

IECA

Cádiz, 02 de junio de 2008

CURSO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

Unidad 1: Conceptos generales



Luis Fernández Luco
Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones

IECA

Unidad 1: Conceptos generales

1.1. El hormigón como material estructural (16:00 - 17:00)

- Hormigones que contempla la Instrucción EHE.
- Respuesta estructural del hormigón: comportamiento instantáneo, comportamiento diferido.
- Estimación de los parámetros de diseño según EHE
- Determinación experimental de los parámetros de diseño
- Hormigones especiales

1.2. Durabilidad del hormigón armado (17:00 - 18:00)

- Enfoque actual de la durabilidad según EHE– Tipos de ambientes considerados
- Corrosión de armaduras
- Condiciones necesarias para asegurar la durabilidad del hormigón
- Ensayos que permiten estimar la durabilidad potencial

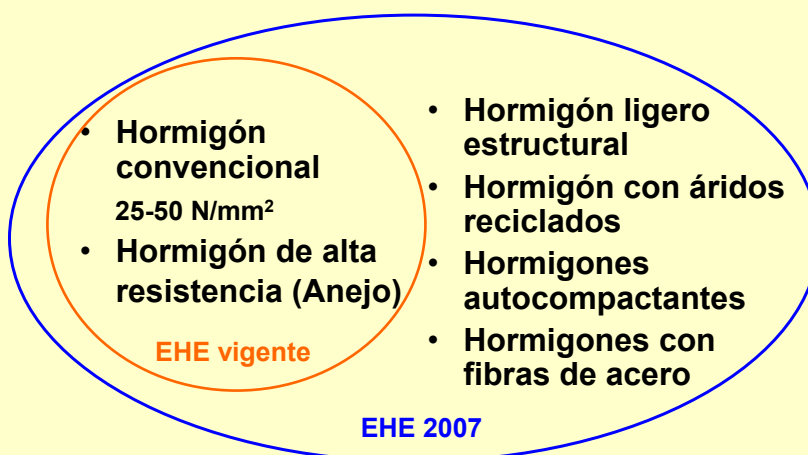
Cádiz, 02 de junio de 2008

El hormigón como material estructural

- Hormigones que contempla la Instrucción EHE.
- Respuesta estructural del hormigón: comportamiento instantáneo, comportamiento diferido.
- Estimación de los parámetros de diseño según EHE
- Determinación experimental de los parámetros de diseño
- Hormigones especiales

Cádiz, 02 de junio de 2008

¿Qué hormigones contempla la Instrucción EHE para su uso estructural?



Cádiz, 02 de junio de 2008

¿Qué propiedades deben tenerse en cuenta?

- | | | |
|---|---|--------------------------------|
| • Consistencia | → | • Prever defectos de ejecución |
| • Clase resistente | → | • Adecuarse al proyecto |
| • Verificación de cumplimiento de los requisitos de durabilidad | → | • Durabilidad |
| • Propiedades elásticas instantáneas | } | • Control de deformaciones |
| • Propiedades elásticas diferidas | | |
| • Estabilidad dimensional | | |
| • Otras | → | • Fatiga, abrasión, etc. |

Cádiz, 02 de junio de 2008

Comportamiento estructural del hormigón

- | | |
|-------------------------------|---|
| • Resistencia | <ul style="list-style-type: none"> • Resistencia especificada • Resistencia efectiva • Resistencia "potencial" |
| • Deformación | <ul style="list-style-type: none"> • Instantánea (módulo de elasticidad "E") • Diferida (creep) |
| – Dependiente de las cargas | |
| – Independiente de las cargas | <ul style="list-style-type: none"> • Retracción (autógena, por secado, térmica, etc.) |

Cádiz, 02 de junio de 2008

Comportamiento estructural del hormigón

- **Resistencia**
 - Resistencia especificada
 - Resistencia efectiva
 - Resistencia “potencial”
- **Deformación**
 - Dependiente de las cargas
 - Instantánea (módulo de elasticidad “E”)
 - Diferida (creep)
 - Independiente de las cargas
 - Retracción (autógena, por secado, térmica, etc.)

Cádiz, 02 de junio de 2008

EHE 39.1 Definiciones

- **Resistencia característica de proyecto, f_{ck}** es el valor que se adopta en el proyecto para la resistencia a compresión, como base de los cálculos. Se denomina también **resistencia característica especificada o resistencia de proyecto**.
- **Resistencia característica real, $f_{c\text{ real}}$** , de obra es el valor que corresponde al cuantil del 5 por 100 en la distribución de resistencia a compresión del hormigón colocado en obra.
- **Resistencia característica estimada, $f_{c\text{ est}}$** es el valor que estima o cuantifica la resistencia característica real de obra a partir de un número finito de resultados de ensayos normalizados de resistencia a compresión, sobre probetas tomadas en obra. Abreviadamente se puede denominar resistencia característica.

