

MEMORIA

Anejo 5.- PLAN DE CONTROL DE LA CALIDAD



PLAN DE CONTROL

1. ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO

1.1. CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO.

Los muros de contención se han proyectado con cimentación mediante zapatas tradicionales. Y alzados de hormigón armado.

La calidad del hormigón en cimentación y muros será HA-35/B/20/XA3

1.2. CLASES DE EXPOSICIÓN DE LOS ELEMENTOS DE HORMIGÓN.

Clases de exposición relativas al hormigón estructural

Desig. de la clase	Descripción del entorno	Ejemplos informativos donde pueden existir las clases de exposición
1. Sin riesgo de ataque por corrosión		
X0	Para hormigón en masa: todas las exposiciones salvo donde haya ataque hielo/deshielo, abrasión o ataque químico. Para hormigón con armaduras en un ambiente muy seco.	Elementos de hormigón en masa. Elementos de hormigón en interiores de edificios con una humedad muy baja. (HR<45 %).
2. Corrosión inducida por carbonatación		
XC1	Seco o permanentemente húmedo.	Elementos de hormigón armado o pretensado dentro de recintos cerrados (tales como edificios), con humedad del aire baja. (HR<65 %). Elementos de hormigón armado o pretensado permanentemente sumergido en agua no agresiva.
XC2	Húmedo, raramente seco.	Elementos de hormigón armado o pretensado permanentemente en contacto con agua o enterradas en suelos no agresivos (por ejemplo, cimentaciones).
XC3	Humedad moderada.	Elementos de hormigón armado o pretensado dentro de recintos cerrados (tales como edificios), con humedad media o alta. (HR>65 %). Elementos de hormigón armado o pretensado en el exterior, protegidos de la lluvia.
XC4	Sequedad y humedad cíclicas.	Elementos de hormigón armado o pretensado en el exterior, expuestos al contacto con el agua, de forma no permanente (por ejemplo, la procedente de la lluvia).
3. Corrosión inducida por cloruros de origen no marino		
XD1	Humedad moderada.	Elementos de hormigón armado o pretensado en el exterior, expuestas a aerosoles con iones cloruro con origen no marino
XD2	Húmedo, raramente seco.	Piscinas. Elementos de hormigón armado o pretensado expuestos a aguas industriales que contienen cloruros.
XD3	Ciclos humedad y secado.	Elementos de puentes expuestos a salpicaduras de aguas con cloruros, situados a menos de 10 metros de distancia horizontal o a menos de 5 metros de distancia vertical de una zona de rodadura donde se usen sales de deshielo. Elementos enterrados a menos de 1 metro del borde de una zona de rodadura donde se usen sales de deshielo. Losas en aparcamientos.
4. Corrosión inducida por cloruros de origen marino		
XS1	Expuestos a aerosoles marinos, pero no en contacto directo con el agua del mar.	Elementos estructurales de hormigón armado o pretensado sometidos a los aerosoles marinos, ubicados en la costa o cerca de la costa.

XS2	Permanentemente sumergida en agua de mar.	Elementos estructurales de hormigón armado o pretensado permanentemente sumergidos en agua marina.
XS3	Zonas de carrera de mareas afectadas por el oleaje o salpicaduras.	Elementos estructurales de hormigón armado o pretensado situados en zona de carrera de mareas, afectados por el oleaje o salpicaduras.
5. Ataque hielo/deshielo		
XF1	Saturación moderada, sin sales fundentes.	Elementos con superficies verticales expuestas a lluvia y helada (tales como fachadas y pilares) (1). Elementos con superficies horizontales no saturados, pero expuestos a lluvia y helada (1).
XF2	Saturación moderada, con sales fundentes.	Mismo tipo de elementos que en la clase XF1, pero expuestos a sales fundentes, bien directamente o bien a sus salpicaduras y/o escorrentía (por ejemplo dinteles, pilas, cargaderos, etc.) (1).
XF3	Saturación alta, sin sales fundentes.	Elementos con superficies horizontales donde se pueda acumular el agua y estén expuestas a la helada (1).
XF4	Saturación alta con sales fundentes o agua del mar.	Elementos con superficies horizontales donde se pueda acumular el agua y estén expuestas a la helada y sales fundentes, bien directamente o bien a sus salpicaduras (1).
6. Ataque químico		
XA1	Ambiente de una débil agresividad química conforme a la tabla 27.1.b.	Terrenos naturales y aguas (subterráneas, industriales, residuales, etc.).
XA2	Ambiente de una moderada agresividad química conforme a la tabla 27.1.b.	Terrenos naturales y aguas (subterráneas, industriales, residuales, etc.).
XA3	Ambiente de una alta agresividad química conforme a la tabla 27.1.b.	Terrenos naturales y aguas (subterráneas, industriales, residuales, etc.).
7. Erosión		
XM1	Elementos sometidos a erosión/abrasión moderada.	Losas sometidas al tráfico de vehículos.
XM2	Elementos sometidos a erosión/abrasión intensa.	Losas en zonas industriales sometidas al tráfico de carretillas de horquillas con neumáticos.
XM3	Elementos sometidos a erosión/abrasión extrema.	Losas en zonas industriales sometidas al tráfico de carretillas de horquillas con ruedas de acero o cadenas.

