

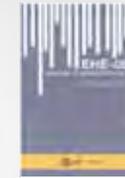
EHE-08

control del hormigón

manuel_vera
Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA)

control_del
hormigón

1. Introducción

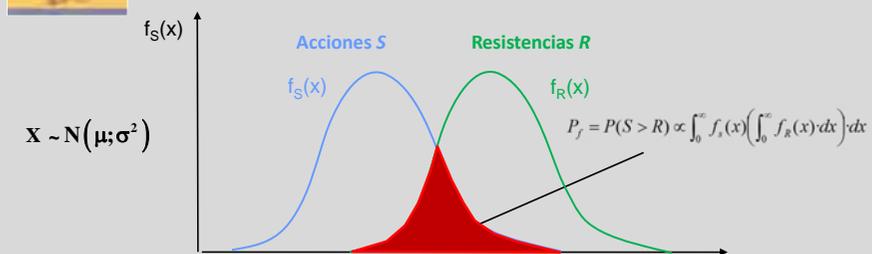


control_del
hormigón

1. Introducción

Tratamiento de la seguridad $S \leq R$

Probabilidad de fallo P_f
 $P_f (S > R)$



Índice de fiabilidad β

$$\frac{\bar{r} - \bar{s}}{\sqrt{S_s^2 + S_r^2}}$$

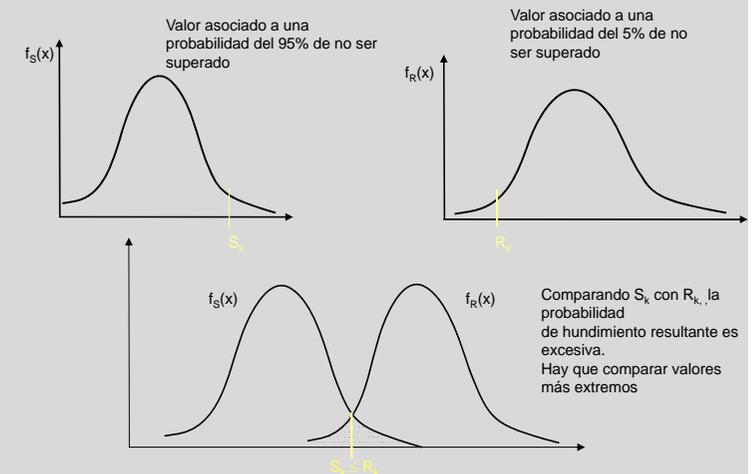
control_del
hormigón

1. Introducción

Tratamiento de la seguridad $S \leq R$

S_k : valor característico
 $S \rightarrow f_S(x) \rightarrow S_k$

R : variable aleatoria
 $R \rightarrow f_R(x) \rightarrow R_k$



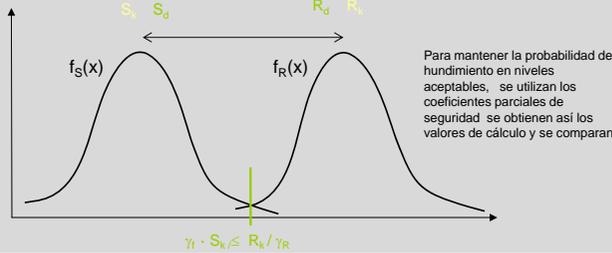
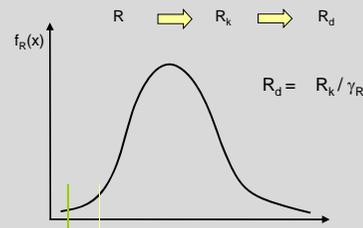
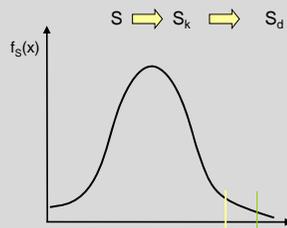


1. Introducción

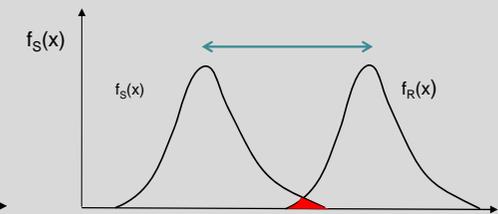
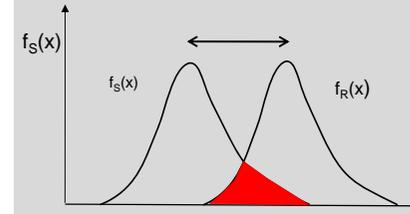
Tratamiento de la seguridad $S \leq R$