Cádiz, 02 de junio de 2008

IECA

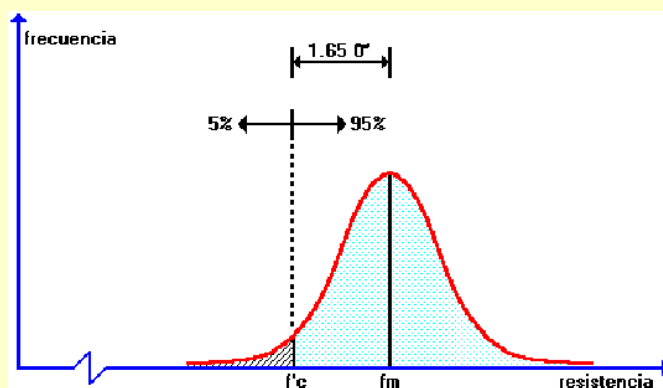
- Especificada
- Efectiva
- Potencial
- Corresponde a la resistencia característica. La resistencia de cálculo se obtiene dividiéndola por un coeficiente de seguridad γ_c
- Medida sobre testigos calados de la estructura
- Medida sobre probetas estándar, con curado estándar, a la edad de 28 días.

Cádiz, 02 de junio de 2008

IECA

Valor característico

- “A efectos de esta Instrucción, los valores característicos de la resistencia de los materiales (resistencia a compresión del hormigón y resistencia a compresión y tracción de los aceros) son los cuantiles correspondientes a una probabilidad 0,05.”



Cádiz, 02 de junio de 2008

IECA

Resistencia del hormigón

- ¿Qué información aporta?
- Índice de la calidad del hormigón
- ¿De qué depende?
- Cemento (tipo y contenido)
- Relación agua/cemento
- Curado / tiempo
- ¿Cómo se mide?
- Ensayo a compresión
- ¿Cómo se especifica?
- Valor característico / Clases resistentes
- ¿Cómo se verifica su cumplimiento?
- Muestras de hormigón (fresco o endurecido)

Cádiz, 02 de junio de 2008

IECA

La resistencia a compresión es un índice de la calidad del hormigón

- Para el mismo conjunto de materiales, al aumentar la resistencia a la compresión
- Aumenta la resistencia a la flexión y tracción
- Aumenta el módulo de elasticidad
- Mejora la durabilidad
- Aumenta la resistencia a la abrasión (desgaste)
- Pero puede aumentar la tendencia a la fisuración

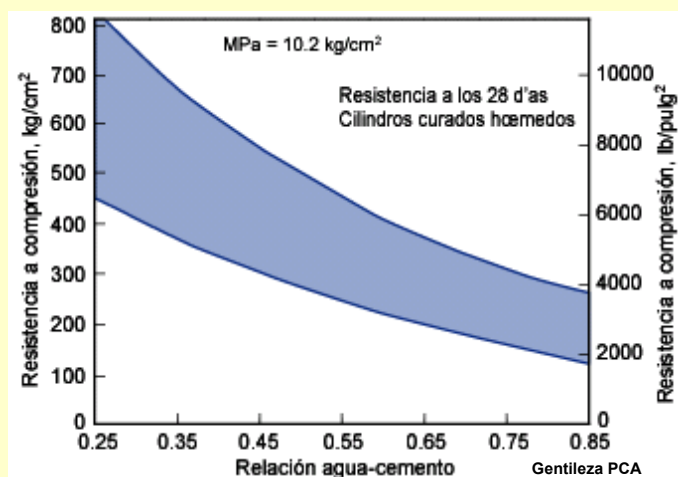
Cádiz, 02 de junio de 2008

Resistencia del hormigón

- ¿Qué información aporta?
- Índice de la calidad del hormigón
- ¿De qué depende?
- Cemento (tipo y contenido)
- Relación agua/cemento
- Curado / tiempo
- ¿Cómo se mide?
- Ensayo a compresión
- ¿Cómo se especifica?
- Valor característico / Clases resistentes
- ¿Cómo se verifica su cumplimiento?
- Muestras de hormigón (fresco o endurecido)

Cádiz, 02 de junio de 2008

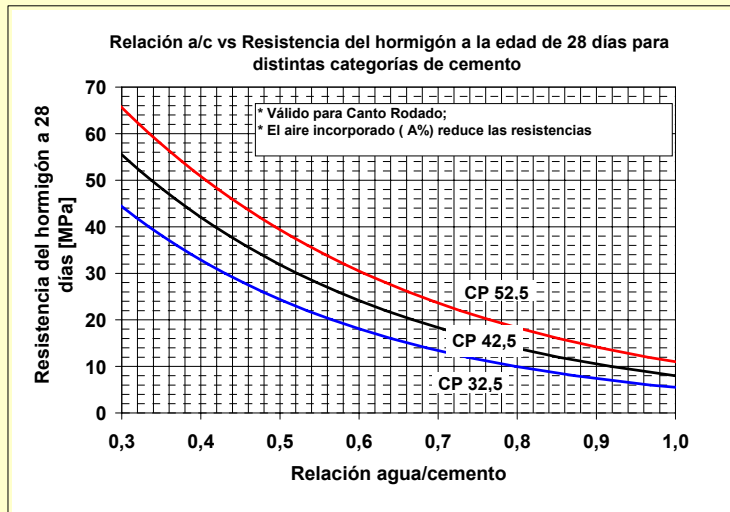
Curvas de Abrams, muestran la dependencia entre la relación agua/cemento y la resistencia a compresión



