



PLAN DE CONTROL DE CALIDAD

Índice

- 1.- ASPECTOS COMUNES A TODOS LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS, 1**
- 1.1.- Aspectos generales, 1
- 1.2.- Criterios generales para la gestión de la calidad de las estructuras, 2
- 1.3.- Documentación del control de la obra, 3
- 1.4.- Control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas, 3
- 1.4.1.- Control de la documentación de los suministros, 3
- 1.4.2.- Control de recepción mediante distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica, 4
- 1.4.3.- Control de recepción mediante ensayos, 4
- 1.5.- Control de ejecución de la obra, 4
- 1.6.- Control de la obra terminada, 5
- 10.- INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA, 91**
- 10.1.- Generalidades, 91
- 10.2.- Recepción en obra de equipos y materiales., 91
- 10.3 Control de la ejecución de la instalación., 92
- 11.- HS 6 Protección frente a la exposición al radón, 93**
- 11.1.- Barrera tipo lámina, 93
- 11.2.- Cámaras de aire ventiladas, 93
- 11.3.- Sistemas de despresurización, 93
- 11.4.- Control de la ejecución, 94
- 12.- PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO, 94**
- 12.1.- Control de recepción en obra de productos, 94
- 12.2.- Elementos de separación verticales y tabiquería, 94
- 12.3.- Elementos de separación horizontales, 95
- 12.4.- Fachadas y cubiertas, 96
- 12.5.- Instalaciones, 96
- 12.6.- Acabados superficiales, 96
- 12.7.- Control de la ejecución, 96
- 13.- PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS, 97**
- 13.1.- Requisitos de los productos de protección contra incendios., 97
- 13.2.- Instalación, 97
- 14.- CONTROL DE LA OBRA TERMINADA, 98**
- 14.1.- Documentación generada para la comprobación de la conformidad., 98
- 14.2.- Control de aspectos medioambientales, 98
- 14.3.- Pruebas de carga., 98
- 14.4.- Controles de la estructura de hormigón mediante ensayos de información complementaria, 101
- 14.4.1.- Generalidades, 101
- 14.4.2.- Pruebas de carga en estructuras de hormigón, 101
- 14.4.3.- Otros ensayos no destructivos en estructuras de hormigón, 101
- 14.5.- Instalaciones térmicas (climatización y agua caliente sanitaria), 101
- 14.5.1.- Pruebas de equipos, 102
- 14.5.2.- Pruebas de estanqueidad, 102
- 14.5.3.- Pruebas de estanqueidad de los circuitos frigoríficos, 103
- 14.5.4.- Pruebas de libre dilatación, 104
- 14.5.5.- Pruebas de recepción de redes de conductos de aire, 104
- 14.5.6.- Pruebas de estanquidad de chimeneas, 104
- 14.5.7.- Pruebas finales, 104
- 14.5.8.- Ajuste y equilibrado, 105
- 14.5.9.- Eficiencia energética, 106
- 14.6.- Protección frente al ruido, 107
- 14.7.- Protección contra incendios, 107
- 14.7.1.- Puesta en servicio., 107
- 14.7.2.- BIEs, 108
- 14.7.3.- Sistemas de rociadores automáticos, 108
- 14.7.4.- Sistemas de detección y de alarma de incendios, 110
- 14.7.5.- Sistemas para el control de humos y de calor (SCTEH), 111
- 2.- ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN, 6**
- 2.1.- Generalidades, 6
- 2.10.- Comprobaciones previas al comienzo de la ejecución, 25**
- 2.11.- Control de los procesos de ejecución previos a la colocación de la armadura, 25
- 2.11.1.- Control del replanteo de la estructura, 25
- 2.11.2.- Control de las cimbras y apuntalamientos, 25
- 2.11.3.- Control de los encofrados y moldes, 26
- 2.12.- Control del proceso de montaje de las armaduras pasivas, 26
- 2.13.- Control de los procesos de hormigonado, 28
- 2.14.- Control de procesos posteriores al hormigonado, 28
- 2.15.- Control del montaje y uniones de elementos prefabricados, 28
- 2.16.- Control del elemento construido, 29

- 2.2.- Criterios específicos para el control de los productos, 6
 - 2.2.1.- Cementos, 7
 - 2.2.2.- Áridos, 7
 - 2.2.3.- Aditivos, 8
 - 2.2.4.- Adiciones, 8
 - 2.2.5.- Agua, 8
 - 2.2.6.- Productos para la protección y refuerzo, 8
- 2.3.- Control del hormigón, 9
 - 2.3.1.- Criterios generales para el control de la conformidad de un hormigón, 9
 - 2.3.2.- Toma de muestras, 9
 - 2.3.3.- Realización de los ensayos, 9
 - 2.3.3.1.- Ensayos de docilidad del hormigón, 10
 - 2.3.3.2.- Ensayos de resistencia del hormigón, 10
 - 2.3.3.3.- Ensayos de durabilidad, 11
 - 2.3.4.- Control previo al suministro, 11
 - 2.3.4.1.- Comprobación documental previa al suministro, 11
 - 2.3.4.2.- Comprobación de las instalaciones, 12
 - 2.3.4.3.- Comprobaciones experimentales previas al suministro, 12
 - 2.3.4.3.1.- Posible exención de ensayos, 12
 - 2.3.5.- Control durante el suministro, 13
 - 2.3.5.1.- Control documental durante el suministro, 13
 - 2.3.5.2.- Comprobación de la conformidad de la docilidad del hormigón durante el suministro, 13
 - 2.3.5.2.- Modalidades de control de la conformidad de la resistencia del hormigón durante el suministro, 14
 - 2.3.5.2.1.- Realización de los ensayos, 13
 - 2.3.5.2.2.- Criterios de aceptación o rechazo, 13
 - 2.3.5.2.3.- Control estadístico de la resistencia del hormigón durante el suministro, 15
 - 2.3.5.2.4.- Control de la resistencia del hormigón al 100 por 100, 16
 - 2.3.5.2.5.- Control indirecto de la resistencia del hormigón, 16
 - 2.3.5.2.6.- Comprobación de a conformidad de la durabilidad del hormigón durante el suministro, 17
 - 2.3.6.- Certificado del hormigón suministrado, 17
 - 2.3.7.- Decisiones derivadas del control, 17
 - 2.3.8.- Ensayos de información complementaria del hormigón, 17
 - 2.3.9.1.- Control estadístico de resistencia, 18
 - 2.3.9.- Control del hormigón para la fabricación de elementos prefabricados, 18
- 2.4.- Control de acero para armaduras pasivas, 18
- 2.5.- Control de las armaduras pasivas, 20
 - 2.5.1.- Control de las armaduras normalizadas (mallas electrosoldadas y armaduras básicas electrosoldadas en celosía), 20
 - 2.5.2.- Control de la ferralla (elaborada y armada), 20
- 2.6.- Control de acero para armaduras activas, 21
- 2.7.- Control de los elementos y sistemas de aplicación del pretensado, 22
- 2.8.- Control de los elementos prefabricados, 23
- 2.9.- Programación del control de ejecución en las estructuras de hormigón, 24
- 3.- ESTRUCTURAS DE ACERO, 29
 - 3.1.- Generalidades, 29
 - 3.10.- Control de la fabricación en taller y del montaje en obra, 45
 - 3.10.1.- Comprobaciones previas al inicio del suministro, 45
 - 3.10.1.1.- Comprobación documental previa al suministro, 46
 - 3.10.1.2.- Comprobación de las instalaciones, 47
 - 3.10.2.- Control de la fabricación en taller, 47
 - 3.10.2.1.- Control documental durante el suministro, 47
 - 3.10.2.2.- Comprobaciones experimentales durante el suministro, 48
 - 3.10.2.2.1.- Control de los procedimientos de corte térmico y perforación, 48
 - 3.10.2.2.10.- Control del montaje en blanco, 56
 - 3.10.2.2.2.- Control de las operaciones de conformado, 49
 - 3.10.2.2.3.- Control dimensional de los elementos, 49
 - 3.10.2.2.4.- Comprobación de la cualificación del personal para la soldadura, 50
 - 3.10.2.2.5.- Control de los procedimientos de soldeo, 51
 - 3.10.2.2.6.- Comprobación de la ejecución de las soldaduras, 51
 - 3.10.2.2.7.- Control de soldaduras reparadas, 54
 - 3.10.2.2.8.- Control de uniones atornilladas, 54
 - 3.10.2.2.9.- Control del armado en taller, 55
 - 3.10.3.- Control del montaje en obra de los elementos elaborados en taller, 57
 - 3.10.3.1.- Comprobaciones previas al montaje, 57
 - 3.10.3.2.- Memoria de montaje, 57
 - 3.10.3.3.- Planos de montaje, 57

- 3.10.3.4.- Programa de inspección, 58
- 3.10.3.5.- Comprobaciones durante el montaje, 58
- 3.2.- Clases de ejecución (artículo 91.2 del Código Estructural), 29
- 3.3.- Control de los productos de acero, 31
- 3.3.1.- Requisitos exigidos a los productos de acero, 31
- 3.3.2.- Control documental, toma de muestras y ensayos, 31
- 3.4.- Control de la conformidad de los tornillos, tuercas, arandelas y bulones, 32
- 3.4.1.- Requisitos exigidos, 32
- 3.4.2.- Control documental, toma de muestras y ensayos, 33
- 3.4.3.- Condiciones de aceptación o rechazo, 33
- 3.5.- Control del material de aportación para las soldaduras, 33
- 3.5.1.-Requisitos exigidos, 33
- 3.5.2.- Control documental, toma de muestras y ensayos, 34
- 3.6.- Control de los sistemas de protección, 34
- 3.6.1.- Requisitos exigidos, 34
- 3.6.2.- Control documental, toma de muestras y ensayos, 35
- 3.6.3.- Criterios de aceptación o rechazo, 36
- 3.7.- Control de estructuras componentes, 37
- 3.7.1.- Control documental, toma de muestras y ensayos, 37
- 3.8.- Programación del control de la ejecución de las estructuras de acero, 38
- 3.8.1.- Lotes de ejecución, 38
- 3.8.2.- Unidades de inspección, 39
- 3.8.3.- Frecuencias de comprobación, 40
- 3.8.4.- Aceptación o rechazo, 43
- 3.9.- Comprobaciones previas al comienzo de la fabricación y ejecución, 44
- 3.9.1.- Programa de puntos de inspección, 44
- 4.- CIMENTACIONES, 58
- 4.1.- Cimentaciones directas, 58
- 4.1.1.- Generalidades, 58
- 4.1.2.- Comprobaciones a realizar sobre el terreno de cimentación, 59
- 4.1.3.- Comprobaciones a realizar sobre los materiales de construcción, 60
- 4.1.4.- Comprobaciones durante la ejecución, 60
- 4.1.5.- Comprobaciones finales, 61
- 4.2.- Cimentaciones profundas, 61
- 4.2.2.- Condiciones constructivas y de control, 61
- 4.2.2.1.- Pilotes hormigonados “in situ”, 61
- 4.2.2.1.1.- Materias primas, 63
- 4.2.2.1.2.- Dosificación y propiedades del hormigón, 63
- 4.2.2.1.3.- Control de ejecución de pilotes hormigonados in situ, 64
- 4.2.2.2.- Pilotes prefabricados hincados, 66
- 4.2.2.2.1.- Control de ejecución de pilotes prefabricados hincados, 66
- 5.- ELEMENTOS DE CONTENCIÓN, 67
- 5.1.- Generalidades, 67
- 5.2.- Pantallas, 67
- 5.2.1.- Características generales, 67
- 5.2.2.- Materias primas, 68
- 5.2.3.- Dosificación y propiedades del Hormigón, 68
- 5.2.4.- Fabricación y transporte, 69
- 5.2.5.- Puesta en obra, 70
- 5.2.6.- Control de Calidad, 71
- 5.3.- Muros, 73
- 5.3.1.- Condiciones constructivas, 73
- 5.3.2.- Control de calidad, 73
- 6.- ACONDICIONAMIENTO Y REFUERZO DEL TERRENO, 75
- 6.1.- Excavaciones, 75
- 6.2.- Rellenos, 76
- 6.3.- Control de la mejora o refuerzo del terreno, 77
- 6.4.- Control de los anclajes al terreno, 77
- 7.- ELEMENTOS DE FABRICA, 77
- 7.1.- Recepción de materiales, 77
- 7.2.- Control de la fábrica, 79
- 7.3.- Morteros y hormigones de relleno, 80
- 7.4.- Armaduras en la fábrica, 81
- 7.5.- Protección de fábricas en ejecución, 81
- 8.- ESTRUCTURAS DE MADERA, 82
- 8.1.- Contenido de humedad de la madera, 82
- 8.2.- Calidad de los detalles constructivos, 82
- 8.3.- Tolerancias, 83
- 8.4.- Tolerancias en elementos estructurales, 83
- 8.5.- Tolerancias en celosías con uniones de placas dentadas, 83
- 8.6.- Identificación del suministro de productos de estructuras de madera, 84
- 8.7.- Control de recepción en obra de productos de estructuras madera, 85
- 8.8.- Criterio general de no-aceptación del producto, 86
- 9.- PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD, 86
- 9.1.- Características exigibles a los productos, 86
- 9.1.1.- Componentes de la hoja principal de fachadas, 86
- 9.1.2.- Aislante térmico, 86
- 9.2.- Control de recepción en obra de productos, 86

- 9.3.- Ejecución, 87**
- 9.3.1.- Ejecución de muros, 87**
- 9.3.2.- Condiciones de los productos líquidos de impermeabilización, 88**
- 9.3.2.1.- Revestimientos sintéticos de resinas, 88**
- 9.3.2.2.- Polímeros Acrílicos, 88**
- 9.3.2.3.- Caucho acrílico y resinas acrílicas, 88**
- 9.3.3.- Condiciones del sellado de juntas, 88**
- 9.3.3.1.- Masillas a base de poliuretano, 88**
- 9.3.3.2.- Masillas a base de siliconas, 88**
- 9.3.3.3.- Masillas a base de resinas acrílicas, 89**
- 9.3.3.4.- Masillas asfálticas, 89**
- 9.3.4.- Condiciones de los sistemas de drenaje, 89**
- 9.4.- Suelos, 89**
- 9.5.- Fachadas, 90**
- 9.6.- Cubiertas, 90**
- 9.7.- Control de la ejecución, 91**

1.- ASPECTOS COMUNES A TODOS LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

1.1.- Aspectos generales

Las obras de construcción del edificio se llevarán a cabo con sujeción al proyecto y sus modificaciones autorizadas por el director de obra previa conformidad del promotor, a la legislación aplicable, a las normas de la buena práctica constructiva, y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra.

Durante la construcción de la obra se elaborará la documentación reglamentariamente exigible. En ella se incluirá, sin perjuicio de lo que establezcan otras Administraciones Públicas competentes, la documentación del control de calidad realizado a lo largo de la obra.

Cuando en el desarrollo de las obras intervengan diversos técnicos para dirigir las obras de proyectos parciales, lo harán bajo la coordinación del director de obra.

Durante la construcción de las obras el director de obra y el director de la ejecución de la obra realizarán, según sus respectivas competencias, los controles siguientes:

- a) control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a las obras.
- b) control de ejecución de la obra.
- c) control de la obra terminada.

Todas las actividades relacionadas con el control establecido en este anejo deberán quedar documentadas en los correspondientes registros, físicos o electrónicos, que permitan disponer de las evidencias documentales de todas las comprobaciones, actas de ensayo y partes de inspección que se hayan llevado a cabo, han de ser incluidas, una vez finalizada la obra, en la documentación final de la misma.

Los registros estarán firmados por la persona física responsable de llevar a cabo la actividad de control y, en el caso de estar presente, por la persona representante del suministrador del producto o de la actividad controlada. Las hojas de suministro estarán firmadas, en representación del suministrador, por persona física con capacidad suficiente. En el caso de procedimientos electrónicos, la firma deberá ajustarse a lo establecido en la Ley 59/2003, de 19 de diciembre, de firma electrónica.

El constructor deberá disponer de:

- a) unos procedimientos escritos para cada uno de los procesos de ejecución de la estructura, coherentes con el proyecto, acordes con la reglamentación que sea aplicable y conforme con sus propios medios de producción, y
- b) un sistema de gestión de los materiales, productos y elementos que se vayan a colocar en la obra, de manera que se asegure la trazabilidad de los mismos. Dicho sistema de gestión deberá presentar, al menos, las siguientes características:
 - disponer de un registro de suministradores de la obra, con identificación completa de los mismos y de los materiales y productos suministrados,

- disponer de un sistema de almacenamiento de los acopios en la obra que permita mantener, en su caso, la trazabilidad de cada una de las partidas o remesas que llegan a la obra, y
- disponer de un sistema de registro y seguimiento de las unidades ejecutadas que relacione estas con las partidas de productos utilizados y, en su caso, con las remesas empleadas en las mismas, de manera que se pueda mantener un determinado nivel de trazabilidad durante la ejecución de la obra, de acuerdo con el nivel de control y la clase de ejecución definido en el proyecto, de acuerdo con la tabla siguiente, donde:
 - el nivel A de trazabilidad permite relacionar cada partida o remesa con el elemento construido,
 - el nivel B de trazabilidad permite relacionar cada partida o remesa con el lote de ejecución.

Nivel de trazabilidad	Nivel de control de ejecución de estructuras de hormigón	Clase de ejecución de estructuras de acero
Nivel A	Intenso	Clase 3 o 4
Nivel B	Normal	Clase 2

1.2.- Criterios generales para la gestión de la calidad de las estructuras.

La organización del control de la fabricación y ejecución de las estructuras deberá seguir los criterios establecidos en el Capítulo 5 del Código Estructural y, en particular, la programación del control de la fabricación y ejecución deberá respetar los criterios establecidos en el Artículo 22.

Las estructuras deberán presentar para su recepción una calidad conforme con los criterios y especificaciones definidos en su proyecto, de forma que pueda asumirse el cumplimiento, con una garantía suficiente, de los requisitos exigibles a la estructura en su proyecto.

La dirección facultativa en representación de la propiedad, deberá asumir desde su ámbito competencial dicho cumplimiento para la aceptación de la estructura.

El control de la fabricación y ejecución deberá adaptarse a las características de la obra y a los medios disponibles en la misma, por lo que la dirección facultativa, por iniciativa propia o a propuesta del constructor, podrá autorizar valores diferentes a los recogidos en la normativa siempre que se mantengan los niveles de seguridad.

La garantía de la calidad de dicha estructura será responsabilidad del constructor. Para ello, el constructor de una estructura dispondrá de un sistema de aseguramiento de la calidad propio que incluya las evidencias necesarias para dar cumplimiento a los requerimientos del control e inspección establecidos en el proyecto de ejecución, en este anejo y en el Código Estructural. Este sistema de aseguramiento de la calidad aplicado al proyecto en sí, se describirá en el denominado procedimiento de autocontrol del constructor.

La dirección facultativa, en representación de la propiedad, deberá velar porque se efectúen las comprobaciones de control suficientes que le permitan asumir la conformidad de la estructura en relación con los requisitos básicos para los que ha sido concebida y proyectada.

La propiedad, en función de las características de la estructura, establecerá la sistemática general para conseguir la garantía suficiente en la comprobación de la conformidad de los productos y procesos incluidos, para lo que podrá optar por una de las siguientes alternativas:

- a) un control basado en una comprobación estadística del producto o proceso, llevada a cabo por un laboratorio o entidad de control independiente que desarrolle su actividad para la dirección facultativa, o
- b) un control basado en una comprobación estadística del producto o proceso, llevada a cabo directamente por el constructor, combinado con un control externo del anterior llevado a cabo por la dirección facultativa, asistida o no por laboratorios o entidades de control independientes.

No obstante, la dirección facultativa podrá también optar, por otras alternativas de control siempre que demuestre, bajo su supervisión y responsabilidad, que son equivalentes a las establecidas en el Código Estructural.

1.3.- Documentación del control de la obra

El control de calidad de las obras realizado incluirá el control de recepción de productos, los controles de la ejecución y de la obra terminada. Para ello:

- a. el director de la ejecución de la obra recopilará la documentación del control realizado, verificando que es conforme con lo establecido en el proyecto, sus anejos y modificaciones;
- b. el constructor recabará de los suministradores de productos y facilitará al director de obra y al director de la ejecución de la obra la documentación de los productos anteriormente señalada, así como sus instrucciones de uso y mantenimiento, y las garantías correspondientes cuando proceda; y
- c. la documentación de calidad preparada por el constructor sobre cada una de las unidades de obra podrá servir, si así lo autorizara el director de la ejecución de la obra, como parte del control de calidad de la obra.

Una vez finalizada la obra, la documentación del seguimiento del control será depositada por el director de la ejecución de la obra en el Colegio Profesional correspondiente o, en su caso, en la Administración Pública competente, que asegure su tutela y se comprometa a emitir certificaciones de su contenido a quienes acrediten un interés legítimo.

1.4.- Control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas

El control de recepción tiene por objeto comprobar que las características técnicas de los productos, equipos y sistemas suministrados satisfacen lo exigido en el proyecto. Este control comprenderá:

- a) el control de la documentación de los suministros
- b) el control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad
- c) el control mediante ensayos

1.4.1.- Control de la documentación de los suministros

Los suministradores entregarán al constructor, quien los facilitará al director de ejecución de la obra, los documentos de identificación del producto exigidos por la normativa de obligado cumplimiento y, en su caso, por el proyecto o por la dirección facultativa. Esta documentación comprenderá, al menos, los siguientes documentos:

- a) los documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado;
- b) el certificado de garantía del fabricante, firmado por persona física; y

- c) los documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al mercado CE de los productos de construcción, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposición de las Directivas Europeas que afecten a los productos suministrados.

1.4.2.- Control de recepción mediante distintivos de calidad y evaluaciones de idoneidad técnica

El suministrador proporcionará la documentación precisa sobre:

- a) los distintivos de calidad que ostenten los productos, equipos o sistemas suministrados, que aseguren las características técnicas de los mismos exigidas en el proyecto y documentará, en su caso, el reconocimiento oficial del distintivo de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.3; y
- b) las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos, equipos y sistemas innovadores, de acuerdo con lo establecido en el artículo 5.2.5, y la constancia del mantenimiento de sus características técnicas.

El director de la ejecución de la obra verificará que esta documentación es suficiente para la aceptación de los productos, equipos y sistemas amparados por ella.

1.4.3.- Control de recepción mediante ensayos

1. Para verificar el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE puede ser necesario, en determinados casos, realizar ensayos y pruebas sobre algunos productos, según lo establecido en la reglamentación vigente, o bien según lo especificado en el proyecto u ordenados por la dirección facultativa.
2. La realización de este control se efectuará de acuerdo con los criterios establecidos en el proyecto o indicados por la dirección facultativa sobre el muestreo del producto, los ensayos a realizar, los criterios de aceptación y rechazo y las acciones a adoptar.

1.5.- Control de ejecución de la obra

Durante la construcción, el director de la ejecución de la obra controlará la ejecución de cada unidad de obra verificando su replanteo, los materiales que se utilicen, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, así como las verificaciones y demás controles a realizar para comprobar su conformidad con lo indicado en el proyecto, la legislación aplicable, las normas de buena práctica constructiva y las instrucciones de la dirección facultativa. En la recepción de la obra ejecutada pueden tenerse en cuenta las certificaciones de gestión de calidad que ostenten los agentes que intervienen, así como las verificaciones que, en su caso, realicen las entidades de control de calidad de la edificación.

Se comprobará que se han adoptado las medidas necesarias para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos.

En el control de ejecución de la obra se adoptarán los métodos y procedimientos que se contemplen en las evaluaciones técnicas de idoneidad para el uso previsto de productos, equipos y sistemas innovadores, previstas en el artículo 5.2.5.

1.6.- Control de la obra terminada

En la obra terminada, bien sobre el edificio en su conjunto, o bien sobre sus diferentes partes y sus instalaciones, parcial o totalmente terminadas, deben realizarse, además de las que puedan establecerse con carácter voluntario, las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el proyecto u ordenadas por la dirección facultativa y las exigidas por la legislación aplicable.

2.- ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

2.1.- Generalidades

Este anejo es aplicable a la gestión de calidad del proyecto de estructuras de hormigón, a los productos en estructuras de hormigón, a la ejecución, a la gestión de las estructuras durante su vida de servicio y a la demolición y deconstrucción de las estructuras. Todo ello se articula en los capítulos 12, 13, 14, 15 y 16 del Código Estructural.

En el artículo 55, del Código Estructural, se establecen los criterios específicos para el desarrollo del control de proyecto en las estructuras ejecutadas en hormigón.

Es la propiedad la que decidirá si la obra se ejecuta con un control de nivel normal o intenso. Los criterios se recogen en el Anejo 3 del Código Estructural y la frecuencia de comprobación, según el nivel adoptado, no debe ser menor que los que se indica en la tabla 55.1 del Código Estructural.

2.2.- Criterios específicos para el control de los productos

Se establecen en el artículo 56 del Código Estructural. Siguiendo las bases generales para la gestión de la calidad, que se han definido en el Capítulo 5, se han de describir los criterios y consideraciones específicas a tener en cuenta, para el control de los productos componentes de las estructuras de hormigón.

En el caso de productos que deban disponer del marcado CE según el Reglamento (UE) Nº 305/2011, de 9 de marzo de 2011, sus prestaciones en relación a las características esenciales deberán evaluarse de conformidad con la norma armonizada que le sea aplicable. Tal y como se recoge en el citado Reglamento, el fabricante del producto será el responsable de la conformidad del producto con las prestaciones declaradas. El fabricante deberá estar en condiciones de aportar garantía de la adecuación de su producto al uso previsto según lo especificado en la norma armonizada y de ponerla a disposición de quien la solicite con el fin de que, a su vez, pueda pasar esta garantía al usuario final de la obra o del producto en que se incorpore, facilitando para ello la documentación que incluya la información que avale dicha garantía.

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. La dirección facultativa, conforme a las obligaciones recogidas en el apartado 17.2.1 del Código Estructural y una vez validado el control de recepción, será la responsable de velar porque el producto incorporado en la obra es adecuado a su uso y cumple con las especificaciones requeridas. En el caso de efectuarse ensayos para comprobar la conformidad del producto, se seguirán los criterios que estuvieran definidos en el programa de control o en el pliego de prescripciones técnicas particulares de la obra o, en su caso, el plan de control.

En el caso de productos que no deban disponer de marcado CE la comprobación de su conformidad comprenderá:

- a. Control documental:

Según lo prescrito en el artículo 56.1. Con carácter general, el suministro de los materiales recogidos en este artículo deberá cumplir las exigencias documentales recogidas en el apartado 21.1 del Código Estructural.

Siempre que se produzca un cambio en el suministrador de los materiales recogidos en este artículo, será preceptivo presentar la documentación correspondiente al nuevo producto.

- b. Control mediante distintivos de calidad oficialmente reconocidos conformes con lo indicado en el Artículo 18 del Código Estructural.
- c. Control experimental, mediante la realización de ensayos. En el caso de que fuera necesaria la realización de ensayos para la recepción, éstos deberán efectuarse por un laboratorio de control conforme a lo indicado en el apartado 17.2.2.1 del Código Estructural.

Cuando la toma de muestras no se efectúe directamente en la obra o en la instalación (artículo 56.2 del Código Estructural) donde se recibe el material, deberá hacerse a través de una entidad de control de calidad conforme a lo indicado en el apartado 17.2.2.2 del Código Estructural, o, en su caso, mediante un laboratorio de ensayo conforme a lo indicado en el apartado 17.2.2.1 del Código Estructural.

Tanto la toma de muestra como los ensayos de recepción se realizarán mediante personal competente.

Sin perjuicio de lo establecido al respecto en el Código Estructural, el pliego de prescripciones técnicas particulares o, en su caso, el plan de control podrá fijar los ensayos que considere pertinentes.

Entendiendo por componentes del hormigón todos aquellos materiales para los que el Código Estructural contempla su utilización como materia prima en la fabricación del hormigón. Se entiende por materiales para protección, reparación y refuerzo, aquellos descritos en los Artículos 39, 40 y 41 del Código Estructural, respectivamente.

El control será efectuado por el responsable de la recepción en la instalación industrial de prefabricación y en la central de hormigón, ya sea de hormigón preparado o de obra, salvo en el caso de centrales de obra, que se llevará a cabo por la dirección facultativa.

2.2.1.- Cementos

La comprobación de la conformidad del cemento se efectuará de acuerdo con la Instrucción para la recepción de cementos vigente (RC-16).

2.2.2.- Áridos

Los áridos deberán disponer del 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. Será el encargado de verificar, del modo que considere conveniente, que el producto sujeto a recepción es conforme con las especificaciones requeridas.

En el caso de áridos de autoconsumo, el constructor o, en su caso, el suministrador de hormigón o de los elementos prefabricados, deberá aportar un certificado de ensayo, con antigüedad

inferior a tres meses, realizado por un laboratorio de control según el apartado 17.2.2.1 del Código Estructural, que demuestre la conformidad del árido respecto a las especificaciones contempladas en el proyecto y en el Artículo 30 del Código Estructural. Las frecuencias de los ensayos serán equivalentes a las exigidas para los áridos con marcado CE. Para aquellos áridos que no cumplan el huso granulométrico definido en el Artículo 30 del Código Estructural, deberán presentar un estudio de finos que justifique experimentalmente su uso.

2.2.3.- Aditivos

Los aditivos deberán disponer del 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. Será el encargado de verificar, del modo que considere conveniente, que el producto sujeto a recepción es conforme con las especificaciones requeridas.

2.2.4.- Adiciones

Aquellas adiciones contempladas en las correspondientes normas armonizadas deberán disponer del 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. Será el encargado de verificar, del modo que considere conveniente, que el producto sujeto a recepción es conforme con las especificaciones requeridas.

2.2.5.- Agua

Se podrá eximir de la realización de los ensayos cuando se utilice agua potable de red de suministro.

En otros casos, salvo aquellos sancionados por la práctica, la dirección facultativa, o el responsable de la recepción en el caso de centrales de hormigón preparado o de la instalación de prefabricación, dispondrá la realización de los correspondientes ensayos en un laboratorio de los contemplados en el apartado 17.2.2.1 del Código Estructural, que permitan comprobar el cumplimiento de las especificaciones del Artículo 29 (Código Estructural) con una periodicidad semestral.

2.2.6.- Productos para la protección y refuerzo

Los materiales para protección, reparación y refuerzo deberán disponer del 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 que se corresponden con el producto solicitado. Será el encargado de verificar, del modo que se considere conveniente, que el producto sujeto a recepción es conforme con las especificaciones requeridas.

En el caso de materiales para protección, reparación y refuerzo que, por no estar incluidos en las normas armonizadas, no dispongan de marcado CE, el suministrador deberá demostrar su conformidad con las especificaciones contempladas en el proyecto y en los Artículos 39, 40 y 41 del Código Estructural.

2.3.- Control del hormigón

2.3.1.- Criterios generales para el control de la conformidad de un hormigón

La conformidad de un hormigón con lo establecido en el proyecto se comprobará durante su recepción en la obra, e incluirá su comportamiento en relación con la docilidad, la resistencia y la durabilidad, además de cualquier otra característica que, en su caso, establezca el pliego de prescripciones técnicas particulares.

El control de recepción se aplicará tanto al hormigón preparado, como al fabricado en central de obra e incluirá una serie de comprobaciones de carácter documental y experimental, según lo indicado en el artículo 57.1 del Código Estructural.

Con objeto de garantizar la durabilidad, conforme se recoge en el apartado 43.2.1 del Código Estructural, el hormigón se fabricará en plantas automatizadas de tal manera que se asegure que la dosificación (contenido mínimo de cemento y relación a/c) cumple con los requisitos de durabilidad del Código Estructural. Con este fin el fabricante deberá disponer de un dispositivo asociado a la báscula que registre la pesada o estará en posesión de un Certificado del Fabricante de Software de dosificación y carga, así como un Certificado del Fabricante de Hormigón en el que se garantice la trazabilidad de los datos aportados.

2.3.2.- Toma de muestras

La toma de muestras (artículo 57.2 del Código Estructural) se realizará de acuerdo con lo indicado en la norma UNE-EN 12350-1, pudiendo estar presentes en la misma los representantes de la dirección facultativa, del constructor y del suministrador del hormigón.

Cada determinación constará del número mínimo suficiente de probetas, de las cuales se ensayarán a 28 días como mínimo dos de ellas y cuya media será la base para la comprobación de resistencia. También se reservarán al menos 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.

Salvo en los ensayos previos, la toma de muestras se realizará en el punto de vertido del hormigón (obra o instalación de prefabricación), a la salida de éste del correspondiente elemento de transporte y entre $\frac{1}{4}$ y $\frac{3}{4}$ de la descarga.

El representante del laboratorio levantará un acta de toma de muestras, que deberá estar suscrita como mínimo por un representante del constructor y por él.

Su contenido obedecerá a un modelo de acta conforme lo establecido en la norma UNE-EN 12350-1 y cuyo contenido mínimo se recoge en el Anejo 4 del Código Estructural.

El constructor o el suministrador de hormigón podrán requerir la realización, a su costa, de una toma de contraste.

2.3.3.- Realización de los ensayos

En general, la comprobación de las especificaciones del Código Estructural para el hormigón endurecido, se llevará a cabo mediante ensayos realizados a la edad de 28 días (artículo 57.3 del Código Estructural).

Cualquier ensayo del hormigón diferente de los contemplados en este apartado, se efectuará según lo establecido en el programa de control o en el correspondiente pliego de prescripciones técnicas o, en su caso, el plan de control, o de acuerdo con las indicaciones de la dirección facultativa y pactadas y conocidas por el suministrador.

2.3.3.1.- Ensayos de docilidad del hormigón

La docilidad del hormigón (artículo 57.3.1 del Código Estructural) se comprobará mediante la determinación de la consistencia del hormigón fresco por el método del asentamiento, según UNE-EN 12350-2. En el caso de hormigones autocompactantes, se llevará a cabo lo indicado para los mismos en el Artículo 33 del Código Estructural.

El resultado del ensayo de asentamiento del hormigón se obtiene como la media de dos determinaciones conformes a la norma UNE-EN 12350-2, sobre la misma muestra de hormigón. El resultado de los ensayos de autocompactabilidad se obtiene como el valor de una única determinación conforme a las normas UNE-EN 12350-8, UNE-EN 12350-9, UNE-EN 12350-10, UNE-EN 12350-11 o UNE-EN 12350-12, sobre la misma muestra de hormigón.

2.3.3.2.- Ensayos de resistencia del hormigón

La resistencia del hormigón (artículo 57.3.2 del Código Estructural) se comprobará mediante ensayos de resistencia a compresión realizados conforme a la norma UNE-EN 12390-3 efectuados sobre probetas fabricadas y curadas según la norma UNE-EN 12390-2.

Todos los métodos de cálculo y las especificaciones del Código Estructural se refieren a características del hormigón endurecido obtenidas mediante ensayos sobre probetas cilíndricas de 150x300 mm de diámetro y altura nominales, con tolerancias conformes a lo especificado en la norma UNE-EN 12390-1. No obstante, para la determinación de la resistencia a compresión, podrán emplearse también:

- a. Probetas cúbicas de 100 mm de dimensión nominal con tolerancias conformes a lo especificado en la norma UNE-EN 12390-1, en el caso de hormigones con $f_{ck} \geq 50$ N/mm² y siempre que el tamaño máximo del árido sea inferior a 12 mm. Podrán utilizarse estas probetas, siempre que el laboratorio tenga la aceptación de la dirección facultativa y disponga de coeficientes de conversión obtenidos a partir de correlaciones fiables con probetas cilíndricas de 150x300 mm. Las correlaciones se referirán a la misma tipificación de hormigón, con un número mínimo de parejas de resultados correlacionados recomendado superior a 18 y un coeficiente de correlación R² recomendado superior a 0,9.
- b. Probetas cúbicas de 150 mm de dimensión nominal con tolerancias conformes a lo especificado en la norma UNE-EN 12390-1.

Durante el periodo de permanencia en obra o en instalaciones de prefabricados las probetas deberán estar protegidas de impactos, vibraciones, soleamiento directo, deshidratación o exposición al viento. Con objeto de evitar la desecación, tras la fabricación de las probetas la superficie expuesta debe cubrirse con una arpillera húmeda o similar, y los moldes deben permanecer en una bolsa sellada.

La temperatura exterior alrededor de las probetas deberá permanecer en el intervalo de 20°C±5°C (25°C ±5°C en tiempo caluroso). En caso de no poder cumplir las condiciones de temperatura durante un periodo superior a 2 horas mientras las probetas se encuentran en la obra, el constructor deberá disponer una habitación o recinto donde depositar las probetas y que sea capaz de mantener las temperaturas de conservación establecidas. La existencia de dicho recinto deberá quedar debidamente documentada en los correspondientes partes de fabricación de probetas.

