FERCA

PT·M

PRESCRIPCIONES TÉCNICAS GENERALES

PRETENSADO

FERCA

ÍNDICE

1 MATERIALES 2

1.1 MATERIALES COMPONENTES DE MORTEROS Y LECHADAS 2

1.1.1 ADITIVOS 2

1.2 ACEROS PARA ARMADURAS 2

1.2.1 ACERO PARA ARMADURAS ACTIVAS 2

1.3 VAINAS, LECHADAS DE INYECCIÓN Y ANCLAJES DE PRETENSADO 3

1.3.1 VAINAS PARA ARMADURAS ACTIVAS 4

1.3.1.1 PRETENSADO ADHERENTE 4

1.3.1.2 PRETENSADO NO ADHERENTE CON MONOCORDÓN 5

1.3.2 ANCLAJES Y CUÑAS DE PRETENSADO 5

1.3.3 LECHADA DE CEMENTO PARA INYECCIÓN DE VAINAS 6

2 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS 7

2.1 PRETENSADO 7

2.1.1 CONSIDERACIONES GENERALES 7

2.1.2 PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE LAS ARMADURAS ACTIVAS 9

2.1.3 VAINAS PARA LOS TENDONES 9

2.1.4 ANCLAJES DE LAS ARMADURAS ACTIVAS 10

2.1.5 TESADO DE LAS ARMADURAS ACTIVAS 11

2.1.6 INYECCIÓN DE LAS VAINAS 12

2.1.6.1 CONTROL DE CALIDAD 13

2.1.7 PROTECCIÓN DE LOS ANCLAJES DE TENDONES Y BARRAS 13

2.1.7.1 SELLADO DE LOS ANCLAJES 13

2.1.7.2 CAPUCHONES DE PROTECCIÓN 13

2.1.7.3 NIVELES DE PROTECCIÓN FRENTE A LA CORROSIÓN 14

2.1.8 LOSAS CON PRETENSADO NO ADHERENTE (MONOCORDÓN) 14

3 CRITERIOS DE MEDICIÓN 14

3.1 ACERO DE PRETENSADO 14

1 MATERIALES

1.1 MATERIALES COMPONENTES DE MORTEROS Y LECHADAS

1.1.1 ADITIVOS

Los aditivos que se incorporen al hormigón para mejorar o mantener la trabajabilidad, reducir el agua de amasado, aumentar la resistencia o con otros fines, como acelerar o retardar el fraguado, no deberán contener componentes perjudiciales en cantidades que puedan afectar a la durabilidad del hormigón o provocar la corrosión de las armaduras.

- Deberán cumplir la normativa aplicable, es decir, la NP EN 934-2 «Aditivos para hormigones, morteros y pastas – Parte 2: Aditivos para hormigones – Definiciones, requisitos, conformidad, marcado y etiquetado».
- El mantenimiento de la trabajabilidad deberá comprobarse cuidadosamente en función de los tiempos de puesta en obra previstos, con el fin de reducir al mínimo el riesgo de juntas de hormigonado no previstas.
- Las condiciones y el tiempo máximo de almacenamiento de los aditivos se ajustarán a las indicaciones del fabricante. En su defecto, se realizarán ensayos que demuestren que se mantienen las características especificadas y comprobadas.
- Su eficacia deberá verificarse cuidadosamente en función de la consistencia requerida y de la relación a/c máxima admisible.
- Deberán ser incoloros o de color claro, de modo que no produzcan manchas ni oxidaciones posteriores.

En caso de duda sobre las características de los aditivos empleados o su compatibilidad con cualquier otro componente del hormigón, la Dirección Facultativa podrá ordenar los ensayos que considere necesarios.

El Contratista completará la información sobre los aditivos con ensayos de evolución de la trabajabilidad del hormigón durante la primera hora y de resistencia a 3, 7 y 28 días, con el fin de proporcionar a la Dirección Facultativa los datos necesarios para aprobar su empleo.

Los aditivos empleados en las lechadas de inyección de pretensado deberán estar exentos de cloruros y aluminio.

1.2 ACEROS PARA ARMADURAS

1.2.1 ACERO PARA ARMADURAS ACTIVAS

El acero de las armaduras activas deberá cumplir el apartado 3.3 de la NP EN 1992-1-1 y su Anejo Nacional, las Especificaciones LNEC aplicables y, una vez publicada, la EN 10138. Para armaduras no adherentes se aplicarán además las disposiciones de la Evaluación Técnica Europea (ETE) del sistema de pretensado adoptado.

En principio, se admite cualquier acero disponible en el mercado, siempre que proceda de un origen reconocido y que sus características mecánicas, conformes a las exigidas por el sistema de pretensado adoptado, estén debidamente certificadas mediante documentos de homologación del país de origen.

Los aceros serán obligatoriamente de baja relajación y sus características no podrán ser, en ningún caso, inferiores a las establecidas en las especificaciones aplicables.

Las características de los aceros certificados son las recogidas en las siguientes Especificaciones LNEC:

- E 452-2004: Alambres de acero para pretensado. Características y ensayos;
- E 453-2002: Cordones de acero para pretensado. Características y ensayos;
- E 459-2002: Barras de acero para pretensado. Características y ensayos.

Deberá garantizarse que los aceros empleados cumplen tanto las características adoptadas en el proyecto como las exigidas por el sistema de pretensado adoptado.

