tn]	Carga Rotura Corregida 0,95229 [Tn]	Tension de Rotura Corregida [Mpa]
18-Jul	26-Jul	7 días	neopreno	15,2	30,3	12,7	2310	15,8	15,0	8,3
			neopreno	15,2	30,6	12,9	2316	14,2	13,5	7,5
	15-Ago	28 días	neopreno	15,4	30,3	13,0	2303	26,4	25,1	13,5
			neopreno	15,2	30,4	12,9	2331	25,0	23,8	13,1
18-Jul	26-Jul	7 días	neopreno	15,2	30,3	12,4	2263	16,0	15,2	8,4
			neopreno	15,2	30,3	12,4	2255	18,6	17,7	9,8
	15-Ago	28 días	neopreno	15,3	30,8	12,8	2260	28,0	26,7	14,5
			neopreno	15,2	30,3	12,8	2328	28,7	27,3	15,1
16-Sep	60 días	neopreno								
		neopreno								

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo 7 - Análisis de resistencias de probetas

Tipo de obra		Losas y tabiques edificio oficinas								
Tipo de hormigón		H-21								
Criterio de análisis		Norma IRAM 1666:86								
Identificación probeta	Fecha Moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1er Criterio		2do Criterio	
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	f' cm3	$\geq 24,0$	f' c	$\geq 17,9$
3	18-07-08	28	13,5	13,3	3%	SI	-	-	13,3	NO
4	18-07-08	28	13,1							
9	18-07-08	28	14,5	14,8	4%	SI	-	-	14,8	NO
10	18-07-08	28	15,1							

Casos de aplicación

Resultados negativos

Extracción de testigos

Investigación métodos

Resultados positivos → **Acceptación definitiva del lote**

Resultados negativos → **Rechazo definitivo del lote**

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo 8 - Análisis de resistencias de probetas

Tipo de obra		Fundaciones de escuela								
Tipo de hormigón		H-21								
Criterio de análisis		Reglamento CIRSOC 201-82								
Identificación	Fecha Moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1er Criterio		2do Criterio	
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	f' cm3	$\geq 24,0$	f' c	$\geq 17,9$
1a	Sector 04/11 – Probetas 1-1	26	13,9	17,9	4,0	15,9	25%	NO		
1b		64	16,2	13,9	2,3	15,1	15%	NO		
2a	Sector 04/11 – Probetas 2-2	26	22,8	20,3	2,5	21,6	12%	SI		
2b		64	23,0	22,0	1,0	22,5	4%	SI		
3a		26	21,3	11,3	10,0	16,3	61%	NO		
3b		64	21,1	20,8	0,3	21,0	1%	SI		
7a		29	14,6	7,7	6,9	11,2	62%	NO		
7b		63	14,1	8,7	5,4	11,4	47%	NO		
8a		29	13,3	13,9	0,6	13,6	4%	SI		
8b		63	12,4	16,2	3,8	14,3	27%	NO		
9a		29	6,7	12,4	5,7	9,6	59%	NO		
9b		63	13,0	10,4	2,6	11,7	22%	NO		
10a		36	17,6	18,4	0,8	18,0	4%	SI		
10b		56	14,3	13,5	0,8	13,9	6%	SI		
11a	Sector 01/12 – Probetas 2-2	36	23,9	25,4	1,5	24,7	6%	SI		
11b		56	15,3	18,9	3,6	17,1	21%	NO		
12a	Sector 01/12 – Probetas 3-3	36	25,7	26,7	1,0	26,2	4%	SI		
12b		56	13,9	20,3	6,4	17,1	37%	NO		

Casos de aplicación

Válido?
 $< 15\%$

Análisis imposible

Investigación métodos

Sin resultados válidos

Probetas de la misma muestra

6 probetas por camión:

- 2 a 7 días
- 2 a 28 días
- 2 a 60 días

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo 9 - Análisis de resistencias de probetas

Tipo de obra	Losa principal estación de servicio
Tipo de hormigón	H-25 (solicitado) y H-21 (proyecto)
Criterio de análisis	Norma IRAM 1666:86