Cádiz, 02 de junio de 2008

IECA

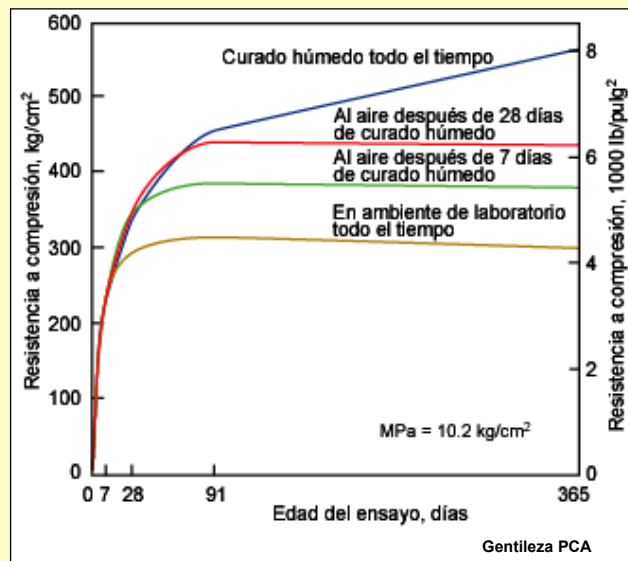
Curvas de diseño que tienen en cuenta la resistencia del cemento



Cádiz, 02 de junio de 2008

IECA

Influencia del curado en la evolución de la resistencia



Cádiz, 02 de junio de 2008

Resistencia del hormigón

- ¿Qué información aporta?
- ¿De qué depende?
- ¿Cómo se mide?
- ¿Cómo se especifica?
- ¿Cómo se verifica su cumplimiento?
- Índice de la calidad del hormigón
- Cemento (tipo y contenido)
- Relación agua/cemento
- Curado / tiempo
- Ensayo a compresión
- Valor característico / Clases resistentes
- Muestras de hormigón (fresco o endurecido)

Cádiz, 02 de junio de 2008

Valores aproximados de la resistencia a flexión y tracción

- **Resistencia a Compresión (f_c')**
 - 7 días — 75% de los 28 días
 - 56 y 90 días — 10% - 15% > 28 días
- **Resistencia a la Flexión (Módulo de Rotura)**
 - densidad normal — 8% - 12% de la f_c'
- **Resistencia a la Tensión (Tracción)**
 - tensión directa — 8% -12% de la f_c'
 - cortante o cisallamiento — 8% -14% de la f_c'

Gentileza PCA

Cádiz, 02 de junio de 2008

IECA

Resistencia del hormigón

- ¿Qué información aporta?
- ¿De qué depende?
- ¿Cómo se mide?
- ¿Cómo se especifica?
- ¿Cómo se verifica su cumplimiento?
- Índice de la calidad del hormigón
- Cemento (tipo y contenido)
- Relación agua/cemento
- Curado / tiempo
- Ensayo a compresión
- Valor característico / Clases resistentes
- Muestras de hormigón (fresco o endurecido)

Cádiz, 02 de junio de 2008

IECA

Tipificación y clases resistentes

T-R/C/TM/A

T: HM (hormigón en masa)
HA (hormigón armado)
HP (hormigón pretensado)

R: Resistencia característica especificada, en N/mm²
20 (HM), 25, 30, 35, 40, 45, 50 (HA, HP)

C: Letra inicial del tipo de consistencia (S, P, B, F)

TM: Tamaño máximo del árido (en mm)

A: Designación del ambiente

Cádiz, 02 de junio de 2008

Resistencia del hormigón

- ¿Qué información aporta?
- Índice de la calidad del hormigón
- ¿De qué depende?
- Cemento (tipo y contenido)
- Relación agua/cemento
- Curado / tiempo
- ¿Cómo se mide?
- Ensayo a compresión
- ¿Cómo se especifica?
- Valor característico / Clases resistentes
- ¿Cómo se verifica su cumplimiento?
- Muestras de hormigón (fresco o endurecido)

Cádiz, 02 de junio de 2008

Verificación del cumplimiento

- Control de producción
- Fabricante / productor
- Control de recepción
- Recepción en obra (Dirección facultativa / Constructor)

Verificación del cumplimiento de la clase resistente se realiza a partir del cálculo de la resistencia característica estimada, a partir de un número finito de resultados de ensayo de probetas estándar

Cádiz, 02 de junio de 2008

Comportamiento estructural del hormigón

• Resistencia

- Resistencia especificada
- Resistencia efectiva
- Resistencia "potencial"

