

ANEXO 1

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

Hormigón compactado

1. DEFINICIÓN

Se denomina hormigón compactado a una mezcla homogénea de áridos, agua y conglomerante, que se pone en obra de forma análoga a una gravacemiento, aunque su contenido de cemento es similar al de un pavimento de hormigón vibrado.

En la presente unidad de obra se seguirán las prescripciones del artículo 513 del pliego de prescripciones técnicas generales, completadas con las contenidas en el presente pliego de prescripciones técnicas particulares.

2. MATERIALES

2.1 Conglomerante.

El conglomerante estará compuesto por cemento o por una mezcla de cemento y cenizas volantes; en este último caso, las proporciones relativas de ambos se fijarán mediante un estudio de laboratorio, y se recomienda que la mezcla se suministre ya efectuada.

2.1.1 Cemento.

Se seguirán las prescripciones del artículo 202 del pliego de prescripciones técnicas generales.

Podrán utilizarse cementos «Portland» con adiciones (tipo II), de horno alto (tipo III), puzolánicos (tipo IV) o mixtos (tipo V). En las mezclas con cenizas volantes se recomienda el empleo de cementos «Portland» (tipo I).

2.1.2 Cenizas volantes.

Deberán utilizarse cenizas volantes silicoaluminosas. Excepcionalmente podrá autorizarse por el Director de las obras el empleo de cenizas sulfocálcicas, caracterizadas por tener actividad hidráulica y un contenido total de CaO superior al 25 por 100.

En todo caso, deberán cumplir las siguientes prescripciones:

- Contenido de inquemados inferior al 6 por 100.
- Superficie específica Blaine superior a 2.000 centímetros cuadrados por gramo.
- Cernido por el tamiz 400 metros UNE no inferior al 55 por 100.
- Características químicas constantes.

Las cenizas volantes silicoaluminosas deberán manejarse en seco si su contenido en CaO libre es superior al 1 por 100. Con contenidos inferiores podrá admitirse su empleo en húmedo, procurándose entonces que la humedad no supere el 20 por 100.

Las cenizas sulfocálcicas deberán manejarse en seco. Para poder ser empleadas, su actividad hidráulica deberá ser tal que la resistencia a compresión simple de un mortero de cenizas volantes sea superior a 0,5 MPa (5 kp/cm), a los siete días, o a 3MPa (30 kp/cm), a los noventa días. Dicha resistencia se determinará como media de las roturas de tres probetas cilíndricas de 50 milímetros de diámetro y 100 milímetros de altura, fabricadas con un mortero de arena 0,5 milímetros y un 5 por 100 en peso de la arena seca, de ceniza volante, con la humedad óptima Proctor.

Las probetas se compactarán en una prensa similar a las utilizadas para la determinación del CBR, según la norma NLT 111/78, y se conservarán en las condiciones previstas en la norma NLT 310/79.

Las cenizas sulfocálcicas no deberán presentar problemas de expansión, lo que se comprobará previamente mediante las agujas de Le Châtelier sobre el mortero, incluso en caliente.

2.2 Áridos.

Los áridos cumplirán las condiciones exigidas para tráfico pesado en el artículo 513 del pliego de prescripciones técnicas generales, con las que figuran a continuación.

La granulometría de los áridos combinados deberá ser continua, y junto con la del conglomerante en la proporción establecida deberá quedar incluida dentro de uno de los husos del cuadro 1.

El huso HC(20) sólo se empleará cuando no sean de temer riesgos de segregación. En todo caso, la granulometría más adecuada deberá confirmarse mediante los oportunos ensayos, recomendándose las curvas menos ricas en finos.

El árido se suministrará fraccionado, al menos, en dos tamaños, separados, aproximadamente, por el tamiz 5 UNE.

La proporción mínima de elementos triturados en los áridos se establecerá de forma que el CBR de la mezcla recién compactada, según la norma NLT 111/78, no sea inferior a sesenta y cinco.

Cuadro 1

Tamices UNE	Cernido ponderal acumulado (%)	
	HC (16)	HC (20)
25	-	100
20	100	85 - 100
16	88 - 100	75 - 100
10	70 - 87	60 - 83
5	50 - 70	42 - 63
2	35 - 50	30 - 47
400 m	18 - 30	16 - 27
80 m	10 - 20	9 - 19

2.3 Agua.

Cumplirá el artículo 280 del pliego de prescripciones técnicas generales.