El periodo de permanencia de las probetas en la obra será de al menos 16 horas, sin superar las 72 horas hasta la entrada en la cámara de curado. Es recomendable que el periodo máximo de permanencia hasta la entrada en la cámara de curado no supere las 48 horas, especialmente en los meses de verano. En los meses de invierno, el periodo mínimo de permanencia de las probetas en la obra será de 24 horas.

Para su consideración al aplicar los criterios de aceptación para la resistencia del hormigón, del apartado 57.5.3 del Código Estructural, el recorrido relativo de un grupo de tres probetas obtenido mediante la diferencia entre el mayor resultado y el menor, dividida por el valor medio de las tres, tomadas de la misma amasada, no podrá exceder el 20%. En el caso de dos probetas, el recorrido relativo no podrá exceder el 13%.

2.3.3.3.- Ensayos de durabilidad

La comprobación (artículo 57.3.3 del Código Estructural), en los casos indicados en el apartado 57.5.7 (Código Estructural), de la profundidad de penetración de agua bajo presión en el hormigón, se ensayará según UNE-EN 12390-8. El curado de las probetas se realizará en cámara a $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ y humedad relativa $\geq 95\%$.

Antes de iniciar el ensayo, se someterá a las probetas a un período de secado previo de 72 horas en una estufa de tiro forzado a una temperatura de $50 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Se procederá a la fabricación de tres probetas de la misma muestra para su ensayo. Los ensayos se realizarán conforme a lo establecido en el apartado 57.3 del Código Estructural. Se elaborará un informe con los resultados obtenidos. Se indicará también la dosificación real empleada en el hormigón ensayado, así como la identificación de sus materias primas.

La comprobación, en los casos indicados en el apartado 57.5.7 del Código Estructural, del contenido de aire ocluido, se ensayará según UNE-EN 12350-7.

2.3.4.- Control previo al suministro

Las comprobaciones previas al suministro del hormigón (artículo 57.4 del Código Estructural) tienen por objeto verificar la conformidad de la dosificación e instalaciones que se pretenden emplear para su fabricación.

En el caso de cambio de suministrador de hormigón durante la obra, será preceptivo volver a realizar las comprobaciones recogidas en este artículo (57.4 del Código Estructural).

2.3.4.1.- Comprobación documental previa al suministro

Además de la documentación general a la que hace referencia el apartado 57.5.1 (Código Estructural), que sea aplicable al hormigón, en el caso de hormigones que no estén en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, según el Anejo 4, del Código Estructural, el suministrador, o en su caso el constructor, deberá presentar a la dirección facultativa una copia firmada por persona física con representación suficiente, de la declaración responsable cuyo modelo se adjunta en el citado anejo, y en su caso el resto de los ensayos previos y característicos, con una antigüedad máxima de seis meses.

En su caso, certificado de inspección de la central suministradora del hormigón preparado, según proceda, en función de lo establecido en la reglamentación industrial vigente relativa al control de producción de hormigones fabricados en central.

2.3.4.2.- Comprobación de las instalaciones

La dirección facultativa valorará la conveniencia de efectuar, directamente o a través de una entidad de control de calidad, y preferiblemente antes del inicio del suministro, una visita de inspección a la central de hormigón al objeto de comprobar su idoneidad para fabricar el hormigón que se requiere para la obra. En particular, se atenderá al cumplimiento de las exigencias establecidas en el Artículo 51 del Código Estructural.

En su caso, se comprobará que se ha implantado un control de producción conforme con la reglamentación vigente que sea de aplicación y que está correctamente documentado, mediante el registro de sus comprobaciones y resultados de ensayo en los correspondientes documentos de autocontrol.

La dirección facultativa podrá comprobar que la central de hormigón garantiza la durabilidad conforme a lo indicado al apartado 57.1 del Código Estructural.

Además, se comprobará que la central de hormigón dispone de un sistema de gestión de los acopios de materiales componentes, según lo establecido en el apartado 51.2.2 del Código Estructural, que permita establecer la trazabilidad entre los suministros de hormigón y los materiales empleados para su fabricación.

2.3.4.3.- Comprobaciones experimentales previas al suministro

Las comprobaciones experimentales previas al suministro consistirán, en su caso, en la realización de ensayos previos y de ensayos característicos, de conformidad con lo indicado en el Anejo 13 del Código Estructural.

Los ensayos previos tienen como objeto comprobar la idoneidad de los materiales componentes y las dosificaciones a emplear mediante la determinación de la resistencia a compresión de hormigones fabricados en laboratorio.

Los ensayos característicos tienen la finalidad de comprobar la idoneidad de los materiales componentes, las dosificaciones y las instalaciones a emplear en la fabricación del hormigón, en relación con su capacidad mecánica y su durabilidad. Para ello, se efectuarán ensayos de resistencia a compresión y, en su caso, de profundidad de penetración de agua bajo presión de hormigones fabricados en las mismas condiciones de la central y con los mismos medios de transporte con los que se hará el suministro a la obra.

En el caso que el hormigón se fabrique en obra o no se puedan aplicar las exenciones previstas en el apartado 57.4.3.1 del Código Estructural, la dirección facultativa podrá exigir la documentación acreditativa de los ensayos previos y característicos, con antigüedad máxima de 6 meses.

2.3.4.3.1.- Posible exención de ensayos

No serán necesarios los ensayos previos, ni los característicos en el caso de que un hormigón esté en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.

Cuando el hormigón proceda de una misma central que tenga documentada su experiencia de uso anterior en otras obras con la misma dosificación, con las mismas materias primas de igual naturaleza y origen, y se utilicen las mismas instalaciones no serán necesarios los ensayos previos, ni los característicos tanto los de resistencia como los de durabilidad.

2.3.5.- Control durante el suministro

2.3.5.1.- Control documental durante el suministro

Cada partida de hormigón empleada en la obra deberá ir acompañada de una hoja de suministro, cuyo contenido mínimo se establece en el Anejo 4 del Código Estructural.

El constructor, o la persona designada en obra que le represente técnicamente, comprobará, bajo la supervisión de la dirección facultativa, que los valores reflejados en la hoja de suministro son conformes con las especificaciones del Código Estructural, y se corresponden con las de la dosificación declarada por el suministrador.

2.3.5.2.- Comprobación de la conformidad de la docilidad del hormigón durante el suministro

2.3.5.2.1.- Realización de los ensayos

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

- a. Cuando se fabriquen probetas para controlar la resistencia.
- b. 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 del Código Estructural.
- c. Siempre que lo indique la dirección facultativa o lo establezca el pliego de prescripciones técnicas particulares.

En el caso de hormigones autocompactantes, la dirección facultativa, en función de la aplicación a la que esté destinado el hormigón, decidirá las características de autocompactabilidad a controlar de las definidas en el apartado 33.5 y la frecuencia de control de las mismas. Como mínimo, deberían controlarse:

- a. La fluidez, mediante la determinación del escurrimiento conforme a la norma UNE-EN 12350-8, con las mismas frecuencias establecidas anteriormente para la consistencia de los hormigones convencionales.
- b. La capacidad de paso, mediante el ensayo del anillo japonés conforme a la norma UNE-EN 12350-12, realizando una determinación cada cuatro ensayos de escurrimiento.

2.3.5.2.2.- 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. del Código Estructural (tolerancias para la consistencia del hormigón).

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

El ensayo será satisfactorio cuando el resultado, conforme a lo indicado en el apartado 57.3.1 del Código Estructural, esté comprendido en el intervalo correspondiente a la clase especificada definido en la tabla 57.5.2.2. del Código Estructural.

En el caso del hormigón autocompactante, los ensayos serán satisfactorios cuando los resultados, conforme a lo indicado en el apartado 57.3.1 del Código Estructural, estén comprendidos en los intervalos de la tabla 33.5b del Código Estructural.

En el caso de que se tipifique una clase concreta de autocompactabilidad conforme al apartado 33.6 del Código Estructural, los ensayos serán satisfactorios cuando los resultados estén comprendidos en los intervalos correspondientes de las tablas 33.6a, 33.6b, 33.6c o 33.6d, referidas, todas ellas, al Código Estructural.

Para hormigones autocompactantes no se permitirá ninguna tolerancia respecto a los valores especificados en la tabla 33.5b del Código Estructural y las tablas del apartado 33.6 del Código Estructural.

Ante el incumplimiento de los criterios de aceptación podrán adoptarse medidas tendentes a garantizar la aptitud de la amasada, valorando la verdadera causa de la consistencia no conforme, considerando como punto de partida el diseño de la mezcla y las circunstancias de fabricación y transporte que hayan podido concurrir. Si tras la valoración, la amasada se considera irrecuperable, se procederá a su rechazo.

2.3.5.2.- Modalidades de control de la conformidad de la resistencia del hormigón durante el suministro

El control de la resistencia del hormigón tiene la finalidad de comprobar que la resistencia del hormigón realmente suministrado a la obra es conforme a la resistencia característica especificada en el proyecto, de acuerdo con los criterios de seguridad y garantía para el usuario definidos por el Código Estructural. La modalidad de control que se adopte en el proyecto podrá ser:

modalidad 1. Control estadístico, según 57.5.4 del Código Estructural.

modalidad 2. Control al 100 por 100, según 57.5.5 del Código Estructural.

modalidad 3. Control indirecto, según 57.5.6 del Código Estructural.

Los ensayos de resistencia a compresión se realizarán de acuerdo con el apartado 57.3.2 del Código Estructural. Su frecuencia y los criterios de aceptación aplicables serán función de:

- a. La posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.
- b. Que el hormigón tenga certificada la dispersión dentro del alcance de certificación de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.

- c. la modalidad de control que se adopte.

En caso de centrales de hormigón en las que sus productos posean distintivos de calidad oficialmente reconocidos, aquellos hormigones de condiciones de fabricación especial (principalmente aquellos de muy baja producción o producidos esporádicamente) podrán tener certificada la dispersión. Será imprescindible, entre otros requisitos, que la certificación de la dispersión se incluya en el alcance de la certificación del distintivo de calidad.

2.3.5.3.- Control estadístico de la resistencia del hormigón durante el suministro

Antes de iniciar el suministro del hormigón, la dirección facultativa comunicará al constructor, y éste al suministrador, el criterio de aceptación aplicable.

Para el control de su resistencia, el hormigón de la obra se dividirá en lotes, previamente al inicio de su suministro, de acuerdo con lo indicado en la tabla 57.5.4.1 del Código Estructural, salvo excepción justificada bajo la responsabilidad de la dirección facultativa.

Todas las amasadas de un lote procederán del mismo suministrador, estarán elaboradas con los mismos materiales componentes y tendrán la misma dosificación nominal. Además, no se mezclarán en un lote hormigones que pertenezcan a filas distintas de la tabla 57.5.4.1 del Código Estructural.

La conformidad del lote en relación con la resistencia se comprobará a partir de los valores medios de los resultados obtenidos sobre dos probetas tomadas para cada una de las N amasadas controladas, de acuerdo con la tabla 57.5.4.1 del Código Estructural.

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, del Código Estructural, 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 del Código Estructural.

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

En el caso de que se produjera un incumplimiento al aplicar el criterio de aceptación correspondiente, la dirección facultativa no aplicará la consideración especial de ampliación del tamaño del lote y reducción del número de amasadas de ensayo por lote, definida para hormigón con distintivo de calidad oficialmente reconocido, para los seis lotes siguientes a partir de la detección del incumplimiento. Si en dichos lotes se cumplen las exigencias del distintivo, la dirección facultativa, en el séptimo lote volverá a aplicar las consideraciones para tamaño de lote y número de amasadas de ensayo, definido para hormigones con distintivo de calidad oficialmente reconocido. Si, por el contrario, se produjera algún nuevo incumplimiento en los seis lotes mencionados, la comprobación de la conformidad, (tamaño del lote, número de amasadas por lote y criterio de aceptación) durante el resto del suministro se efectuará como si

el hormigón no estuviera en posesión del distintivo de calidad o no tuviera la dispersión certificada en la central.

En ningún caso, un lote podrá estar formado por amasadas suministradas a la obra durante un período de tiempo superior a seis semanas.

En el caso de que un lote esté ejecutado con hormigón de resistencia $f_{ck} \geq 50 \text{ N/mm}^2$, deberá cumplir, además, que el número de amasadas a controlar en cada lote ha de ser: $N \geq 6$.

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.

El criterio de aceptación se define por las siguientes expresiones:

$$f_{c,real} \geq f_{ck} \qquad f_1 \geq 0,9 \cdot f_{ck}$$

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

2.3.5.4.- Control de la resistencia del hormigón al 100 por 100

Esta modalidad de control es de aplicación a cualquier estructura, siempre que se adopte antes del inicio del suministro del hormigón.

La conformidad de la resistencia del hormigón se comprueba determinando la misma en todas las amasadas sometidas a control y calculando, a partir de sus resultados, el valor de la resistencia característica real, $f_{c,real}$

2.3.5.5.- Control indirecto de la resistencia del hormigón

En el caso de elementos de hormigón estructural, esta modalidad de control solo podrá aplicarse para hormigones en masa o armados en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, que se empleen en uno de los siguientes casos:

- Elementos de edificios de viviendas de una o dos plantas, con luces inferiores a 6,00 metros.
- Elementos de edificios de viviendas de hasta cuatro plantas, que trabajen a flexión, con luces inferiores a 6,00 metros.
- Obras de ingeniería de pequeña importancia.

Además, será necesario que se cumplan las dos condiciones siguientes:

- Que el ambiente en el que está ubicado el elemento sea X0 o XC según lo indicado en el Artículo 27 del Código Estructural.
- Que en el proyecto se haya adoptado una resistencia de cálculo a compresión f_{cd} no superior a 15 N/mm^2 .

2.3.5.6.- Comprobación de a conformidad de la durabilidad del hormigón durante el suministro

En los hormigones que no posean un distintivo de calidad oficialmente reconocido conforme a lo indicado en el Artículo 18 del Código Estructural, se realizará el ensayo de penetración de agua en el hormigón, de acuerdo con lo indicado en el apartado 57.3.3 (Código Estructural), al inicio y posteriormente una vez cada seis meses a lo largo del suministro para cada tipo de dosificación, para los hormigones de ambientes XA, XS, XD, XF o XM.

La dirección facultativa o el plan de control, pueden extender este ensayo a hormigones de otros ambientes. En este caso se considerará como "característica adicional" en la designación del hormigón, siendo de aplicación lo previsto en este caso en el apartado 51.3.4 del Código Estructural.

2.3.6.- 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 4 del Código Estructural. También se podrán elaborar certificados parciales mensuales en el caso de suministros prolongados en el tiempo.

2.3.7.- Decisiones derivadas del control

La decisión de aceptación de un hormigón estará condicionada a la comprobación de su conformidad, aplicando los criterios establecidos para ello en el Código Estructural o, en su caso, mediante las conclusiones extraídas de los estudios especiales que proceda efectuar, de conformidad con lo indicado en el apartado 57.7 del Código Estructural, en el caso de incumplimiento en los referidos criterios.

2.3.8.- Ensayos de información complementaria del hormigón

Estos ensayos sólo son preceptivos en los casos previstos por el Código Estructural en su apartado 57.7, cuando lo contemple el pliego de prescripciones técnicas particulares o cuando así lo exija la dirección facultativa. Su objeto es estimar la resistencia del hormigón de una parte determinada de la obra, a una cierta edad o tras un curado en condiciones análogas a las de la obra.

La dirección facultativa podrá decidir su empleo por solicitud de cualquiera de las partes, cuando existan dudas justificadas sobre la representatividad de los resultados obtenidos en el control experimental a partir de probetas de hormigón fresco.

Los ensayos de información del hormigón pueden consistir en:

- a. La rotura de probetas testigo extraídas del hormigón endurecido, conforme a la norma UNE-EN 12504-1. Este ensayo no deberá realizarse cuando la extracción pueda afectar de un modo sensible a la capacidad resistente del elemento en estudio, hasta el punto de resultar un riesgo inaceptable. En estos casos puede estudiarse la posibilidad de realizar el apeo del elemento, previamente a la extracción.
- b. El empleo de métodos no destructivos fiables, como complemento de los anteriormente descritos y debidamente correlacionados con los mismos.

La dirección facultativa juzgará en cada caso los resultados, teniendo en cuenta que para la obtención de resultados fiables la realización, siempre delicada de estos ensayos, deberá estar a cargo de personal especializado.

2.3.9.-Control del hormigón para la fabricación de elementos prefabricados

En el caso de elementos prefabricados que tengan marcado CE, su control del hormigón deberá realizarse conforme a los correspondientes criterios establecidos en la correspondiente norma europea armonizada.

En el caso de productos para los que no sea de aplicación el marcado CE o para aquéllos en los que el prefabricador desee voluntariamente que, de acuerdo con el apartado 62.1 del Código Estructural, le sea aplicado un coeficiente parcial de seguridad de 1,50 para el hormigón, deberá seguirse lo indicado en este apartado.

Esta modalidad de control es de aplicación general a los hormigones de autoconsumo fabricados en centrales fijas ubicadas en instalaciones destinadas a la fabricación industrial de elementos prefabricados estructurales.

Son de aplicación los criterios específicos establecidos para los materiales en el Artículo 56, del Código Estructural, y los ensayos indicados en el apartado 57.3 del citado Código Estructural.

El control descrito en los apartados siguientes deberá ser realizado por el fabricante de los elementos en su propia planta, pudiendo la dirección facultativa disponer la comprobación de la conformidad de dicho control, de acuerdo con lo indicado en el Artículo 62 del Código Estructural.

2.3.9.1.- Control estadístico de resistencia

Para el control de la resistencia, de acuerdo al apartado 62.5.3 del Código Estructural, se considera como lote el conjunto del mismo tipo de hormigón con el que se ha fabricado la totalidad de elementos prefabricados de una misma tipología en un período de tiempo. El período máximo de tiempo será de un mes natural para fabricaciones continuas de un tipo de hormigón, o de una semana, en el caso de hormigones con bajas producciones. Se entenderá como baja producción aquella que no alcance las 16 tomas mensuales exigidas para la producción continua.

Todas las amasadas del mismo lote estarán elaboradas con los mismos materiales componentes y tendrán la misma dosificación nominal.

El control estadístico de la resistencia deberá obtenerse a partir de los resultados de los ensayos acumulados del mismo tipo de hormigón en la misma planta, con independencia de que los elementos prefabricados con las amasadas de ese lote pertenezcan a más de una obra.

2.4.- Control de acero para armaduras pasivas

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 del Código Estructural. La comprobación de su conformidad, de acuerdo con lo indicado en el Artículo 56 comprenderá:

- a. Un control documental conforme al apartado 21.1 del Código Estructural.
- b. Un control mediante distintivos de calidad oficialmente reconocidos conformes con lo indicado en el Artículo 18 del Código Estructural.
- c. 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, del Código Estructural).

Sin perjuicio de lo establecido al respecto en el Código Estructural (artículo 58), el plan de control podrá fijar los ensayos que considere pertinentes.

El control del acero para armaduras pasivas será efectuado por el responsable de la recepción del mismo en la instalación industrial (armadura normalizada o ferralla), de prefabricación o en la obra para el caso de que las armaduras se elaboren en la propia obra.

En los productos que no posean un distintivo de calidad oficialmente reconocido conforme a lo indicado en el Artículo 18, para la realización de los ensayos, control experimental, se procederá a la división en lotes de la cantidad de acero suministrado. El tamaño máximo del lote será de 30 toneladas, procedentes del mismo fabricante de acero, marca comercial, tipo de acero, forma de suministro y serie de diámetros.

Las series de diámetros se clasifican como sigue a continuación:

- a. Serie fina: diámetros hasta 10 mm.
- b. Serie media: diámetros desde 12 mm hasta 20 mm.
- c. Serie gruesa: diámetros 25 mm y 32 mm.
- d. Serie muy gruesa: diámetros desde 40 mm.

De cada lote se tomará una muestra representativa formada por dos barras diferentes y sobre cada una de ellas se realizarán los siguientes ensayos de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 15630-1.

Se aceptará el lote en el caso de no detectarse ningún incumplimiento de las especificaciones en los ensayos o comprobaciones citadas en este punto. En caso contrario, si únicamente se detectaran no conformidades sobre un único ensayo, se tomará una serie adicional de cinco probetas correspondientes al mismo lote, sobre las se realizará una nueva serie de ensayos o comprobaciones en relación con las propiedades sobre la que se haya detectado la no conformidad. En el caso de aparecer algún nuevo incumplimiento, se procederá a rechazar el lote.

Adicionalmente, en el caso de suministros de acero superiores a 300 toneladas, se deberá determinar la composición química sobre uno de cada cuatro lotes, dejando constancia escrita de la agrupación de los lotes de cuatro en cuatro. Se llevarán a cabo un mínimo de cinco ensayos sobre el lote seleccionado, en coladas de acero diferentes. El resultado será conforme, para la agrupación de cuatro lotes, cuando se cumplan las especificaciones del Artículo 34 del Código Estructural y presente una variación respecto a los valores del certificado de inspección del fabricante del acero "tipo 3.1" según UNE-EN 10204.

2.5.- Control de las armaduras pasivas

La conformidad de las armaduras con lo establecido en el proyecto incluirá su comportamiento en relación con las características mecánicas, las de adherencia, las relativas a su forma y dimensiones y cualquier otra característica que establezca el pliego de prescripciones técnicas particulares o decida la dirección facultativa.

2.5.1.- Control de las armaduras normalizadas (mallas electrosoldadas y armaduras básicas electrosoldadas en celosía)

En el caso de que la armadura (artículo 59.1, del Código Estructural) deba 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 las armaduras normalizadas, deberán ser conformes con el Código Estructural (entre otros, las comprobaciones experimentales indicadas en el artículo 59), así como con la norma UNE-EN 10080. La comprobación de su conformidad, de acuerdo con lo indicado en el Artículo 56 (Código Estructural) comprenderá:

- a. Control documental conforme al apartado 21.1 del Código Estructural.
- b. Control mediante distintivos de calidad oficialmente reconocidos conformes con lo indicado en el Artículo 18 del Código Estructural.
- c. Control experimental, mediante la realización de ensayos (dicho control experimental no será preceptivo en el caso de que la armadura normalizada presente un distintivo de calidad oficialmente reconocido conforme a lo indicado en el Artículo 18 del Código Estructural).

Sin perjuicio de lo establecido al respecto en el Código Estructural (artículo 59), el plan de control podrá fijar los ensayos que considere pertinentes.

El control de las armaduras normalizadas será efectuado por el responsable de la recepción del mismo en la instalación industrial, de prefabricación, o en la propia obra.

2.5.2.- Control de la ferralla (elaborada y armada)

En el caso de ferralla (artículo 59.2 del Código Estructural) según lo indicado en el apartado 35.3 (Código Estructural), la dirección facultativa o, en su caso, el constructor, deberá comunicar por escrito al elaborador de la ferralla el cronograma de obra, marcando pedidos de las armaduras y fechas límite para su recepción en obra, tras lo que el elaborador de las mismas deberá comunicar por escrito a la dirección facultativa su programa de fabricación, con identificación de los procesos que va a utilizar (enderezado y/o soldadura) y si el acero que va a utilizar o alguno de los procesos para la elaboración de la ferralla disponen de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, ello al objeto de posibilitar la elaboración del Programa de control, la realización de toma de muestras y las actividades de comprobación que, preferiblemente, deben efectuarse en la instalación de ferralla.

El control de recepción se aplicará también tanto a las armaduras que se reciban en la obra procedente de una instalación industrial ajena a la misma, así como a cualquier armadura elaborada directamente por el constructor en la propia obra.

Las comprobaciones y ensayos establecidos en este apartado no serán preceptivos en el caso de que la ferralla esté en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.

2.6.- Control de acero para armaduras activas

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 para armaduras activas, deberán ser conformes con este Código. La comprobación de su conformidad, de acuerdo con lo indicado en el Artículo 56 comprenderá:

- a. Control documental conforme al apartado 21.1 del Código Estructural.
- b. Control mediante distintivos de calidad oficialmente reconocidos conformes con lo indicado en el Artículo 18 del Código Estructural.
- c. 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 del Código Estructural).

Sin perjuicio de lo establecido al respecto en el Código Estructural, el pliego de prescripciones técnicas particulares podrá fijar los ensayos que considere pertinentes.

El control del acero para armaduras activas será efectuado por el responsable de la recepción del mismo en la instalación industrial, de prefabricación o en la propia obra.

En los productos que no posean un distintivo de calidad oficialmente reconocido conforme a lo indicado en el Artículo 18 del Código Estructural, para la realización de los ensayos, control experimental, se procederá a la división en lotes de la cantidad de acero suministrado. El tamaño máximo del lote será de 30 toneladas, procedentes del mismo fabricante de acero, marca comercial, tipo de acero, y producto (alambre, cordón y barra), diámetro y colada.

De cada lote se tomará una muestra representativa formada por dos alambres, cordones o barras diferentes y sobre cada una de ellas se realizarán los siguientes ensayos de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 15630-3:

- a. Ensayo de tracción, con envejecimiento artificial de las probetas. Se determinarán las siguientes características: Módulo elástico, Carga al límite elástico convencional al 0,1%, $R_{p\ 0,1}$. Carga al límite elástico convencional al 0,2%, $R_{p\ 0,2}$. Carga de rotura, R_m . Relación $R_{p\ 0,2}/R_m$. Alargamiento total bajo carga máxima, Agt. Estricción, Z.
- b. Ensayo de doblado alternativo, sólo para alambres de diámetro igual o superior a 5 mm.
- c. Determinación de características geométricas: sección transversal recta o masa/metro y profundidad, longitud y separación de grafilas, si procede.

Los ensayos serán satisfactorios cuando cumplan las especificaciones que les sean de aplicación en el Artículo 36 del Código Estructural.

Se aceptará el lote en el caso de no detectarse ningún incumplimiento de las especificaciones en los ensayos o comprobaciones citadas en este punto. En caso contrario, si únicamente se detectaran no conformidades sobre un único ensayo, se tomará una serie adicional de cinco probetas correspondientes al mismo lote, sobre las que se realizará una nueva serie de ensayos o comprobaciones en relación con las propiedades sobre la que se haya detectado la no conformidad. En el caso de aparecer algún nuevo incumplimiento, se procederá a rechazar el lote.

El comportamiento frente a relajación al 80% a 1000 horas, fatiga, corrosión bajo tensión o tensión residual, pérdida de resistencia a la tracción después de un doblado-desdoblado y tracción desviada (sólo para cordones de 7 alambres de diámetro $\geq 13\text{mm}$), según UNE-EN ISO 15630-3, podrá demostrarse, salvo indicación contraria de la dirección facultativa, mediante la presentación de un informe de ensayos que garanticen las exigencias al respecto del Artículo 36 (Código Estructural), con una antigüedad no superior a un año y realizado por un laboratorio de los recogidos en el apartado 17.2.2.1 del Código Estructural.

Adicionalmente, en suministros de más de 100 toneladas, se efectuarán ensayos de contraste de la trazabilidad de la colada, mediante la determinación de las características químicas sobre uno de cada cuatro lotes, con un mínimo de cinco ensayos.

2.7.- Control de los elementos y sistemas de aplicación del pretensado

La conformidad de los elementos de pretensado (artículo 61 del Código Estructural) con lo establecido en el proyecto se comprobará durante su recepción en la obra, e incluirá todos aquellos componentes que fueran necesarios para materializar la fuerza de pretensado sobre la estructura. Por lo tanto, el control de recepción en relación con los elementos de pretensado podrá incluir, según el caso:

- a. Acero de pretensar.
- b. Unidades de pretensado, cualquiera que sea su tipología (alambres, cordones, barras, etc.).
- c. Dispositivos de anclaje, en su caso.
- d. Dispositivos de empalme, en su caso.
- e. Vainas, en su caso.
- f. Productos de inyección, en su caso.
- g. Sistemas para aplicar la fuerza de pretensado.

En el caso de elementos o sistemas de aplicación del pretensado que dispongan 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.

Para los elementos o sistemas de aplicación del pretensado que no dispongan de marcado CE, deberán ser conformes con este Código Estructural (entre otros, comprobaciones

experimentales indicadas en este artículo). La comprobación de su conformidad, de acuerdo con lo indicado en el Artículo 56 comprenderá:

- a. Control documental conforme al apartado 21.1 del Código Estructural.
- b. Control mediante distintivos de calidad oficialmente reconocidos conformes con lo indicado en el Artículo 18 del Código Estructural.
- c. Control experimental, mediante la realización de ensayos (dicho control experimental no será preceptivo en el caso de que el sistema de aplicación del pretensado presente un distintivo de calidad oficialmente reconocido conforme a lo indicado en el Artículo 18 del Código Estructural).

Sin perjuicio de lo establecido al respecto en el Código Estructural, el pliego de prescripciones técnicas particulares podrá fijar los ensayos que considere pertinentes.

El control de los elementos y sistemas de aplicación del pretensado será efectuado por el responsable de la recepción del mismo en la instalación de prefabricación, o en la propia obra.

2.8.- Control de los elementos prefabricados

La conformidad de los elementos prefabricados (artículo 62 del Código Estructural) con lo establecido en el proyecto se comprobará durante su recepción en obra e incluirá la comprobación de la conformidad de su comportamiento tanto en lo relativo al hormigón, como a las armaduras, así como al comportamiento del propio elemento prefabricado.

En el caso de elementos prefabricados que dispongan del 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. Será el encargado de verificar, del modo que considere conveniente, que el producto sujeto a recepción es conforme con las especificaciones requeridas.

La dirección facultativa velará especialmente porque se mantengan los criterios suficientes para garantizar la trazabilidad entre los elementos colocados con carácter permanente en la obra y los materiales y productos empleados.

A los efectos de su control, la prefabricación de elementos estructurales de hormigón incluye, al menos, los siguientes procesos:

- a. Elaboración de las armaduras.
- b. Armado de la ferralla.
- c. Montaje de la armadura pasiva.
- d. Operaciones de pretensado, en su caso.
- e. Fabricación del hormigón.
- f. Vertido, compactación y curado del hormigón.

Para los productos que no dispongan de marcado CE, el control de recepción de los elementos prefabricados podrá incluir comprobaciones tanto sobre los procesos de prefabricación, como sobre los productos empleados (hormigón, armaduras y acero de pretensado), así como sobre la geometría final del elemento.

El control de recepción debe efectuarse tanto sobre los elementos prefabricados en una instalación industrial ajena a la obra como sobre aquéllos prefabricados directamente por el

constructor en la propia obra. Además, los criterios del Código Estructural deberán aplicarse tanto a los elementos normalizados, como aquéllos que sean prefabricados específicamente para una obra, de acuerdo con un proyecto concreto.

El suministrador o, en su caso, el constructor, deberá incluir en su sistema de control de producción un sistema para el seguimiento de cada uno de los procesos aplicados durante su actividad, y definirá unos criterios de comprobación que permitan verificar a la dirección facultativa que los citados procesos se desarrollan según lo establecido en el Código Estructural. Para ello, reflejará en los correspondientes registros de autocontrol los resultados de todas las comprobaciones realizadas para cada una de las actividades que le sean de aplicación, de entre las contempladas por el Código Estructural.

La dirección facultativa podrá requerir del suministrador o, en su caso, del constructor, las evidencias documentales sobre cualquiera de los procesos relacionados con la prefabricación que se contemplan en el Código Estructural y, en particular, la información que demuestre la existencia de un control de producción, que incluya todas las características especificadas por el Código Estructural y cuyos resultados deberán estar registrados en documentos de autocontrol. Además, podrá efectuar, cuando proceda, las oportunas inspecciones en las propias instalaciones de prefabricación y, en su caso, la toma de muestras para su posterior ensayo.

En el caso general de elementos prefabricados elaborados con hormigón conforme a la norma EN 206, norma de referencia para los productos con marcado CE obligatorio (de acuerdo a la versión establecida en la norma de producto correspondiente), se empleará en el proyecto del elemento prefabricado unos coeficientes de ponderación, en situación persistente o transitoria, de 1,70 para el hormigón y de 1,15 para el acero. No obstante, el fabricante podrá aplicar un coeficiente parcial de seguridad de 1,50 para el hormigón, si dispone de un certificado del control de producción en fábrica, concedido por una entidad de certificación según el apartado 17.2.2.2 del Código Estructural, en cualquier caso acreditados conforme a los apartados del Código Estructural que le sean de aplicación y a la norma UNE-EN ISO/IEC 17065 según el Reglamento (CE) Nº 765/2008, del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de julio, que demuestre que el hormigón se fabrica de conformidad con los criterios establecidos en el Código Estructural. Dichos coeficientes podrán disminuirse hasta 1,35 en el caso del hormigón y 1,10 en el caso del acero, si el elemento prefabricado esté en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido y se cumplen el resto de condiciones indicadas en el Anejo 19 del Código Estructural.

2.9.- Programación del control de ejecución en las estructuras de hormigón

La organización del control de la ejecución de las estructuras de hormigón deberá seguir los criterios establecidos en el Capítulo 5, del Código Estructural, y en particular, la programación del control de la ejecución deberá respetar los criterios establecidos en el artículo 22 del Código Estructural.

El control de la ejecución estará ligado al nivel de control de la ejecución (acorde con lo definido en el apartado 22.4.1 del Código Estructural y a la clase de ejecución (acorde con lo definido en el apartado 22.4.2 del Código Estructural)).

El control de ejecución deberá adaptarse a las características de la obra y a los medios disponibles en la misma, por lo que la dirección facultativa, por iniciativa propia o a propuesta del constructor, podrá autorizar valores diferentes a los recogidos en este artículo.

Los lotes de ejecución y las unidades de inspección se recogen en los artículos 63.1 y 63.2, respectivamente, del Código Estructural.

2.10.- Comprobaciones previas al comienzo de la ejecución

Antes del inicio de la ejecución de cada parte de la obra, la dirección facultativa deberá constatar que existe un programa de control para los productos y para la ejecución, que haya sido redactado específicamente para la obra, conforme a lo indicado en el proyecto y en el Código Estructural.

Cualquier incumplimiento de los requisitos previos establecidos, provocará el aplazamiento del inicio de la obra hasta que la dirección facultativa constate documentalmente que se ha subsanado la causa que dio origen al citado incumplimiento.

2.11.- Control de los procesos de ejecución previos a la colocación de la armadura

2.11.1.- Control del replanteo de la estructura

Se comprobará que los ejes de los elementos, las cotas y la geometría de las secciones presentan unas posiciones y magnitudes dimensionales cuyas desviaciones respecto al proyecto son conformes con las tolerancias indicadas en el Anejo 14 del Código Estructural, para los coeficientes parciales de los materiales adoptados en el cálculo de la estructura.

2.11.2.- Control de las cimbras y apuntalamientos

Durante la ejecución de la cimbra, deberá comprobarse la correspondencia de la misma con los planos de su proyecto, con especial atención a los elementos de arriostramiento y a los sistemas de apoyo. Se efectuará también sendas revisiones del montaje y desmontaje, comprobando que se cumple lo establecido en el correspondiente procedimiento escrito.

En general, se comprobará que la totalidad de los procesos de montaje y desmontaje, y en su caso el de recimbrado o reapuntalamiento, se efectúan conforme a lo establecido en el correspondiente proyecto.

La dirección facultativa solicitará, comprobará y adjuntará a la documentación de la obra el certificado indicado en el apartado 48.2 del Código Estructural, que debe facilitarle el constructor.

En el caso de que se utilice, en conformidad con el apartado 48.2 del Código Estructural, un sistema de elementos sustentantes que esté en posesión de un distintivo oficialmente reconocido, conforme al Artículo 18 del Código Estructural, se seguirán las indicaciones contenidas en el expediente técnico de aplicación, en lo referente a instrucciones para el montaje y, en su caso, de manipulación o manejo en la obra de los elementos sustentantes correspondientes, así como de los planos de montaje de los mismos. En este caso la dirección facultativa podrá eximir al constructor de las comprobaciones y revisiones anteriormente indicadas, siempre que éste presente la documentación del distintivo oficialmente reconocido que posee el sistema de elementos sustentantes empleado y acredite que el mismo está vigente durante todo el periodo de su utilización en la obra.

2.11.3.- Control de los encofrados y moldes

Previamente al vertido del hormigón, se comprobará que la geometría de las secciones es conforme con lo establecido en el proyecto, aceptando la misma siempre que se encuentre dentro de las tolerancias establecidas en el proyecto o, en su defecto, por el Anejo 14 del Código Estructural. Además, se comprobarán los aspectos indicados en el apartado 48.3 del Código Estructural.

En el caso de encofrados o moldes en los que se dispongan elementos de vibración exterior, se comprobará previamente su ubicación y funcionamiento, aceptándose cuando no sea previsible la aparición de problemas una vez vertido el hormigón.