Los aceros de pretensado se suministrarán cumpliendo todas las condiciones de las Especificaciones LNEC antes citadas.

Cada lote de acero se suministrará con sus diagramas tensión-deformación y los resultados de los demás ensayos de origen que certifiquen sus propiedades, indicando claramente el módulo de elasticidad. Dichos ensayos y documentos se ajustarán a la norma aplicable al tipo de acero empleado.

Si la Dirección Facultativa lo estima oportuno, se realizarán ensayos de recepción de los aceros para comprobar sus características mecánicas y tecnológicas, conforme a las Especificaciones LNEC antes citadas.

Solo podrán emplearse en obra lotes de acero ya ensayados o aceptados por la Dirección Facultativa.

Los ensayos de identificación que, en su caso, ordene la Dirección Facultativa se realizarán conforme a la norma EN ISO 15630.

Si el transporte y el suministro se realizan en bobinas, estas tendrán un diámetro tal que los cordones no presenten deformación alguna al desenrollarse. En cualquier caso, el diámetro interior de las bobinas no será inferior a 200 veces el diámetro del alambre más grueso del cordón.

Se adoptarán las precauciones necesarias durante el transporte y el almacenamiento para evitar la corrosión y la contaminación de los aceros.

Todo almacenamiento en obra superior a un mes dará lugar a una inspección periódica del estado de los aceros y a la renovación, cuando sea necesario, de la protección temporal.

Todas las bobinas de acero estarán debidamente identificadas por el proveedor, llevarán etiqueta de «ensayado» y solo saldrán del almacén para su uso inmediato. Las que no se utilicen se devolverán de inmediato al almacén.

1.3 VAINAS, LECHADAS DE INYECCIÓN Y ANCLAJES DE PRETENSADO

Para vainas, anclajes y accesorios, lubricantes, ceras y demás productos de pretensado, así como para el resto de operaciones complementarias, se aplicarán las reglas de la NP EN 13670 y de la ETE del sistema de pretensado adoptado.

1.3.1 VAINAS PARA ARMADURAS ACTIVAS

1.3.1.1 PRETENSADO ADHERENTE

Las vainas serán corrugadas, cumplirán la NP EN 523 y la NP EN 1992-1-1 y se ensayarán conforme a la NP EN 524 (partes 1 a 6).

Los espesores mínimos del fleje de las vainas serán los siguientes, en función de su diámetro interior:

- $\phi_i \leq 55$ mm - esp. mín. = 0,31 mm
- $55 < \phi_i \leq 65$ mm - esp. mín. = 0,45 mm
- $65 < \phi_i \leq 110$ mm - esp. mín. = 0,53 mm
- $110 < \phi_i$ mm - esp. mín. = 0,60 mm

El diámetro exterior de las vainas será el siguiente, en función de su diámetro interior:

- $\phi_i < 65$ mm - $\phi_e = \phi_i + 5$ mm
- $\phi_i > 65$ mm - $\phi_e = \phi_i + 7$ mm

Las vainas y accesorios irán acompañados de un certificado del fabricante que indique sus características y condiciones de uso.

Se realizarán los siguientes ensayos de recepción:

- Flexibilidad

Las vainas deberán soportar sin alteración alguna tres flexiones alternadas con los radios de curvatura del proyecto.

- Resistencia al aplastamiento

Sobre un tramo de vaina de aproximadamente 1,00 m de longitud apoyado en una base rígida, se aplica en la generatriz superior, entre dos corrugas, mediante un punzón de extremo semicircular de 12 mm de diámetro, la fuerza indicada a continuación en función del diámetro interior de la vaina.

ϕ	F (kg)
25 a 75	75
75 a 85	90
85 a 95	105

La vaina deberá resistir la aplicación de estas fuerzas.

- Estanqueidad

Para el ensayo de pérdida de agua, se llena la misma muestra con agua hasta alcanzar una presión interior de 0,5 bar, que se mantendrá durante 5 minutos; la pérdida de agua no superará el 1,5 % del volumen del tubo.

La Dirección Facultativa se reserva el derecho de ensayar, a cargo del Contratista y para cada tipo de vaina, muestras de los distintos lotes recibidos en obra hasta una longitud total de 50 m, con el fin de comprobar que los materiales, dimensiones y características cumplen las calidades y tolerancias especificadas.

1.3.1.2 PRETENSADO NO ADHERENTE CON MONOCORDÓN

Los cordones irán protegidos por una vaina de polietileno de alta densidad (PEAD) de al menos 1 mm de espesor, extruida en caliente sobre el cordón previamente recubierto con grasa o cera de protección, conforme a la ETE del sistema emitida sobre la base del DEE 160004-00-0301, y con producto de relleno conforme al DEE 160027-00-0301.

Las vainas serán lo suficientemente resistentes para no deteriorarse durante el transporte, la manipulación y la puesta en obra.

1.3.2 ANCLAJES Y CUÑAS DE PRETENSADO

El sistema de pretensado que proponga el Contratista y acepte la Dirección Facultativa deberá disponer de una Evaluación Técnica Europea (ETE) en vigor, emitida sobre la base del DEE 160004-00-0301 – Post-tensioning kits for prestressing of structures (que sustituyó a la ETAG 013), así como de Declaración de Prestaciones y marcado CE.

Los anclajes y cuñas del sistema serán originales e irán acompañados de sus especificaciones (calidad de los materiales, dimensiones y tolerancias), certificados de calidad y de control de producción y documentos de homologación.

