

550 PAVIMENTOS DE HORMIGON

550.1 DEFINICION

Se define como pavimento de hormigón, el constituido por losas de hormigón en masa o armado, o por una capa continua de hormigón armado.

Su ejecución puede incluir las operaciones siguientes:

- Estudio del hormigón y obtención de la fórmula de trabajo.
- Preparación de la superficie de apoyo del hormigón.
- Fabricación del hormigón.
- Transporte del hormigón.
- Colocación de encofrados y/o elementos de rodadura o guiado de las máquinas.
- Colocación de los elementos de las juntas.
- Puesta en obra del hormigón.
- Colocación de armaduras.
- Ejecución de las juntas en fresco.
- Realización de la textura superficial.
- Acabado.
- Protección del hormigón fresco y curado.
- Ejecución de juntas serradas.
- Desencofrado.
- Sellado de las juntas.

Esta unidad de obra, por las singulares características de materiales y ejecución, no entra plenamente en el campo de aplicación de la Instrucción EH-73, por lo que se ha estimado justificada la redacción de este Artículo sin referencias a dicha Instrucción.

550.2 MATERIALES

550.2.1 Hormigón

550.2.1.1 Cemento

El cemento cumplirá las condiciones que se exigen en el Artículo 202, «Cementos», de este Pliego, con las siguientes prescripciones adicionales:

El cemento pertenecerá a alguna de las clases siguientes:

- Cemento portland P-350
- Cemento portland con adiciones activas PA-350
- Cemento siderúrgico S-I-350
- Cemento siderúrgico S-II-350
- Cemento puzolánico PUZ-I-350
- Cemento puzolánico PUZ-II-350

El contenido en aluminato tricálcico del clinker, calculado de acuerdo con el método indicado en el apartado 8.22 del vigente «Pliego de Condiciones Generales para la Recepción de Cementos», no será superior al diez por ciento (10 %).

El principio de fraguado, determinado con arreglo a la Norma UNE 7203, no tendrá lugar antes de las dos (2) horas. No obstante, si el hormigonado va a realizarse en tiempo caluroso, con temperaturas del aire superiores a treinta grados centígrados (30° C), deberán realizarse también, con arreglo a dicha Norma UNE 7203, ensayos de principio de fraguado a una temperatura de treinta más o menos dos grados centígrados (30 ± 2° C). En estos ensayos el principio de fraguado no tendrá lugar antes de una (1) hora.

550.2.1.2 Agua

El agua cumplirá las condiciones exigidas en el Artículo 280, «Agua a emplear en morteros y hormigones».

550.2.1.3 Arido fino

Condiciones generales

El árido fino cumplirá las condiciones que se exigen en el apartado «Arido fino» del Artículo 610, «Hormigones», con las prescripciones adicionales contenidas en el presente apartado.

Salvo indicación expresa del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, el árido fino que se emplee en hormigones de capa superior o para todo el pavimento, cuando éste se construya en una capa única, será de arena natural silícea.

El porcentaje de partículas silíceas del árido fino del hormigón de la capa superior, o de todo el pavimento, si se construye en una capa única, no será inferior a un treinta por ciento (30 %), determinado según la Norma ASTM D3042.

Granulometría

La curva granulométrica del árido fino estará comprendida dentro de los límites que se señalan a continuación:

Tamiz UNE	Cernido ponderal acumulado %
5	90 - 100
2,5	65 - 90
1,25	45 - 75
0,63	27 - 55
0,32	10 - 30
0,16	2 - 10
0,080	0 - 5

Adoptada una curva granulométrica tipo dentro del huso indicado, se admitirá respecto a ella una variación máxima del módulo de finura del cinco por ciento (5 %) en los análisis granulométricos realizados según la Norma UNE 7139. El módulo de finura se define en este caso por la suma de las proporciones en peso, expresadas en tanto por uno del material retenido por cada uno de los siete tamices indicados.

550.2.1.4 Árido grueso

Condiciones generales

El árido grueso cumplirá las condiciones que se exigen en el apartado «Árido grueso» del Artículo 610, «Hormigones», con las prescripciones adicionales contenidas en el presente apartado.

Granulometría

El tamaño máximo del árido no será superior a cincuenta milímetros (50 mm), ni a la mitad del espesor de la capa en que vaya a emplearse. Será suministrado, como mínimo, en dos tamaños.

Calidad

El coeficiente de desgaste, medido por el ensayo de Los Angeles según la Norma NLT-149/72, será inferior a treinta y cinco (35).

No se emplearán escorias de horno alto como árido grueso.

550.2.1.5 Productos de adición

Cumplirán las condiciones que se exigen en los Artículos correspondientes de este Pliego.

Podrá autorizarse el empleo de todo tipo de productos de adición, siempre que se justifique, mediante los oportunos ensayos, que la sustancia agregada en las proporciones previstas produce el efecto deseado, sin perturbar excesivamente las restantes características del hormigón, ni representar un peligro para las armaduras.

550.2.2 Pasadores y barras de unión

Los pasadores estarán constituidos por barras lisas de acero, que cumplirán las exigencias del Artículo 240, «Barras lisas para hormigón armado», de este Pliego.

Los pasadores se tratarán en los dos tercios de su longitud con una película fina de un producto adecuado para evitar su adherencia al hormigón y no coartar su deslizamiento dentro de la losa. A estos efectos, su superficie será lisa y no presentará irregularidades. Cuando correspondan a juntas de dilatación, el extremo correspondiente a la parte tratada se protegerá con una caperuza de longitud comprendida entre cincuenta (50) y cien (100) milímetros y con un espacio relleno de material compresible de ancho igual o superior al del material, de relleno de la junta.

Las barras de unión serán corrugadas, y cumplirán las exigencias del Artículo 241, «Barras corrugadas para hormigón armado», de este Pliego.

550.2.3 Mallas electrosoldadas

Cuando el pavimento sea de hormigón armado con juntas, las losas se armarán con mallas electrosoldadas, que cumplirán las exigencias del Artículo 242, «Mallas electrosoldadas», de este Pliego. El peso total de acero por metro cuadrado de losa no será inferior a dos kilogramos (2 kg/cm^2), de los cuales corresponderá, como mínimo, un ochenta por ciento (80 %) a las barras longitudinales. La separación mínima en la retícula longitudinal de la malla será de diez centímetros (10 cm).

550.2.4 Barras corrugadas para pavimentos continuos de hormigón armado

Los pavimentos continuos de hormigón armado se armarán con barras corrugadas de acero con límite elástico no inferior a cincuenta kilopondios por milímetro cuadrado (50 kp/mm^2), que cumplirán las exigencias del Artículo 241, «Barras corrugadas para hormigón armado», de este Pliego.

El diámetro mínimo utilizado será de catorce milímetros (14 mm) en las barras longitudinales, y de diez milímetros (10 mm) en las transversales.

Las barras longitudinales y transversales podrán suministrarse bien como mallas electrosoldadas en fábrica o bien como barras sueltas que se unirán mediante atado en obra. Se prohibirá el empleo de mallas formadas mediante soldadura en obra.

550.2.5 Hojas y membranas para separación de base y/o para curado del pavimento

En los casos en que se disponga el empleo de hojas de papel fuerte o plástico para separación entre la base y el pavimento, deberán cumplir las exigencias de la Norma AASHO M 74.

Si se elige el método de curado por cobertura con membrana, ésta deberá cumplir con las exigencias de la Norma ASTM C 171.

550.2.6 Materiales para juntas

550.2.6.1 Materiales de relleno en juntas de dilatación

El material de relleno deberá tener la suficiente compresibilidad para permitir la dilatación de las losas, sin fluir hacia el exterior, así como capacidad para recuperar la mayor parte de su volumen inicial al descomprimirse. No absorberá el agua del hormigón fresco y será lo suficientemente impermeable para impedir la penetración del agua exterior. Su espesor estará comprendido entre quince (15) y dieciocho (18) milímetros.

El material utilizado cumplirá las especificaciones de la Norma UNE 41107.

550.2.6.2 Materiales para la formación de juntas en fresco

Para la formación de juntas realizadas en fresco podrán utilizarse materiales rígidos que no absorberán agua, o tiras continuas de plástico con un espesor mínimo de treinta y cinco centésimas de milímetro (0,35 mm) y un ancho comprendido entre cincuenta (50) y cincuenta y cinco (55) milímetros.

Estos materiales deberán ser aprobados por el Director de las obras.

550.2.6.3 Materiales para el sellado

En los casos en que se disponga un material de sellado para el cierre superior de las juntas, éste deberá ser suficientemente resistente a los agentes exteriores y capaz de asegurar la estanquidad de las juntas, para lo cual no deberá despegarse de los bordes de las losas.

El material utilizado será el definido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares dentro de los siguientes tipos:

- Materiales de tipo elástico, para el vertido en caliente, que cumplirán las especificaciones de la Norma UNE 41104.
- Compuestos bituminosos plásticos de aplicación en frío, que cumplirán las especificaciones de la Norma UNE 41108.
- Perfiles extruidos de policloropreno, que cumplirán las especificaciones de la Norma ASTM D 2628.