2.4 Adiciones.

Salvo autorización expresa del Director de las obras, será obligatoria la utilización de un retardador de fraguado que permita obtener un plazo de trabajabilidad del material, a la temperatura prevista para su puesta en obra, acorde con las indicaciones del cuadro 2.

Cuadro 2

PLAZO MINIMO (HORAS) DE TRABAJABILIDAD

TIPO DE OBRA

TIPO DE OBRA		
Sin tráfico.	{ Ancho completo	5
	{ Por franjas	7
Refuerzo bajo tráfico		9

La temperatura a tener en cuenta para el plazo de trabajabilidad será la media ambiente prevista entre las once y las catorce horas. El empleo de otras adiciones deberá ser aprobado por el Director de las obras

3. DOSIFICACIÓN DEL HORMIGÓN COMPACTADO

Para establecer la dosificación del hormigón compactado deberá realizarse ensayos previos a la ejecución.

La dosificación de conglomerante no deberá ser inferior al 10 por 100, en peso, del total de materiales secos. La resistencia a tracción indirecta de probetas, según las normas UNE 7240 y 7396, no deberá ser inferior a 3,3 MPa (33 kp/cm).

Previo autorización del Director de las obras, podrán ensayarse probetas a edades tempranas, para establecer correlaciones razonables para el control de la obra.

4. ENSAYOS PREVIOS A LA EJECUCIÓN

4.1 Ensayos previos en laboratorio.

Se realizarán antes de comenzar el hormigonado, para establecer la dosificación a la vista de los materiales disponibles y de las condiciones de ejecución previstas.

Para la elección de las distintas dosificaciones a ensayar deberá establecerse, en primer lugar, la relación entre su humedad y su densidad, según la norma NLT 108/72, «Proctor modificado». Se recomienda elegir las dosificaciones de mayor compactación y menor sensibilidad a las variaciones de humedad. Para este estudio también podrá emplearse el método del consistómetro VeBe modificado.

Para cada dosificación ensayada deberá controlarse la resistencia a tracción indirecta a veintiocho días de probetas compactadas con la humedad óptima correspondiente al ensayo «Proctor modificado». Con objeto de conocer la evolución de su resistencia a edad temprana, deberá controlarse también la resistencia a siete días.

Caso de utilizarse como conglomerante mezclas de cemento con cenizas volantes, los ensayos a veintiocho días se sustituirán por ensayos a noventa días.

Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de cuatro amasijos diferentes, confeccionándose series de dos probetas por cada uno, según la norma NLT 310/79. Dichas probetas se ensayarán a tracción indirecta según la norma UNE 7396, obteniéndose el valor medio de las roturas, el cual deberá

superar la resistencia mínima especificada en el apartado 3 del presente pliego de prescripciones técnicas particulares con margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la dispersión introducida por la puesta en obra, la resistencia media real sobrepase también la especificada.

Cada vez que se confeccione una serie de probetas se controlará también el CBR de la mezcla recién compactada, según la norma NLT 111/78.

Deberá determinarse igualmente el plazo de trabajabilidad del material.

Una vez elegida la dosificación, deberá comprobarse la sensibilidad de su capacidad soporte inicial a las variaciones de humedad, determinándose el CBR en probetas cuya humedad difiera de la óptima «Proctor modificado» en medio punto porcentual, en más y en menos. Deberá, asimismo, comprobarse la sensibilidad de la resistencia a tracción indirecta a veintiocho días o, en su caso, a noventa días, frente a las variaciones de humedad y los defectos de compactación, determinando dicha resistencia.

- En probetas cuya humedad difiera de la óptima «Proctor modificado» en medio punto porcentual, en más y en menos.

- En probetas con la humedad óptima, pero a las que se haya aplicado la energía de compactación necesaria para obtener densidades iguales al 95 y 97 por 100 de la máxima «Proctor modificado».

Podrá prescindirse de estos ensayos si se dispusiera de experiencia suficiente, a juicio del Director de las obras, con los mismos cementos, cenizas y áridos.

4.2 Ensayos característicos en obra.

Estos ensayos serán preceptivos en todos los casos, para comprobar que los medios disponibles en obra permiten obtener un hormigón compactado de las características exigidas.

La humedad de fabricación de la mezcla deberá ajustarse de forma que en la puesta en obra del hormigón compactado, habida cuenta de las condiciones atmosféricas y de la distancia de transporte, la humedad de la mezcla esté comprendida entre la óptima «Proctor modificado» y medio punto porcentual menos.