No se aceptará ningún componente que no haya sido fabricado en la planta certificada por la ETE aplicable o en otra designada por el titular del sistema y certificada a tal efecto por un organismo notificado.

En todo caso, la Dirección Facultativa podrá ordenar el ensayo en laboratorio acreditado de los componentes que estime oportunos, antes y durante la ejecución de la obra, para controlar su calidad y verificar que mantienen las características de los documentos de homologación. Las muestras se tomarán aleatoriamente entre los componentes recibidos en obra y los ensayos correrán a cargo del Contratista hasta el 5 % del número de cabezas de anclaje de cada tipo y el 2 % del número de cuñas.

Los ensayos que superen este límite correrán a cargo del Contratista si los resultados no son satisfactorios.

En caso contrario, serán abonados por la Propiedad en las condiciones establecidas en el Pliego de Cláusulas Administrativas.

Los ensayos de conformidad que, en su caso, ordene la Dirección Facultativa se realizarán conforme al DEE 160004-00-0301 antes citado y al plan de control de la ETE del sistema.

Cada lote de anclajes recibido en obra, incluidos todos sus accesorios, se identificará y numerará en presencia de la Dirección Facultativa.

Cada lote irá acompañado de los documentos que acrediten su procedencia y su control de calidad.

1.3.3 LECHADA DE CEMENTO PARA INYECCIÓN DE VAINAS

Las lechadas de cemento para la inyección de vainas de armaduras activas se regirán por la NP EN 445 – Lechadas para tendones de pretensado. Métodos de ensayo, y la NP EN 447 – Lechadas para tendones de pretensado. Requisitos básicos. Los procedimientos de inyección seguirán la NP EN 446 y los aditivos para lechadas la NP EN 934-4.

Lechada coloidal o pasta de cemento, con una dosificación establecida mediante ensayos y con los ajustes necesarios –también determinados por ensayos– del contenido de agua y de plastificante en función de la temperatura y de la longitud de los tendones que se vayan a inyectar.

Tras los estudios oportunos, el Contratista someterá a la aprobación de la Dirección Facultativa la dosificación nominal de la lechada, indicando:

- La naturaleza, calidad y procedencia de los componentes;
- La dosificación en peso de cada componente, con sus tolerancias admisibles;
- El orden de incorporación de los componentes a la amasadora.

En cualquier caso, la relación agua/cemento será la mínima compatible con una trabajabilidad adecuada y no superará 0,40.

El cemento, de tipo CEM I conforme a la NP EN 197-1, suministrado en sacos, de clase 42,5 o 52,5, deberá además, aparte de las normas aplicables:

- No presentar falso fraguado;
- Tener un contenido de ion cloruro inferior al 0,05 %;
- No contener iones sulfuro ni ningún otro elemento que pueda provocar la corrosión del acero.

El Contratista propondrá la marca del aditivo que pretenda utilizar, conforme al apartado de aditivos, acompañando la propuesta de un certificado de origen con la fecha límite de uso; se entiende que dicho aditivo no contendrá ningún producto corrosivo para el acero, como cloruros o aluminio.

Además de la Especificación LNEC E 372, el agua de amasado cumplirá los siguientes requisitos:

- Cloruros (Cl^-) < 500 mg/l;
- Sulfatos (SO_4^{2-}) < 400 mg/l;
- Ausencia de detergentes.

Para el conjunto de los componentes (cemento, agua y aditivo), el contenido total de iones agresivos será inferior a:

- 0,1 % de la masa de cemento en iones Cl^-;
- 0,1 % de la masa de cemento en iones SO_4^{2-};
- trazas de iones S^{2-}.

Las tolerancias de dosificación serán las siguientes:

- ± 2 % sobre la masa de cemento;

- ± 1 % sobre la masa de agua;
- ± 2 % sobre la masa de aditivo.

Los ensayos se realizarán conforme a la NP EN 445 y sus resultados deberán cumplir la NP EN 447.

- La mezcla se diseñará en función de las condiciones locales y de las condiciones reales de inyección, de modo que presente una buena fluidez, que se comprobará siempre con el cono de Marsh. El tiempo de flujo por el cono será inferior a 25 segundos durante al menos 30 minutos desde la fabricación de la lechada o hasta el final de la inyección.
- La exudación de la lechada, determinada conforme a la NP EN 445, no superará el 0,3 % a las tres horas, y la lechada deberá reabsorber toda el agua exudada en veinticuatro horas.
- La variación de volumen de la lechada, medida sobre probetas cilíndricas, estará comprendida entre −1 % y +5 %. Si se emplean agentes expansivos, no se admitirá ninguna reducción de volumen. El tiempo de inicio de fraguado a 30 °C será, en cualquier caso, superior a 3 horas.

Se realizarán ensayos sistemáticos de resistencia a 3, 7 y 28 días para garantizar la resistencia exigida y ajustar la dosificación de la lechada. Cada ensayo se realizará, por amasada, sobre al menos una serie de tres probetas, pudiendo la Dirección Facultativa aumentar el número de series por amasada.

- La resistencia a compresión a 28 días no será inferior a 50 MPa.

2 EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

2.1 PRETENSADO

La ejecución de los trabajos de pretensado se regirá por la NP ENV 13670-1, las Evaluaciones Técnicas Europeas (ETE) del sistema adoptado y la NP EN 1992-1-1 y su Anejo Nacional.