• Deformación

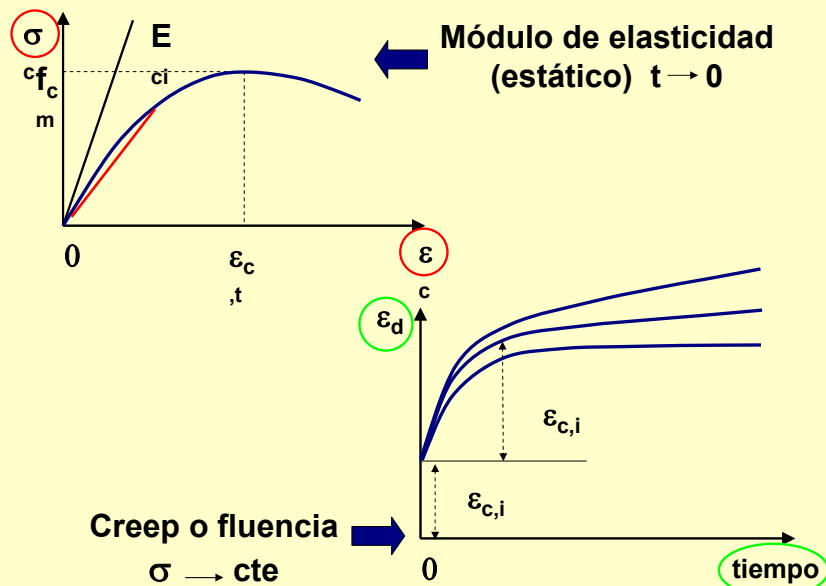
– Dependiente de las cargas

- Instantánea (módulo de elasticidad "E")
- Diferida (creep)

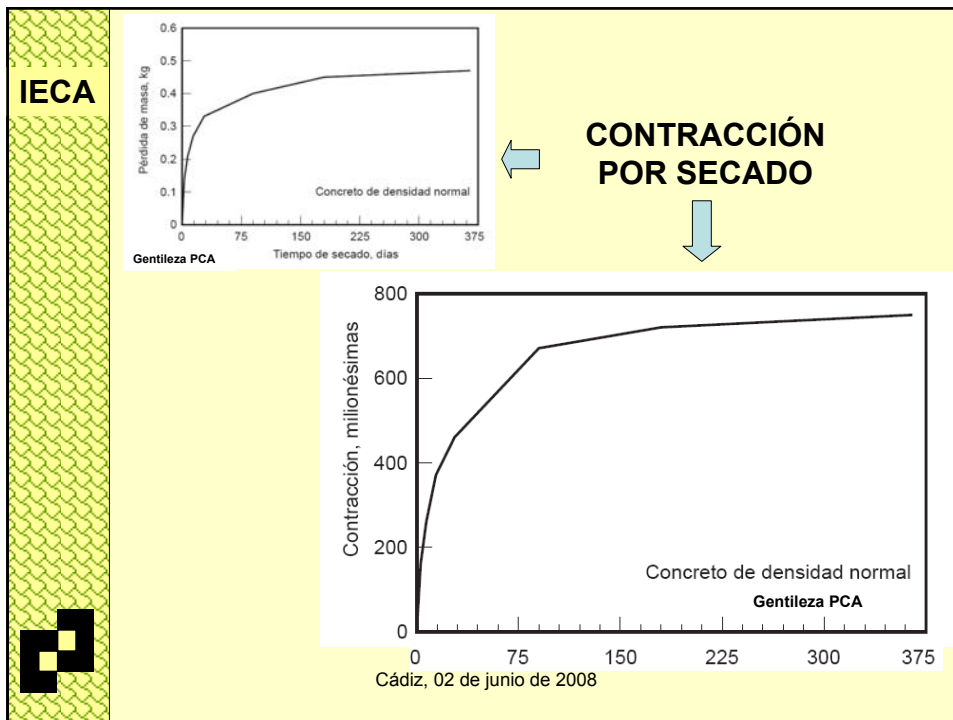
– Independiente de las cargas

- Retracción (autógena, por secado, térmica, etc.)

Cádiz, 02 de junio de 2008



Cádiz, 02 de junio de 2008



IECA

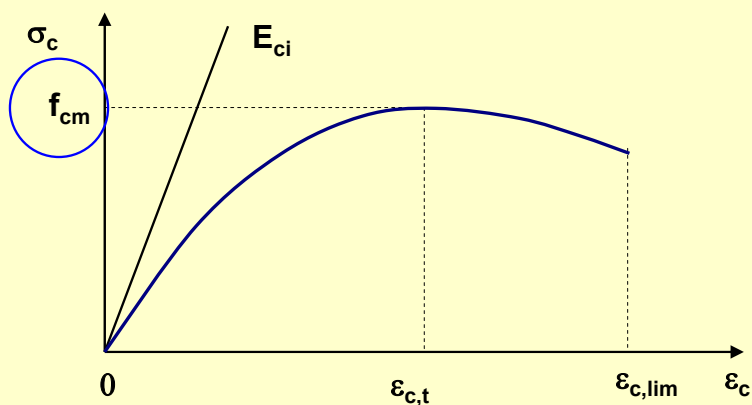
El hormigón como material estructural

- Hormigones que contempla la Instrucción EHE.
- Respuesta estructural del hormigón: comportamiento instantáneo, comportamiento diferido.
- Estimación de los parámetros de diseño según EHE
- Determinación experimental de los parámetros de diseño
- Hormigones especiales

Cádiz, 02 de junio de 2008

Estimación del diagrama tensión-deformación

f_{ck}	25	30	35	40	45	50
E_{ci}	32,0	33,5	35,0	36,5	37,5	38,5
$\epsilon_{c,lim} (x 10^3)$	4,0	3,7	3,5	3,3	3,2	3,0



Cádiz, 02 de junio de 2008

Estimación de la resistencia a la tracción $f_{ct,k}$

Si no se dispone de resultados de ensayos, podrá admitirse que la resistencia característica inferior a tracción $f_{ct,k}$ (correspondiente al cuantil del 5 por 100) viene dada, en función de la resistencia característica de proyecto a compresión f_{ck} , por la fórmula:

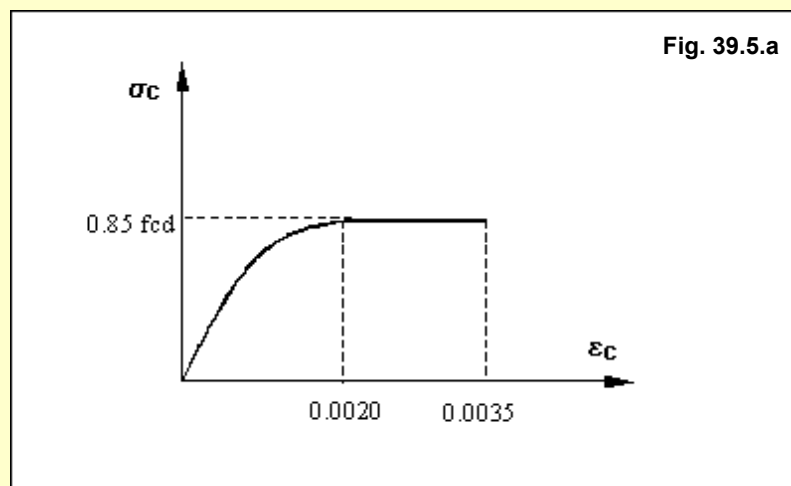
$$f_{ct,k} = 0,21 \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

Los valores de la resistencia media a tracción $f_{ct,m}$ puede estimarse, a falta de resultados de ensayos, mediante:

$$f_{ct,m} = 0,30 \sqrt[3]{f_{ck}^2}$$

En todas estas fórmulas, $f_{ct,k}$, f_{ck} y $f_{ct,m}$ están expresadas en N/mm^2 .

Cádiz, 02 de junio de 2008

Simplificación (para su aplicación) del diagrama
tensión - deformación

Cádiz, 02 de junio de 2008

Estimación del módulo de elasticidad estático

Módulo de deformación longitudinal inicial del hormigón
a la edad de j días, puede tomarse igual a:

$$E_{0j} = 10.000 \sqrt[3]{f_{cm,j}}$$

donde: $f_{cm,j}$ es la resistencia media a compresión del hormigón
a j días de edad y debe expresarse en N/mm^2 para obtener E_{0j}
en N/mm^2 .

- Como **módulo instantáneo de deformación longitudinal secante** E_j (pendiente de la secante), se adoptará:

$$E_j = 8.500 \sqrt[3]{f_{cm,j}}$$

Cádiz, 02 de junio de 2008

Estimación del creep

La deformación dependiente de la tensión, en el instante t , para una tensión constante $\sigma_{(t_0)}$, menor que $0,45f_{cm}$, aplicada en t_0 , puede estimarse de acuerdo con el criterio siguiente:

$$\varepsilon_{c\sigma}(t, t_0) = \sigma(t_0) \left(\frac{1}{E_{0,t_0}} + \frac{\varphi(t, t_0)}{E_{0,28}} \right)$$

donde t_0 y t se expresan en días.

$E_{0,28}$ Módulo de deformación longitudinal inicial del hormigón a los 28 días de edad, definido en 39.6.

E_{0,t_0} Módulo de deformación longitudinal inicial del hormigón en el instante t_0 de aplicación de la carga, definido en 39.6.

$\varphi_{(t,t_0)}$ Coeficiente de fluencia.

Cádiz, 02 de junio de 2008

Estimación del coeficiente de fluencia

El coeficiente de fluencia puede obtenerse mediante la siguiente formulación:

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \beta_c(t - t_0)$$

Donde:

$$\varphi_0 = \varphi_{HR} \beta(f_{cm}) \beta(t_0) \left\{ \begin{array}{l} \varphi_{HR} = 1 + \frac{100 - HR\%}{9,9e^{1/3}} \\ \beta(f_{cm}) = \frac{16,8}{\sqrt{f_{ck} + 8}} \\ \beta(t_0) = \frac{1}{0,1 + t_0^{0,2}} \end{array} \right.$$

Cádiz, 02 de junio de 2008

El hormigón como material estructural

- Hormigones que contempla la Instrucción EHE.
- Respuesta estructural del hormigón: comportamiento instantáneo, comportamiento diferido.
- Estimación de los parámetros de diseño según EHE
- Determinación experimental de los parámetros de diseño
- Hormigones especiales

Cádiz, 02 de junio de 2008

Ensayo de resistencia a compresión de una probeta moldeada



Cádiz, 02 de junio de 2008

IECA

Determinación del módulo resistente a flexión (MR)



La carga se aplica en los tercios para disponer del tercio central sin cortante.



Cádiz, 02 de junio de 2008

IECA

Determinación de la resistencia a la tracción por compresión diametral



La carga se aplica según un diámetro.

Puede aplicarse a cilindros y también a cubos o prismas



Cádiz, 02 de junio de 2008

IECA

Determinación del módulo de elasticidad estático en compresión

La carga se aplica en
sentido axial.

La deformación se
mide empleando un
compresómetro que
acompaña al
hormigón en su
deformación.