(1) El autor del proyecto considerará que un elemento está expuesto a la helada cuando está ubicado en zonas con una humedad ambiental en invierno superior al 75 % de humedad relativa y tenga una probabilidad anual superior al 50 % de alcanzar al menos una vez temperaturas por debajo de -5 °C. Asimismo, considerará que es probable el uso de sales fundentes cuando el elemento esté ubicado en zonas con más de 5 nevadas anuales o con un valor medio de la temperatura media en invierno inferior a 0 °C.

En general, la clase XS1 se aplicará en estructuras marinas aéreas ubicadas a menos de 5 km de la costa. No obstante, el autor del proyecto podrá, bajo su responsabilidad, adoptar una clase diferente siempre que disponga de datos experimentales de estructuras próximas ya existentes y ubicadas en condiciones similares a las de la estructura proyectada, que así lo aconsejen.

Clasificación de la agresividad química

Tipo de medio agresivo	Parámetros	Tipo de exposición		
		XA1	XA2	XA3
		Ataque débil	Ataque medio	Ataque fuerte
AGUA.	VALOR DEL pH, según UNE 83952.	6,5 - 5,5	5,5 - 4,5	< 4,5
	CO2 AGRESIVO (mg CO2/ l), según UNE-EN 13577.	15 - 40	40-100	>100
	IÓN AMONIO (mg NH4 + / l), según UNE 83954.	15 - 30	30-60	>60
	IÓN MAGNESIO (mg Mg2+ / l), según UNE 83955.	300 – 1000	1000-3000	>3000
	IÓN SULFATO (mg SO4 2- / l), según UNE 83956.	200-600	600-3.000	>3000
	RESIDUO SECO (mg / l), según UNE 83957.	75-150	50-75	<50
SUELO	GRADO DE ACIDEZ. BAUMANN-GULLY (ml/kg), según UNE-EN 16502.	> 200	(*)	(*)
	IÓN SULFATO (mg SO4 2- / kg de suelo seco), según UNE 83963.	2000-3000	3000-12000	> 12000

(*) Estas condiciones no se dan en la práctica.

1.3. CONTENIDO MÍNIMO DE CEMENTO Y RELACIÓN AGUA/CEMENTO.

La cantidad de cemento y la relación agua/cemento, así como la resistencia mínima alcanzable será la que se indica en los cuadros siguientes:

Contenido mínimo de cemento y máxima relación agua/cemento

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición																				
		XO	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3
Máxima relación agua/cemento.	Masa	0,60	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,55	0,50	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50
	Armado	0,60	0,60	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50	0,55	0,50	0,55	0,50	0,50	0,50	0,45	0,50	0,50	0,50
	Pretensado	0,60	0,60	0,60	0,55	0,55	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,50	0,45	0,50	0,50	0,45	0,45	0,50	0,50	0,50

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición																			
		XO	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2
Contenido mínimo de cemento (kg/m³).	Masa	200	–	–	–	–	–	–	–	–	–	275	300	275	300	275	300	325	300	300	300
	Armado	250	275	275	300	300	300	325	350	325	325	300	325	300	325	325	350	350	325	325	325
	Pretensado	275	300	300	300	300	300	325	350	325	325	300	325	300	325	325	350	350	325	325	325

Resistencia característica mínima esperada para el hormigón (*)

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición																			
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2
Resistencia característica (N/mm²).	Masa	20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	30	30	30	30	30	30	35	30	30	30
	Armado	25	25	25	30	30	30	30	35	30	30	30	30	30	30	30	30	35	30	30	30
	Pretensado	25	25	25	30	30	30	35	35	35	35	30	30	30	30	30	35	35	30	30	30

(*) Resistencia característica mínima alcanzable para un hormigón fabricado con cemento de categoría resistente 32,5 R con un contenido mínimo de cemento y máxima relación agua/cemento, conformes a lo indicado en la tabla 43.2.1a.