En caso de utilizarse otro tipo de material no comprendido en los anteriores, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará las características a exigir y los ensayos para su comprobación.

550.3 TIPOS DE HORMIGONES PARA PAVIMENTOS

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá las condiciones de resistencia y consistencia a exigir al hormigón destinado a la construcción de pavimentos, así como la frecuencia de los ensayos de control. Se especificará la resistencia característica a flexotracción f_{ckf} a veintiocho (28) días en probetas prismáticas de sección cuadrada, de quince centímetros (15 cm) de lado y sesenta centímetros (60 cm) de longitud, fabricadas y conservadas en obra según la Norma UNE 7240. Los ensayos de rotura se realizarán según la Norma UNE 7395.

En todo caso, el hormigón de cualquiera de las capas pertenecerá a uno de los tipos que, de acuerdo con las resistencias características especificadas a veintiocho (28) días, se establecen en la Tabla 550.1, debiendo utilizarse en autopistas y carreteras de tráfico pesado únicamente hormigones de los dos primeros tipos.

TABLA 550.1

Tipos de hormigón para pavimentos	Resistencia característica a flexotracción f_{ckf} (kg/cm ²)
HP - 45	45
HP - 40	40
HP - 35	35

En los ensayos característicos en obra, definidos en 550.5.2, las resistencias medias a flexotracción a los siete (7) días serán iguales o superiores a un ochenta por ciento (80 %) de los valores anteriormente indicados.

550.4 DOSIFICACION DEL HORMIGON

Para establecer la dosificación del hormigón a emplear, el Contratista deberá recurrir a ensayos previos a la ejecución, con objeto de conseguir que el hormigón resultante satisfaga en obra las condiciones que se le exigen en el presente Artículo, así como las contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

La cantidad total de partículas pasando por el tamiz 0,16 UNE en el hormigón no será mayor de cuatrocientos kilogramos por metro cúbico (400 kg/m³), considerando en dicho cómputo el cemento y las adiciones.

La cantidad de cemento por metro cúbico de hormigón no será inferior a trescientos kilogramos (300 kg/m³). La relación agua/cemento no será superior a cincuenta y cinco centésimas (0,55). El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director, especificará el tipo de ensayo a realizar para la determinación de la consistencia del hormigón, así como los límites admisibles en los resultados. En el caso de medirse la consistencia de acuerdo con la Norma UNE 7103, el asiento estará comprendido entre dos (2) y seis (6) centímetros.

Cuando se haya previsto, o se autorice por el Director, la utilización de un aireante, el contenido de aire ocluido en el hormigón fresco vertido en obra, determinado de acuerdo con la Norma UNE 7141, no será superior al seis por ciento (6 %) en volumen. En zonas sometidas a nevadas o heladas de cierta importancia será obligatoria la utilización de un aireante con objeto de proporcionar al hormigón una mayor resistencia a dichas heladas o a los ataques por sales, en cuyo caso dicho contenido no será inferior al cuatro por ciento (4 %) en volumen.

550.5 ENSAYOS PREVIOS A LA EJECUCION

550.5.1 Ensayos previos en laboratorio

Se realizarán antes de comenzar el hormigonado. Su objeto es establecer la dosificación que habrá de emplearse, teniendo en cuenta los materiales disponibles y las condiciones de ejecución previstas.

Para cada dosificación ensayada deberá controlarse la resistencia a flexotracción a siete (7) y veintiocho (28) días, la consistencia y, en su caso, el contenido de aire ocluido.

Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de cuatro (4) amasadas diferentes de hormigón, confeccionando series de cuatro (4) probetas por amasada, de acuerdo con la Norma UNE 7240, que se conservarán en las condiciones previstas en ella.

De cada serie, se ensayarán a flexotracción dos (2) probetas a los siete (7) días y las dos (2) restantes a los veintiocho (28) días, de acuerdo con la Norma UNE 7395, obteniéndose los valores medios de los dos grupos de resultados.

Los dos valores medios así deducidos deberán superar a las resistencias especificadas con margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la dispersión que introduce la ejecución en obra, la resistencia característica real de la obra sobrepase también a la especificada.

Cada vez que se confeccione una serie de probetas deberán controlarse la consistencia del hormigón y, en su caso, el contenido de aire ocluido.

550.5.2 Ensayos característicos en obra

Estos ensayos serán preceptivos en todos los casos, y tienen por objeto comprobar que los medios disponibles en obra permiten obtener un hormigón con las características exigidas.

Por cada dosificación de posible aplicación en obra, determinada a partir de los ensayos previos en laboratorio, se llevarán a cabo ensayos de resistencia sobre probetas procedentes de seis (6) amasadas diferentes, confeccionando dos (2) probetas por amasada, de acuerdo con la Norma UNE 7240 y conservándolas en las condiciones previstas en la norma. Dichas probetas se ensayarán a los siete (7) días a flexotracción, de acuerdo con la Norma UNE 7395, y se obtendrá el valor medio de los resultados de las roturas.

Cada vez que se confeccione una serie de probetas deberán controlarse la consistencia del hormigón y, en su caso, el contenido del aire ocluido, con los mismos métodos utilizados en los ensayos previos.

Si el valor medio de la resistencia obtenida a los siete (7) días es igual o superior al ochenta por ciento (80 %) de las resistencias especificadas f_{okf} a veintiocho (28) días, y no se ha obtenido en ninguna de las determinaciones del contenido de aire ocluido y de la consistencia resultados fuera de los límites establecidos, se podrá proceder a la realización de un tramo de ensayo con hormigón de dicha dosificación.

En caso contrario se introducirán los ajustes necesarios en la dosificación y se repetirá la serie de ensayos característicos hasta conseguir un hormigón que cumpla con las exigencias de este apartado.

550.6 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCION DE LAS OBRAS

550.6.1 Equipo necesario para la ejecución de las obras entre encofrados fijos

Si se utiliza el método de construcción con encofrados fijos, el equipo que se emplee para la ejecución de las obras estará integrado como mínimo por las siguientes máquinas:

- Una extendedora, que dejará el hormigón fresco repartido uniformemente.
- Una terminadora transversal, con elementos de enrase, compactación por vibración y fratasado transversal. En pavimentos construidos en dos capas podrá admitirse la vibración simultánea de todo el espesor de la losa si la terminadora transversal tiene la potencia suficiente y la primera capa está bien enrasada.

La compactación se realizará por vibración en todo el ancho de pavimentación por medio de vibradores de superficie, vibradores internos adyacentes a cada borde longitudinal, o por cualquier otro método de vibración que produzca resultados equivalentes sin segregación. La frecuencia de vibración no será inferior a tres mil quinientos (3.500) ciclos por minuto en los vibradores de superficie, ni de cinco mil (5.000) ciclos por minuto en los vibradores internos. La amplitud de la vibración será la suficiente para ser visible en la superficie del hormigón a lo largo de toda la longitud vibrante y a una distancia de treinta centímetros (30 cm). El fratasado se realizará con maestras oscilantes, de forma que la superficie del pavimento quede al nivel correcto y sin zonas porosas.

- Una terminadora longitudinal o diagonal que realice con gran precisión el fratasado en el sentido longitudinal.

- Un equipo para ejecución de juntas en fresco, con cuchillos vibrantes de características adecuadas, o bien con dispositivos para inserción de tiras continuas de plástico, si se emplea alguno de estos métodos para formar las juntas.
- Sierras de las características adecuadas, en número suficiente para el ritmo de la obra, si las juntas se hacen en el hormigón endurecido, debiendo haber siempre una sierra de reserva. El tipo de disco deberá ser aprobado por el Director. El número de sierras necesarias se determinará previamente mediante ensayos de velocidad de corte del hormigón que vaya a emplearse.
- Un distribuidor de productos filmógenos de curado, si se utiliza este método, que asegure un reparto homogéneo y sin pérdidas por la acción del viento.

La instalación de hormigonado y el equipo de transporte deberán ser capaces de suministrar el hormigón adecuado al ritmo de obra, teniendo en cuenta que el tren de hormigonado y, en particular, la terminadora longitudinal o diagonal, no deben detenerse en su trabajo.

El Contratista podrá proponer el empleo de cualquier máquina que sustituya operaciones manuales por procedimientos mecánicos.

550.6.2 Equipo necesario para la ejecución de las obras con pavimentadoras de encofrados deslizantes

Si la ejecución se realiza con pavimentadoras de encofrados deslizantes, el equipo estará integrado como mínimo por las siguientes máquinas:

- Una pavimentadora de encofrados deslizantes para cada capa de construcción, que extenderá, compactará y enrasará uniformemente el hormigón. La pavimentadora empleada en la capa superior deberá realizar además un fratasado del hormigón, de forma que se obtenga mecánicamente un pavimento denso y homogéneo, salvo algunas operaciones de carácter manual.