Cádiz, 02 de junio de 2008

IECA

Determinación del creep o fluencia lenta



La carga se aplica en
sentido axial.

La deformación se
mide empleando un
“compresómetro”
que acompaña al
hormigón en su
deformación, o por
medio de galgas.



Cádiz, 02 de junio de 2008

Determinación de la contracción por secado



Se mide la deformación longitudinal

La deformación se mide empleando un marco de referencia, con una barra de invar.



Cádiz, 02 de junio de 2008

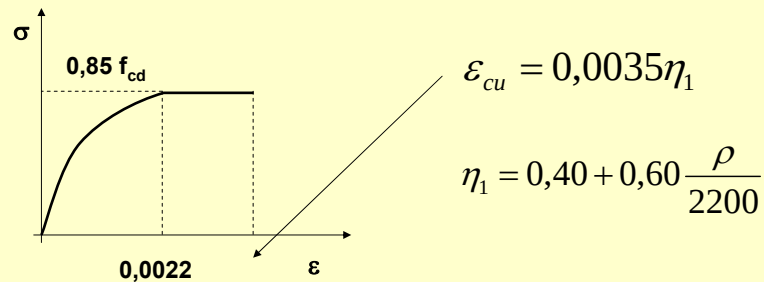
El hormigón como material estructural

- Hormigones que contempla la Instrucción EHE.
- Respuesta estructural del hormigón: comportamiento instantáneo, comportamiento diferido.
- Estimación de los parámetros de diseño según EHE
- Determinación experimental de los parámetros de diseño
- Hormigones especiales

Cádiz, 02 de junio de 2008

¿Cómo se consideran los hormigones especiales?

- La aplicación de parámetros de corrección que modifican las fórmulas anteriores
- Por ejemplo, el diagrama tensión-deformación (parábola-rectángulo) del hormigón ligero, es idéntico, pero limitando la deformación de rotura



Cádiz, 02 de junio de 2008

Unidad 1: Conceptos generales

1.1. El hormigón como material estructural (16:00 - 17:00)

- Hormigones que contempla la Instrucción EHE.
- Respuesta estructural del hormigón: comportamiento instantáneo, comportamiento diferido.
- Estimación de los parámetros de diseño según EHE
- Determinación experimental de los parámetros de diseño
- Hormigones especiales

1.2. Durabilidad del hormigón armado (17:00 - 18:00)

- Enfoque actual de la durabilidad según EHE– Tipos de ambientes considerados
- Corrosión de armaduras
- Condiciones necesarias para asegurar la durabilidad del hormigón
- Ensayos que permiten estimar la durabilidad potencial

Cádiz, 02 de junio de 2008

Durabilidad del hormigón armado

- Enfoque actual de la durabilidad según EHE
 - Tipos de ambientes considerados
- Corrosión de armaduras
- Condiciones necesarias para asegurar la durabilidad del hormigón
- Ensayos que permiten estimar la durabilidad potencial

Cádiz, 02 de junio de 2008

Durabilidad del hormigón y de las armaduras

- La durabilidad de una estructura de hormigón es su capacidad para soportar, durante la vida útil para la que ha sido proyectada, las condiciones físicas y químicas a las que está expuesta, y que podrían llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a las cargas y solicitaciones consideradas en el análisis estructural.
- Acciones para la etapa de proyecto
- Acciones durante la fase de ejecución

Cádiz, 02 de junio de 2008

Bases de cálculo orientadas a la durabilidad

- Se deberá identificar el tipo de ambiente que defina la agresividad a la que va a estar sometido cada elemento estructural.
- El tipo de ambiente viene definido por el conjunto de condiciones físicas y químicas a las que está expuesto, y que puede llegar a provocar su degradación
- El tipo de ambiente viene definido por la combinación de:
 - Una de las clases generales de exposición, frente a la corrosión de las armaduras, de acuerdo con 8.2.2.
 - las clases específicas de exposición relativas a los otros procesos de degradación que procedan para cada caso, de entre las definidas en 8.2.3.
 - Acciones conjuntas (+)

Cádiz, 02 de junio de 2008

Consideraciones generales relativas a la durabilidad

- **No agresivo**
- **Corrosión de las armaduras**
 - Por carbonatación
 - Por cloruros
- **Ataque químico**
 - Velocidad lenta
 - Velocidad media
 - Velocidad rápida de ataque
- **Ataque físico**
 - Hielo-deshielo
 - Abrasión

Cádiz, 02 de junio de 2008

IECA

CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso	
no agresiva		I	Ninguno	- interiores de edificios, no sometidos a condensaciones - elementos de hormigón en masa
normal	humedad alta	Ila	corrosión de origen diferente de los cloruros	- interiores sometidos a humedades relativas medias altas (>65%) o a condensaciones - exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. - elementos enterrados o sumergidos.
	humedad media	Ilb	corrosión de origen diferente de los cloruros	- exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm
Marina	aérea	IIla	corrosión por cloruros	- elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar - elemento exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km)
	sumergida	IIlb	corrosión por cloruros	- elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar
	en zona de mareas	IIlc	corrosión por cloruros	- elementos de estructuras marinas situadas en la zona de carrera de mareas
con cloruros de origen diferente del medio marino		IV	corrosión por cloruros	- instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el ambiente marino - superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas.