Previamente al hormigonado, deberá comprobarse que las superficies interiores de los moldes y encofrados están limpias y que se ha aplicado, en su caso, el correspondiente producto desencofrante.

En el caso de que se utilice, en conformidad con el apartado 48.3 del Código Estructural, un sistema de encofrados (superficie encofrante y estructura resistente de la misma) que esté en posesión de un distintivo oficialmente reconocido, conforme al Artículo 18 del Código Estructural, se seguirán las indicaciones contenidas en el expediente técnico de aplicación, en lo referente a instrucciones para el montaje y, en su caso, de manipulación o manejo en la obra de los encofrados correspondiente, así como de los planos de montaje de los mismos. En este caso la dirección facultativa podrá eximir al constructor de las comprobaciones y revisiones anteriormente indicadas, siempre que éste presente la documentación del distintivo oficialmente reconocido que posee el sistema de encofrados empleado y acredite que el mismo está vigente durante todo el periodo de su utilización en la obra.

2.12.- Control del proceso de montaje de las armaduras pasivas

El proceso de ferralla no comenzará hasta que la dirección facultativa haya aceptado:

- a. Los planos de despiece previamente aprobados por el constructor.
- b. La totalidad de la documentación aprobada por el constructor en relación con los procesos de fabricación de las armaduras, los productos empleados para su fabricación y el suministrador.

En el caso de que se vayan a emplear procesos de soldadura, tanto en instalaciones como en obra, el control del constructor deberá comprobar:

- a. La cualificación del coordinador de soldeo, según la norma UNE-EN ISO 14731, tanto para soldadura no resistente como resistente.
- b. La cualificación de los soldadores, según se indica en las normas UNE-EN ISO 17660-1, para soldaduras resistentes y UNE 17660-2 para soldadura no resistente.
- c. La cualificación del procedimiento de soldeo, tanto para soldadura no resistente como resistente, de acuerdo con los apartados 49.4.3.2 y 49.5.2.5, respectivamente, del Código Estructural.

En el caso de empleo de dispositivos para el empalme mecánico, se recabará del constructor el correspondiente certificado, firmado por persona física, en el que se garantice su comportamiento mecánico.

Sobre el proceso de elaboración, armado y montaje de las armaduras pasivas el control del constructor efectuará, al menos, las verificaciones siguientes acordes con el Artículo 49 del Código Estructural:

- a. Inexistencia de defectos superficiales o grietas.
- b. Diámetros de armaduras.
- c. Despieces.
- d. Atado y posicionamiento longitudes de anclaje y de empalme (solapo, soldadura resistente, empalmes mecánicos...).
- e. Distancias libres entre barras.

Antes del inicio del suministro a la obra de las armaduras desde la instalación de ferralla, se establecerá un punto de parada hasta que, una vez efectuado el control de contraste bajo la supervisión de la dirección facultativa, se haya aceptado la conformidad de:

- a. La armadura elaborada y la ferralla armada.
- b. La cimbra, en su caso, a partir de la documentación aportada por el constructor de acuerdo con lo dispuesto en el apartado 65.3 del Código Estructural.

Para verificar la conformidad del montaje, el control del constructor efectuará al menos las comprobaciones siguientes, de las cuales dejará constancia documental:

- a. Separadores (material, tamaño, cantidad y distribución).
- b. Recubrimientos (mínimos y máximos).
- c. Tolerancias de acuerdo con lo establecido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto o el Anejo 14 del Código Estructural.
- d. Estado de oxidación de la armadura pasiva, con el límite establecido en el apartado 49.8.1 del Código Estructural.
- e. Estado de limpieza y eliminación de suciedades.

En el caso de que para el facilitar el armado de la ferralla, por ejemplo, para garantizar la separación entre estribos (pre-armado), se hubieran empleado cualquier tipo de elemento auxiliar de acero, se comprobará que éstos presentan también un recubrimiento no inferior al mínimo

En ningún caso se aceptará la colocación de armaduras que presenten menos sección de acero que las previstas en el proyecto, ni aun cuando ello sea como consecuencia de la acumulación de tolerancias con el mismo signo.

Antes de proceder al hormigonado, se establecerá un punto de parada hasta que la dirección facultativa haya aceptado el montaje de las armaduras pasivas.

En caso de emplearse soldaduras en la elaboración de armaduras pasivas, los criterios aplicables para su control, tanto en lo relativo a ensayos de producción como a las tareas de inspección, serán los recogidos en los capítulos 12 y 13 de la norma UNE-EN ISO 17660, partes 1 y 2, para soldaduras resistentes y no resistentes respectivamente. También será de aplicación el Artículo 59 del Código Estructural.

El control del constructor inspeccionará el 100% de las soldaduras resistentes realizadas, comprobando las longitudes y gargantas de los cordones, así como la distancia longitudinal entre cordones y la distancia a los codos, y el 50% de las soldaduras no resistentes. Deberán cumplirse las distancias definidas para cada soldadura en función de cada diámetro. El criterio de

aceptación será el establecido por la norma UNE-EN ISO 17660, en la parte que corresponda según se trate de soldadura resistente o no resistente.

Como criterio general, puede establecerse como valor indicativo que el control de contraste de la dirección facultativa comprobará un 20% de las soldaduras resistentes y un 10% de las no resistentes, de forma aleatoria y representativa.

2.13.- Control de los procesos de hormigonado

El constructor comprobará, antes del inicio del suministro del hormigón, dejando constancia documental de ello, que:

- a. Se dan las circunstancias para efectuar correctamente su vertido de acuerdo con lo indicado en este Código Estructural. Asimismo, comprobará que se dispone de los medios adecuados para la puesta en obra, compactación y curado del hormigón.
- b. En el caso de temperaturas extremas, según el apartado 52.3 del Código Estructural, comprobará que se han tomado las precauciones allí recogidas.

La dirección facultativa verificará que el constructor realiza dichas comprobaciones.

Durante el hormigonado, el constructor bajo la supervisión de la dirección facultativa comprobará que no se forman juntas frías entre diferentes tongadas y que se evita la segregación durante la colocación del hormigón.

El constructor y la dirección facultativa comprobarán que el curado se desarrolla adecuadamente durante, al menos el período de tiempo indicado en el proyecto o, en su defecto, el indicado en el Código Estructural.

2.14.- Control de procesos posteriores al hormigonado

Una vez desencofrado el hormigón, se comprobará la ausencia de defectos significativos en la superficie del hormigón. Si se detectaran coqueas, nidos de grava u otros defectos que, por sus características pudieran considerarse inadmisibles en relación con lo exigido, en su caso, por el proyecto, la dirección facultativa valorará la conveniencia de proceder a la reparación de los defectos y, en su caso, el revestimiento de las superficies.

En el caso de que el proyecto hubiera establecido alguna prescripción específica sobre el aspecto del hormigón y sus acabados (color, textura, etc.), estas características deberán ser sometidas al control, una vez desencofrado o desmoldado el elemento y en las condiciones que establezca el correspondiente pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto.

Además, el constructor bajo la supervisión de la dirección facultativa comprobará que el descimbrado se efectúa de acuerdo con el plan previsto en el proyecto y verificando que se han alcanzado, en su caso, las condiciones mecánicas que pudieran haberse establecido para el hormigón.

2.15.- Control del montaje y uniones de elementos prefabricados

Antes del inicio del montaje de los elementos prefabricados, el constructor efectuará las siguientes comprobaciones, dejando constancia documental de ello:

- a. Los elementos prefabricados son conformes con las especificaciones del proyecto y se encuentran, en su caso, adecuadamente acopiados, sin presentar daños aparentes.

- b. Se dispone de unos planos que definen suficientemente el proceso de montaje de los elementos prefabricados, así como las posibles medidas adicionales (arriostramientos provisionales, etc.).
- c. Se dispone de un programa de ejecución que define con claridad la secuencia de montaje de los elementos prefabricados.
- d. Se dispone, en su caso, de los medios humanos y materiales requeridos para el montaje.

La dirección facultativa verificará que el constructor realice dichas verificaciones y revisará la documentación aportada.

Durante el montaje, el constructor y la dirección facultativa comprobarán que se cumple la totalidad de las indicaciones del proyecto. Se prestará especial atención al mantenimiento de las dimensiones y condiciones de ejecución de los apoyos, enlaces y uniones.

2.16.- Control del elemento construido

Una vez finalizada la ejecución de cada fase de la estructura, el constructor efectuará una inspección del mismo, dejando constancia documental, al objeto de comprobar que se cumplen las especificaciones dimensionales del proyecto.

La dirección facultativa verificará la documentación aportada por el constructor.

3.- ESTRUCTURAS DE ACERO

3.1.- Generalidades

Con carácter general, este anejo es aplicable a toda estructura sometida a cargas predominantemente estáticas. Para estructuras solicitadas a fatiga se requieren niveles superiores de ejecución acordes así mismo con la clasificación de los correspondientes detalles constructivos.

La fabricación de las piezas de acero estructural que forman parte de las estructuras metálicas requiere disponer de unas instalaciones que permitan desarrollar las siguientes actividades:

- recepción y acopio de los productos de acero empleados,
- elaboración de planos de taller, y
- procesos de corte, conformado, enderezado y perforación.

Además, el taller deberá disponer de zonas para poder realizar el ensamblado, armado previo y montaje en blanco de las piezas que fabrica. Asimismo, deberá tener implantado un sistema de control de la conformidad de la producción conforme a los requisitos del marcado CE. Al objeto de garantizar la trazabilidad de los productos de acero empleados en los talleres, la dirección facultativa podrá recabar, a través del constructor, evidencias sobre la misma.

3.2.- Clases de ejecución (artículo 91.2 del Código Estructural).

El proyecto incluirá la clasificación de todos los elementos de la estructura, según su ejecución, que es necesaria para garantizar el nivel de seguridad definido. Una obra, o parte de la misma, puede incluir elementos de distinta clase. Es necesario que se agrupen los elementos por clases para facilitar la descripción de requisitos y la valoración de su ejecución y control.

El nivel de riesgo de una obra o parte de ella define las consecuencias que podría tener su fallo estructural durante su construcción o en servicio:

- Nivel CC 3. Elementos cuyo fallo compromete la seguridad de personas, como es el caso de un edificio público, o puede generar grandes pérdidas económicas.
- Nivel CC 2. Elementos cuyo fallo compromete la seguridad de personas, pero no del público en general, o puede generar apreciables pérdidas económicas.
- Nivel CC 1. Elementos no incluidos en los niveles anteriores.

Las condiciones de ejecución y uso tratan de categorizar los riesgos inherentes al tipo de construcción y al tipo de acciones que pueden incidir sobre la estructura.

La categoría de uso depende del riesgo ligado al servicio para el que se diseña la estructura:

- SC1: Estructuras y componentes sometidas a acciones predominantemente estáticas (edificios). Estructuras con uniones diseñadas para acciones sísmicas moderadas que no requieren ductilidad. Carrileras y soportes con cargas de fatiga reducida, por debajo del umbral de daño del detalle más vulnerable.
- SC2: Estructuras y componentes sometidas a acciones de fatiga (puentes de carretera y ferrocarril, grúas y carrileras en general). Estructuras sometidas a vibraciones por efecto del viento, paso de personas o maquinaria con rotación. Estructuras con uniones que requieren ductilidad por requisito de diseño antisísmico.

La categoría de ejecución depende de la fabricación y montaje de la estructura.

- PC1: Componentes sin uniones soldadas, con cualquier tipo de acero. Componentes con soldaduras de acero de grado inferior a S355, realizadas en taller.
- PC2: Componentes con soldaduras de acero de grado S355 o superior. Ejecución de soldaduras en obra de elementos principales. Elementos sometidos a tratamiento térmico durante su fabricación. Piezas de perfil hueco con recortes en boca de lobo.

La clase de ejecución (1, 2, 3 ó 4) se define de acuerdo con la siguiente tabla (tabla 91.1 del Código Estructural):

Nivel de riesgo		CC1		CC2		CC3	
Categoría de uso		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Categoría de ejecución	PC1	1	2	2	3	3	3
	PC2	2	2	2	3	3	4

En casos particulares, de conformidad con la propiedad, puede ser conveniente imponer una clase de ejecución superior en algunos elementos particulares. Asimismo, la clasificación anterior no limita la inclusión de requisitos adicionales que explícitamente se indiquen en el pliego de prescripciones técnicas particulares.

Conforme al artículo 91.2 del Código Estructural, la relación entre niveles de control y clases de ejecución es la siguiente:

Nivel de Control de Ejecución	Clase de ejecución para los elementos de acero
Intenso	Clase 3 o 4
Normal	Clase 2

3.3.- Control de los productos de acero

3.3.1.- Requisitos exigidos a los productos de acero

Los productos de acero deberán cumplir con lo establecido en el proyecto y la normativa de aplicación, lo que se comprobará durante su recepción en obra. Se comprobarán sus características mecánicas y geométricas, además de cualquier otra característica, que, en su caso, establezca el pliego de prescripciones técnicas particulares.

3.3.2.- Control documental, toma de muestras y ensayos

En el caso de productos que deban disponer del marcado CE según el Reglamento (UE) Nº 305/2011, el fabricante del producto entregará la declaración de prestaciones y el marcado CE y será el responsable de la conformidad del producto con las prestaciones declaradas. 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.

La dirección facultativa será la responsable de velar porque el producto incorporado en la obra es adecuado a su uso y cumple con las especificaciones requeridas. En el caso de efectuarse ensayos para comprobar la conformidad del producto, se seguirán los criterios que estuvieran definidos en el programa de control o en el pliego de prescripciones técnicas particulares de la obra. En el caso de que el proyecto establezca que los productos de acero dispongan de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, se comprobará que los productos los poseen y que son de conformidad con el Artículo 18 del Código Estructural.

La dirección facultativa, por sí misma, a través de una entidad de control o un laboratorio de control, podrán efectuar la toma de muestras en la instalación en donde se encuentren los productos de acero. Salvo circunstancias excepcionales, la toma de muestras se efectuará preferiblemente en el taller antes del montaje de los elementos. Podrán estar presentes durante la toma los representantes del constructor y del suministrador de los elementos.

La entidad o el laboratorio de control de calidad velarán por la representatividad de la muestra, no aceptando, en ningún caso, que se tomen muestras sobre productos que no se correspondan a los planos del proyecto, ni sobre productos específicamente destinados a la realización de ensayos. Una vez extraídas las muestras, se procederá, en su caso, al reemplazamiento de las partes de los elementos que hubieran sido alteradas durante la toma.

La entidad o el laboratorio de control de calidad redactarán un acta para cada toma de muestras, que suscribirán todas las partes presentes, quedándose con una copia de la misma. El tamaño de las muestras deberá ser suficiente para la realización de la totalidad de las comprobaciones y ensayos que se pretendan realizar. Todas las muestras se trasladarán para su ensayo al laboratorio de control tras ser correctamente precintadas e identificadas.

Cualquier ensayo sobre los productos de acero que decida el autor del proyecto o la dirección facultativa, se deberá efectuar de acuerdo con las indicaciones de éstos. En el caso del autor del proyecto, reflejará dichas indicaciones en el correspondiente pliego de prescripciones técnicas particulares.

3.4.- Control de la conformidad de los tornillos, tuercas, arandelas y bulones

3.4.1.- Requisitos exigidos

Los tornillos (artículo 85 del Código Estructural) utilizables en uniones de estructuras de acero serán los recogidos en la tabla siguiente (tabla 85.2.a del Código Estructural):

Tipo	Tornillos ordinarios			Tornillos de alta resistencia		f_{yb} = límite elástico mínimo en N/mm ²
	Grado	4.6	5.6	6.8	8.8	
f_{yb}	240	300	480	640	900	f_{ub} = resistencia a tracción mínima de los tornillos en N/mm ²
f_{ub}	400	500	600	800	1000	

No se utilizarán tornillos de grado inferior o superior sin justificación experimental documentada.

Serán utilizables los tornillos normalizados según las normas siguientes (tabla 85.2.b del Código Estructural):

Tornillos normalizados	Tuercas hexagonales normalizadas	Arandelas planas normalizadas
UNE-EN ISO 4014 UNE-EN ISO 4016 UNE-EN ISO 4017 UNE-EN ISO 4018	UNE-EN ISO 4032 UNE-EN ISO 4033 UNE-EN ISO 4034	UNE-EN ISO 7089 UNE-EN ISO 7090 UNE-EN ISO 7091 UNE-EN ISO 7092 UNE-EN ISO 7093-1 UNE-EN ISO 7093-2 UNE-EN ISO 7094

Podrán pretensarse únicamente los tornillos de grados 8.8 y 10.9 normalizados según UNE-EN 14399-1. Los conjuntos seguirán las partes aplicables de las diferentes partes de la norma UNE-EN 14399.

Los tornillos de cabeza avellanada deben quedar enrasados nominalmente con la cara exterior de la chapa externa.

Los tornillos calibrados deben pretaladrarse mediante taladro o punzón con un diámetro, al menos, 3 mm inferior al diámetro definitivo. Cuando el tornillo debe unir varias chapas, deben mantenerse firmemente unidas estas durante el escariado. El escariado debe realizarse con un dispositivo de husillo fijo, no debiendo emplearse lubricantes ácidos.

La cabeza de los tornillos de inyección debe presentar un agujero con diámetro mínimo 3,2 mm, al que se acopla la cánula del dispositivo de inyección. Debajo de la cabeza del tornillo debe usarse una arandela especial, cuyo diámetro interior debe ser como mínimo 0,5 mm mayor que el diámetro real del tornillo y que debe tener un lado mecanizado. Debajo de la tuerca debe emplearse una arandela especial ranurada.

La calidad de los aceros para los bulones será la especificada en la norma UNE-EN 10083-1 que se corresponde con la siguiente tabla (tabla 85.4 del Código Estructural):

Estado	Temple y revenido						Normalizado			
	$d \leq 16$ mm		$16 \text{ mm} < d \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} < d \leq 100$ mm		$d \leq 16$ mm		$16 \text{ mm} < d \leq 100 \text{ mm}$	
Designación	f_{yb}	f_{ub}	f_{yb}	f_{ub}	f_{yb}	f_{ub}	f_{yb}	f_{ub}	f_{yb}	f_{ub}
C 22	340	500 a 650	290	470 a 620	--	--	240	430	210	410
C 25	370	550 a 700	320	500 a 650	--	--	260	470	230	440
C 30	400	600 a 750	350	550 a 700	300 (*)	500 a 550(*)	280	510	250	480
C 35	430	630 a 780	380	600 a 750	320	550 a 700	300	550	270	520
C 40	460	650 a 800	400	630 a 780	350	600 a 750	320	580	290	550
C 45	490	700 a 850	430	650 a 800	370	630 a 780	340	620	305	580
C 50	520	750 a 900	460	700 a 850	400	650 a 800	355	650	320	610
C 55	550	800 a 950	490	750 a 900	420	700 a 850	370	680	330	640
C 60	580	852 a 1000	520	800 a 950	450	750 a 900	380	710	340	670

(*) Aplicable solo hasta $d = 63$ mm.

3.4.2.- Control documental, toma de muestras y ensayos

Para aquellos tornillos que estén afectados por el marcado CE en base al Reglamento (UE) Nº 305/2011, de 9 de marzo de 2011, el fabricante presentará la declaración de prestaciones y el marcado CE.

Para aquellos productos que no tengan marcado CE, se deberá acreditar la posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido conforme a lo establecido en el Código Estructural.

Cuando un producto no tenga marcado CE o no disponga de distintivo de calidad oficialmente reconocido, se considerará un lote de tornillos, tuercas, arandelas, por cada uno de los grados y clases de tornillo que se empleen en la obra. El control de las características de los tornillos, tuercas y arandelas se efectuará por atributos (dimensiones y características mecánicas, además de las características funcionales del conjunto) sobre al menos diez muestras, mediante los ensayos establecidos en el Código Estructural, en su caso, por el pliego de prescripciones técnicas particulares. Los ensayos de los tornillos se deberán realizar según la norma UNE-EN ISO 898-1, las tuercas según UNE-EN ISO 898-2, y para las arandelas la norma de producto aplicable.

3.4.3.- Condiciones de aceptación o rechazo

Se aceptará el lote en el caso de no detectarse ningún incumplimiento de las especificaciones en los ensayos o comprobaciones citadas. En caso contrario, se procederá a rechazar el lote.

3.5.- Control del material de aportación para las soldaduras

3.5.1.-Requisitos exigidos

El material de aportación utilizable para la realización de soldaduras (alambres, hilos y electrodos) deberá ser apropiado para el proceso de soldeo, teniendo en cuenta el material a soldar y el procedimiento de soldeo; además deberá tener unas características mecánicas, en términos de límite elástico, resistencia a tracción, deformación bajo carga máxima y resiliencia, no inferiores a las correspondientes del material de base que constituye los perfiles o chapas que se pretende soldar.

En el caso de soldar acero con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica, el material de aportación deberá tener una resistencia a la corrosión equivalente a la del metal base, salvo que permita otra cosa el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto.

3.5.2.- Control documental, toma de muestras y ensayos

Se deberá presentar la declaración de prestaciones y ostentar el marcado CE de conformidad con la parte armonizada de la norma UNE-EN 13479. La dirección facultativa deberá comprobar que la declaración de prestaciones del material de aportación para las soldaduras sea conforme con las especificaciones del proyecto.

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. Será el encargado de verificar, del modo que considere conveniente, que el producto sujeto a recepción es conforme con las especificaciones requeridas.

En el caso de efectuarse ensayos para comprobar la conformidad del producto, se seguirán los criterios que estuvieran definidos en el programa de control o en el pliego de prescripciones técnicas particulares de la obra.

3.6.- Control de los sistemas de protección

3.6.1.- Requisitos exigidos

Los sistemas de protección deberán cumplir las prescripciones establecidas en los apartados 86.3 y 86.4 del Código Estructural, que son las siguientes:

Clase de exposición	Grado de durabilidad	Ensayo de envejecimiento cíclico	Ensayo de inmersión	Ensayo de condensación de agua	Ensayo de niebla salina neutra
		h	h	h	h
C2	Bajo	-	-	48	-
	Medio	-	-	48	-
	Alto	-	-	120	-
	Muy alto	-	-	240	480
C3	Bajo	-	-	48	120
	Medio	-	-	120	240
	Alto	-	-	240	480
	Muy alto	-	-	480	720
C4	Bajo	-	-	120	240
	Medio	-	-	240	480
	Alto	-	-	480	720
	Muy alto	1680	-	720	1440
C5	Bajo	-	-	240	480
	Medio	-	-	480	720
	Alto	1680	-	720	1440
	Muy alto	2688	-	-	-
Im1	Alto	-	3000	1440	-
	Muy alto	-	4000	2160	-
Im2	Alto	-	3000	-	1440
	Muy alto	-	4000	-	2160
Im3	Alto	-	3000	-	1 440
	Muy alto	-	4000	-	2160

Las duraciones mínimas y máximas (en años) de los recubrimientos de cinc hasta el primer mantenimiento, para las diferentes categorías de corrosividad de la norma ISO 9223, se incluyen en la norma UNE-EN ISO 14713.

Así, por ejemplo, para el caso de recubrimientos de galvanización en caliente (realizada conforme a la norma UNE-EN ISO 1461) de 85 micrómetros de espesor (que es el valor mínimo del espesor medio de recubrimiento exigible sobre elementos estructurales de acero de espesor superior a 6 mm), en la norma UNE-EN ISO 14713 se indican duraciones de la protección (en años) que van desde 40/>100 (para clase de exposición C3), 20/40 (para clase de exposición C4) y 10/20 (para clase de exposición C5).

La aptitud del acero para el recubrimiento por galvanización en caliente, en relación a su contenido en Si y P, debe ser conforme a las normas UNE-EN 10025-2, UNE-EN 10025-4, o UNE-EN 10025-6, según el tipo de acero.

3.6.2.- Control documental, toma de muestras y ensayos

Todo suministro de material deberá acompañarse de un certificado de garantía del fabricante, específico para la obra y firmado por persona física.

Los ensayos se efectuarán sobre probetas que cumplan las siguientes condiciones:

- que sean del mismo tipo de acero que el que se vaya a emplear en la obra,

- en su caso, que tenga el mismo recubrimiento de cinc que se vaya a utilizar,
- que presente un tamaño mínimo de 150x70 mm²
- que presente un espesor no inferior a 2 mm y compatible con el ensayo que se pretenda efectuar,
- que cumplan las condiciones de preparación y estado superficial prescritas en la norma UNE-EN ISO 12944-6,
- para superficies galvanizadas en caliente aplica la norma UNE-EN ISO 1461,
- para superficies sometidas a metalización con cinc, la norma UNE-EN ISO 2063-1.

En los sistemas de protección que no posean un distintivo de calidad oficialmente reconocido, para la realización de los ensayos, se procederá a la división en lotes de los sistemas de protección. Se considerará un lote para cada conjunto de sistemas de protección y tipo de acero empleado en la obra. El número de probetas a ensayar será al menos de tres por cada lote.

Las probetas para la realización de los ensayos deben ser del mismo tipo de acero que se vaya a emplear (y, en su caso, con el mismo recubrimiento de cinc que se vaya a utilizar), con un tamaño mínimo de 150 x 75 mm y un espesor, dependiente del ensayo, pero en todo caso no menor que 3 mm. Las probetas cumplirán las condiciones de preparación y estado superficial prescritas en la norma UNE-EN ISO 12944-6.

En cuanto a la galvanización en caliente, en el caso de que el suministro del material se acompañe de un certificado de garantía del galvanizador, específico para la obra y firmado por persona física, la dirección facultativa podrá eximir de la realización de los correspondientes ensayos. La realización de ensayos, en su caso, se efectuará mediante los procedimientos establecidos en la norma UNE-EN ISO 1461, así como los que se recojan específicamente en el programa de control o el pliego de prescripciones técnicas particulares. Para las superficies sometidas a metalización con cinc, los ensayos se realizarán conforme a lo indicado en la norma UNE-EN ISO 2063-1.

3.6.3.- Criterios de aceptación o rechazo

La posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido conforme a lo establecido en el Artículo 18 del Código Estructural, se entiende como suficiente para avalar la conformidad del sistema de protección suministrado sin efectuar ensayos específicos.

Los ensayos sobre los sistemas de pintura, se considerarán conformes con las especificaciones cuando:

- Antes del ensayo, la clasificación obtenida por la probeta de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 2409 es 0 o 1. Cuando el espesor de la película seca del sistema de protección es mayor que 250 μm , este requisito debe sustituirse por la inexistencia de desprendimiento de la pintura del sustrato en el ensayo de adherencia según UNE-EN ISO 4624, a menos que los valores de la tracción sean mayores o iguales a 5 MPa.
- Después del ensayo, con la duración en horas indicadas en la tabla anterior, según el caso, para la clase de exposición y grado de durabilidad exigidos, la probeta no presenta defectos según los métodos de evaluación establecidos en las partes 2 a 5 de la norma UNE-EN ISO 4628, y la clasificación obtenida de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 2409 sea 0 o 1. Cuando el espesor de la película seca del sistema de pintura es mayor que 250 μm , se empleará la misma sustitución de este último requisito que la indicada en el

apartado anterior. La evaluación de la condición tras el ensayo según UNE-EN ISO 2409 o según el ensayo sustitutivo se efectuará tras 24 horas de reacondicionamiento de la probeta.

Se considera que la probeta no presenta defectos según los métodos de evaluación de las normas UNE-EN ISO 4628-2 a UNE-EN ISO 4628-5 cuando se cumplen los siguientes requisitos:

- Según UNE-EN ISO 4628-2: ampollamiento 0 (S0).
- Según UNE-EN ISO 4628-3: óxido Ri 0.
- Según UNE-EN ISO 4628-4: agrietamiento 0 (S0).
- Según UNE-EN ISO 4628-5: descamación 0 (S0).

Además de estos requisitos, que se evalúan de manera inmediata, debe cumplirse, en evaluación realizada tan pronto como sea posible, y siempre dentro de las 8 h siguientes al final del ensayo, que, una vez efectuado un envejecimiento artificial, conforme a la norma UNE-EN ISO 9227, no existe ningún avance de corrosión del sustrato, a partir de la incisión, que sea superior a 1 mm, determinado de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 12944.

En la evaluación de defectos anteriormente citada, no se tendrán en cuenta aquéllos que se produzcan a menos de 10 mm de los bordes de la probeta.

En cuanto a la galvanización en caliente y a la metalización con cinc, la presentación a la dirección facultativa del certificado de garantía conforme a la normativa permitirá la aceptación del correspondiente lote. En el caso de efectuarse ensayos para comprobar la conformidad del lote, se seguirán los criterios establecidos al efecto en el programa de control o el pliego de prescripciones técnicas particulares de la obra.

3.7.- Control de estructuras componentes

3.7.1.- Control documental, toma de muestras y ensayos

La conformidad de las estructuras componentes con lo establecido en el proyecto se comprobará durante su recepción en obra e incluirá la comprobación de sus características mecánicas y geométricas, además de cualquier otra característica, que, en su caso, establezca el pliego de prescripciones técnicas particulares.

Al disponer estos productos del mercado CE según el Reglamento (UE) Nº 305/2011, de 9 de marzo de 2011, sus prestaciones en relación a las características esenciales deberán comprobarse de conformidad con la norma armonizada UNE-EN 1090-1. Tal y como se recoge en el citado Reglamento, el fabricante del producto entregará la declaración de prestaciones y el marcado CE y será el responsable de la conformidad del producto con las prestaciones declaradas. El fabricante deberá estar en condiciones de aportar garantía de la adecuación de su producto al uso previsto y de ponerla a disposición de quien la solicite con el fin de que, a su vez, pueda pasar esta garantía al usuario final de la obra o del producto en que se incorporen, facilitando para ello la documentación que incluya la información que avale dicha garantía. 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. La dirección facultativa, una vez validado el control de recepción, será responsable de velar porque el producto incorporado en la obra es adecuado a su uso y cumple con las especificaciones requeridas.

En el caso de efectuarse ensayos para comprobar la conformidad del producto, se seguirán los criterios que estuvieran definidos en el programa de control o en el pliego de prescripciones técnicas particulares de la obra.

3.8.- Programación del control de la ejecución de las estructuras de acero

3.8.1.- Lotes de ejecución

El programa de control aprobado por la dirección facultativa contemplará una división de la obra en lotes de ejecución, coherentes con el desarrollo previsto en el plan de obra para la ejecución de la misma.

Para cada lote de ejecución se identificarán la totalidad de actividades o procesos susceptibles de ser inspeccionados, así como las frecuencias de las comprobaciones a realizar, tanto por el control del constructor como por el control de contraste de la dirección facultativa, en su caso.

En general, y salvo que el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto defina una división de la estructura o de sus elementos en lotes más adaptada a sus características específicas, o de sus elementos, los lotes de ejecución se definirán siguiendo los siguientes criterios generales:

- se corresponderán con partes sucesivas en el proceso de fabricación y montaje en taller y de ejecución de la obra,
- no se mezclarán elementos de tipología estructural distinta, que pertenezcan a filas diferentes en la tabla siguiente,
- el tamaño del lote no será superior al indicado, en función del tipo de elementos, en la tabla siguiente (tabla 101.1 del Código Estructural).

Tipo de obra	Tipo de elemento	Nº de elementos o dimensión
Edificación, chimeneas torres y depósitos	Pilares y elementos verticales	500 m ² de superficie, sin rebasar las dos plantas
	Vigas, arriostramientos, elementos superficiales y forjados	250 m ² de superficie construida sin rebasar una planta
Puentes	Alzados de pilas	1 pila 10 m de altura de pila
	Alzados de estribos	1 estribo
	Tableros de puentes	1 tramo o dovela sin rebasar el menor de 30 m o un vano completo

En el caso de otros elementos diferentes de los indicados en la tabla, el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto establecerá los criterios necesarios para definir el tamaño máximo del lote de ejecución.

Se podrá optar por utilizar otra metodología para definir el tamaño máximo de los lotes de ejecución previa aprobación por parte de la dirección facultativa y siempre que el tamaño de los lotes resultantes no exceda lo indicado en la tabla.

3.8.2.- Unidades de inspección

Para cada lote de ejecución, se identificará la totalidad de los procesos y actividades susceptibles de ser inspeccionadas, de acuerdo con lo previsto en el Código Estructural. Se contemplarán, como mínimo, los siguientes procesos:

- elaboración de planos de taller,
- definición de los procedimientos de fabricación, elaboración del programa y planos de montaje,
- gestión de acopios de materiales y productos,
- mecanización y manipulación de productos de acero en taller,
- cualificación de soldadores y de los procedimientos de soldeo,
- cualificación de procedimientos de fijación con elementos mecánicos,
- ensamblado y armado de elementos en taller, incluido el control dimensional,
- ejecución de uniones soldadas,
- ejecución de uniones con elementos mecánicos,
- colocación de conectadores en estructuras mixtas,
- ajustes, correcciones y acabados finales en taller,
- montaje en blanco,
- recepción de elementos a su llegada a obra,
- ensamblado de elementos en obra,
- replanteo y montaje de elementos en obra,
- ajustes, correcciones y acabados finales, y
- aplicación de tratamientos superficiales de protección anticorrosiva.

La dimensión o tamaño máximo de un proceso o actividad comprobable, en general, en una visita de inspección al taller o a la obra. En función de los desarrollos de procesos y actividades previstos en el plan de obra, en cada inspección al taller o a la obra, podrá comprobarse un determinado número de unidades de inspección, las cuales, pueden corresponder a uno o más lotes de ejecución.

Para cada proceso o actividad, se definirán las unidades de inspección correspondientes cuya dimensión o tamaño será conforme al indicado en la tabla siguiente (tabla 101.2 del Código Estructural):

Procesos de ejecución	Tamaño máximo de la unidad de inspección
Elaboración de planos de taller	Planos correspondientes a cada elemento estructural
Definición de los procedimientos de fabricación, elaboración del programa y planos de montaje	Procedimientos de fabricación y programa y planos de montaje correspondientes a cada elemento estructural
Gestión de acopios	Acopio correspondiente a cada material, forma de suministro, fabricante y partida suministrada, que se empleen en cada lote de ejecución ⁽¹⁾
Mecanización y manipulación de los productos de acero en taller	Conjunto de productos destinados a cada elemento estructural
Cualificación de soldadores y de los procedimientos de soldeo	Cada uno de los soldadores, tanto en taller como en obra Cada uno de los procedimientos de soldeo ⁽²⁾
Cualificación de procedimientos de fijación con elementos mecánicos	Cada uno de los tipos de fijaciones con elementos mecánicos
Ensamblado y armado de elementos en taller, incluido el control dimensional	Cada uno de los elementos, principales o secundarios
Ejecución de uniones soldadas	Cada una de las soldaduras, en taller o en obra, acorde con el procedimiento de control y el porcentaje de control especificado en el PPI
Ejecución de uniones con elementos mecánicos	Cada una de las uniones ejecutadas mediante elementos mecánicos
Colocación de conectadores en estructuras mixtas	Los conectadores a colocar en una jornada de trabajo
Ajustes, correcciones y acabados finales en taller	Cada uno de los elementos
Montaje en blanco	Cada dovela, tramo o vano a montar en blanco
Recepción de elementos a su llegada a la obra	Cada elemento que llega a la obra.
Ensamblado de elementos en obra	Cada unión a ejecutar en obra
Replanteo y montaje de elementos en obra	Cada elemento montado en obra
Ajustes, correcciones y acabados finales	Cada elemento montado en obra
Aplicación de tratamientos superficiales de protección anticorrosiva	Cada uno de los elementos fabricados en taller, para los tratamientos aplicados en taller Cada uno de los elementos montados en la obra, para los tratamientos aplicados en obra, en su caso

(1) Un mismo acopio de material, procedente del mismo suministro, fabricante y partida, puede ser destinado a diferentes elementos estructurales o a diferentes lotes de ejecución, en función de su tamaño y de acuerdo con el plan de obra. Por lo tanto, la gestión de un acopio concreto puede formar parte de diferentes lotes de ejecución y, consecuentemente, de diferentes unidades de inspección. Al programarse el control de ejecución, se evitará considerar la inspección repetida del mismo acopio para la aceptación de distintos lotes de ejecución, procurando en la medida de lo posible que el conjunto de las inspecciones tenga la mayor representatividad posible de la obra.

(2) Una cualificación del procedimiento de soldeo puede cubrir varios tipos de soldaduras, de acuerdo con los rangos de cualificación de la norma de aplicación correspondiente.

Una vez definidos los lotes de ejecución y las unidades de inspección, se debe definir para cada unidad de inspección las frecuencias de comprobación.