1.4. CONTROL DEL HORMIGÓN Y DEL ACERO

Para llevar a cabo este control de calidad se han seguido las especificaciones del proyecto y las reflejadas en Código Estructural aprobado por el *Real Decreto 470/2021, de 29 de junio*.

La modalidad de control que se adopte en el proyecto podrá ser:

- modalidad 1. Control estadístico, según 57.5.4;
- modalidad 2. Control al 100 por 100, según 57.5.5; y
- modalidad 3. Control indirecto, según 57.5.6.

En el control de resistencia del hormigón que se establece en el presente proyecto corresponde con la modalidad: modalidad 1 en los lotes que tengan una cantidad de hormigón mayor que la que se pueda suministrar en 3 camiones hormigoneras y con la modalidad 2 cuando se controle el 100% del hormigón que conga el lote.

1.4.1 Control del HORMIGÓN.

a) Ensayos previos.

Debido a que el hormigón va a ser suministrado de una planta de hormigón preparado ajena a la obra, con la suficiente experiencia en cuanto a dosificaciones, materiales y proceso de elaboración, se prescindirá de estos ensayos previos.

b) Ensayos característicos.

Dado que no se realizan ensayos previos, no se considera necesaria la realización de ensayos característicos.

c) Ensayos de control.

Se realizará el control mediante la modalidad 1 que consiste en un control estadístico, para lo cual se establecen los lotes y se controlarán 3 amasadas (unidades de transporte) por lote según se reflejan en el cuadro siguiente. De cada amasada se realizarán 6 probetas, dos para romper a siete días, dos para romper a 28 días y dos probetas para ensayar si fuera necesario a edades superiores a 28 días. Transcurridos 60 días sin que nadie autorizado haya dispuesto de las probetas, se desecharán definitivamente.

El laboratorio privado deberá justificar su capacidad mediante su acreditación obtenida conforme al Reglamento (CE) N.º 765/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de julio para los ensayos correspondientes; o, bien, mediante el cumplimiento de los requisitos establecidos por el Real Decreto 410/2010, de 31 de marzo, que tengan declarados los ensayos correspondientes. Se considerará su inscripción en el Registro General del CTE en la Sección correspondiente a Laboratorios de Ensayo para el Control de Calidad de la Edificación.

Para el establecimiento de los Lotes y ensayos de control de la resistencia, se estará a lo dispuesto en el siguiente cuadro:

Tabla 57.5.4.1. Tamaño máximo de los lotes de control de la resistencia y número de amasadas a ensayar por lote (N)

Tipo de elemento	Volumen de hormigón	Tiempo de hormigonado	N.º de elementos o dimensión	N.º de amasadas a controlar en cada lote Hormigón sin distintivo oficialmente reconocido	N.º de amasadas a controlar en cada lote Hormigón con distintivo oficialmente reconocido
Cimentaciones con elementos de volumen superior a 200 m³	V. vertido de forma continua	1 semana	1 elemento	$N \geq V/35$ $N \geq 3$	$N \geq V/105$ $N \geq 1$
Cimentaciones superficiales con elementos de volumen inferior a 200 m³	100 m³	1 semana		$N \geq 3$	$N=1$
Vigas, forjados, losas para pavimentos y otros elementos trabajando a flexión	100 m³	2 semanas	1000 m² de superficie construida 2 plantas (**)	$N \geq 3$	$N=1$
Losa superior o inferior en marcos	200 m³ V. vertido de forma continua	2 días	totalidad del elemento (losa superior o losa inferior)	$N \geq V/30$ $N \geq 3$	$N=1$
Pilares y muros portantes de edificación	100 m³	2 semanas	500 m² de superficie construida (*) 2 plantas (**)	$N \geq 3$	$N=1$
Otros elementos o grupos de elementos que funcionan fundamentalmente a compresión	100 m³	2 semanas	500 m² de superficie construida 2 plantas	$N \geq 3$	$N=1$

(*) En el caso de que el número de amasadas necesarias para ejecutar los pilares de un lote sea igual o inferior a tres, el límite de 500 m2 se podrá elevar a 1000 m2.

(**) En el caso de que un lote esté constituido por elementos de dos plantas, se deberán tener resultados de ambas plantas.

Cuando un lote esté constituido por amasadas de hormigones en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, se aumentará su tamaño multiplicando los valores de la tabla 57.5.4.1 por cinco.

En el caso de que un lote esté constituido por amasadas de hormigones pertenecientes a centrales cuya dispersión esté certificada, se aumentará su tamaño multiplicando por dos los valores de la tabla 57.5.4.1.