Las pavimentadoras estarán equipadas de un sistema de guiado por hilo, debiendo actuar los mecanismos correctores en cuanto las desviaciones de la pavimentadora respecto al hilo excedan como máximo de tres milímetros (3 mm) en alzado o diez milímetros (10 mm) en planta.

Las pavimentadoras estarán dotadas de encofrados móviles de dimensiones, forma y resistencia suficientes para sostener el hormigón lateralmente durante el tiempo necesario para la ejecución del pavimento con la sección transversal requerida.

Las pavimentadoras compactarán adecuadamente el hormigón por vibración interna en todo el ancho del pavimento, mediante vibradores transversales o mediante una serie de unidades de vibrado longitudinal; en este caso, la separación entre unidades de vibrado estará comprendida entre cincuenta (50) y setenta y cinco (75) centímetros, medidos de centro a centro. La separación entre el centro de la unidad de vibrado extrema y la cara interna del encofrado correspondiente no excederá de quince centímetros (15 cm).

La frecuencia de vibración de cada unidad vibrante no será inferior a cinco mil (5.000) ciclos por minuto y la amplitud de la vibración será la suficiente para ser perceptible en la superficie del hormigón a lo largo de toda la longitud vibrante y a una distancia de treinta centímetros (30 cm).

La longitud de la placa conformadora de la pavimentadora de encofrados deslizantes será la suficiente para que no se aprecien vibraciones en la superficie del hormigón tras el borde posterior de la placa.

Si la junta longitudinal se ejecuta en fresco, la pavimentadora de encofrados deslizantes deberá ir provista de los mecanismos necesarios para dicha operación.

- Un equipo para ejecución de juntas en fresco, si se emplea esta modalidad de juntas; para la junta longitudinal podrá estar incorporado a la pavimentadora.
- Si las juntas se hacen en el hormigón endurecido, se deberá disponer de sierras de las características adecuadas, en número suficiente para el ritmo de la obra, debiendo haber siempre una sierra de reserva. El tipo de disco deberá ser aprobado por el Director. El número de sierras necesarias se determinará previamente mediante ensayos de velocidad de corte del hormigón que vaya a emplearse.
- Un distribuidor de productos filmógenos de curado, si se utiliza este método, que asegure un reparto homogéneo y sin pérdidas por la acción del viento.

La instalación de hormigonado y el equipo de transporte deberán ser capaces de suministrar el hormigón adecuado al ritmo de obra, teniendo en cuenta que la pavimentadora no debe detenerse en su trabajo durante toda la jornada.

El Contratista podrá proponer el empleo de cualquier máquina que sustituya operaciones manuales por procedimientos mecánicos.

550.7 TRAMOS DE ENSAYO

Adoptada una dosificación por medio de los ensayos característicos en obra, definidos en el apartado 550.5.2, se procederá a la realización de un tramo de ensayo con el mismo equipo, ritmo de hormigonado y métodos de construcción que se vayan a utilizar en el resto de la obra.

Dicho tramo de ensayo estará situado fuera de la calzada a pavimentar; tendrá la longitud definida en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, que será como mínimo de cincuenta metros (50 m).

En el curso de la prueba se comprobará que los medios de vibración son capaces de compactar adecuadamente el hormigón en todo el espesor del pavimento; que se cumplen las limitaciones de regularidad y rugosidad superficial establecidas; que el proceso de curado y protección del hormigón fresco es adecuado; y que las juntas se realizan correctamente.

Si los resultados no son satisfactorios, se procederá a la realización de sucesivos tramos de ensayo, introduciendo las oportunas variaciones en los equipos o métodos de puesta en obra, hasta obtener un pavimento con las cualidades exigidas. Si mediante los ensayos característicos se ha comprobado la idoneidad de varias dosificaciones podrá sustituirse la utilizada en el primer tramo de ensayo por alguna de las restantes, con la aprobación del Director.

Una vez realizado un tramo de ensayo cumpliendo con las limitaciones prescritas, podrá procederse a la construcción del pavimento.

En dicho tramo de ensayo se extraerán testigos para la determinación de la resistencia del hormigón. El valor medio de los resultados de estos ensayos servirá de base para su comparación con los resultados de los ensayos de información. El proceso de curado del tramo de ensayo deberá prolongarse durante el período prescrito, y entre los veintiocho (28) y los cincuenta y cuatro (54) días de su puesta en obra se extraerán de él seis (6) testigos cilíndricos con arreglo a la Norma UNE 7241. Cada uno de dichos testigos distará del más próximo como mínimo siete metros (7 m) en sentido longitudinal, y estará separado más de cincuenta centímetros (50 cm) de cualquier junta o borde.

Los testigos así obtenidos se ensayarán a tracción indirecta a la edad de cincuenta y seis (56) días, de acuerdo con la Norma UNE 7396, después de haber sido conservados durante las cuarenta y ocho (48) horas anteriores al ensayo en las condiciones previstas en la Norma UNE 7241.

550.8 EJECUCION DE LAS OBRAS

550.8.1 Preparación de la superficie de apoyo del hormigón

El hormigón no se extenderá hasta que se haya comprobado que la superficie sobre la que ha de asentarse tiene la densidad debida y las rasantes indicadas en los Planos, con las tolerancias establecidas en este Pliego para la unidad de obra correspondiente.

Si en dicha superficie existen irregularidades que excedan de las mencionadas tolerancias, se corregirán de acuerdo con lo prescrito en la unidad de obra correspondiente de este Pliego.

Cuando se emplee el método de construcción con encofrados fijos, se pasará un gálibo para comprobar que la altura libre de encofrado corresponde al espesor de la losa.

Antes de la puesta en obra del hormigón, y si es necesario a juicio del Director, se impermeabilizará la superficie de apoyo con un producto bituminoso adecuado, o se cubrirá con papel especial, láminas de material plástico u otro procedimiento aprobado por el Director. En caso de utilizarse papel o láminas de plástico, se colocarán con solapes no inferiores a quince centímetros (15 cm), plegándose además lateralmente contra el encofrado, cuando se utilice. El solape se hará teniendo en cuenta la pendiente longitudinal y transversal, para asegurar la impermeabilidad.

En cualquiera de los casos, se prohibirá circular sobre la superficie preparada, salvo a personas o equipos que sean absolutamente precisos para la ejecución del pavimento. En este caso, se tomarán todas las precauciones necesarias y será precisa la autorización del Director.

550.8.2 Fabricación del hormigón

550.8.2.1 Acopio de áridos

No se admitirá ningún método de acopio de los áridos o de transporte desde los acopios a las tolvas de la planta que pueda ser causa de segregación, degradación o mezcla de materiales de distintos tamaños.

Se tomarán las medidas necesarias para impedir la contaminación de los áridos por contacto con el suelo y para asegurar un drenaje adecuado de la superficie de apoyo.

Antes de iniciarse la pavimentación deberá estar acopiado al menos un cincuenta por ciento (50 %) de los áridos necesarios.

550.8.2.2 Suministro y acopio de cemento

El cemento se suministrará y acopiará de acuerdo con las prescripciones contenidas en el apartado 5.2 de la vigente Instrucción EH-73.

La capacidad mínima de acopio de cemento de la planta corresponderá al consumo de una jornada de rendimiento normal.

550.8.2.3 Acopio de aditivos

Los aditivos se protegerán convenientemente de la intemperie y de toda contaminación. En particular los sacos de productos en polvo se almacenarán bajo cubierta y sobre plancha aislante, observando las mismas precauciones que en el caso del acopio de cemento.

Los aditivos suministrados en forma líquida se almacenarán en recipientes estancos y protegidos de las heladas.

550.8.2.4 Básculas

Las básculas utilizadas para la dosificación de áridos y cemento se controlarán con la frecuencia necesaria para verificar su exactitud y, como mínimo, una vez cada quince (15) días.

Las básculas tendrán una precisión, cuando se comprueben con cargas estáticas, del medio por ciento, por exceso o por defecto ($\pm 0,5\%$), de la capacidad total de la báscula.

Deberá disponerse de un conjunto adecuado de pesas patrón para comprobar la precisión de las básculas.

El equipo de pesada estará aislado contra vibraciones o movimientos de otros equipos de la planta, de forma que, cuando la planta completa esté en funcionamiento, las lecturas marcadas por las agujas, después de paradas, no varíen del peso designado en más del uno por ciento (1 %) para el cemento, uno y medio por ciento (1,5 %) para cada tamaño de árido, o uno por ciento (1 %) para el total de los áridos, si éstos se pesan conjuntamente.

550.8.2.5 Dosificación

La dosificación consistirá en combinar los áridos de los tamaños especificados, almacenados en tolvas separadas, con el cemento, el agua y eventuales aditivos en las proporciones prefijadas.

Los áridos y el cemento a granel para la fabricación del hormigón de pavimentos se dosificarán por peso, por medio de dispositivos automáticos de dosificación, cumpliendo los requisitos especificados en este apartado.

En la fórmula de trabajo, las dosificaciones de los áridos se establecerán en peso de materiales secos, teniéndose en cuenta su humedad, determinada según la Norma NLT-103/72, al ajustar los dispositivos de pesada. La humedad superficial del árido fino podrá controlarse también por medio de dispositivos automáticos.