3.8.3.- Frecuencias de comprobación (Anejo 17 del Código Estructural)

Frecuencias de comprobación para los procesos de ejecución:

Procesos y actividades de ejecución	Número mínimo de unidades de inspección controladas por lote de ejecución			
	Control normal		Control intenso	
	Control del constructor	Control externo de la dirección facultativa	Autocontrol del constructor	Control externo de la dirección facultativa
Gestión de acopios	100%	3	100%	20%, con un mínimo de 3
Revisión de planos de taller	25%	3	100%	20%
Manipulación de los productos de acero en taller	50% ⁽³⁾	10%	100% ⁽³⁾	25% ⁽¹⁾
Ensamblado y armado de elementos en taller, incluido el control dimensional, así como la comprobación de fijaciones mecánicas y soldaduras	50% ⁽³⁾	10%	100% ⁽³⁾	25% ⁽²⁾
Ajustes, correcciones y acabados finales	50%	10%	100% ⁽³⁾	25% ⁽²⁾
Control visual de elementos que llegan a la obra	100%	10%	100%	25% ⁽²⁾
Cualificación de soldadores y procedimientos de soldeo	100%	100%	100%	100%
Ejecución de soldaduras	De acuerdo con tabla A17.2.2.a	De acuerdo con tabla A17.2.2.a	De acuerdo con tabla A17.2.2.a	De acuerdo con tabla A17.2.2.a
Replanteos	5	3	100%	20%
Cualificación de procedimientos de fijación con elementos mecánicos	100%	100%	100%	100%
Ejecución de fijaciones con elementos mecánicos para montaje	50%	10%	100%	25% ⁽²⁾
Aplicación de tratamientos de protección	25%	10%	100%	25%

(1) Este control podrá disminuirse progresivamente hasta el 15%, en el caso de que el programa de control se vaya desarrollando correctamente y se vayan obteniendo resultados satisfactorios en las inspecciones realizadas.

(2) Este control podrá disminuirse progresivamente hasta el 10%, en el caso de que el programa de control se vaya desarrollando correctamente y se vayan obteniendo resultados satisfactorios en las inspecciones realizadas.

(3) En elementos secundarios, de acuerdo con la definición expresada en la tabla, el número mínimo de unidades de inspección a controlar en cada lote de ejecución podrá disminuirse hasta un 25%. En dichos casos, el control de contraste de la dirección facultativa podrá disminuirse también hasta el 12%

Tipo y número de ensayos en el caso de soldaduras:

Tipo de soldadura	Tipo de ensayo ⁽¹⁾ e intensidad de control							
	Soldaduras en taller perteneciente a las instalaciones de obra (sin Marcado CE)				Soldaduras en obra			
	Control normal		Control intenso		Control normal		Control intenso	
	Control constructor	Control externo	Control constructor ⁽²⁾	Control externo	Control constructor	Control externo	Control constructor ⁽²⁾	Control externo
Cordones a tope, en platabandas, almas o elementos de responsabilidad, traccionados o susceptibles de fatiga	RT/UT 100%	RT/UT 10%	RT/UT 100%	RT/UT 20%	RT/UT 100%	RT/UT 10%	RT/UT 100%	RT/UT 20%
Cordones a tope, en platabandas, almas o elementos de responsabilidad, comprimidos y no susceptibles de fatiga	UT 40%	UT 5%	UT 40%	UT 10%	UT 50%	UT 5%	UT 50%	UT 10%
Cordones en ángulo o con penetración parcial, en elementos de responsabilidad (riostros, traviesas, mamparos, costillas, etc.), traccionados o susceptibles de fatiga	PM/LP 100%	PM/LP 10%	PM/LP 100%	PM/LP 20%	PM/LP 100%	PM/LP 10%	PM/LP 100%	PM/LP 20%
Cordones en ángulo o con penetración parcial, en elementos de responsabilidad (riostros, traviesas, mamparos, costillas, etc.), comprimidos y no susceptibles de fatiga	PM/LP 20%	PM/LP 3%	PM/LP 20%	PM/LP 5%	PM/LP 30%	PM/LP 4%	PM/LP 30%	PM/LP 7%
Cordones a tope o en ángulo en elementos de responsabilidad, trabajando fundamentalmente a rasante (unión alas-alma, rigidizadores, mamparos de apoyo, etc.)	UT/PM/MLP 20%	UT/PM/MLP 3%	UT/PM/MLP 20%	UT/PM/MLP 5%	UT/PM/MLP 30%	UT/PM/MLP 4%	UT/PM/MLP 30%	UT/PM/MLP 7%
Cordones en ángulo o con penetración parcial, en elementos secundarios (cartelas, rigidizadores intermedios, células, arriostramientos, riostras, marcos de rigidez, uniones de atado, etc.)	PM/LP 10%	PM/LP 3%	PM/LP 10%	PM/LP 5%	PM/LP 10%	PM/LP 3%	PM/LP 10%	PM/LP 5%
Cordones en ángulo de pemos conectadores	Ensayos de doblado 3%	Ensayos de doblado 1%	Ensayos de doblado 3%	Ensayos de doblado 1%	Ensayos de doblado 5%	Ensayos de doblado 1%	Ensayos de doblado 5%	Ensayos de doblado 1%

(1) La nomenclatura utilizada en la tabla para los ensayos es conforme con la norma UNE-EN ISO 17635:

- LP: ensayo de líquidos penetrantes, efectuado de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 3452-1;
- PM, ensayo de partículas magnéticas, efectuado de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 17638;
- UT: ensayo de ultrasonidos, efectuado de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 17640;
- RT: ensayo radiográfico, de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 17636.

(2) Autocontrol del productor conforme al apartado 22.1 del Código Estructural.

Frecuencias de ensayos no destructivos para las comprobaciones adicionales de las soldaduras, conforme se indica en el apartado 103.2.2.6 del Código Estructural:

Tipo de soldadura		Ensayo			
		Soldaduras en Taller perteneciente a las instalaciones de obra (sin Marcado CE)		Soldaduras en obra	
		C.E. 4 y 3	C.E. 2	C.E. 4 y 3	C.E. 2
Cordones de fuerza	Cordones a tope sometidos a tensiones de tracción ($k \geq 0,8$)	100 %	50 %	100 %	100 %
	$0,3 < k < 0,8$	50 %	20 %	100 %	50 %
	$k \leq 0,3$	10 %	5 %	20 %	10 %
	Cordones a tope sometidos a tensiones de compresión	10 %	5 %	20 %	10 %
	Cordones de ángulo.	20 %	10 %	20 %	10 %
	Cordones Longitudinales	10 %	5 %	20 %	10 %
Uniones de alzado	Rigidizadores, correas, etc.	5 %			

k: Coeficiente de utilización definido en proyecto.

C.E. Clase de ejecución

3.8.4.- Aceptación o rechazo

Los elementos de acero fabricados en taller deberán tener marcado CE, y por lo tanto, sus tolerancias dimensionales deberán cumplir lo establecido en la norma armonizada UNE-EN 1090-1, para el resto de elementos deben cumplir los requisitos de tolerancias indicados en el Anejo 16 del Código Estructural.

A menos que el pliego de prescripciones técnicas particulares indique otra cosa, los criterios de aceptación de soldaduras se basarán en la norma UNE-EN ISO 5817 donde los niveles de calidad para cada clase de ejecución son (Tabla 94.6.a del Código Estructural):

Clase 1	Nivel D
Clase 2	Nivel C, en general, y nivel D para los defectos de mordedura (5.011, 5.012), solapamiento (506), cebado del arco (601) y rechupe de cráter abierto (2.025)
Clase 3	Nivel B
Clase 4	Nivel B y requisitos complementarios (B+)

Los requisitos complementarios para la clase 4 de ejecución se indican en la el artículo 94.6 del Código Estructural.

En el caso de que se supere alguna de las anteriores limitaciones, se deberá proceder a una evaluación particular. Se tendrá en cuenta la función y nivel tensional del elemento afectado y las características del defecto (tipo, tamaño, situación) para decidir si la soldadura puede ser aceptada o bien hay que proceder a su reparación. Puede recurrirse a una evaluación mediante cálculo para juzgar la aceptación de un defecto

Se realizarán los siguientes ensayos no destructivos según los principios generales establecidos en la norma UNE-EN ISO 17635 y conforme a las especificaciones particulares de cada método de ensayo:

- Líquidos penetrantes (LP), realizados según UNE-EN ISO 3452-1 y con los criterios de aceptación de la norma UNE-EN ISO 23277.
- Partículas magnéticas (PM), realizadas según UNE-EN ISO 17638 y con los criterios de aceptación de la norma UNE-EN ISO 23278.
- Ultrasonidos (UT), realizados según UNE-EN ISO 17640 y con los criterios de aceptación de la norma UNE-EN ISO 11666.
- Radiografías (RX), según UNE-EN ISO 17636-1 y UNE-EN ISO 17636-2 y con los criterios de aceptación de la norma UNE-EN ISO 10675-1.

Cuando se localice alguna imperfección “admisibles”, acorde con la normativa que establezca su criterio de aceptación, no será precisa su reparación, pero se inspeccionará un tramo adicional del mismo cordón. Si en esta nueva inspección se encuentra una imperfección no admisible se repararán todos los defectos.

Si la imperfección es “no admisible”, acorde con la normativa que establezca su criterio de aceptación, será necesaria su reparación, según un procedimiento establecido. Dicha reparación no afectará únicamente a la imperfección no admisible, sino también a todas aquellas imperfecciones calificadas como “admisibles” que se hayan detectado con anterioridad en la misma soldadura. Adicionalmente, se incrementará el nivel de control para las soldaduras realizadas por ese soldador en el porcentaje adicional indicado en el plan de control o según lo que establezca la dirección facultativa.

3.9.- Comprobaciones previas al comienzo de la fabricación y ejecución

Antes del inicio de la ejecución de cada parte de la obra, la dirección facultativa deberá constatar que existe un programa de control, desarrollando el plan de control definido en el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto, tanto para los productos como para la fabricación y ejecución, que haya sido redactado específicamente para la obra, conforme a lo indicado por el proyecto y lo establecido en la normativa.

Cualquier incumplimiento de los requisitos previos establecidos, provocará el aplazamiento del inicio de la obra hasta que la dirección facultativa constate documentalmente que se ha subsanado la causa que dio origen al citado incumplimiento.

3.9.1.- Programa de puntos de inspección

El programa de puntos de inspección (PPI) formará parte del programa de control y en él se detallará al menos:

- las unidades de inspección, tanto en taller como en obra,
- el tipo de inspección y comprobaciones a realizar,
- los procedimientos o normas que regularán la verificación de la conformidad de cada inspección, así como las especificaciones de aceptación,
- la ubicación y frecuencia o intensidad de las inspecciones,
- la forma de documentación de los resultados,
- la designación de la persona responsable de la realización y firma de los diferentes controles o inspecciones,
- los puntos de espera o parada a respetar durante el proceso de control, y
- cualquier comentario u observación aclaratoria.

3.10.- Control de la fabricación en taller y del montaje en obra

En el caso de productos que deban disponer del marcado CE sus prestaciones en relación a las características esenciales deberán realizarse de conformidad con la norma armonizada UNE-EN 1090-1. El fabricante del producto será el responsable de la conformidad del producto con las prestaciones declaradas. El fabricante deberá estar en condiciones de aportar garantía de la adecuación de su producto al uso previsto y de ponerlas a disposición de quien las solicite con el fin de que, a su vez, pueda transmitir estas garantías al usuario final de la obra o del producto en que se incorporen, facilitando para ello la documentación que incluya la información que avale dichas garantías. 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. La dirección facultativa, una vez validado el control de recepción, será la responsable de velar porque el producto incorporado en la obra es adecuado a su uso y cumple con las especificaciones requeridas. En el caso de efectuarse ensayos para comprobar la conformidad del producto, se seguirán los criterios que estuvieran definidos en el programa de control o en el pliego de prescripciones técnicas particulares de la obra o, en su caso, el plan de control.

En el caso de productos que no deban disponer de marcado CE, la conformidad de los procesos de fabricación en taller y de la ejecución y el montaje en obra incluirá las características mecánicas de los productos empleados, las características geométricas de los elementos, así como cualquier otra característica incluida en el proyecto o decidida por la dirección facultativa. Las consideraciones de este

Lo anteriormente expuesto es de aplicación independientemente de que el taller pertenezca o no a las instalaciones propias de la obra

3.10.1.- Comprobaciones previas al inicio del suministro

La dirección facultativa comprobará, antes del inicio del suministro, que el constructor ha comunicado el programa de obra, estableciendo las fechas límites para la recepción, en su caso, de los elementos elaborados en talleres ubicados fuera de las instalaciones de la obra. Las comprobaciones previas al suministro de los elementos fabricados en taller ajeno a la obra tienen por objeto verificar la conformidad de los procesos y de las instalaciones que se pretenden emplear.

3.10.1.1.- Comprobación documental previa al suministro

Además de la documentación general a la que hace referencia el Capítulo 5 del Código Estructural, que sea aplicable a los elementos que se pretende suministrar a la obra, el suministrador, o en su caso el constructor, deberá presentar a la dirección facultativa la siguiente documentación:

- a) en su caso, documento que demuestre que el proceso de montaje en taller del elemento se encuentra en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido,
- b) en su caso, documento que demuestre que los productos de acero empleados en la elaboración de los elementos se encuentran en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido,
- c) en el caso de que se pretenda emplear procesos de soldadura:
 - a. Certificados de cualificación de los soldadores asociados a los tipos de soldadura que vayan a realizar, en taller u obra, según UNE-EN ISO 9606-1;
 - b. certificados de cualificación de los operadores de soldeo, según UNE-EN ISO 14732;
 - c. especificaciones de los procedimientos de soldeo, WPS, para cada tipo de unión especificada;
 - d. certificados de cualificación de los procedimientos de soldadura:
 - Para una clase de ejecución 3 o 4 la cualificación se hará acorde con las normas UNE-EN ISO 15613 y UNE-EN ISO 15614-1.
 - Adicionalmente, para la clase de ejecución 2, la cualificación podrá hacerse también acorde con las normas UNE-EN ISO 15610, UNE-EN ISO 15611 y UNE-EN ISO 15612.

En el caso de que la estructura de acero deba ostentar el marcado CE, acorde a la norma armonizada UNE-EN 1090-1, el constructor deberá presentar a la dirección facultativa la documentación relativa a dicho marcado CE, entre otros:

- a) Documentación relativa al plan de control de producción en fábrica acorde con la norma UNEEN 1090 (manual del plan de control, procedimientos de trabajo y/o fabricación, etc.).
- b) Documentación relativa al plan de control de calidad de las soldaduras.
- c) Declaración de prestaciones de la estructura.

La dirección facultativa deberá verificar que los procedimientos de fabricación, incluyendo los procedimientos cualificados de soldadura, previstos para la fabricación y montaje de la estructura son suficientes para cumplir tanto con todos los requisitos establecidos en el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto como con lo indicado en el Capítulo 21 del Código Estructural sobre fabricación y montaje de las estructuras de acero.

Antes del inicio del proceso de fabricación en taller, el constructor deberá presentar a la dirección facultativa, para su aceptación, los planos de taller para la fabricación de la estructura metálica, que deberán cumplir con todos los requisitos establecidos en el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto e incluir la clasificación de todos los elementos de la estructura, según su ejecución, que es necesaria para garantizar el nivel de seguridad definido (apartado 91.2 del Código Estructural). Los planos de taller irán aprobados y firmados por un técnico del taller metálico responsable de su elaboración, así como por un representante del constructor, que se responsabilizará por parte de éste del cumplimiento de todas las

exigencias requeridas, de conformidad con el proyecto y con la normativa de aplicación, en especial el Código Estructural.

La dirección facultativa deberá dar su aceptación a los planos de taller previamente al inicio de la fabricación, tras verificar, por parte de la entidad de control de calidad, en su caso, que cualquier modificación respecto a lo previsto en proyecto se haya justificado técnicamente, de manera que se demuestre que no supone ninguna merma apreciable en las garantías de seguridad, resistencia a fatiga, durabilidad o estética de la estructura.

Las posteriores tareas de control de la ejecución de la estructura metálica serán realizadas a partir de la definición de la estructura metálica en los planos de taller.

3.10.1.2.- Comprobación de las instalaciones

La dirección facultativa valorará la conveniencia de efectuar, directamente o a través de una entidad de control de calidad, y preferiblemente antes del inicio del suministro, una visita de inspección al taller de fabricación, al objeto de comprobar su idoneidad para elaborar los elementos que se requieren para la obra. La inspección del taller de montaje incluirá la evaluación de los siguientes aspectos:

- a) Idoneidad de las instalaciones en función de los materiales base empleados y de los procedimientos de soldadura. Esta verificación incluirá tanto las instalaciones, como utillajes y herramientas que se prevé emplear en la fabricación.
- b) Verificación de los equipos, incluyendo los certificados de calibración de los instrumentos de control, por ejemplo, termómetros, pinzas amperimétricas, etc.
- c) Valorar la capacidad del taller para cumplir con las tolerancias establecidas en el Anejo 16 del Código Estructural que sean de aplicación en la fabricación y montaje de la estructura metálica.

Estas inspecciones serán preceptivas en el caso de instalaciones que pertenezcan a la obra, en las que se comprobará que se ha delimitado un espacio suficiente para las labores de montaje, espacios predeterminados para el acopio de los productos de acero y espacio fijo para la maquinaria, así como recintos específicos para acopiar los elementos antes de su entrega a la obra.

3.10.2.- Control de la fabricación en taller

3.10.2.1.- Control documental durante el suministro

La dirección facultativa deberá comprobar que cada remesa de elementos que se suministre a la obra desde un taller va acompañada de la correspondiente hoja de suministro. Asimismo, deberá comprobar la coherencia entre las características de los elementos suministrados y los de la documentación de los productos de acero, declarada por el fabricante y facilitada por el constructor, verificando la adecuada trazabilidad de los mismos. En caso de detectarse algún problema de trazabilidad, se procederá al rechazo de los elementos afectados por el mismo. Para elementos elaborados en talleres propios de la obra, se comprobará que el constructor mantiene un registro de fabricación en el que se recoge, para cada partida de elementos fabricados, la misma información que en las hojas de suministro a las que hace referencia este apartado. La dirección facultativa aceptará la documentación de la remesa de elementos, tras comprobar que es conforme con lo especificado en el proyecto.

3.10.2.2.- Comprobaciones experimentales durante el suministro

3.10.2.2.1.- Control de los procedimientos de corte térmico y perforación

En el caso de empleo de procedimientos de corte térmico, previamente al inicio de la actividad, para cada tipo de elemento a cortar y para cada material se fabricarán, al menos, cuatro probetas, que deberán ser evaluadas por el control del constructor y por el control de contraste de la dirección facultativa, para evaluar la aptitud del procedimiento:

- Probeta 1: corte recto del elemento de mayor espesor.
- Probeta 2: corte recto del elemento de menor espesor.
- Probeta 3: corte en ángulo entrante con radio mínimo de acuerdo y sobre un elemento de espesor representativo.
- Probeta 4: corte en curva sobre un elemento de espesor representativo.

Las probetas tendrán una dimensión tal que permitan cortes de, al menos, 200 mm de longitud.

La calidad de las superficies de cada corte será acorde a lo establecido en la norma UNE-EN 1090-2 correspondiente a la clase de ejecución de la estructura y la de los cortes curvados será similar a la de los rectos.

Si los resultados de la inspección de los bordes cortados fuesen no conformes, la dirección facultativa rechazará el proceso, debiendo el constructor modificar el mismo definiendo un nuevo procedimiento, debiendo procederse a iniciar un nuevo proceso de comprobación.

Si el fabricante hubiera realizado previamente ensayos para la validación de su procedimiento de corte térmico, como parte de su plan de control de la producción y cuente con la evaluación documental positiva de una entidad de control independiente, la dirección facultativa podrá decidir no realizar los ensayos de nuevo, siempre que los ensayos que haya realizado el fabricante cubran los tipos de materiales y espesores que se prevé utilizar en la fabricación y siempre que el fabricante acredite que el procedimiento de corte no ha variado desde la realización de los ensayos y que realiza un mantenimiento adecuado de la maquinaria de corte.

En el caso de procedimientos de corte o perforación que puedan producir incrementos locales de la dureza del material (corte térmico, cizallado, punzonado, etc.), deberá controlarse ésta en los bordes, si así se especifica, para lo que la entidad de control actuará según se indica:

- 1) Se fabricarán cuatro probetas del material más susceptible al endurecimiento de entre todos los que vayan a ser utilizados en la fabricación de la estructura.
- 2) En cada una de las cuatro probetas se medirán las durezas en cuatro puntos elegidos de entre aquéllos en los que se suponga mayor incremento. La medida se realizará conforme a la norma UNE-EN ISO 6507-1.
- 3) El mayor de los valores medidos no excederá los valores máximos indicados en la tabla siguiente, en función del tipo de acero (Tabla 103.1 del Código Estructural).

Norma de producto	Tipo de acero	Valor de dureza máxima
UNE-EN 10025-2 a UNE-EN 10025-5	S235 a S460	380 HV10
UNE-EN10210-1, UNE-EN 10219-1		
UNE-EN 10149-2, UNE-EN 10149-3	S260 a S700	450 HV10
UNE-EN 10025-6	S460 a S690	

Si los resultados de las medidas son no conformes, se modificará el proceso de corte y se repetirá el ensayo solo para aquellos casos en los que no ha habido conformidad.

Este apartado no cubre la comprobación de durezas en los cortes que vayan a ser soldados, los cuales serán ensayados conforme al procedimiento específico de soldadura.

Si el fabricante hubiera realizado previamente ensayos para la evaluación de las durezas máximas en bordes cortados y/o perforados, como parte de su Plan de control de la producción y cuente con la evaluación documental positiva de una entidad de control independiente, la dirección facultativa podrá decidir no realizar los ensayos de nuevo, siempre que los ensayos que haya realizado el fabricante cubran los tipos de materiales que se prevé utilizar en la fabricación y siempre que el fabricante acredite que los procedimientos de fabricación no han variado desde la realización de los ensayos y que realiza un mantenimiento adecuado de la maquinaria de corte y/o perforación.

Además, deberán comprobarse periódicamente los medios y procedimientos de perforación, para lo que la entidad de control deberá:

- 1) Fabricar ocho probetas para cada procedimiento a ensayar, cubriendo el rango de calidades de los materiales, diámetros de agujeros y espesores del material.
- 2) Medir el diámetro de los agujeros en cada extremo del espesor taladrado utilizando patrones (pasa/no pasa). El valor medido cumplirá las tolerancias correspondientes a la clase de ejecución de la estructura.

Si los resultados de las medidas son no conformes, se modificará el proceso de perforación y se repetirá el ensayo solo para aquellos casos en los que no ha habido conformidad.

3.10.2.2.2.- Control de las operaciones de conformado

Las operaciones de conformado en frío o en caliente, así como las operaciones de enderezado por llama aplicando calor, se controlarán acorde con lo establecido en la norma UNE-EN 1090-2.

3.10.2.2.3.- Control dimensional de los elementos

Se deberá comprobar que los elementos elaborados en el taller presentan las dimensiones reflejadas en los planos de taller, considerando las tolerancias indicadas en el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto.

Los medios de medida deberán estar incluidos en partes 1 y 2 de la norma ISO 7976. Por su parte, la precisión de la medida se ajustará a lo indicado en la norma ISO 17123.

Las medidas se referirán con respecto a las contraflechas especificadas en proyecto, y se corregirán para tener en cuenta las posibles deformaciones por temperatura o peso propio.

El taller dispondrá de los elementos necesarios (mesas de medida, bastidores, etc.) para la correcta ejecución de las medidas.

En el caso de aparición de no conformidades, se corregirán mediante alguno de los medios especificados en este Código, si ello fuera posible. En otro caso, se estudiará la posibilidad de modificar la geometría del resto de la estructura de forma que se compense la no conformidad, en cuyo caso dicho procedimiento deberá ser aprobado previamente por la dirección facultativa.

3.10.2.2.4.- Comprobación de la cualificación del personal para la soldadura

La dirección facultativa deberá comprobar que los soldadores están en posesión de la cualificación adecuada y que dicha cualificación es vigente. Los soldadores y operadores de soldeo deberán estar cualificados para las uniones que realicen, según la norma UNE-EN ISO 9606-1 o UNE-EN ISO 14732 respectivamente. Para los operadores de soldeo que aplican el proceso de soldeo 78 (soldeo de espárragos) solo se permite los métodos de cualificación descritos en los apartados 4.2.1 y 4.2.2 de la norma UNE-EN ISO 14732.

La documentación acreditativa de la cualificación de los soldadores deberá archivar y quedar disponible para verificación. La susodicha cualificación acorde con UNE-EN ISO 9606-1 para soldadores, o según UNE-EN ISO 14732 para operadores de soldeo, deberá estar certificada por un organismo con garantías suficientes a juicio de la dirección facultativa. Los registros de los ensayos realizados en aplicación de la norma correspondiente para la cualificación de soldadores, deberán estar a disposición de la dirección facultativa o persona por ella designada, como es el coordinador de soldadura.

La dirección facultativa podrá establecer cualquier comprobación adicional sobre la cualificación de los soldadores, independientemente del lugar donde desarrollen su actividad (en taller u obra).

El taller mantendrá al día los correspondientes registros de identificación de sus soldadores de forma satisfactoria, en los que debe figurar:

- Nº de ficha.
- Copia de homologación.
- Marca personal.

Esta documentación estará en todo momento a disposición de la dirección facultativa y de la entidad de control de calidad.

Cada soldador identificará su propio trabajo con marcas personales que no serán transferibles.

Toda soldadura ejecutada por un soldador no cualificado será rechazada, procediéndose a su levantamiento. En caso de que esto pudiese producir efectos perniciosos, a juicio de la dirección facultativa, el conjunto soldado será rechazado y repuesto por el constructor de la estructura de acero.

3.10.2.2.5.- Control de los procedimientos de soldeo

Antes de iniciarse la fabricación, el control del constructor desarrollará cuantas pruebas y ensayos sean necesarios para la comprobación de los distintos métodos de soldeo a tope y en ángulo, para determinar cuáles son los más indicados y se obtengan los parámetros de soldeo más adecuados.

Se comprobará además que todos los procedimientos de soldadura, levantamiento de la misma y reparación de zonas por soldadura, son objeto de un procedimiento por escrito, con indicación, entre otros, de las características de materiales de aportación, las preparaciones de borde, incluyendo las temperaturas de precalentamiento, las temperaturas mínimas entre pasadas y el calor de aportación.

El soldeo debe realizarse con procedimientos cualificados utilizando una especificación del procedimiento de soldeo (WPS) de acuerdo con la parte correspondiente de las normas UNE-EN ISO 15609 o UNE-EN ISO 14555, según proceda. En el caso de chapas con imprimación, la cualificación debe realizarse con el mayor espesor de capa aceptado. La cualificación de procedimientos para el soldeo de espárragos se deberá realizar con la norma UNE-EN ISO 14555.

La entidad de control de la dirección facultativa deberá certificar documentalmente que, con los procedimientos cualificados de soldeo aportados por el constructor, quedan cubiertas todas las uniones soldadas a efectuar tanto en taller como en obra y deberá verificar que los soldadores sueldan aplicando dichos procedimientos.

3.10.2.2.6.- Comprobación de la ejecución de las soldaduras

Con anterioridad a la realización de la soldadura, se procederá a realizar una inspección visual de las piezas a unir, verificando su correcto ajuste y las soldaduras punteo conforme a la norma UNE-EN ISO 17637.

En el caso de secciones huecas, la inspección se centrará en:

- Las partes centrales del talón y de los flancos, si se trata de secciones circulares, y
- Las cuatro esquinas, en el caso de secciones cuadradas o rectangulares.

Después del soldeo, se debe verificar también todas las soldaduras mediante inspección visual conforme a la norma UNE-EN ISO 17637.

En general, las inspecciones visuales serán realizadas por un Inspector de soldadura de nivel 2, conforme a la norma UNE 14618, o por otra persona certificada como nivel 2 para inspección visual acorde con la norma UNE-EN ISO 9712 y que sea autorizada previamente por la dirección facultativa. En el caso de soldaduras en obras en las que sea de aplicación la clase de ejecución 2, la inspección visual la podría realizar el propio soldador cualificado bajo la supervisión de un inspector de soldadura de nivel 2, previa aprobación de la dirección facultativa. En todo caso, la dirección facultativa podrá exigir la certificación del inspector de soldadura.

De todos los controles que se efectúen, se registrará su correspondiente protocolo de inspección, donde además de la descripción, se adjuntarán fichas de control de soldadura que incluirán los resultados del ensayo y la posición exacta de dicho control.

Se controlarán todos los cordones. Cualquier ensayo se realizará una vez transcurrido el tiempo de retención o cadencia establecido en la norma UNE-EN 1090-2, en función del tipo de acero,

el espesor de las chapas a unir, el tamaño de la soldadura, la aportación de calor del procedimiento, y de posibles riesgos de embridamiento que puedan producir la fisuración en frío de la soldadura.

Las soldaduras que a lo largo del proceso de fabricación resulten inaccesibles deberán inspeccionarse antes de que ello ocurra.

Cuando un elemento o una zona del mismo haya sido deformado para corregir desviaciones geométricas resultantes de la fabricación, todas las soldaduras situadas en las zonas afectadas serán inspeccionadas y, si procediera, ensayadas, como si no lo hubieran sido con anterioridad.

El control de las soldaduras incluirá una serie de comprobaciones que serán, como mínimo:

- Una inspección visual conforme a la norma UNE-EN ISO 17637, preceptiva para toda la longitud del 100% de los cordones,
- Unas comprobaciones adicionales mediante la realización de ensayos no destructivos, cuya frecuencia en función de la clase de ejecución, será la definida en el plan de control incluido en el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto. El apartado 3.8.3 se incluyen, de forma orientativa, las frecuencias de ensayos no destructivos para los diferentes tipos de soldaduras más habituales conforme al anejo 17 del Código Estructural.
- Se realizarán ensayos adicionales en los puntos donde se sospeche que puedan existir defectos.

Si del control se derivase alguna no conformidad, se rechazará el lote y se incrementará la frecuencia de ensayos.

Para las cinco primeras soldaduras realizadas con un nuevo procedimiento de soldeo cualificado, se realizarán los correspondientes ensayos de producción, que deberán cumplir los requisitos siguientes:

- a) Las soldaduras cumplirán con el nivel de calidad B acorde con la norma UNE-EN ISO 5817,
- a) el % de cordones a ensayar será el doble de los valores propuestos en el Anejo 17, con un máximo del 100%, y
- b) la longitud mínima a inspeccionar será de 900 mm.

En el caso de pernos conectadores soldados solicitados a esfuerzo cortante para estructuras mixtas de acero y hormigón, la inspección y ensayos se realizarán de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 14555. Además de la inspección visual para las soldaduras de unión del 100 % de los pernos, se realizarán ensayos de doblado de cómo mínimo el 3% del total de pernos para estructuras de clase de ejecución 2 y del 5% del total de pernos para estructuras de clase de ejecución 3 y 4.

La inspección visual de los cordones se desarrollará una vez completadas todas las soldaduras de un área de inspección y previamente a la realización de cualquier ensayo.

La inspección visual incluirá:

- La existencia y situación de todos los cordones.
- La inspección de los cordones conforme a la norma UNE-EN ISO 17637.
- Zonas de cebado y cierre.

La inspección de la forma y superficie de los cordones de los nudos entre secciones huecas prestará atención especial a los siguientes aspectos:

- En el caso de secciones circulares, a las partes centrales del talón y de los flancos.
- En el caso de secciones cuadradas o rectangulares: a las cuatro esquinas.
- La aceptación de los cordones en la inspección visual se efectuará según lo que establece el apartado 3.8.4 de este anejo.

Se realizarán los siguientes ensayos no destructivos según los principios generales establecidos en la norma UNE-EN ISO 17635 y conforme a las especificaciones particulares de cada método de ensayo:

- Líquidos penetrantes (LP), realizados según UNE-EN ISO 3452-1 y con los criterios de aceptación de la norma UNE-EN ISO 23277.
- Partículas magnéticas (PM), realizadas según UNE-EN ISO 17638 y con los criterios de aceptación de la norma UNE-EN ISO 23278.
- Ultrasonidos (UT), realizados según UNE-EN ISO 17640 y con los criterios de aceptación de la norma UNE-EN ISO 11666.
- Radiografías (RX), según UNE-EN ISO 17636-1 y UNE-EN ISO 17636-2 y con los criterios de aceptación de la norma UNE-EN ISO 10675-1.

Cuando se localice alguna imperfección “admisibles”, acorde con la normativa que establezca su criterio de aceptación, no será precisa su reparación, pero se inspeccionará un tramo adicional del mismo cordón. Si en esta nueva inspección se encuentra una imperfección no admisible se repararán todos los defectos.

Si la imperfección es “no admisible”, acorde con la normativa que establezca su criterio de aceptación, será necesaria su reparación, según un procedimiento establecido. Dicha reparación no afectará únicamente a la imperfección no admisible, sino también a todas aquellas imperfecciones calificadas como “admisibles” que se hayan detectado con anterioridad en la misma soldadura. Adicionalmente, se incrementará el nivel de control para las soldaduras realizadas por ese soldador en el porcentaje adicional indicado en el plan de control o según lo que establezca la dirección facultativa.

En todos los puntos donde existan cruces de cordones de soldadura se realizará una radiografía o ensayo por ultrasonidos adicional. Esta inspección será posterior a la visual y realizada por el mismo inspector, que seleccionará estas soldaduras, y siempre comprenderá los extremos (inicios y finales) de cordones.

Cuando la porosidad superficial sea excesiva a juicio de la dirección facultativa, será obligatorio realizar una inspección del interior del cordón.

Asimismo, en general, se realizará una inspección radiográfica o ultrasónica de las soldaduras a tope, tanto de chapas en continuación como de uniones en T, cuando estas sean a tope. Cuando coexistan la inspección visual y la realización de ensayos no destructivos en una misma costura, se simultanearán ambos cuando esto sea posible.

Las deformaciones provocadas por las soldaduras podrán ser corregidas por enderezado mediante la aplicación controlada de calor, siempre que se haga acorde con lo establecido en el apartado 91.3.2 del Código Estructural que establece lo siguiente:

- El constructor, antes de comenzar la ejecución en taller, entregará dos copias firmadas de los planos de taller a la dirección facultativa, que los revisará y devolverá una copia autorizada firmada en la que, si se precisan, señalará las correcciones que deben efectuarse. En este caso, el constructor entregará nuevas copias de los planos de taller corregidos para su aplicación definitiva.
- Cualquier modificación introducida a lo largo del proceso de fabricación y ejecución de la estructura de acero deberá incorporarse a los planos de taller, añadiendo las notas explicativas de las mismas, para que la obra terminada quede exactamente definida en dichos planos.
- No se aceptará, salvo autorización explícita por la dirección facultativa, ninguna modificación de detalles, tipos de soldadura, etc. con respecto a los planos de proyecto, ni la incorporación de ninguna fijación provisional que pudieran rebajar la resistencia o la categoría de detalle de fatiga respecto del proyecto original.
- Los planos de taller irán firmados por el técnico del taller metálico responsable de su elaboración, así como por un técnico competente, con experiencia probada en el ámbito de la construcción metálica, por parte del constructor.

No se empleará agua o cualquier otro proceso para enfriar bruscamente.

Si durante la inspección visual de las soldaduras se detectase algún defecto, éste será corregido conforme al criterio que figura en la tabla siguiente (tabla 103.2 del Código Estructural):

Descripción del defecto	Corrección
Fisuras	Saneado de las fisuras y nuevo cordón.
Poros y desbordamientos	Soldar de nuevo después de sanear con arco-aire. Longitud mínima de saneado 40 mm.
Mordeduras	Saneado y posterior depósito de material de aportación, longitud mínima de saneado 40 mm.
Concavidades y convexidades no previstas	Amolado.
Otros defectos: entallas y estrías superficiales con posterior depósito de material; hendiduras de límite de aportación, etc.	Amolado o saneado por arco-aire.

3.10.2.2.7.- Control de soldaduras reparadas

Las reparaciones de soldaduras deben realizarse conforme a procedimientos cualificados. Los cordones reparados se inspeccionarán y ensayarán de nuevo como si fueran nuevos.

3.10.2.2.8.- Control de uniones atornilladas

El programa de control del constructor deberá considerar, en su caso, la comprobación de las uniones mediante fijación con elementos mecánicos, a las que se refiere el Artículo 93 del Código Estructural.

Dichas comprobaciones deberán incluir las correspondientes a la aplicación de los pares de apriete adecuados, de acuerdo con lo especificado en el proyecto y en dicho Código. En el caso de tornillos pretensados se comprobará que el esfuerzo aplicado es superior al mínimo establecido en el proyecto.

Previamente a la ejecución de las uniones atornilladas, la dirección facultativa deberá aceptar, en su caso, el procedimiento de fijación con elementos mecánicos del constructor, que deberá incluir, entre otros, la secuencia de apriete, el método de apriete, los valores de referencia, la calibración periódica de las herramientas, etc.