S_d : valor de cálculo

R_d : valor de cálculo



1. Introducción



1. Introducción

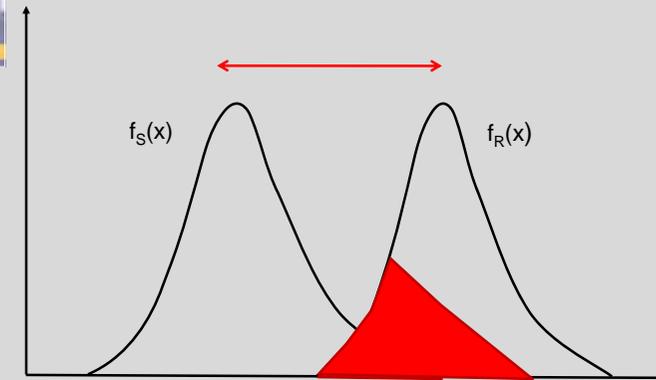
- Se exigen procedimiento más sostenible y con **menor consumo de recursos**

- Se **aumenta la confianza** en el hormigón:

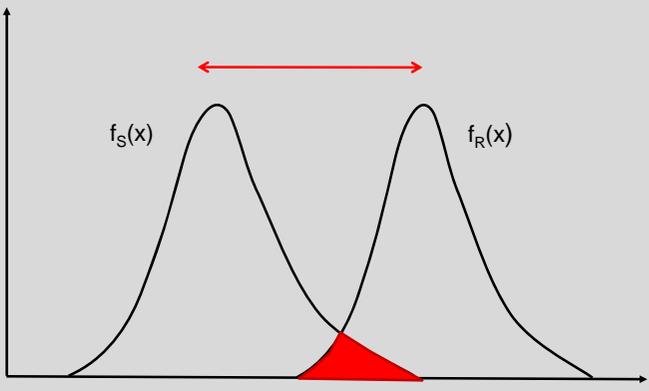
- Coeficiente de cansancio
- Coeficiente parcial de seguridad de materiales
- Coeficiente parcial de seguridad de acciones
- Menores cuantías mínimas de armadura



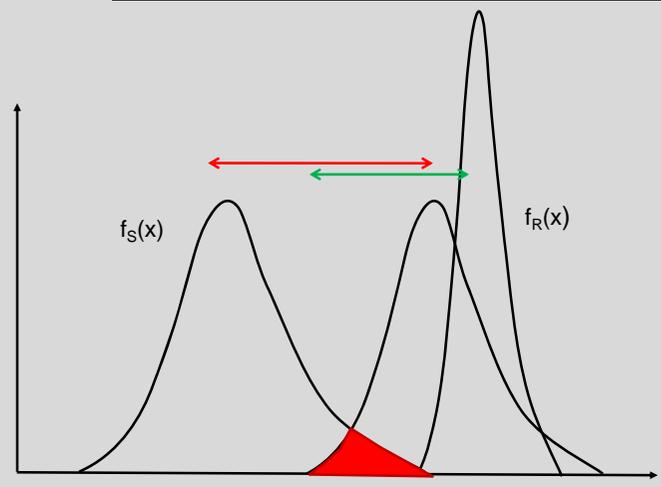
1. Introducción



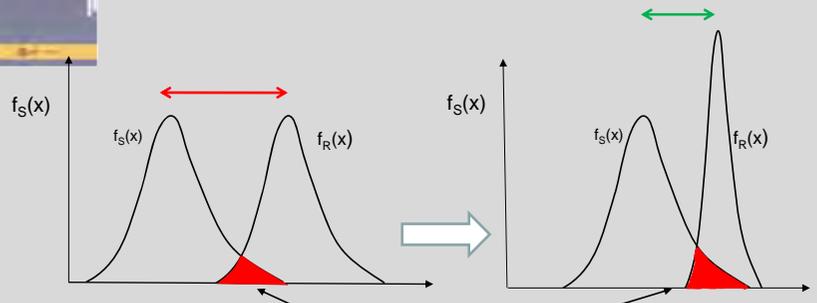
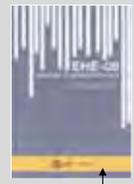
1. Introducción



1. Introducción



1. Introducción



Igual Probabilidad de fallo Pf

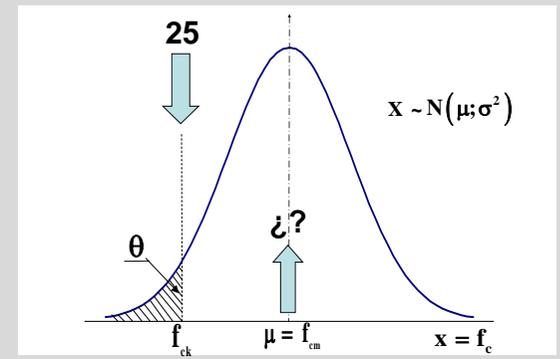
Más caro y menos justificado

Mas sostenible. Menor coste global

1. Introducción



Hormigón especificado:

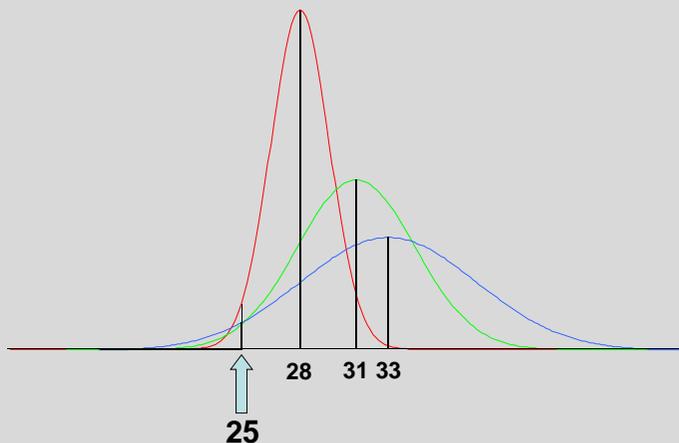


$f_{ck} \equiv$ Resistencia especificada

$\theta \equiv$ Fracción subnominal



1. Introducción



2. Bases generales



Laboratorio
de la
**Dirección
Facultativa**



Laboratorio
del
**Suministrador
de hormigón**



Laboratorio
del
Constructor



2. Bases generales

► **Distintivos Oficialmente Reconocidos (Art. 81):** Suponen un nivel de garantía adicional al mínimo (EHE o CE).

► **Distintivos Oficialmente Reconocidos** suponen ventajas a nivel de:

- proyecto
- control

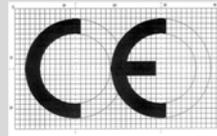




3. Control del hormigón

► **Control de recepción (genérico):** comprobar que las características técnicas cumplen lo exigido. 2 opciones (Art. 84):

1ª ► **Si dispone de Marcado CE** ¡el hormigón **no está regulado** por directiva comunitaria de marcado CE!



2ª ► **Si no dispone de marcado CE :**

- **Control documental** general
- Si lo tiene, control documental de un **D.O.R.**
- Si procede, **ensayos**



3. Control del hormigón

3.1. Documentación

3.2. Ensayos y aceptación



3. Control del hormigón

3.1. Documentación

► **Resumen de documentación del hormigón:**

Antes

- **Certificado de dosificación (obligatorio salvo DOR)** **NUEVO**
- Certificado de ensayos previos y característicos de resistencia (cuando no exista experiencia demostrable en el tipo de hormigón)
- Componentes del hormigón: Áridos (CE), Cemento (CE o RD1313/88, DOR), Aditivos (CE, DOR)

Durante

- Albaranes

Al finalizar

- **Certificado de los hormigones suministrados** **NUEVO**
- **Documentación que certifique suministro de cemento SR en planta**



3. Control del hormigón

3.1. Documentación

Al finalizar

Certificado de suministro

CERTIFICADO DE SUMINISTRO

Nombre de la empresa suministradora: _____
 Nombre y cargo del responsable del suministro: _____
 Dirección: _____
 Identificación del declarante (nombre, domicilio, teléfono, documento de identificación: ICRNF/Pasaporte): _____

Certifico:

Que la empresa: _____
 Identificación del declarante (nombre, domicilio, teléfono, documento de identificación: ICRNF/Pasaporte): _____
 ha entregado en _____ los suministros que a continuación
 Lugar de recepción del material o producto: _____
 se detallan:

Fecha	Nº Albarán	Identificación del producto o material	Cantidad

Durante el período transcurrido entre la declaración de estar en posesión de un distintivo de calidad reconocido oficialmente y el último suministro, no se ha producido ni suspensión, ni retirada del citado distintivo. (En el caso de que fuese aplicable)

Declaro bajo mi responsabilidad la conformidad del suministro arriba detallado con las disposiciones establecidas en la Instrucción de Hormigón Estructural EHE-08, aprobada mediante Real Decreto 1247/2009 de 18 de julio.