En el momento de su dosificación, los áridos tendrán una humedad suficientemente baja para que no se produzca un escurrido visible de agua de los áridos durante el transporte desde la planta de dosificación al dispositivo de mezclado.

El grado de automatismo del equipo de dosificación deberá ser tal que la única operación manual que se efectúe para dosificar los áridos y el cemento de una amasada, una vez fijadas las proporciones de los componentes, sea la de accionamiento de interruptores o conmutadores.

El cuadro o las palancas de las básculas automáticas estarán dispuestas de tal forma que sus controles estén en un compartimento fácilmente accesible que pueda ser cerrado con llave cuando así se requiera. En caso de utilizarse una sola tolva de pesada para la dosificación del conjunto de los áridos, el sistema de pesada automático estará concebido de forma que se pueda fijar el tamaño y secuencia de las pesadas individuales, y variarlos cuando se desee.

El cemento a granel se pesará en una báscula independiente de la utilizada para la dosificación de los áridos. El mecanismo de carga del cemento a granel en su tolva de pesada estará enclavado contra cierre, antes de que dicha tolva esté cargada con el peso correcto. El mecanismo de descarga del cemento a granel desde su tolva de pesada estará enclavado contra apertura, mientras la carga del cemento en ella no haya finalizado y la cantidad de cemento en la tolva tenga un peso inferior o superior en un uno por ciento (1 %) a la cantidad especificada.

La dosificación de los áridos podrá efectuarse por pesada acumulativa con una sola tolva de pesada, o mediante pesadas individuales con una tolva de pesada independiente para cada tipo de árido. Si la dosificación es por pesada acumulada, los dispositivos de descarga de las distintas tolvas de almacenamiento y descarga de la tolva de pesada estarán enclavados entre sí, de forma que no pueda descargarse más de una tolva de almacenamiento al mismo tiempo; que el orden de descarga pueda ser establecido en la forma prevista; y que la tolva de pesada no se pueda descargar hasta que la cantidad requerida de cada uno de los distintos áridos haya sido depositada en ella, y estén cerrados todos los dispositivos de descarga de los áridos. El mecanismo de descarga de los áridos desde su tolva de pesada deberá estar enclavado contra apertura cuando la cantidad de árido en la tolva, después de cada pesada, tenga un peso que no difiera en más de un uno por ciento (1 %) de la respectiva cantidad acumulada especificada. Si se utilizan tolvas de pesada independiente para cada tipo de árido, todas podrán ser operadas y descargadas simultáneamente. El mecanismo de descarga de cada uno de los áridos desde su respectiva tolva de pesada deberá estar enclavado contra apertura cuando la cantidad de árido en la tolva tenga un peso que no difiera en más de un dos por ciento (2 %) de la cantidad especificada.

El enclavamiento no permitirá que una parte de la dosificación sea descargada, hasta que todas las tolvas de los áridos y el cemento estén cargadas con el peso correcto, dentro de los límites especificados anteriormente. Una vez comenzada la descarga, quedarán enclavados los dispositivos de dosificación de cemento a granel y de los áridos, de tal forma que no pueda comenzar una nueva dosificación hasta que las tolvas de pesada estén vacías, sus compuertas de descarga cerradas y los indicadores de peso de las balanzas a cero, con una tolerancia de tres décimas por ciento ($\pm 0,3$ %) de su capacidad total.

El mecanismo de descarga de la tolva de pesada de cemento estará diseñado de tal forma que permita la regulación de la salida del cemento sobre los áridos.

El agua añadida se medirá en peso o volumen con una tolerancia del uno por ciento (± 1 %) respecto a la cantidad total de agua de amasado requerida.

Los aditivos en polvo se medirán en peso y los aditivos en forma de líquido o de pasta en peso o en volumen, con una precisión en cualquier caso del tres por ciento (± 3 %) de la cantidad especificada.

550.8.2.6 Amasado

El amasado se realizará en central amasadora. En el caso de carreteras secundarias o en obras de pequeño volumen, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá autorizar el amasado en camiones hormigonera; en cuyo caso serán de aplicación las prescripciones correspondientes del Artículo 610, «Hormigones».

Excepto para el hormigonado en tiempo frío, la temperatura del agua de amasado no será superior a cuarenta grados centígrados (40° C). En tiempo frío, el agua y los áridos no serán calentados por encima de sesenta y cinco grados centígrados (65° C).

Si se utiliza hielo para enfriar el hormigón, la descarga de la hormigonera no comenzará antes de que el hielo se haya fundido en su totalidad.

Para el amasado, los componentes se introducirán de tal forma en la hormigonera que aproximadamente la mitad del agua entre antes que el cemento y los áridos. Cuando se incorpore a la mezcla agua calentada, la cantidad de este líquido primeramente vertida en la cuba de la hormigonera no excederá de la cuarta parte de la dosis total. Toda el agua estará en la hormigonera al final del primer cuarto de tiempo de amasado especificado, contado a partir del final de la introducción del cemento y de los áridos.

Los aditivos en forma líquida o de pasta se añadirán al agua de amasado antes de su introducción en la hormigonera. Los aditivos en polvo deberán introducirse en la hormigonera junto con el cemento o los áridos, excepto cuando el aditivo contenga cloruro cálcico, en cuyo caso no podrá añadirse en contacto con el cemento.

Se operará con un mecanismo automático de tiempo de amasado. El temporizador y el mecanismo de descarga estarán combinados de tal forma que durante la operación normal no haya descarga de ninguna parte de la amasada, hasta que el tiempo específico de mezcla haya transcurrido.

El período de amasado será el necesario para lograr una mezcla íntima y homogénea de la masa, sin segregación. Su duración mínima se establecerá mediante las pruebas pertinentes y deberá ser aprobada por el Director.

Antes de volver a cargar de nuevo la hormigonera, se vaciará totalmente su contenido.

Cuando la hormigonera haya estado parada más de treinta (30) minutos, se limpiará perfectamente antes de volver a verter materiales en ella. Asimismo se limpiará perfectamente la hormigonera antes de comenzar la fabricación de hormigón con un nuevo tipo de cemento.

550.8.3 Transporte del hormigón

El transporte desde la hormigonera se realizará tan rápidamente como sea posible con camiones sin elementos de agitación, de forma que se impida toda segregación, exudación, evaporación de agua o intrusión de cuerpos extraños en la masa. En carreteras de tráfico ligero o en obras de pequeño volumen el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá autorizar el empleo de camiones hormigonera o camiones provistos de agitadores, en cuyo caso serán de aplicación las prescripciones correspondientes del Artículo 610, «Hormigones».

No deberá ser transportado un mismo amasijo en camiones o compartimentos diferentes, ni se mezclarán masas frescas fabricadas con distintos tipos de cemento.

La máxima caída libre vertical de las masas en cualquier punto de su recorrido no excederá de un metro y medio (1,5 m), procurándose que la descarga del hormigón en la obra se realice lo más cerca posible del lugar de su ubicación definitiva, para reducir al mínimo las posteriores manipulaciones.

El hormigón transportado en vehículo abierto se protegerá durante el transporte contra la lluvia; o contra una exposición al sol durante más de veinte (20) minutos cuando la temperatura ambiente exceda de veinte grados centígrados (20° C).

La descarga del hormigón transportado en camiones sin elementos de agitación deberá haber terminado dentro de un período de cuarenta y cinco minutos (45 min) después de la introducción del cemento y los áridos en la hormigonera de la central. Sin embargo, bajo condiciones atmosféricas que causen un rápido endurecimiento del hormigón, o cuando la temperatura de éste sea de treinta grados centígrados (30° C) o superior, el tiempo de transporte no deberá exceder de treinta minutos (30 min). Los plazos antes indicados podrán ser aumentados en el caso de que se utilicen retardadores de fraguado.

Deberá disponerse de un equipo para la limpieza de los camiones inmediatamente antes de su carga.

550.8.4 Colocación de encofrados o elementos de rodadura de las máquinas

Los encofrados podrán constituir por sí mismos el camino de rodadura de las máquinas de ejecución del pavimento, o estarán provistos de un carril para atender a esa función. En cualquier caso, deberán poseer una gran rigidez y estar desprovistos de combados, curvaturas, muescas u otros defectos, no pudiendo utilizarse encofrados defectuosos. Su base deberá tener un ancho no inferior a veinte centímetros (20 cm).

Tanto cada elemento por separado como el conjunto de los mismos, ofrecerán la misma regularidad a la rodadura que se exija al pavimento terminado, y presentarán una continuidad de apoyo sobre la superficie sustentante. En las curvas, los encofrados se ajustarán de acuerdo con las poligonales más convenientes, pudiendo emplearse encofrados rectos rígidos, con una longitud máxima de uno y medio (1,5) metros, en las de menos de treinta metros (30 m) de radio.

Los encofrados se fijarán al terreno mediante clavijas para impedir que puedan moverse tanto lateral como verticalmente, debiendo disponerse sendas clavijas en los extremos de los encofrados. La máxima separación entre clavijas será de un metro (1 m).