Todas las uniones atornilladas se comprobarán visualmente después de que estén ajustadas con todos los tornillos colocados y antes de empezar el pretensado, si es el caso. En el caso de uniones con tornillos pretensados que trabajen por rozamiento, se deberá verificar visualmente el estado de las superficies a unir antes de su montaje.

En el caso de uniones con tornillos pretensados, la inspección de uniones ya ejecutadas se realizará en función del método de apriete utilizado. En general, dichas inspecciones tendrán por objetivo verificar que el esfuerzo de pretensado aplicado al tornillo es el adecuado:

- En el caso del método del par torsor (o de la llave dinamométrica), la inspección sobre un conjunto de fijación se realizará acorde con lo establecido en el punto 12.5.2.5 de la norma UNE EN 1090-2.
- En el caso del método combinado, la inspección sobre un conjunto de fijación se realizará acorde con lo establecido en el punto 12.5.2.6 de la norma UNE-EN 1090-2.
- En el caso del método de la arandela con indicación directa de tensión, se seguirá la metodología de control indicada en el punto 12.5.2.8 de la norma UNE EN 1090-2 y en el apartado 5 de la norma UNE-EN 14399-9.

Los criterios de aceptación o rechazo serán los definidos al efecto en la norma UNE-EN 1090-2.

3.10.2.2.9.- Control del armado en taller

Antes de iniciarse la fabricación, el constructor propondrá, por escrito y con los planos necesarios, la secuencia de armado y soldeo, que a juicio de sus conocimientos y experiencia considere óptimas, en función de la máxima reducción de tensiones residuales y deformaciones previsibles. Estas secuencias se someterán a la dirección facultativa para su aprobación.

En el armado previo de taller se comprobará que la disposición y dimensiones de cada elemento se ajustan a las indicadas en los planos de taller. Se rectificarán o rechazarán todas las piezas que no permitan el acoplamiento mutuo, sin forzarlas, en la posición que hayan de tener, una vez efectuadas las uniones definitivas.

Para cada una de las piezas preparadas en taller se debe garantizar la trazabilidad, mediante algún procedimiento de marcado adecuado acorde con lo establecido en el apartado 91.3.1 del Código Estructural, identificando cada pieza con la marca que ha sido designada en los planos de taller.

Así mismo y de forma análoga, se debe garantizar la trazabilidad de cada uno de los elementos terminados en taller, identificando además su posición relativa en el conjunto de la obra.

La dirección facultativa efectuará las visitas e inspecciones que considere oportunas para comprobar el proceso de montaje.

El constructor realizará el control del armado en taller realizando las inspecciones que establezca el programa de control y el programa de puntos de inspección (PPI), que al menos serán las siguientes:

- Identificación de los elementos.
- Situación de los ejes de simetría.
- Situación de las zonas de sujeción a los elementos contiguos.
- Paralelismo de alas y platabandas.
- Perpendicularidad de alas y almas.
- Abollamiento, rectitud y planeidad de alas y almas.
- Contraflechas.

3.10.2.2.10.- Control del montaje en blanco

El correcto ajuste entre los diferentes tramos ejecutados en taller, antes de su envío a obra, debe ser verificado a través de un montaje en blanco en el propio taller, acorde con lo establecido en el artículo 91 del Código Estructural. Se debe hacer coincidir los tramos adyacentes de la estructura completa para comprobar que presentan idéntica configuración geométrica y que se respetan estrictamente las tolerancias admisibles para las uniones atornilladas o soldadas, principalmente a tope, a realizar posteriormente en obra.

Cuando, por razones de espacio o de ritmos de fabricación de la estructura, no sea posible el preensamblado de elementos completos adyacentes en taller, podrá recurrirse a métodos alternativos, siempre que permitan garantizar la misma precisión, y sean aceptados por el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto o, en su caso, la dirección facultativa, tales como el recurso a plantillas que reproduzcan fielmente la geometría del extremo del tramo enviado a obra previamente a su montaje en blanco, o procedimientos de medida por métodos tridimensionales.

El montaje en blanco deberá verificar:

- la continuidad de alineaciones verticales y en planta entre tramos, así como de las pendientes longitudinal y transversal, mucho más sensibles que las primeras a los procesos de fabricación y soldeo, controlando la ausencia de discontinuidades o puntos angulosos;
- la coincidencia entre los bordes de las secciones transversales a lo largo de todo el perímetro de la sección o, en caso de haberse previsto así en el proyecto, los eventuales contragiros a disponer entre extremos de vanos adyacentes. Se exigirá una precisión de los controles acorde a las tolerancias admisibles por las uniones, atornilladas o soldadas, por las normativas de aplicación;
- en las superficies de cuñas de basas de apoyo, su geometría, planeidad, ortogonalidad y las nivelaciones en sentido longitudinal y transversal de su superficie inferior, pudiendo recurrirse al mecanizado para la corrección de ajustes;
- en algunos casos, puede resultar necesario medir y controlar que las variaciones de longitud de tramos, respecto de las teóricas de proyecto, no sufren alteraciones sensibles como consecuencia de una incorrecta estimación por el taller de las retracciones por soldeo. Si los resultados de dichas mediciones no resultan aceptables, deberán preverse las

oportunas demasías en los despieces de chapas, procediéndose al posterior corte y preparación de borde de los extremos de cada tramo, una vez contrastada la longitud real del mismo tras las citadas retracciones de soldeo.

En general, y salvo que el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto establezca otros requisitos, el montaje en blanco se realizará con los tramos montados en las mismas bancadas de armado, que deben reflejar exactamente las contraflechas del proyecto.

En dicha situación de múltiple apoyo de las piezas, la geometría de las mismas puede enmascarar las eventuales deformaciones parásitas de soldeo, a las que resultan muy sensibles los contragiros verticales, así como las pendientes de las alineaciones longitudinal y transversal en los extremos de los tramos. Por ello, el proyecto podrá exigir la realización, en taller u obra, de medidas adicionales de la deformación de la pieza bajo la acción de su peso propio, en condiciones análogas a las de montaje, para verificar con precisión que se respetan las tolerancias de las uniones en situaciones de deformación análogas a las del momento de la realización de dicho montaje. Alternativamente podría recurrirse a demasías que permitan el posterior mecanizado de ajuste tras una presentación de las piezas previa al montaje en obra.

3.10.3.- Control del montaje en obra de los elementos elaborados en taller

3.10.3.1.- Comprobaciones previas al montaje

Previamente al inicio del montaje en obra, la dirección facultativa comprobará la correspondencia con el proyecto de los elementos elaborados en taller, así como la conformidad de la documentación suministrada con los mismos. Asimismo, el constructor deberá preparar un procedimiento de montaje que deberá ser aprobado por la dirección facultativa, previamente al inicio de las operaciones de obra. El procedimiento de montaje constará, como mínimo, de los documentos, recogidos en los apartados siguientes.

3.10.3.2.- Memoria de montaje

La memoria de montaje deberá incluir los procedimientos a emplear para el montaje de la estructura, considerando los requisitos técnicos relativos a la seguridad de los trabajos. Incluirá el cálculo de las tolerancias de posicionamiento de cada componente de forma coherente con el sistema general de tolerancias (en especial en lo que al replanteo de placas base se refiere), la descripción y definición de los elementos auxiliares necesarios para el montaje (casquillos provisionales de apoyo, orejetas de izado, elementos de guiado, etc.), los dispositivos de elevación necesarios, la secuencia de montaje, los arriostramientos provisionales y las condiciones para su retirada y la retirada de elementos auxiliares, la definición de las uniones en obra, los medios de protección de soldaduras, los procedimientos de apriete de tornillos, etc.

Asimismo, incluirá un apartado específico relativo a las comprobaciones de seguridad durante el montaje, comprobando además que, como consecuencia del proceso de montaje, no se generan solicitudes sobre la estructura que sean diferentes a las consideradas en el proyecto.

3.10.3.3.- Planos de montaje

Se comprobará que recogen la posición y movimientos de las piezas durante el montaje, los medios de izado, elementos auxiliares necesarios soldados o fijados por medios mecánicos a la estructura, los sistemas de apuntalamiento o arriostramiento provisionales y, en general, toda

la información necesaria para el correcto manejo, colocación y fijación de las piezas en su posición definitiva.

3.10.3.4.- Programa de inspección

El programa de puntos de inspección (PPI) del montaje en obra reflejará el conjunto de controles, inspecciones y ensayos a realizar en la ejecución de la estructura de acero en obra por los diferentes agentes de control implicados, acorde con lo descrito en el apartado 102.1 del Código Estructural.

El PPI formará parte del programa de control y en él se detallará al menos:

- las unidades de inspección, tanto en taller como en obra,
- el tipo de inspección y comprobaciones a realizar,
- los procedimientos o normas que regularán la verificación de la conformidad de cada inspección, así como las especificaciones de aceptación,
- la ubicación y frecuencia o intensidad de las inspecciones,
- la forma de documentación de los resultados,
- la designación de la persona responsable de la realización y firma de los diferentes controles o inspecciones,
- los puntos de espera o parada a respetar durante el proceso de control, y
- cualquier comentario u observación aclaratoria.

3.10.3.5.- Comprobaciones durante el montaje

Durante las operaciones de montaje se comprobará la conformidad de todas aquellas operaciones que se lleven a cabo, mediante la aplicación de criterios análogos a los establecidos por este Código para el montaje en taller.

En particular, se comprobará que cada operación se efectúa en el orden y con las herramientas especificadas, que el personal encargado de cada operación posee la cualificación adecuada, que se mantiene el adecuado sistema de trazabilidad que permita identificar el origen de cada incumplimiento, etc.

Una vez que se haya montado en obra un tramo, dovela o elemento, se deberá inspeccionar para descartar cualquier indicio de que sus componentes hayan sido deformados o sobrecargados, y para garantizar que todas las fijaciones y arriostramientos provisionales se hayan retirado, una vez que estos no sean necesarios. Asimismo, se realizará un examen de la posición geométrica de los puntos de unión con otros tramos con el objetivo de detectar cualquier desalineación o desplome de la estructura o de alguno de sus componentes por encima de las tolerancias máximas permitidas.

4.- CIMENTACIONES

4.1.- Cimentaciones directas

4.1.1.- Generalidades

Durante el período de ejecución se tomarán las precauciones oportunas para asegurar la conservación en buen estado de las cimentaciones.

En el caso de presencia de aguas ácidas, salinas, o de agresividad potencial se tomarán las oportunas medidas. No se permitirá la presencia de sobrecargas cercanas a las cimentaciones, si no se han tenido en cuenta en el proyecto. En todo momento se debe vigilar la presencia de vías de agua, por el posible descarnamiento que puedan dar lugar bajo las cimentaciones. En el caso en que se construyan edificaciones próximas, deben tomarse las oportunas medidas que permitan garantizar el mantenimiento intacto del terreno y de sus propiedades tenso-deformacionales.

La observación de asientos excesivos puede ser una advertencia del mal estado de las zapatas (ataques de aguas selenitosas, desmoronamiento por socavación, etc.); de la parte enterrada de pilares y muros o de las redes de agua potable y de saneamiento. En tales casos debe procederse a la observación de la cimentación y del terreno circundante, de la parte enterrada de los elementos resistentes verticales y de las redes de agua potable y saneamiento, de forma que se pueda conocer la causa del fenómeno.

En edificación cimentada de forma directa no se harán obras nuevas sobre la cimentación que pueda poner en peligro su seguridad, tales como:

- a) perforaciones que reduzcan su capacidad resistente;
- b) pilares u otro tipo de cargaderos que transmitan cargas importantes;
- c) excavaciones importantes en sus proximidades u otras obras que pongan en peligro su estabilidad.

Las cargas a las que se sometan las cimentaciones, en especial las dispuestas sobre los sótanos, no serán superiores a las especificadas en el proyecto. Para ello los sótanos no deben dedicarse a otro uso que para el que fueran proyectados. No se almacenarán materiales que puedan ser dañinos para los hormigones.

Cualquier modificación de las prescripciones descritas de los dos párrafos anteriores debe ser autorizada por el Director de Obra e incluida en el proyecto.

En el caso de cimentaciones superficiales, deberán efectuarse al menos las siguientes comprobaciones:

- a. Comprobar que, en el caso de zapatas colindantes a medianerías, se han adoptado las precauciones adecuadas para evitar daños a las estructuras existentes.
- b. Comprobar que la compactación del terreno sobre el que apoyará la zapata es conforme con lo establecido en el proyecto.
- c. Comprobar, en su caso, que se han adoptado las medidas oportunas para la eliminación del agua.
- d. Comprobar, en su caso, que se ha vertido el hormigón de limpieza para que su espesor sea el definido en el proyecto.

4.1.2.- Comprobaciones a realizar sobre el terreno de cimentación

Una vez iniciada la obra e iniciadas las excavaciones, antes de proceder a la ejecución de la cimentación, a la vista del terreno excavado y para la situación precisa de los elementos de la cimentación, el Director de Obra apreciará la validez y suficiencia de los datos aportados por el estudio geotécnico, adoptando en casos de discrepancia las medidas oportunas para la adecuación de la cimentación y del resto de la estructura a las características geotécnicas del terreno. Se comprobará visualmente, o mediante las pruebas que se juzguen oportunas, que el

terreno de apoyo de aquella se corresponde con las previsiones del proyecto. El resultado de tal inspección, definiendo la profundidad de la cimentación de cada uno de los apoyos de la obra, su forma y dimensiones, y el tipo y consistencia del terreno se incorporará a la documentación final de obra. Estos planos quedarán incorporados a la documentación de la obra acabada.

En particular se debe comprobar que:

- a) el nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y apreciablemente la estratigrafía coincide con la estimada en el estudio geotécnico;
- b) el nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas;
- c) el terreno presenta apreciablemente una resistencia y humedad similar a la supuesta en el estudio geotécnico;
- d) no se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc;
- e) no se detectan corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres;

4.1.3.- Comprobaciones a realizar sobre los materiales de construcción

Se comprobará que:

- a) los materiales disponibles se ajustan a lo establecido en el proyecto de edificación y son idóneos para la construcción;
- b) las resistencias son las indicadas en el proyecto.

4.1.4.- Comprobaciones durante la ejecución

Se dedicará especial atención a comprobar que:

- a) el replanteo es correcto;
- b) se han observado las dimensiones y orientaciones proyectadas;
- c) se están empleando los materiales objeto de los controles ya mencionados;
- d) la compactación o colocación de los materiales asegura las resistencias del proyecto;
- e) los encofrados están correctamente colocados, y son de los materiales previstos en el proyecto;
- f) las armaduras son del tipo, número y longitud fijados en el proyecto;
- g) las armaduras de espera de pilares u otros elementos se encuentran correctamente situadas y tienen la longitud prevista en el proyecto;
- h) los recubrimientos son los exigidos en proyecto;
- i) los dispositivos de anclaje de las armaduras son los previstos en el proyecto;
- j) el espesor del hormigón de limpieza es adecuado;
- k) la colocación y vibración del hormigón son las correctas;
- l) se está cuidando que la ejecución de nuevas zapatas no altere el estado de las contiguas, ya sean también nuevas o existentes;
- m) las vigas de atado y centradoras, así como sus armaduras, están correctamente situadas;
- n) los agotamientos entran dentro de lo previsto y se ajustan a las especificaciones del estudio geotécnico para evitar sifonamientos o daños a estructuras vecinas;
- o) las juntas se corresponden con las previstas en el proyecto;
- p) las impermeabilizaciones previstas en el proyecto se están ejecutando correctamente.

4.1.5.- Comprobaciones finales

Antes de la puesta en servicio del edificio se debe comprobar que:

- a) las zapatas se comportan en la forma prevista en el proyecto;
- b) no se aprecia que se estén superando las cargas admisibles;
- c) los asientos se ajustan a lo previsto, si, en casos especiales, así lo exige el proyecto o el Director de Obra;
- d) no se han plantado árboles, cuyas raíces puedan originar cambios de humedad en el terreno de cimentación, o creado zonas verdes cuyo drenaje no esté previsto en el proyecto, sobre todo en terrenos expansivos.

Si bien es recomendable controlar los movimientos del terreno para cualquier tipo de construcción, en edificios de tipo C-3 y C-4 según el CTE DB SE C será obligado el establecimiento de un sistema de nivelación para controlar el asiento de las zonas más características de la obra, en las siguientes condiciones:

- a) el punto de referencia debe estar protegido de cualquier eventual perturbación, de forma que pueda considerarse como inmóvil, durante todo el periodo de observación;
- b) el número de pilares a nivelar no será inferior al 10% del total de la edificación. En el caso de que la superestructura se apoye sobre muros, se preverá un punto de observación cada 20 m de longitud, como mínimo. En cualquier caso, el número mínimo de referencias de nivelación será de 4. La precisión de la nivelación será de 0,1 mm;
- c) la cadencia de lecturas será la adecuada para advertir cualquier anomalía en el comportamiento de la cimentación. Es recomendable efectuarlas al completarse el 50% de la estructura al final de la misma, y al terminar la tabiquería de cada dos plantas de la edificación;
- d) el resultado final de las observaciones se incorporará a la documentación de la obra.

4.2.- Cimentaciones profundas

4.2.2.- Condiciones constructivas y de control

4.2.2.1.- Pilotes hormigonados “in situ”

Los pilotes hormigonados al amparo de entubaciones metálicas (camisas) recuperables deben avanzar la entubación hasta la zona donde el terreno presente paredes estables, debiéndose limpiar el fondo. La entubación se retirará al mismo tiempo que se hormigone el pilote, debiéndose mantener durante todo este proceso un resguardo de al menos 3 m de hormigón fresco por encima del extremo inferior de la tubería recuperable.

En los casos en los que existan corrientes subterráneas capaces de producir el lavado del hormigón y el corte del pilote o en terrenos susceptibles de sufrir deformaciones debidas a la presión lateral ejercida por el hormigón se debe considerar la posibilidad de dejar una camisa perdida.

Cuando las paredes del terreno resulten estables, los pilotes podrán excavarse sin ningún tipo de entubación (excavación en seco), siempre y cuando no exista riesgo de alteración de las paredes ni del fondo de la excavación.

En el caso de paredes en terrenos susceptibles de alteración, la ejecución de pilotes excavados, con o sin entibación, debe contemplar la necesidad o no de usar lodos tixotrópicos para su estabilización.

El uso de lodos tixotrópicos podrá también plantearse como método alternativo o complementario a la ejecución con entubación recuperable siempre que se justifique adecuadamente.

En el proceso de hormigonado se debe asegurar que la docilidad y fluidez del hormigón se mantiene durante todo el proceso de hormigonado, para garantizar que no se produzcan fenómenos de atascos en el tubo Tremie, o bolsas de hormigón segregado o mezclado con el lodo de perforación.

El cemento a utilizar en el hormigón de los pilotes se ajustará a los tipos definidos en la instrucción vigente para la Recepción de Cemento.

En los pilotes barrenados la entibación del terreno la produce el propio elemento de excavación (barrena o hélice continua). Una vez alcanzado el fondo, el hormigón se coloca sin invertir el sentido de la barrena y en un movimiento de extracción del útil de giro perforación. La armadura del pilotaje se introduce a posteriori, hincándola en el hormigón aún fresco hasta alcanzar la profundidad de proyecto, que será como mínimo de 6 m o 9D.

Seguendo el CTE DB SE C no se deben realizar pilotes de barrena continua cuando:

- a) se consideren pilotes aislados, salvo que se efectúen con registro continuo de parámetros de perforación y hormigonado, que aseguren la continuidad estructural del pilote;
- b) la inclinación del pilote sea mayor de 6º, salvo que se tomen medidas para controlar el direccionado de la perforación y la colocación de la armadura;
- c) existan capas de terreno inestable con un espesor mayor que 3 veces el diámetro del pilote, salvo que pueda demostrarse mediante pilotes de prueba que la ejecución es satisfactoria o se ejecuten pilotes con registro continuo de parámetros y tubo telescópico de hormigonado, que asegure la continuidad estructural del pilote.

En relación con el apartado anterior, se considerarán terrenos inestables los siguientes:

- a) terrenos uniformes no cohesivos con coeficiente de uniformidad (relación de diámetros correspondientes al 60 y al 10% en peso) inferior a 2 ($D_{60}/D_{10} < 2$) por debajo del nivel freático;
- b) terrenos flojos no cohesivos con número de golpes en ensayo SPT, $N < 7$
- c) terrenos muy blandos cohesivos con resistencia al corte, no drenada, c_u , inferior a 15 kPa.

No se considera recomendable ejecutar pilotes con barrena continua en zonas de riesgo sísmico o que trabajen a tracción salvo que se pueda garantizar el armado en toda su longitud y el recubrimiento de la armadura.

Para la ejecución de pilotes hormigonados "in situ" se consideran adecuadas las especificaciones constructivas con relación a este tipo de pilotes, recogidas en la norma UNE EN 1536:2011+A1:2016.

4.2.2.1.1.- Materias primas

Tanto las materias primas como la dosificación de los hormigones se ajustarán a lo indicado en el Código Estructural.

a) Agua

El agua para la mezcla debe cumplir lo expuesto en el Código Estructural, de forma que no pueda afectar a los materiales constituyentes del elemento a construir.

b) Cemento

El cemento a utilizar en el hormigón de los pilotes se ajustará a los tipos definidos en la vigente instrucción para la Recepción de Cemento. Pueden emplearse otros cementos cuando se especifiquen y tengan una eficacia probada en condiciones determinadas.

No se recomienda la utilización de cementos de gran finura de molido y el alto calor de hidratación, debido a altas dosificaciones a emplear. No será recomendable el empleo de cementos de aluminato de calcio, siendo preferible el uso de cementos con adiciones (tipo CEM II), porque se ha manifestado que éstas mejoran la trabajabilidad y la durabilidad, reduciendo la generación de calor durante el curado.

En el caso de que el nivel de agresividad sea muy elevado, se emplearán cementos con la característica especial de resistencia a sulfatos o agua de mar (SR/MR)

c) Áridos

Los áridos cumplirán las especificaciones contenidas en el Código Estructural. A fin de evitar la segregación, la granulometría de los áridos será continua. Es preferible el empleo de áridos redondeados cuando la colocación del hormigón se realice mediante tubo Tremie. El tamaño máximo del árido se limitará a treinta y dos milímetros (32 mm), o a un cuarto (1/4) de la separación entre redondos longitudinales, eligiéndose la menor en ambas dimensiones. En condiciones normales se utilizarán preferiblemente tamaños máximos de árido de veinticinco milímetros (25 mm), si es rodado, y de veinte milímetros (20 mm), si procede de machaqueo.

d) Aditivos

Para conseguir las propiedades necesarias para la puesta en obra del hormigón, se podrán utilizar con gran cuidado reductores de agua y plastificantes, incluidos los superplastificantes, con el fin de evitar el rezume o segregación que podría resultar por una elevada proporción de agua. Se limitará, en general, la utilización de aditivos de tipo superfluidificante de duración limitada al tiempo de vertido, que afecten a una prematura rigidez de la masa, al tiempo de fraguado y a la segregación. En el caso de utilización se asegurará que su dosificación no provoque estos efectos secundarios y mantenga unas condiciones adecuadas en la fluidez del hormigón durante el periodo completo del hormigonado de cada pilote.

4.2.2.1.2.- Dosificación y propiedades del hormigón

El hormigón de los pilotes deberá poseer:

- a) alta capacidad de resistencia contra la segregación;
- b) alta plasticidad y buena cohesión;
- c) buena fluidez;

- d) capacidad de autocompactación;
- e) suficiente trabajabilidad durante el proceso de vertido, incluida la retirada, en su caso, de entubados provisionales.

En la tabla siguiente (Tabla 5.2 del CTE DB SE C) se recogen los criterios de contenido mínimo de cemento, relación agua/cemento y contenido mínimo de finos.

Contenido de cemento	
- vertido en seco	$\geq 325 \text{ Kg/m}^3$
- hormigonado sumergido	$\geq 375 \text{ Kg/m}^3$
Relación agua-cemento (A/C)	
	$< 0,6$
Contenido de finos $d < 0,125 \text{ mm}$ (cemento incluido)	
- árido grueso $d > 8 \text{ mm}$	$\geq 400 \text{ kg/m}^3$
- árido grueso $d \leq 8 \text{ mm}$	$\geq 450 \text{ kg/m}^3$

En la tabla siguiente (Tabla 5.3 del CTE DB SE C) se recogen los valores de consistencia del hormigón, según diferentes condiciones de colocación.

Asientos de cono de Abrams mm	Condiciones típicas de uso (ejemplos)
$130 \leq H \leq 180$	Hormigón vertido en seco
$H \geq 160$	Hormigón bombeado o bien hormigón sumergido, vertido bajo agua con tubo tremie
$H \geq 180$	Hormigón sumergido, vertido bajo fluido estabilizador con tubo tremie

Nota.- Los valores medidos del asiento (H) deben redondearse a los 10 mm

En el caso de que las dosificaciones de amasado y los valores de consistencia establecidos en las tablas anteriores no den una mezcla de alta densidad, se puede ajustar el contenido de cemento y la consistencia.

Se ha de asegurar que la docilidad y fluidez se mantiene durante todo el proceso de hormigonado, para garantizar que no se produzcan fenómenos de atascos en el tubo Tremie, discontinuidades en el hormigón o bolsas de hormigón segregado o mezclado con el lodo de perforación. Durante 4 horas y, al menos durante todo el periodo de hormigonado de cada pilote, la consistencia del hormigón dispuesto deberá mantenerse en un cono de Abrams no inferior a 100 mm.

Se debe proporcionar una adecuada protección a través del diseño de la mezcla o de camisas perdidas, contra la agresividad del suelo o de los acuíferos.

4.2.2.1.3.- Control de ejecución de pilotes hormigonados in situ

La correcta ejecución del pilote, incluyendo la limpieza y en su caso el tratamiento de la punta son factores fundamentales que afectan a su comportamiento, y que deben tomarse en consideración para asegurar la validez de los métodos de cálculo contemplados en el CTE.

Los pilotes ejecutados “in situ” se controlarán durante la ejecución, confeccionando un parte que contenga, al menos, los siguientes datos:

- a) datos del pilote (Identificación, tipo, diámetro, punto de replanteo, profundidad, etc.);
- b) longitud de entubación (caso de ser entubado);

- c) valores de las cotas: del terreno, de la cabeza del pilote, de la armadura, de la entubación, de los tubos sónicos, etc.;
- d) tipos de terreno atravesados (comprobación con el terreno considerado originalmente);
- e) niveles de agua;
- f) armaduras (tipos, longitudes, dimensiones, etc.);
- g) hormigones (tipo, características, etc.);
- h) tiempos (de perforación, de colocación de armaduras, de hormigonado);
- i) observaciones (cualquier incidencia durante las operaciones de perforación y hormigonado).

Durante la ejecución se consideran adecuados los controles siguientes, según la norma UNE EN 1536:2011+A1:2016 (tablas 6 a 11):

- a) control del replanteo;
- b) control de la excavación;
- c) control del lodo;
- d) control de las armaduras;
- e) control del hormigón.

En el control de vertido de hormigón, al comienzo del hormigonado, el tubo Tremie no podrá descansar sobre el fondo, sino que se debe elevar unos 20 cm para permitir la salida del hormigón.

En los pilotes de barrena continua se consideran adecuados los controles indicados en la tabla 12 de la norma UNE EN 1536:2011+A1:2016. Cuando estos pilotes se ejecuten con instrumentación, se controlarán en tiempo real los parámetros de perforación y de hormigonado, permitiendo conocer y corregir instantáneamente las posibles anomalías detectadas.

Se pueden diferenciar dos tipos de ensayos de control:

- a) ensayos de integridad a lo largo del pilote;
- b) ensayos de carga (estáticos o dinámicos).

Los ensayos de integridad tienen por objeto verificar la continuidad del fuste del pilote y la resistencia mecánica del hormigón.

Pueden ser, según los casos, de los siguientes tres tipos:

- a) transparencia sónica;
- b) impedancia mecánica;
- c) sondeos mecánicos a lo largo del pilote.

Además, se podrá realizar un registro continuo de parámetros en pilotes de barrena continua.

El número y la naturaleza de los ensayos se fijarán en el Pliego de condiciones del proyecto y se establecerán antes del comienzo de los trabajos. El número de ensayos no debe ser inferior a 1 por cada 20 pilotes, salvo en el caso de pilotes aislados con diámetros entre 45 y 100 cm que no debe ser inferior a 2 por cada 20 pilotes. En pilotes aislados de diámetro superior a 100 cm no debe ser inferior a 5 por cada 20 pilotes.

4.2.2.2.- Pilotes prefabricados hincados

Para la ejecución de los pilotes prefabricados se consideran adecuadas las especificaciones constructivas recogidas con relación a este tipo de pilotes en la norma UNE EN 12699:2016.

4.2.2.2.1.- Control de ejecución de pilotes prefabricados hincados

Los controles de todos los trabajos de realización de las diferentes etapas de ejecución de un pilote se deben ajustar al método de trabajo y al plan de ejecución establecidos en el proyecto.

Se deben controlar los efectos de la hinca de pilotes en la proximidad de obras sensibles o de pendientes potencialmente inestables. Los métodos pueden incluir la medición de vibraciones, de presiones intersticiales, deformaciones y medición de la inclinación. Estas medidas se deben comparar con los criterios de prestaciones aceptables.

La frecuencia de los controles debe estar especificada y aceptada antes de comenzar los trabajos de hincado de los pilotes.

Los informes de los controles se deben facilitar en plazo convenido y conservarlos en obra hasta la terminación de los trabajos de hincado de los pilotes.

Todos los instrumentos utilizados para el control de la instalación de los pilotes o de los efectos derivados de esta instalación deben ser adecuados al objetivo previsto y deben estar calibrados.

Debe reseñarse cualquier no conformidad.

Se debe registrar la curva completa de la hinca de un cierto número de pilotes. Dicho número debe fijarse en el Pliego de condiciones del proyecto.

De forma general se debe reseñar:

- a) sobre las mazas: la altura de caída del pistón y su peso o la energía de golpeo, así como el número de golpes de la maza por unidad de penetración;
- b) sobre los pilotes hincados por vibración: la potencia nominal, la amplitud, la frecuencia y la velocidad de penetración;
- c) sobre los pilotes hincados por presión: la fuerza aplicada al pilote.

Cuando los pilotes se hinquen hasta rechazo, se debe medir la energía y avance.

Si los levantamientos o los desplazamientos laterales son perjudiciales para la integridad o la capacidad del pilote, se debe medir, respecto a una referencia estable, el nivel de la parte superior del pilote y su implantación, antes y después de la hinca de los pilotes próximos o después de excavaciones ocasionales.

Los pilotes prefabricados que se levanten por encima de los límites aceptables se deben volver a hincar hasta que se alcancen los criterios previstos en el proyecto en un principio (cuando no sea posible rehincar el pilote, se debe realizar un ensayo de carga para determinar sus características carga-penetración, que permitan establecer las prestaciones globales del grupo de pilotes).

No se debe interrumpir el proceso de hinca de un pilote hasta alcanzar el rechazo previsto que asegure la resistencia señalada en el proyecto. En suelos arcillosos, y para edificios de categoría

C-3 y C-4, debe comprobarse el rechazo alcanzado, transcurrido un periodo mínimo de 24 horas, en una muestra representativa de pilotes.

5.- ELEMENTOS DE CONTENCIÓN

5.1.- Generalidades

Los elementos de contención se calcularán en la hipótesis de que el suelo afectado por éstos se halla aproximadamente en el mismo estado en que fue encontrado durante los trabajos de reconocimiento geotécnico. Si el suelo presenta irregularidades no detectadas por dichos reconocimientos o si se altera su estado durante las obras, su comportamiento geotécnico podrá verse alterado. Si en la zona de afección de la estructura de contención aparecen puntos especialmente discordantes con la información utilizada en el proyecto, debe comprobarse y en su caso calcular de nuevo la estructura de contención.

5.2.- Pantallas

5.2.1.- Características generales

Para la ejecución de pantallas continuas se consideran aceptables las especificaciones constructivas recogidas en la norma UNE EN 1538:2011+A1:2016.

Cuando se disponga una pantalla en el perímetro de una excavación, se analizarán con detalle los siguientes aspectos de la obra:

- a) ejecución de la pantalla;
- b) fases de la excavación;
- c) introducción de los elementos de sujeción o de los anclajes, si los hubiera;
- d) disposición de los elementos de agotamiento, si la excavación se realizase en parte bajo el nivel freático;
- e) sujeción de la pantalla mediante los forjados del edificio;
- f) eliminación de los elementos provisionales de sujeción o de los anclajes, si los hubiera.

Debe atenderse especialmente a evitar que, en alguna fase de la ejecución, puede encontrarse la pantalla en alguna situación no contemplada en el cálculo y que entrañe un mayor riesgo de inestabilidad de la propia pantalla, de edificios u otras estructuras próximas o del fondo de la excavación o esfuerzos en la pantalla o en los elementos de sujeción superiores a aquellos para los que han sido dimensionados.

El diseño de la pantalla debe garantizar que no se producen pérdidas de agua no admisibles a través o por debajo de la estructura de contención, así como que no se producen afecciones no admisibles a la situación del agua freática en el entorno.

Los muretes guía tienen por finalidad garantizar el alineamiento de la pantalla hormigonada, guiar los útiles de excavación, evitar cualquier desprendimiento del terreno de la zanja en la zona de fluctuación del fluido de excavación, así como servir de soporte para las jaulas de armadura, elementos prefabricados u otros a introducir en la excavación hasta que endurezca el hormigón. Deben resistir los esfuerzos producidos por la extracción de los encofrados de juntas.

Habitualmente son de hormigón armado y construidos “in situ”. Su profundidad, normalmente comprendida entre medio metro y metro y medio (0,5 y 1,5 m), dependiendo de las condiciones del terreno.

Los muretes guía deben permitir que se respeten las tolerancias especificadas para los paneles de pantalla.

Será recomendable apuntalar los muretes guía hasta la excavación del panel correspondiente.

La distancia entre muretes guía debe ser entre veinte y cincuenta milímetros (20 y 50 mm) superior al espesor de la pantalla proyectada.

En caso de pantallas poligonales o de forma irregular, podrá ser necesario aumentar la distancia entre muretes guía.

Salvo indicación en contrario del Director de Obra, la parte superior de los muretes guía será horizontal, y estará a la misma cota a cada lado de la zanja.

Es conveniente que la cara superior del murete guía se encuentre, al menos, 1,5 m sobre la máxima cota prevista del nivel freático.

Las condiciones especiales de puesta en obra del hormigón en cimentaciones especiales, generalmente en perforaciones profundas, bajo agua o fluido estabilizador, y con cuantías de armadura importantes, hacen necesario exigir al material una serie de características específicas que permitan garantizar la calidad del proceso y del producto terminado.

El hormigón a utilizar cumplirá lo establecido en el Código Estructural.

El hormigón utilizado debe poseer las siguientes cualidades:

- a) alta capacidad de resistencia a la segregación;
- b) alta plasticidad y buena compacidad;
- c) buena fluidez;
- d) capacidad de autocompactación;
- e) suficiente trabajabilidad durante todo el proceso de puesta en obra.

5.2.2.- Materias primas

Para las materias primas se consideran válidas las indicaciones dadas para pilotes.

5.2.3.- Dosificación y propiedades del Hormigón

Los hormigones para pantallas deben ajustar su dosificación a lo que se indica a continuación, salvo indicación en contra en el proyecto.

El contenido mínimo de cemento, así como la relación agua/cemento respetarán las prescripciones sobre durabilidad indicadas en el Código Estructural.

En pantallas continuas de hormigón armado, se recomienda que el contenido de cemento sea mayor o igual de trescientos veinticinco kilogramos por metro cúbico (325 kg/m³) para hormigón vertido en seco en terrenos sin influencia del nivel freático, o mayor o igual de trescientos setenta y cinco kilogramos por metro cúbico (375 kg/m³) para hormigón sumergido.

En la tabla siguiente se recoge el contenido mínimo de cemento recomendado en función de la dimensión máxima de los áridos (UNE EN 1538:2011+A1:2016):

Dimensión máxima de los áridos (mm)	Contenido mínimo de cemento (kg/m ³)
32	350
25	370
20	385
16	400

El contenido de partículas de tamaño inferior a ciento veinticinco micras (0,125 mm), incluido el cemento, debe ser igual o inferior a cuatrocientos cincuenta kilogramos por metro cúbico (450 kg/m³) para tamaños máximos de árido inferiores o iguales a 16 milímetros, y cuatrocientos kilogramos por metro cúbico (400 kg/m³) para el resto de los casos.

La relación agua/cemento será la adecuada para las condiciones de puesta en obra, y debe ser aprobada explícitamente por el Director de Obra. El valor de la relación agua cemento debe estar comprendido entre cero con cuarenta y cinco (0,45) y cero con seis (0,6).