2.1.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Con una antelación mínima de sesenta días al inicio de la colocación de los tendones en obra, el Contratista someterá a la aprobación de la Dirección Facultativa el sistema o sistemas de pretensado que pretenda utilizar.

La propuesta incluirá una descripción detallada del sistema, sus documentos de homologación, los certificados de garantía, las entidades encargadas del control de calidad, la procedencia de todos los componentes y una descripción pormenorizada –con planos a escala adecuada– de la geometría de las piezas, dimensiones, calidades de los materiales, tolerancias, etc.

Entregará asimismo los procedimientos de tesado e inyección del sistema propuesto, así como la indicación de los aceros de pretensado previstos, su procedencia, certificados de calidad, características y demás documentos necesarios para valorar su idoneidad para el uso previsto.

La Dirección Facultativa se reserva el derecho de exigir información complementaria y de no aceptar el sistema propuesto, la procedencia de todos o parte de sus componentes o las entidades encargadas de su control de calidad.

El Contratista acompañará su propuesta con la relación del personal que ejecutará los trabajos, su cualificación y su experiencia profesional.

Aportará además una lista de los equipos que pretende utilizar y de los equipos de reserva, que permanecerán en la obra en todo momento y no podrán emplearse, en ningún caso, en otras obras.

La Dirección Facultativa se reserva el derecho de aceptar tanto el personal como los equipos.

Se presentarán los últimos certificados de calibración gato-bomba, emitidos por un laboratorio acreditado y con una antigüedad no superior a 6 meses. Posteriormente, las calibraciones se repetirán con la misma periodicidad.

La empresa ejecutora del pretensado dispondrá de los equipos necesarios para realizar dicho control en obra.

Aceptado el sistema de pretensado, el Contratista se obliga a someter a la aprobación de la Dirección Facultativa, hasta 60 días antes del inicio de la colocación de los tendones en obra, los proyectos de pretensado.

Los proyectos cumplirán lo establecido en el presente Pliego y en el Eurocódigo 2, tanto en los datos generales de cálculo como en las disposiciones constructivas, en particular: tensiones, pérdidas, penetración de cuñas, número de tendones por elemento, disposición y agrupamiento de vainas, recubrimientos, separaciones mínimas, curvaturas admisibles y anclajes.

Cada proyecto constará de los siguientes documentos:

- Documentos escritos:
    - Memoria - Descripción general del sistema, de las características de los materiales y de la ejecución de los trabajos.
    - Cálculos - Descripción de las expresiones utilizadas para determinar el pretensado útil final, con el cálculo de las tensiones iniciales y finales del acero, las pérdidas de pretensado (instantáneas, por penetración de cuñas y diferidas), los valores del pretensado inicial y final en las distintas fases en las secciones de estudio del proyecto, las fuerzas de tesado, los alargamientos previstos y las armaduras de refuerzo.
    - Plan de tesado - Secuencia de las fases de tesado, material necesario para cada fase, orden de tesado de los tendones y extremos desde los que se tesan, alargamientos y sus tolerancias, presiones correspondientes en los manómetros, tensión máxima que no debe superarse y valores de penetración de cuñas.
    - Documentación – Certificados de control de calidad de los componentes y de los aceros de pretensado, diagramas tensión-deformación y de relajación de cada bobina de acero que se emplee en obra, así como sus módulos de elasticidad.
    - Planos – Trazados de los tendones, armaduras de refuerzo, detalles de los anclajes, dimensiones de los cajetines de anclaje y demás detalles necesarios para la correcta comprensión y ejecución de los trabajos.

Si la Dirección Facultativa lo exige, se entregará un ejemplar, elegido por ella, de cada sistema de anclaje y una muestra de cada tipo de vaina que vaya a emplearse en obra, que quedarán en su poder hasta el final de los trabajos como muestras patrón.

Los planos de construcción del proyecto definen los trazados medios de las armaduras activas, las secciones de anclaje, el pretensado útil final en las secciones significativas, las áreas mínimas admisibles de acero de

pretensado para la calidad especificada y demás indicaciones necesarias. Por tanto, aunque existan diferencias de detalle y las armaduras no sigan exactamente los trazados del proyecto en función del sistema adoptado, la resultante del conjunto (eje medio del pretensado) deberá coincidir con los ejes fijados en el proyecto, y se respetarán los demás condicionantes indicados en dichos planos. Cualquier modificación necesaria por razones propias del sistema se justificará debidamente en el proyecto de pretensado, correspondiendo a la Dirección Facultativa su aceptación o rechazo.

Los trabajos de pretensado los ejecutará una empresa especializada, titular de la ETE del sistema o autorizada por este, estando la empresa y su personal cualificados conforme al CWA 14646 – Requirements for the installation of post-tensioning kits for prestressing of structures and qualification of the specialist company and its personnel. El responsable técnico y el jefe de equipo permanecerán en obra durante todas las operaciones de tesado e inyección.

2.1.2 PREPARACIÓN Y COLOCACIÓN DE LAS ARMADURAS ACTIVAS

El corte de las armaduras se realizará por medios mecánicos; queda prohibido el uso de soplete.

Se prohíbe cualquier trabajo de soldadura en las proximidades de los tendones, salvo que se adopten precauciones especiales para su protección.