Casos de aplicación

Identificación de la Probeta	Fechas		Edad (días)	Geometría de la probeta		Carga máxima (daN)	Resistencia a la compresión (MPa)
	Colado del Hormigón	Rotura de la probeta		Altura (mm)	Diámetro (mm)		
SP-8 (2)	13-Abr-09	12-May-09	29	300	150,2	36300	20,5
SP-8 (3)	13-Abr-09	12-May-09	29	300	150,3	39700	22,4
SP-9 (2)	13-Abr-09	12-May-09	29	301	149,6	43000	24,5
SP-9 (3)	13-Abr-09	12-May-09	29	301	149,8	48300	27,4
SP-10 (2)	13-Abr-09	12-May-09	29	300	150,1	48500	27,4
SP-10 (3)	13-Abr-09	12-May-09	29	300	149,5	49600	28,3

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo 9 - Análisis de resistencias de probetas

Tipo de obra	Losa principal estación de servicio
Tipo de hormigón	H-25 (solicitado) y H-21 (proyecto)
Criterio de análisis	Norma IRAM 1666:86

Casos de aplicación

ANÁLISIS H-25

Identificación probeta	Fecha moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1er Criterio		2do Criterio	
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	f'_{cm3}	$\geq 28,0$	f'_{c}	$\geq 21,3$
SP-8 (2)	23-12-10	29	20,5	21,5	9%	SI	-	-	21,5	SI
SP-8 (3)	23-12-10	29	22,4							
SP-9 (2)	23-12-10	29	24,5	26,0	11%	SI	-	-	26,0	SI
SP-9 (3)	23-12-10	29	27,4							
SP-10 (2)	23-12-10	29	27,4	27,7	3%	SI	25,1	NO	27,7	SI
SP-10 (3)	23-12-10	28	28,3							

Rechazo del lote como H-25 😞

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Ejemplo 9 - Análisis de resistencias de probetas

Tipo de obra	Losa principal estación de servicio
Tipo de hormigón	H-25 (solicitado) y H-21 (proyecto)
Criterio de análisis	Norma IRAM 1666:86

Identificación probeta	Fecha moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1er Criterio		2do Criterio	
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	f' cm3	$\geq 24,0$	f' c	$\geq 17,9$
SP-8 (2)	23-12-10	29	20,5	21,5	9%	SI	-	-	21,5	SI
SP-8 (3)	23-12-10	29	22,4							
SP-9 (2)	23-12-10	29	24,5	26,0	11%	SI	-	-	26,0	SI
SP-9 (3)	23-12-10	29	27,4							
SP-10 (2)	23-12-10	29	27,4	27,7	3%	SI	25,1	SI	27,7	SI
SP-10 (3)	23-12-10	28	28,3							

Casos de aplicación

ANÁLISIS H-21

Valorar los inconvenientes de bajas resistencias desde el punto de vista económico

El hormigón cumple con el proyecto

Aceptación del lote como H-21

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Ejemplo 10 - Análisis de resistencias de probetas

Tipo de obra	Piso industrial
Tipo de hormigón	H-21
Criterio de análisis	Reglamento CIRSOC 201:82

Casos de aplicación

NUMERO	FECHA DE		EDAD [días]	DIMENSIONES		CARGA ROTURA		TENSION DE ROTURA UNITARIA	
	CONFEC.	ROTURA		ϕ [mm]	h [mm]	[tn]	[daN]	UNITARIA	
								[kg/cm ²]	[MPa]
13-11 P 1	13/11/09	07/01/10	55	150	298	36,0	35304	200,0	20,0
16-11 P 2	16/11/09	07/01/10	52	150	299	26,0	25497	144,0	14,4
17-11 P 1	17/11/09	07/01/10	51	150	301	37,0	36285	205,0	20,5
17-11 P2	17/11/09	07/01/10	51	148	300	27,5	26968	157,0	15,7
18-11 P2	18/11/09	07/01/10	50	150	300	25,0	24517	139,0	13,9
20-11	20/11/09	07/01/10	48	150	300	34,0	33343	189,0	18,9

Una sola probeta por camión (de uno solo 2 probetas y > 15%)

Análisis Imposible Gran disparidad

Investigación métodos

Sin resultados válidos

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo 11 - Análisis de resistencias de probetas

Tipo de obra	Fundaciones esferas contenedoras gas
Tipo de hormigón	H-21
Criterio de análisis	Norma IRAM 1666:86