La resistencia característica mínima del hormigón será la indicada en el proyecto o, en su defecto, por el Director de Obra, y nunca inferior a lo especificado en el Código Estructural.

El hormigón no será atacable por el terreno circundante, o por las aguas que a través de él circulen, debiéndose cumplir la relación agua/cemento y contenido mínimo de cemento especificados en el Código Estructural para cada tipo de ambiente.

La consistencia del hormigón fresco justo antes del hormigonado debe corresponder a un asiento del cono de Abrams entre ciento sesenta milímetros (160 mm) y doscientos veinte milímetros (220 mm). Se recomienda un valor no inferior a ciento ochenta milímetros (180 mm).

La docilidad será suficiente para garantizar una continuidad en el hormigonado, y para lograr una adecuada compactación por gravedad.

Se ha de asegurar que la docilidad y fluidez se mantiene durante todo el proceso de hormigonado, para garantizar que no se produzcan fenómenos de atascos en el tubo Tremie, discontinuidades en el hormigón o bolsas de hormigón segregado o mezclado con el lodo de perforación. Durante 4 horas y, al menos, durante todo el periodo de hormigonado de cada panel, la consistencia del hormigón dispuesto debe mantenerse en un cono de Abrams no inferior a 100 mm

5.2.4.- Fabricación y transporte

El hormigón debe ser fabricado en central, con un sistema implantado de control de producción, con almacenamiento de materias primas, sistema de dosificación, equipos de amasado, y en su caso, equipos de transporte.

Dicha central podrá estar en obra, o ser una central de hormigón preparado. En cualquier caso, la dosificación a utilizar debe contar con los ensayos previos pertinentes, así como con ensayos característicos que hayan puesto de manifiesto que, con los equipos y materiales empleados, se alcanzan las características previstas del hormigón.

5.2.5.- Puesta en obra

Se procederá al hormigonado cuando la perforación esté limpia y las armaduras se encuentren en la posición prevista en los planos de proyecto.

En la tabla siguiente se recogen las características recomendadas para el lodo tixotrópico.

Características de suspensión de lodo tixotrópico (Tabla 6.6 del CTE DB SE C)

Parámetro	Caso de uso		
	Lodo fresco	Lodo listo para reemplazo	Lodo antes de hormigonar
Densidad (g/ml)	< 1,10	< 1,20	< 1,15
Viscosidad Marsh (s)	32 a 50	32 a 60	32 a 50
Filtrado (ml)	< 30	< 50	No ha lugar
PH	7 a 11	7 a 12	No ha lugar
Contenido en arena %	No ha lugar	No ha lugar	< 3
Cake (mm)	< 3	< 6	No ha lugar

Durante el hormigonado se pondrá el mayor cuidado en conseguir que el hormigón rellene la sección completa en toda su longitud, sin vacíos, bolsas de aire o agua, coqueras, etc. Se debe evitar también el lavado y la segregación del hormigón fresco.

Para una correcta colocación del hormigón y para una perfecta adherencia del mismo a las armaduras es conveniente tener una separación mínima entre barras no inferior a cinco veces el diámetro del árido.

El tubo Tremie es el elemento indispensable para el hormigonado de pantallas con procedimiento de hormigón vertido, especialmente en presencia de aguas o lodos de perforación. Dicho tubo es colocado por tramos de varias longitudes para su mejor acoplamiento a la profundidad del elemento a hormigonar, y está provisto de un embudo en su parte superior, y de elementos de sujeción y suspensión.

El tubo Tremie será estanco, de diámetro constante, y cumplirá las siguientes condiciones:

- el diámetro interior será mayor de seis veces (6) el tamaño máximo del árido y en cualquier caso, mayor de ciento cincuenta milímetros (150 mm);
- el diámetro exterior no podrá exceder del mínimo de 0,50 veces la anchura de la pantalla y 0,80 veces la anchura interior de la jaula de armaduras de pantallas;
- se mantendrá en la parte interior liso y libre de incrustaciones de mortero, hormigón o lechada.

El número de tubos Tremie a utilizar a lo largo de un panel de pantalla debe ser determinado de tal manera que se limite el recorrido horizontal a dos metros y cincuenta centímetros (2,50 m).

Cuando se utilicen varios tubos de hormigonado, será preciso alimentarlos de forma que el hormigón se distribuya de manera uniforme.

Para empezar el hormigonado, el tubo Tremie debe colocarse sobre el fondo de la perforación, y después se levantará de diez a veinte centímetros (10 a 20 cm). Siempre se colocará al inicio del hormigonado un tapón o “pelota” en el tubo Tremie, que evite el lavado del hormigón en la primera colocación.

Durante el hormigonado, el tubo Tremie debe estar siempre inmerso en el hormigón por lo menos tres metros (3 m). En caso de conocerse con precisión el nivel de hormigón, la profundidad mínima de inmersión podrá reducirse a dos metros (2 m). En caso necesario, y sólo cuando el hormigón llegue cerca de la superficie del suelo, se podrá reducir la profundidad mencionada para facilitar el vertido.

Es conveniente que el hormigonado se lleve a cabo a un ritmo superior a veinticinco metros cúbicos por hora (25 m³/h).

El hormigonado debe realizarse sin interrupción, debiendo el hormigón que circula hacerlo dentro de un período de tiempo equivalente al setenta y cinco por ciento (75%) del comienzo de fraguado. Cuando se prevea un período mayor, deben utilizarse retardadores de fraguado.

El hormigonado se prolongará hasta que supere la cota superior prevista en proyecto en una magnitud suficiente para que, al demolerse el exceso, constituido por un hormigón de mala calidad, el hormigón al nivel de la viga de coronación o de la cara inferior del encepado sea de la calidad adecuada.

Después del hormigonado se rellenarán de hormigón pobre, u otro material adecuado, las excavaciones que hubieran quedado en vacío por encima de la cota superior de hormigonado y hasta el murete guía.

5.2.6.- Control de Calidad

Se debe controlar que la docilidad y fluidez del hormigón se mantienen durante todo el proceso de hormigonado efectuando ensayos de consistencia sobre muestras de hormigón fresco para definir su evolución en función del tiempo. Este control tiene especial importancia en caso de emplear aditivos superplastificantes.

Los elementos de contención de hormigón cumplirán los condicionantes definidos en el CTE DB SE C y en el Código Estructural.

Durante el período de ejecución se tomarán las precauciones oportunas para asegurar el buen estado de los elementos de contención.

En el caso de presencia de aguas ácidas, salinas, o de agresividad potencial se tomarán las oportunas medidas. No se permitirá la presencia de sobrecargas cercanas a las cimentaciones si no se han tenido en cuenta en el proyecto. En todo momento se debe vigilar la presencia de vías de agua.

En caso de observarse movimientos excesivos, debe procederse a la observación de la cimentación y del terreno circundante, de la parte enterrada de los elementos resistentes verticales y de las redes de agua potable y saneamiento, de forma que se pueda conocer la causa del fenómeno.

Las cargas a las que se sometan las estructuras de contención, no serán superiores a las especificadas en el proyecto.

Antes de proceder a la ejecución de la cimentación se realizará la confirmación del estudio geotécnico. Se comprobará visualmente, o mediante las pruebas que se juzguen oportunas, que el terreno de apoyo de aquella se corresponde con las previsiones del proyecto. El resultado de tal inspección, definiendo la profundidad de la cimentación de cada uno de los apoyos de la obra,

su forma y dimensiones, y el tipo y consistencia del terreno se incorporará a la documentación final de obra. Estos planos quedarán incorporados a la documentación de la obra acabada.

En particular se debe comprobar que:

- a) el nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y apreciablemente la estratigrafía
- b) coincide con la estimada en el estudio geotécnico;
- c) el nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas;
- d) el terreno presenta apreciablemente una resistencia y humedad similar a la supuesta en el estudio geotécnico;
- e) no se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc;
- f) no se detectan corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres;

Se comprobará que:

- a) los materiales disponibles se ajustan a lo establecido en el proyecto de edificación y son idóneos para la construcción;
- b) las resistencias son las indicadas en el proyecto.

Se dedicará especial atención a comprobar que:

- a) el replanteo es correcto;
- b) se han observado las dimensiones y orientaciones proyectadas;
- c) se están empleando los materiales objeto de los controles ya mencionados;
- d) la compactación o colocación de los materiales asegura las resistencias del proyecto;
- e) los encofrados están correctamente colocados, y son de los materiales previstos en el proyecto;
- f) las armaduras son del tipo, número y longitud fijados en el proyecto;
- g) las armaduras de espera de pilares u otros elementos se encuentran correctamente situadas y tienen la longitud prevista en el proyecto;
- h) los recubrimientos son los exigidos en proyecto;
- i) los dispositivos de anclaje de las armaduras son los previstos en el proyecto;
- j) el espesor del hormigón de limpieza es adecuado;
- k) la colocación y vibración del hormigón son las correctas;
- l) se está cuidando que la ejecución de nuevas zapatas no altere el estado de las contiguas, ya sean también nuevas o existentes;
- m) las vigas de atado y centradoras, así como sus armaduras, están correctamente situadas;
- n) los agotamientos entran dentro de lo previsto y se ajustan a las especificaciones del estudio geotécnico para evitar sifonamientos o daños a estructuras vecinas;
- o) las juntas corresponden con las previstas en el proyecto;
- p) las impermeabilizaciones previstas en el proyecto se están ejecutando correctamente.

Antes de la puesta en servicio se debe comprobar que:

- a) las zapatas se comportan en la forma prevista en el proyecto;
- b) no se aprecia que se estén superando las cargas admisibles;
- c) los asientos se ajustan a lo previsto, si, en casos especiales, así lo exige el proyecto o el Director de Obra;

- d) no se han plantado árboles, cuyas raíces puedan originar cambios de humedad en el terreno de cimentación, o creado zonas verdes cuyo drenaje no esté previsto en el proyecto, sobre todo en terrenos expansivos.

Si bien es recomendable controlar los movimientos del terreno para cualquier tipo de construcción, en edificios de tipo C-3 y C-4 será obligado el establecimiento de un sistema de nivelación para controlar el asiento de las zonas más características de la obra, en las siguientes condiciones:

- a) el punto de referencia debe estar protegido de cualquier eventual perturbación, de forma que pueda considerarse como inmóvil, durante todo el periodo de observación;
- b) el número de pilares a nivelar no será inferior al 10% del total de la edificación. En el caso de que la superestructura se apoye sobre muros, se preverá un punto de observación cada 20 m de longitud, como mínimo. En cualquier caso, el número mínimo de referencias de nivelación será de 4. La precisión de la nivelación será de 0,1 mm;
- c) la cadencia de lecturas será la adecuada para advertir cualquier anomalía en el comportamiento de la cimentación. Es recomendable efectuarlas al completarse el 50% de la estructura al final de la misma, y al terminar cada dos plantas;
- d) el resultado final de las observaciones se incorporará a la documentación de la obra.

5.3.- Muros

5.3.1.- Condiciones constructivas

La cimentación de los muros se efectuará tomando en consideración las recomendaciones constructivas definidas en los capítulos 4 y 5. 2 de CTE DB SE C.

La excavación debe efectuarse con sumo cuidado para que la alteración de las características geotécnicas del suelo sea la mínima posible.

Las excavaciones provisionales o definitivas deben hacerse de modo que se evite todo deslizamiento de las tierras. Esto es especialmente importante en el caso de muros ejecutados por batches.

En el caso de suelos permeables que requieran agotamiento del agua para realizar las excavaciones, el agotamiento se mantendrá durante toda la duración de los trabajos.

El agotamiento debe realizarse de tal forma que no comprometa la estabilidad de los taludes o de las obras vecinas.

Las juntas de hormigonado y los procesos de hormigonado, vibrado y curado se efectuarán con los criterios definidos en el Código Estructural.

5.3.2.- Control de calidad

Los elementos de contención de hormigón cumplirán los condicionantes definidos en el CTE DB SE C y en el Código Estructural.

Durante el período de ejecución se tomarán las precauciones oportunas para asegurar el buen estado de los elementos de contención.

En el caso de presencia de aguas ácidas, salinas, o de agresividad potencial se tomarán las oportunas medidas. No se permitirá la presencia de sobrecargas cercanas a las cimentaciones si

no se han tenido en cuenta en el proyecto. En todo momento se debe vigilar la presencia de vías de agua.

En caso de observarse movimientos excesivos, debe procederse a la observación de la cimentación y del terreno circundante, de la parte enterrada de los elementos resistentes verticales y de las redes de agua potable y saneamiento, de forma que se pueda conocer la causa del fenómeno.

Las cargas a las que se sometan las estructuras de contención no serán superiores a las especificadas en el proyecto.

Es especialmente importante controlar las características de los elementos de impermeabilización y del material de relleno del trasdós.

Antes de proceder a la ejecución de la cimentación se realizará la confirmación del estudio geotécnico. Se comprobará visualmente, o mediante las pruebas que se juzguen oportunas, que el terreno de apoyo de aquella se corresponde con las previsiones del proyecto. El resultado de tal inspección, definiendo la profundidad de la cimentación de cada uno de los apoyos de la obra, su forma y dimensiones, y el tipo y consistencia del terreno se incorporará a la documentación final de obra. Estos planos quedarán incorporados a la documentación de la obra acabada.

En particular se debe comprobar que:

- a) el nivel de apoyo de la cimentación se ajusta al previsto y apreciablemente la estratigrafía
- b) coincide con la estimada en el estudio geotécnico;
- c) el nivel freático y las condiciones hidrogeológicas se ajustan a las previstas;
- d) el terreno presenta apreciablemente una resistencia y humedad similar a la supuesta en el estudio geotécnico;
- e) no se detectan defectos evidentes tales como cavernas, fallas, galerías, pozos, etc;
- f) no se detectan corrientes subterráneas que puedan producir socavación o arrastres;

Se comprobará que:

- a) los materiales disponibles se ajustan a lo establecido en el proyecto de edificación y son idóneos para la construcción;
- b) las resistencias son las indicadas en el proyecto.

Se dedicará especial atención a comprobar que:

- a) el replanteo es correcto;
- b) se han observado las dimensiones y orientaciones proyectadas;
- c) se están empleando los materiales objeto de los controles ya mencionados;
- d) la compactación o colocación de los materiales asegura las resistencias del proyecto;
- e) los encofrados están correctamente colocados, y son de los materiales previstos en el proyecto;
- f) las armaduras son del tipo, número y longitud fijados en el proyecto;
- g) las armaduras de espera de pilares u otros elementos se encuentran correctamente situadas y tienen la longitud prevista en el proyecto;
- h) los recubrimientos son los exigidos en proyecto;
- i) los dispositivos de anclaje de las armaduras son los previstos en el proyecto;
- j) el espesor del hormigón de limpieza es adecuado;

- k) la colocación y vibración del hormigón son las correctas;
- l) se está cuidando que la ejecución de nuevas zapatas no altere el estado de las contiguas, ya sean también nuevas o existentes;
- m) las vigas de atado y centradoras, así como sus armaduras, están correctamente situadas;
- n) los agotamientos entran dentro de lo previsto y se ajustan a las especificaciones del estudio geotécnico para evitar sifonamientos o daños a estructuras vecinas;
- o) las juntas corresponden con las previstas en el proyecto;
- p) las impermeabilizaciones previstas en el proyecto se están ejecutando correctamente.

Antes de la puesta en servicio se debe comprobar que:

- a) las zapatas se comportan en la forma prevista en el proyecto;
- b) no se aprecia que se estén superando las cargas admisibles;
- c) los asientos se ajustan a lo previsto, si, en casos especiales, así lo exige el proyecto o el Director de Obra;
- d) no se han plantado árboles, cuyas raíces puedan originar cambios de humedad en el terreno de cimentación, o creado zonas verdes cuyo drenaje no esté previsto en el proyecto, sobre todo en terrenos expansivos.

Si bien es recomendable controlar los movimientos del terreno para cualquier tipo de construcción, en edificios de tipo C-3 y C-4 será obligado el establecimiento de un sistema de nivelación para controlar el asiento de las zonas más características de la obra, en las siguientes condiciones:

- a) el punto de referencia debe estar protegido de cualquier eventual perturbación, de forma que pueda considerarse como inmóvil, durante todo el periodo de observación;
- b) el número de pilares a nivelar no será inferior al 10% del total de la edificación. En el caso de que la superestructura se apoye sobre muros, se preverá un punto de observación cada 20 m de longitud, como mínimo. En cualquier caso, el número mínimo de referencias de nivelación será de 4. La precisión de la nivelación será de 0,1 mm;
- c) la cadencia de lecturas será la adecuada para advertir cualquier anomalía en el comportamiento de la cimentación. Es recomendable efectuarlas al completarse el 50% de la estructura al final de la misma, y al terminar cada dos plantas;
- d) el resultado final de las observaciones se incorporará a la documentación de la obra.

6.- ACONDICIONAMIENTO Y REFUERZO DEL TERRENO

6.1.- Excavaciones

Será preceptivo el seguimiento de movimientos en fondo y entorno de la excavación, utilizando una adecuada instrumentación si:

- a) no es posible descartar la presencia de estados límite de servicio en base al cálculo o a medidas prescriptivas;
- b) las hipótesis de cálculo no se basan en datos fiables.

La posible aparición de estados límite de servicio debe evitarse:

- a) limitando la movilización de resistencia a cortante del terreno.
- b) observando los movimientos que se producen y adoptando medidas que los reduzcan o lleguen a eliminarlos en caso necesario.

Este seguimiento debe planificarse de modo que permita establecer:

- a) la evolución de presiones intersticiales en el terreno con objeto de poder deducir las presiones efectivas que se van desarrollando en el mismo;
- b) movimientos verticales y horizontales en el terreno para poder definir el desarrollo de deformaciones;
- c) en el caso de producirse deslizamiento, la localización de la superficie límite para su análisis retrospectivo, del que resulten los parámetros de resistencia utilizables para el proyecto de las medidas necesarias de estabilización;
- d) el desarrollo de movimientos en el tiempo, para alertar de la necesidad de adoptar medidas urgentes de estabilización.

Los taludes deben ser estables o haber dispuesto un sistema de contención adecuado.

En aquellos casos en que el marco donde se inscribe la excavación dificulte los análisis de estabilidad global, deben preverse investigaciones adicionales.

La realización de una excavación debe asegurar que las actividades constructivas previstas en el entorno de la misma puedan llevarse a cabo sin llegar a las condiciones de los estados límite último ni de servicio. Si el talud proyectado es permanente, estas mismas garantías se extenderán al periodo de vida útil de la obra que se realice.

Los taludes expuestos a erosión potencial deben protegerse debidamente para garantizar la permanencia de su adecuado nivel de seguridad.

Será preceptivo disponer un adecuado sistema de protección de escorrentías superficiales que pudieran alcanzar al talud y de drenaje interno que evite la acumulación de agua en trasdós del talud.

6.2.- Rellenos

El control de un relleno debe asegurar que el material, su contenido de humedad en la colocación y su grado final de compacidad obedece a lo especificado en el Pliego de Condiciones de proyecto.

Habitualmente, el grado de compacidad se especificará como porcentaje del obtenido como máximo en un ensayo de referencia como el Proctor.

En escolleras o en rellenos que contengan una proporción alta de tamaños gruesos no son aplicables los ensayos Proctor. En este caso se comprobará la compacidad por métodos de campo, tales como definir el proceso de compactación a seguir en un relleno de prueba, comprobar el asentamiento de una pasada adicional del equipo de compactación, realización de ensayos de carga con placa o el empleo de métodos sísmicos o dinámicos.

La sobrecompactación puede producir efectos no deseables tales como:

- a) altas presiones de contacto sobre estructuras enterradas o de contención;
- b) modificación significativa de la granulometría en materiales blandos o quebradizos.

Normalmente no se utilizarán los suelos expansivos o solubles. Tampoco los susceptibles a la helada o que contengan, en alguna proporción, hielo, nieve o turba si van a emplearse como relleno estructural.

Los procedimientos de colocación y compactación del relleno deben asegurar su estabilidad en todo momento evitando además cualquier perturbación del subsuelo natural.

El relleno que se coloque adyacente a estructuras debe disponerse en tongadas de espesor limitado y compactarse con medios de energía pequeña para evitar daño a estas construcciones. Se comprobará que no se han producido este tipo de daños.

Previamente a la colocación de rellenos bajo el agua debe dragarse cualquier suelo blando existente.

6.3.- Control de la mejora o refuerzo del terreno

En el proyecto se establecerán las especificaciones de los materiales a emplear, las propiedades del terreno tras su mejora y las condiciones constructivas y de control.

Los criterios de aceptación, fijados en el proyecto para el método que pueda adoptarse de mejora del terreno, consistirán en unos valores mínimos de determinadas propiedades del terreno tras su mejora.

La consecución de estos valores o de valores superiores a los mínimos, tras el proceso de mejora, debe ser adecuadamente contrastada.

6.4.- Control de los anclajes al terreno

En las pruebas de carga sobre anclajes se diferencia:

- a) ensayo de aceptación: prueba de carga in situ para confirmar que cada anclaje cumple las condiciones previstas en el proyecto;
- b) ensayo de adecuación: prueba de carga “in situ” destinada a confirmar que el tipo de anclaje correspondiente se adecua a las condiciones particulares del terreno existente;
- c) ensayo de investigación: prueba de carga “in situ” destinada a establecer el estado límite último de un anclaje instalado por un procedimiento determinado en el terreno en estudio, así como el comportamiento del anclaje en el intervalo de cargas previsto en servicio.

Para la ejecución de los anclajes, así como para la realización de ensayos de control y su supervisión, se consideran válidas las especificaciones contenidas en la norma UNE EN 1537:2015.

7.- ELEMENTOS DE FABRICA

7.1.- Recepción de materiales (artículo 8.1 del CTE DB SE F)

La recepción de cementos, de hormigones, y de la ejecución y control de éstos, se encuentra regulado en documentos específicos.

Las piezas se suministrarán a obra con una declaración del suministrador sobre su resistencia y la categoría de fabricación.

Para bloques de piedra natural se confirmará la procedencia y las características especificadas en el proyecto, constatando que la piedra está sana y no presenta fracturas.

Las piezas de categoría I tendrán una resistencia declarada, con probabilidad de no ser alcanzada inferior al 5%. El fabricante aportará la documentación que acredita que el valor declarado de la resistencia a compresión se ha obtenido a partir de piezas muestreadas según UNE EN 771 y

ensayadas según UNE-EN 772-1:2011+A1:2016, y la existencia de un plan de control de producción en fábrica que garantiza el nivel de confianza citado.

Las piezas de categoría II tendrán una resistencia a compresión declarada igual al valor medio obtenido en ensayos con la norma antedicha, si bien el nivel de confianza puede resultar inferior al 95%.

El valor medio de la compresión declarada por el suministrador, multiplicado por el factor δ de la tabla siguiente debe ser no inferior al valor usado en los cálculos como resistencia normalizada. Si se trata de piezas de categoría I, en las cuales el valor declarado es el característico, se convertirá en el medio, utilizando el coeficiente de variación y se procederá análogamente.

Valores del factor δ (Tabla 8.1 del CTE DB SE F)

Altura de pieza (mm)	Menor dimensión horizontal de la pieza (mm)				
	50	100	150	200	≥250
50	0,85	0,75	0,70	–	–
65	0,95	0,85	0,75	0,70	0,65
100	1,15	1,00	0,90	0,80	0,75
150	1,30	1,20	1,10	1,00	0,95
200	1,45	1,35	1,25	1,15	1,10
≥250	1,55	1,45	1,35	1,25	1,15

Cuando en proyecto se haya especificado directamente el valor de la resistencia normalizada con esfuerzo paralelo a la tabla, en el sentido longitudinal o en el transversal, se exigirá al fabricante, a través en su caso, del suministrador, el valor declarado obtenido mediante ensayos, procediéndose según los puntos anteriores.

Si no existe valor declarado por el fabricante para el valor de resistencia a compresión en la dirección de esfuerzo aplicado, se tomarán muestras en obra según UNE EN 771 y se ensayarán según UNEEN 772-1:2011+A1:2016, aplicando el esfuerzo en la dirección correspondiente. El valor medio obtenido se multiplicará por el valor δ de la tabla anterior, no superior a 1,00 y se comprobará que el resultado obtenido es mayor o igual que el valor de la resistencia normalizada especificada en el proyecto.

Si la resistencia a compresión de un tipo de piezas con forma especial tiene influencia predominante en la resistencia de la fábrica, su resistencia se podrá determinar con la última norma citada.

El acopio en obra se efectuará evitando el contacto con sustancias o ambientes que perjudiquen física o químicamente a la materia de las piezas.

Cada remesa de arena que llegue a obra se descargará en una zona de suelo seco, convenientemente preparada para este fin, en la que pueda conservarse limpia.

Las arenas de distinto tipo se almacenarán por separado.

Se realizará una inspección ocular de características y, si se juzga preciso, se realizará una toma de muestras para la comprobación de características en laboratorio.

Se puede aceptar arena que no cumpla alguna condición, si se procede a su corrección en obra por lavado, cribado o mezcla, y después de la corrección cumple todas las condiciones exigidas.

Durante el transporte y almacenaje se protegerán los aglomerantes (cementos y cales) frente al agua, la humedad y el aire.

Los distintos tipos de aglomerantes se almacenarán por separado.

En la recepción de las mezclas preparadas se comprobará que la dosificación y resistencia que figuran en el envase corresponden a las solicitadas.

La recepción y el almacenaje de morteros secos preparados y hormigones preparados se ajustará a lo señalado para el tipo de material.

Los morteros preparados y los secos se emplearán siguiendo las instrucciones del fabricante, que incluirán el tipo de amasadora, el tiempo de amasado y la cantidad de agua.

El mortero preparado, se empleará antes de que transcurra el plazo de uso definido por el fabricante. Si se ha evaporado agua, podrá añadirse ésta sólo durante el plazo de uso definido por el fabricante.

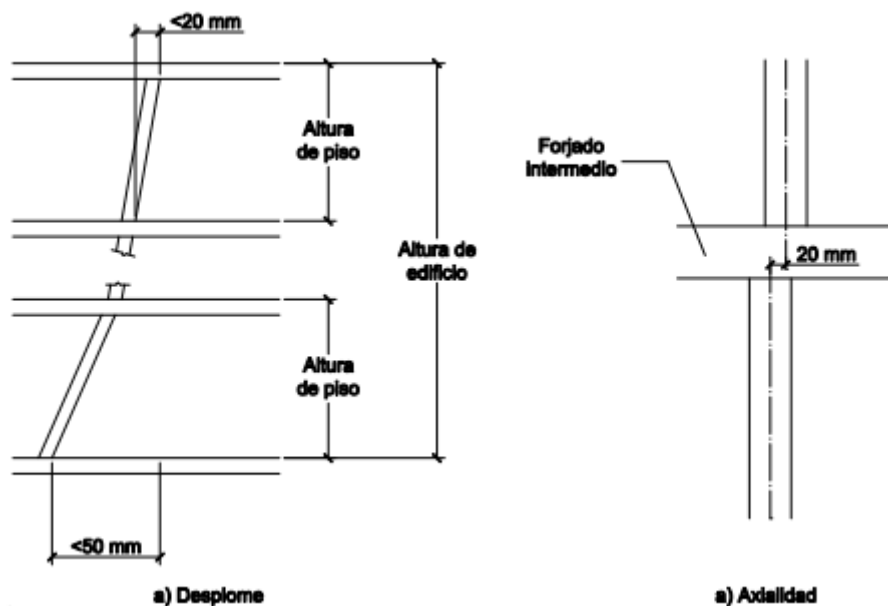
7.2.- Control de la fábrica (artículo 8.2 del CTE DB SE F)

En cualquier caso, o cuando se haya especificado directamente la resistencia de la fábrica podrá acudir a determinar directamente esa variable a través de la UNE EN 1052-1:1999

Si alguna de las pruebas de recepción de piezas falla, o no se dan las condiciones de categoría de fabricación supuestas, o no se alcanza el tipo de control de ejecución previsto en el proyecto, debe procederse a un recálculo de la estructura a partir de los parámetros constatados, y en su caso del coeficiente de seguridad apropiado al caso.

Cuando en el proyecto no defina tolerancias de ejecución de muros verticales, se emplearán los valores de la tabla siguiente, que se han tenido en cuenta en las fórmulas de cálculo.

Tolerancia de muros verticales



Tolerancia para elementos de fábrica (Tabla 8.2 del CTE DB SE F)

	Posición	Tolerancia, en mm
Desplome	En la altura del piso	20
	En la altura total del edificio	50
Axialidad		20
Planeidad ⁽¹⁾	En 1 metro	5
	En 10 metros	20
Espesor	De la hoja del muro ⁽²⁾	±25 mm
	Del muro capuchino completo	+10

⁽¹⁾ La planeidad se mide a partir de una línea recta que une dos puntos cualesquiera del elemento de fábrica.

⁽²⁾ Excluyendo el caso en que el espesor de la hoja está directamente vinculada a las tolerancias de fabricación de las piezas (en fábricas a sogá o a tizón). Puede llegar al +5% del espesor de la hoja.

Según el CTE DB SE F se establecen tres categorías de ejecución: A, B y C, según las reglas siguientes.

Categoría A:

- Se usan piezas que dispongan certificación de sus especificaciones sobre tipo y grupo, dimensiones y tolerancias, resistencia normalizada, succión, y retracción o expansión por humedad.
- El mortero dispone de especificaciones sobre su resistencia a la compresión y a la flexotracción a 7 y 28 días.
- La fábrica dispone de un certificado de ensayos previos a compresión según la norma UNE EN 1052-1:1999, a tracción y a corte según la norma UNE EN 1052-4:2001.
- Durante la ejecución se realiza una inspección diaria de la obra ejecutada, así como el control y la supervisión continuada por parte del constructor.

Categoría B:

- Las piezas están dotadas de las especificaciones correspondientes a la categoría A, excepto en lo que atañe a las propiedades de succión, de retracción y expansión por humedad.
- Se dispone de especificaciones del mortero sobre sus resistencias a compresión y a flexotracción, a 28 días.
- Durante la ejecución se realiza una inspección diaria de la obra ejecutada, así como el control y la supervisión continuada por parte del constructor.

Categoría C:

Cuando no se cumpla alguno de los requisitos establecidos para la categoría B.

7.3.- Morteros y hormigones de relleno

Se admite la mezcla manual únicamente en proyectos con categoría de ejecución C. El mortero no se ensuciará durante su manipulación posterior.

El mortero y el hormigón de relleno se emplearán antes de iniciarse el fraguado. El mortero u hormigón que haya iniciado el fraguado se desechará y no se reutilizará.

Al dosificar los componentes del hormigón de relleno se considerará la absorción de las piezas de la fábrica y de las juntas de mortero, que pueden reducir su contenido de agua.

El hormigón tendrá docilidad suficiente para rellenar completamente los huecos en que se vierta y sin segregación.

Al mortero no se le añadirán aglomerantes, áridos, aditivos ni agua después de su amasado.

Cuando se establezca la determinación mediante ensayos de la resistencia del mortero, se usará la UNE-EN 1015-11:2000.

Antes de rellenar de hormigón la cámara de un muro armado, se limpiará de restos de mortero y escombros. El relleno se realizará por tongadas, asegurando que se macizan todos los huecos y no se segrega el hormigón. La secuencia de las operaciones conseguirá que la fábrica tenga la resistencia precisa para soportar la presión del hormigón fresco.

7.4.- Armaduras en la fábrica

Las barras y las armaduras de tendel se almacenarán, se doblarán y se colocarán en la fábrica sin que sufran daños que las inutilicen para su función (posibles erosiones que causen discontinuidades en la película autoprotectora, ya sea en el revestimiento de resina epoxídica o en el galvanizado).

Toda armadura se examinará superficialmente antes de colocarla, y se comprobará que esté libre de sustancias perjudiciales que puedan afectar al acero, al hormigón, al mortero o a la adherencia entre ellos.

Se evitarán los daños mecánicos, rotura en las soldaduras de las armaduras de tendel, y depósitos superficiales que afecten a la adherencia.

Se emplearán separadores y estribos cuando se precisen para mantener las armaduras en su posición con el recubrimiento especificado.

Cuando sea necesario, se atará la armadura con alambre para asegurar que no se mueva mientras se vierte el mortero u el hormigón de relleno.

Las armaduras se solaparán sólo donde lo permita la dirección facultativa, bien de manera expresa o por referencia a indicaciones reflejadas en planos.

En muros con pilastras armadas, la armadura principal se fijará con antelación suficiente para ejecutar la fábrica sin entorpecimiento. Los huecos de fábrica en que se incluye la armadura se irán rellenando con mortero u hormigón al levantarse la fábrica.

7.5.- Protección de fábricas en ejecución

Las fábricas recién construidas se protegerán contra daños físicos, (por ejemplo, colisiones), y contra acciones climáticas.

La coronación de los muros se cubrirá para impedir el lavado del mortero de las juntas por efecto de la lluvia y evitar eflorescencias, desconchados por caliches y daños en los materiales higroscópicos.

Se tomarán precauciones para mantener la humedad de la fábrica hasta el final del fraguado, especialmente en condiciones desfavorables, tales como baja humedad relativa, altas temperaturas o fuertes corrientes de aire.

Se tomarán precauciones para evitar daños a la fábrica recién construida por efecto de las heladas.

Si fuese necesario, aquellos muros que queden temporalmente sin arriostrar y sin carga estabilizante pero que puedan estar sometidos a cargas de viento o de ejecución, se acodalarán provisionalmente, para mantener su estabilidad.

Se limitará la altura de la fábrica que se ejecute en un día para evitar inestabilidades e incidentes mientras el mortero está fresco. Para determinar el límite adecuado se tendrán en el espesor del muro, el tipo de mortero, la forma y densidad de las piezas y el grado de exposición al viento.

8.- ESTRUCTURAS DE MADERA

8.1.- Contenido de humedad de la madera

Antes de su utilización en la construcción, la madera debe secarse, en la medida que sea posible, hasta alcanzar contenidos de humedad adecuados a la obra acabada (humedad de equilibrio higroscópico).

Si los efectos de las contracciones o mermas no se consideran importantes, o si han sido reemplazadas las partes dañadas de la estructura, pueden aceptarse contenidos más elevados de humedad durante el montaje siempre que se asegure que la madera podrá secarse al contenido de humedad deseado.

8.2.- Calidad de los detalles constructivos

De cara a la formalización de juntas entre elementos, y para elementos formados con madera de conífera, se considerarán las siguientes variaciones dimensionales de origen higrotérmico:

- a) Para tableros contrachapados y de OSB, y en su plano, serán como máximo de valor 0,02% por cada 1% de variación de contenido de humedad del mismo.
- b) Para madera aserrada, laminada o microlaminada se podrá tomar, por cada 1% de variación de contenido de humedad, un valor de 0,01% en dirección longitudinal y 0,2% en la transversal (esta última corresponde en realidad a la tangencial, y la radial se podrá tomar como 0,1%).

A continuación, se enumeran una serie de buenas prácticas que mejoran notablemente la durabilidad de la estructura:

- a) evitar el contacto directo de la madera con el terreno, manteniendo una distancia mínima de 20 cm y disponiendo un material hidrófugo (barrera antihumedad);
- b) evitar que los arranques de soportes y arcos queden embebidos en el hormigón u otro material de fábrica. Para ello se protegerán de la humedad colocándolos a una distancia suficiente del suelo o sobre capas impermeables;
- c) ventilar los encuentros de vigas en muros, manteniendo una separación mínima de 15 mm entre la superficie de la madera y el material del muro. El apoyo en su base debe realizarse a través de un material intermedio, separador, que no transmita la posible humedad del muro;
- d) evitar uniones en las que se pueda acumular el agua;
- e) proteger la cara superior de los elementos de madera que estén expuestos directamente a la intemperie y en los que pueda acumularse el agua. En el caso de utilizar una albardilla

(normalmente de chapa metálica), esta albardilla debe permitir, además, la aireación de la madera que cubre;

- f) evitar que las testas de los elementos estructurales de madera queden expuestas al agua de lluvia ocultándolas, cuando sea necesario, con una pieza de remate protector;
- g) facilitar, en general, al conjunto de la cubierta la rápida evacuación de las aguas de lluvia y disponer sistemas de desagüe de las condensaciones en los lugares pertinentes.

Los posibles cambios de dimensiones, producidos por la hinchazón o merma de la madera, no deben quedar restringidos por los elementos de unión:

- a) en general, en piezas de canto superior a 80 cm, no deben utilizarse empalmes ni nudos rígidos realizados con placas de acero que coarten el movimiento de la madera;
- b) las soluciones con placas de acero y pernos quedan limitadas a situaciones en las que se esperan pequeños cambios de las condiciones higrotérmicas del ambiente y el canto de los elementos estructurales no supera los 80 cm. Igualmente acontece en uniones de tipo corona en los nudos de unión de pilar/dintel en pórticos de madera laminada.