El doblado de las armaduras solo se permitirá mediante procedimientos debidamente homologados, de forma mecánica, a velocidad constante y sin golpes, para asegurar un radio de curvatura uniforme. El diámetro del mandril de doblado nunca será inferior al mínimo admisible definido en el documento de homologación de los aceros. Se prohíbe cualquier operación de desdoblado o enderezado de las armaduras.

En las proximidades de los anclajes y acopladores, y en el interior de los dispositivos de tesado y anclaje, las armaduras serán rectas en una longitud que dependerá del tipo de armadura y del sistema adoptado.

Se rechazarán las armaduras dañadas, en particular las que presenten corrosión, entalladuras, signos de calentamiento por llama o proyecciones, o deformaciones importantes no previstas en el proyecto.

Las armaduras estarán limpias de materias extrañas y no podrán emplearse si presentan aceite, grafito, detergentes o cualquier otra película que reduzca su adherencia.

Las armaduras seguirán los trazados del proyecto aprobado y deberán fijarse eficazmente para que no se desplacen accidentalmente antes ni durante el hormigonado.

2.1.3 VAINAS PARA LOS TENDONES

La naturaleza, el espesor y el diámetro de las vainas responderán a las exigencias del proyecto y cumplirán lo dispuesto en el apartado 1.3.1 del presente Pliego, de modo que soporten sin daños las operaciones de transporte, montaje y hormigonado y faciliten el tesado y la inyección.

Se prohíbe la fijación de las vainas mediante soldadura.

La disposición, la separación entre vainas y el recubrimiento mínimo cumplirán la NP EN 1992-1-1, en particular los apartados 4.4.1 (recubrimiento) y 8.10.1 (disposición de armaduras activas y vainas), así como la ETE del sistema.

Las tolerancias admisibles en la colocación de las vainas respecto al trazado del proyecto son las siguientes:

1. Desviaciones en alzado

   - En elementos de canto h < 0,60 m: 2 mm en los puntos más próximos a las caras superior e inferior y 5 mm en los demás puntos.

   - En elementos de canto h ≥ 0,60 m: 4 mm en los puntos más próximos a las caras superior e inferior y 10 mm en los demás puntos.

2. Desviaciones en planta

   - En elementos de ancho b < 1,00 m: 5 mm en todos los puntos.

   - En elementos de ancho b > 1,00 m: 5 mm en todos los puntos de los tendones más próximos a las caras laterales y 10 mm en el resto.

Las vainas tendrán un trazado regular y se fijarán en un número de puntos suficiente para respetar las tolerancias de colocación. En cualquier caso, la separación entre puntos de fijación no superará un metro.

Las vainas serán estancas, adoptándose precauciones especiales para asegurar la estanqueidad en las uniones y, en particular, en las conexiones con los anclajes y acopladores.

Las vainas dispondrán de purgadores en sus extremos y en todos los puntos altos. En tendones de gran longitud se dispondrán purgadores intermedios, y en los puntos bajos se preverán drenajes cuando puedan producirse temperaturas bajo cero durante la ejecución. Junto a los acopladores, las vainas llevarán purgadores locales debidamente orientados y situados, de modo que no queden bolsas de agua o aire tras la inyección.

Las vainas estarán protegidas contra la entrada de materias extrañas y, en tiempo frío, se adoptarán precauciones especiales para impedir la entrada de agua.

2.1.4 ANCLAJES DE LAS ARMADURAS ACTIVAS

Los anclajes, acopladores y dispositivos de empalme de tendones del sistema de pretensado utilizado en la superestructura serán del tipo indicado en los planos de construcción e irán acompañados de los documentos de homologación y control de calidad.

Los anclajes deberán garantizar un funcionamiento perfecto, sujetando eficazmente las armaduras sin pérdidas excesivas de pretensado y sin reducir la resistencia local y global prevista en los cálculos; en el caso de acopladores y empalmes, deberán garantizar además la plena continuidad de las armaduras.

Ensayados con tendones no adherentes, los anclajes deberán desarrollar al menos el 90 % de la capacidad resistente de los tendones sin que la penetración de cuñas supere los valores previstos. Para los acopladores, este valor será del 95 %.

No se permitirán empalmes de tendones en zonas de curvatura pronunciada.

Las tracciones en las zonas de anclaje originadas por el pretensado (estallido y difusión) se absorberán mediante armaduras dispuestas aproximadamente según las isostáticas de tracción, dimensionadas conforme a la NP EN 1992-1-1 (apartados 6.5 y 8.10.3) y a las armaduras de refuerzo definidas en la ETE del sistema.

Los anclajes se colocarán en las posiciones indicadas en los planos de detalle del proyecto de pretensado.

Los anclajes se situarán de modo que sus ejes coincidan con los de las armaduras tesas y que el centro de gravedad del conjunto corresponda a la excentricidad del pretensado indicada en los planos del proyecto.

Entre anclajes se dejará el espacio necesario para colocar cómodamente los gatos de tesado, así como huecos suficientes en el hormigón para el paso de las armaduras pasivas y del propio hormigón.

Los anclajes se fijarán sólidamente al encofrado para que no se desplacen por golpes accidentales ni durante el hormigonado.

2.1.5 TESADO DE LAS ARMADURAS ACTIVAS

Las operaciones de tesado de las armaduras activas se realizarán conforme al Plan de Tesado aprobado.