Para cada dosificación elegida a partir de los ensayos previos en laboratorio, se llevarán a cabo ensayos de resistencia sobre probetas procedentes de seis amasijos diferentes, confeccionándose series de dos probetas por cada uno, según la norma 7240. Dichas probetas se ensayarán a tracción indirecta a siete días, según la norma UNE 7396, obteniéndose el valor medio de las roturas.

Si la resistencia media no fuera inferior al 90 por 100 de la resistencia a siete días obtenida en laboratorio, se podrá proceder a la realización de un tramo de prueba con la dosificación elegida. En caso contrario, se introducirán los ajustes necesarios en la dosificación hasta conseguir que se cumplan las exigencias del presente apartado.

4.3 Fórmula de trabajo.

Una vez realizados los ensayos previos en laboratorio y característicos en obra con resultados satisfactorios, el Director de las obras aprobará la correspondiente fórmula de trabajo.

5. EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

5.1 Central de fabricación.

Se podrán utilizar centrales de mezcla continua o discontinua. Será obligatorio el control ponderal para el cemento y para las cenizas, si se utilizan; los áridos podrán dosificarse por volumen. El agua añadida se controlará mediante un caudalímetro y un totalizador con indicador en la cabina de mando de la central.

5.2 Equipo de extensión.

La extensión del hormigón compactado se realizará con equipos que aseguren una elevada precompactación, pudiendo utilizarse motoniveladoras sólo en casos excepcionales, previa autorización del Director de las obras.

5.3 Equipo de compactación.

Este equipo constará, como mínimo, de un rodillo liso vibratorio pesado, con una carga estática sobre la generatriz no inferior a treinta kilopondios por centímetro, y de un rodillo pesado de neumáticos, cuya carga por rueda no sea inferior a tres toneladas y cuya presión de inflado no sea inferior a 0,8 MPa (8 kp/cm).

6. TRAMOS DE PRUEBA

En el tramo de prueba deberán conseguirse los siguientes grados de compactación, referidos a la densidad máxima «Proctor modificado» obtenida en laboratorio:

- Media de la capa no inferior al 97 por 100.
- Fondo de la capa no inferior al 95 por 100.

Cada uno de los ensayos individuales que componen las medias anteriores podrá bajar hasta dos puntos porcentuales de la media indicada.

Se realizará un mínimo de veinte medidas con el equipo que servirá para el control ulterior en obra, repartidas aleatoriamente sobre toda la superficie del tramo.

Se fabricarán, al menos, cinco probetas de amasijos diferentes, que se ensayarán a los siete días a tracción indirecta, comprobándose que en todas ellas se supera la resistencia especificada.

Se comprobará asimismo la idoneidad del proceso de curado y protección del hormigón compactado fresco.

Si los resultados no fueran satisfactorios, se procederá a la realización de sucesivos tramos de prueba, introduciendo las oportunas variaciones en la fabricación y puesta en obra hasta obtener las calidades exigidas. Si mediante los ensayos característicos se hubiese comprobado la idoneidad de otras dosificaciones, podrá sustituirse la empleada en el primer tramo de prueba por alguna de éstas, con la aprobación previa del Director de las obras.

7. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

7.1 Fabricación de la mezcla.

No se admitirá ningún método de acopio de los áridos, ni de transporte desde los acopios a las tolvas de la central, 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 en contacto con el suelo, y para asegurar un drenaje adecuado de la superficie de apoyo.

Antes de iniciarse la fabricación, deberá estar acopiado, al menos, un 50 por 100 del árido necesario para la totalidad del hormigón compactado previsto.

El cemento se suministrará y acopiará según las prescripciones del apartado 5.2 de la vigente Instrucción EH-82. La capacidad mínima de acopio corresponderá al consumo de una jornada de rendimiento normal. Deberá preverse la misma capacidad de acopio en silos para las cenizas volantes, caso de que se suministren por separado en estado seco.

Quando las cenizas volantes se suministren en húmedo, antes de iniciarse la fabricación del hormigón compactado deberá estar acopiado, al menos, un 50 por 100 de las necesarias. No deberán emplearse en la formación de estos acopios equipos capaces de originar aterronamientos. Se recomienda proteger los acopios con toldos, y adoptar las precauciones necesarias para asegurar una descarga regular a la tolva dosificadora.