8.3.- Tolerancias

Las exigencias relativas a las dimensiones y a las tolerancias de fabricación de los elementos estructurales pueden establecerse en el proyecto, de forma específica, en función de las condiciones de fabricación y montaje. De no especificarse en el proyecto el fabricante o suministrador deberá cumplir lo indicando a continuación.

8.4.- Tolerancias en elementos estructurales

Las tolerancias dimensionales, o desviaciones admisibles respecto a las dimensiones nominales de la madera aserrada, se ajustarán a los límites de tolerancia de la clase 1 definidos en la norma UNE-EN 336:2014 para coníferas y chopo. Esta norma se aplicará, también, para maderas de otras especies de frondosas con los coeficientes de hinchazón y merma correspondientes, en tanto no exista norma propia.

Las tolerancias dimensionales, o desviaciones admisibles respecto a las dimensiones nominales de la madera laminada encolada, se ajustarán a los límites de tolerancia definidos en la norma UNE-EN 14080:2013.

La combadura de columnas y vigas medida en el punto medio del vano, en aquellos casos en los que puedan presentarse problemas de inestabilidad lateral, o en barras de pórticos, debe limitarse a 1/500 de la longitud del vano en piezas de madera laminada y microlaminada o a 1/300 en piezas de madera maciza.

8.5.- Tolerancias en celosías con uniones de placas dentadas

Durante la fabricación, las piezas deben estar libres de distorsiones dentro de los límites definidos en la norma UNE-EN 14250:2010. Sin embargo, si las piezas se distorsionan durante el periodo de tiempo que transcurre entre la fabricación y el montaje pueden enderezarse sin causar daño a la madera o a las uniones. En este caso las cerchas pueden considerarse válidas para su uso.

Después del montaje, se admite una combadura máxima de 10 mm en cualquier pieza de la cercha siempre que se afiance de manera segura en la cubierta terminada de forma que se evite el momento provocado por dicha distorsión.

Después del montaje, la desviación máxima de una cercha respecto a la vertical no debe exceder el valor de $10 + 5 \cdot (H - 1)$ mm, con un valor máximo de 25 mm; donde H es la altura (diferencia de cota entre apoyos y punto más alto), expresada en metros.

8.6.- Identificación del suministro de productos de estructuras de madera

En el albarán de suministro o, en su caso, en documentos aparte, el suministrador facilitará, al menos, la siguiente información para la identificación de los materiales y de los elementos estructurales:

- a) con carácter general:
 - nombre y dirección de la empresa suministradora;
 - nombre y dirección de la fábrica o del aserradero, según corresponda;
 - fecha del suministro;
 - cantidad suministrada;
 - distintivo de calidad del producto, en su caso.
- b) con carácter específico:
 - i. madera aserrada:
 - especie botánica y clase resistente (la clase resistente puede declararse indirectamente mediante la calidad con indicación de la norma de clasificación resistente empleada);
 - dimensiones nominales;
 - contenido de humedad o indicación de acuerdo con la norma de clasificación correspondiente.
 - ii. tablero:
 - tipo de tablero estructural según norma UNE-EN 312 y/o UNE-EN 12369 (con declaración de los valores de las propiedades de resistencia, rigidez y densidad asociadas al tipo de tablero estructural);
 - dimensiones nominales.
 - iii. elemento estructural de madera laminada encolada:
 - tipo de elemento estructural y clase resistente (de la madera laminada encolada empleada);
 - dimensiones nominales;
 - marcado según UNE-EN 14080:2013.
 - iv. otros elementos estructurales realizados en taller:
 - tipo de elemento estructural y declaración de la capacidad portante del elemento con indicación de las condiciones de apoyo (o los valores de las propiedades de resistencia, rigidez y densidad de los materiales que lo conforman);
 - dimensiones nominales.
 - v. madera y productos derivados de la madera tratados con productos protectores:
 - certificado del tratamiento en el que debe figurar:
 - la identificación del aplicador;
 - la especie de madera tratada;
 - el protector empleado y su número de registro;

- el método de aplicación empleado;
 - la clase de uso que cubre;
 - la retención del producto protector
 - la fecha del tratamiento;
 - precauciones a tomar ante mecanizaciones posteriores al tratamiento;
 - informaciones complementarias, en su caso.
- vi. elementos mecánicos de fijación:
- tipo (clavo sin o con resaltes, tirafondo, pasador, perno o grapa) y resistencia característica a tracción del acero y tipo de protección contra la corrosión;
 - dimensiones nominales;
 - declaración, cuando proceda, de los valores característicos de resistencia al aplastamiento y momento plástico para uniones madera-madera, madera-tablero y madera-acero.

8.7.- Control de recepción en obra de productos de estructuras madera

A la llegada de los productos a la obra, el director de la ejecución de la obra comprobará:

- a) con carácter general:
- aspecto y estado general del suministro;
 - que el producto es identificable (cumple con el apartado anterior sobre identificación del suministro de productos), y se ajusta a las especificaciones del proyecto.
- b) con carácter específico:
- c) se realizarán, también, las comprobaciones que en cada caso se consideren oportunas de las que a continuación se establecen salvo, en principio, las que estén avaladas por los procedimientos reconocidos en el CTE;
- madera aserrada:
 - i. especie botánica: La identificación anatómica se realizará, si fuera necesario, en laboratorio especializado;
 - ii. Clase Resistente: La propiedad o propiedades de resistencia, rigidez y densidad, se especificarán según notación y ensayos del apartado 4.1 del CTE DB SE M
 - iii. tolerancias en las dimensiones: Se ajustarán a la norma UNE-EN 336:2014 para maderas de coníferas. Esta norma, en tanto no exista norma propia, se aplicará también para maderas de frondosas con los coeficientes de hinchazón y merma de la especie de frondosa utilizada;
 - iv. contenido de humedad: Salvo especificación en contra debe ser $\leq 20\%$, valor medido con xilohigrómetro según norma UNE-EN 13183-2:2002.
 - tableros:
 - i. propiedades de resistencia, rigidez y densidad: Se determinarán según notación y ensayos del apartado 4.4 del CTE DB SE M;
 - ii. tolerancias en las dimensiones: Según UNE-EN 312:2010 para tableros de partículas, UNE-EN 300:2007 para tablero de virutas orientadas (OSB), UNE-EN 622- 1:2004 para tableros de fibras y UNE-EN 315:2001 para tableros contrachapados;
 - elementos estructurales de madera laminada encolada:
 - i. Clase Resistente: La propiedad o propiedades de resistencia, de rigidez y la densidad, se especificarán según notación del apartado 4.2 del CTE DB SE M;
 - ii. tolerancias en las dimensiones: Según UNE-EN 14080:2013.

- otros elementos estructurales realizados en taller.
- Tipo, propiedades, tolerancias dimensionales, planeidad, contraflechas (en su caso): Comprobaciones según lo especificado en la documentación del proyecto.
- madera y productos derivados de la madera, tratados con productos protectores. Tratamiento aplicado: Se comprobará la certificación del tratamiento.
- elementos mecánicos de fijación. Se comprobará la certificación del tipo de material utilizado y del tratamiento de protección.

8.8.- Criterio general de no-aceptación del producto

El incumplimiento de alguna de las especificaciones de un producto, salvo demostración de que no suponga riesgo apreciable, tanto de las resistencias mecánicas como de la durabilidad, será condición suficiente para la no-aceptación del producto y en su caso de la partida.

9.- PROTECCIÓN FRENTE A LA HUMEDAD

9.1.- Características exigibles a los productos

El comportamiento de los edificios frente al agua se caracteriza mediante las propiedades hídricas de los productos de construcción que componen sus cerramientos.

Los parámetros y propiedades de estos elementos se definen en el apartado 4.1.1 de CTE DB HS1

9.1.1.- Componentes de la hoja principal de fachadas

Cuando la hoja principal sea de bloque de hormigón, salvo de bloque de hormigón curado en autoclave, el valor de absorción de los bloques medido según el ensayo de UNE 41 170:1989 debe ser como máximo $0,32 \text{ g/cm}^3$.

Cuando la hoja principal sea de bloque de hormigón visto, el valor medio del coeficiente de succión de los bloques medido según el ensayo de UNE EN-772 11:2011 y para un tiempo de 10 minutos debe ser como máximo $3 \text{ [g/(m}^2\cdot\text{s)]}$ y el valor individual del coeficiente debe ser como máximo $4,2 \text{ [g/(m}^2\cdot\text{s)]}$.

Cuando la hoja principal sea de ladrillo o de bloque sin revestimiento exterior, los ladrillos y los bloques deben ser caravista.

9.1.2.- Aislante térmico

Cuando el aislante térmico se disponga por el exterior de la hoja principal, debe ser no hidrófilo.

9.2.- Control de recepción en obra de productos

En el pliego de condiciones del proyecto deben indicarse las condiciones de control para la recepción de los productos, incluyendo los ensayos necesarios para comprobar que los mismos reúnen las características exigidas en los apartados anteriores.

Debe comprobarse que los productos recibidos:

- a) corresponden a los especificados en el pliego de condiciones del proyecto;
- b) disponen de la documentación exigida;
- c) están caracterizados por las propiedades exigidas;

- d) han sido ensayados, cuando así se establezca en el pliego de condiciones o lo determine el director de la ejecución de la obra con el visto bueno del director de obra, con la frecuencia establecida.

En el control deben seguirse los criterios indicados en el artículo 7.2 de la parte I del CTE.

9.3.- Ejecución

Las obras de construcción del edificio se ejecutarán con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable, a las normas de la buena práctica constructiva y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7 de la parte I del CTE. En el pliego de condiciones se indicarán las condiciones de ejecución de los cerramientos.

9.3.1.- Ejecución de muros

Los pasatubos deben ser estancos y suficientemente flexibles para absorber los movimientos previstos.

Las láminas impermeabilizantes deben aplicarse en unas condiciones ambientales que se encuentren dentro de los márgenes prescritos en las correspondientes especificaciones de aplicación.

Las láminas impermeabilizantes deben aplicarse cuando el muro esté suficientemente seco de acuerdo con las correspondientes especificaciones de aplicación.

Las láminas impermeabilizantes deben aplicarse de tal forma que no entren en contacto materiales incompatibles químicamente.

En las uniones de las láminas deben respetarse los solapos mínimos prescritos en las correspondientes especificaciones de aplicación.

El paramento donde se va aplicar la lámina no debe tener rebabas de mortero en las fábricas de ladrillo o bloques ni ningún resalto de material que pueda suponer riesgo de punzonamiento.

Cuando se utilice una lámina impermeabilizante adherida deben aplicarse imprimaciones previas y cuando se utilice una lámina impermeabilizante no adherida deben sellarse los solapos.

Cuando la impermeabilización se haga por el interior, deben colocarse bandas de refuerzo en los cambios de dirección.

El paramento donde se va aplicar el revestimiento hidrófugo de mortero debe estar limpio. Deben aplicarse al menos cuatro capas de revestimiento de espesor uniforme y el espesor total no debe ser mayor que 2 cm.

No debe aplicarse el revestimiento hidrófugo de mortero cuando la temperatura ambiente sea menor que 0 °C ni cuando se prevea un descenso de la misma por debajo de dicho valor en las 24 horas posteriores a su aplicación.

En los encuentros deben solaparse las capas del revestimiento hidrófugo de mortero al menos 25 cm.

9.3.2.- Condiciones de los productos líquidos de impermeabilización

9.3.2.1.- Revestimientos sintéticos de resinas

Las fisuras grandes deben caerse mediante rozas de 2 cm de profundidad y deben rellenarse éstas con mortero pobre.

Las coqueras y las grietas deben rellenarse con masillas especiales compatibles con la resina.

Antes de la aplicación de la imprimación debe limpiarse el paramento del muro.

No debe aplicarse el revestimiento cuando la temperatura sea menor que 5 °C o mayor que 35 °C. Salvo que en las especificaciones de aplicación se fijen otros límites.

El espesor de la capa de resina debe estar comprendido entre 300 y 500 µm de tal forma que cubran una banda a partir del encuentro de 10 cm de anchura como mínimo.

Cuando existan fisuras de espesor comprendido entre 100 y 250 µm debe aplicarse una imprimación en torno a la fisura. Luego debe aplicarse una capa de resina a lo largo de toda la fisura, en un ancho mayor que 12 cm y de un espesor que no sea mayor que 50 µm. Finalmente deben aplicarse tres manos consecutivas, en intervalos de seis horas como mínimo, hasta alcanzar un espesor total que no sea mayor que 1 mm.

Cuando el revestimiento esté elaborado a partir de poliuretano y esté total o parcialmente expuesto a la intemperie debe cubrirse con una capa adecuada para protegerlo de las radiaciones ultravioleta.

9.3.2.2.- Polímeros Acrílicos

El soporte debe estar seco, sin restos de grasa y limpio.

El revestimiento debe aplicarse en capas sucesivas cada 12 horas aproximadamente. El espesor no debe ser mayor que 100 µm.

9.3.2.3.- Caucho acrílico y resinas acrílicas

El soporte debe estar seco y exento de polvo, suciedad y lechadas superficiales.

9.3.3.- Condiciones del sellado de juntas

9.3.3.1.- Masillas a base de poliuretano

En juntas mayores de 5 mm debe colocarse un relleno de un material no adherente a la masilla para limitar la profundidad. La junta debe tener como mínimo una profundidad de 8 mm. La anchura máxima de la junta no debe ser mayor que 25 mm.

9.3.3.2.- Masillas a base de siliconas

En juntas mayores de 5 mm debe colocarse un relleno de un material no adherente a la masilla para obtener la sección adecuada.

9.3.3.3.- Masillas a base de resinas acrílicas

Si el soporte es poroso y está excesivamente seco deben humedecerse ligeramente los bordes de la junta. En juntas mayores de 5 mm debe colocarse un relleno de un material no adherente a la masilla para obtener la sección adecuada.

La junta debe tener como mínimo una profundidad de 10 mm. La anchura máxima de la junta no debe ser mayor que 25 mm.

9.3.3.4.- Masillas asfálticas

Deben aplicarse directamente en frío sobre las juntas.

9.3.4.- Condiciones de los sistemas de drenaje

El tubo drenante debe rodearse de una capa de árido y ésta, a su vez, envolverse totalmente con una lámina filtrante. Si el árido es de aluvión el espesor mínimo del recubrimiento de la capa de árido que envuelve el tubo drenante debe ser, en cualquier punto, como mínimo 1,5 veces el diámetro del dren. Si el árido es de machaqueo el espesor mínimo del recubrimiento de la capa de árido que envuelve el tubo drenante debe ser, en cualquier punto, como mínimo 3 veces el diámetro del dren.

9.4.- Suelos

Los pasatubos deben ser flexibles para absorber los movimientos previstos y estancos.

Las láminas impermeabilizantes deben aplicarse en unas condiciones térmicas ambientales que se encuentren dentro de los márgenes prescritos en las correspondientes especificaciones de aplicación. Deben aplicarse cuando el suelo esté suficientemente seco de acuerdo con las correspondientes especificaciones de aplicación. Las láminas impermeabilizantes deben aplicarse de tal forma que no entren en contacto materiales incompatibles químicamente. Deben respetarse en las uniones de las láminas los solapos mínimos prescritos en las correspondientes especificaciones de aplicación. La superficie donde va a aplicarse la impermeabilización no debe presentar algún tipo de resaltes de materiales que puedan suponer un riesgo de punzonamiento.

Al colocar láminas impermeabilizantes deben aplicarse imprimaciones sobre los hormigones de regulación o limpieza y las cimentaciones en el caso de aplicar láminas adheridas y en el perímetro de fijación en el caso de aplicar láminas no adheridas.

En la aplicación de las láminas impermeabilizantes deben colocarse bandas de refuerzo en los cambios de dirección.

Deben sellarse todas las tapas de arquetas al propio marco mediante bandas de caucho o similares que permitan el registro.

El terreno inferior de las soleras y placas drenadas debe compactarse y tener como mínimo una pendiente del 1%. Cuando deba colocarse una lámina impermeabilizante sobre el hormigón de limpieza del suelo o de la cimentación, la superficie de dicho hormigón debe allanarse.

9.5.- Fachadas

Cuando la hoja principal sea de ladrillo, deben sumergirse en agua brevemente antes de su colocación, excepto los ladrillos hidrofugados y aquellos cuya succión sea inferior a $1 \text{ kg}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ según el ensayo descrito en UNE EN 772 11:2011. Cuando se utilicen juntas con resistencia a la filtración alta o media, el material constituyente de la hoja debe humedecerse antes de colocarse.

En la hoja principal deben dejarse enjarjes en todas las hiladas de los encuentros y las esquinas para trabar la fábrica. Cuando no esté interrumpida por los pilares, el anclaje de dicha hoja a los pilares debe realizarse de tal forma que no se produzcan agrietamientos en la misma. Cuando se ejecute la hoja principal debe evitarse la adherencia de ésta con los pilares.

Cuando la hoja principal no esté interrumpida por los forjados el anclaje de dicha hoja a los forjados debe realizarse de tal forma que no se produzcan agrietamientos en la misma. Cuando se ejecute la hoja principal debe evitarse la adherencia de ésta con los forjados.

El revestimiento intermedio debe disponerse adherido al elemento que sirve de soporte y aplicarse de manera uniforme sobre éste.

El aislante térmico debe colocarse de forma continua y estable. Cuando el aislante térmico sea a base de paneles o mantas y no rellene la totalidad del espacio entre las dos hojas de la fachada, el aislante térmico debe disponerse en contacto con la hoja interior y deben utilizarse elementos separadores entre la hoja exterior y el aislante.

En cámaras de aire ventiladas, durante la construcción de la fachada, debe evitarse que caigan cascotes, rebabas de mortero y suciedad en la cámara de aire y en las llagas que se utilicen para su ventilación.

El revestimiento exterior debe disponerse adherido o fijado al elemento que sirve de soporte.

Las juntas de dilatación deben ejecutarse aplomadas y deben dejarse limpias para la aplicación del relleno y del sellado.

9.6.- Cubiertas

Cuando la formación de pendientes sea el elemento que sirve de soporte de la impermeabilización, su superficie debe ser uniforme y limpia.

La barrera contra el vapor debe extenderse bajo el fondo y los laterales de la capa de aislante térmico. Debe aplicarse en unas condiciones térmicas ambientales que se encuentren dentro de los márgenes prescritos en las correspondientes especificaciones de aplicación.

El aislante térmico debe colocarse de forma continua y estable.

Las láminas de impermeabilización deben aplicarse en unas condiciones térmicas ambientales que se encuentren dentro de los márgenes prescritos en las correspondientes especificaciones de aplicación. Cuando se interrumpan los trabajos deben protegerse adecuadamente los materiales. La impermeabilización debe colocarse en dirección perpendicular a la línea de máxima pendiente. Las distintas capas de la impermeabilización deben colocarse en la misma dirección y a cubrejuntas. Los solapos deben quedar a favor de la corriente de agua y no deben quedar alineados con los de las hileras contiguas.

En las cámaras de aire ventiladas, durante la construcción de la cubierta, debe evitarse que caigan cascotes, rebabas de mortero y suciedad en la cámara de aire.

9.7.- Control de la ejecución

El control de la ejecución de las obras se realizará de acuerdo con las especificaciones del proyecto, sus anejos y modificaciones autorizados por el director de obra y las instrucciones del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7.3 de la parte I del CTE y demás normativa vigente de aplicación.

Se comprobará que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con los controles y con la frecuencia de los mismos establecida en el pliego de condiciones del proyecto.

Cualquier modificación que pueda introducirse durante la ejecución de la obra quedará en la documentación de la obra ejecutada sin que en ningún caso dejen de cumplirse las condiciones mínimas señaladas en la normativa de aplicación.

10.- INSTALACIONES DE CLIMATIZACIÓN Y AGUA CALIENTE SANITARIA

En este apartado se tiene en cuenta lo establecido por el RITE (Real Decreto 1027/2007) cuyo ámbito de aplicación son las instalaciones fijas de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) y de producción de agua caliente sanitaria, destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene de las personas.

10.1.- Generalidades

La ejecución de las instalaciones sujetas al RITE se realizará por empresas instaladoras habilitadas. La ejecución de las instalaciones térmicas que requiera la realización de un proyecto, de acuerdo con el artículo 15 del RITE, debe efectuarse bajo la dirección de un técnico titulado competente, en funciones de director de la instalación.

10.2.- Recepción en obra de equipos y materiales.

El control de recepción tiene por objeto comprobar que las características técnicas de los equipos y materiales suministrados satisfacen lo exigido en el proyecto o memoria técnica mediante:

- control de la documentación de los suministros;
- control mediante distintivos de calidad;
- control mediante ensayos y pruebas.

Se aceptarán las marcas, sellos, certificaciones de conformidad u otros distintivos de calidad voluntarios, legalmente concedidos en cualquier Estado miembro de la Unión Europea, en un Estado integrante de la Asociación Europea de Libre Comercio que sea parte contratante del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, o en Turquía, siempre que se reconozca por la Administración pública competente que se garantizan un nivel de seguridad de las personas, los bienes o el medio ambiente, equivalente a las normas aplicables en España.

El instalador habilitado o el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, deben comprobar que los equipos y materiales recibidos:

- corresponden a los especificados en el pliego de condiciones del proyecto o en la memoria técnica;

- disponen de la documentación exigida;
- cumplen con las propiedades exigidas en el proyecto o memoria técnica;
- han sido sometidos a los ensayos y pruebas exigidos por la normativa en vigor o cuando así se establezca en el pliego de condiciones.

El instalador habilitado o el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, verificarán la documentación proporcionada por los suministradores de los equipos y materiales que entregarán los documentos de identificación exigidos por las disposiciones de obligado cumplimiento y por el proyecto o memoria técnica. En cualquier caso, esta documentación comprenderá al menos los siguientes documentos:

- a) Documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado;
- b) copia del certificado de garantía del fabricante, de acuerdo con Real Decreto Legislativo 1/2007, de 16 de noviembre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley General para la Defensa de los Consumidores y Usuarios y otras leyes complementarias
- c) documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al mercado CE, etiquetado energético cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposición de las directivas europeas que afecten a los productos suministrados.

El instalador habilitado y el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, verificarán que la documentación proporcionada por los suministradores sobre los distintivos de calidad que ostenten los equipos o materiales suministrados, que aseguren las características técnicas exigidas en el proyecto o memoria técnica sea correcta y suficiente para la aceptación de los equipos y materiales amparados por ella.

Para verificar el cumplimiento de las exigencias técnicas del RITE, puede ser necesario, en determinados casos y para aquellos materiales o equipos que no estén obligados al mercado CE correspondiente, realizar ensayos y pruebas sobre algunos productos, según lo establecido en la reglamentación vigente, o bien según lo especificado en el proyecto o memoria técnica u ordenado por el instalador habilitado o el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva.

10.3 Control de la ejecución de la instalación.

El control de la ejecución de las instalaciones se realizará de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto o memoria técnica, y las modificaciones autorizadas por el instalador habilitado o el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva.

Se comprobará que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con los controles establecidos en el pliego de condiciones técnicas.

Cualquier modificación o replanteo a la instalación que pudiera introducirse durante la ejecución de su obra, debe ser reflejada en la documentación de la obra.

11.- PROTECCIÓN FRENTE A LA EXPOSICIÓN AL RADÓN

11.1.- Barrera tipo lámina

La barrera se colocará sobre una superficie limpia y uniforme, de tal forma que no se produzcan fisuras que permitan la entrada del gas radón.

Cuando la lámina se vaya a colocar sobre el terreno o sobre una capa de material granular, será necesario garantizar la uniformidad y limpieza de la superficie de asiento, asegurando la ausencia de elementos que puedan dañar la barrera. Para ello se deberá disponer una capa de hormigón de limpieza o mortero de cal hidráulico.

Si la barrera no tiene características de antipunzonamiento se colocarán capas de protección antipunzonamiento.

La barrera se reforzará en las esquinas, los rincones, los puntos en los que atraviesa los muros, en el paso de conducciones y en otros puntos débiles en los que se pueda prever una reducción de sus propiedades, salvo que en las especificaciones de la barrera se establezcan condiciones particulares.

Los encuentros con otros elementos, los puntos de paso de conducciones, los solapes y las uniones entre distintas partes de la barrera se sellarán convenientemente según las especificaciones de la barrera para evitar las discontinuidades entre los diferentes tramos. El sellado debe realizarse con productos que garanticen la estanquidad al gas radón, como pinturas aislantes, recubrimientos de capas plásticas, masillas flexibles, perfiles de goma u otra solución que produzca el mismo efecto.

La barrera horizontal deberá prolongarse por los paramentos verticales (muros, fachadas) hasta 20 cm por encima de la cota exterior del terreno.

Los pozos de registro, arquetas de acometida, huecos o patinillos en contacto con el terreno y todos aquellos elementos que supongan una discontinuidad de la barrera, serán en la medida de lo posible estancos a los gases y se realizarán:

- a) con hormigón armado impermeable al agua;
- b) con una capa de material impermeable al agua; o
- c) disponiendo de una barrera frente al radón.

11.2.- Cámaras de aire ventiladas

En el caso de cámara de aire horizontal la superficie del terreno bajo la cámara es conveniente que disponga de una capa de hormigón de limpieza.

Como cámara de aire vertical ventilada podría considerarse una cámara bufa exterior o un patio inglés continuos, aunque no estén totalmente abiertos por la parte superior.

11.3.- Sistemas de despresurización

Los elementos de captación, tanto arquetas como tubos perforados, deben situarse centrados en el espesor de la capa de relleno especificada en el apartado 3.3 del CTE DB HS6, para que se utilice toda su superficie en la extracción del aire.

Cuando se vierta directamente el hormigón de la solera sobre la capa de relleno, ésta se protegerá, por ejemplo, mediante una capa de geotextil, para evitar que sus huecos se saturen, así como que se inutilicen las arquetas o los tubos perforados.

11.4.- Control de la ejecución

El control de la ejecución de las obras debe realizarse de acuerdo con las especificaciones del proyecto, sus anejos y modificaciones autorizados por el director de obra y las instrucciones del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7.3 de la Parte I del CTE y demás normativa vigente de aplicación.

Debe comprobarse que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con los controles y con la frecuencia de los mismos establecida en el pliego de condiciones del proyecto.

Cualquier modificación que pueda introducirse durante la ejecución de la obra debe quedar en la documentación de la obra ejecutada sin que en ningún caso dejen de cumplirse las condiciones mínimas exigidas por el CTE DB HS6

12.- PROTECCIÓN FRENTE AL RUIDO

12.1.- Control de recepción en obra de productos

Deberá comprobarse que los productos recibidos:

- a) corresponden a los especificados en el pliego de condiciones del proyecto;
- b) disponen de la documentación exigida;
- c) están caracterizados por las propiedades exigidas;
- d) han sido ensayados, cuando así se establezca en el pliego de condiciones o lo determine el director de la ejecución de la obra, con la frecuencia establecida.

12.2.- Elementos de separación verticales y tabiquería

Los enchufes, interruptores y cajas de registro de instalaciones contenidas en los elementos de separación verticales no serán pasantes. Cuando se dispongan por las dos caras de un elemento de separación vertical, no serán coincidentes, excepto cuando se interponga entre ambos una hoja de fábrica o una placa de yeso laminado.

Las juntas entre el elemento de separación vertical y las cajas para mecanismos eléctricos deben ser estancas, para ello se sellarán o se emplearán cajas especiales para mecanismos en el caso de los elementos de separación verticales de entramado autoportante.

En los elementos de fábrica o paneles prefabricados pesados y trasdosados de fábrica:

1. Deben rellenarse las llagas y los tendeles con mortero ajustándose a las especificaciones del fabricante de las piezas.
2. Deben retacarse con mortero las rozas hechas para paso de instalaciones de tal manera que no se disminuya el aislamiento acústico inicialmente previsto.
3. En el caso de elementos de separación verticales formados por dos hojas de fábrica separadas por una cámara, deben evitarse las conexiones rígidas entre las hojas que puedan producirse durante la ejecución del elemento, debidas, por ejemplo, a rebabas de mortero o restos de material acumulados en la cámara. El material absorbente acústico o amortiguador de vibraciones situado en la cámara debe cubrir toda su superficie. Si éste no

rellena todo el ancho de la cámara, debe fijarse a una de las hojas, para evitar el desplazamiento del mismo dentro de la cámara.

4. Cuando se empleen bandas elásticas, éstas deben quedar adheridas al forjado y al resto de particiones y fachadas, para ello deben usarse los morteros y pastas adecuadas para cada tipo de material.
5. En el caso de elementos de separación verticales con bandas elásticas (tipo 2) cuyo acabado superficial sea un enlucido, deben evitarse los contactos entre el enlucido de la hoja que lleva bandas elásticas en su perímetro y el enlucido del techo en su encuentro con el forjado superior, para ello, se prolongará la banda elástica o se ejecutará un corte entre ambos enlucidos. Para rematar la junta, podrán utilizarse cintas de celulosa microperforada.
6. De la misma manera, deben evitarse:
 - a) los contactos entre el enlucido del tabique o de la hoja interior de fábrica de la fachada que lleven bandas elásticas en su encuentro con un elemento de separación vertical de una hoja de fábrica (Tipo 1 según el CTE DB HR) y el enlucido de ésta;
 - b) los contactos entre el enlucido de la hoja que lleva bandas elásticas en su perímetro y el enlucido de la hoja principal de las fachadas de una sola hoja, ventiladas o con el aislamiento por el exterior.

Los elementos de separación verticales de entramado autoportante y los trasdosados de entramado autoportante y adheridos deben:

1. Montarse en obra según las especificaciones de la UNE 102043. En ambos casos deben utilizarse los materiales de anclaje, tratamiento de juntas y bandas de estanquidad establecidos por el fabricante de los sistemas.
2. Las juntas entre las placas de yeso laminado y de las placas con otros elementos constructivos deben tratarse con pastas y cintas para garantizar la estanquidad de la solución.
3. En el caso de elementos formados por varias capas superpuestas de placas de yeso laminado, deben contrapearse las placas, de tal forma que no coincidan las juntas entre placas ancladas a un mismo lado de la perfilera autoportante.
4. El material absorbente acústico o amortiguador de vibraciones puesto en la cámara debe rellenarla en toda su superficie, con un espesor de material adecuado al ancho de la perfilera utilizada.
5. En el caso de trasdosados autoportantes aplicados a un elemento base de fábrica, se cepillará la fábrica para eliminar rebabas y se dejarán al menos 10 mm de separación entre la fábrica y los canales de la perfilera.

12.3.- Elementos de separación horizontales

En los suelos flotantes:

1. Previamente a la colocación del material aislante a ruido de impactos, el forjado debe estar limpio de restos que puedan deteriorar el material aislante a ruido de impactos.
2. El material aislante a ruido de impactos cubrirá toda la superficie del forjado y no debe interrumpirse su continuidad, para ello se solaparán o sellarán las capas de material aislante, conforme a lo establecido por el fabricante del aislante a ruido de impactos.
3. En el caso de que el suelo flotante estuviera formado por una capa de mortero sobre un material aislante a ruido de impactos y este no fuera impermeable, debe protegerse con una barrera impermeable previamente al vertido del hormigón.

4. Los encuentros entre el suelo flotante y los elementos de separación verticales, tabiques y pilares deben realizarse de tal manera que se eliminen contactos rígidos entre el suelo flotante y los elementos constructivos perimétricos.

En los techos suspendidos y suelos registrables:

1. Cuando discurran conductos de instalaciones por el techo suspendido o por el suelo registrable, debe evitarse que dichos conductos conecten rígidamente el forjado y las capas que forman el techo o el suelo.
2. En el caso de que en el techo hubiera luminarias empotradas, éstas no deben formar una conexión rígida entre las placas del techo y el forjado y su ejecución no debe disminuir el aislamiento acústico inicialmente previsto.
3. En el caso de techos suspendidos dispusieran de un material absorbente en la cámara, éste debe rellenar de forma continua toda la superficie de la cámara y reposar en el dorso de las placas y zonas superiores de la estructura portante.
4. Deben sellarse todas las juntas perimétricas o cerrarse el plenum del techo suspendido o el suelo registrable, especialmente los encuentros con elementos de separación verticales entre unidades de uso diferentes.

12.4.- Fachadas y cubiertas

La fijación de los cercos de las carpinterías que forman los huecos (puertas y ventanas) y lucernarios, así como la fijación de las cajas de persiana, debe realizarse de tal manera que quede garantizada la estanquidad a la permeabilidad del aire.

12.5.- Instalaciones

Deben utilizarse elementos elásticos y sistemas antivibratorios en las sujeciones o puntos de contacto entre las instalaciones que produzcan vibraciones y los elementos constructivos.

12.6.- Acabados superficiales

Los acabados superficiales, especialmente pinturas, aplicados sobre los elementos constructivos diseñados para acondicionamiento acústico, no deben modificar las propiedades absorbentes acústicas de éstos.

12.7.- Control de la ejecución

El control de la ejecución de las obras se realizará de acuerdo con las especificaciones del proyecto, sus anexos y las modificaciones autorizadas por el director de obra y las instrucciones del director de la ejecución de la obra, conforme a lo indicado en el artículo 7.3 de la Parte I del CTE y demás normativa vigente de aplicación.

Se comprobará que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con los controles establecidos en el pliego de condiciones del proyecto y con la frecuencia indicada en el mismo.

Se incluirá en la documentación de la obra ejecutada cualquier modificación que pueda introducirse durante la ejecución, sin que en ningún caso dejen de cumplirse las condiciones mínimas señaladas en el CTE DB HR.

13.- PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

13.1.- Requisitos de los productos de protección contra incendios.

Los equipos, sistemas y componentes que conforman las instalaciones de protección activa contra incendios deberán cumplir las condiciones y los requisitos que se establecen en las normas de la Unión Europea, en la Ley 21/1992, de Industria y sus normas de desarrollo, así como con el Real Decreto 513/2017 por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.

Los productos (equipos, sistemas o sus componentes) de protección contra incendios, incluidos en el ámbito de aplicación del Reglamento (UE) n.º 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011, de productos de la construcción, u otras directivas europeas que les sean de aplicación, llevarán el marcado CE siempre que dispongan de una especificación técnica armonizada, ya sea norma armonizada o documento de evaluación europeo.

Los productos (equipos, sistemas o sus componentes) de protección contra incendios no incluidos en el ámbito de aplicación del Reglamento (UE) n.º 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de marzo de 2011, u otras directivas europeas de aplicación, o que, estando incluidos en dicho ámbito de aplicación, no dispongan de especificación técnica armonizada, deberán justificar el cumplimiento de las exigencias establecidas en el Real Decreto 513/2017.

Esta justificación se realizará mediante la correspondiente marca de conformidad a norma, concedida por un organismo de certificación acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), que cumpla las exigencias establecidas en el Real Decreto 2200/1995, de 28 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de la Infraestructura para la Calidad y la Seguridad Industrial.

Los productos (equipos, sistemas o componentes) de protección contra incendios no tradicionales o innovadores para los que no existe norma y exista riesgo, deberán justificar el cumplimiento de las exigencias establecidas en el Reglamento mediante una evaluación técnica favorable de la idoneidad para su uso previsto, realizada por los organismos habilitados para ello por las Administraciones públicas competentes.

No será necesaria la marca de conformidad a norma o el certificado de evaluación técnica favorable de la idoneidad de equipos y sistemas de protección contra incendios cuando éstos se diseñen y fabriquen como modelo único para una instalación determinada.

No obstante, habrá de presentarse ante los servicios competentes en materia de industria de la Comunidad Autónoma del lugar de instalación, antes de la puesta en funcionamiento del equipo o el sistema, un proyecto firmado por técnico titulado competente, en el que se especifiquen sus características técnicas de diseño, de funcionamiento, de instalación y de mantenimiento, y se acredite el cumplimiento de todas las prescripciones de seguridad exigidas por el Reglamento, en su caso mediante la realización de los ensayos y pruebas que correspondan. Los servicios competentes en materia de industria antes citados dictarán, en su caso, resolución en la que se considere acreditado el cumplimiento de los requisitos correspondientes.

13.2.- Instalación

La instalación de los equipos y sistemas de protección contra incendios requerirá la presentación de un proyecto o documentación técnica, elaborado por un técnico competente, ante los

servicios competentes en materia de industria de la Comunidad Autónoma, de acuerdo con lo establecido en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios. Debiendo indicar los equipos y sistemas o sus componentes que ostenten el marcado CE, los sujetos a marca de conformidad a normas o los que dispongan de una evaluación técnica de la idoneidad para su uso previsto.