El tesado no podrá iniciarse antes de tres días desde el último hormigonado, ni antes de que:

- El hormigón del elemento alcance una resistencia igual o superior a 0,70 veces su valor característico;
- La resistencia media a compresión del hormigón en la zona de anclajes sea igual o superior al valor mínimo ($f_{cm,0}$) indicado en la ETE del sistema para la placa de anclaje utilizada, teniendo en cuenta las distancias a bordes y entre anclajes allí definidas.

El tesado se realizará conforme a las normas de aplicación del sistema adoptado, siguiendo el orden y los escalones de carga indicados en el Plan de Tesado aprobado por la Dirección Facultativa.

El orden de tesado se establecerá de modo que no se produzcan excentricidades perjudiciales del pretensado.

La tensión máxima aplicada por el gato no superará el menor de los valores 0,80 f_{pk} y 0,90 $f_{p0,1k}$ (NP EN 1992-1-1, 5.10.2.1). La tensión inicial inmediatamente después de la transferencia (σ_{pm0}) no superará el menor de los dos valores siguientes (NP EN 1992-1-1, 5.10.3):

- El 85 % del valor característico del límite elástico convencional al 0,1 %;
- El 75 % del valor característico de la resistencia a tracción.

Cualquier sobretesado que pudiera resultar necesario solo podrá aplicarse con autorización expresa de la Dirección Facultativa, registrándose todas estas operaciones y sus lecturas e identificándose los tendones afectados.

La tensión final (teórica) del acero bajo acciones máximas, descontadas todas las pérdidas, no superará el 65 % del valor característico de la resistencia a tracción.

No se realizará ninguna operación de tesado con temperaturas inferiores a 0 °C.

Los alargamientos de las armaduras y las penetraciones de cuña se medirán con precisión milimétrica y se registrarán en el parte de tesado, junto con las lecturas correspondientes de los manómetros y de las células de carga de los gatos.

La fuerza de tesado aplicada por el gato se indicará en el Plan de Tesado, y los dispositivos de medida garantizarán que el pretensado introducido no difiera en más de un 5 % del valor indicado en dicho Plan.

Los alargamientos se medirán con una precisión no inferior al 2 % del total y no podrán diferir de los previstos en más de un 5 %. Se anotarán en el parte de tesado, junto con todas las incidencias producidas durante la operación.

El Contratista presentará por escrito a la Dirección Facultativa un plan detallado de calibración de lecturas y equipos para toda la duración de la obra, que incluirá los certificados de calibración inicial emitidos por un laboratorio acreditado y la relación y descripción de los equipos que se utilizarán.

El Contratista no podrá iniciar el tesado hasta que la Dirección Facultativa haya aprobado dicho plan.

El plan incluirá también la relación de manómetros y células de presión que se mantendrán en reserva.

No podrán realizarse operaciones de tesado sin la presencia de la Dirección Facultativa.

Durante el tesado se prohíbe la permanencia de personas detrás de los gatos y en la prolongación del eje de los tendones; esta zona se señalizará y protegerá con pantallas. Los gatos, bombas, manómetros y mangueras se inspeccionarán antes de cada uso, y cualquier equipo dañado se retirará inmediatamente de servicio.

Si durante el tesado se produce la rotura de alguna armadura (alambre, cordón o barra), se suspenderá el tesado y la Dirección Facultativa decidirá las medidas que deban adoptarse (sobretesado, sustitución de armaduras o colocación de armaduras adicionales).

Estas operaciones correrán a cargo del Contratista.

Los extremos de las armaduras no se cortarán hasta que la Dirección Facultativa haya aprobado el parte de tesado.

2.1.6 INYECCIÓN DE LAS VAINAS

La inyección de la lechada de cemento definida en el apartado 1.3.3 en las vainas se realizará conforme a los procedimientos de inyección del sistema aprobado, o a la NP EN 446 si es más exigente, mediante una bomba de inyección adecuada conectada a un equipo de fabricación continua, a una presión mínima de 1 MPa en función de la longitud del tendón y del recubrimiento mínimo. La presión no superará nunca 2 MPa, para lo cual la bomba dispondrá de los dispositivos de seguridad necesarios.

La inyección de cada vaina se realizará de forma ininterrumpida, avanzando la lechada a una velocidad de 6 a 12 metros por minuto.

Antes de inyectar, se soplará aire a presión de extremo a extremo de las vainas, se lavarán con agua y se volverá a soplar aire, para limpiarlas y comprobar que están libres.

La inyección de las vainas se realizará en un plazo máximo de ocho días desde la finalización del tesado, después del desencofrado y antes del traslado de la cimbra a la fase siguiente; para ello, el Contratista solicitará con antelación la aprobación del parte de tesado.

En tendones con acopladores, la inyección se realizará siempre antes de conectar el tendón de continuidad y siempre desde el extremo opuesto.

El llenado de las vainas se comprobará mediante los purgadores, abiertos antes de iniciar la inyección; la lechada deberá salir de forma continua, sin bolsas de aire o agua, antes de proceder al cierre sucesivo de los purgadores.

Durante la inyección deberá haber permanentemente en reserva un equipo de aire comprimido y de inyección de agua a presión, con alimentación de energía independiente de la utilizada para la inyección. En caso de emergencia –por avería del equipo de inyección u obstrucción de las vainas– la lechada ya inyectada se expulsará de inmediato mediante chorros de agua y aire con el equipo de reserva.