Casos de aplicación

Identificación indeleble	Fecha de Confección	Fecha de Rotura	Edad (Días)	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Carga de rotura leída (Tn)	Tensión de rotura corregida (MPa)
PTK	30/09/09	29/12/09	90	300	150,0	50,2	26,5
PTK	30/09/09	29/12/09	90	300	150,0	40,1	21,2
PTK	30/09/09	29/12/09	90	300	150,0	19,6	10,4
MURO	17/10/09	29/12/09	73	300	150,0	43,2	22,8
MURO	17/10/09	29/12/09	73	300	150,0	29,0	15,3
MURO	17/10/09	29/12/09	73	300	150,0	31,7	20,7
MURO	28/10/09	29/12/09	62	300	150,0	48,6	31,8
MURO	28/10/09	29/12/09	62	300	150,0	47,9	25,3
MURO	28/10/09	29/12/09	62	300	150,0	44,3	23,4
B Esc	20/11/09	29/12/09	39	300	150,0	27,6	14,6
B Esc	20/11/09	29/12/09	39	300	150,0	46,3	24,5
B Esc	20/11/09	29/12/09	39	300	150,0	38,0	20,0

Tres probetas por camión

Gran disparidad dentro del ensayo

Investigación métodos

Sin resultados válidos

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo 12 - Análisis de resistencias de probetas

Tipo de obra	Urbanización barrio
Tipo de hormigón	H-17 y H-21
Criterio de análisis	Reglamento CIRSOC 201:05 – Modo 2

Casos de aplicación

Identificación de la Probeta	Fechas		Edad (días)	Geometría de la probeta		Carga máxima (daN)	Resistencia a la compresión (MPa)
	Colado del Hormigón	Rotura de la probeta		Altura (mm)	Diámetro (mm)		
21-12 L T-10-11 N° 113	21-Dic-09	22-Mar-10	91	301	148,3	23300	13,5
31-12 S-18-19 L N° 118	31-Dic-09	22-Mar-10	81	300	148,6	26200	15,1
22-1 T y Cum S20-1 N° 123	22-Ene-10	22-Mar-10	59	300	148,9	28000	16,1
23-1 S-2-3 L N° 125	23-Ene-10	23-Mar-10	59	299	148,7	57400	33,1
20-2 L S 13-12 N° 134	20-Feb-10	24-Mar-10	32	300	148,9	41300	23,7
23-2 CTA CALLE 8 N° 138	23-Feb-10	25-Mar-10	30	300	148,7	40600	23,4
27-2 L S 8 9 N°135	27-Feb-10	26-Mar-10	27	299	148,8	21200	12,2
3-3 CTA T CALLE 12 N° 139	03-Mar-10	27-Mar-10	24	300	148,5	46300	26,7

Una sola probeta por día

Análisis Imposible Gran disparidad

Investigación métodos

Sin resultados válidos

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo 13 - Análisis de resistencias de probetas								Casos de aplicación		
Tipo de obra		Losa vivienda primer nivel								
Tipo de hormigón		H-17								
Criterio de análisis		Reglamento CIRSOC 201:82								
Fecha de Confección	Fecha de Rotura	Edad	Encabezado	Diámetro [cm]	Altura [cm]	Peso [kgf]	Peso Específico [kgf/m ³]	Carga Rotura Leida [Tn]	Carga Rotura Corregida 0,9932 [Tn]	Tension de Rotura Corregida [Mpa]
17-Feb	24-Feb	7 días	neopreno	15,0	30,2	11,7	2185	8,3	8,2	4,7
			neopreno	15,0	30,3	11,7	2181	7,8	7,7	4,4
	17-Mar	28 días	neopreno	15,0	30,1	11,7	2200	15,7	15,6	8,8
			neopreno	15,0	30,2	11,7	2196	14,5	14,4	8,1
	20-Abr	62 días	neopreno	15,0	30,1	11,4	2143	21,3	21,2	12,0
			neopreno	15,0	30,1	11,1	2094	22,6	22,4	12,7
	24-Feb	7 días	neopreno	10,0	20,0	3,5	2215	3,9	3,9	5,0
			neopreno	10,0	20,1	3,5	2204	4,2	4,2	5,3
	17-Mar	28 días	neopreno	10,0	20,1	3,4	2179	6,6	6,6	8,4
			neopreno	10,0	20,1	3,5	2192	6,1	6,1	7,8
	20-Abr	62 días	neopreno	10,0	20,0	3,3	2088	10,4	10,3	13,2
			neopreno	10,0	20,1	3,3	2090	10,7	10,6	13,5