Cádiz, 02 de junio de 2008

IECA

CLASE ESPECÍFICA DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso	
Química agresiva	débil	Qa	ataque químico	- elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad lenta (ver Tabla 8.2.3.b)
	media	Qb		- elementos en contacto con agua de mar - elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad media (ver Tabla 8.2.3.b)
	fuerte	Qc		- elementos situados en ambientes con contenidos de sustancias químicas capaces de provocar la alteración del hormigón con velocidad rápida (ver Tabla 8.2.3.b)

Cádiz, 02 de junio de 2008

Durabilidad del hormigón armado

- Enfoque actual de la durabilidad según EHE y EN 206 – Tipos de ambientes considerados
- Corrosión de armaduras
- Condiciones necesarias para asegurar la durabilidad del hormigón
- Ensayos que permiten estimar la durabilidad potencial

Cádiz, 02 de junio de 2008

Corrosión de armaduras

El hormigón protege a las armaduras por un doble efecto:

- a) efecto barrera (físico)
- b) pH básico del medio, que es capaz de formar una capa pasiva

La protección cesa cuando se rompe la capa pasiva de las armaduras y ésta queda en condiciones de corroerse

¿Cuándo se rompe esa capa pasiva?

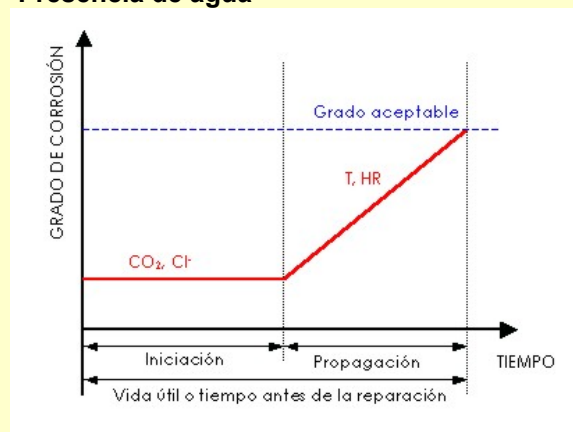
- Por acción del CO_2 del aire (carbonatación)
- Por acción de iones cloruro

Cádiz, 02 de junio de 2008

¿Qué ocurre una vez que se ha perdido la condición de pasivación?

La corrosión avanza si se dan las condiciones para ello:

- ⇒ Presencia de oxígeno
- ⇒ Presencia de agua



Cádiz, 02 de junio de 2008

Durabilidad del hormigón armado

- Enfoque actual de la durabilidad según EHE y EN 206 – Tipos de ambientes considerados
- Corrosión de armaduras
- Condiciones necesarias para asegurar la durabilidad del hormigón
- Ensayos que permiten estimar la durabilidad potencial

Cádiz, 02 de junio de 2008

Estrategia para la durabilidad

- Selección de formas estructurales adecuadas, de acuerdo con lo indicado en 37.2.2.
- Consecución de una calidad adecuada del hormigón y, en especial de su capa exterior, de acuerdo con indicado en 37.2.3.
- Adopción de un espesor de recubrimiento adecuado para la protección de las armaduras, según 37.2.4 y 37.2.5.
- Control del valor máximo de abertura de fisura, de acuerdo con 37.2.6.
- Disposición de protecciones superficiales en el caso de ambientes muy agresivos, según 37.2.7.
- Adopción de medidas contra la corrosión de las armaduras, conforme a lo indicado en 37.4.

Cádiz, 02 de junio de 2008

Estrategia para la durabilidad

- Selección de formas estructurales adecuadas, de acuerdo con lo indicado en 37.2.2.
- Consecución de una calidad adecuada del hormigón y, en especial de su capa exterior, de acuerdo con indicado en 37.2.3.
- Adopción de un espesor de recubrimiento adecuado para la protección de las armaduras, según 37.2.4 y 37.2.5.
- Control del valor máximo de abertura de fisura, de acuerdo con 37.2.6.
- Disposición de protecciones superficiales en el caso de ambientes muy agresivos, según 37.2.7.
- Adopción de medidas contra la corrosión de las armaduras, conforme a lo indicado en 37.4.

Cádiz, 02 de junio de 2008

Selección de formas estructurales adecuadas

- Se procurará evitar el empleo de diseños estructurales que sean especialmente sensibles frente a la acción del agua.
- Evitar o minimizar el contacto con el agua
- Disponer los sistemas necesarios para la ventilación y drenaje de oquedades internas.
- Se deberá prever, en la medida de lo posible, el acceso a todos los elementos de la estructura, estudiando la conveniencia de disponer sistemas específicos que faciliten la inspección y el mantenimiento durante la fase de servicio.

Cádiz, 02 de junio de 2008

Estrategia para la durabilidad

- Selección de formas estructurales adecuadas, de acuerdo con lo indicado en 37.2.2.
- Consecución de una calidad adecuada del hormigón y, en especial de su capa exterior, de acuerdo con indicado en 37.2.3.
- Adopción de un espesor de recubrimiento adecuado para la protección de las armaduras, según 37.2.4 y 37.2.5.
- Control del valor máximo de abertura de fisura, de acuerdo con 37.2.6.
- Disposición de protecciones superficiales en el caso de ambientes muy agresivos, según 37.2.7.
- Adopción de medidas contra la corrosión de las armaduras, conforme a lo indicado en 37.4.