La inyección solo se dará por terminada cuando la lechada salga de forma continua por el extremo opuesto de la vaina durante un tiempo suficiente, sin restos visibles de aire o agua.

Tras cerrar los purgadores, se mantendrá una presión de 0,5 MPa durante cinco minutos.

No se autorizará la inyección con temperaturas iguales o inferiores a +5 °C, ni cuando se prevean tales temperaturas en los cinco días siguientes.

Tampoco se autorizará la inyección con temperaturas superiores a 32 °C, y la temperatura de la lechada se mantendrá por debajo de este valor durante toda su fabricación.

2.1.6.1 CONTROL DE CALIDAD

Durante la ejecución de los trabajos se realizarán ensayos de control de recepción de las lechadas. El tipo y la frecuencia de los ensayos (fluidez, exudación, variación de volumen y resistencia) seguirán la NP EN 446, aplicando asimismo las buenas prácticas del fib Bulletin 20 – Grouting of tendons in prestressed concrete.

Las operaciones de inyección se controlarán rigurosamente, registrando en el parte de inyección la composición de la mezcla (cantidades de cemento, agua y plastificante), el tiempo de amasado, el tiempo de flujo en el cono de Marsh, las temperaturas ambiente y la presión de inyección.

2.1.7 PROTECCIÓN DE LOS ANCLAJES DE TENDONES Y BARRAS

2.1.7.1 SELLADO DE LOS ANCLAJES

Los anclajes se protegerán siempre con capuchones estancos y, si quedan embebidos en el hormigón, se sellarán con mortero de TIPO III.

En este último caso, el mortero u hormigón de relleno y sellado quedará perfectamente adherido al hormigón estructural y cubrirá por completo todas las partes metálicas; para ello, las superficies de hormigón se picarán convenientemente antes del sellado.

Los cajetines de anclaje se sellarán inmediatamente después de la inyección y del corte de los extremos de los cordones, una vez comprobado que los alargamientos están dentro de las tolerancias indicadas en el apartado 2.1.5 del presente Pliego.

El coste del mortero de Tipo III utilizado en el sellado de los cajetines de anclaje se considera incluido en el precio unitario contractual de los hormigones, por lo que el Contratista no tendrá derecho a ningún abono adicional por su suministro y colocación.

El mortero de sellado quedará perfectamente adherido al hormigón estructural y cubrirá por completo todas las partes metálicas.

2.1.7.2 CAPUCHONES DE PROTECCIÓN

Los capuchones estarán debidamente protegidos contra la corrosión (galvanizados y pintados). Serán del tipo habitualmente empleado en la protección de anclajes de pretensado exterior y tendrán la misma procedencia que el sistema de pretensado utilizado en obra.

El coste de los capuchones y su colocación se considera incluido en el precio contractual del pretensado.

2.1.7.3 NIVELES DE PROTECCIÓN FRENTE A LA CORROSIÓN

El nivel de protección frente a la corrosión de las armaduras activas se definirá en el proyecto en función de las clases de exposición (NP EN 206 y NP EN 1992-1-1) y de los requisitos de inspección, conforme a los niveles PL1, PL2 y PL3 del fib Bulletin 33 – Durability of post-tensioning tendons. En ambientes agresivos se utilizarán vainas plásticas y anclajes encapsulados estancos (PL2) o, cuando se exija, sistemas aislados eléctricamente (PL3).

2.1.8 LOSAS CON PRETENSADO NO ADHERENTE (MONOCORDÓN)

El presente apartado se aplica a los sistemas de postesado no adherente en losas y forjados con cordones autoprotegidos (monocordón), formados por cordón de acero de baja relajación recubierto con grasa o cera de protección y vaina individual de PEAD extruida, conforme a la ETE del sistema adoptado.

Los cordones se apoyarán en sillas o separadores con una separación máxima de 1,00 m y se fijarán con alambre de atar o bridas, sin dañar la vaina, de modo que se garanticen el trazado y los recubrimientos del proyecto.

La vaina de PEAD se inspeccionará antes del hormigonado. Los daños se repararán con cinta estanca compatible o manguito termorretráctil, según las instrucciones del titular del sistema; no se permite retirar la vaina más allá de la longitud estrictamente necesaria junto a los anclajes.

En los anclajes activos y pasivos, el tramo de cordón sin vaina se protegerá con un manguito de transición estanco entre la vaina y el anclaje. Tras el tesado, la cavidad de las cuñas se rellenará con grasa de protección antes de colocar el capuchón estanco, de modo que se obtenga un anclaje encapsulado.

El tesado podrá realizarse en dos fases: un tesado parcial, para controlar la fisuración por retracción, cuando el hormigón alcance la resistencia prevista en el proyecto para esa fase, y el tesado final cuando el hormigón alcance la resistencia mínima $f_{cm,0}$ indicada en la ETE para el anclaje utilizado.

Una vez aprobado el parte de tesado por la Dirección Facultativa, las colas de los cordones se cortarán por medios mecánicos, a una distancia de las cuñas no inferior a la indicada en la ETE; se prohíbe el corte con soplete.

La ejecución posterior de taladros, extracción de testigos o aperturas de huecos en losas postesadas solo se permitirá tras localizar los cordones y con la aprobación del proyectista; se prohíbe cortar cordones sin un procedimiento de destesado previamente aprobado. Esta indicación figurará en los planos de final de obra y en la documentación final de la obra (Libro del Edificio).