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Ejemplo 13 - Análisis de resistencias de probetas								Casos de aplicación		
Tipo de obra		Losa vivienda primer nivel								
Tipo de hormigón		H-17								
Criterio de análisis		Reglamento CIRSOC 201:82								
Identificación probeta	Fecha Moldeo	Edad	Resistencia		Validez		1er Criterio		2º Criterio	
			Indiv.	Ensayo	Δ	?	f' cm ³	≥ 22,0	f' c	≥ 14,5
5	17-02-09	62	12,0	12,4	6%	SI	-	-	12,4	NO
6	17-02-09	62	12,7							
11	17-02-09	62	13,2	13,4	2%	SI	-	-	13,4	NO
12	17-02-09	62	13,5							

```

        graph TD
            A[Investigación métodos] --> B[Extracción de testigos]
            B --> C[Resultados positivos]
            B --> D[Resultados negativos]
            C --> E[Acceptación definitiva del lote]
            D --> F[Rechazo definitivo del lote]
    
```

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

33) Si los resultados de probetas son satisfactorios ¿Es suficiente para asegurar la resistencia de la estructura?

- En la mayor parte de las obras, si los **resultados de probetas curadas de manera normalizada son satisfactorios, son suficientes para garantizar la calidad de las estructuras**, siempre y cuando:

Se **realicen tal como lo indican los Reglamentos**, y según los **principales conceptos brindados en el presente trabajo**

Se debe conocer si existen **requisitos adicionales a las probetas** en las especificaciones particulares de **cada proyecto**, como END o extraer testigos

Si **hay dudas** de estos procedimientos deberán realizarse **estudios y ensayos complementarios**

- En algunos casos, como en **pavimentos**, existen disposiciones particulares, que independiente del resultado de probetas, **hay que extraer testigos**

Casos de aplicación

MANIPULEO

COLOCACIÓN

COMPACTACIÓN

ACABADO

PROTECCIÓN

CURADO

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

34) ¿Qué hacer cuando los resultados de probetas arrojan resultados no satisfactorios?

- En el caso de resultados de ensayo bajos, se deben reunir todos los reportes o informes y **analizar los resultados** antes de tomar cualquier acción

- ¿Viola realmente la secuencia de conformidad con las especificaciones?
- ¿Dan los informes de ensayo alguna pauta sobre las causas?
- ¿Existen al menos dos probetas “gemelas” ensayadas a la edad de diseño?
- ¿El rango de resistencia de 2 ó 3 probetas de la misma muestra exceden reiteradamente de un 8,0% o un 9,5% del promedio, respectivamente?
- Si existen probetas de la misma muestra ensayadas a edades diferentes ¿Existe un crecimiento “normal” o “esperado” de resistencias?
- En función de los registros ¿Las probetas bajas coinciden con elevados asentamientos, alto contenido de aire o bajas temperaturas?

- Si **cualquiera de las etapas del ensayo fue realizada de manera deficiente, es información perdida e imposible de recuperar**

- El **primer paso** para validar los informes es **verificar que los procedimientos empleados desde el muestreo al ensayo sean correctos**

Casos de aplicación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO


TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

34) ¿Qué hacer cuando los resultados de probetas arrojan resultados no satisfactorios?

Casos de aplicación

- En caso de **validar los ensayos**, deben **extraerse testigos de hormigón** pudiendo **complementarlos con ensayos no destructivos**, como esclerometría o ultrasonido, debidamente **calibrados con hormigones de obra**
- Se debe **acotar el lote o fracción de lote no conforme**
- Los testigos deben ser extraídos en lugares que **no afecten la estabilidad** de la estructura y, en lo posible, sin cortar armaduras



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO


TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

34) ¿Qué hacer cuando los resultados de probetas arrojan resultados no satisfactorios?

Casos de aplicación

- Aunque según el Reglamento **puede resultar muy sencillo es interpretar los resultados de testigos, no lo es en absoluto**
- Defectos inducidos por el mismo procedimiento de **extracción**; como por ejemplo movimiento de la fijación de la máquina durante la extracción
- En muchos casos aparecen **resultados erráticos** de testigos
 - Según análisis estadísticos (Norma ASTM E 178) sobre extracción de testigos (entre 3 y 20) en más de 25 obras, ha podido determinarse que generalmente aparece **1 resultado errático cada 6 u 8 testigos**
 - Los **Reglamentos establecen el concepto de resultados errático pero no lo definen**
 - Cuando existan resultados erráticos podrán **extraerse testigos adicionales** de la zona en estudio, a juicio del Director de Obras



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO



TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

34) ¿Qué hacer cuando los resultados de probetas arrojan resultados no satisfactorios?