Si por superar el espesor del borde de las losas debe suplementarse la altura del encofrado, el incremento de altura no será superior al treinta por ciento (30 %) de la altura original del mismo.

Una vez colocados los encofrados y después de una pasada de las máquinas en vacío, pero con los vibradores en funcionamiento, se comprobará que las variaciones de nivelación en la superficie de rodadura de los mismos no superan los tres milímetros (3 mm) respecto a la rasante teórica, mientras que las desviaciones en planta respecto a la alineación teórica no deberán superar un centímetro (1 cm). La cantidad de encofrado disponible será suficiente para que, supuesto un plazo mínimo de desencofrado del hormigón de dieciséis horas (16 h), se tenga en todo momento colocada y a punto, por delante de la primera máquina, una longitud de encofrado igual o mayor a la que corresponde a tres horas (3 h) de hormigonado.

La cara interior del encofrado aparecerá siempre limpia, sin restos de hormigón adheridos a ella. Antes de proceder a la puesta en obra del hormigón, se recubrirá dicha cara con un producto antiadherente, cuya composición y dotación deberán haber sido aprobadas por el Director.

Cuando la maquinaria utilice como encofrado un bordillo o una franja de pavimento rígido construido anteriormente, éste deberá haber alcanzado una edad de tres (3) días.

Las ruedas de la maquinaria, si no están provistas de bandas de goma, rodarán sobre carriles, listones de madera, u otros dispositivos análogos, para evitar el contacto directo con el hormigón, colocados a una distancia conveniente del borde del pavimento. Si se observaran daños estructurales o superficiales en éste, deberá suspenderse el hormigonado, reanudándose cuando el pavimento haya adquirido la resistencia o se hayan adoptado precauciones adicionales suficientes para que no se vuelvan a producir dichos daños.

550.8.5 Colocación de los elementos para guiado de las pavimentadoras de encofrado deslizante

El espaciamiento de los piquetes que sostienen el hilo de guiado no será superior a doce metros (12 m); los apoyos del hilo en los piquetes tendrán la cota teórica, y la flecha del hilo entre dos piquetes será inferior a dos milímetros (2 mm).

Cuando se hormigone una banda adyacente a otra existente se observarán las mismas precauciones que en el caso de trabajar entre encofrados fijos.

550.8.6 Colocación de los elementos de las juntas

Los elementos de las juntas que deban disponerse con anterioridad al vertido del hormigón, se realizarán de acuerdo con los Planos y el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Los pasadores serán paralelos entre sí y al eje de la calzada. La máxima desviación, tanto en planta como en alzado, del eje de un pasador respecto a su posición teórica, será de milímetro y medio (1,5 mm). La máxima diferencia entre las alineaciones de dos pasadores consecutivos será de milímetro y medio (1,5 mm), tanto en planta como en alzado.

Salvo que los pasadores se introduzcan por vibración en el pavimento mediante máquinas adecuadas, deberán disponerse sobre una cuna de varillas metálicas, suficientemente sólidas y con uniones soldadas, que se fijará a la base de un modo firme; la rigidez de la cuna en posición definitiva será tal que al aplicar a un extremo de cualquier pasador una carga de doce kilogramos (12 kg) en dirección horizontal o vertical, el giro del pasador no sea superior a un doscientosavo (1/200).

Los elementos que se coloquen en las juntas se dispondrán en su posición exacta, dejando la correspondiente referencia que defina esta posición a la hora de completar la junta.

550.8.7 Puesta en obra del hormigón

La extensión y puesta en obra del hormigón se realizará con máquinas entre encofrados fijos o con pavimentadoras de encofrados deslizantes.

No deberá transcurrir más de una hora (1 h) entre la fabricación del hormigón y su puesta en obra, compactación y acabado. El Director podrá aumentar este plazo hasta un má-

ximo de dos horas (2 h) si se adoptan las precauciones necesarias para retrasar el fraguado del hormigón, o cuando concurren condiciones favorables de humedad y temperatura, o bien cuando se utilicen camiones hormigonera o camiones provistos de agitadores. En ningún caso se colocarán en obra amasijos que acusen un principio de fraguado, segregación o desecación.

La descarga y extensión se realizarán de forma que no se perturbe la posición de elementos que estuvieran ya presentados.

Cuando la puesta en obra tenga lugar entre encofrados fijos, el hormigón se distribuirá uniformemente con extendedora mecánica; una vez extendido, el hormigón se compactará y enrasará por medio de una o varias máquinas. El número y capacidad de las máquinas serán los adecuados para poner en obra, al mismo ritmo, la producción de la hormigonera.

El camino de rodadura constituido por la parte superior de los encofrados o por el pavimento adyacente, y la superficie de contacto de las ruedas, se mantendrán limpios por medio de dispositivos adecuados acoplados a las máquinas.

Durante la compactación se cuidará que delante de la maestra delantera se mantenga en todo momento, y en todo el ancho de pavimentación, un exceso de hormigón en forma de cordón de varios centímetros de altura. Del mismo modo, y delante de la maestra trasera de la última terminadora, se mantendrá un cordón continuo de mortero fresco de la menor altura posible.

Los elementos vibratorios de las máquinas no se apoyarán sobre pavimentos terminados o encofrados laterales, y en las pavimentadoras de encofrados deslizantes deberán dejar de funcionar en el instante en que éstas se detengan.

Si se hormigona en dos capas, se colocará en su caso la armadura, y se extenderá la segunda capa lo más rápidamente posible, antes de que comience el fraguado del hormigón de la primera. En cualquier caso, entre la puesta en obra de ambas capas no deberá transcurrir más de una hora (1 h). Este plazo podrá ampliarse, cuando concurren condiciones favorables de humedad y temperatura, en el tiempo que estime el Director, hasta un máximo de dos horas (2 h).

Si se interrumpe la extensión por más de media hora (1/2 h) se tapaná el frente del hormigón con arpilleras húmedas. Si el plazo de interrupción es superior al máximo admitido entre la fabricación y puesta en obra del hormigón, se dispondrá una junta de hormigonado transversal, de acuerdo con lo indicado en el apartado 550.8.9.

El hormigonado se hará por carriles de ancho constante, separados por juntas longitudinales de construcción. Cuando el pavimento esté constituido por dos o más carriles en el mismo sentido de circulación, se hormigonarán al menos dos carriles al mismo tiempo. Se dispondrán pasarelas móviles, con objeto de facilitar la circulación del personal y evitar perjuicios al hormigón fresco.

Los trabajos de hormigonado tendrán todos los accesos señalizados para proteger el pavimento.

El hormigón que haya de colocarse en anchos inferiores al de un carril, se compactará y enrasará mecánicamente, con la ayuda de los métodos manuales que sean necesarios.

Para la compactación manual se utilizará un tablón calzado con una pletina pesada que constituirá la superficie de apisonado, y rigidizado convenientemente para que conserve su for-

ma. Cuando la producción de hormigón sea superior a treinta metros cúbicos por hora ($30 \text{ m}^3/\text{h}$) y la compactación se realice manualmente, se utilizarán al menos dos (2) maestras de apisonado. El hormigón se compactará por apisonado, dejando caer la maestra y avanzando en sentido longitudinal. Se mantendrá siempre un exceso de hormigón delante de la maestra y se continuará compactando hasta que se haya conseguido la sección transversal exigida y el mortero fluya ligeramente a la superficie.

550.8.8 Colocación de armaduras

Las armaduras se colocarán en las zonas y forma que se indiquen en los Planos, limpias de toda suciedad y óxido no adherente; si es preciso, se sujetarán para impedir todo movimiento durante el hormigonado.

En los pavimentos armados con juntas, las armaduras se interrumpirán diez centímetros (10 cm) a cada lado de la junta. Cuando sea necesario solapar armaduras, las barras longitudinales se solaparán en dos mallas y las transversales en una.

Será imprescindible que la armadura se coloque paralela a la superficie del pavimento. Por ello, en el caso de pavimentos armados con juntas, si se utilizan mallazos, éstos deberán suministrarse y transportarse en témpanos, y no en rollos.

Las armaduras transversales se colocarán por debajo de las longitudinales. El recubrimiento de las armaduras longitudinales no será inferior a seis (6) centímetros ni superior a nueve (9) centímetros.

Las armaduras longitudinales se solaparán en una longitud mínima de treinta (30) diámetros. El número de solapes en una sección transversal no excederá del veinte por ciento (20 %) del total de barras longitudinales contenidas en dicha sección.

550.8.9 Ejecución de juntas en fresco

En las juntas longitudinales resultantes de hormigonar una banda contra otra ya construida, al hormigonar la banda adyacente se aplicará al canto de la anterior un producto para evitar la adherencia del hormigón nuevo con el antiguo. Se prestará la mayor atención y cuidado para conseguir que el hormigón que se coloque a lo largo de la junta sea homogéneo y quede perfectamente compactado, especialmente si se trata del tipo de junta de ranura y lengüeta. Se cuidará particularmente el desencofrado de estas zonas delicadas. Si se observasen desperfectos en la ranura, deberán corregirse antes de aplicar el producto antiadherente.