El Contratista entregará los planos de final de obra con el trazado real de los cordones, la ubicación de los anclajes activos y pasivos, y los partes de tesado.

3 CRITERIOS DE MEDICIÓN

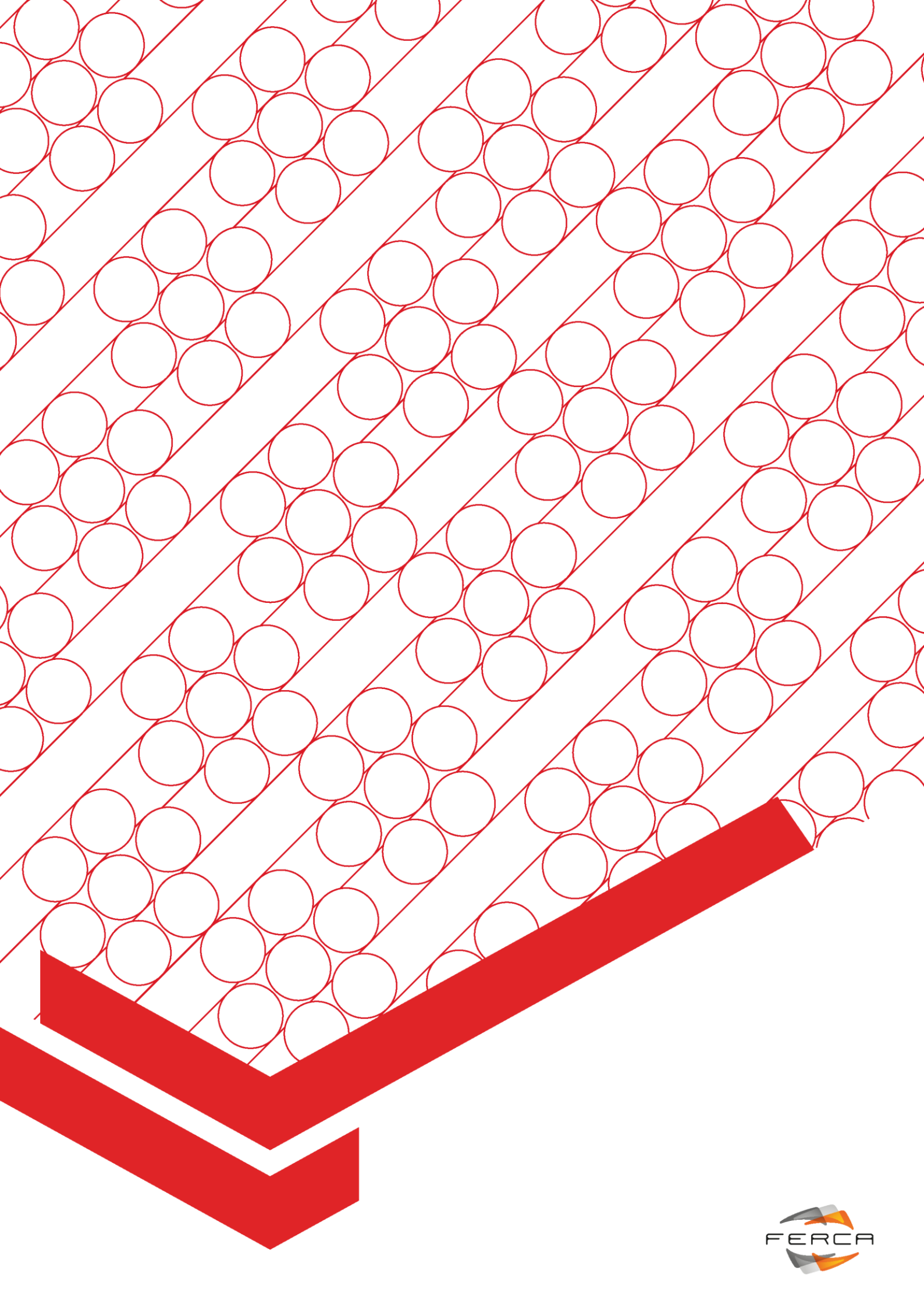
3.1 ACERO DE PRETENSADO

El precio unitario contractual incluye vainas, conductos, autoprotección individual de los cordones, mortero de sellado, anclajes, armaduras de refuerzo junto a los anclajes para absorber las fuerzas de desvío, montaje, tesado, inyección, ceras de protección y demás materiales y trabajos necesarios para la completa ejecución del

pretensado, de modo que se garantice el valor útil indicado en los planos tras descontar los sobretesados necesarios para compensar las pérdidas por relajación del acero, rozamiento, fluencia del hormigón, etc.

A efectos de medición, las armaduras de acero de alta resistencia se miden en peso **(kg)**, tomando el peso del cordón desnudo o de la barra en los sistemas de pretensado adherente. En los sistemas no adherentes, como el monocordón, el peso que se considerará será el del acero más la vaina que compone el sistema.

Las áreas de acero de pretensado indicadas en los planos de construcción son las mínimas admisibles para garantizar la seguridad frente a los estados límite de servicio y últimos de los elementos pretensados, siempre que se empleen aceros de alta resistencia de la clase allí indicada. Por tanto, el Contratista deberá garantizar, además del pretensado útil indicado, el área mínima exigida en el proyecto, o un área equivalente si propone aceros con características diferentes, siempre conforme a lo especificado en el apartado 1.2.1 del presente Pliego.


FERCA