Cádiz, 02 de junio de 2008

Calidad adecuada del hormigón: Límites a la relación a/c y al contenido de cemento por durabilidad

Tabla 37.3.2.a Máxima relación agua/cemento y mínimo contenido de cemento para diferentes clases de exposición

	Tipo de hormigón	I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc
Max.	Masa	0,65	-	-	-	-	-	-	0,50	0,50	0,45
	Armado	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,45
a/c	Prentens.	0,60	0,60	0,55	0,50	0,45	0,45	0,45	0,50	0,45	0,45
Mín CUC Kg/m ³	masa	200	-	-	-	-	-	-	275	300	325
	Armado	250	275	300	300	325	350	325	325	350	350
	Prentens.	275	300	300	300	325	350	325	325	350	350

Cádiz, 02 de junio de 2008

Estrategia para la durabilidad

- Selección de formas estructurales adecuadas, de acuerdo con lo indicado en 37.2.2.
- Consecución de una calidad adecuada del hormigón y, en especial de su capa exterior, de acuerdo con lo indicado en 37.2.3.
- Adopción de un espesor de recubrimiento adecuado para la protección de las armaduras, según 37.2.4 y 37.2.5.
- Control del valor máximo de abertura de fisura, de acuerdo con 37.2.6.
- Disposición de protecciones superficiales en el caso de ambientes muy agresivos, según 37.2.7.
- Adopción de medidas contra la corrosión de las armaduras, conforme a lo indicado en 37.4.

Cádiz, 02 de junio de 2008

Recubrimientos

- El recubrimiento de hormigón es la distancia entre la superficie exterior de la armadura (incluyendo cercos y estribos) y la superficie del hormigón más cercana.

$$r_{nom} > \phi$$

$$r_{nom} > 0,8 \text{ TM} \text{ ó } 1,25 \text{ TM si dificulta el paso del hormigón}$$

$$r_{nom} > r_{min}$$

$$r_{nom} = r_{mín} + \Delta r$$

Δr es función del nivel de control de ejecución

En cualquier caso, el recubrimiento no será inferior a lo indicado en la tabla siguiente:

Cádiz, 02 de junio de 2008

Recubrimientos mínimos

f _{ck} [N/mm ²]	Tipo de elemento	RECUBRIMIENTO MÍNIMO [mm] SEGÚN LA CLASE DE EXPOSICIÓN (**)									
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc
25 ≤ f _{ck} < 40	general	20	25	30	35	35	40	35	40	(*)	(*)
	elementos prefabricados y láminas	15	20	25	30	30	35	30	35	(*)	(*)
f _{ck} ≥ 40	general	15	20	25	30	30	35	30	35	(*)	(*)
	elementos prefabricados y láminas	15	20	25	25	25	30	25	30	(*)	(*)

Cádiz, 02 de junio de 2008

Estrategia para la durabilidad

- Selección de formas estructurales adecuadas, de acuerdo con lo indicado en 37.2.2.
- Consecución de una calidad adecuada del hormigón y, en especial de su capa exterior, de acuerdo con indicado en 37.2.3.
- Adopción de un espesor de recubrimiento adecuado para la protección de las armaduras, según 37.2.4 y 37.2.5.
- Control del valor máximo de abertura de fisura, de acuerdo con 37.2.6.
- Disposición de protecciones superficiales en el caso de ambientes muy agresivos, según 37.2.7.
- Adopción de medidas contra la corrosión de las armaduras, conforme a lo indicado en 37.4.

Cádiz, 02 de junio de 2008

Abertura máxima de fisura

Clase de exposición	$w_{\text{máx}}$ [mm]	
	Hormigón armado	Hormigón pretensado
I	0,4	0,2
Ila, IIb, H	0,3	0,2 ¹⁾
IIla, IIIb, IV, F	0,2	Descompresión
IIIc, Qa, Qb, Qc	0,1	

Cádiz, 02 de junio de 2008

Prescripciones respecto a la calidad del hormigón

- Selección de materias primas acorde con lo indicado en los Artículos 26º al 36º.
- Dosificación adecuada, según lo indicado en el Apartado 37.3.1, así como en el Artículo 68º.
- Puesta en obra correcta, según lo indicado en el Artículo 70º.
- Curado del hormigón, según lo indicado en el Artículo 74º.
- Resistencia acorde con el comportamiento estructural esperado y congruente con los requisitos de durabilidad.

Cádiz, 02 de junio de 2008

Durabilidad del hormigón armado

- Enfoque actual de la durabilidad según EHE y EN 206 – Tipos de ambientes considerados
- Corrosión de armaduras
- Condiciones necesarias para asegurar la durabilidad del hormigón
- Ensayos que permiten estimar la durabilidad potencial

Cádiz, 02 de junio de 2008

Valoración de la durabilidad potencial de manera experimental

- Ensayos directos
 - Medida de la carbonatación
 - Medida del ingreso de cloruros
- Ensayos indirectos
 - Ensayo de penetración de agua
 - Ensayos de permeabilidad a los gases
 - Medida de la resistividad
 - Medida de la succión capilar

Cádiz, 02 de junio de 2008