Las juntas de hormigonado transversales efectuadas en fresco, se dispondrán a fin de jornada, o cuando se haya producido por cualquier causa una interrupción en el proceso de hormigonado que haga temer un comienzo de fraguado en el frente de avance. A este respecto, una parada de treinta minutos (30 min), en tiempo seco y caluroso, será causa suficiente para establecer una junta de hormigonado.

Siempre que sea posible, se harán coincidir estas juntas con una de contracción o de dilatación, modificándola si es preciso, de acuerdo con las instrucciones del Director. De no ser así, se dispondrán a más de un metro y medio (1,5 m) de distancia de la junta más próxima y se ejecutarán de acuerdo con los Planos.

En las juntas de contracción efectuadas en el hormigón fresco, la ranura superior, que ha de situarse en la posición estricta que fija la referencia correspondiente, deberá hacerse

con un cuchillo vibrante o elemento similar aprobado por el Director. Esta operación se llevará a cabo inmediatamente después del paso de la terminadora transversal y antes del acabado longitudinal del pavimento. La ranura se obturará con una plancha de material rígido adecuado y se retocarán manualmente las zonas de los bordes para corregir las imperfecciones que hayan quedado en torno a éstos.

Las juntas transversales y longitudinales podrán también realizarse mediante inserción en el hormigón fresco de una tira continua de material plástico o de otro tipo aprobado por el Director. No se permitirán empalmes en dicha tira en las juntas de contracción, pero sí en las longitudinales, si mantienen la continuidad del material de la junta. Después de su colocación, el eje vertical de la tira formará un ángulo máximo de diez grados (10°) con un plano perpendicular a la superficie del pavimento. La parte superior de la tira no quedará por encima de la superficie del pavimento ni más de cinco milímetros (5 mm) por debajo de ella. Las tiras se colocarán conforme a la situación de las juntas, indicada en los Planos.

550.8.10 Acabado

A menos que se instale una iluminación suficiente a juicio del Director, el hormigonado del pavimento se detendrá con la antelación debida para que las operaciones de acabado se puedan concluir con luz natural.

Se prohibirá el regado con agua o la extensión de mortero sobre la superficie del hormigón para facilitar su acabado. Cuando sea necesario aportar material para corregir algún punto bajo, se empleará hormigón aún no extendido.

Los equipos de pavimentación podrán estar dotados de unos dispositivos de fina pulverización de agua para poder ser utilizados ocasionalmente, en caso necesario, previa autorización del Director. En caso de que aparezcan grietas finas en la superficie del hormigón recientemente colocado, antes de su fraguado, se le aplicará agua con un pulverizador, de forma que se produzca una neblina y no un riego, hasta que las operaciones de acabado hayan finalizado y se haya iniciado el curado del hormigón.

550.8.10.1 Acabado entre encofrados fijos

El acabado del pavimento se realizará con una terminadora autopropulsada que pueda rodar sobre los encofrados o sobre las bandas adyacentes de hormigón. La longitud, disposición longitudinal o diagonal, y movimiento de vaivén del fratás, serán los adecuados para eliminar las irregularidades superficiales y obtener el perfil sin rebasar las tolerancias fijadas. La terminadora tendrá capacidad suficiente para acabar el hormigón con un ritmo igual al de fabricación de la planta.

En pavimentos para tráfico ligero, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares podrá admitir un fratado manual. Por otra parte, este acabado podrá emplearse también en aquellos lugares que por su forma o ubicación no permitan el empleo de máquinas. La superficie del hormigón se alisará y nivelará con dos fratases de longitud no inferior a cuatro metros (4 m) y diez centímetros (10 cm) de anchura, rigidizados con costillas y con tornillos de ajuste entre las costillas y el fratás a distancias no superiores a sesenta centímetros (60 cm) entre centros. Los fratases tendrán un mango suficientemente largo para que puedan ser manejados desde fuera del pavimento. Con el borde del fratás se recortarán todas las protuberancias, relleno las depresiones con el material así obtenido hasta conseguir una superficie correcta y uniforme. Los fratases se mantendrán con su mayor dimensión paralela al eje del pavimento. Cada pasada sucesiva solapará sólo ligeramente la pasada anterior, volviendo luego a pasar el fratás para alisar la banda de solape.

El acabado manual se realizará a la mayor distancia posible de la terminadora transversal siempre que el hormigón se mantenga trabajable. El número de pasadas será el necesario para eliminar todas las irregularidades perceptibles.

550.8.10.2 Acabado con pavimentadoras de encofrados deslizantes

El equipo de pavimentación dispondrá de los elementos necesarios de acabado para conseguir las tolerancias exigidas. La superficie del pavimento no deberá ser retocada, salvo cuando se trate de zonas irregulares aisladas, comprobadas con una regla de longitud no inferior a cuatro metros (4 m). En este caso se hará un fratasado manual en la forma indicada en 550.8.10.1.

550.8.10.3 Acabado de los bordes

Terminadas las operaciones de fratasado anteriormente descritas, y cuando el hormigón esté todavía fresco, se redondearán cuidadosamente los bordes de las losas con una llana especial de doce milímetros (12 mm) de radio.

Cuando se utilicen pavimentadoras de encofrados deslizantes, cualquier desplome del borde del pavimento, que exceda de seis milímetros (6 mm), excluido el redondeado de éste, se corregirá antes de que el hormigón haya endurecido.

Las juntas transversales de construcción y las juntas de dilatación se redondearán del mismo modo que los bordes longitudinales, pero con un radio de seis milímetros (6 mm).

550.8.11 Textura superficial

Una vez acabado el pavimento, y antes del comienzo del fraguado del hormigón, se dará una textura transversal o longitudinal homogénea a la superficie del pavimento en forma de estriado o ranurado. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director, determinará el tipo de tratamiento superficial a emplear.

La textura superficial por estriado se obtendrá por la aplicación manual o mecánica de un cepillo con púas de plástico, alambre u otro material aprobado por el Director. Las estrías producidas serán sensiblemente perpendiculares o paralelas al eje de la calzada, según se trate de una textura transversal o longitudinal.

La textura superficial por ranurado será siempre transversal y se obtendrá mecánicamente mediante un peine con varillas de plástico, acero u otro material, o una placa con salientes de la misma forma que las ranuras a obtener; el dispositivo utilizado deberá ser aprobado por el Director. Las ranuras serán paralelas entre sí y tendrán una anchura y una profundidad comprendidas entre cinco (5) y siete (7) milímetros. La distancia entre sus ejes será variable y comprendida entre quince (15) y treinta y cinco (35) milímetros.

Al día siguiente del hormigonado se determinará la profundidad de la textura por el método del círculo de arena, al menos en diez (10) puntos aleatoriamente elegidos, debiendo obtenerse una profundidad media no inferior a un milímetro (1 mm) y una profundidad mínima, en cualquier ensayo, de sesenta centésimas de milímetro (0,60 mm), valores mínimos que podrán ser aumentados por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Después de diez (10) días de hormigonado, el Director podrá reducir el número indicado de ensayos.

En el caso de que la profundidad de la textura sea insuficiente, el Director podrá exigir un ranurado equivalente de la superficie con una serie de discos abrasivos en batería.

550.8.12 Protección del hormigón fresco y curado

Durante el primer período de endurecimiento, el hormigón fresco deberá protegerse contra el lavado por lluvia, contra una desecación rápida, especialmente en condiciones de baja humedad relativa del aire, fuerte insolación y/o viento; y contra los enfriamientos bruscos y la congelación.

En obras a ejecutar en zonas con clima lluvioso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o el Director, podrán exigir la disposición de una tienda sobre las máquinas de puesta en obra para proteger al hormigón hasta que adquiera la resistencia suficiente para que el acabado no sea afectado por la lluvia. Asimismo, en autopistas y carreteras de tráfico pesado se podrá exigir un tren de tejadillos bajos de color claro, cerrados y móviles, que cubran una longitud de pavimento igual, al menos, a la que pueda ser acabada en veinte minutos (20 min) de trabajo, siempre que la fabricación horaria de hormigón no sea superior a ciento cincuenta metros cúbicos (150 m³).

En el caso de que las losas sufran un deslavado por efecto de la lluvia, deberán ser sometidas posteriormente a un ranurado que proporcione al pavimento las características indicadas en el apartado 550.8.11.

El hormigón se someterá al proceso de curado previsto en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares en cuanto haya adquirido la resistencia suficiente para que la terminación superficial no se vea afectada. Dicho proceso se prolongará a lo largo del plazo que al efecto fije el Director, según el tipo de cemento utilizado y las condiciones climatológicas de la obra; en general, dicho período no será inferior a siete (7) días.

Deberán someterse al proceso de curado todas las superficies expuestas del pavimento, incluidos los bordes en el momento en que queden libres.