- El **diámetro de la broca** influye en el resultado del ensayo; por ejemplo testigos de 4" dan resultados entre 3 y 7% superior a testigos de 3"
- Dirección de extracción **relativa a la del llenado**, presentándose resistencias un 7% superior cuando la extracción es paralela al llenado, respecto a la extracción de manera perpendicular al llenado
- Las **armaduras cortadas** pueden influir negativamente, debiendo analizar la rotura del testigo ensayado
- Pueden aparecer en coincidencia **defectos considerables de vibrado**
- El **hormigón de recubrimiento** puede presentar menor calidad

Casos de aplicación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

35) ¿Cómo analizar los resultados de resistencia de testigos?


- En la mayor parte de los reglamentos existe un **consenso que para evaluar los resultados de testigos** deben aplicarse **dos criterios**, que son **muy similares a los de las probetas**:

- 1) **La resistencia media de los testigos extraídos** del elemento estructural o del sector de la estructura que se analice, **debe ser igual o mayor que el 85% de la resistencia especificada**
- 2) **La resistencia individual de cada testigo** debe ser igual o mayor que el 75% de la resistencia especificada

$f'_{cmT} \geq 0,85 \cdot f'_{c}$
Condición 1 - Testigos

$f'_{ciT} \geq 0,75 \cdot f'_{c}$
Condición 2 - Testigos

Casos de aplicación



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Análisis de resistencias de testigos del Ejemplo 5

Tipo de obra	Losa maciza vivienda	
Tipo de hormigón	H-25	
Criterio de análisis	Norma IRAM 1666:86	

Designación del Testigo	Fechas		Edad (días)	Geometría del testigo (mm)				Carga rotura (daN)	Factor corrección esbeltez	Resistencia compresión (MPa)
	Colado del hormigón	Rotura del Testigo		Alturas		Diámetro	Esbeltez			
				s/ enc.	c/ enc.					
T1	15-Ene-10	20-Feb-10	36	98	104	82,9	1,83	6450	0,97	20,1
T2 (*)	15-Ene-10	20-Feb-10	36	61	65	60,1	1,01	--	0,87	-- (*)
T3	15-Ene-10	20-Feb-10	36	102	106	63,2	1,65	6250	0,98	19,5
T4	15-Ene-10	20-Feb-10	36	65	69	63,6	1,07	8400	0,88	23,3
T5	15-Ene-10	20-Feb-10	36	98	101	83,1	1,58	7300	0,96	22,4
T6	15-Ene-10	20-Feb-10	36	76	82	63,2	1,28	4750	0,93	14,1
T7	15-Ene-10	20-Feb-10	36	100	104	82,9	1,63	6050	0,97	18,8
T8 (*)	15-Ene-10	20-Feb-10	36	80	85	62,9	1,33	--	0,94	-- (*)
T9	15-Ene-10	20-Feb-10	36	105	109	63,1	1,70	7150	0,98	22,4

Edad de ensayo: 36 días
 Muy cercana a la de diseño
 Puede considerarse errático
 T6 (no se empleará)

H-25	f' cm T ≥ 21,3 MPa	Promedio	21,1
	f' ci T ≥ 18,8 MPa	Menor	18,8

Casos de aplicación

Aceptación del lote

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Análisis de resistencias de testigos del Ejemplo 6

Tipo de obra	Pilas de puente en autovía	
Tipo de hormigón	H-25 (solicitado) y H-21 (proyecto)	
Criterio de análisis	Norma IRAM 1666:86	

Designación del Testigo	Fechas		Edad (días)	Geometría del testigo (mm)				Carga rotura (daN)	Factor corrección esbeltez	Resistencia compresión (MPa)
	Colado hormigón	Rotura Testigo		Alturas		Diámetro	Esbeltez			
				s/enc	c/enc					
C.0.1.	25-Nov-09	01-Feb-10	68	139	144	72,2	1,99	9300	1,00	22,7
C.0.2.	25-Nov-09	01-Feb-10	68	142	148	72,3	2,04	9300	1,00	22,7
C.C.1. (I)	02-Dic-09	01-Feb-10	61	70	76	72,1	1,05	8350	0,88	18,1
C.C.1. (II)	02-Dic-09	01-Feb-10	61	75	80	72,1	1,11	8900	0,89	19,4
C.C.2.	02-Dic-09	01-Feb-10	61	119	123	72,1	1,71	8600	0,98	20,7
C.E.1.	28-Nov-09	01-Feb-10	65	118	123	72,2	1,70	10500	0,98	25,1
C.E.2.	28-Nov-09	01-Feb-10	65	130	135	72,1	1,87	10900	0,99	26,6