En estos casos de tamaño ampliado del lote, el número mínimo de lotes será de tres, correspondiendo, si es posible, cada lote a elementos incluidos en filas distintas de la tabla 57.5.4.1 y en

caso de obras de edificación los tres lotes mínimos corresponderían a cimentación, elementos sometidos a compresión y elementos sometidos a flexión.

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE HORMIGÓN, SUPERFICIE Y TIEMPO ESTIMADO DE EJECUCION SEGÚN PROYECTO DE LAS DISTINTAS UNIDADES DE OBRA.

	VOLUMEN DE HORMIGÓN	SUPERFICIE CONSTRUIDA	TIEMPO DE HORMIGONADO
Cimentación muros de contención	288 m ³	-	5 semanas
Alzados de muro de contención	189 m ³	-	6 semanas

DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE LOTES, CAMIONES/AMASADAS A CONTROLAR Y NÚMERO DE PROBETAS POR AMASADA Y TIPO DE CONTROL.

	Nº LOTES	CAMIONES A CONTROLAR POR LOTE	Nº DE SERIES DE 6 PROBETAS	TIPO DE CONTROL
Cimentación muros de contención	5	3	15	Control Estadístico
Alzados de muro de contención	3	3	9	Control Estadístico

Una vez efectuados los ensayos, se ordenarán los valores medios x_i de las determinaciones de resistencia obtenidas para cada una de las N amasadas controladas:

$$X_1 \leq X_2 \leq \dots \leq X_N$$

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN.

Control estadístico:

Los criterios de aceptación de la resistencia del hormigón para esta modalidad de control, se definen a partir de la siguiente casuística:

Caso 1: hormigones con la dispersión certificada dentro del alcance de certificación de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.

Caso 2: hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido suministrados de forma continua por la misma central de hormigón preparado en los que se controlan en la obra más de treinta y seis amasadas del mismo tipo de hormigón.

Caso 3: hormigones sin distintivo de calidad oficialmente reconocido, fabricados de forma continua en central de obra o suministrados de forma continua por la misma central de hormigón preparado.

Caso de control estadístico	Criterio de aceptación	Observaciones
1	$f(\bar{x}) = \bar{x}(1 - 1,66\delta^*) \geq f_{ck}$	Hormigones con la dispersión certificada dentro del alcance de certificación de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.
2	$f(\bar{x}) = \bar{x} - 1,66s_{35}^* \geq f_{ck}$	Se han controlado más de 36 amasadas.
3	$\bar{f}(x_i) = x_i K_n \geq f_{ck}$	Hasta la 36.ª amasada.

$f(\bar{x})$; $f(x_i)$ Funciones de aceptación

\bar{x} Valor medio de los resultados obtenidos en las N amasadas ensayadas por lote de obra

X_1 Valor mínimo de los resultados obtenidos en las últimas N amasadas controladas del lote de obra

f_{ck} Valor de la resistencia característica especificada en el proyecto

K_n Coeficiente que toma los valores reflejados en la tabla 57.5.4.3.b

S'_{35} Valor de la desviación típica muestral, correspondiente a las últimas 35 amasadas

$$S'_{35} = \sqrt{\frac{1}{34} \sum_{i=1}^{35} (x_i - \bar{x}_{35})^2}$$

δ Coeficiente de variación certificado

Tabla 57.5.4.3.b Número de amasadas controladas

Coeficiente	Número de amasadas controladas (N)								
	3	4	5	6	7	8	9	10	>10
K_n	0,89	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	1

Control al 100 %:

Cuando el número N de amasadas que se vayan a controlar sea igual o menor que 20, $f_{c,real}$ será el valor de la resistencia de la amasada más baja encontrada en la serie.

Cuando el número N de amasadas que se vayan a controlar sea mayor que 20, el valor de $f_{c,real}$ corresponde a la resistencia de la amasada que, una vez ordenadas las N determinaciones de menor a mayor, ocupa el lugar $n = 0,05 N$, redondeándose n por exceso.

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

$$f_1 \geq 0,9 f_{ck}$$

donde f_1 es el valor mínimo de los resultados obtenidos en las N amasadas controladas.

Decisiones derivadas del control de la resistencia:

La dirección facultativa, sin perjuicio de las sanciones que fueran contractualmente aplicables y conforme a lo previsto en el correspondiente pliego de prescripciones técnicas particulares, valorará la aceptación, refuerzo o demolición de los elementos construidos con el hormigón del lote a partir de la información obtenida mediante la aplicación gradual de los procedimientos que se detallan en los apartados del Código Estructural aprobado por el *Real Decreto 470/2021, de 29 de junio*.