Durante un período de protección, que en general no será inferior a tres días (3 d) a partir de la puesta en obra del hormigón, estará prohibido todo tipo de circulación sobre él, excepto la necesaria para las operaciones de serrado de juntas y comprobación de la regularidad superficial.

550.8.12.1 Curado con productos filmógenos

Cuando para el curado se utilicen productos filmógenos, éstos deberán aplicarse tan pronto como hayan concluido las operaciones de acabado y el agua libre sobre la superficie haya desaparecido completamente, adquiriendo ésta un tono mate. Sin embargo, bajo condiciones ambientales adversas de baja humedad relativa, altas temperaturas, fuertes vientos o lluvia, el producto deberá ser aplicado antes de dicho plazo.

El producto de curado cumplirá las especificaciones del Artículo 285, «Productos filmógenos de curado», y será aplicado de manera uniforme en una proporción suficiente para cumplir con las exigencias del ensayo de retención de agua, según la Norma ASTM C 156. Si se prevé que el pavimento, durante su construcción, va a estar sometido a condiciones atmosféricas muy variables, el Director podrá exigir una dosificación adaptada a cada caso.

Cuando las condiciones atmosféricas favorezcan la desecación del hormigón, el Director podrá ordenar el reforzar la acción del producto de curado, bien extendiendo sobre la superficie de las losas una neblina fina de agua, o bien aplicando una capa de arena, láminas de plástico u otros materiales que proporcionen el debido aislamiento. Dichas medidas se prolongarán durante el período que el Director considere necesario.

El producto de curado será aplicado en toda la superficie del pavimento por medios accionados mecánicamente que aseguren una pulverización del producto en un rocío fino, de forma continua y uniforme. El pulverizador irá provisto de dispositivos que proporcionen una adecuada protección del producto pulverizado contra el viento; y de un dispositivo mecánico en el tanque de almacenamiento del producto de curado que someta a éste a una continua agitación durante su aplicación sobre el pavimento. Igualmente deberá disponer de un manómetro para controlar la presión de aplicación del producto, de un contador para controlar el rendimiento, y de los dispositivos necesarios para modificar el rendimiento cuando se desee.

Los pulverizadores accionados manualmente podrán ser utilizados en obras pequeñas, zonas irregulares o bien inaccesibles por los dispositivos mecánicos; y siempre bajo la aprobación del Director.

Se extenderá producto de curado sobre las paredes de las juntas inmediatamente después de ser serradas, en caso de que se ejecuten por este sistema. Igualmente se extenderá producto de curado sobre las zonas en que por cualquier circunstancia la película formada se estropee durante el período de curado, excepto en las proximidades de las juntas cuando éstas hayan sido ya selladas con productos bituminosos.

550.8.12.2 Curado por humedad

Quando el método de curado sea por humedad, se cubrirá la superficie del pavimento con arpilleras, esterillas u otros materiales análogos de alto poder de retención de humedad, una vez que el hormigón haya alcanzado la resistencia suficiente para que no se vea perjudicada la terminación superficial. Dichos materiales no deberán estar impregnados o contaminados de sustancias perjudiciales al hormigón, o simplemente susceptibles de teñir o ensuciar la superficie.

Hasta que la superficie del hormigón se cubra con los materiales previstos, ésta se mantendrá húmeda aplicando agua por medio de dispositivos que la atomicen en forma de neblina y no de riego. El agua no será aplicada a presión directamente sobre el hormigón, y no se permitirá que se acumule sobre la superficie de forma que se produzca un flujo de agua en ésta o se deslave el hormigón.

Los materiales utilizados se mantendrán saturados de agua durante el período previsto de curado.

550.8.12.3 Curado mediante membranas impermeables

Quando las juntas del pavimento se ejecuten en fresco, el curado también podrá realizarse por cubrición de la superficie con membranas impermeables, una vez que el hormigón haya alcanzado la resistencia suficiente para que no se vea perjudicada la terminación superficial.

Hasta que la superficie del hormigón se cubra con las membranas impermeables se mantendrá húmeda aplicando agua por medio de dispositivos que la atomicen en forma de neblina y no de riego. El agua no será aplicada a presión directamente sobre el hormigón, y no se permitirá que se acumule sobre la superficie de forma que se produzca un flujo de agua en ésta o se deslave el hormigón.

Las membranas serán de plástico o papel, cumpliendo con las especificaciones del apartado 550.2.5.

Las membranas deberán cubrir todas las superficies expuestas del pavimento. En los bordes longitudinales, las membranas deberán extenderse más allá de ellos en una longitud igual o superior al espesor de la losa. Los solapes entre las membranas serán al menos de treinta centímetros (30 cm), planchándose bien los distintos bordes para impedir que el aire se introduzca por debajo de ellos.

Para evitar el levantamiento de las membranas por efecto del viento, todos los bordes laterales y solapes se asegurarán con caballetes continuos de tierra u otros materiales adecuados.

Si cualquier porción de las membranas resulta dañada o rota antes de las setenta y dos (72) horas después de ser colocada, deberá ser inmediatamente cubierta con una nueva membrana en buen estado, con la que se adoptarán las mismas medidas de sujeción que con el resto de las membranas.

No podrán utilizarse porciones de membrana que hayan perdido sus cualidades impermeables o hayan sido rotas o dañadas hasta el punto de volverse inadecuadas para el curado.

Las membranas se mantendrán sobre las losas durante el período previsto de curado.

550.8.12.4 Protección contra el frío

Durante el período de curado del hormigón, e independientemente de las precauciones a adoptar en su fabricación y puesta en obra, deberá protegerse el pavimento contra la acción de un enfriamiento rápido o helada. En particular, cuando exista la posibilidad de un enfriamiento brusco del hormigón sometido a elevadas temperaturas diurnas, como los casos de lluvia después de un soleamiento intenso, o de descenso de la temperatura ambiente de más de veinticinco grados centígrados (25° C) entre el día y la noche, se le protegerá con materiales aislantes hasta la mañana siguiente a su puesta en obra.

550.8.13 Ejecución de juntas serradas

En las juntas transversales, el hormigón endurecido se serrará de forma y en instante tal que el borde de la ranura sea limpio y no se produzcan anteriormente grietas de retracción en la superficie del hormigón.

Las juntas longitudinales pueden serrarse en cualquier momento, después de transcurridas veinticuatro (24) horas desde la construcción del pavimento, siempre que se asegure que no pasará ningún tráfico, ni siquiera el de obra, hasta que se haya hecho esta operación.

Si el sellado de las juntas lo requiere, y con la aprobación del Director, la operación de serrado podrá realizarse en dos fases: la primera de ellas hasta la profundidad definida en los Planos, y la segunda, de ensanche para alojamiento del producto de sellado en la parte superior de la ranura.

Hasta el momento del sellado de las juntas, o hasta la apertura al tráfico del pavimento, en el caso de que las juntas vayan a dejarse sin sellar, se obturarán provisionalmente con cuerdas u otros elementos similares, con objeto de evitar la introducción de cuerpos extraños en las juntas.

550.8.14 Desencofrado

Cuando la ejecución del pavimento se realice entre encofrados fijos, el desencofrado no se efectuará antes de transcurridas dieciséis horas (16 h) a partir de la puesta en obra del hormigón. En cualquier caso, el Director podrá modificar el citado plazo en función de la resistencia alcanzada por el hormigón.

Los encofrados se retirarán y transportarán con precaución y cuidado tales que no se dañen los bordes de las losas ni aquéllos sufran deformaciones o deterioro.

En las zonas de cambio de tipo de pavimento y bordes laterales se protegerá adecuadamente el canto de las losas.

550.8.15 Sellado de las juntas

Una vez terminado el período de curado del hormigón y si está previsto el sellado de las juntas, se limpiarán enérgica y cuidadosamente el fondo y los bordes de la ranura, utilizando para ello procedimientos adecuados, tales como chorro de arena o cepillo de púas metálicas, dando una pasada final con aire comprimido. Finalizada esta operación, se imprimirán los bordes con un producto adecuado cuando el tipo de material que se emplee lo requiera.

Posteriormente se procederá a la colocación del material de sellado previsto en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Se cuidará especialmente la limpieza de la operación y se recogerá el posible exceso de material. El perfil de la junta sellada no deberá resultar con menisco convexo, ni presentar soluciones de continuidad en los bordes.

Las operaciones de sellado de juntas deberán suspenderse, salvo autorización del Director, cuando la temperatura del aire baje de cinco grados centígrados (5° C), o en caso de lluvia o viento fuerte.

550.9 CONTROL DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGON EN OBRA

550.9.1 Ensayos de control

Estos ensayos serán preceptivos en todos los casos y tienen por objeto comprobar, a lo largo de la ejecución, que la resistencia característica del hormigón de la obra es igual o superior a la resistencia especificada.

Cada día de hormigonado se determinará la resistencia de N amasadas diferentes. El valor de N será fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto por el Director, debiendo ser igual o superior a tres (3) en el caso de autopistas y carreteras de tráfico pesado o medio, y a dos (2) en el resto de los casos.