Edad de ensayo: 61-68 días
 Mayor a la de diseño
 No pueden aplicarse coeficientes "reductores" de resistencia
 Resultados erráticos
 No aparecen

H-25	f' cm T ≥ 21,3 MPa	Promedio	22,1
	f' ci T ≥ 18,8 MPa	Menor	18,8

Casos de aplicación

Aceptación del lote

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Análisis de resistencias de testigos del Ejemplo 7														
Tipo de obra		Losas y tabiques edificio oficinas												
Tipo de hormigón		H-21												
Criterio de análisis		Norma IRAM 1666:86												
NUMERO	FECHA DE HORMIG		EDAD [días]	φ [mm]	ALTURA			CARGA		TENSIÓN DE ROTURA		CONDIC HUMED	SENT. CARGA	OBS
	ROTURA	ROTURA			s/ENC [mm]	c/ENC [mm]	ROTURA [m]	CORREGIDA [tn]	[daN]	UNITARIA [kg/cm2]	[MPa]			
T 1	----	10/02/08	---	66,5	70,0	71,5	11,05	9,83	9644	283,2	28,3	SA	---	(1)
T 2	----	10/02/08	---	66,5	96,0	97,0	8,60	8,23	2069	236,9	23,7	SA	---	(1)
T 3	----	10/02/08	---	66,5	78,5	80,5	6,40	5,95	5532	171,2	17,1	SA	---	(1)
T 4	----	10/02/08	---	66,5	117,5	119,5	9,65	9,50	9312	273,4	27,3	SA	---	(1)
T 5	----	10/02/08	---	66,5	107,0	109,5	9,40	9,14	8960	263,1	26,3	SA	---	(1)
T 6	----	10/02/08	---	66,5	143,5	144,5	10,35	10,35	10150	298,0	29,8	SA	---	(1)
T 7	----	10/02/08	---	66,5	96,0	91,0	12,70	12,06	11827	347,2	34,7	SA	---	(1)
T 8	----	10/02/08	---	66,5	122,0	125,0	9,60	9,48	9301	273,1	27,3	SA	---	(1)

Edad de ensayo: > 120 días
 Superior a la de diseño

Puede considerarse errático
 mediante análisis estadístico
 T3 (no se empleará)

H-21

$f'_{cm T} \geq 17,9 \text{ MPa}$ → **28,2** Promedio

$f'_{ci T} \geq 15,8 \text{ MPa}$ → **23,7** Menor

H-30

$f'_{cm T} \geq 25,5 \text{ MPa}$

$f'_{ci T} \geq 22,5 \text{ MPa}$

CUMPLE H-30

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Análisis de resistencias de testigos del Ejemplo 8														
Tipo de obra		Fundaciones de escuela												
Tipo de hormigón		H-21												
Criterio de análisis		Reglamento CIRSOC 201-82												
NUMERO	FECHA DE HORMIG		EDAD [días]	φ [mm]	ALTURA			CARGA		TENSIÓN DE ROTURA		CONDIC HUMED	SENT. CARGA	OBS
	ROTURA	ROTURA			s/ENC [mm]	c/ENC [mm]	ROTURA [m]	CORREGIDA [tn]	[daN]	UNITARIA [kg/cm2]	[MPa]			
A1-1	30-Oct-09	31-Mar-10	152	105	109	62,5	1,74	6600	0,98	21,1				
A1-2 (*)	30-Oct-09	31-Mar-10	152	120	124	62,3	1,99	8580	1,00	(*)				
A1-3	30-Oct-09	31-Mar-10	152	132	138	62,4	2,21	5820	1,02	19,4				
L1-1	04-Nov-09	31-Mar-10	147	115	119	62,3	1,91	8240	0,99	26,8				
L1-2	04-Nov-09	31-Mar-10	147	147	152	62,4	2,43	6680	1,03	22,5				
H-21	$f'_{cm T} \geq 17,9 \text{ MPa}$		147	128	132	62,3	2,11	11080	1,00	34,1				
	$f'_{ci T} \geq 15,8 \text{ MPa}$		147	128	132	62,3	2,11	10380	1,01	36,7				
H-25	$f'_{cm T} \geq 22,1 \text{ MPa}$		140	142	147	62,4	2,36	4040	1,02	(***)				
	CUMPLE H-25		140	142	145	62,4	2,32	6750	1,02	22,5				
	$f'_{ci T} \geq 18,8 \text{ MPa}$		127	116	119	62,4	1,91	8500	0,99	27,5				
S1-3	24-Nov-09	31-Mar-10	127	120	124	62,4	1,99	6840	1,00	22,4				
G2-1	01-Dic-09	31-Mar-10	120	113	116	62,3	1,86	5920	0,99	19,2				
JA1-1	01-Dic-09	31-Mar-10	120	110	114	62,3	1,83	8760	0,99	28,4				