14.- CONTROL DE LA OBRA TERMINADA

Una vez finalizada la estructura, en su conjunto o alguna de sus fases, la dirección facultativa velará para que se realicen las comprobaciones y pruebas de carga exigidas en su caso por la reglamentación vigente que le fuera aplicable, además de las que pueda establecer voluntariamente el proyecto o decidir la propia dirección facultativa; determinando la validez, en su caso, de los resultados obtenidos.

14.1.- Documentación generada para la comprobación de la conformidad.

La conformidad de la estructura requiere de la consecución de una trazabilidad adecuada entre los productos que se colocan en la obra con carácter permanente citados en el Código Estructural, y cualquier otro producto que se haya empleado para su elaboración, de acuerdo con los niveles siguientes:

Nivel de trazabilidad	Nivel de control de ejecución de estructuras de hormigón	Clase de ejecución de estructuras de acero
Nivel A	Intenso	Clase 3 o 4
Nivel B	Normal	Clase 2

Todas las actividades relacionadas con el control establecido en este anejo deberán quedar documentadas en los correspondientes registros, físicos o electrónicos, que permitan disponer de las evidencias documentales de todas las comprobaciones, actas de ensayo y partes de inspección que se hayan llevado a cabo, han de ser incluidas, una vez finalizada la obra, en la documentación final de la misma.

14.2.- Control de aspectos medioambientales

La dirección facultativa velará para que se observen las condiciones específicas de carácter medioambiental que, en su caso, haya definido el proyecto para la ejecución de la estructura.

En el caso de que la propiedad hubiera establecido exigencias relativas a la contribución de la estructura a la sostenibilidad, de conformidad con el Capítulo 2 del Código Estructural, la dirección facultativa deberá comprobar durante la fase de ejecución que, con los medios y procedimientos reales empleados en la misma, se satisfacen las condiciones indicadas en el proyecto.

14.3.- Pruebas de carga.

En general, las pruebas de carga pueden agruparse de acuerdo con su finalidad en:

a) Pruebas de carga reglamentarias.

Son todas aquellas fijadas por el pliego de prescripciones técnicas particulares o instrucciones o reglamentos, y que tratan de realizar un ensayo que constata el comportamiento de la

estructura ante situaciones representativas de sus acciones de servicio. Estas pruebas tienen por objeto comprobar la adecuada concepción y la buena ejecución de las obras frente a las cargas normales de explotación, comprobando si la obra se comporta según los supuestos de proyecto, garantizando con ello su funcionalidad.

Estas pruebas no deben realizarse antes de que el hormigón haya alcanzado la resistencia de proyecto. Pueden contemplar diversos sistemas de carga, tanto estáticos como dinámicos.

Las pruebas dinámicas son preceptivas en puentes de ferrocarril y en puentes de carretera y estructuras en las que se prevea un considerable efecto de vibración. El proyecto y realización de este tipo de ensayos deberá estar encomendado a equipos técnicos con experiencia en este tipo de pruebas.

La evaluación de las pruebas de carga reglamentarias requiere la previa preparación de un proyecto de prueba de carga, que debe contemplar la diferencia de actuación de acciones (dinámica o estática) en cada caso. De forma general, y salvo justificación especial, se considerará el resultado satisfactorio cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- En el transcurso del ensayo no se producen fisuras que no se correspondan con lo previsto en el proyecto y que puedan comprometer la durabilidad y seguridad de la estructura.
- Las flechas medidas no exceden los valores establecidos en proyecto como máximos compatibles con la correcta utilización de la estructura.
- Las medidas experimentales determinadas en las pruebas (giros, flechas, frecuencias de vibración) no superan las máximas calculadas en el proyecto de prueba de carga en más de un 15 % en caso de hormigón armado y en 10 % en caso de hormigón pretensado.
- La flecha residual después de retirada la carga, habida cuenta del tiempo en que esta última se ha mantenido, es lo suficientemente pequeña como para estimar que la estructura presenta un comportamiento esencialmente elástico. Esta condición deberá satisfacerse tras un primer ciclo carga-descarga, y en caso de no cumplirse, se admite que se cumplan los criterios tras un segundo ciclo.

b) Pruebas de carga como información complementaria.

En ocasiones es conveniente realizar pruebas de carga como ensayos para obtener información complementaria, en el caso de haberse producido cambios o problemas durante la construcción. Salvo que lo que se cuestione sea la seguridad de la estructura, en este tipo de ensayos no deben sobrepasarse las acciones de servicio, siguiendo unos criterios en cuanto a la realización, análisis e interpretación semejantes a los descritos en el caso anterior.

c) Pruebas de carga para evaluar la capacidad resistente.

En algunos casos las pruebas de carga pueden utilizarse como medio para evaluar la seguridad de estructuras. En estos casos la carga a materializar deberá ser una fracción de la carga de cálculo superior a la carga de servicio. Estas pruebas requieren siempre la redacción de un plan de ensayos que evalúe la viabilidad de la prueba, la realización de la misma por una organización con experiencia en este tipo de trabajos, y ser dirigida por un técnico competente.

El plan de prueba recogerá, entre otros, los siguientes aspectos:

- Viabilidad y finalidad de la prueba.
- Magnitudes que deben medirse y localización de los puntos de medida.

- Procedimientos de medida.
- Escalones de carga y descarga.
- Medidas de seguridad.

Este último punto es muy importante, dado que por su propia naturaleza en este tipo de pruebas se puede producir algún fallo o rotura parcial o total del elemento ensayado.

Estos ensayos tienen su aplicación fundamental en elementos sometidos a flexión. Para su realización deberán seguirse los siguientes criterios:

- Los elementos estructurales que sean objeto de ensayo deberán tener al menos 56 días de edad, o haberse comprobado que la resistencia real del hormigón de la estructura ha alcanzado los valores nominales previstos en proyecto.
- Siempre que sea posible, y si el elemento a probar va a estar sometido a cargas permanentes aún no materializadas, 48 horas antes del ensayo deberían disponerse las correspondientes cargas sustitutorias que gravitarán durante toda la prueba sobre el elemento ensayado.
- Las lecturas iniciales deberán efectuarse inmediatamente antes de disponer la carga de ensayo.
- La zona de estructura objeto de ensayo deberá someterse a una carga total, incluyendo las cargas permanentes que ya actúen, equivalente a $0,85 \cdot (1,35 \cdot G + 1,5 \cdot \gamma_{sc})$, siendo G la carga permanente que se ha determinado actúa sobre la estructura, Q las sobrecargas previstas y $\gamma_{sc}=1,35$, salvo que la reglamentación específica vigente indique otro valor.

Las cargas de ensayo se dispondrán en al menos cuatro etapas aproximadamente iguales, evitando impactos sobre la estructura y la formación de arcos de descarga en los materiales empleados para materializar la carga.

- 24 horas después de que se haya colocado la carga total de ensayo, se realizarán las lecturas en los puntos de medida previstos. Inmediatamente después de registrar dichas lecturas se iniciará la descarga, registrándose las lecturas existentes hasta 24 horas después de haber retirado la totalidad de las cargas.
- Se realizará un registro continuo de las condiciones de temperatura y humedad existentes durante el ensayo con objeto de realizar las oportunas correcciones si fuera pertinente.
- Durante las pruebas de carga deberán adoptarse las medidas de seguridad adecuadas para evitar un posible accidente en el transcurso de la prueba. Las medidas de seguridad no interferirán la prueba de carga ni afectarán a los resultados.

El resultado del ensayo podrá considerarse satisfactorio cuando se cumplan las condiciones siguientes:

- Ninguno de los elementos de la zona de estructura ensayada presenta fisuras no previstas y que comprometan la durabilidad o seguridad de la estructura.
- La flecha máxima obtenida es inferior de $l^2/20.000 \cdot h$, siendo l la luz de cálculo y h el canto del elemento. En el caso de que el elemento ensayado sea un voladizo, l será dos veces la distancia entre el apoyo y el extremo.
- Si la flecha máxima supera $l^2/20.000 \cdot h$, la flecha residual una vez retirada la carga, y transcurridas 24 horas, deberá ser inferior al 25 % de la máxima en elementos de hormigón armado e inferior al 20 % de la máxima en elementos de hormigón pretensado. Esta condición deberá satisfacerse tras el primer ciclo de carga-descarga. Si esto no se cumple,

se permite realizar un segundo ciclo de carga-descarga después de transcurridas 72 horas de la finalización del primer ciclo. En tal caso, el resultado se considerará satisfactorio si la flecha residual obtenida es inferior al 20 % de la flecha máxima registrada en ese ciclo de carga, para todo tipo de estructuras.

14.4.- Controles de la estructura de hormigón mediante ensayos de información complementaria

14.4.1.- Generalidades

De las estructuras proyectadas y construidas con arreglo al Código Estructural, en las que los materiales y la ejecución hayan alcanzado la calidad prevista, comprobada mediante los controles preceptivos, sólo necesitan someterse a ensayos de información y en particular a pruebas de carga, las incluidas en los supuestos que se relacionan a continuación:

- a. Cuando así lo dispongan las instrucciones, reglamentos específicos de un tipo de estructura o el pliego de prescripciones técnicas particulares,
- b. Cuando debido al carácter particular de la estructura convenga comprobar que la misma reúne ciertas condiciones específicas. En este caso el pliego de prescripciones técnicas particulares establecerá los ensayos oportunos que deben realizar, indicando con toda precisión la forma de realizarlos y el modo de interpretar los resultados;
- c. Cuando a juicio de la dirección facultativa existan dudas razonables sobre la seguridad, funcionalidad o durabilidad de la estructura.

14.4.2.- Pruebas de carga en estructuras de hormigón

Además de las pruebas de carga que puedan ser preceptivas en aplicación de la reglamentación vigente que sea de aplicación, la dirección facultativa podrá disponer la realización de pruebas de carga adicionales, según lo indicado en el apartado 23.2 del Código Estructural, siempre que se hayan presentado no conformidades en las operaciones normales de control de la conformidad de la estructura y, en particular, cuando se hayan presentado no conformidades relativas a los productos o a los procesos de ejecución en obra que puedan ser relevantes para la seguridad de la estructura durante su vida de servicio.

14.4.3.- Otros ensayos no destructivos en estructuras de hormigón

Este tipo de ensayos se empleará para estimar en la estructura otras características del hormigón diferentes de su resistencia, o de las armaduras que pueden afectar a su seguridad o durabilidad.

14.5.- Instalaciones térmicas (climatización y agua caliente sanitaria)

En la instalación terminada, bien sobre la instalación en su conjunto o bien sobre sus diferentes partes, deben realizarse las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el proyecto o memoria técnica u ordenadas por el instalador habilitado o el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, las previstas en la Instrucción Técnica 2 del RITE y las exigidas por la normativa vigente.

Las pruebas de la instalación se efectuarán por la empresa instaladora, que dispondrá de los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales de la instalación, de acuerdo a los requisitos de la IT 2 del RITE.

Todas las pruebas se efectuarán en presencia del instalador habilitado o del director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, quien debe dar su conformidad tanto al procedimiento seguido como a los resultados obtenidos.

Los resultados de las distintas pruebas realizadas a cada uno de los equipos, aparatos o subsistemas pasarán a formar parte de la documentación final de la instalación.

Cuando para extender el certificado de la instalación sea necesario disponer de energía para realizar pruebas, se solicitará, a la empresa suministradora de energía un suministro provisional para pruebas por el instalador habilitado o por el director de la instalación a los que se refiere este reglamento, y bajo su responsabilidad.

Una vez finalizada la instalación, realizadas las pruebas de puesta en servicio de la instalación que se especifica en la Instrucción Técnica 2 del RITE, con resultado satisfactorio, el instalador habilitado y el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, suscribirán el certificado de la instalación.

14.5.1.- Pruebas de equipos

Se tomará nota de los datos de funcionamiento de los equipos y aparatos, que pasarán a formar parte de la documentación final de la instalación. Se registrarán los datos nominales de funcionamiento que figuren en el proyecto o memoria técnica y los datos reales de funcionamiento.

Los quemadores se ajustarán a las potencias de los generadores, verificando, al mismo tiempo los parámetros de la combustión; se medirán los rendimientos de los conjuntos caldera-quemador.

Se ajustarán las temperaturas de funcionamiento del agua de las plantas enfriadoras y se medirá la potencia absorbida en cada una de ellas.

14.5.2.- Pruebas de estanqueidad

Todas las redes de circulación de fluidos portadores deben ser probadas hidrostáticamente, a fin de asegurar su estanquidad, antes de quedar ocultas por obras de albañilería, material de relleno o por el material aislante. Son válidas las pruebas realizadas de acuerdo a la norma UNE-EN 14336, para tuberías metálicas o a UNE-CEN/TR 12108:2015 para tuberías plásticas. El procedimiento a seguir para las pruebas de estanquidad hidráulica, en función del tipo de tubería y con el fin de detectar fallos de continuidad en las tuberías de circulación de fluidos portadores, comprenderá las fases que se relacionan a continuación:

- a) Preparación: Antes de realizar la prueba de estanquidad y de efectuar el llenado definitivo, las redes de tuberías de agua deben ser limpiadas internamente para eliminar los residuos procedentes del montaje. Las pruebas de estanquidad requerirán el cierre de los terminales abiertos. Deberá comprobarse que los aparatos y accesorios que queden incluidos en la sección de la red que se pretende probar puedan soportar la presión a la que se les va a

someter. De no ser así, tales aparatos y accesorios deben quedar excluidos, cerrando válvulas o sustituyéndolos por tapones. Para ello, una vez completada la instalación, la limpieza podrá efectuarse llenándola y vaciándola el número de veces que sea necesario, con agua o con una solución acuosa de un producto detergente, con dispersantes compatibles con los materiales empleados en el circuito, cuya concentración será establecida por el fabricante. El uso de productos detergentes no está permitido para redes de tuberías destinadas a la distribución de agua para usos sanitarios. Tras el llenado, se pondrán en funcionamiento las bombas y se dejará circular el agua durante el tiempo que indique el fabricante del compuesto dispersante. Posteriormente, se vaciará totalmente la red y se enjuagará con agua procedente del dispositivo de alimentación. En el caso de redes cerradas, destinadas a la circulación de fluidos con temperatura de funcionamiento menor que 100 °C, se medirá el pH del agua del circuito. Si el pH resultara menor que 7,5 se repetirá la operación de limpieza y enjuague tantas veces como sea necesario. A continuación, se pondrá en funcionamiento la instalación con sus aparatos de tratamiento.

- b) Prueba preliminar de estanquidad: Esta prueba se efectuará a baja presión, para detectar fallos de continuidad de la red y evitar los daños que podría provocar la prueba de resistencia mecánica; se empleará el mismo fluido transportado o, generalmente, agua a la presión de llenado. La prueba preliminar tendrá la duración suficiente para verificar la estanquidad de todas las uniones.
- c) Prueba de resistencia mecánica: Esta prueba se efectuará a continuación de la prueba preliminar: una vez llenada la red con el fluido de prueba, se someterá a las uniones a un esfuerzo por la aplicación de la presión de prueba. En el caso de circuitos cerrados de agua refrigerada o de agua caliente hasta una temperatura máxima de servicio de 100 °C, la presión de prueba será equivalente a una vez y media la presión máxima efectiva de trabajo a la temperatura de servicio, con un mínimo de 6 bar; para circuitos de agua caliente sanitaria, la presión de prueba será equivalente a dos veces la presión máxima efectiva de trabajo a la temperatura de servicio, con un mínimo de 6 bar. Para los circuitos primarios de las instalaciones de energía solar, la presión de la prueba será de una vez y media la presión máxima de trabajo del circuito primario, con un mínimo de 3 bar, comprobándose el funcionamiento de las líneas de seguridad. Los equipos, aparatos y accesorios que no soporten dichas presiones quedarán excluidos de la prueba. La prueba hidráulica de resistencia mecánica tendrá la duración suficiente para verificar visualmente la resistencia estructural de los equipos y tuberías sometidos a la misma.
- d) Reparación de fugas: La reparación de las fugas detectadas se realizará desmontando la junta, accesorio o sección donde se haya originado la fuga y sustituyendo la parte defectuosa o averiada con material nuevo. Una vez reparadas las anomalías, se volverá a comenzar desde la prueba preliminar. El proceso se repetirá tantas veces como sea necesario, hasta que la red sea estanca.

14.5.3.- Pruebas de estanquidad de los circuitos frigoríficos

Los circuitos frigoríficos de las instalaciones realizadas en obra serán sometidos a las pruebas especificadas en la normativa vigente. No es necesario someter a una prueba de estanquidad la instalación de unidades por elementos, cuando se realice con líneas precargadas suministradas por el fabricante del equipo, que entregará el correspondiente certificado de pruebas.

14.5.4.- Pruebas de libre dilatación

Una vez que las pruebas anteriores de las redes de tuberías hayan resultado satisfactorias y se haya comprobado hidrostáticamente el ajuste de los elementos de seguridad, las instalaciones equipadas con generadores de calor se llevarán hasta la temperatura de tarado de los elementos de seguridad, habiendo anulado previamente la actuación de los aparatos de regulación automática. En el caso de instalaciones con captadores solares se llevará a la temperatura de estancamiento.

Durante el enfriamiento de la instalación y al finalizar el mismo, se comprobará visualmente que no hayan tenido lugar deformaciones apreciables en ningún elemento o tramo de tubería y que el sistema de expansión haya funcionado correctamente.

14.5.5.-Pruebas de recepción de redes de conductos de aire

La limpieza interior de las redes de conductos de aire se efectuará una vez se haya completado el montaje de la red y de la unidad de tratamiento de aire, pero antes de conectar las unidades terminales y de montar los elementos de acabado y los muebles.

En las redes de conductos se cumplirá con las condiciones que prescribe la norma UNE 100012.

Antes de que una red de conductos se haga inaccesible por la instalación de aislamiento térmico o el cierre de obras de albañilería y de falsos techos, se realizarán pruebas de resistencia mecánica y de estanquidad para establecer si se ajustan al servicio requerido, de acuerdo con lo establecido en el proyecto o memoria técnica.

Para la realización de las pruebas las aperturas de los conductos, donde irán conectados los elementos de difusión de aire o las unidades terminales, deben cerrarse rígidamente y quedar perfectamente selladas.

Las redes de conductos deben someterse a pruebas de resistencia estructural y estanquidad.

El caudal de fuga admitido se ajustará a lo indicado en el proyecto o memoria técnica, de acuerdo con la clase de estanquidad elegida.

14.5.6.- Pruebas de estanquidad de chimeneas

La estanquidad de los conductos de evacuación de humos se ensayará según las instrucciones de su fabricante.

14.5.7.- Pruebas finales

Se consideran válidas las pruebas finales que se realicen siguiendo las instrucciones indicadas en la norma UNE-EN 12599 en lo que respecta a los controles y mediciones funcionales, indicados en los capítulos 5 y 6 del RITE.

Las pruebas de libre dilatación y las pruebas finales del subsistema solar se realizarán en un día soleado y sin demanda.

En el subsistema solar se llevará a cabo una prueba de seguridad en condiciones de estancamiento del circuito primario, a realizar con este lleno y la bomba de circulación parada, cuando el nivel de radiación sobre la apertura del captador sea superior al 80 % del valor de irradiancia fijada como máxima, durante al menos una hora.

14.5.8.- Ajuste y equilibrado

Las instalaciones térmicas deben ser ajustadas a los valores de las prestaciones que figuren en el proyecto o memoria técnica, dentro de los márgenes admisibles de tolerancia. La empresa instaladora deberá presentar un informe final de las pruebas efectuadas que contenga las condiciones de funcionamiento de los equipos y aparatos.

En sistemas de distribución y difusión de aire, la empresa instaladora realizará y documentará el procedimiento de ajuste y equilibrado de los sistemas de distribución y difusión de aire, de acuerdo con lo siguiente:

- a) De cada circuito se deben conocer el caudal nominal y la presión, así como los caudales nominales en ramales y unidades terminales.
- b) El punto de trabajo de cada ventilador, del que se debe conocer la curva característica, deberá ser ajustado al caudal y la presión correspondiente de diseño.
- c) Las unidades terminales de impulsión y retorno serán ajustadas al caudal de diseño mediante sus dispositivos de regulación.
- d) Para cada local se debe conocer el caudal nominal del aire impulsado y extraído previsto en el proyecto o memoria técnica, así como el número, tipo y ubicación de las unidades terminales de impulsión y retorno.
- e) El caudal de las unidades terminales deberá quedar ajustado al valor especificado en el proyecto o memoria técnica.
- f) En unidades terminales con flujo direccional, se deben ajustar las lamas para minimizar las corrientes de aire y establecer una distribución adecuada del mismo.
- g) En locales donde la presión diferencial del aire respecto a los locales de su entorno o el exterior sea un condicionante del proyecto o memoria técnica, se deberá ajustar la presión diferencial de diseño mediante actuaciones sobre los elementos de regulación de los caudales de impulsión y extracción de aire, en función de la diferencia de presión a mantener en el local, manteniendo a la vez constante la presión en el conducto. El ventilador adaptará, en cada caso, su punto de trabajo a las variaciones de la presión diferencial mediante un dispositivo adecuado.

La empresa instaladora realizará y documentará el procedimiento de ajuste y equilibrado de los sistemas de distribución de agua, de acuerdo con lo siguiente:

- a) De cada circuito hidráulico se deben conocer el caudal nominal y la presión, así como los caudales nominales en ramales y unidades terminales.
- b) Se comprobará que el fluido anticongelante contenido en los circuitos expuestos a heladas cumple con los requisitos especificados en el proyecto o memoria técnica.
- c) Cada bomba, de la que se debe conocer la curva característica, deberá ser ajustada al caudal de diseño, como paso previo al ajuste de los generadores de calor y frío a los caudales y temperaturas de diseño.
- d) Las unidades terminales, o los dispositivos de equilibrado de los ramales, serán equilibradas al caudal de diseño.
- e) En circuitos hidráulicos equipados con válvulas de control de presión diferencial, se deberá ajustar el valor del punto de control del mecanismo al rango de variación de la caída de presión del circuito controlado.
- f) Cuando exista más de una unidad terminal de cualquier tipo, se deberá comprobar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales, mediante el procedimiento previsto en el proyecto o memoria técnica.

- g) De cada intercambiador de calor se deben conocer la potencia, temperatura y caudales de diseño, debiéndose ajustar los caudales de diseño que lo atraviesan.
- h) Cuando exista más de un grupo de captadores solares en el circuito primario del subsistema de energía solar, se deberá probar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales de la instalación mediante el procedimiento previsto en el proyecto o memoria técnica.
- i) Cuando exista riesgo de heladas se comprobará que el fluido de llenado del circuito primario del subsistema de energía solar cumple con los requisitos especificados en el proyecto o memoria técnica.
- j) Se comprobará el mecanismo del subsistema de energía solar en condiciones de estancamiento, así como el retorno a las condiciones de operación nominal sin intervención del usuario con los requisitos especificados en el proyecto o memoria técnica.

A efectos del control automático:

- a) Se ajustarán los parámetros del sistema de control automático a los valores de diseño especificados en el proyecto o memoria técnica y se comprobará el funcionamiento de los componentes que configuran el sistema de control.
- b) Para ello, se establecerán los criterios de seguimiento basados en la propia estructura del sistema, para los niveles del proceso siguientes: nivel de unidades de campo, nivel de proceso, nivel de comunicaciones, nivel de gestión y telegestión.
- c) Los niveles de proceso serán verificados para constatar su adaptación a la aplicación, de acuerdo con la base de datos especificados en el proyecto o memoria técnica. Son válidos a estos efectos los protocolos establecidos en la norma UNE-EN-ISO 16484-3.
- d) Cuando la instalación disponga de un sistema de control, mando y gestión o telegestión basado en la tecnología de la información, su mantenimiento y la actualización de las versiones de los programas deberá ser realizado por personal cualificado o por el mismo suministrador de los programas.

14.5.9.- Eficiencia energética

La empresa instaladora realizará y documentará las siguientes pruebas de eficiencia energética de la instalación:

- a) Comprobación del funcionamiento de la instalación en las condiciones de régimen;
- b) Comprobación de la eficiencia energética de los equipos de generación de calor y frío en las condiciones de trabajo. El rendimiento del generador de calor no debe ser inferior en más de 5 unidades del límite inferior del rango marcado para la categoría indicada en el etiquetado energético del equipo de acuerdo con la normativa vigente.
- c) Comprobación de los intercambiadores de calor, climatizadores y demás equipos en los que se efectúe una transferencia de energía térmica;
- d) Comprobación de la eficiencia y la aportación energética de la producción de los sistemas de generación de energía de origen renovable;
- e) Comprobación del funcionamiento de los elementos de regulación y control;
- f) Comprobación de las temperaturas y los saltos térmicos de todos los circuitos de generación, distribución y las unidades terminales en las condiciones de régimen;
- g) Comprobación que los consumos energéticos se hallan dentro de los márgenes previstos en el proyecto o memoria técnica;

- h) Comprobación del funcionamiento y de la potencia absorbida por los motores eléctricos en las condiciones reales de trabajo;
- i) Comprobación de las pérdidas térmicas de distribución de la instalación hidráulica.

14.6.- Protección frente al ruido

Si la normativa de aplicación a la zona donde se realiza el proyecto lo exige se realizará el correspondiente estudio acústico, con las características que la misma exija.

Los recintos ruidosos quedan excluidos de la aplicación del CTE DB HR, según establece en su apartado II (Ámbito de aplicación). En el CTE DB HR no se establece la obligatoriedad de realizar mediciones acústicas como comprobación de que se han cumplido las exigencias. Sin embargo, sí se establece el tipo de ensayos y la normativa conforme a la que se deben realizar dichas mediciones, en el caso de que se realicen.

En el caso de que se realicen mediciones in situ para comprobar las exigencias de aislamiento acústico a ruido aéreo, de aislamiento acústico a ruido de impactos y de limitación del tiempo de reverberación, se realizarán por laboratorios acreditados y conforme a lo establecido en las UNE-EN ISO 16283-1 y UNE-EN ISO 16283-3 para ruido aéreo, en la UNE-EN ISO 16283-2 para ruido de impactos y en la UNE EN ISO 3382 para tiempo de reverberación. La valoración global de resultados de las mediciones de aislamiento se realizará conforme a las definiciones de diferencia de niveles estandarizada para cada tipo de ruido según lo establecido en el Anejo H del CTE DB HR.

14.7.- Protección contra incendios

14.7.1.- Puesta en servicio.

Para la puesta en servicio de las instalaciones de protección activa contra incendios se requiere:

- a) La presentación, ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma en materia de industria, antes de la puesta en funcionamiento de las mismas de un certificado de la empresa instaladora, emitido por un técnico titulado competente designado por la misma, en el que se hará constar que la instalación se ha realizado de conformidad con lo establecido en el Reglamento y de acuerdo al proyecto o documentación técnica.
- b) Tener suscrito un contrato de mantenimiento con una empresa mantenedora debidamente habilitada, que cubra, al menos, los mantenimientos de los equipos y sistemas sujetos al Reglamento, según corresponda.

Excepcionalmente, si el titular de la instalación se habilita como mantenedor y dispone de los medios y organización necesarios para efectuar su propio mantenimiento, y asume su ejecución y la responsabilidad del mismo, será eximido de su contratación.

14.7.2.- BIEs

El sistema de BIEs se someterá, antes de su puesta en servicio, a una prueba de estanquidad y resistencia mecánica, sometiendo a la red a una presión estática igual a la máxima de servicio y,

como mínimo, a 980 kPa (10 kg/cm²), manteniendo dicha presión de prueba durante dos horas, como mínimo, no debiendo aparecer fugas en ningún punto de la instalación.

En el caso de las BIE de alta presión, el sistema de BIE se someterá, antes de su puesta en servicio, a una prueba de estanquidad y resistencia mecánica, sometiendo a la red a una presión de 1,5 veces la presión de trabajo máxima, manteniendo dicha presión de prueba durante dos horas, como mínimo, no debiendo aparecer fugas en ningún punto de la instalación.

Los sistemas de columna seca, se someterá, antes de su puesta en servicio, a una prueba de estanquidad y resistencia mecánica, sometiéndolo a una presión estática igual a la máxima de servicio y, como mínimo de 1470 kPa (15 kg/cm²) en columnas de hasta 30 m y de 2450 kPa (25 kg/cm²) en columnas de más de 30 m de altura, durante dos horas, como mínimo, no debiendo aparecer fugas en ningún punto de la instalación.

14.7.3.- Sistemas de rociadores automáticos

La tubería seca se debe probar neumáticamente a una presión de no menos de 2,5 bar durante no menos de 24 h. Cualquier fuga que resulte en una pérdida de presión mayor que 0,15 bar durante las 24 h se debe corregir. Si las condiciones climáticas no permiten llevar a cabo inmediatamente después de la prueba neumática, la prueba hidrostática especificada en el párrafo siguiente se debería llevar a cabo tan pronto como las condiciones lo permitan.

Todas las tuberías de la instalación se deben probar hidrostáticamente durante no menos de 2 h, a una presión de no menos de 15 bar, o 1,5 veces la presión máxima a la que el sistema se someterá (ambas medidas en los puestos de control de la instalación), la que sea mayor.

Cualesquiera fallos descubiertos, tales como deformación permanente, rotura o fugas, se deben corregir, y la prueba se debe repetir.

Se debe tener cuidado de no someter ningunos componentes del sistema a presión mayor que aquellas recomendadas por el suministrador.

Lo siguiente se debe comprobar y registrar:

- a) Todas las lecturas de manómetro de agua y aire en instalaciones, colectores generales y depósitos de presión.
- b) La presión en la tubería en instalaciones secas, alternas y de acción previa no debería caer a una velocidad de más de 1,0 bar por semana.
- c) Todos los niveles de agua en embalses privados elevados, ríos, canales, lagos, depósitos de almacenamiento de agua (incluyendo depósitos de agua de cebado de bombas y depósitos de presión).
- d) La posición correcta de todas las válvulas de cierre principales.

Cada alarma hidráulica se debe hacer sonar durante no menos de 30 s.

Las pruebas sobre bombas automáticas deben incluir lo siguiente:

- a) se deben comprobar los niveles de combustible y aceite lubricante de motor en motores diésel;
- b) se debe reducir la presión de agua en el dispositivo de arranque, simulando así la condición de arranque automático;
- c) cuando la bomba arranca, la presión de arranque se debe comprobar y registrar;

- d) la presión de aceite en bombas diésel se debe comprobar, además del flujo del agua de refrigeración a través de los sistemas de refrigeración de circuito abierto.

Inmediatamente después de la prueba de arranque de la bomba, los motores diésel se deben probar como sigue:

- a) el motor debe funcionar durante 20 min, o durante el tiempo recomendado por el suministrador. El motor se debe entonces parar e inmediatamente vuelto a arrancar usando el botón de prueba de arranque manual;
- b) el nivel de agua en el circuito primario de los sistemas de refrigeración de circuito cerrado se debe comprobar.

La presión de aceite (donde hay manómetros instalados), las temperaturas del motor y el caudal de refrigerante se deben supervisar durante toda la prueba. Las mangueras de aceite deben comprobarse y se debe hacer una inspección general para detectar fugas de combustible, refrigerante o humos de escape.

Debe comprobarse el correcto funcionamiento de los sistemas de calefacción para impedir la congelación en el sistema de rociadores.

Deben comprobarse el nivel y la densidad del electrolito de todas las celdas de plomo-ácido (incluyendo las baterías de arranque de motor diésel y aquellas para suministros de energía de cuadros de control). Si la densidad es baja, el cargador de batería se debe comprobar y, si este funciona con normalidad, la batería o baterías afectadas se deben reemplazar.

En la sala de bombas tiene que haber un dispositivo de medición de caudal que debe estar instalado permanentemente y debe ser capaz de comprobar cada abastecimiento de agua. Si el aparato de prueba no está instalado permanentemente, debe estar disponible en el lugar en todo momento. Cada abastecimiento a la instalación se debe probar independientemente, con todos los otros abastecimientos aislados. Se debe probar al menos al caudal de demanda máxima de la instalación.

Las válvulas de cierre que controlan el caudal desde el abastecimiento de agua a la instalación se deben abrir completamente. El arranque automático de la bomba se debe comprobar abriendo completamente la válvula de desagüe y prueba de la instalación. El caudal y presión se deben verificar de acuerdo con el capítulo 7 UNE-EN 12845.

Las válvulas de cierre que controlan el caudal desde el abastecimiento a la instalación se deben abrir completamente. Se debe comprobar el arranque automático de la bomba abriendo completamente la válvula de desagüe y prueba de la instalación. La válvula de desagüe y prueba se debe ajustar para dar el caudal especificado en el capítulo 7 de la norma UNE-EN 12845. Cuando el caudal es estable, se debe verificar que la presión de abastecimiento medida en el manómetro «C» es al menos el valor apropiado especificado en el capítulo 7 de la norma UNE-EN 12845.

14.7.4.- Sistemas de detección y de alarma de incendios

Para su puesta en servicio se tendrá en cuenta la Norma UNE 23007-14

Cuando se haya completado el trabajo en la instalación, pero antes de que ésta sea recibida por el usuario, el instalador debe inspeccionar el trabajo empleando personal que haya sido entrenado y sea competente para realizar este trabajo.

Debe realizarse una inspección visual exhaustiva para asegurarse que el trabajo ha sido realizado de manera satisfactoria, que los métodos, materiales y componentes usados cumplen con esta norma y que los planos adjuntos a la documentación y las instrucciones de operación son fiel reflejo del sistema instalado.

El instalador debe probar y verificar que la instalación funciona correctamente, y en particular:

- que funcionan todos los detectores y pulsadores de alarma;
- que la información dada por el equipo de señalización y control es correcta y cumple los requisitos determinados en el apartado 5.2 de la UNE 23007-14;
- que cualquier conexión con una estación receptora de alarma de incendios o estación receptora de aviso de avería se encuentra operativa y que los mensajes son correctos y claros;
- que los timbre/sirenas de alarma funcionan como se indica en esta norma;
- que se pueden activar todas las funciones auxiliares;
- que se han suministrado los documentos e instrucciones requeridos en el apartado 7.5 y 8.4 de la UNE 23007-14.

Antes de proceder a la verificación de la instalación, debe preverse un período preliminar con objeto de observar la estabilidad del sistema instalado en las condiciones ambientales habituales.

La verificación y aceptación del sistema de detección y alarma será realizada por el instalador y por el comprador o su agente. Si se requiere que la inspección sea realizada por un tercero, debe seguirse lo establecido en el capítulo 9 de la UNE 23007-14.

La prueba de aceptación consta de:

- a) verificación de que se han suministrado los documentos exigidos por esta norma;
- b) comprobaciones visuales, incluidas todas las evaluaciones que puedan hacerse mediante inspección visual para comprobar que el sistema instalado cumple lo dispuesto en la norma;
- c) pruebas del funcionamiento correcto del sistema, incluidas las interfaces con los equipos auxiliares y la red de transmisión, realizadas mediante el funcionamiento de un número acordado de dispositivos del sistema de detección;
- d) también se pueden realizar pruebas de rendimiento del sistema, utilizando usualmente simulacros de incendio (que pueden ser generadores de humo) o utilizando hogares de prueba. Si el método usado representa cualquier riesgo o daño al edificio o su contenido, debe avisarse al propietario/usuario de la instalación y obtener su consentimiento previo.

14.7.5.- Sistemas para el control de humos y de calor (SCTEH)

Para su puesta en servicio se tendrá en cuenta la Norma UNE 23584.

Una vez instalado el SCTEH, debe comprobarse en su totalidad para confirmar el cumplimiento con lo indicado en el proyecto de ingeniería detallado. Esta comprobación debe incluir:

- Cantidad, tamaño, situación y características de los aireadores naturales o mecánicos, de las entradas de aire y del resto de componentes.
- La fijación de los diferentes componentes.
- Accesibilidad a los elementos o componentes de control.
- Protección mecánica de los componentes.
- Señalización e identificación en la medida que sea necesario.

Las fuentes de alimentación de energía deben probarse para confirmar que suministran la potencia eléctrica o presión y caudal de aire de acuerdo a lo especificado. La estanquidad de los sistemas neumáticos debe probarse de acuerdo a lo indicado en el anexo A.

Los componentes deben colocarse en disposición de funcionamiento de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Esto puede suponer realizar pruebas para, por ejemplo, la comprobación de caudales de aire.

Debe comprobarse el sistema para asegurar que cada entrada (input) ya sea manual o automática y cada una de sus posibles combinaciones generan las respuestas (output) especificadas.

Cuando se haya especificado una secuencia específica de respuesta (arranque en cascada de ventiladores, retardo en la puesta en marcha de ventiladores para permitir la apertura de compuertas, etc.), debe probarse la operación de dicha secuencia.

Las pruebas de funcionamiento deben incluir las mediciones de:

- Tiempo de respuesta para la iniciación del sistema.
- Caudales de aire de los ventiladores mecánicos a temperatura ambiente.
- Tiempo de respuesta de la fuente secundaria de alimentación de energía.