Las adiciones se protegerán convenientemente de la intemperie y de toda contaminación; en particular los sacos de productos en polvo se almacenarán a cubierto y sobre plancha aislante, observando las mismas precauciones que en el caso del cemento.

Las adiciones suministradas en forma líquida se almacenarán en recipientes estancos y protegidos de las heladas.

7.2 Extensión de la mezcla.

Siempre que sea posible, la mezcla se extenderá por anchos completos; en caso contrario, deberá obtenerse el ancho total dentro del plazo de trabajabilidad del primer material colocado en obra. Si no empleasen retardadores de fraguado, no se permitirá la puesta en obra por franjas contiguas con más de una hora de diferencia entre los instantes de sus respectivas extensiones.

7.3 Compactación y acabado.

Se recomienda efectuar unas pasadas previas de rodillo liso sin vibración.

En una sección transversal cualquiera, la compactación deberá quedar totalmente terminada dentro del plazo de trabajabilidad de la mezcla. Si no se empleasen retardadores de fraguado, no podrán transcurrir más de tres horas desde el instante en que se haya obtenido el primer amasijo para una determinada sección transversal, y el final de la compactación.

En todo momento, y especialmente en tiempo seco y caluroso, deberá mantenerse húmeda la superficie mediante riego con agua finamente pulverizada, el cual deberá prolongarse hasta la colocación del riego de curado, asegurando que la superficie quede húmeda pero no encharcada.

7.4 Refino de la superficie.

Caso de que se considere necesario efectuar un refino de la superficie del hormigón compactado, la extensión se realizará de forma que la superficie quede unos centímetros por encima de la rasante teórica. El refino podrá realizarse con motoniveladora u otros equipos adecuados, a partir de una compactación mínima del 95 por 100 de la máxima «Proctor modificado». Una vez concluido el refino, deberá continuarse la compactación hasta alcanzar la densidad especificada.

Los materiales procedentes del refinado deberán ser retirados, evitándose aportaciones en capa delgada.

7.5 Ejecución de juntas.

7.5.1 Transversales.

Se dispondrán juntas de trabajo transversales al final de cada jornada, o siempre que el proceso constructivo se interrumpa durante un tiempo superior al plazo de trabajabilidad de la mezcla. Si no se utilizasen retardadores de fraguado, deberá disponerse una junta siempre que la detención sea superior a dos horas.

Las juntas de trabajo se cortarán de forma que su borde quede perfectamente vertical.

7.5.2 Longitudinales.

Cuando se trabaje por franjas, la puesta en obra se organizará de forma que no sea necesaria la disposición de juntas de trabajo longitudinales. Para ello, la unión de dos franjas contiguas se realizará dejando sin compactar un cordón longitudinal con una anchura del orden de 50 centímetros, el cual se compactará al ejecutar la segunda franja.

7.6 Curado.

Terminada la capa de hormigón compactado, se procederá a la aplicación de un riego de curado. Podrán usarse productos especiales a base de polímeros, que aseguren no sólo una adecuada retención de la humedad, sino también un endurecimiento de su superficie: Su dotación mínima será de 400 gramos por metro cuadrado. También podrán usarse emulsiones aniónicas con un pH no inferior a cinco, con una dotación mínima de betún residual de 600 gramos por metro cuadrado. Las anteriores dotaciones podrán ser modificadas, en caso necesario, por el Director de las obras.

Se verterá una cantidad suplementaria de producto de curado en las juntas de trabajo, hasta conseguir su obturación.

En la aplicación de la emulsión se seguirán las prescripciones del artículo 530 del pliego de prescripciones técnicas generales. En un plazo máximo de cinco minutos desde la aplicación de la emulsión se procederá a la extensión sobre la misma de arena 2/6, con una dotación comprendida entre cuatro y seis litros por metro cuadrado.

Estas operaciones se efectuarán antes de transcurridas doce horas desde el final de la compactación. En tiempo cálido y seco, el Director de las obras podrá reducir este plazo.

La capa de hormigón compactado así tratada podrá abrirse al tráfico una vez producida la rotura de la emulsión. La capa de rodadura no se pondrá en obra antes de transcurridos siete días, recomendándose alargar este plazo hasta uno o dos meses, especialmente en tiempo frío.