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Análisis de resistencias de testigos del Ejemplo 13

Tipo de obra	Losa vivienda primer nivel
Tipo de hormigón	H-17
Criterio de análisis	Reglamento CIRSOC 201:82

Casos de aplicación

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

ID	PESO (Kgr)	ALTURA (mm)	DIÁMETRO (mm)	ÁREA (cm²)	VOLUMEN (cm³)	PESO ESPECÍF (Kgr/m³)	CARGA ROTURA (Kgr)	TENSIÓN ROTURA (Kgr/cm²)
NO-1	0,70	101	6,65	34,73	350,77	1996	3135	90,27
NO-2	0,60	95	6,64	34,63	328,99	1824	3950	114,07
S	0,70	103	6,655	34,78	358,23	1954	3290	94,50
N	0,60	94	6,66	34,84	326,93	1835	3770	92,40
NE	0,70	100	6,655	34,78	347,80	2013	4360	125,35

Primera extracción de testigos

Edad de ensayo: 35 días
Muy cercana a la de diseño

Resultados erráticos
No aparecen

NO CUMPLE H-13

H-17	f' cm T ≥ 14,5 MPa	Promedio	10,3
	f' ci T ≥ 12,8 MPa	Menor	9,1
H-13	f' cm T ≥ 11,1 MPa	Promedio	10,3
	f' ci T ≥ 9,8 MPa	Menor	9,1

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Análisis de resistencias de testigos del Ejemplo 13

Tipo de obra	Losa vivienda primer nivel
Tipo de hormigón	H-17
Criterio de análisis	Reglamento CIRSOC 201:82

Casos de aplicación

Rechazo definitivo

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

Designación del Testigo	Fechas		Edad (días)	Geometría del testigo (mm)			Carga rotura (daN)	Factor corrección esbeltez	Resistencia compresión (MPa)	
	Colado del hormigón	Rotura del Testigo		Alturas (s/ enc. / c/ enc.)	Diámetro	Esbeltez				
T NO	17-Feb-09	24-Ago-09	188	118	121	66,7	1,81	3250	0,99	9,2
T N-1	17-Feb-09	24-Ago-09	188	110	115	66,5	1,73	2340	0,99	6,7
T N-2	17-Feb-09	24-Ago-09	188	101	105	66,4	1,58	4860	0,96	13,5
T E-1	17-Feb-09	24-Ago-09	188	90	94	66,5	1,41	2340	0,95	6,4
T E-2	17-Feb-09	24-Ago-09	188	97	102	66,6	1,53	5280	0,96	14,5