Lugar, fecha y firma

control_del hormigón

3. Control del hormigón

3.1. Documentación

Antes






Certificado de dosificación:
Ensayos caract. de dosificación

DOSIFICACIÓN REAL

↕

RESISTENCIA

$$\bar{x}_3 - 1,35(x_3 - x_1) \geq f_{ck}$$

↕

DURABILIDAD (PENETRACIÓN DE AGUA)

*Sólo para ambientes ≠ I, IIa, IIb





control_del hormigón

3. Control del hormigón

3.1. Documentación

Ensayos previos al suministro → Ensayos previos → E. características de resistencia → E. características de dosificación

Para la **penetración** debe cumplir que (no es necesario hacer estos ensayos para ambientes I, IIa, o IIb):

Clase de exposición ambiental	Especificaciones para las profundidades máximas	Especificaciones para las profundidades medias
IIIc, Qc, Qb (sólo en el caso de elementos prefabricados)	$Z_m = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{3} < 30 \text{ mm}$ $Z_1 < 40 \text{ mm}$	$T_m = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} < 20 \text{ mm}$ $T_1 < 27 \text{ mm}$
IIIa, IIIb, IV, Qa, E, H, F, Qb (en el caso de elementos en masa o armados)	$Z_m = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{3} < 50 \text{ mm}$ $Z_1 < 65 \text{ mm}$	$T_m = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} < 30 \text{ mm}$ $T_1 < 40 \text{ mm}$
I, IIa, IIb (sin clase específica)	No requiere esta comprobación	No requiere esta comprobación





3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación

CONTROL DEL HORMIGÓN: ENSAYOS Y ACEPTACIÓN DURANTE EL SUMINISTRO



3. Control del hormigón

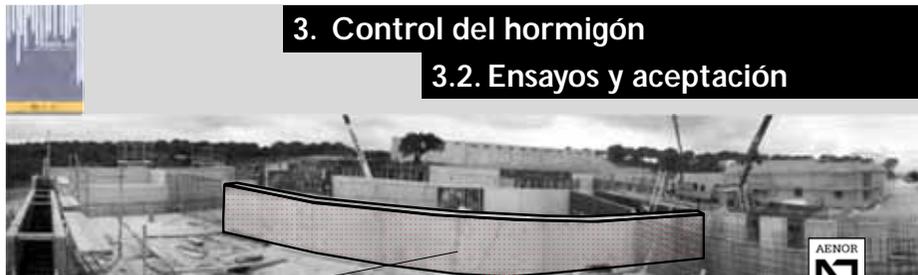
3.2. Ensayos y aceptación

CONTROL DEL HORMIGÓN (Art. 86)

- Se comprobará durante su recepción **en obra**.
- Las muestras se tomarán a la salida del transporte, a media descarga
- Parámetros de hormigón endurecido: **28 días**
- Característica siempre **valor medio de dos determinaciones**
- **Lote** de control vs. **Amasadas** controladas vs. **Determinación**
- Es recomendable la visita a la planta. Implantación de un control de producción, gestión de los acopios de materiales (recomendable si no tiene D.O.R., hormigones especiales...)

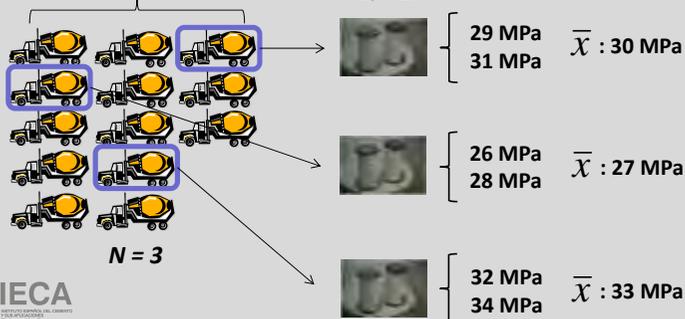
3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación



100 m³
HA-25

n₂₈ = 2



3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación

Ensayos:

- norma EN 12390-2 y -3
- refrentar sólo 1 cara. Recorridos relativos (p = 2 ó 3)
- desmoldar entre 16h y 3 días
- conservación en obra (sol, viento, golpes):

Temperatura de exposición	f _c (N/mm ²)	Período máximo de permanencia de los probetas en la obra
15 °C-20 °C	< 25	72 horas
15 °C-20 °C	≥ 25	34 horas
15 °C-20 °C	Cualquiera	34 horas

Probetas:

- cilíndricas Ø15x30cm
- cúbicas de 15
- cúbicas de 10, si TMA<12 y fck>50 MPa

$$f_c = \lambda_{cil,cub15} \cdot f_{c,cúbica}$$

Resistencia en probeta cúbica, f _c (N/mm ²)	λ _{cil,cub15}
f _c < 60	0,90
60 ≤ f _c < 80	0,95
f _c ≥ 80	1,00