La resistencia de cada amasada vendrá expresada por el valor medio de la resistencia a flexotracción de n probetas prismáticas de quince por quince por sesenta centímetros (15 × 15 × 60 cm), confeccionadas de acuerdo con la Norma UNE 7240, con hormigón tomado de la misma. El valor de n será fijado por el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o por el Director, debiendo ser igual o mayor que dos (2).

Cada vez que se vaya a confeccionar una serie de probetas deberán controlarse en primer lugar la consistencia del hormigón y el contenido de aire ocluido, con los mismos métodos utilizados en los ensayos previos y en los característicos en obra. Si alguno de los resultados obtenidos no cae dentro de los límites establecidos se rechazará el hormigón de la amasada, volviéndose a repetir dichos ensayos con las siguientes hasta obtener unos resultados correctos, en cuyo caso podrá ponerse en obra el hormigón de la última amasada y confeccionar con él las probetas para el control de la resistencia.

Las probetas se conservarán en las condiciones previstas en la Norma UNE 7240 y se ensayarán a los veintiocho (28) días a flexotracción, según la Norma UNE 7395.

A partir del valor mínimo f_{\min} de las N resistencias a flexotracción de un día, se calculará el valor de la resistencia característica estimada a flexotracción f_{estf} :

$$f_{\text{estf}} = K_N \cdot f_{\min}$$

El valor del coeficiente K_N se deducirá de la Tabla 550.2 en función de la frecuencia diaria de ensayos:

TABLA 550.2

N	K_N
2	0,88
3	0,91
4	0,93
5	0,94
6	0,95

Si f_{estf} es mayor o igual que f_{okt} se considerará aceptable la resistencia del hormigón puesto en obra durante el día considerado.

Si f_{estf} es menor que f_{okt} , pero es mayor o igual que el noventa por ciento (90 %) de este valor, el Contratista podrá, o bien aceptar las sanciones que para este caso prevea el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o bien solicitar la realización de ensayos de información tal y como se indica en 550.9.2, aplicándose luego, de acuerdo con los resultados, las disposiciones contenidas en dicho subapartado.

Si f_{estf} es menor que el noventa por ciento (90 %) de f_{okt} , se procederá a la realización de ensayos de información, tal y como se indica en 550.9.2.

550.9.2 Ensayos de información

Estos ensayos serán siempre a expensas del Contratista. Para su realización se extraerán en forma aleatoria de la superficie hormigonada durante el día considerado y antes de los cincuenta y cuatro días (54 d) de su puesta en obra, seis (6) testigos cilíndricos de acuerdo con la Norma UNE 7241. Cada uno de dichos testigos distará del más próximo, como mínimo, siete metros (7 m) en sentido longitudinal, y estará separado más de cincuenta centímetros (50 cm) de cualquier junta o borde.

Los testigos así obtenidos se ensayarán a tracción indirecta a la edad de cincuenta y seis días (56 d), de acuerdo con la Norma UNE 7396, después de haber sido conservados durante las cuarenta y ocho horas (48 h) anteriores al ensayo en las condiciones previstas en la Norma UNE 7241.

Se calculará el valor medio de los resultados de los ensayos y se comparará con el valor medio obtenido con los testigos extraídos en el tramo de ensayo, según se indica en el apartado 550.7.

Si el valor medio de los resultados de los ensayos es igual o superior al obtenido en el tramo de ensayo, se considerará aceptable la resistencia del hormigón puesto en obra durante el día considerado.

Si el valor medio de los resultados de los ensayos es inferior al obtenido en el tramo de ensayo, pero es igual o superior al noventa por ciento (90 %) de éste, se aplicará a la superficie hormigonada durante el día considerado las mismas sanciones que el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares prevea para el caso en que el porcentaje de la resistencia, estimado en los ensayos de control respecto a la resistencia especificada, alcance el mismo valor.

Si el valor medio de los resultados de los ensayos es inferior al noventa por ciento (90 %), pero igual o superior al setenta por ciento (70 %) del obtenido en el tramo de ensayo, el Director podrá aplicar las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o bien ordenar la demolición de la superficie afectada a expensas del Contratista.

Si el valor medio de los resultados de los ensayos es inferior al setenta por ciento (70 %) del obtenido en el tramo de ensayo, se demolerá la superficie hormigonada durante el día considerado, a expensas del Contratista.

550.10 TOLERANCIAS DEL PAVIMENTO

La regularidad superficial de cada zona del pavimento se controlará dentro de las veinticuatro horas (24 h) a partir de su ejecución.

La superficie del pavimento no deberá presentar diferencias de más de tres milímetros (3 mm) respecto a una regla de tres metros (3 m), apoyada sobre la superficie en cualquier dirección.

Los puntos altos detectados, que sean causa de incumplimiento de las anteriores tolerancias, se eliminarán por métodos abrasivos. Después de ser eliminados éstos, se pasará de nuevo la regla en una longitud igual a la distancia entre juntas entre las que esté comprendida la irregularidad detectada. La superficie corregida debe estar limitada por bordes longitudinales de losas o juntas longitudinales y por líneas perpendiculares a ellas, de forma que se obtengan áreas rectangulares.

El espesor de las losas se comprobará mediante extracción de testigos cilíndricos de diez centímetros (10 cm) de diámetro, con la frecuencia y en los puntos fijados en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o que, en su defecto, señale el Director. El espesor del pavimento no deberá tener en ningún punto un espesor inferior en más de quince milímetros (15 mm) al prescrito.

Los agujeros producidos en el pavimento por los sondeos, serán rellenados con hormigón de la misma calidad que el utilizado en el resto del pavimento, el cual será correctamente compactado y enrasado.

Las desviaciones en planta respecto a la alineación teórica no deberán ser superiores a un centímetro (1 cm).

Las losas no presentarán fisuras. Un conjunto de pequeñas grietas de corta longitud, no interesando manifiestamente más que la superficie de las losas, no se considerará como una fisura.

Si una losa presenta una fisura única y no ramificada sensiblemente paralela u ortogonal a una de las direcciones de juntas, el Director podrá aceptar esta losa si se realizan las operaciones indicadas a continuación:

- Si la junta más próxima a la fisura no se ha abierto, la fisura se tratará como una junta y será sellada con un producto aprobado por el Director, previa regularización y cajeado de los labios.
- Si la junta más próxima a la fisura se ha abierto, la fisura se inyectará, tan pronto como sea posible, con una resina epoxi aprobada por el Director, que mantenga unidos sus bordes con objeto de restablecer la continuidad de la losa.

En el caso de presentarse fisuras de naturaleza diferente, como las de esquina, el Director podrá aceptar la losa afectada u ordenar la demolición total o parcial de la misma y su posterior reconstrucción. Si la losa se acepta, la fisura será tratada como una junta. Si se ordena la demolición parcial, ninguno de los elementos de la losa, después de su reconstrucción, tendrá una de sus dimensiones inferior a un metro y medio (1,5 m).

La recepción definitiva de una losa fisurada y no demolida no se efectuará más que si, al final del período de garantía, las fisuras no se han agravado ni han originado daños a las losas vecinas. En caso contrario, el Director podrá ordenar la demolición y posterior reconstrucción de las losas fisuradas.

Si, a causa de un serrado prematuro, se producen desconchados en las juntas, deberán ser reparadas con un mortero de resina epoxi aprobado por el Director.

550.11 APERTURA AL TRAFICO

El pavimento podrá abrirse al paso de personas y de materiales para operaciones de serrado y comprobación de la regularidad superficial cuando haya transcurrido el plazo necesario para que no se produzcan desperfectos superficiales, y siempre que haya secado el producto de curado si se utiliza este método.

El equipo para la ejecución de las obras no podrá circular sobre el pavimento hasta que haya curado un mínimo de tres (3) días.

El tráfico de obra no podrá circular sobre el pavimento antes de siete días (7 d) o de que el hormigón haya alcanzado una resistencia a flexotracción del ochenta por ciento

(80 %) de la resistencia especificada a veintiocho días (28 d). Todas las juntas deberán haber sido selladas o al menos obturadas provisionalmente.

La apertura al tráfico general no podrá realizarse antes de catorce días (14 d) a partir de la terminación del pavimento.

550.12 MEDICION Y ABONO

Las mediciones se realizarán sobre los Planos, que incluirán el tramo de ensayo satisfactorio.

El pavimento de hormigón completamente terminado, excepto juntas y armaduras, se medirá y abonará por metros cúbicos (m³). Se descontarán las sanciones impuestas por insuficiente resistencia del hormigón.

Las juntas se medirán y abonarán por metros (m).

Las armaduras se medirán y abonarán de acuerdo con lo especificado en el Artículo 600, «Armaduras a emplear en hormigón armado».

Las adiciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, así como las no previstas, pero autorizadas por el Director, se abonarán por kilogramos (kg) realmente utilizados.

No se abonarán las operaciones que sea preciso efectuar para reparar las juntas defectuosas o las superficies de las losas en las que acusen irregularidades superiores a las tolerables o que presenten aspecto defectuoso.

Redacción sin aplicación desde la aprobación de la Orden FOM/891/2004