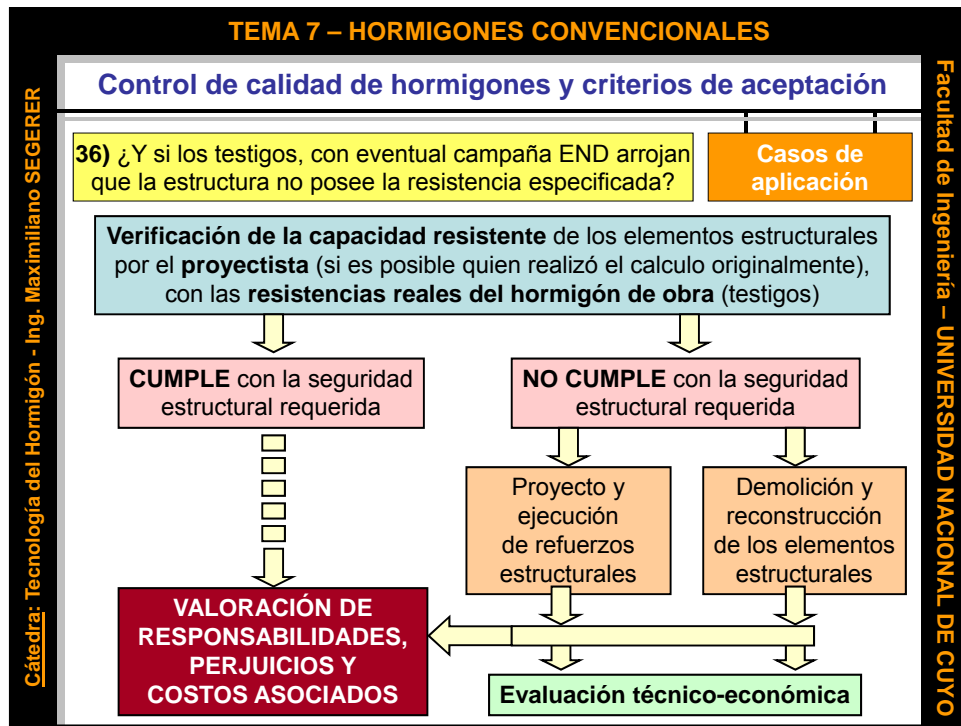
Segunda extracción de testigos

Edad de ensayo: 188 días
Muy superior a la de diseño

Resultados erráticos
No aparecen

CUMPLE H-8 a 180 días

H-17	f' cm T ≥ 14,5 MPa	Promedio	10,1
	f' ci T ≥ 12,8 MPa	Menor	6,4
H-8	f' cm T ≥ 6,8 MPa	Promedio	10,3
	f' ci T ≥ 6,0 MPa	Menor	6,4




TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

37) Alternativas fuera de reglamento, pero válidas para ciertas estructuras para evitar refuerzos o demolición **Casos de aplicación**

- Si bien no está indicado en el Reglamento, mediante **más de 5 casos reales de estudio** (losas alivianadas de barrios, tabiques de edificios, canales de riego, etc.) **aplicando un curado húmedo prolongado suele aumentar la resistencia hasta un 15-20% (una categoría resistente)**
- Salvo casos particulares, cuando el calculista no acepta la resistencia de los testigos es porque los hormigones son de baja resistencia y por ello son permeables. Un **curado húmedo por inundación o arpilleras con riegos frecuentes durante 60 días** (puede aplicarse a los 30 o 45 días cuando se tienen los resultados negativos), **suele ser efectivo**



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

37) Alternativas fuera de reglamento, pero válidas para ciertas estructuras para evitar refuerzos o demolición

- Siempre debe complementarse con ensayos después del curado. De esta manera se han “salvado” estructuras logrando una resistencia aceptable antes de la habilitación de la misma

Casos de aplicación




Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

MDZ

Se controlan SÓLO entre el 20% y 30% de las obras civiles (por más que el Reglamento indique obligatoriedad)

Los resultados de probetas en el Gran Mendoza del **hormigón elaborado son favorables en más de un 75-85% - CUMPLEN** para el cliente

Del 15-25% restante, en los casos que se realizan ensayos de testigos y/o END en estructuras, en **más del 90-95% arrojan resultados positivos (mala confección, curado o ensayo de probetas)**

De este % muy bajo de obras con resultados no favorables comprobados (< 1% obras con hormigones controlados), **en más del 50% el calculista aprueba la resistencia inferior** (recálculo por el profesional)
 De ser posible (losas, vigas) **pueden realizarse ensayos de carga**

En el ínfimo porcentaje que el calculista no acepta esa baja de resistencia, pueden realizarse **tareas de curado adicional** si la estructura ser habilitada en más de dos meses (caso más frecuente)
 En los casos que se ha efectuado este curado prolongado se comprueba suba de “1 categoría” (mediante nuevos testigos)


Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO

TEMA 7 – HORMIGONES CONVENCIONALES

Control de calidad de hormigones y criterios de aceptación

MDZ	Respecto al hormigón in-situ, no hay estadísticas confiables de que porcentaje se controla, pero es $< 5\%$
En los casos que se realizan ensayos de probetas en más del $> 80\%$ los resultados son DESFAVORABLES	
En los casos que se realizan END y/o testigos sobre estructuras llenadas con hormigones in-situ, $< 50\%$ resultan favorable	



Cátedra: Tecnología del Hormigón - Ing. Maximiliano SEGERER

Facultad de Ingeniería – UNIVERSIDAD NACIONAL DE CUYO