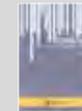


3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación

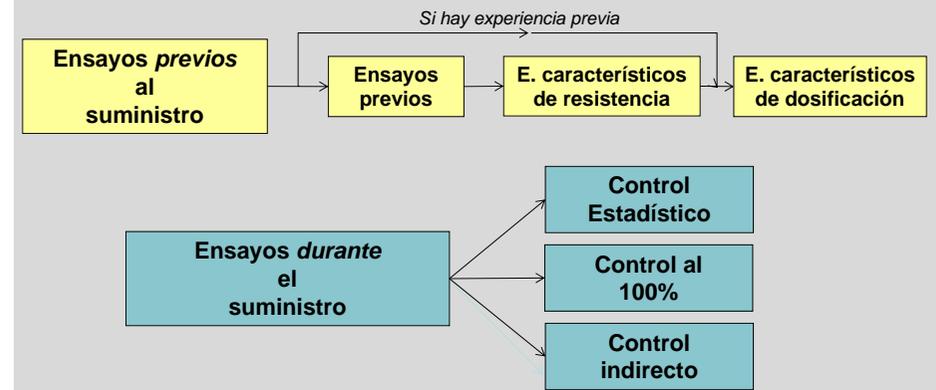
Importancia de la **conservación** en obra (sol, viento, golpes):

Rango de temperatura	f_{ck} (N/mm ²)	Periodo máximo de permanencia de las probetas en la obra
15 °C-30 °C	< 35	72 horas
	≥ 35	24 horas
15 °C-35 °C	Cualquiera	24 horas



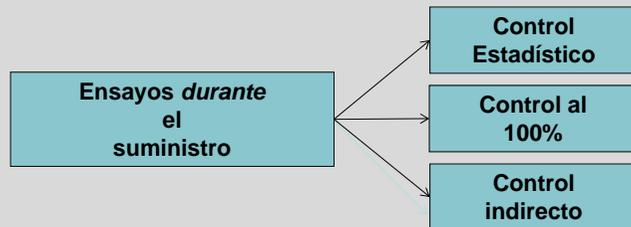
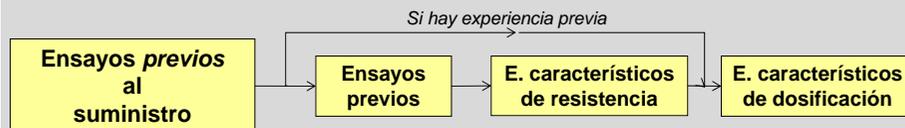
3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación



3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación



3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación

CONTROL DEL HORMIGÓN

Control al 100% (Art. 86.5.5):

- Es de aplicación para casos especiales de mucha responsabilidad, ya que requiere ensayar **TODAS LAS AMASADAS (N)**

- Criterio de aceptación:

$$f_{c,real} \geq f_{ck}$$

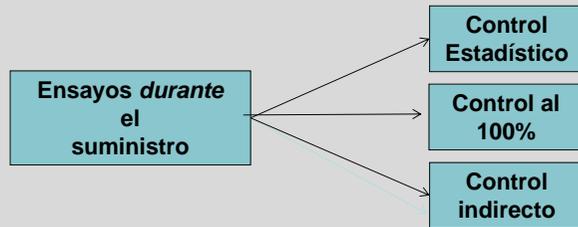
- Siendo $f_{c,real}$

- El valor menor de los resultados de las amasadas, si son menos de 21
- El valor correspondiente al que ocupa el lugar $n=0,05N$ (si se ordenan de menor a mayor), redondeando por exceso. Por ejemplo, entre 21 y 40 amasadas, sería el 2º más bajo.



3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación



3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación

CONTROL DEL HORMIGÓN

Control indirecto de la resistencia (Art. 86.5.6):

- Es de aplicación sólo en los casos:
 - El hormigón tenga D.O.R., y
 - El ambiente sea I o II, y
 - Viviendas de poca envergadura (hasta 2 plantas, o 4 si sólo flexión)
- ¡Pero hay que considerar $f_{cd} = 10 \text{ MPa}$!
- Criterio de aceptación:

La docilidad sea correcta en 4 determinaciones al día

- Aplicación real: Hormigones no estructurales



3. Control del hormigón

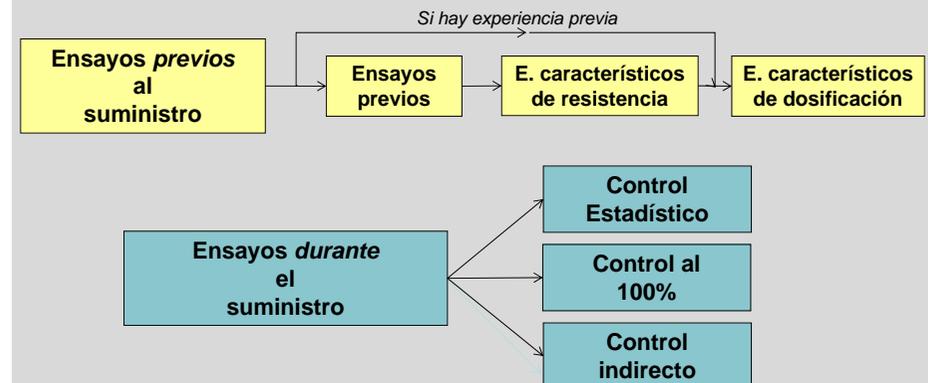
3.2. Ensayos y aceptación

	Control al 100 por 100	Control Indirecto
Característica principal	Se controla la resistencia de todas las amasadas (camiones)	No se comprueba la resistencia de ninguna amasada
Criterio de aceptación	Hasta el 5% de las resistencias de las amasadas pueden ser inferiores a la característica (conformidad = aceptación)	Sólo control de la consistencia, 4 veces por jornada. No se controla la resistencia
Aprovechamiento del hormigón en cuanto a resistencia	Alto	Muy bajo (10 Mpa)
Coste del control	Alto	Bajo
Otras características	Permite aceptar amasadas con resistencias por debajo de la característica	Entre otros requerimientos, el hormigón debe estar en posesión de un D.O.R.



3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación





3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación

CONTROL DEL HORMIGÓN

Control estadístico (Art 86.5.4)

Es el de aplicación general en todas las obras

Procedimiento:

1º Definir los lotes

2º Ensayar N amasadas (camiones) por cada lote

3º Decidir la aceptación



3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación

CONTROL DEL HORMIGÓN

Control estadístico. 1º paso: definición de los lotes

- La división en lotes: Plan de Control - Programa de Control.
- Mínimo nº de lotes en una obra: 3.
- Tamaño máximo de los lotes:

Limite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizas (rapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m³	100 m³	100 m³
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m²	1.000 m²	—
Número de plantas	2	2	—



3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación

CONTROL DEL HORMIGÓN

Control estadístico. 1º paso: definición de los lotes

Si el hormigón dispone de D.O.R., los lotes pueden mutiplicarse **x 5**
(D.O.R. según apartado 5.1 del Anejo 19)

Limite superior	TIPO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES		
	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a flexión (vigas, forjados de hormigón, tableros de puente, muros de contención, etc.)	Macizas (rapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m³	100 m³	100 m³
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m²	1.000 m²	—
Número de plantas	2	2	—

Annotations: **1500 m³!** (pointing to 100 m³), **6 sem.** (pointing to 2 semanas)



3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación

CONTROL DEL HORMIGÓN

Control estadístico. 2º paso: N amasadas controladas

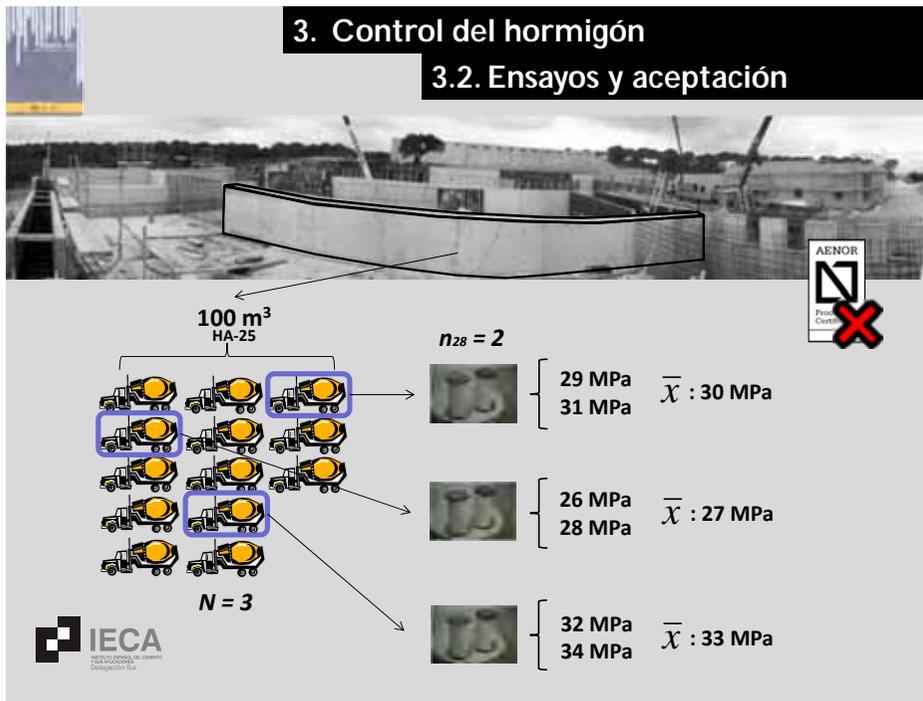
- Por cada lote antes definido, se realiza ensayo a N amasadas (cada amasada, a su vez, tendrá 2 probetas o determinaciones)