Control de la CONSISTENCIA DEL HORMIGÓN.

Los ensayos de consistencia del hormigón fresco se realizarán, de acuerdo con lo indicado en el apartado 57.3.1, cuando se produzca alguna de las siguientes circunstancias:

- cuando se fabriquen probetas para controlar la resistencia
- en todas las amasadas que se coloquen en obra con un control indirecto de la resistencia, según lo establecido en el apartado 57.5.6, y
- siempre que lo indique la dirección facultativa o lo establezca el pliego de prescripciones técnicas particulares.

Criterios de aceptación o rechazo.

La especificación para la consistencia será la recogida en el pliego de prescripciones técnicas particulares o, en su caso, la indicada por la dirección de obra. Se considerará conforme cuando el asentamiento obtenido en los ensayos se encuentre dentro de los límites definidos en la tabla 57.5.2.2.

Tolerancias para la consistencia del hormigón

Consistencia definida por su clase conforme a la tabla 33.5.a		
Tipo de consistencia	Tolerancia en mm.	Intervalo resultante en mm.
Seca (S)	±10	0-30
Plástica (P)		20-50
Blanda (B)		40-100
Fluida (F)		90-160
Líquida (L)		150-220

Certificado del hormigón suministrado

Al finalizar el suministro de un hormigón a la obra, el Constructor facilitará a la Dirección Facultativa un certificado de los hormigones suministrados, con indicación de los tipos y cantidades de los mismos, elaborado por el Fabricante y firmado por persona física con representación suficiente, cuyo contenido será conforme a lo establecido en el Anejo nº 21 de esta Instrucción.

1.4.2 Control del acero B 500 SD.

Se realizará el control del acero según Código Estructural aprobado por el *Real Decreto 470/2021, de 29 de junio*.

El acero que se utilice en la obra, contara con distintivo de calidad y a la recepción del material en la obra el suministrador entregara el correspondiente certificado de garantía del fabricante.

En el caso de que el acero deba de disponer de marcado CE, el responsable de la recepción deberá comprobar que la hoja de suministro, el etiquetado y la copia de la declaración de prestaciones están completas, reúnen los requisitos establecidos y se corresponden con el producto solicitado. El responsable de la recepción será el encargado de verificar, del modo que considere conveniente, que el producto sujeto a recepción es conforme con las especificaciones requeridas.

Mientras no esté vigente el marcado CE para los aceros soldables destinados a la elaboración de armaduras pasivas, deberán ser conformes con el artículo 34 de este Código. La comprobación de su conformidad, de acuerdo con lo indicado en el artículo 56 comprenderá:

- a) un control documental conforme al apartado 21.1,
- b) en su caso, un control mediante distintivos de calidad oficialmente reconocidos conformes con lo indicado en el artículo 18, y
- c) en su caso, un control experimental, mediante la realización de ensayos (dicho control experimental no será preceptivo en el caso de que el acero presente un distintivo de calidad oficialmente reconocido conforme a lo indicado en el artículo 18).

En el caso de que el acero no cuente con distintivo de calidad oficialmente reconocido, se procederá a realizar el control de calidad según se indica a continuación:

El acero que se suministre a obra de la misma designación y procedencia se clasificara a efectos del control en dos series:

Serie fina, diámetros inferiores a 10 mm
Serie media, diámetros entre 12 y 25 mm
Serie gruesa, diámetros superiores a 25 mm

Se establecerán Lotes por cada serie de 30 T, tomándose una probeta del diámetro menor por cada Lote para realizar el ensayo de tracción y una probeta del diámetro mayor por cada Lote para realizar el ensayo de doblado simple.

En el presente caso se tomará:

- Una probeta de Ø 8 mm y otra de de Ø12 mm para determinar sobre ellas:

- Fy (Límite elástico del acero).
- Fc (Tensión de rotura del acero).
- % (Alargamiento).
- Una probeta de Ø 10 mm y otra de Ø 25 mm para determinar sobre ellas:
 - Sección equivalente.
 - Doblado simple.

2. CERRAMIENTOS Y PARTICIONES. (Fábricas de ladrillo)

- **Control de calidad de la documentación del proyecto:**
 - El proyecto define y justifica la solución fábricas de ladrillo a realizar.
- **Suministro y recepción de productos:**
 - Se comprobará la existencia de marcado CE.
- **Control de ejecución en obra:**
 - Ejecución de acuerdo a las especificaciones de proyecto.

Madrid, enero de 2024