8. TOLERANCIAS DE LA SUPERFICIE ACABADA

La regularidad superficial de cada lote de hormigón compactado se controlará dentro de las veinticuatro horas siguientes a su ejecución. Cuando el incumplimiento de las tolerancias sea debido exclusivamente a la existencia de puntos altos, éstos podrán eliminarse por abrasión con discos de diamante.

El espesor de la capa de hormigón compactado se comprobará mediante la extracción de testigos cilíndricos, con la frecuencia y en los puntos que señale el Director de las obras. Dicho espesor no deberá ser en ningún punto inferior en más de 15 milímetros al prescrito. Si se rebasase esta tolerancia, se extraerán testigos más próximos, para delimitar la zona rechazada.

Los orificios de los sondeos serán rellenados con hormigón de la misma calidad que el empleado en el resto de la capa, el cual será correctamente compactado y enrasado.

Las desviaciones en planta respecto de la alineación teórica no deberán ser superiores a cinco centímetros.

9. LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN

El hormigón compactado se ejecutará cuando las condiciones ambientales permitan esperar que no se producirán heladas durante su periodo de endurecimiento. En caso de lluvia, deberán suspenderse las operaciones.

10. MEDICIÓN Y ABONO

El hormigón compactado se abonará por metros cúbicos realmente construidos, medidos con arreglo a las secciones-tipo que figuran en los planos. No se abonarán las operaciones necesarias para reparar las superficies que acusen irregularidades superiores a las tolerables o que presenten aspecto defectuoso.

Los riegos de curado se abonarán según lo previsto en el artículo 530 del pliego de prescripciones técnicas generales.

11. CONTROLES DE FABRICACIÓN Y PUESTA EN OBRA

11.1 Control de fabricación.

Se comprobará la humedad de la mezcla un mínimo de cinco veces al día.

Dos veces al día se comprobarán la granulometría, especialmente el contenido de finos, y el contenido de conglomerante.

Se llevará asimismo un control del consumo medio de conglomerante.

11.2 Control de puesta en obra.

11.2.1 Compactación.

Se referirá este control al procedimiento y número de pasadas aprobados en el tramo de prueba. Se utilizarán, siempre que sea posible, equipos gráficos de registro continuo instalados en los compactadores, para controlar su velocidad de avance, la frecuencia de la vibración, el tiempo de trabajo y la distancia recorrida.

11.2.2 Densidad.

Se efectuará una medición en emplazamientos aleatorios, con una frecuencia mínima de una medida por cada 100 metros cuadrados de superficie de capa, recomendándose el empleo de sondas nucleares.

11.2.3 Humedad «in situ».

Se efectuarán medidas en emplazamientos aleatorios, en correspondencia con las efectuadas en el control de fabricación. Las zonas donde manifestadamente se hubiera producido un incidente se corregirán debidamente.

Si se produjeran desviaciones muy frecuentes, superiores a las tolerables, a juicio del Director de las obras, se reforzará el control al día siguiente.

11.2.4 Espesores.

Cada diez metros de extendido deberá realizarse, sobre el material sin compactar, un control de espesor mediante hincas de un clavo con escala, teniendo en cuenta la disminución que sufrirá el material al compactarse.

11.2.5 Tiempo de manejabilidad.

Deberá controlarse la temperatura en el extendido y, según los ensayos previos, dosificar el retardador.

Cuando así lo indique el Director de las obras, se procederá al control del tiempo de manejabilidad del hormigón seco, por el método de la medida del tiempo de propagación del sonido u otro método aprobado por aquél.

11.2.6 Curado.

Se controlará que la superficie del hormigón compactado permanece constantemente húmeda antes de la extensión del producto de curado.

Se realizará un control diario, como mínimo, de la dosificación del producto de curado, mediante placa de 700 milímetros en cuadro.

ANEXO 2

PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES

Hormigón magro

1. DEFINICIÓN

Se denomina hormigón magro a una mezcla homogénea de áridos, agua y conglomerante, que se pone en obra de forma análoga a un pavimento de hormigón vibrado, aunque su contenido de cemento es bastante inferior al de éste.

En la presente unidad de obra se seguirán las prescripciones del artículo 550 del pliego de prescripciones técnicas generales, completadas con las contenidas en el presente pliego de prescripciones técnicas particulares.

2. MATERIALES

2.1 Cemento.

No se exigirá limitación al contenido de aluminato tricálcico del «clinker».

2.2 Árido fino.

No se exigirá porcentaje mínimo de partículas silíceas en el árido fino.