Resistencia característica especificada en proyecto f_{ck} (N/mm²)	Hormigones con distintivo de calidad oficialmente reconocido con nivel de garantía conforme con el apartado 5.1 del Anejo n° 19	Otras casas
$f_{ck} < 30$	$N \geq 1$	$N > 3$
$35 \leq f_{ck} < 50$	$N \geq 1$	$N > 4$
$f_{ck} > 50$	$N = 2$	$N > 6$

- La posesión de un D.O.R., de nuevo, permite reducir el número de amasadas ensayadas por cada lote

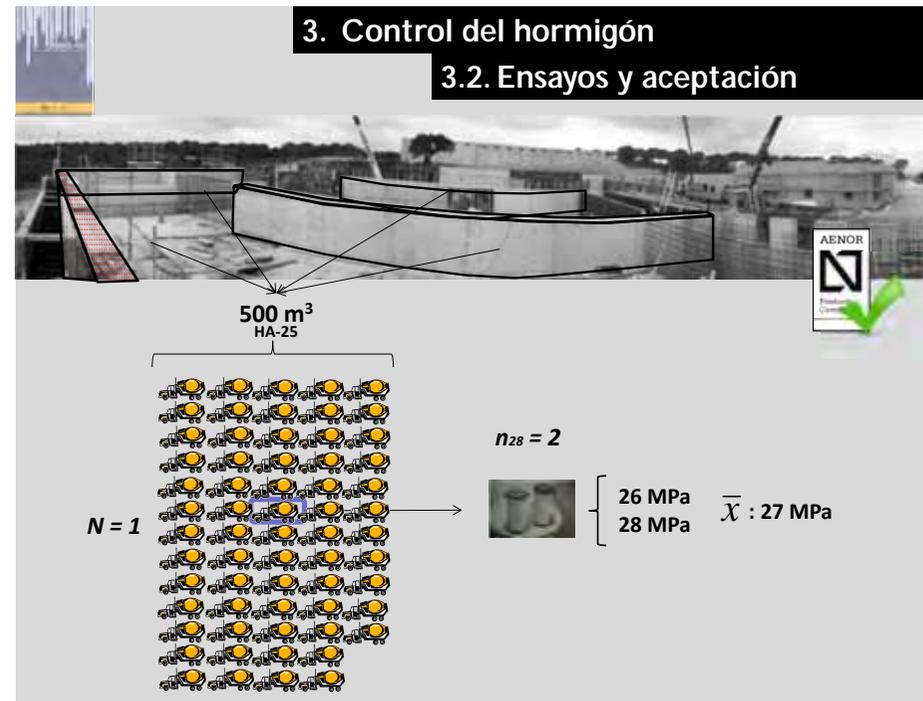
3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación



3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación



control_del
hormigón

3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación

Criterios de aceptación:

Depende de que el hormigón:

- 1 Tenga D.O.R.
- 2 No tenga D.O.R., fabricación inicial
- 3 No tenga D.O.R., fabricación continua

Caso de control estadístico	Criterio de aceptación	Observaciones
Control de identificación		
1	$x_i \geq f_{ck}$	
Control de recepción		
2	$f(\bar{x}) = \bar{x} - K_2 s_{2N} \geq f_{ck}$	
3	$f(x_{(N)}) = x_{(N)} - K_3 s_{35}^c \geq f_{ck}$	A partir de la amasada 37 ^a $3 \leq N \leq 6$ A las amasadas anteriores a la 37 ^a , se les aplicará el criterio n° 2

control_del
hormigón

3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación

Criterios de aceptación

- 1 Con D.O.R.



Caso de control estadístico	Criterio de aceptación	Observaciones
Control de identificación		
1	$x_i \geq f_{ck}$	
Control de recepción		
2	$f(\bar{x}) = \bar{x} - K_2 s_{2N} \geq f_{ck}$	
3	$f(x_{(N)}) = x_{(N)} - K_3 s_{35}^c \geq f_{ck}$	A partir de la amasada 37 ^a $3 \leq N \leq 6$ A las amasadas anteriores a la 37 ^a , se les aplicará el criterio n° 2



3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación

Criterios de aceptación

- 1 Con D.O.R.: Es un control de identificación.



$$x_i \geq f_{ck}$$

- Si no se cumpliera la condición de la tabla, y sólo en el caso 1 (es decir, hormigones con D.O.R.), se permite la aceptación cuando

$$x_i \geq 0,9 f_{ck} \quad f(\bar{x}) = \bar{x} - 1,645\sigma \geq 0,9 f_{ck}$$

Siendo la media la del valor que no cumple más los 14 anteriores

Si no se identificara correctamente -> 6 lotes sin reducir.



3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación

Criterios de aceptación

- 2 Sin D.O.R., fabricación inicial



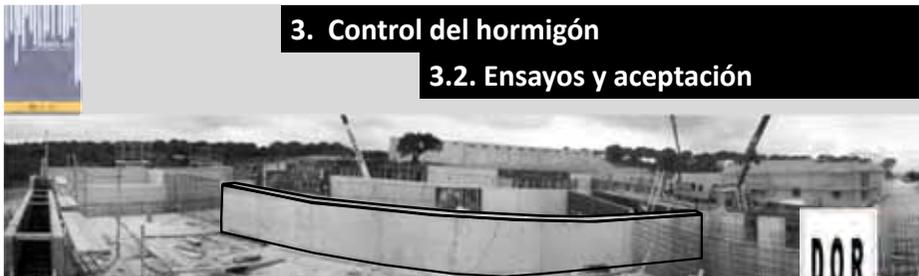
Caso de control estadístico	Criterio de aceptación	Observaciones
Control de identificación		
1	$x_i \geq f_{ck}$	
Control de recepción		
2	$f(\bar{x}) = \bar{x} - K_2 s_N \geq f_{ck}$	
3		

Coeficiente	Número de ensayos controlados (N)			
	3	4	5	6
K_2	1,02	0,82	0,72	0,66
K_3	0,85	0,67	0,55	0,43



3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación



$n_{28} = 2$



29 MPa $\bar{x} : 30$ MPa
31 MPa

Caso 2: sin D.O.R., fabricación inicial:

$$f(\bar{x}) = \bar{x} - K_2 r_N \geq f_{ck}$$



26 MPa $\bar{x} : 27$ MPa
28 MPa

$$30 - 1,02 \cdot 6 \not\geq 25 \quad \text{X}$$



32 MPa $\bar{x} : 33$ MPa
34 MPa



Aproximación para N_1 en H-25 y H-30

MEDIA - RECORRIDO > CARACTERÍSTICA



3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación

Criterios de aceptación

- 3 Sin D.O.R., fabricación continua



Caso de control estadístico	Coeficiente	Número de ensayos controlados (N)			
		3	4	5	6
1	x_i	1,02	0,82	0,72	0,66
	K_3	0,85	0,67	0,55	0,43
Control de recepción					
2		$f(\bar{x}) = \bar{x} - K_2 s_N \geq f_{ck}$			
3		$f(x_{10}) = x_{10} - K_3 s_{35} \geq f_{ck}$			

A partir de la amasada 37ª
 $3 < N \leq 6$
A las amasadas anteriores a la 37ª,
se les aplicará el criterio nº 2



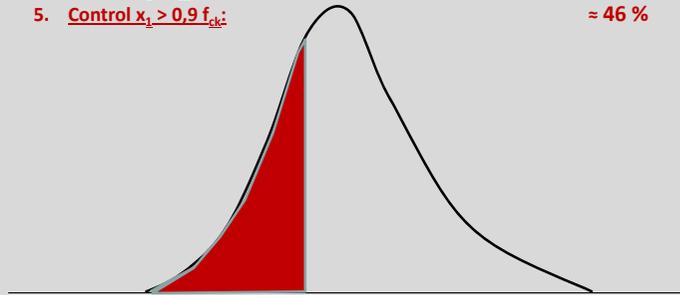


3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación

Cuantil en el que se centran las distribuciones de resistencia estimada de los criterios de aceptación

- 1. Hormigón con D.O.R.: < 5 %
- 2. Hormigón sin D.O.R., fabricación inicial: 5 %
- 3. Hormigón sin D.O.R., fabricación continua: 5 %
- 4. Control $x_i > f_{ck}$: ≈ 20 %
- 5. Control $x_i > 0,9 f_{ck}$: ≈ 46 %



*Calculado con N=3, s=3,5 MPa



3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación

CONTROL DEL HORMIGÓN

Formación de lotes y criterios de aceptación en el control de la recepción o identificación

Lotificación de productos

Caso 1 – Con DOR

Caso 2 – Sin DOR

Caso 3 – Sin DOR (+37)

Comparación casos

Simulación para P.A.



3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación



HA-25/B/20/Ila



HA-25/B/20/Ila

Misma tipificación. Misma fecha.



3. Control del hormigón

3.2. Ensayos y aceptación

CONTROL DEL HORMIGÓN

Ensayos del hormigón. Consecuencias del rechazo:

- 1º
 - Ensayos de **información complementaria (Art. 86.8)** (por iniciativa de la Dirección o de cualquier otro agente, o incumplimiento del control estadístico)
 - Rotura de probetas fabricadas y conservadas en condiciones de obra
 - Rotura de probetas testigo
 - Métodos no destructivos fiables
- 2º
 - Si los anteriores confirman el rechazo, es necesario un **estudio específico de la seguridad de los elementos afectados** por el hormigón del lote rechazado:
- 3º
 - En su caso, **pruebas de carga (Art. 101.2)**

